

Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik im Elektrizitätssektor  
und die Versorgungssicherheit mit Strom: gesellschaftliche  
Determinanten, Mechanismen und Outcomes

**Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines Doktors  
der Politikwissenschaft

am Fachbereich Politik- und Sozialwissenschaften  
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Maik Poetzsch

Berlin 2021

**Erstgutachter: Prof. Dr. Dieter Ohr**

**Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. Joachim Müller-Kirchenbauer**

Tag der Disputation: 21. März 2024

Besetzung der Promotionskommission:

1. Prof. Dr. Dieter Ohr (Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft FU Berlin)
2. Prof. Dr.-Ing. Joachim Müller-Kirchenbauer (Fachgebiet Energie- und Ressourcenmanagement TU Berlin)
3. Prof. Dr. Martin Voss (Institut für Geographische Wissenschaften FU Berlin)
4. Prof. Dr. Thomas Rixen (Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft FU Berlin)
5. Prof. Dr. Philipp Lepenies (Otto-Suhr-Institut für Politikwissenschaft FU Berlin)

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich diese Arbeit eigenständig und nur unter Verwendung der in Abschnitt 5.5 Verwendete Programme und Reproduzierbarkeit genannten Hilfsmittel verfasst habe. Alle von mir verwendeten Quellen und Vorlagen für die statistische Programmierung sind im Quellenverzeichnis bzw. in dem im Anhang befindlichen Skript genannt. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen und wurde bisher nicht veröffentlicht.

Unterschrift aus Datenschutzgründen entfernt

Oer-Erkenschwick, 11.10.2021

Das Abstract und die Zusammenfassung der Arbeit befinden sich auf den Seiten 378 und 379.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
1. Einleitung.....	1
2. Problemstellung.....	3
Mangelnde Prognosefähigkeit.....	4
Mangelnde Steuerungsfähigkeit.....	5
Mangelnde Beobachtbarkeit.....	6
3. Stand und Defizite der Forschung.....	9
3.1 Die Genese von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	11
3.1.1 Theorie der Regulierungsgenese.....	11
Marktversagen als Motiv: Regulierungsökonomie.....	12
Interessengruppen als Motiv: Capture-Theorie.....	13
Synthese: Theorie nationaler Interessenbildung.....	13
Korruption als Motiv.....	14
3.1.2 Empirie der Regulierungsgenese.....	15
Geringes gesellschaftliches Mobilisierungspotenzial.....	15
Hoher Einfluss von Energiewirtschaft und Politik.....	17
Politische Motive.....	18
Korruption, private Vorteilsnahme und regulatory capture als Motiv.....	19
3.2 Die Implementierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitiken.....	21
3.2.1 Theorie der Implementierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	22
3.2.2 Empirie der Implementierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	25
3.3 Die Wirkung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	27
3.3.1 Theorie der Wirkung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	27
3.3.2 Empirie der Wirkung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	28
3.3.3 Erkenntnisse aus der Regulierungspraxis.....	32
3.4 Eigene Vorarbeit.....	33
3.5 Defizite der bisherigen Forschung.....	35
4. Grundlagen der Analyse.....	36
4.1 Geschichte der Energiewirtschaftspolitik.....	37
4.1.1 Privatisierung im Elektrizitätssektor.....	39
4.1.2 Liberalisierung im Elektrizitätssektor.....	41
4.1.3 Einordnung in das law-and-finance-Hypothesensystem.....	43
4.2 Technische Grundlagen.....	47
4.2.1 Sicherheitsbegriffe in der Energieversorgung.....	47
4.2.2 Die zuverlässige Versorgung mit Strom.....	48
4.2.3 Stromausfall: Definition und Quantifizierung.....	55
5. Ziel und Aufbau der Arbeit.....	59
5.1 Untersuchungsgegenstand, -einheit und Population.....	59
5.1.1 Untersuchungsgegenstand.....	59
5.1.2 Untersuchungseinheit und Population.....	61
5.2 Ontologie und theoretischer Rahmen.....	65
5.2.1 Ontologie.....	65
5.2.2 Theoretischer Rahmen.....	65
5.3 Methodisches Vorgehen.....	68
5.3.1 Geplantes Vorgehen.....	68
5.3.2 Realisiertes Vorgehen.....	68

5.4 Hinweis auf sprachliche Besonderheiten.....	69
5.5 Verwendete Programme und Reproduzierbarkeit.....	69
6. Voruntersuchung der abhängigen Variablen.....	73
6.1 Abhängige Variablen: Datenverfügbarkeit und Datenqualität.....	74
6.1.1 Datenverfügbarkeit.....	74
6.1.2 Datenqualität.....	77
6.2 Deskriptive Statistik.....	81
6.2.1 Unterbrechungsdauer exklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDIexc.....	81
6.2.2 Unterbrechungsdauer inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDIinc.....	90
6.2.3 Dauer geplanter Unterbrechungen SAIDIplan.....	91
6.3 Explorative Statistik der abhängigen Variablen.....	92
6.3.1 Systematisch verzerrte Datenverfügbarkeit?.....	92
6.3.2 Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse.....	93
6.3.3 Erkennbare Wartungsstrategien?.....	97
6.4 Ergebnisse.....	98
7. Hauptuntersuchung Teil I: technische und soziale Faktoren.....	100
7.1 Herleitung von Faktoren und Hypothesenbildung.....	100
7.1.1 Technische Rahmenbedingungen.....	100
7.1.2 Technische Faktoren.....	103
7.1.3 Soziale Faktoren.....	108
Soziale Rahmenbedingungen.....	109
Politische Rahmenbedingungen.....	109
Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	113
7.2 Übersicht zur Datenlage und Einschätzung.....	114
7.3 Bivariate Korrelation.....	120
7.3.1 Variablen mit wenigen Beobachtungen.....	120
7.3.2 Informationsgehalt der installierten Leistung pro Kopf.....	122
7.3.3 Variablen des law-and-finance-Ansatzes.....	126
Überprüfung der haushaltspolitischen Motivation der Energiewirtschaftsreformen.....	126
Der law-and-finance-Ansatz und die Versorgungssicherheit mit Strom.....	128
7.4 Multikollinearität.....	130
7.5 Multiple Regression.....	132
7.5.1 Test auf Linearität.....	133
7.5.2 Testregression.....	135
7.5.3 Logarithmiertes Modell A.....	138
7.6 Zwischenergebnis und Einschätzung des Forschungsbedarfs.....	154
8. Hauptuntersuchung Teil II: Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	158
8.1 Herausforderungen bei der inhaltlichen Bewertung von Regulierungsregimen.....	158
8.1.1 Energiewirtschaftspolitik.....	159
8.1.2 Infrastrukturpolitik.....	160
8.2 Konzept der capture economy.....	161
8.2.1 Formen der Einflussnahme nach Hellman et al.....	161
8.2.2 Operationalisierung der Konstrukte bei Hellman et al.....	163
8.2.3 Konzeptionelle Weiterentwicklung.....	164
Abwesenheit von Korruption.....	165
Anwesenheit von Korruption.....	166
8.2.4 Operationalisierung der Konstrukte.....	167
8.2.5 Fragereihenfolge im EOS und Validität der Indikatoren.....	180
8.3 Mitgliedschaft in der Europäischen Union.....	182
8.4 Blitzdichte.....	182

8.5 Bildung von Hypothesen.....	185
8.6 Deskriptive Statistik.....	192
8.7 Analytische Statistik.....	195
8.7.1 Empirische Validierung der Capture-Economy-Variablen.....	195
Bedeutung der Rechtsstaatlichkeit.....	195
Beziehungen der capture-economy-Variablen zueinander.....	197
Ergebnisse.....	199
8.7.2 EOS-basierte Messung der Korruptionswahrnehmung.....	202
8.7.3 Prüfung auf Scheinkorrelation der Variablen EU und SoLRI.....	202
8.7.4 Test auf Linearität.....	204
8.7.5 Multikollinearität.....	209
8.7.6 EOS-basiertes Modell B.....	210
8.7.7 Erweitertes Modell C.....	215
8.7.8 Modellvergleich.....	224
Durchsetzung der Faktoren in den Modellen.....	224
Effektstärke der Faktoren.....	228
8.8 Ergebnisse.....	229
8.8.1 Fehlende empirische Unterscheidbarkeit der Idealtypen privater Vorteilsnahme.....	230
8.8.2 Effekt der Lage in Europa geht nicht auf die Europäische Union zurück.....	231
8.8.3 Effekt der Blitzdichte in der Population nicht abschätzbar.....	232
8.8.4 Ergebnisse der Modellentwicklung.....	233
Modellübergreifende Faktoren.....	233
Modellspezifische Faktoren.....	236
9. Ergebnisse.....	237
9.1 Zusammenfassung des Vorgehens.....	238
Voruntersuchung.....	238
Hauptuntersuchung Teil I: technische und soziale Faktoren.....	240
Hauptuntersuchung Teil II: Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	241
9.2 Beantwortung der Hypothesen.....	247
9.2.1 Hypothesen zu den technischen Rahmenbedingungen.....	247
9.2.2 Hypothesen zu technischen Faktoren.....	249
9.2.3 Hypothesen zu sozialen Rahmenbedingungen.....	251
9.2.4 Hypothesen zu politischen Rahmenbedingungen.....	251
9.2.5 Hypothesen zur Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	255
9.3 Theoriebildung.....	256
9.3.1 Reflexion der Heuristik.....	256
Grenzen des Forschungsdesigns.....	256
Methodische Grenzen.....	257
Empirische Grenzen.....	258
9.3.2 Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom.....	258
Technische Basis.....	258
Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.....	259
Regulierung als Prozess.....	260
Abwesenheit von Korruption.....	263
Anwesenheit von Korruption.....	267
9.3.3 Beantwortung der Fragestellung und Aussagekraft der Theorie.....	274
Beantwortung der Fragestellung.....	274
Aussagekraft für die Preisregulierung.....	277
9.3.4 Forschungsbedarf.....	278
Validierung.....	278

Weiterentwicklung.....	280
10. Fazit.....	281
11. Anhang.....	285
12. Anhänge entsprechend der Promotionsordnung.....	378
12.1 Abstract.....	378
12.2 Zusammenfassung.....	379
12.3 Vorveröffentlichungen aus der Dissertation.....	381
12.4 Lebenslauf.....	381
13. Quellenverzeichnis.....	383

## Abkürzungsverzeichnis

ASIDI	Average System Interruption Duration Index	OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
BEEPS	Business Environment and Enterprise Performance Survey	OTD	Optical Transient Detector
CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index	SAIDI	System Average Interruption Duration Index
CAIDIexc	Wiederversorgungszeit ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers	SAIDIexc	Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers
CAIDIinc	Wiederversorgungszeit ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers und durch außergewöhnliche Ereignisse	SAIDIinc	Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers und durch außergewöhnliche Ereignisse
CAIDIplan	Wiederversorgungszeit geplanter Unterbrechungen	SAIDIplan	Dauer geplanter Unterbrechungen
CEER	Council of European Energy Regulators	SAIFI	System Average Interruption Frequency Index
EOS	Executive Opinion Survey	SAIFIexc	Häufigkeit ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers
EU	Europäische Union	SAIFIinc	Häufigkeit ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers und durch außergewöhnliche Ereignisse
EVU	Energieversorgungsunternehmen	SAIFIplan	Häufigkeit geplanter Unterbrechungen
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	TEPCO	The Tokyo Electric Power Company, Incorporated
kV	Kilovolt	WB ES	World Bank Enterprise Surveys
LIS	Lightning Imaging Sensor	WBES	World Business Environment Survey
MSR	Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik	WEF	World Economic Forum
NASA	National Aeronautics and Space Administration	WGI	Worldwide Governance Indicators

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Durchschnittliche jährliche Unterbrechungsdauer je Kunde (SAIDIexc) in ausgewählten Ländern 1999-2013.....	8
Abbildung 2: Theorie sozialer Determinanten elektrischer Versorgungssicherheit.....	34
Abbildung 3: Kumulierte relative Häufigkeit der Einführung von Wettbewerb.....	42
Abbildung 4: Aktienmarktkapitalisierung in Prozent des BIP 1913-1999.....	46
Abbildung 5: Wettereinwirkung auf eine Freileitung.....	49
Abbildung 6: Maschen-, Ring- und Strahlennetz.....	52
Abbildung 7: Verteilung von Versorgungsunterbrechungen nach Spannungsebene.....	54
Abbildung 8: Kumulierte Dauer von Versorgungsunterbrechungen je Verbraucher 2012.....	57
Abbildung 9: Definitionen transienter, kurzer und langer Versorgungsunterbrechungen.....	58
Abbildung 10: Population.....	64
Abbildung 11: Projektordner.....	71
Abbildung 12: Datenverfügbarkeit SAIDI und SAIFI 1990-2014.....	75
Abbildung 13: Geografische Datenverfügbarkeit.....	76
Abbildung 14: SAIDIexc 1989-2014.....	82
Abbildung 15: Log-normale Verteilung SAIDIexc?.....	84
Abbildung 16: Ländergruppenvergleich.....	86
Abbildung 17: Mittel SAIDIexc 1998-2014 und jährliche Verbesserungsrate (medianzentriert)....	87
Abbildung 18: CAIDIexc und SAIFIexc.....	89
Abbildung 19: SAIDIinc 1989-2014.....	90
Abbildung 20: SAIDIplan 1999-2014.....	91
Abbildung 21: ‚Normale‘ und extreme außergewöhnliche Ereignisse in Italien 1999-2013.....	94
Abbildung 22: Versorgungssicherheit inklusive außergewöhnlicher Ereignisse im Versorgungsgebiet von TEPCO 1966 bis 2013.....	95
Abbildung 23: Anteil ‚normaler‘ außergewöhnlicher Ereignisse.....	96
Abbildung 24: Verteilung der erklärenden Variablen 2012 für Länder mit verfügbarem SAIDI....	119
Abbildung 25: Zusammenhang von installierter Leistung und Stromintensität 2012.....	123
Abbildung 26: Installierte Leistung pro Kopf und Stromintensität gegen BIP pro Kopf 2012.....	124
Abbildung 27: Anteil erneuerbarer Stromerzeugung gegen installierte Leistung pro Kopf 2012..	125
Abbildung 28: Test auf Linearität.....	134
Abbildung 29: Studentisierte Residuen der Testregression.....	138
Abbildung 30: Studentisierte Residuen Modell A.....	142
Abbildung 31: Modell A: Verteilung der Residuen nach Land und Jahr.....	143
Abbildung 32: Effektstärken der erklärenden Variablen Modell A.....	148
Abbildung 33: Landesdurchschnittswerte der Blitzdichte über Land.....	184
Abbildung 34: Zusammenhang von Blitzdichte und Niederschlagsmenge.....	185
Abbildung 35: Verteilung der ergänzenden unabhängigen Variablen.....	193
Abbildung 36: Prüfung der theoretischen Bedeutung der Rechtsstaatlichkeit.....	196
Abbildung 37: Korrelation der capture economy Variablen.....	198
Abbildung 38: Korrelation der capture economy Variablen im gesamten EOS 2005-2006.....	201
Abbildung 39: EU und SoLRI gegen ruleoflaw.....	203
Abbildung 40: Test der neuen Variablen auf Log-Linearität.....	204
Abbildung 41: Einfluss Singapurs auf den Zusammenhang Blitzdichte-SAIDIexc.....	205
Abbildung 42: Niederschlagsmenge weltweit.....	207
Abbildung 43: Einfluss Singapurs auf den Zusammenhang Niederschlagsmenge-SAIDIexc.....	208
Abbildung 44: Studentisierte Residuen Modell B.....	213
Abbildung 45: Effektstärken der erklärenden Variablen Modell B.....	214



Abbildung 46: Studentisierte Residuen Modell C.....	218
Abbildung 47: Effektstärken der erklärenden Variablen Modell C.....	219
Abbildung 48: Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom.....	270
Abbildung 49: 400-kV-und 220-kV-Netz in Finnland.....	285
Abbildung 50: Ausreißer in der Korrelation von SAIDI <sub>exc</sub> und der Variable interven.....	286
Abbildung 51: Residualdiagnostik Modell A.....	287
Abbildung 52: Erklärende Variablen gegen Residuen Modell A.....	288
Abbildung 53: Residualdiagnostik Modell B.....	290
Abbildung 54: Erklärende Variablen gegen Residuen Modell B.....	291
Abbildung 55: Residualdiagnostik Modell C.....	294
Abbildung 56: Residuen gegen erklärende Variablen Modell C.....	295

## 1. Einleitung

Die zuverlässige Versorgung mit Strom ist zu einer unverzichtbaren Voraussetzung für die Leistungsfähigkeit technischer und sozialer Systeme geworden. Elektrischer Strom ist eine Vorleistung für nahezu alle Dienstleistungs- und Produktionsprozesse und daher von enormer wirtschaftlicher und sicherheitspolitischer Bedeutung. Die Stromversorgung gilt deshalb als Kritische Infrastruktur (BMI 2008: 10; Lorenz 2010: 12). Ein großflächiger Stromausfall in Deutschland würde bereits nach einer Woche zu einer nationalen Katastrophe führen (Petermann et al. 2010). In den letzten Jahren haben großflächige Stromausfälle mit mehr als 50 Millionen Betroffenen in Europa<sup>1</sup> und Nordamerika<sup>2</sup> das politische Bewusstsein für die vielfältigen Gefährdungen der Stromversorgung geschaffen: menschliches und technisches Versagen, kriminelle Handlungen und Terrorismus, schwere Unwetter sowie Engpässe bei Erzeugungskapazitäten, Primärenergieträgern und Personal (Reichenbach et al. 2008: 20).

Erst in den letzten Jahren ist durch mahnende Beispiele wie die kalifornische Stromkrise des Jahres 2000 (siehe Kasten) die Gefährdung der Versorgungssicherheit mit Strom durch fehlgestaltete Energiewirtschaftsreformen und ein entsprechender Forschungsbedarf offensichtlich geworden. Bisher ist kaum bekannt, welche Folgen energiewirtschafts- und infrastrukturpolitische Reformen für die Investitionsentscheidungen der Energieversorgungsunternehmen haben (vgl. Dassler 2006: 32; Fumagalli et al. 2006: 2) und welche Rolle politische Steuerung im Allgemeinen für die Leistungsfähigkeit der Elektrizitätsinfrastruktur spielt. So konstatiert die Vereinigung europäischer Energieregulierer (Council of European Energy Regulators, CEER) hinsichtlich der bestehenden Unterschiede bei der Versorgungssicherheit mit Strom in Europa: „The large differences among EU countries even for territories of relatively homogeneous density can be only partly explained by differences in the network structure, and are probably due to different regulatory approaches in setting standards” (CEER 2005: 57).

<sup>1</sup> Am 28. September 2003 waren in Italien 57 Millionen Menschen bis zu 18 Stunden ohne Strom.

<sup>2</sup> Am 14. August 2003 erfasste ein Stromausfall acht Bundesstaaten der USA und Teile Kanadas, der über 50 Millionen Personen für bis zu drei Tage betraf und dessen Kosten auf 6.8 bis 10.3 Milliarden Dollar geschätzt werden (ICF Consulting 2003: 2; Public Safety Canada 2006).

## **Die kalifornische Stromkrise**

Nach der Liberalisierung des kalifornischen Strommarkts 1998 wurden die Energieversorgungsunternehmen (EVU) aufgespalten und die Bereiche Stromerzeugung, Netzbetrieb und Vermarktung entflochten. Um die Verbraucher während der Übergangszeit vor Preisschwankungen zu schützen, wurde der Endkundenstrompreis bis 2002 gedeckelt. Als im Jahr 2000 die Stromnachfrage um moderate 7 % anstieg und gleichzeitig einige Kraftwerke für Revisionsarbeiten vom Netz gingen, vervielfachte sich der Großhandelspreis für Strom. Die Energieversorgungsunternehmen zahlten allein im August für den Stromeinkauf mehr als die Hälfte der gesamten Vorjahressumme. Die hohen Einkaufspreise konnten aufgrund der Preisobergrenze nicht an die Endverbraucher weitergegeben werden. Dadurch sank der Stromverbrauch nicht ausreichend, um auf die Erzeugungsknappheit zu reagieren, und die Netzstabilität konnte zeitweise nur durch Stromabschaltungen aufrechterhalten werden. Darüber hinaus bedrohte die Marktsituation die Energieversorgungsunternehmen existenziell. Pacific Gas & Electric gab 2.2 Milliarden US-Dollar mehr für den Stromeinkauf aus, als es von seinen Kunden erlöste und meldete am 6. April 2001 Insolvenz an. Vom 17. Januar bis zum 31. Mai 2001 gab die Landesregierung 7.6 Milliarden Dollar im Großhandelsmarkt aus, da die beiden größten Stromversorger ihre Lieferverträge nicht bezahlen konnten. (Hujber 2002: 12, 14; Steger et al. 2008: 57; Woo et al. 2003: 1108)

An diese Vermutung knüpfe ich mit meiner Arbeit an. Diese beginne ich, indem ich die zu untersuchende Problemstellung näher vorstelle (Kapitel 2). Anschließend führe ich in den Stand der Forschung ein und erläutere die in Hinblick auf die Problemstellung bestehenden Defizite (Kapitel 3). Dabei stelle ich verschiedene Forschungsstränge vor, die sich mit der Genese, Implementierung und Wirkung von Elektrizitätswirtschafts- und Infrastrukturpolitik befassen. Dabei berücksichtige ich auch die Ergebnisse meiner Masterarbeit, die eine der Grundlagen dieser Arbeit bildet (Poetzsch 2011). Hiernach gebe ich einen Überblick über die geschichtlichen und technischen Grundlagen der Stromversorgung (Kapitel 4).

Auf dieser Grundlage leite ich die Analyse mit der Darlegung des Ziels und des Aufbaus des Forschungsvorhabens ein (Kapitel 5). Dabei definiere ich die Untersuchungseinheit und grenze die Population der zu untersuchenden Fälle ab, gehe auf meine ontologische Position ein und erläutere das methodische Vorgehen. Anschließend beginne ich die Untersuchung mit der deskriptiven Statistik der abhängigen Variablen, die die Versorgungssicherheit mit Strom quantifizieren. Dadurch möchte ich einen Eindruck von der Verteilung und dem Zusammenwirken der verschiedenen Größen zur Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom gewinnen (Kapitel 6). Danach beginne ich die Hauptuntersuchung (Kapitel 7), indem ich potenzielle Erklärungsfaktoren für die variierende Versorgungssicherheit mit Strom herleite und für die Zielsetzung der Arbeit relevante Hypothesen aus der Literatur zusammentrage. Nach Sichtung und Einschätzung der Datenlage werte ich die vorliegenden Daten zunächst bivariat und darauf aufbauend mit einem multiplen Regressionsmodell aus. Hieran anschließend vertiefe ich die

wichtigsten Ergebnisse auf der Grundlage einer erneuten Datenerhebung, wobei ich auf die prozessuale Dimension von Politik fokussiere (Kapitel 8). Anschließend fasse ich meine Ergebnisse zusammen und bilde auf deren Grundlage eine Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom (Kapitel 9). Zuletzt ziehe ich ein Fazit (Kapitel 10). Im Anhang (Kapitel 11) finden sich die Untersuchung ergänzende Materialien, im Quellenverzeichnis die verwendeten Quellen (Kapitel 13).

## **2. Problemstellung**

Lange Zeit war die Regulierung der Elektrizitätswirtschaft wissenschaftlich von geringem Interesse, da diese seit der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts jahrzehntelang in abgegrenzten Gebietsmonopolen organisiert war, die „zwar sicher, aber auch teuer“ (von Hirschhausen 2006: 11) waren. Erst in den 1970er Jahren setzte weltweit ein langanhaltender, marktwirtschaftlich orientierter Reformprozess ein, der sich in den 1980er Jahren auch auf den Elektrizitätssektor ausweitete. Beginnend im Vereinigten Königreich, Skandinavien und Neuseeland wurden die Versorgungsmonopole in der Elektrizitätswirtschaft aufgebrochen und die Bereiche Stromerzeugung und -vertrieb in eine Wettbewerbsordnung überführt. In der Europäischen Union (EU) sollte die Binnenmarktrichtlinie Elektrizität 96/92/EG<sup>3</sup> von 1996 einen europaweiten Wettbewerb schaffen. Allerdings blieben in den meisten Ländern die vormaligen, oft staatlichen Monopolversorger aufgrund ihres hohen Anteils bei der Stromerzeugung und ihrer organisatorischen Verflechtung mit dem Stromnetzbetrieb die dominierenden Marktakteure und verhinderten den Markteintritt neuer Unternehmen. (OECD 2006: 29; Steger et al. 2008: 19-20)

Deshalb wurden international zusätzliche Maßnahmen getroffen, um die bestehenden Wettbewerbshindernisse zu beseitigen. In Europa setzte die Richtlinie 2003/54/EC<sup>4</sup> eine rechtliche und organisatorische Entflechtung der vormals integrierten Energieversorgungsunternehmen in separate Unternehmen für Stromerzeugung, Netzbetrieb und Stromvertrieb zum ersten Juli 2004 für das Stromübertragungsnetz und bis zum ersten Juli 2007 für das Stromverteilungsnetz durch. Länderübergreifend führte dies zu sinkenden Erlösen aus der Netznutzung, woraufhin die Unternehmen rationalisierten und die Investitionen in den Ausbau und Erhalt der Infrastruktur stagnierten oder über mehrere Jahre zurückgingen. (OECD 2006: 29; Steger et al. 2008: 19-20)

In Erwartung dauerhaft sinkender Investitionen in die Netzinfrastruktur versuchen die Regulierungsbehörden, die Netzbetreiber durch eine Anreizregulierung zum langfristigen Erhalt der

<sup>3</sup> Amtsblatt der EU L 27 S. 20-29 vom 30.01.1997

<sup>4</sup> Amtsblatt der EU L 176 S. 37-46 vom 26.06.2003

Versorgungssicherheit mit Strom zu motivieren. Durch eine Kombination aus kostensenkenden und die Versorgungssicherheit erhöhenden Maßnahmen soll ein gesamtgesellschaftlich optimales Verhältnis aus Investitionskosten und der dadurch erzielten Versorgungssicherheit erreicht werden (CEER 2008: 5; Kurth 2006: 421).

Die Anreizregulierung der Energiewirtschaft basiert auf zwei Annahmen: Erstens wird vorausgesetzt, dass das gesellschaftlich optimale Verhältnis von Infrastrukturinvestitionen und der dadurch erreichten Versorgungssicherheit mit Strom bestimmt sowie das künftige Investitionsverhalten der Energieversorgungsunternehmen zuverlässig abgeschätzt werden können. Zweitens wird unterstellt, dass eine effektive Steuerung des Investitionsverhaltens der Energieversorgungsunternehmen durch Regulierung des Marktgeschehens möglich ist. Beide Annahmen sind jedoch theoretisch unsicher und empirisch nicht bestätigt.

### **Mangelnde Prognosefähigkeit**

Welches Niveau der Versorgungssicherheit mit Strom gesamtgesellschaftlich optimal ist, kann nur sehr grob geschätzt werden. Zur Ermittlung der finanziellen Schäden durch Stromausfälle werden im Wesentlichen drei Methoden verwendet: Erstens bewerten Blackout-Studien alle nach einem Stromausfall eingetretenen Schäden monetär und summieren diese. Zweitens treffen makroökonomische Ansätze auf der Grundlage statistischer Daten stark vereinfachende Annahmen über den Wert der bei einem Stromausfall ausfallenden Produktion und entgehenden Freizeit. Drittens wird mittels Fragebögen die Zahlungsbereitschaft der Endverbraucher für die Vermeidung eines Stromausfalls erhoben (bspw. Carlsson/Martinsson 2007: 83; Damigos et al. 2009; Pepermans 2011). (Bliem 2005: 6; Böske 2007: 45; Bothe/Riechmann 2008: 34; vgl. Poetzsch 2011: 7)

Ebenso kann der künftige Infrastrukturbedarf immer schwerer geschätzt werden. Bislang wurde der langfristige Stromverbrauch aus der Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung vergleichsweise genau extrapoliert, wenngleich die gängigen computergestützten Modelle der Energieprognostik teilweise nicht fähig sind, mit den historischen Daten die vergangene Entwicklung zu reproduzieren (Dieckhoff 2015: 173, 177). Jedoch hat sich in den letzten Jahren der Stromverbrauch vom Wirtschaftswachstum weitgehend entkoppelt und es wird erwartet, dass sich dieser Trend fortsetzt. Gleichwohl könnte die Dekarbonisierung und Elektrifizierung von Industrie und Verkehr künftig die Stromnachfrage steigern. Auch steigt seit der Liberalisierung der Elektrizitätsmärkte der Bedarf an Durchleitungskapazitäten für den grenzüberschreitenden Stromhandel. Durch veränderte Handelsströme können heute effizient erscheinende Investitionen über die lange Abschreibungszeit von mehreren Jahrzehnten unrentabel werden. (vgl. Steger et al. 2008: 25-28)

Darüber hinaus verändert sich mittelfristig die Struktur des Energiesystems. Zum einen wird durch die steigende Integration un stetig einspeisender Kleinkraftanlagen (Windkraft, Photovoltaik, wärmegeführte Kraft-Wärme-Kopplung) das bisherige System von in das Höchstspannungsnetz einspeisenden Großkraftwerken und der Weiterverteilung von Strom über die nachgelagerten Spannungsebenen (top-down) dezentralisiert. Diese Kleinkraftanlagen speisen direkt in die Mittel- und Niederspannungsnetze ein, örtliche Überschüsse werden regional weitergeleitet (bottom-up). Die deutschen Ausbauziele für die erneuerbare Stromerzeugung liegen bei 65 Prozent bis 2030 (Bundesregierung 2021). Dafür müssen neue Leitungskapazitäten zum Ausgleich der regionalen Angebots- und Nachfragespitzen gebaut werden. Zum anderen erfolgt eine immer engere Verwebung der Elektrizitätsinfrastruktur mit Informations- und Kommunikationstechnologien, die ein nachfrageseitiges Lastmanagement ermöglichen sollen (sog. Smart Grid). Angesichts dieses umfassenden Wandels wird von einer 'Transformation des Energiesystems' gesprochen (Büscher/Schippl 2013).

Schließlich können die Kosten, die den Energieversorgungsunternehmen beim Aufbau und Erhalt der Elektrizitätsinfrastruktur entstehen, von den Regulierungsbehörden nur schwer ermittelt werden. Die tatsächlich anfallenden Kosten sind nur den EVU bekannt, die aber einen Anreiz haben, möglichst hohe Kosten auszuweisen. Aufgrund des Informationsgefälles zwischen den EVU und den Regulierungsbehörden wurden in der Vergangenheit bei kostenorientierten Regulierungsmodellen die unternehmerischen Kosten um eine Toleranz höher geschätzt, um die Unternehmen keinem Insolvenzrisiko auszusetzen. (Steger et al. 2008: 57)

### **Mangelnde Steuerungsfähigkeit**

Aufgrund ihrer hohen wirtschafts- und sicherheitspolitischen Bedeutung wird die Elektrizitätswirtschaft intensiv reguliert. Dennoch ist die grundlegende Frage, ob Regulierung tatsächlich etwas am Verhalten der regulierten Industrie bewirkt, empirisch nicht bestätigt. Mehrere Arbeiten zeigen keine oder nur ambivalente Effekte. 1962 prüften Stigler und Friedland die Wirksamkeit von Regelungen zur Begrenzung von Haushaltsstrompreisen für 47 Bundesstaaten der USA in den Jahren 1922, 1932 und 1937. Unter Kontrolle der Bevölkerungsdichte, der Brennstoffkosten, dem Einkommen pro Kopf und dem Anteil von Wasserkraft an der Stromerzeugung fanden sie keinen Unterschied beim Haushaltsstrompreis zwischen den Bundesstaaten mit und ohne eine Preisregulierung. (Stigler/Friedland 1962: 6-8) Jackson 1969 zeigte, dass die Preisregulierung in den Jahren 1940 und 1950 wirkungslos blieb, 1960 jedoch eine Preissenkung erreichte (Jackson 1969: 376). Moore 1975 ermittelte eine Senkung des

Haushaltsstrompreises durch Regulierung um weniger als 5 Prozent. (Moore 1970: 374) Ebenso ziehen die Arbeiten von Moore 1975, Primeaux 1975 und 1979 die Wirksamkeit regulativer Maßnahmen in Zweifel, während Primeaux 1980 in Florida, Iowa und Mississippi eine erfolgreiche Senkung der Gewinnmargen der regulierten EVU feststellt (Primeaux 1980: 1, 26).

Die Ergebnisse dieser Arbeiten unterliegen zwei Einschränkungen: Zum einen beschränken sie sich auf die USA und betrachten für den Bereich der Stromerzeugung die Preisbildung, nicht aber die Netzinfrastruktur oder andere ökonomische Outputs wie die Menge oder die Servicequalität. Zum anderen war die Stromerzeugung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein Wettbewerbsfeld, da Elektrizität erst nach 1945 zur primären Energiequelle wurde. Zuvor stand sie in Konkurrenz mit anderen Energieträgern, etwa Holz und Kohle für den Hausgebrauch oder zur Erzeugung von Prozesswärme. Deshalb müssen insbesondere in den frühen Studien zur fehlenden Wirkung von Regulierung keine überhöhten Monopolpreise bestanden haben, obwohl die Einführung einer Preisregulierung dies nahelegt. (vgl. Lorenz 2010: 11-12; vgl. Stigler/Friedland 1962: 11)

### **Mangelnde Beobachtbarkeit**

Ein grundlegendes Problem von Politik und Regulierungsbehörden besteht darin, dass die Ursache für die sinkenden Investitionen der Energieversorgungsunternehmen nicht eindeutig bestimmt werden kann. Die sinkenden Investitionen könnten auf eine vorübergehende Unsicherheit der Marktakteure während des Übergangs zu einer Wettbewerbsordnung, auf eine durch den Marktmechanismus oder die ergriffenen regulativen Maßnahmen bewirkte effizientere Ressourcenallokation oder auf unzureichende Anreize zur Erhaltung und Entwicklung der Infrastruktur hindeuten. Im Fall einer vorübergehenden Verunsicherung der Marktakteure wären zusätzliche Maßnahmen unnötig. Bei einer effizienteren Ressourcenallokation müssten die Investitionsanreize möglicherweise zurückgenommen werden, um einen übermäßigen Kapitaleinsatz zu vermeiden. Sind die Investitionsanreize jedoch ungenügend, müsste einem Absinken der Versorgungssicherheit mit Strom durch weitere Maßnahmen entgegengewirkt werden. Noch aber fehlen den Regulierungsbehörden die Erfahrungen aus früheren Regulierungsperioden, anhand derer sie ihre Maßnahmen kalibrieren könnten.

Momentan kann der Effekt der Marktliberalisierung auf die Versorgungssicherheit mit Strom nicht beobachtet werden. Da die technischen Komponenten der Elektrizitätsinfrastruktur langlebig sind und der aktuelle Ausbau im Rahmen der Energiewende vergleichsweise gering ist, wirkt sich das möglicherweise veränderte Investitionsverhalten der Energieversorgungsunternehmen kurz- und mittelfristig kaum auf die physische Elektrizitätsinfrastruktur aus. Beispielsweise werden für die

Modernisierung des Stromnetzes in den USA 30 bis 40 Jahre veranschlagt (Goldthau/Sovacool 2012: 234). Das europäische Stromübertragungsnetz besteht zu etwa 97 Prozent aus Freileitungen (eigene Berechnungen nach ENTSO-E 2008: 168), die eine Lebensdauer von 80 Jahren erreichen.<sup>5</sup> Da das deutsche 380-kV-Höchstspannungsnetz nach dem Zweiten Weltkrieg errichtet wurde, muss das Höchstspannungsnetz voraussichtlich erst nach 2020 flächendeckend erneuert werden. Der kurzfristig für die Umsetzung der sogenannten Energiewende notwendige Netzausbau wird von den vier deutschen Übertragungsnetzbetreibern (50Hertz, Amprion, TenneT und TransnetBW) bei einem Bestandsnetz von 35.000 km auf 5.300 km Leitungsausbau auf bestehenden Trassen und 3.500 km Neubauten (TenneT 2014), in der dena Netzstudie II (dena 2010) und im Bundesbedarfsplangesetz<sup>6</sup> 2013 aber deutlich niedriger geschätzt (3.600 km Neubau bzw. 2.800 km Neubau und 2.900 km Leitungsausbau).<sup>7</sup> So werden in den nächsten Jahren etwa 10 bis 15 Prozent des bestehenden deutschen Stromtransportnetzes erneuert oder zugebaut. Während der Netzausbau im Rahmen der Energiewende plangemäß voranschreitet (Gerbaulet et al. 2013: 3), erfolgt der für den wachsenden grenzüberschreitenden Stromhandel benötigte Zubau vergleichsweise langsam, da die Netzbetreiber „wettbewerbsbedingte Verschiebungen und zusätzlichen Wettbewerb durch das Ausland fürchten“ (Steger et al. 2008: 28). In der näheren Zukunft können die Netzbetreiber noch von den zu Monopolzeiten getätigten Investitionen zehren, weshalb sich ein durch die Marktliberalisierung verändertes Investitionsverhalten erst mit einiger Verzögerung beobachten ließe. (Oswald 2005b: 5; Steger et al. 2008: 80, 87, 125)

Aufgrund ihrer langlebigen Komponenten ist die physische Elektrizitätsinfrastruktur träge. Trotz des tiefgreifenden institutionellen Wandels der letzten Jahre (Privatisierung der Energiewirtschaft, Liberalisierung der Strommärkte, Entflechtung von Stromerzeugung und -übertragung) ist die Versorgungssicherheit mit Strom unverändert geblieben, wie Abbildung 1 beispielhaft für die vier größten europäischen Volkswirtschaften zeigt.

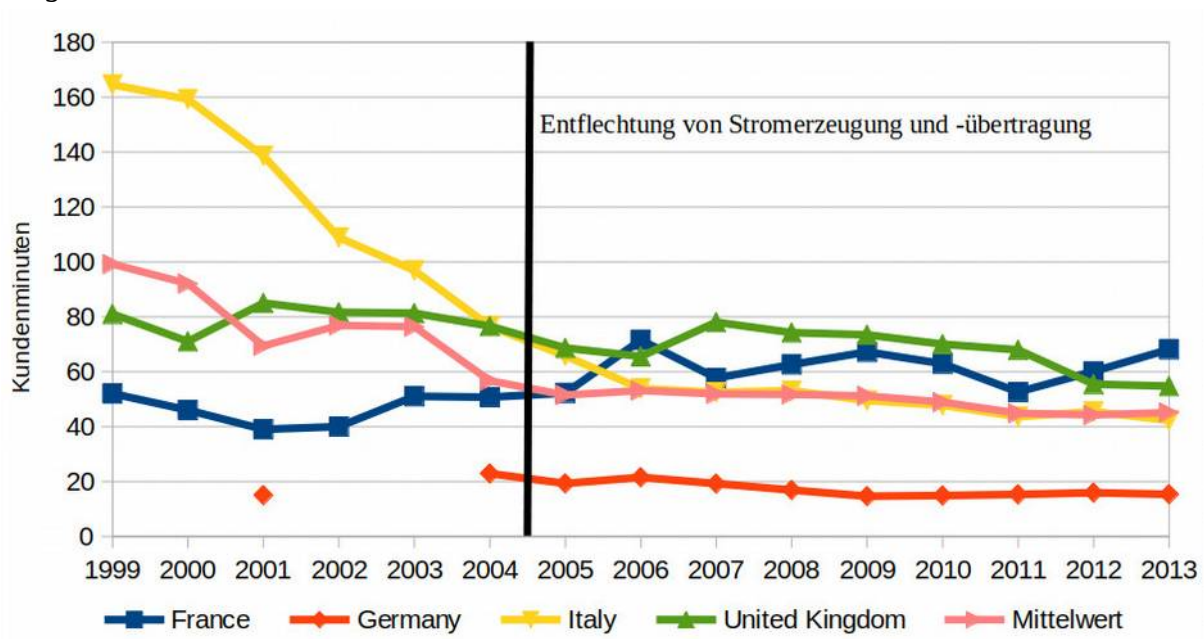
<sup>5</sup> Daten für Deutschland, Frankreich, Griechenland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Slowakische Republik, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik und Ungarn.

<sup>6</sup> Gesetz über den Bundesbedarfsplan (Bundesbedarfsplangesetz – BBPlG) vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2543; 2014 I S. 148), das durch Artikel 11 des Gesetzes vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066) geändert worden ist. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbplg/gesamt.pdf> 18.03.2015 16:15

<sup>7</sup> Zum Vergleich: In Australien könnte die steigende Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Energien sogar einen Rückbau des Stromnetzes in dünn besiedelten Regionen begünstigen. Siehe unter Verweis auf eine Studie der Energieia: *Cutting the Cord: The Australian Micro Grid Market to 2026* <http://reneweconomy.com.au/2016/the-40-australian-towns-that-could-and-should-quit-the-grid-93813>



Abbildung 1: Durchschnittliche jährliche Unterbrechungsdauer je Kunde (SAIDIexc) in ausgewählten Ländern 1999-2013



Die gezeigte Entwicklung lässt sich aber auch so interpretieren, dass die anhaltende Verbesserung der Versorgungssicherheit mit Strom seit der Liberalisierung in eine stete Entwicklung übergegangen ist. Ein vergleichbarer Befund wurde nach der Privatisierung der British Telecom gestellt, deren Versorgungsqualität zwar nicht abnahm, sich aber trotz eines raschen technischen Fortschritts auch kaum verbesserte, was für einen Technologiesektor enttäuschend sei (Vickers/Yarrow 1988 nach Ajodhia et al. 2004: 110).

Aufgrund des Fehlens verlässlicher Prognosen und der Trägheit der physischen Infrastruktur wäre eine Kalibrierung der Anreizregulierung allenfalls langfristig möglich. Allerdings bedeutet die Transformation des Energiesystems (Energiewende, Netzausbau, Smart Grid), dass sich neben dem veränderten regulativen Umfeld - als zu kompensierenden Einfluss - auch das Zielsystem wandelt. Selbst wenn der gegenwärtige regulative Rahmen in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten unverändert bliebe, ließen sich keine validen Schlüsse über die Effekte der Liberalisierung im Elektrizitätssektor auf das Investitionsverhalten der Energieversorgungsunternehmen ziehen, da abhängige und unabhängige Variable zugleich variieren. Hinzu kommt, dass unter den technischen und institutionellen unabhängigen Variablen ein hohes Maß an Interdependenz zu erwarten ist.

Nach dem gegenwärtigen Wissensstand ist es für die Regulierungsbehörden unmöglich, mittel- und langfristige Fehlentwicklungen infolge der Privatisierung und Liberalisierung des Elektrizitätssektors abzuschätzen und diesen durch geeignete Regulierungsinstrumente vorzubeugen.

### 3. Stand und Defizite der Forschung

Die technischen Aspekte des Energiesystems sind durch die Technikwissenschaften detailliert aufgearbeitet. Regulierungsfragen spielen aber nur eine nebensächliche Rolle, etwa bei der technischen Normung durch Fachverbände wie den VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. Deshalb gebe ich den Stand der technikwissenschaftlichen Forschung im Abschnitt 4.2 Technische Grundlagen wieder.

Mehrere sozialwissenschaftliche Disziplinen und Teilgebiete befassen sich mit der Regulierung elektrischer Netze. Seit der Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte sowie begleitend zur Energiewende hat die Regulierung des Energiesystems verstärkte Aufmerksamkeit in der Wirtschafts- und Politikwissenschaft erfahren, wie verschiedene Fachzeitschriften dokumentieren.<sup>8</sup>

Die meisten Arbeiten stammen aus den Wirtschaftswissenschaften, die aber die Regulierung im Elektrizitätssektor auf die Energiewirtschaftspolitik reduzieren. Infrastrukturpolitik als die Gesamtheit von Maßnahmen zur bewussten und zielgerichteten Änderung des Infrastrukturbestands bzw. seiner Zusammensetzung (Wirtschaftslexikon24.com 2015) gilt als „Wirtschaftspolitik in Infrastruktursektoren“ (von Hirschhausen 2006: 2). Es überwiegen theoretische und ökonometrische – wobei wichtige Modellparameter mit statistischen Verfahren geschätzt werden – Arbeiten, die sich fast ausschließlich mit Preiseffekten und der Veränderung der angebotenen und nachgefragten Menge auseinandersetzen. Im Gegensatz dazu finden Aspekte der Versorgungsqualität oder die Folgen der Preisregulierung auf diese erst seit einigen Jahren Beachtung. (Ajodhia et al. 2004: 107)

Aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive sind Regelungen das Ergebnis rationaler Wahl oder evolutionären Erfolgs, weshalb ihre Entstehung kaum beleuchtet ist (Mayntz 2004). Hier liegt der Anknüpfungspunkt zur Politikwissenschaft, die jedoch aktuell die Aufmerksamkeit auf die Begleitung der Energiewende legt und nach den notwendigen Veränderungen von Governance-Strukturen zu deren Umsetzung fragt (vgl. Ohlhorst et al. 2013; vgl. Droste-Franke et al. 2015).

Ein weiterer Forschungsstrang ist die Sicherheitsforschung. In den Sozialwissenschaften ist die Sicherheit der Elektrizitätsversorgung ein relativ neues Thema. Nach den Anschlägen auf das World Trade Center von 1993 berief Bill Clinton 1996 die President's Commission on Critical Infrastructure Protection (PCCIP), um die Verwundbarkeit der Kritischen Infrastrukturen in den USA zu untersuchen. 1997 wurde in Deutschland die Arbeitsgruppe Kritische Infrastrukturen AG KRITIS gegründet. (Birkmann et al. 2010: 121) Die Sicherheitsforschung beispielsweise des

<sup>8</sup> Energy Policy ([www.journals.elsevier.com/energy-policy/](http://www.journals.elsevier.com/energy-policy/)), The Electricity Journal ([www.journals.elsevier.com/the-electricity-journal/](http://www.journals.elsevier.com/the-electricity-journal/)), The Energy Journal (<http://www.iaee.org/en/publications/ejindex.aspx>), Utilities Policy ([www.journals.elsevier.com/utilities-policy/](http://www.journals.elsevier.com/utilities-policy/)), Zeitschrift für Energiewirtschaft (<http://link.springer.com/journal/12398>)

Forschungsforums öffentliche Sicherheit<sup>9</sup> oder der parlamentarischen Technikfolgenabschätzung<sup>10</sup> befasst sich in der Schnittmenge von Wissenschaft und Politik mit der Gefährdung durch Unwetterereignisse, kriminelle und terroristische Handlungen, mit ihrer Wahrnehmung in der Bevölkerung sowie mit den Möglichkeiten ihrer Abwehr (Lorenz 2010; Petermann et al. 2010; Reichenbach et al. 2008; Steetskamp/van Wijk 1994; Journal of Contingencies and Crisis Management<sup>11</sup>). Die systemischen Risiken der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik werden in diesem Forschungsfeld aber nicht behandelt.

Den weitesten Blickwinkel nimmt die Techniksoziologie ein, die sich mit der sozialen Konstruktion von Technik durch die bewusste Entscheidung zwischen technischen Alternativen sowie mit der Abschätzung von ungewollten Technikfolgen befasst. Das Hauptinteresse gilt dem Verständnis von Innovationsverläufen, wobei nach der technologiepolitischen Rolle des Staats gefragt wird. Weit gefasste soziologische Denkansätze wie der sich in der Akteur-Netzwerk-Theorie manifestierende techniksoziologische Holismus sehen eine Unterscheidung von Technik und Sozialem als unzulässig an. Demnach wäre eine getrennte Analyse der physischen Elektrizitätsinfrastruktur etwa von der Organisation der Energieversorgungsunternehmen ungültig, da bereits ihre Unterscheidung in technisch und sozial das Ergebnis einer koevolutionären Einwirkung technischer Artefakte, menschlicher Akteure, sozialer Normen und Institutionen sei. (Schulz-Schaeffer 2000: 15, 92-93)

Daneben tragen auch die Regulierungsbehörden und ihre Vereinigungen wie die Vereinigung europäischer Energieregulierer (Council of European Energy Regulators, CEER) oder die Internationale Konföderation der Energieregulierer (International Confederation of Energy Regulators, ICER) zu regulierungsbezogenen Fragen bei. Allerdings wurden die Regulierungsbehörden vornehmlich als Aufsichtsbehörden über die liberalisierten Elektrizitätsmärkte gegründet und verantworten das Funktionieren der Märkte. Für die allgemeine Energiewirtschaftspolitik und die Versorgungssicherheit mit Strom sind hauptsächlich die Regierungen verantwortlich. (ICER 2012: 12, 47-48) Deshalb fehlt den Publikationen der Regulierungsbehörden oft eine systemische Perspektive auf die Risiken von Politiken, Standards und Regulierung.

Aus den genannten Disziplinen und Forschungsfeldern befassen sich zahlreiche Arbeiten aus unterschiedlichem Erkenntnisinteresse mit der Genese, Implementierung und Wirkung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik, ohne einen klar abgesteckten Forschungshorizont zu bilden oder eine einheitliche Theoriebildung anzustreben. Im Folgenden stelle ich die wichtigsten

<sup>9</sup> <http://www.sicherheit-forschung.de/>

<sup>10</sup> <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/>

<sup>11</sup> <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291468-5973>

Forschungsstränge zur Regulierung des Energiesystems vor, untergliedert nach den drei Erkenntniszielen des Forschungsvorhabens: der Genese, der Implementierung und der Wirkung von Regulierung. Ebenfalls gehe ich auf meine Vorarbeit zum Thema ein und fasse die Defizite der Forschung zusammen.

### **3.1 Die Genese von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Die Forschung zur Regulierungsgenese befasst sich mit den Fragen, warum Reformen erfolgen sowie welche Akteure sie initiieren und ausgestalten. Die für den Elektrizitätssektor relevante Literatur entstammt fast ausschließlich der Regulierungsökonomie und ist auf nationale politische Systeme fokussiert. Bislang wurden länderübergreifende Konzepte aus der Politikfeldanalyse und der Europaforschung wie das Politiklernen (Bandelow 2003) oder das Regieren im Zwei- (vgl. Putnam 1988: 434) oder Mehrebenensystem (vgl. Hooghe/Marks 2001: 3) nicht auf die Regulierung im Elektrizitätssektor angewandt.

#### **3.1.1 Theorie der Regulierungsgenese**

In der Literatur lassen sich zwei Ansätze zur Erklärung der Genese von Regulierung unterscheiden. Bis in die frühen 1960er Jahre herrschte die Auffassung, Regulierung erfolge im öffentlichen Interesse, um das Marktversagen insbesondere von natürlichen Monopolen zu korrigieren. Die mit einer Regulierung verbundenen Nachteile wie Preisanstiege und Marktverzerrungen werden als Kosten für das Erreichen gesamtgesellschaftlicher Ziele wie nationale Sicherheit oder Marktinklusion benachteiligter Bevölkerungsteile verstanden. Dieser Denkansatz ist keine formale Theorie, sondern eine implizite Unterstellung, die noch heute häufig in der Regulierungsökonomie und von Regulierungsbehörden vertreten wird (Ajodhia et al. 2004: 114; bspw. CEER 2008: 5; bspw. Kurth 2006: 421). Beispielsweise argumentieren Gönenç et al. 2001: „historically, the regulation of network industries has often been based on various public interest criteria, such as national security concerns and ensuring equal access to all services, the principal economic rationale for regulation rests on the existence of market failures.“ (Gönenç et al. 2001: 27) In Abgrenzung zu diesem Ansatz entwickelte George Stigler 1971 eine formale Theorie der Regulierung unter Berücksichtigung konzentrierter Industrien wie der Elektrizitätswirtschaft (Stigler 1971), die später als „Capture-Theorie“ (Posner 1974: 1) bezeichnet wurde. (Peltzman 1981: 371; Posner 1974: 1; Stigler 1971: 3) In den 1980er Jahren entwickelte sich mit der Theorie nationaler Interessenbildung ein dritter Ansatz aus der Synthese beider Denkansätze.

## **Marktversagen als Motiv: Regulierungsökonomie**

Die Regulierungsökonomie geht davon aus, dass Monopole und insbesondere natürliche Monopole eine suboptimale Qualität zu überhöhten Preisen erbringen, wodurch Verbraucher aus dem Markt ausgeschlossen werden können. Ein natürliches Monopol liegt vor, wenn ein einzelner Anbieter den Markt zu geringeren Preisen bedienen kann als mehrere Anbieter. Beispielsweise ist das Stromnetz ein natürliches Monopol, weil die Investitionen zu seinem Aufbau als 'versunken' gelten.<sup>12</sup> Die installierten Komponenten sind ortsfest und können nicht durch einen Verkauf rückgängig gemacht werden. Die irreversiblen Investitionen sind in der Wettbewerbstheorie nicht mehr relevant für die Preisgestaltung eines Unternehmens, sodass etablierte Netzbetreiber günstigere Preise anbieten können als Markteinsteiger, die erst eine eigene Leitungsinfrastruktur errichten müssten. Außerdem bietet das Stromnetz als Netzwerk Skalenerträge. Es funktioniert umso besser, je mehr Erzeuger und Verbraucher daran angeschlossen sind, was Markteinsteiger weiter benachteiligt. (vgl. Kurth 2006: 413-414)

Dem Monopolanbieter fehlen Anreize entstehen. Zum anderen kann der Monopolanbieter die Kosten, die bei der Erbringung einer sozial optimalen Versorgungssicherheit mit Strom entstünden, nicht bei den Verbrauchern abschöpfen, sich an der Nachfrage der Verbraucher nach einer zuverlässigen Stromversorgung zu orientieren und effizient zu produzieren. Dies liegt zum einen daran, dass die Allgemeinheit die Folgekosten eines Stromausfalls trägt, die Kosten zur Vermeidung von Stromausfällen aber dem Netzbetreiber. Eine sozial optimale Versorgung würde erreicht, wenn jeder Verbraucher die von ihm präferierte Versorgungsqualität erhielte und diese Leistung dem Versorger entsprechend seiner individuellen Zahlungsbereitschaft vergüten würde. Jedoch ist die wichtigste Qualitätsdimension der Stromversorgung, die Versorgungssicherheit mit Strom, für alle an eine Leitung angeschlossenen Kunden gleich. Legt der Netzbetreiber das Leitungsnetz entsprechend der hohen Zahlungsbereitschaft gewerblicher Kunden hoch redundant und ausfallsicher aus, profitieren alle angeschlossenen Kunden von der erhöhten Ausfallsicherheit. Welche Versorgungsqualität konkret erreicht wird, richtet sich nach Angebot und Nachfrage und wird durch die Zahlungsbereitschaft des Grenzkunden festgelegt. Der Grenzkunde ist derjenige Kunde, der gerade noch bereit ist, den Marktpreis zu bezahlen und das Produkt nicht mehr kauft,

<sup>12</sup> Finnland ist weltweit die einzige Ausnahme. Bis zum September 1997 bestand ein offener Wettbewerb im Stromübertragungsnetz ab 110 kV. Mit einer Genehmigung vom Ministerium für Handel und Industrie bzw. nach 1995 von der Electricity Market Authority durften Stromübertragungsleitungen gebaut und betrieben werden. Der Großteil des Stromübertragungsnetzes gehörte der staatlichen Imatran Voima (IVO, heute Fortum) und der privaten Pohjolan Voima (PVO) bzw. zwischen 1992 und 1997 ihren Tochtergesellschaften IVO Voimansiirto (IVS) und Teollisuuden Voimansiirto (TVS), wobei in einigen Gebieten parallele Leitungen bestanden (Abbildung 49, S. 285). (Pineau/Hämäläinen 1999: 6-7, 11) 1995 trat der Electricity Market Act (386/1995) in Kraft, der einen einzigen Übertragungsnetzbetreiber vorschreibt (MTI 2005: 7). Heute betreibt die mehrheitlich staatliche Fingrid Oyj das Übertragungsnetz.

wenn der Preis steigt, beispielsweise indem ein gewerblicher Verbraucher auf eine Eigenstromversorgung ausweicht. Das durch den Grenzkunden bestimmte Qualitäts- und Preisniveau hat zur Folge, dass manche Kunden trotz höherer Zahlungsbereitschaft eine zu niedrige Versorgungssicherheit erhalten (weil die von ihnen nachgefragte Menge zu gering ist), während sich andere, die sich mit einer geringeren Versorgungssicherheit begnügen würden, die angebotenen Tarife nicht leisten können. (Ajodhia et al. 2004: 107-109; Steger et al. 2008: 79-80) Die Bereitstellung eines gesellschaftlich nicht optimalen Qualitätsniveaus sowie das Auspreisen mancher Verbraucher aus dem Markt erfordern den regulierenden Eingriff des Staats.

### **Interessengruppen als Motiv: Capture-Theorie**

Aufbauend auf der von Mancur Olson (1965; 1971) entwickelten Logik kollektiven Handelns schreibt George Stigler die Regulierungsgenese vor allem dem Einfluss der Interessengruppen zu, die am stärksten durch eine Politik betroffen sind. Dabei wird zum einen angenommen, dass die Kosten einer Einflussnahme aufgrund der festen Größe des politischen Systems für verschiedene Anliegen gleich sind, was große Interessengruppen und Branchen bevorteilt. Zum anderen entsteht bei der Organisation einer Interessengruppe und der Vertretung branchenweiter Anliegen das Freerider-Problem, also die Begünstigung auch der unorganisierten Unternehmen einer Branche, weshalb eine teure Einflussnahme nur für konzentrierte Branchen mit wenigen Unternehmen attraktiv ist. Aufgrund des Freerider-Problems werden Unternehmen zum Beispiel in der Regel keine Subventionen für ihre Branche anstreben, von denen auch Markteinsteiger profitieren würden, sondern auf einen restriktiven Marktzugang hinwirken. (Noll 1996: 4-5; Stigler 1971: 5, 12-13)

Die durch eine Regulierung adressierte Industrie ist am stärksten von ihren Folgen betroffen und wird durch gezielte Einflussnahme auf für sie vorteilhafte Politiken hinwirken. Fehlt zugleich ein defensiver Einfluss anderer von der Regulierung betroffener Interessengruppen, kann die Regulierungsbehörde von der regulierten Branche vereinnahmt werden: Es entsteht der Zustand des regulatory capture. Dann erfolgen Reformen, weil sie organisierte Interessengruppen gegenüber dem bestehenden Regulierungsrahmen bevorteilen. Die mit einer Regulierung verbundenen Nachteile sind die Folge dieser Einflussnahme und des fehlenden Vermögens der heterogenen Allgemeinheit, sich zu organisieren. (Noll 1996: 5; Stigler 1971: 3, 11)

### **Synthese: Theorie nationaler Interessenbildung**

In der Synthese der beiden Denkansätze wird die Logik kollektiven Handelns, derzufolge Reformen aufgrund der Einflussnahme von organisierten Gruppen erfolgen, um eine politische

Entscheidungslogik ergänzt. Es wird betont, dass die regulativen Institutionen zum politischen Gefüge gehören und weder das öffentliche Interesse noch die Interessen von organisierten Gruppen die Politikformulierung dominieren. Vielmehr erfolgen politische Mehrheitsbildung und Tauschgeschäfte. (Peltzman 1981: 372; Peltzman 1989: 38) Politische Entscheider werden von der Wahlbevölkerung beobachtet und sanktioniert. Für ihren Machterhalt benötigen Politiker die Unterstützung von Wählern und Interessengruppen, aber auch von ihren Parteien und der Verwaltung. Da die Interessen dieser Gruppen nicht immer klar definiert oder kontrovers sind, erhalten politische Entscheider eine gewisse Autonomie, wenn die Auswirkungen einer Politik unsicher sind oder nicht bedrohlich erscheinen. Politiker nutzen Reformen, um im Amt zu bleiben oder ihre politischen Präferenzen umzusetzen. Schließlich können negative Externalitäten anderer Politiken und Politikversagen Regierungen auch ohne den direkten Einfluss von Interessengruppen veranlassen, zu handeln. (Moravcsik 1993: 483-484, 487, 493; Noll 1996: 4-5)

### **Korruption als Motiv**

Die Capture-Theorie und die Theorie nationaler Interessenbildung betrachten legale Vorgänge innerhalb des Staatswesens. Ein weiteres Motiv der Regulierungsgenese ist Korruption. Korruption ist ein vielschichtiges Phänomen, das sich allgemein unter dem Begriff der privaten Vorteilsnahme fassen lässt. Um die zahlreichen Facetten privater Vorteilsnahme zu fassen, wurden in der Literatur verschiedene Begriffe eingeführt.

Transparency International unterscheidet zwischen grand, petty und political corruption. Grand corruption bezeichnet Korruptionsakte, die sich an hochrangige Staatsvertreter richten, um den Inhalt von Gesetzen oder das Staatswesen im Allgemeinen zu beeinflussen. Petty corruption meint den Machtmissbrauch einfacher Staatsangestellter gegenüber der Bevölkerung, um Korruptionsgelder zu kassieren. Political corruption meint die eigennützige Manipulation von Gesetzen, Institutionen und Verfahrensregeln durch Politiker, um ihre Macht, ihren Status und Wohlstand zu sichern. (TI 2018)

Kaufmann/Vicente (2011) erweitern den Korruptionsbegriff um legale Formen der grand Korruption 'legal corruption'. Legale Korruption bezeichnet den Einsatz öffentlicher Güter für private Zwecke innerhalb des rechtlichen Rahmens. Beispiele für legale Korruption sind Wahlkampfspenden, die mit unternehmensfreundlichen Gesetzen honoriert werden, oder Großaufträge im Rahmen der öffentlichen Beschaffung, die später zu einer Führungsposition in den begünstigten Unternehmen verhelfen. Politiker haben durch ihre Gesetzgebungskompetenz die Möglichkeit, eigennütziges Verhalten zu legalisieren. (Kaufmann/Vicente 2011: 195-196)

### 3.1.2 Empirie der Regulierungsgenese

Der implizite Theorieansatz, der Regulierung aus dem öffentlichen Interesse zu erklären versucht, entzieht sich einer empirischen Prüfung, da er nicht formalisiert ist. Auch die Capture-Theorie ist empirisch nicht bestätigt.<sup>13</sup> 1989 testete Peltzman die Capture-Theorie anhand der Infrastrukturderegulierung in den USA während der späten 1970er und frühen 1980er Jahre, da die Capture-Theorie eigentlich eine restriktive Regulierung zugunsten der regulierten Branche voraussagt. Für den Schienenfracht- und Luftverkehr, den Aktienhandel und die Ölindustrie konnte er übereinstimmend mit der Capture-Theorie zeigen, dass durch die vorausgegangene Regulierung die betreffenden Sektoren nicht mehr wettbewerbsfähig und die regulierten Unternehmen nicht mehr profitabel waren. Dadurch stand einer Deregulierung kein organisiertes Interesse der betroffenen Branche entgegen. Dagegen wurden Telefonferngespräche und der Straßengüterverkehr dereguliert, obwohl die Unternehmen und die Beschäftigten – d. h. die Kernakteure des Sektors, die sich nach der Capture-Theorie erfolgreich für eine restriktive Regulierung des Sektors einsetzen sollten – hohe Profite bzw. Löhne erzielten. (Peltzman 1989: 39-40)

Zwar sind die empirischen Tests zu den Vorhersagen der Capture-Theorie ambivalent. Allerdings gibt es für den Elektrizitätssektor Hinweise dafür, dass ihre Grundannahmen richtig sind und die Theorie verfeinert oder in ihrem Geltungsbereich eingeschränkt werden sollte (vgl. Geddes 2003: 38-43). So legt der gegenwärtige Forschungsstand nahe, dass die Versorgungssicherheit mit Strom ein geringes gesellschaftliches Mobilisierungspotenzial besitzt und der Regierung sowie den Energieversorgungsunternehmen große Gestaltungsräume bleiben.

#### **Geringes gesellschaftliches Mobilisierungspotenzial**

In der Bevölkerung werden die Folgen von Stromausfällen auf das Unmittelbare reduziert und als harmlos wahrgenommen: Licht, Fernseher und Computer fallen aus. Das Wissen um Kaskadeneffekte (Petermann et al. 2010; Steetskamp/van Wijk 1994) ist kaum ausgeprägt. Nach dem psychometrischen Ansatz der Risikowahrnehmung (Slovic 1992) erklärt sich das geringe Risikobewusstsein der Bevölkerung dadurch, dass der Stromversorgung positive Eigenschaften wie Nutzen, Komfortgewinn und Produktivitätssteigerung zugeschrieben werden und ihre Risiken als bekannt gelten. Seltene, aber drastische Konsequenzen von Stromausfällen wie Verletzungen und Todesfälle gelten als örtlich und zeitlich zufällig verteilt und somit als unvermeidbar. Als Ursachen von Stromausfällen gelten Brennstoffknappheit, der wachsende Stromverbrauch,

<sup>13</sup> Die fehlende empirische Bestätigung kann auch auf das Fehlen geeigneter Messinstrumente zurückgehen, um den Zustand des regulatory capture und seine kausalen Bedingungen (organisierte Einflussnahme, Fehlen von Gegeninteressen) festzustellen. Eine empirische Operationalisierung wird in Abschnitt 8.2 vorgenommen.



Extremwetterereignisse und Terrorismus, denen privat nicht begegnet werden könne, nicht aber technisches Versagen (Devine-Wright et al. 2010: 18). Aus der weit verbreiteten Akzeptanz von Naturereignissen als isolierbaren Grund für den Ausfall der Stromversorgung resultiert eine gewisse Fatalität in Bezug auf Stromausfälle (Silvast 2006). Zwar steigt die Risikowahrnehmung mit zunehmendem Alter, was einen Zusammenhang zwischen der Risikoeinschätzung und der eigenen Erfahrung mit Stromausfällen nahelegt (Devine-Wright et al. 2010: 10).<sup>14</sup> Jedoch zeigen andere Studien, dass Betroffene die erlebten Folgen von Stromausfällen schnell wieder vergessen, wenn diese nicht allzu gravierend waren (Stiftung Risiko-Dialog 2007: 23). (Lorenz 2010: 18-23)

Nach nicht repräsentativen Fokusgruppengesprächen und Einzelinterviews der Stiftung Risiko-Dialog in Zürich werden bis zu drei mehrstündige Stromausfälle pro Jahr angesichts der vielfältigen Ursachen für Versorgungsunterbrechungen als akzeptabel angesehen. Häufigere oder großflächige Stromausfälle würden aber nicht mehr toleriert. Insgesamt solle das Verhältnis von Versorgungssicherheit und Preis unverändert bleiben. Die hohe Qualität solle nicht unnötig übermäßig perfektioniert und verteuert werden. Eventuell wären häufigere angekündigte Versorgungsunterbrechungen akzeptabel, wenn dadurch ein günstigerer Preis erzielt oder ungeplante Ausfälle verhindert werden könnten. (Stiftung Risiko-Dialog 2007: 14-19) In Umfragen ermittelten Carlsson/Martinsson in Schweden einen hohen Bevölkerungsanteil, dessen Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung eines Stromausfalls bei null liegt. Dieser beträgt für ungeplante Unterbrechungen von 1 Stunde 86 %, von 4 Stunden 68 %, von 8 Stunden 46 % und von 24 Stunden 36 %. Dies weist auf eine verbreitete Gleichgültigkeit in Bezug auf Stromausfälle hin. (Carlsson/Martinsson 2007: 83)

Anders als das Thema Versorgungssicherheit scheint der Strompreis ein relevanter Faktor für die allgemeine Bevölkerung zu sein. So bemerkt Kübler, dass die Energiepolitik seit jeher darauf bedacht sei, einen unverhältnismäßig hohen Anstieg der Strompreise für Privathaushalte zu begrenzen, um dadurch die Unterstützung der Wähler zu sichern. Heute gehe es vor allem darum, „die Strompreis- und Einkommensentwicklung so auszubalancieren, dass der 'Strompreis in Arbeitseinheiten' ein gewisses Niveau nicht übersteigt: Strom soll für die Verbraucher bezahlbar bleiben.“ (Kübler 2015: 29) White et al. finden, dass in den US-Bundesstaaten mit den höchsten

<sup>14</sup> Chi-Quadrat-Test einer onlinebasierten Umfrage, an der 1046 repräsentativ ausgewählte Personen mit Wohnsitz im Vereinigten Königreich teilnahmen. Der Chi-Quadrat-Test liefert keine Aussage über die Stärke des Zusammenhangs.

Strompreisen Reformen am wahrscheinlichsten durchgeführt werden (White 1996: 228-230).<sup>15</sup> Weltweit subventionieren mehr als die Hälfte der Staaten Energie (Dansie et al. 2010: 475).

Für Unternehmen fehlen vergleichbar detaillierte Untersuchungen. Zwar entstehen in Unternehmen deutlich höhere Unterbrechungskosten durch Produktionsausfälle, wie Tabelle 1 auf Grundlage norwegischer Daten der Jahre 2003 bis 2007 zeigt. Doch sind deshalb kritische Unternehmensbereiche wie Kühllhäuser oder Raffinerien in der Regel mit einer begrenzten Notstromversorgung ausgerüstet.

*Tabelle 1: Unterbrechungskosten verschiedener Kundengruppen*

<b>Kundengruppe</b>	<b>geplante Unterbrechung</b>	<b>ungeplante Unterbrechung</b>
<b>Industrie</b>	5.9 € / kWh	8.5 € / kWh
<b>Handel und Dienstleistungen</b>	8.7 € / kWh	12.7 € / kWh
<b>Landwirtschaft</b>	1.9 € / kWh	1.3 € / kWh
<b>Haushalte</b>	0.9 € / kWh	1 € / kWh
<b>öffentliche Einrichtungen</b>	1.3 € / kWh	1.7 € / kWh

kWh: Kilowattstunde

Quelle: nach Trengereid 2003: 11

### **Hoher Einfluss von Energiewirtschaft und Politik**

Historisch waren staatliche Energieversorgungsunternehmen für die Planung, Politikformulierung und andere regulative Aspekte im Bereich der Energieversorgung verantwortlich (Abbott/Cohen 2011: 4956). Von Ruostetsaari in Finnland durchgeführte Experteninterviews mit Vertretern der Politik, des öffentlichen Dienstes, von Energieunternehmen und ihren Interessenverbänden sowie von Unternehmen und der Zivilgesellschaft bekräftigen den Eindruck einer geringen gesellschaftlichen Beteiligung an der Formulierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitiken. Gefragt nach den einflussreichsten Akteuren in der Energiepolitik, sahen diese das Kabinett (86 %), das Parlament (82 %), die Energieversorgungsunternehmen (78 %) sowie große Unternehmen (74 %) als führend an. Zum hohen angenommenen Einfluss des Parlaments bemerkt Ruostetsaari, dass in Finnland Energiepolitik niemals die Wahlkämpfe dominiert hat und strategische Energieentscheidungen wenig Aufmerksamkeit unter den Abgeordneten finden. (Ruostetsaari 2009: 104-106)

<sup>15</sup> Genauer basiert die Erklärung für Preisreformen auf der Lücke zwischen den Kosten, mit denen die etablierten EVU aufgrund ihrer ‚versunkenen‘ Investitionen und langfristig geschlossenen Lieferverträgen kalkulieren, und den Preisen, die aufgrund veränderter Bedingungen für Marktneueinsteiger zu realisieren wären. (Siehe Abschnitt 8.1.1 zu den Herausforderungen von Preisvergleichen.)

Eine Netzwerk- und QCA-Analyse<sup>16</sup> der Verbindungen zwischen der US-amerikanischen Energieindustrie und den sektorspezifischen Regulierungsgremien zeigt, dass große Unternehmen der Kohle- und Elektrizitätswirtschaft sowie insbesondere der Ölindustrie mit hohem Umsatz und vielen Beschäftigten am einflussreichsten sind. Unabhängig davon stärken überdurchschnittliche Wahlkampfausgaben den Einfluss eines Unternehmens. (Crawford 2012: 430, 438)

### **Politische Motive**

In der Literatur wird neben den theoretischen Motiven des öffentlichen Interesses und der Einflussnahme durch die regulierten Unternehmen die Bedeutung von großen Stromausfällen für die Initiierung infrastrukturpolitischer Reformen durch die Regierung diskutiert: „Shortages of electricity have significant social and political implications which make politicians, regulators and system operators particularly aware of the need for a reliable electricity supply.“ (Batlle/Rodilla 2012: 182) Hines et al. 2009 argumentieren, dass in den USA Stromausfälle wichtig für die historische Erklärung des Zeitpunkts von Reformen wären. Nach Stromausfällen, die länger als fünf Minuten dauerten, mehr als 50.000 Personen oder 300 MW nachgefragte Leistung betrafen, werden die Ursachen in einem Prüfbericht untersucht (bspw. USCA 2004; UCTE 2007). Einige dieser Berichte führten zu umfangreichen Reformen, die künftige Störfälle vermeiden sollten. Ein Beispiel ist die Einrichtung der ‘Electricity Reliability Organization’ durch den US-Kongress.<sup>17</sup> (Hines et al. 2009: 5249) Dazu passt die Beobachtung Pepermans, dass Versorgungssicherheit kein Anliegen für politische Entscheider in Europa sei, da diese noch aus der Zeit vor der Liberalisierung, die später als in den USA begann, auf einem hohen Niveau läge sowie Verbraucher und Politiker Stromausfälle für unwahrscheinlich hielten. (Pepermans 2011: 7853)

Joskow weist auf die legitimierende Funktion großer Stromausfälle für Reformen hin: „There is one thing that has not changed since the early 1970s. If you cannot think of a reasoned rationale for some policy based on standard economic reasoning then argue that the policy is necessary to promote 'energy security'“ (Joskow 2009: 11).

Auch gelten haushaltspolitische Überlegungen als Motiv für Reformen, die die Privatisierungswelle von Staatsunternehmen in Infrastruktursektoren seit den 1960er Jahren antrieben (Gönenç et al. 2001: 56). Ebenso zeigen zahlreiche Studien aus der Transformationsforschung, dass bei der Demokratisierung der Staaten des ehemaligen Ostblocks und dem folgenden Übergang zu einer Marktwirtschaft die Privatisierung ehemaliger Staatskonzerne zumeist erfolgte, um aus den

<sup>16</sup> Qualitative Comparative Analysis

<sup>17</sup> Energy Policy Act of 2005. Public Law 109-58-Aug. 8,2005.

[http://energy.gov/sites/prod/files/2013/10/f3/epact\\_2005.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2013/10/f3/epact_2005.pdf) 24.03.2015 10:40

Privatisierungserlösen Reformen in anderen Politikfeldern zu finanzieren (King 2001; von Hirschhausen 2001, 2002; von Hirschhausen/Opitz 2001).

Die Bedeutung anderer gesellschaftlicher Rahmenbedingungen für die Initiierung von Reformen ist noch kaum erforscht. Bacon/Besant-Jones 2001 prüfen für sich entwickelnde Länder den Zusammenhang von Reformschritten als abhängiger Variable und nationaler Wirtschaftspolitik, politischen und wirtschaftlichen Risiken, Bruttoinlandsprodukt sowie Dummy-Variablen für die verschiedenen Weltregionen als unabhängige Variablen zum Basisjahr 1998. Die Autoren folgern, dass sich stabile nationale Wirtschaftspolitiken positiv, politische und wirtschaftliche Risiken negativ auf Reformen im Elektrizitätssektor auswirken. (Bacon/Besant-Jones 2002: 9)

### **Korruption, private Vorteilsnahme und regulatory capture als Motiv**

Mir sind nur wenige empirische Befunde zur Regulierungsgenese durch political oder grand corruption im Elektrizitätssektor bekannt. Einige stammen aus Indien und Subsahara-Afrika, die nicht Teil der Population sind. Ihnen ist gemein, dass sie auf ein Unterlassen notwendiger Regulierung aufgrund von Korruption abstellen.

Joseph benennt Korruption als Ursache einer anhaltenden Reformunfähigkeit des indischen Elektrizitätssektors. Diese sowie Elektrizitätsdiebstahl und ein Preissystem, das landwirtschaftliche Verbraucher auf Kosten industrieller Verbraucher subventioniert, führten dazu, dass viele öffentliche EVU insolvent seien und viele industrielle Verbraucher auf eine Eigenstromversorgung setzten. Joseph quantifiziert Korruption und Stromdiebstahl mittels der Übertragungs- und Verteilungsverluste im Stromnetz, die von 22,5 % 1994 auf knapp 35 % zwischen 2002 und 2005 gestiegen sind. Dies gehe darauf zurück, dass die EVU einigen Kunden vor allem im ländlichen Bereich keine Stromzähler installierten und andere Kunden die Zähler manipulierten oder Angestellte des Stromversorgers bestächen. (Joseph 2010: 503, 507)

Auriol und Blanc beschreiben eine Zweiteilung der Stromversorgung in Subsahara-Afrika. Dort würden nach Privatisierungen die unteren Schichten von privaten, die Oberschicht von staatlichen EVU versorgt. Dennoch sei die öffentliche Stromversorgung stark subventioniert, die öffentlichen EVU arbeiteten defizitär und seien nicht in der Lage, zu investieren. Aus der Umverteilung von Privatisierungserlösen zur Oberschicht schließen die Autoren auf eine Vereinnahmung des Staats durch die Eliten ‚capture‘. Direkte empirische Belege für Akte der privaten Vorteilsnahme oder Korruption werden allerdings von den Autoren nicht vorgelegt. (Auriol/Blanc 2009: 203-204)

In meiner Masterarbeit untersuchte ich die Politik der Slowakischen Republik. Von 1993 bis 1998 blieb unter Ministerpräsident Vladimír Mečiar ein großer Teil der ehemals kommunistischen Elite

in wichtigen Positionen. Dieser Personenkreis spannte ein klientelistisches Netzwerk um Mečiar, das den Privatisierungsprozess zu seinen Gunsten lenkte. Eine Deregulierung und Privatisierung des Elektrizitätssektors unterblieb trotz des allgemeinen Wandlungsprozesses nach dem Systemwechsel, auch weil die staatlichen Monopolunternehmen ihre ablehnende Position durch ihren vorrangigen Zugang zu politischen Entscheidungsprozessen zur Geltung bringen konnten. Dieser vorrangige Zugang basierte auf der fehlenden Interessenorganisation der Stromverbraucher und klientelistischen Verflechtungen der Machtelite. Erst 1998 wurden neue Energiegesetze erlassen und die defizitäre Preisregulierung 2001 dem Amt für die Regulierung der Netzindustrieweige (Úrad pre reguláciu siet'ových odvetví, ÚRSO) übertragen. „Damit wurde die Möglichkeit für die Regierung abgeschwächt, die Energiepreise in Abhängigkeit vom Wahlzyklus zu missbrauchen“ (Ručinská 2010: 102). (Poetzsch 2011: 55, 57, 60-61)

Für die Regulierungsgenese in entwickelten Ländern stellen Gönenç et al. statt offener Korruption Drehtüreffekte fest, d. h. dass Mitarbeiter zwischen der Industrie und der sie regulierenden Behörde wechseln und dadurch die Unabhängigkeit des Regulierers gefährden. (Gönenç et al. 2001: 63) Laut einer Studie der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) zum Einfluss von Lobbygruppen haben Drehtüreffekte deutlich zugenommen: „In the United States, the movement between Congress and ‘K Street‘ has increased dramatically. Three per cent of retiring members of Congress became lobbyists in 1974. By 2012, that figure had risen to 42% among members of the House of Representatives and 50% among senators [...]“<sup>18</sup> (OECD 2014: 69) Ebenso wird auf die Vereinnahmung ‚capture‘ von beratenden Expertengremien verwiesen, wenn Führungskräfte oder Lobbyisten aus der Wirtschaft daran teilnehmen. (OECD 2014: 76)

In meiner Masterarbeit erwies sich die korporative Struktur des Systems der Interessenvermittlung in Deutschland als positiver Faktor für die Versorgungssicherheit mit Strom. Die Elektrizitätswirtschaft steht unter staatlicher Aufsicht. Die Netzbetreiber sind verpflichtet, unter Berücksichtigung des Preisgünstigkeitsgebots alle Netzverstärkungsmaßnahmen durchzuführen, die die Ausfallwahrscheinlichkeit zu verhältnismäßigen Kosten reduzieren. In der Praxis bestimmen die Netzbetreiber, welches Niveau der Versorgungssicherheit wirtschaftlich angemessen ist. In Regulierungsfragen wird staatlicherseits aktiv ein Informationsaustausch mit den EVU über formelle Einflusskanäle wie Energiegipfel, aber auch über informelle Wege gesucht. (Poetzsch 2011: 50, Steger et al. 2008: 128)

<sup>18</sup> K Street ist eine Hauptverkehrsstraße in Washington, D. C., in der think tanks, Lobbygruppen und Anwälte Büros unterhalten. (<http://www.dictionary.com/browse/k-street> 07.09.2017 14:09)

Die deutsche Energiepolitik gilt nach prominenten Positionswechseln deutscher Politiker als eng mit der Energiewirtschaft verflochten: Namhafte Beispiele sind Altkanzler Gerhard Schröder (Nordstream AG), die Wirtschaftsminister Werner Müller (Ruhrkohle AG ) und Wolfgang Clement (RWE Power AG), Gerald Hennenhöfer (Generalbevollmächtigter für Wirtschaftspolitik beim Atomkraftwerksbetreiber Viag [heute E.ON], danach Leiter der Abteilung Reaktorsicherheit beim Bundesumweltministerium, danach führte er für E.ON die Verhandlungen mit der rot-grünen Bundesregierung über den Atomausstieg, danach erneut im Umweltministerium u. a. mit der Laufzeitverlängerung und dem Ausstiegsbeschluss nach Fukushima befasst) und andere<sup>19</sup> (Gründinger 2015).

Die Energiewirtschaftspolitik agierte stets im Interesse der großen Energieversorgungsunternehmen. Diese genossen jahrzehntelang den gesetzlichen Schutz ihrer Gebietsmonopole. Vorhaben der EU zum Abbau von Marktbeschränkungen wurden verzögert. Reformvorhaben der EU wurden entweder so modifiziert, dass sie keine weiteren Liberalisierungsschritte begründeten, oder gänzlich abgelehnt. Mit der Umsetzung der Binnenmarkttrichtlinien Strom und Gas durch das Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrechts 1998 wurde der kartellrechtliche Ausnahmestatus der Energiewirtschaft formal aufgehoben.<sup>20</sup> Doch wurde ein verhandelter Netzzugang in Kraft gesetzt, der den EVU die Möglichkeit einräumte, die Bedingungen für den Netzzugang anderer Unternehmen selbst auszuhandeln. Die Richtlinie 2003/54/EC der Europäischen Kommission, die eine Herauslösung des Tätigkeitsbereichs Stromtransport aus vertikal integrierten Unternehmen verlangte, um diskriminierende Netzzugangsbedingungen zu beenden, wurde einerseits mit einiger Verzögerung durch das Zweite Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrechts vom 07.07.2005 umgesetzt (Umsetzungsfrist bis zum ersten Juli 2004). Andererseits erfolgte die Entflechtung zunächst nur rechtlich, aber nicht eigentumsrechtlich. Die Verbundunternehmen blieben Eigentümer des Stromübertragungsnetzes, das operative Geschäft wurde von Tochtergesellschaften geführt. (Poetzsch 2011: 46, 47, 50)

### **3.2 Die Implementierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitiken**

Seit der in den 1980er Jahren beginnenden Liberalisierung der Elektrizitätswirtschaft hat sich die Energiewirtschaftspolitik international erheblich diversifiziert. Im Vergleich mit den

<sup>19</sup> Huter et al. 2018 nennen Staatssekretär und Vorsitzenden der Deutschen Energieagentur Stefan Kapferer (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, BDEW), Referatsleiterin im Bereich Energiepolitik des Wirtschaftsministeriums Marion Scheller (Nord Stream 2 AG), Staatsministerin Hildegard Müller (BDEW), Parlamentarier Leo Dautzenberg (Evonik Industries AG), Assistent und Berater der SPD-Fraktion Wolfgang Dirschauer (Vattenfall), Ministerpräsidentin Hannelore Kraft (RAG) (Huter et al. 2018: 76-78).

<sup>20</sup> Gesetz zur Neuregelung des Energiewirtschaftsrechts, BGBl I S. 730-736 vom 24.04.1998

Liberalisierungsprozessen in anderen Infrastruktursektoren wie dem Postwesen oder der Straßen-, Schienen- und Luftfracht waren sowohl die Ausgangsbedingungen – etwa öffentliche, teilöffentliche oder private Eigentumsstrukturen – als auch der Umfang und zeitliche Ablauf von Reformen sehr unterschiedlich (Gönenç et al. 2001: 23). Dieser Prozess ist noch weitgehend unverstanden: „We know that countries have taken various approaches to regulating their electricity networks, but we are lacking a systematic explanation for the variety of paths chosen.“ (Haney/Pollitt 2011: 7743)

### **3.2.1 Theorie der Implementierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Die theoretische Literatur zur Implementierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitiken im Elektrizitätssektor besteht zum einen aus der Regulierungsökonomie, die sich mit der Regulierung natürlicher Monopole durch verschiedene Instrumente und ihrer Wirksamkeit befasst, also an der inhaltlichen Dimension von Politik interessiert ist. Zum anderen ist die Agentur- oder Prinzipal-Agenten-Theorie zu nennen, die sich mit der prozessualen Dimension von Politik auseinandersetzt. Diese entstammt der Neuen Institutionenökonomik, die sich auf andere Wurzeln als die Regulierungsökonomie beruft (Trebing 1987: 1707) und sich mit der Effektivität von Institutionen auseinandersetzt, vor allem denen zur Abwicklung ökonomischer Tauschprozesse. Institutionen sind effektiv, wenn sie mit minimalen Transaktionskosten verbunden sind, d. h. Kooperation möglichst vereinfachen, obwohl Individuen nutzenmaximierend und opportunistisch handeln, beispielsweise indem sie betrügen. (Gabler Wirtschaftslexikon o. J.)

Die allgemeine Regulierungsökonomie beschäftigt sich mit der Frage, wie durch die eigene Leistungserbringung öffentlicher Unternehmen oder durch die Regulierung der privaten Monopolanbieter ein Angebot herbeigeführt werden kann, wie es durch einen funktionierenden Wettbewerb mehrerer Anbieter entstehen würde. Der Großteil der Forschung beschäftigt sich mit Monopolanbietern, die mehrere Qualitätsabstufungen anbieten. Elektrischer Strom ist jedoch technisch gesehen ein gleichförmiges Produkt ohne Qualitätsabstufungen. Erstmals untersuchten Spence 1975 und Sheshinski 1976 die unter Monopolbedingungen angebotene Menge, Qualität und den Preis eines einzigen, gleichförmigen Produkts sowie die Effekte von Regulierungsinstrumenten wie der Festpreisregulierung (bspw. Buchpreisbindung). Die spätere Forschung fokussierte aber vor allem auf die Regulierung des Preises. Erst vergleichsweise spät wurde auch die Frage gestellt, welche negativen Effekte durch die Preisregulierung auf die Versorgungsqualität im Elektrizitätssektor entstehen. (Ajodhia et al. 2004: 107-109)

Es lassen sich zwei Formen der effizienzorientierten Preisregulierung unterscheiden: die kostenorientierte Regulierung und die Anreizregulierung. Bei der kostenorientierten Regulierung müssen Energieversorgungsunternehmen ihre Endverbraucherpreise bzw. Netzbetreiber ihre Entgelte für die Netznutzung genehmigen lassen. Das Genehmigungsverfahren orientiert sich an den individuellen Kosten der Unternehmen und gewährt zusätzlich einen Risiko- und Gewinnzuschlag (Kostenzuschlagsregulierung). Wenn die Kosten steigen, werden höhere Preise genehmigt. Für die genehmigende Behörde ist es nicht nur schwierig, die entstehenden Kosten genau zu ermitteln. Auch müssen die Kosten um eine Toleranz höher geschätzt werden, um die Unternehmen keinem Insolvenzrisiko auszusetzen. Deshalb wird oft auf eine Sonderform der kostenorientierten Regulierungsmethode zurückgegriffen: die Rentabilitätsregulierung (rate of return regulation). Dabei richten sich die erlaubten Entgelte nach einer festzulegenden Kapitalverzinsung, die den Unternehmen zugestanden wird. Bei einem gegebenen Kapitalstock werden die Tarife in Höhe der gewünschten Kapitalverzinsung festgesetzt. Im Gegensatz zur aufwändigen Kostenschätzung sind der Kapitalstock und die Gewinne eines Unternehmens leicht durch die Regulierungsbehörde abzuschätzen. Der kostenorientierte Regulierungsansatz verhindert zwar überhöhte Preise. Er bietet aber keinen Anreiz, die Produktionskosten durch Innovationen zu senken, wodurch ineffizient produzierende Unternehmen im Markt gehalten werden. Vielmehr bietet er Anreize, den Kapitaleinsatz zu steigern, da so der Gewinn maximiert werden kann (Averch-Johnson-Effekt). (Ajodhia et al. 2004: 114; Averch/Johnson 1962: 1053-1054; Kurth 2006: 421; Steger et al. 2008: 57)

Unter dem Sammelbegriff der Anreizregulierung werden verschiedene regulative Eingriffe gefasst, die Unternehmen unabhängig von ihren tatsächlichen Kosten zu Produktivitätssteigerungen anregen sollen. Die Maßnahmen der Anreizregulierung reichen von absoluten Obergrenzen für die Preise und Erlöse der Unternehmen, über Umsatz- oder Gewinnschwellen, oberhalb derer die Verbraucher an Zusatzerlösen zu beteiligen sind, bis hin zu Verfahren, die auf Branchenvergleichswerten basieren (Benchmarking, Yardstick Competition). Die Anreizregulierung setzt, anders als die kostenorientierte Regulierung, keine Anreize zur Überkapitalisierung, verleitet aber die regulierten Unternehmen dazu, Effizienzsteigerungen durch Einsparungen auf Kosten der Versorgungssicherheit mit Strom zu realisieren. (Kurth 2006: 421; Steger et al. 2008: 55)

In der Praxis sind die Unterschiede zwischen einer Anreizregulierung und einer kostenorientierten Regulierung sowie zwischen den konkreten Instrumenten, beispielsweise einer Erlös- oder Preisobergrenzenregulierung, nur graduell. Je strikter die effizienzorientierte Regulierung ausfällt, desto stärker ist die Versorgungssicherheit mit Strom gefährdet. Deshalb werden immer häufiger



Maßnahmen zur Preisregulierung mit Maßnahmen zum Erhalt der Versorgungssicherheit kombiniert. Dazu gehören Anreize zum Vorhalten von kurz-, langfristigen und strategischen Reservekapazitäten. (Kurth 2006: 421; Steger et al. 2008: 57)

Dassler 2006 unterteilt die Agenturtheorie in zwei Forschungsstränge, die er 'regulatory intervention' und 'regulatory governance' nennt. Unter regulatory intervention fasst er Arbeiten zusammen, die betrachten, wie Regulierer in den Markt intervenieren. Unter regulatory governance verortet Dassler Studien über das Verhältnis des Regulierers zur Regierung. (Dassler 2006: 32) Beide Beziehungen werden in der Literatur als Prinzipal-Agenten-Problem konzipiert, unabhängig davon, ob die Elektrizitätswirtschaft privat oder staatlich organisiert ist: „A principal-agent relationship arises regardless of whether governments choose public ownership or regulation of privately owned monopolies. Agency problems are indeed the crux of the regulatory problem. Regulated firms are almost always better informed than the regulators about their costs, demand for their services, and the consequences of adopting particular regulatory schemes.“ (Gönenç et al. 2001: 29) Zugleich hat der Regulierer Anreize, seine Entscheidungsspielräume dazu zu nutzen, für sich Unterstützung aus der Politik zu gewinnen. Je größer die Informationsasymmetrien zwischen den regulierten Unternehmen, dem Regulierer und den politischen Entscheidern sind, desto größer sind die Einflussmöglichkeiten der Agenten gegenüber ihren Prinzipalen. (Gönenç et al. 2001: 60-61)

Vor diesem Hintergrund wird diskutiert, ob Regulierer sektorspezifisch oder sektorübergreifend aufgestellt sein sollten. Als Vorteile eines sektorübergreifenden Regulierers gelten: 1. finanzielle Einsparungen durch Zusammenführung gleicher Aktivitäten; 2. Lernprozesse durch die Regulierung mehrerer Industrien; 3. reduziertes Risiko einer Vereinnahmung durch Unternehmensinteressen oder politischen Einfluss sowie 4. die Möglichkeit, fließende Sektorgrenzen zu handhaben. (Abbott/Cohen 2011: 4959) Jedoch wird von einem sektorübergreifenden Regulierer auch erwartet, dass er sich aufgrund seines gebündelten Fachwissens größere Ermessens- und Handlungsspielräume gegenüber der Politik erarbeitet und dadurch seine Position auch durch nicht optimale Regulierungsentscheidungen zu stärken versucht. (Heng 2008: 66) Bisher bestehen keine klaren theoretisch oder empirisch ableitbaren Vorteile für eines der beiden Modelle. (Beckers et al. 2013: Folie 12) Die Weltbank hat mehrere Standards effektiver Infrastrukturregulierung für das Modell eines unabhängigen Regulierers entwickelt, die Verlässlichkeit sowie die Klarheit und die Transparenz des Regulierungsprozesses betonen. (Green/Pardina 1999: 1-4)

Für eine effektive Regulierung gilt es auch als wichtig, dass politisch opportunistisches Regierungshandeln unterbunden wird. Beispielsweise haben die Regierungen Argentiniens,

Brasiliens, der Türkei und Uruguays die Elektrizitätspreise auf Kosten laufender Defizite gesenkt und damit politische Vorteile zu Lasten künftiger Regierungen gewonnen (Durakoğlu 2011: 5581).

### **3.2.2 Empirie der Implementierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Die vorliegenden empirischen Arbeiten zur Implementierung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitiken sind überwiegend deskriptiv oder nutzen einfache Analysemodelle ohne Bezug zu den vorgestellten theoretischen Konzepten.

Historisch wurden elektrische Netze typischerweise in Europa verstaatlicht oder einer Kostenzuschlagsregulierung bzw. in den USA einer Rentabilitätsregulierung unterworfen. Insbesondere in Europa galten die Ziele Versorgungsqualität, Preiskontrolle und universelle Versorgung als leichter durch Staatsunternehmen erreichbar. In beiden Systemen wurde der Netzbetrieb mit den potenziellen Wettbewerbsfeldern Stromerzeugung und Stromhandel integriert. (Gönenç et al. 2001: 28, 54; Götz et al. 2014: 10) In der Praxis weisen beide Systeme starke staatliche Eingriffe auf: „[...] governments frequently retain some rights of control, in the form of regulation, where monopoly power and other market failures are present. Indeed, where government involvement in the affairs of a private enterprise is substantial, the differences between public and private can become a matter of degree.“ (Vickers/Yarrow 1991: 112)

Nach der Liberalisierung der Elektrizitätsmärkte wurden in den meisten Ländern weitere Maßnahmen getroffen, um den angestrebten Wettbewerb durchzusetzen (OECD 1999: 7). Die begleitende Forschung besteht überwiegend aus Einzelfallstudien über bestimmte Länder (bspw. Finnland [Tahvanainen et al. 2010], Türkei [Durakoğlu 2011]) oder über ausgewählte Regulierungsinstrumente (bspw. Benchmarking [Lowry/Getachew 2009]). Erst wenige Arbeiten systematisieren die aktuelle Entwicklung.

Ajodhia/Hakvoort 2005 kategorisieren die in liberalisierten Elektrizitätsmärkten angewandten Regulierungsinstrumente in indirekte Instrumente, Standards und Anreizmechanismen. Indirekte Instrumente stärken den Informationsstand und die Verhandlungsposition der Endverbraucher etwa durch Veröffentlichungspflichten der EVU, die Veröffentlichung von Berichten durch den Regulierer oder die Beteiligung von Kunden in Beratungsgremien oder Verbraucherkomitees. Standards legen Mindestanforderungen an die Leistungen eines Unternehmens fest, etwa in Form von Customer Minutes Lost oder einer maximalen Kundenzahl, die pro Jahr eine Versorgungsunterbrechung erlebt. Das Unterschreiten von Standards wird sanktioniert, wodurch ein hoher Anreiz entsteht, diese einzuhalten. Wird ein Überschreiten der Mindestanforderungen nicht positiv sanktioniert, werden sie zu dem Standard, an dem sich die Unternehmen orientieren.

Anreizmechanismen, nach denen die Leistung eines Unternehmens mit einem Zielwert verglichen und sowohl positiv als auch negativ sanktioniert wird, stellen einen kontinuierlichen Zusammenhang zwischen den erforderlichen Kosten und der erreichten Qualität her. (Ajodhia/Hakvoort 2005: 212-215)

Stern/Holder 1999 tragen sechs best-practice-Anforderungen an die institutionelle Konstruktion und die operative Arbeit einer Regulierungsbehörde im Elektrizitätssektor zusammen, die sie weiter differenzieren: 1. Klare Ziele und Zuständigkeiten; 2. Autonomie; 3. Partizipation; 4. Verantwortlichkeit; 5. Transparenz und 6. Vorhersagbarkeit. (Stern/Holder 1999: 49-50)  
Haney/Pollitt 2009 finden bei einer Betrachtung von 40 Ländern, dass bei der Ausgestaltung der Anreizregulierung etablierte Best-Practice-Empfehlungen wenig beachtet werden. Stattdessen zeigen sich regionale Ähnlichkeiten, als würden die Regulierer den eingeschlagenen Pfaden in den Nachbarländern folgen. (Haney/Pollitt 2009: 5818, 5829)

Vickers und Yarrow argumentieren, dass die Effektivität von Regulierung von den für die Regulierer verfügbaren Informationen abhängt. (Vickers/Yarrow 1988 nach Tahvanainen et al. 2010: 33) Ich konnte aber für die Länder der Europäischen Union zeigen, dass der Informationsstand der Regulierungsbehörden positiv mit dem Umfang von Stromausfällen korreliert. Daraus schloss ich, dass die Behörden Informationen erst bei nachweislich schlechter Leistung des regulierten Sektors einholen bzw. eine Regulierung der Versorgungssicherheit mit Strom auch mit wenigen Informationen effektiv möglich ist (Poetzsch 2011: 30).

Studien aus Entwicklungs- und Schwellenländern zeigen, dass Korruption die Wirksamkeit sektorspezifischer Politikmaßnahmen wie der Privatisierung von EVU oder die Etablierung eines unabhängigen Regulierers mindern oder sogar aufheben kann. Nach Estache et al. 2009 bewirkt Korruption trotz der Privatisierung und der Einführung einer unabhängigen Regulierungsbehörde in leitungsgebundenen Sektoren ein Angebot, das hinsichtlich Menge, Qualität und Preis dem von Monopolen entspricht (Estache et al. 2009: 191). Seim/Søreide bemerken, dass in diesen Sektoren der Ausbau des Verwaltungsapparats in hochentwickelten Ländern mit funktionierenden Institutionen und einem glaubwürdigen Rechtssystem die Leistung erhöhe. Dies gelte aber nicht für Länder mit schwachen Institutionen, da die Bürokratisierung eines Sektors mehr Möglichkeiten eröffne, Korruption zu verbergen: „A high level of technical complexity of provision and complex financial contracting provide many ways to hide corrupt transactions. Hence, despite the presence of advanced administrative procedures, the risk of corruption is perceived to be high in these sectors“ (Seim/Søreide 2009: 177).

### **3.3 Die Wirkung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Nach der wirtschaftswissenschaftlichen Theorie agieren Unternehmen nutzenmaximierend unter den Bedingungen regulativer Restriktionen. Diese summieren sich zu einem bestimmten Investitionsanreiz, der quantifiziert, inwieweit ein Unternehmen Kostenanstiege an seine Kunden weiterreichen kann. Wenn der Anteil groß genug ist, damit die Gewinnaussichten des Unternehmens erhalten bleiben, dann steigen die Kapitalinvestitionen und folglich die Versorgungssicherheit mit Strom. Muss das Unternehmen die entstehenden Kosten aber durch Gewinnausfälle absorbieren, dann sinkt durch sinkende Kapitalinvestitionen die Versorgungssicherheit mit Strom. (Fraser 1994: 6, 8-9)

#### **3.3.1 Theorie der Wirkung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Die Techniksoziologie befasst sich grundlegend mit der Frage, was das Soziale an Technik ist. Der Vorstellung, technische Artefakte wie ein Hammer seien ein Teil der natürlichen Umwelt sozialer Systeme, steht die Ansicht gegenüber, Technik sei eine Vergegenständlichung des Sozialen, etwa des sozial verankerten Wissens über die Herstellung und Benutzung von Hämmern. (vgl. Schulz-Schaeffer 2000: 10-11, 13) Der techniksoziologische Holismus betrachtet darüber hinausgehend nicht nur das Wesen technischer Gegenstände, sondern vor allem die systemische bzw. netzwerkartige Verknüpfung von technischen Artefakten, menschlichen Akteuren, sozialen Normen und Institutionen. Die zentrale Frage lautet hier nicht, ob Technik sozial oder physisch ist, sondern wie beide Elemente zu einem Gesamtsystem verknüpft sind. (Schulz-Schaeffer 2000: 15, 91)

In Hinblick auf die Elektrizitätsversorgung ist in der Literatur der Begriff des Energiesystems etabliert, der das industrielle System zur Bereitstellung von Strom, Treibstoff und Wärme bezeichnet. Im Vordergrund der Diskussion steht aber die Stromversorgung (Grunwald 2014: Folie 6). Das Energiesystem umfasst sowohl sachtechnische Komponenten wie Anschlüsse, Kraftwerke und Netzwerke als auch soziale Strukturen zu ihrer Koordinierung und Organisation. Dazu gehören beispielsweise Marktprozesse für die Akkumulation von Investitionskapital und zur Allokation knapper Ressourcen an Rohstoff- und Strombörsen, Normierung durch technische Regeln für den Bau und den Betrieb von Anlagen sowie die staatliche Steuerung von Flächennutzungen, Preisen und der Versorgungsqualität. Bislang besteht kein Konsens darüber, welche sozialen Elemente dem Energiesystem zugerechnet und welche in seiner Umwelt verortet werden sollen. In den Konzepten des soziotechnischen Systems (Hughes 1986; Mayntz 2009), des soziotechnischen Regimes (Geels 2004) und der soziotechnischen Konstellation (Rammert/Schulz-Schaeffer 2002) werden dem Energiesystem mal mehr, mal weniger soziale Elemente zugerechnet. (Büscher/Schippel 2013: 11)

Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Diskussion um die soziale Konstruktion und Steuerbarkeit von Technik. Technik wird sozial konstruiert durch die Entscheidung individueller und kollektiver Akteure zwischen alternativen soziotechnischen Systemen, beispielsweise für oder gegen die Nutzung der Kernkraft. Im Zusammenspiel mit politischer Regulierung und den nicht steuerbaren Entscheidungen von Verbrauchern und Unternehmen resultiert eine spezifische Technikgestaltung. (Grunwald 2002: 39-40)

### **3.3.2 Empirie der Wirkung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Über die in Kapitel 2 genannten älteren Arbeiten hinaus finden sich nur wenige neuere Studien, die sich mit der Wirkung von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitiken befassen. Die Aufmerksamkeit der Forschung zielte vor allem auf die Frage, wie sich ihre Kosten und Vorteile verteilen (Joskow/Noll 1981: 2-3). Trotz der zahlreichen techniksoziologischen Konzepte zum Energiesystem und der Debatte um die Steuerbarkeit von Technik fehlen bislang empirische Studien zur Interaktion der sozialen und technischen Komponenten des Energiesystems. Die wenigen Arbeiten zur Bedeutung gesellschaftlicher Institutionen und speziell von Regulierung für die Leistungsfähigkeit der physischen Elektrizitätsinfrastruktur haben einen wirtschaftswissenschaftlichen Hintergrund.

Als Beleg für die eingeschränkte Möglichkeit, die Technikentwicklung zu steuern, gilt die Pfadabhängigkeit von Technologien durch Lock-In-Effekte. Als Beispiele für die Pfadabhängigkeit von Technologien gelten die Durchsetzung der QWERTY-Tastatur sowie des VHS-Standards gegen das Betamax-System. Beide Beispiele werden aber als unzutreffend kritisiert. (Liebowitz/Margolis 1990, 1995; Pierson 1997: 21)

Langfristig stabile politische Rahmenbedingungen gelten als förderlich für ein investitionsfreundliches Klima im Elektrizitätssektor (ewi et al. 2008: 24), da sich die physische Elektrizitätsinfrastruktur durch hohe Investitionskosten, lange Planungs- und Bauzeiten sowie ihre Langlebigkeit auszeichnet. Insbesondere private Investitionen erwarten einen verlässlichen Übertragungsnetzzugang, Umsatz und regulative Stabilität (Cubbin/Stern 2004: 2). In einer Regressionsanalyse für 87 Länder finden Bergara et al. (1998), dass rechtliche Effektivität, formale und informelle Beschränkungen der exekutiven Handlungsfreiheit positiv mit den nationalen Stromerzeugungskapazitäten korrelieren. (Bergara et al. 1998: 22)

Welche Rolle eine staatliche oder privatwirtschaftliche Organisation der Energiewirtschaft spielt, ist bislang nicht systematisch erforscht. Kumbhakar/Hjalmarsson geben einen ambivalenten Überblick über die bisherige Forschung: Die vorliegenden Studien befassten sich teils mit vertikal integrierten

EVU, teils mit dem Bereich der Stromerzeugung, die Autoren selbst vergleichen kommunale schwedische Verteilungsnetzbetreiber. Die Mehrheit der Studien zeige niedrigere Kosten für öffentlich geführte EVU, andere Studien finden aber keine Unterschiede, es liegen aber auch Befunde über phasenweise bzw. generelle Effizienzvorteile für private EVU vor. (Kumbhakar/Hjalmarsson 1998: 97, 100-101) Die Internationale Konföderation der Energieregulierer verweist darauf, dass staatliche Unternehmen ebenso wie privat geführte Energieversorger bestrebt sein sollten, effizient und kostengünstig zu operieren, dies aber in der Praxis nur selten der Fall sei. Die Ursachen dafür werden aber nicht benannt. (ICER 2012: 38)

Häufiger finden sich empirische Befunde zur Effektivität von Regulierungsregimen. Cubbin und Stern prüfen in einer Panel-Analyse von 28 Entwicklungsländern zwischen 1980 und 2001 die Folgen von Regulierung über einen aus vier Variablen bestehenden Regulierungsindex: 1. der Existenz eines Gesetzes zur Regulierung des Elektrizitätssektors; 2. dem Bestehen eines unabhängigen Regulierers; 3. der Finanzierung des Regulierers unabhängig von der Regierung, d. h. durch Lizenzgebühren oder Ähnlichem; 4. dass die Gehälter der Mitarbeiter nicht auf die Gehälter im öffentlichen Dienst begrenzt sind. Dieser Index ist positiv mit der Stromerzeugung pro Kopf korreliert. Wird eine Variable für die Zeit, seit der die Regulierungsbehörde bzw. das zuständige Ministerium bestehen, hinzugefügt, ist der Koeffizient des Regulierungsindex allerdings nicht mehr signifikant. (Cubbin/Stern 2004: 4, 30-31)

Steiner 2001 untersucht für 19 OECD-Staaten zwischen 1987 und 1996 mittels einer Regressionsanalyse die Folgen von Entflechtung, privatem Besitz, Netzzugang von Dritten, Präferenz gegen Nukleartechnik, Präferenz gegen Kohletechnik und Urbanisierung auf die Auslastung der Erzeugungskapazität. Steiner kommt zu dem Ergebnis, dass Entflechtung die Auslastung der Erzeugungskapazität steigert. (Steiner 2001: 145, 148)

Erdogdu 2011 untersucht international die Reformen der Elektrizitätsmärkte daraufhin, ob die intendierte Effizienzsteigerung erreicht wurde. Dazu führt er eine Metaanalyse bestehender Studien durch und konstruiert einen Indikator für die technische Effizienz von Elektrizitätsnetzen, mit dem das Verhältnis der Stromerzeugung und der eingesetzten Ressourcen abgebildet wird. Das Modell leidet aber an einer geringen Erklärungskraft. Oft hat die Kontrollvariable BIP-pro-Kopf den höchsten Anteil erklärter Variation. (Erdogdu 2011: 6555ff.) Insgesamt zeigt sich ein geringer positiver Effekt von Reformen auf die Effizienz im Elektrizitätssektor: "Our empirical findings suggest that the impact of reform process on efficiency levels is limited and that even full liberalization process increases efficiency by less than 1%". (Erdogdu 2011: 6557)

Nagayama schließt nach einer ökonometrischen Analyse von 86 Ländern, dass in von Wettbewerb geprägten Strommärkten entwickelter Länder die Einführung einer unabhängigen Regulierungsbehörde eine höhere Zielerreichung von Reformen bewirkt. Konkret seien eine höhere installierte Erzeugungsleistung pro Kopf sowie geringere Transport- und Verteilungsverluste feststellbar. (Nagayama 2010: 3453, 3464)

Viele der empirischen wirtschaftswissenschaftlichen Studien zu den Auswirkungen regulativer Reformen nutzen ökonometrische Methoden, um den Ist-Zustand zu erheben. Beispielsweise ermitteln Kopsakangas-Savolainen/Svento 2010 mittels einer Stochastic Frontier Analysis, einem Verfahren zur Effizienzanalyse, eine Kostenfunktion des Strompreises für ein Panel von 76 Verteilungsnetzbetreibern in Finnland über die Jahre 1997 bis 2002 für den Einfluss der Unternehmensgröße (Anzahl Kunden, gelieferte Strommenge), der Arbeits- und Kapitalkosten, der Netzauslastungsquote sowie einer Zeit- und zwei Zufallsvariablen. Ihre Ergebnisse zeigen Skaleneffekte der gelieferten Strommenge auf den Strompreis sowie einen positiven zeitlichen Einfluss, den die Autoren auf technologische Neuerungen zurückführen. (Kopsakangas-Savolainen/Svento 2010: 7372-7372)

Einige Arbeiten befassen sich mit den Folgen energiewirtschaftspolitischer Reformen auf die Versorgungssicherheit mit Strom, allerdings zumeist auf Verteilungsnetzebene. Zu nennen ist insbesondere die Arbeit von Ter-Martirosyan (2003), die die Auswirkungen einer Anreizregulierung anhand von 78 Energieversorgungsunternehmen in 23 US-amerikanischen Bundesstaaten zwischen 1993 und 1999 untersucht. Nach ihren Ergebnissen minderte die Anreizregulierung die Ausgaben der Unternehmen für Betrieb und Wartung. Infolgedessen stieg die Dauer von Stromausfällen. Wurden auch Qualitätsanforderungen gestellt, stiegen die Ausgaben der Energieversorgungsunternehmen für Betrieb und Wartung und die Ausfalldauer pro Kunde sank. Konkret stiegen die Betriebsausgaben der EVU unter einer Qualitätsregulierung um 17 Prozent, während die der EVU ohne Qualitätsregulierung um 37 Prozent sanken. Allerdings geht zumindest ein Teil dieser Entwicklung auf eine veränderte Zusammensetzung des Datensatzes über den Beobachtungszeitraum zurück. Durch die Einführung einer Anreizregulierung sanken die Ausgaben für den Netzbetrieb um 18 Prozent und für die Wartung um 8 Prozent. Nach den Berechnungen Ter-Martirosyans führte ein Absinken beider Ausgaben um die genannten Werte zu einer Erhöhung der durchschnittlichen Stromausfalldauer um 30 Prozent, während die durchschnittliche Häufigkeit von Stromausfällen unverändert blieb. Dies wurde so interpretiert, dass die Ausfallhäufigkeit von der Anfälligkeit der Komponenten abhängt, die innerhalb weniger Jahre unverändert bleibe. Dagegen sei die Dauer für die Wiederinbetriebnahme ausgefallener Komponenten variabel und hänge von der

Dichte des Wartungspersonals sowie von der Lagerhaltung von Ersatzteilen ab. (Ter-Martirosyan 2003: 1, 18, 20-21)

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen Reichl et al. 2008. Sie untersuchen mittels eines ökonometrischen Modells für Österreich zwischen 2002 und 2006 auf Ebene der Verteilungsnetzbetreiber die kurzfristigen Effekte veränderter Netzgebühren auf die Versorgungsunterbrechungen unter einer Anreizregulierung, die keine Regelungen zur Versorgungssicherheit mit Strom enthält. Demnach erhöhe eine Senkung der Netzgebühren um 7 Euro/MWh die jährliche Unterbrechungsdauer je Kunde um 6.79 Minuten. (Reichl et al. 2008: 3863, 3867) Ähnlich gehen auch Schneider et al. 2005 bzw. Schneider/Steinmüller 2005 vor, die die Versorgungssicherheit mit Strom mit den Netztarifen auf Nieder- und Mittelspannungsebene für unterschiedliche Stichproben, die jeweils aus Norwegen sowie aus 12, 11 oder 9 EU-Ländern (jeweils darunter Österreich) bestehen, korrelieren. Die Rechnungen zeigen einen negativen Zusammenhang zwischen den Netzgebühren und der jährlichen Stromausfalldauer. Sie ermitteln, dass eine Senkung der Stromausfälle um ein Prozent einen Anstieg der Netztarife um 8 Cent/MWh erfordern würde. (Schneider/Steinmüller 2005: Folie 11, 14) 6.79 Minuten entsprechen etwa 5-10 % der jährlichen Gesamtunterbrechungsdauer Österreichs, woraus sich Kosten von 35-70 Cent/MWh für eine Senkung der Stromausfälle um ein Prozent überschlagen lassen. Die sich ergebende Abweichung beider Studien um den Faktor 5-10 zeigt die Schwierigkeiten der ökonometrischen Modellierung des Energiesystems über kurze Zeiträume und mit geringen Fallzahlen auf.

Korruption bewirkt, dass öffentliche Güter unzureichend erbracht werden, weil notwendige Reformen unterbleiben oder der privaten Vorteilsnahme von Politikern oder Interessengruppen dienen. Transparency International führt anschaulich aus: „Economically, corruption depletes national wealth. Corrupt politicians invest scarce public resources in projects that will line their pockets rather than benefit communities, and prioritise high-profile projects such as dams, power plants, pipelines and refineries over less spectacular but more urgent infrastructure projects such as schools, hospitals and roads. Corruption also hinders the development of fair market structures and distorts competition, which in turn deters investment.“ (TI 2018)

Die Erosion des Rechtssystems führt außerdem dazu, dass Diebstahl nicht ausreichend sanktioniert und Rechnungen nicht vollständig eingetrieben werden können, wodurch Mittel für Investitionen fehlen. Beispiele hierfür wurden bereits in Abschnitt 3.1.2 für Indien, Subsahara-Afrika und die Slowakische Republik genannt. Exemplarisch ist auch die Zahlungskrise in der Ukraine nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion, die 1998 ihren Höhepunkt erreichte. In diesem Jahr wurden 7-10 % aller Rechnungen bar, 77 % durch Naturaltausch und der Rest nicht bezahlt. (Tsarenko 2007:



14). Vergleichbares wird auch aus anderen Ländern wie Albanien berichtet: „For each 100 kwh injected in the network only 55 kwh were billed and 36 kwh were collected.“ (Leka 2004: Folie 2).

### **3.3.3 Erkenntnisse aus der Regulierungspraxis**

Auch die für den Elektrizitätssektor zuständigen Regulierungsbehörden berichten über die Wirksamkeit ihres Handelns sowie über die Beziehung zwischen Politik und Regulierer. Als im Auftrag der Politik handelnde Agenten sind die Einschätzungen der Regulierungsbehörden kritisch als Selbstdarstellung gegenüber dem Prinzipal zu hinterfragen, insbesondere wenn die Bedeutung ihrer Unabhängigkeit von der Regierung für den regulativen Erfolg betont wird. Weiterhin ist zu beachten, dass Vereinigungen wie ICER global aufgestellt sind und ihre Mitglieder keine homogene Gruppe repräsentieren.

Die meisten Regulierungsbehörden wurden während der Elektrizitätsmarktliberalisierung gegründet und bestehen erst seit einigen Jahren. Beispielsweise wurde das Office of Electricity Regulation, die zuständige Regulierungsbehörde des Vereinigten Königreichs, bereits 1989 gegründet (Ofgem 2015). Die deutsche Bundesnetzagentur wurde dagegen erst 2005 mit der Regulierung der Energienetze betraut.<sup>21</sup> Sie sind in der Regel ausschließlich für die Durchsetzung des Wettbewerbs im Elektrizitätssektor zuständig. Für die allgemeine Energiewirtschaftspolitik und die Versorgungssicherheit mit Strom ist zumeist die Regierung verantwortlich. Lediglich für die Einhaltung des N-1-Kriteriums, also die Netzplanung, besteht eine etwa gleichrangige Bedeutung von Regulierungsbehörden und Regierungen. (ICER 2012: 12, 47-48)

Obwohl die für den Elektrizitätssektor zuständigen Regulierer zumeist nicht für die Gewährleistung einer zuverlässigen Stromversorgung zuständig sind, schätzen sie die Bedeutung von Regulierung für eine zuverlässige Stromversorgung sowie ihren Einfluss auf die Versorgungssicherheit als hoch ein (ICER 2012: 12): „Though most Regulators do not have any explicit competence on SoS [Security of Supply], in practice their decisions can have significant influence on energy security, particularly if they have any measure of independence from government. No regulatory actions can overcome external shocks, flawed market design or the unwillingness of governments to allow operation of energy transactions on a commercial basis. However, regulators can play an important role in contributing to the achievement of SoS in countries where regulatory systems work well and where governments allow them to operate effectively, also by identifying problems and making adequate proposals for their solution.“ (ICER 2012: 14)

<sup>21</sup> Gesetz über die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 2009), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 26. Juli 2011 (BGBl. I S. 1554) geändert worden ist.

Als zentrale Steuerungsinstrumente der Versorgungssicherheit gelten die Formulierung von Standards sowie die Ausgestaltung von Bonus- und Strafsystemen. Diese Instrumente würden jedoch in ihrer Wirksamkeit unterlaufen durch fehlgestaltete Marktstrukturen, wechselnde Regierungspolitiken und -ziele, politische Intervention in den Aufgabenbereich des Regulierers und externe Effekte wie Wirtschaftskrisen. Neben diesen externen Einschränkungen können auch mangelnde personelle Kapazitäten und fehlendes Wissen zu Fragen der Versorgungssicherheit limitierend wirken. (ICER 2012: 13, 63-64)

### **3.4 Eigene Vorarbeit**

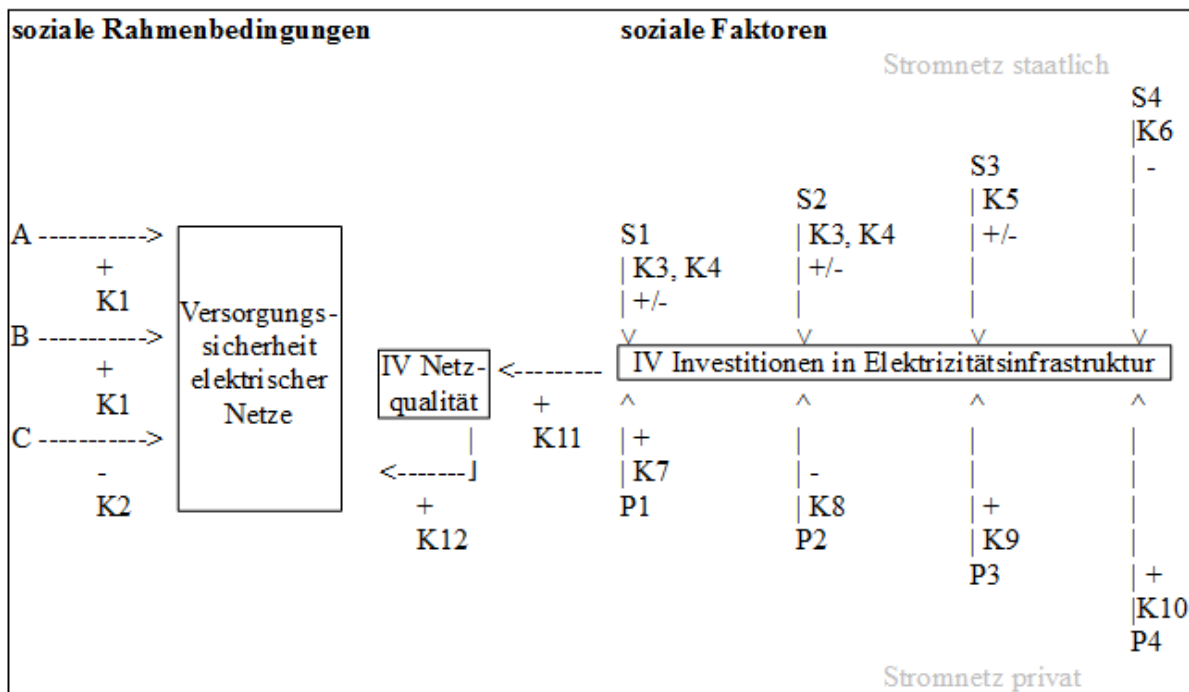
In meiner Masterarbeit (Poetzsch 2011) untersuchte ich die Bedeutung technisch-quantitativer und sozialer Faktoren auf die Versorgungssicherheit mit Strom anhand der EU-27-Staaten, mangels verfügbarer Daten ausgenommen Belgien, Bulgarien, Luxemburg, Malta, Rumänien und Zypern. Mittels einer explorativen, multiplen Regressionsanalyse konnte ich zeigen, dass die Varianz der Versorgungssicherheit mit Strom in Europa nicht durch quantitative technische Faktoren der Elektrizitätsinfrastruktur zu erklären ist. Weder die Dichte der Hoch- und Höchstspannungsnetze noch der Anteil von Erdkabeln im Stromtransportnetz korrelieren mit der Versorgungssicherheit mit Strom, woraus ich schließe, dass die europäischen Stromnetze quantitativ ausreichend entwickelt sind, um Stromausfällen vorzubeugen.<sup>22</sup> (Poetzsch 2011: 22) Dagegen haben die kaum gezielt zu beeinflussenden sozialen Faktoren Urbanisierung, Bevölkerungsdichte und Landesfläche einen hohen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom. (Poetzsch 2011: 26-27)

Auf der Grundlage des Regressionsmodells wählte ich die Extremfälle Deutschland (positiv) und Slowakische Republik (negativ) für einen qualitativen Vergleich aus, da diese relativ zu den im Regressionsmodell erfassten technischen und sozialen Faktoren die stärkste Abweichung zwischen der durch das Modell vorhergesagten und der tatsächlichen Versorgungssicherheit mit Strom aufwiesen. Im Vergleich beider Länder identifizierte ich den Umfang von Investitionen in die Elektrizitätsinfrastruktur als relevanten, durch politische Vorgaben geprägten Faktor, der die technische Qualität der Elektrizitätsinfrastruktur determiniert. Ist die Elektrizitätsinfrastruktur in staatlichem Besitz, wird der Investitionsumfang durch die Verknüpfung der Infrastrukturpolitik mit anderen Politikfeldern, die allgemeine Regierungsführung und die Präferenzen der Bevölkerung beeinflusst. Befindet sich das Stromnetz hingegen in privatwirtschaftlichem Besitz, lenken die Monopolmacht des Energieversorgers gegenüber ihren Kunden, der Wettbewerb im

<sup>22</sup> Trotz technischer Nachteile von Erdkabeln zeigt sich ein positiver Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Diese kann jedoch auf deren vorrangige Verwendung in dicht besiedelten und urbanen Gebieten zurückgeführt werden, in denen das Stromnetz dichter und damit redundanter ausgeführt ist. (Poetzsch 2011: 22)

Elektrizitätsmarkt, staatliche Investitionsanreize bzw. -verpflichtungen sowie das Verhältnis zwischen Regierung und Elektrizitätswirtschaft den Investitionsumfang. Die Erkenntnisse meiner Analyse überführte ich in die Theorie sozialer Determinanten elektrischer Versorgungssicherheit, die Abbildung 2 zeigt. Hervorzuheben ist die kausale Erklärung auf der Ebene der Energieversorgungsunternehmen. In der quantitativen Analyse zeigte sich, dass die Wirtschaftsleistung pro Kopf keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit der Elektrizitätsinfrastruktur hat (Poetzsch 2011: 27, 31-32).

Abbildung 2: Theorie sozialer Determinanten elektrischer Versorgungssicherheit



K: kausaler Mechanismus; IV: intervenierende Variable; +/-: positiver / negativer Einfluss

A: Urbanisierungsgrad; B: Bevölkerungsdichte; C: Landesfläche

P1: Netzbetreiber hat Monopolmacht gegenüber Kunden; P2: Wettbewerb im Elektrizitätsmarkt

P3: staatliche Investitionsanreize / -verpflichtungen

P4: kooperatives Verhältnis zwischen Regierung und Elektrizitätswirtschaft; S1: haushaltspolitische Situation

S2: Verknüpfung mit anderen Politikfeldern; S3: allgemeine Regierungsführung

S4: Moderation von Reformen durch Bevölkerung; K1: steigende Redundanz im Stromnetz

K2: unbekannt; K3: Verfügbarkeit finanzieller Ressourcen; K4: Möglichkeit zum Ausgleich opponierender Interessen

K5: staatliche Handlungsfähigkeit sowie Risiko und Unsicherheit privatwirtschaftlicher Investitionen

K6: politische Kosten bedrohen Amtserhalt; K7: Profitabilität einer Infrastruktur

K8: Erwartungssicherheit über Refinanzierungsmöglichkeit von Investitionen

K9: Senkung des Investitionsrisikos/Zwang;

K10: Planungs- und Rechtssicherheit, geringe Unsicherheit durch hohen Informationsstand

K11: Leistungsfähigkeit technischer Komponenten

K12: Aggregation der Eigenschaften technischer Komponenten zur Robustheit des Gesamtsystems gegenüber Störungen (Poetzsch 2011: 68)

Zu beachten ist, dass die Ergebnisse der statistischen Analyse zwar auf einer gewissen empirischen Basis stehen. Den in der qualitativen Analyse erarbeiteten sozialen Faktoren elektrischer

Versorgungssicherheit und den konstruierten kausalen Mechanismen fehlt aber eine ausreichende empirische Fundierung, da sie auf einer Analyse von Extremfällen beruhen (Poetzsch 2011: 72). So geben sie allenfalls einen Hinweis auf die Verhältnisse in der gesamten Population bzw. sind für diese gerade nicht repräsentativ.

Außerdem blieben in der Untersuchung zwei Aspekte unberücksichtigt. So blieb die Wirkung komplexer Regulierungsregime, die technische Spezifikationen und Anreizmechanismen zur Gewährleistung einer hohen Versorgungssicherheit beinhalten, unbeachtet. Ebenso wurde das spezielle System der Interessenvermittlung innerhalb der Europäischen Union nicht berücksichtigt, da bei der Ausarbeitung des Forschungskonzepts nicht abzusehen war, welche Rolle politische und administrative Strukturen spielen würden. (Poetzsch 2011: 73)

### **3.5 Defizite der bisherigen Forschung**

Insgesamt ist die von mir vermutete kausale Kette von der Genese von Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitiken (Gesellschaft → Politik), ihrer Implementierung (Politik → Regierungsbehörde → EVU) und ihrer Wirkung (EVU → Leistung der physischen Elektrizitätsinfrastruktur) nur punktuell verstanden. Der Fortschritt der Theoriebildung reicht von techniksoziologischen Denkansätzen zum Wesen des Energiesystems und der Entdeckung empirischer Regelmäßigkeiten bei der Arbeit der Regierungsbehörden, über die implizite Theorie der Regulierungsgenese aus dem öffentlichen Interesse, ökonometrischen monovariaten Ad-Hoc-Theorien zur Wirkung regulativer Interventionen, bis zur sogenannten Capture-Theorie der interessengruppengeleiteten Regulierungsgenese im Status einer Kandidatentheorie sowie der Neuen Institutionenökonomik als Theorie mittlerer Reichweite.

Die am weitesten fortgeschrittene wirtschaftswissenschaftliche Theoriebildung fokussierte lange Zeit auf die effizienzorientierte Preisregulierung vertikal integrierter Monopolanbieter. Dabei konzentrierte sich die Analyse der Regulierung von Monopolen auf Mehrprodukt-Unternehmen, deren Ergebnisse nur eingeschränkt auf den Elektrizitätssektor anwendbar sind. Nach der Liberalisierung und Entflechtung der Elektrizitätsmärkte richtete sich die Aufmerksamkeit vor allem auf die Frage, wie Wettbewerb in den Bereichen Stromerzeugung und -vertrieb geschaffen werden kann. Das Stromnetz ist in den meisten Betrachtungen ausgenommen, da es als natürliches Monopol keinen marktwirtschaftlichen Mechanismen unterliegt. Dementsprechend sind die Nebenfolgen der Wettbewerbs- und Preisregulierung auf die Versorgungssicherheit der Elektrizitätsnetze noch kaum untersucht.

Die wenigen empirischen Arbeiten, die sich mit den Nebenfolgen der effizienzorientierten Regulierung sowie mit den Effekten von Maßnahmen zur Steigerung der Versorgungsqualität befassen, untersuchen Einzelfälle (Reichl et al. 2008), vergleichen unsystematisch ausgewählte Länder (Schneider et al. 2005) oder arbeiten auf subnationaler Ebene (Ter-Martirosyan 2003). Dabei werden in der Regel nur die Stromverteilungsnetze über einen Zeitraum von wenigen Jahren betrachtet bzw. betreiben Schneider et al. 2005 eine reine Querschnittsanalyse.

Daraus ergeben sich drei Einschränkungen für die Generalisierbarkeit der bisherigen empirischen Erkenntnisse. Erstens bleibt durch die nicht systematische Fallauswahl und den kurzen betrachteten Zeitraum unklar, ob innerhalb des gewählten Falls eine echte, für die Gesamtpopulation repräsentative Varianz der untersuchten Variablen vorliegt oder ob nur graduelle bzw. extreme, möglicherweise zufällig bedingte Unterschiede vorliegen. Zweitens laufen Analysen über kurze Zeiträume Gefahr, falsche Ursache-Wirkungs-Beziehungen herzustellen, denn: „[...] the existing power system is often the result of historical developments and decisions that were made long ago“ (CEER 2008: 5). Drittens bleiben bei der isolierten Betrachtung einzelner Variablen wie den Netzegebühren internationale Trends und langfristige Entwicklungen des Gesamtsystems unberücksichtigt, wodurch die Isolierung von Wirkungszusammenhängen in Form monokausaler Erklärungen erschwert wird. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der politischen Reformdynamik der letzten Jahre. Da überdies häufig eine inhaltliche Erklärung beobachteter Kovariation durch kausale Mechanismen ausgelassen wird, sind die Ergebnisse dieser Arbeiten wenig valide und können allenfalls zur Hypothesenbildung herangezogen werden. (vgl. Geddes 1990: 131-132; vgl. Seawright/Gerring 2008: 306)

Infolgedessen besteht zur Regulierung elektrischer Netze noch erheblicher Forschungsbedarf, besonders für Länder, in denen die Elektrizitätswirtschaft verstaatlicht wurde: Welche Akteure und ggf. Ereignisse sind von Bedeutung für die Erklärung des Zeitpunkts und den Ablauf von Reformen? Welche Politikinstrumente werden gewählt und warum? Wie wirksam sind sektorspezifische Regulierungsinstitutionen und -maßnahmen und wie wirken diese mit der allgemeinen Wirtschaftspolitik und den politischen Institutionen eines Landes zusammen?

#### **4. Grundlagen der Analyse**

In diesem Kapitel stelle ich die historischen und technischen Grundlagen meiner Arbeit vor.

## 4.1 Geschichte der Energiewirtschaftspolitik

Die Elektrizitätswirtschaft entstand in den 1870er Jahren, war stark fragmentiert, überwiegend in privatem Besitz und in weiten Teilen Europas nicht effektiv reguliert. In der Industrie war die Eigenstromerzeugung noch weit verbreitet und die Energieversorgungsunternehmen mussten, um Strom verkaufen zu können, die erforderliche Infrastruktur aufbauen. Das Stromnetz war noch kaum entwickelt. Bei der Elektrifizierung von Großstädten und Industriezentren herrschte ein harter Wettbewerb zwischen den EVU. (IEA/OECD 1999: 20)

In den 1920er und 1930er Jahren begannen die ersten staatlichen Lenkungsversuche. Es wurden große, staatliche Wasserkraftwerke gebaut und Elektrifizierungsprogramme weiteten die geografische Reichweite der Elektrizitätsinfrastruktur vor allem in ländliche Regionen aus. Strom entwickelte sich von einem Luxusgut zu einem Gut des täglichen Bedarfs. Die Elektrizitätsindustrie bestand aus einer Vielzahl großer und kleiner, staatlicher und privater Unternehmen, von denen viele eigene Stromverteilungsnetze betrieben. Das Stromübertragungsnetz war lückenhaft, oft fehlten Verbindungen zwischen verschiedenen Netzbetreibern und es gab keine ausreichende Steuerung des Netzes, sodass hohe Übertragungsverluste auftraten und die Versorgung insgesamt unzuverlässig war. (IEA/OECD 1999: 20)

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts führten Preiskriege, Kartelle und anderes Oligopolverhalten zur allgemeinen Überzeugung, leitungsgebundene Sektoren wie Energie und Wasser wären für Wettbewerbsprozesse nicht geeignet. Um die Entstehung des vermeintlich schädlichen Wettbewerbs in der Elektrizitätswirtschaft zu verhindern, wurde die Energiewirtschaft in abgegrenzten, vertikal integrierten Gebietsmonopolen organisiert. Aufgrund anhaltender Wirtschaftskrisen in den 1930er Jahren wurden vor allem in Europa die netzgebundenen Sektoren Eisenbahn, Telefon und Strom verstaatlicht, um den notwendigen Aufbau landesweiter Netzinfrastrukturen zu gewährleisten. Nach dem zweiten Weltkrieg verstaatlichten viele der beteiligten Länder Teile ihrer Wirtschaft, um den Wiederaufbau zu beschleunigen. Beispielsweise verstaatlichten Frankreich, Italien und das Vereinigte Königreich den Elektrizitätssektor. (IEA/OECD 1999: 20, 28; Finger 2011: 97; Gönenç et al. 2001: 28, 54; Steger et al. 2008: 19)

Vor allem in den USA und Japan<sup>23</sup> werden private Gebietsmonopole reguliert, die sogenannte arm's length regulation (USA), administrative guidance (Japan) oder light handed regulation (Neuseeland<sup>24</sup> und Australien). (Gönenç et al. 2001: 54; Shen/Yang 2012: 113). Arm's length regulation bedeutet, dass der Staat von einer direkten Steuerung durch Gesetze, Vorschriften und

<sup>23</sup> Unter amerikanischer Besatzung wurden 1951 die japanischen EVU nach amerikanischem Vorbild in Gebietsmonopolen vertikal integriert und privatisiert. (Beder 2006; Naito 2003: Folie 11)

<sup>24</sup> In Neuseeland bestand die light handed regulation von 1992 bis 1998. (Shen/Yang 2012: 113)

Gebote absieht und auf die Selbstorganisation des Sektors vertraut. Die Gebietsmonopole bedürfen keiner wettbewerbsrechtlichen Regulierung. Auch wurden häufig weder technische Spezifikationen noch Anreizmechanismen zur Gewährleistung einer hohen Versorgungssicherheit mit Strom angewandt. Beispielsweise fehlen solche Regelungen in Deutschland (Poetzsch 2011: 73), Japan (IEA 2008: 134) und Österreich (Reichl et al. 2008: 3863) völlig. In der Schweiz haben nur einige Kantone ein Energiegesetz (Strebel 2011: 467) erlassen. Typische Elemente der arm's length regulation sind Informationspflichten (Shen/Yang 2012: 113) sowie Anhörungen und Verhandlungen zwischen der regulierten Industrie und dem Staat (vgl. Hornberg 2004: 13).

In der Zeit von 1945 bis 1990 wurden die staatlichen Versorgungsunternehmen einerseits in die Daseinsvorsorge eingebunden, beispielsweise indem sie verpflichtet wurden, eine erschwingliche Grundversorgung oder Rabatte für Kleinverbraucher anzubieten. Andererseits belasteten die laufenden Defizite der Staatsunternehmen zunehmend die öffentlichen Haushalte, insbesondere nach den Wirtschaftskrisen der 1970er Jahre. Dies führte in den 1980er Jahren international zu einem Prozess der Privatisierung, Liberalisierung und Deregulierung, der auch die Elektrizitätswirtschaft umfasste. Gemeinsam mit der Telekommunikation weist der Reformprozess im Elektrizitätssektor die größten Unterschiede bei den Ausgangsbedingungen, dem Umfang und dem zeitlichen Ablauf von Reformen sowie den eingeschlagenen Pfaden auf. (Finger 2011: 96; Gönenç et al. 2001: 23, 47)

Die Privatisierung und die Liberalisierung hängen eng zusammen. Einerseits haben viele Regierungen die Privatisierung als Instrument genutzt, um die Liberalisierung des Elektrizitätssektors voranzutreiben. Andererseits fällt in vielen europäischen Ländern der Beginn der Privatisierungsprogramme mit der Marktöffnung zur Verwirklichung des Europäischen Binnenmarkts 1993 zusammen (Clifton et al. 2006: 742, 752). Dennoch sind beide Prozesse grundsätzlich unabhängig voneinander, da sie einander nicht zwingend voraussetzen und nicht überall zusammen verwirklicht wurden. So ist eine Privatisierung der Elektrizitätswirtschaft auch ohne einen liberalisierten Markt in Form privat betriebener Gebietsmonopole möglich, wie es in Deutschland oder Japan nach 1951 (Beder 2006; Naito 2003: Folie 11) praktiziert wurde. Ebenso kann Wettbewerb im Elektrizitätsmarkt geschaffen werden, ohne das vormalige Staatsmonopol zu privatisieren. Beispielsweise wurde 1996 in Neuseeland versucht, Wettbewerb in der Stromerzeugung herbeizuführen, indem der Monopolversorger zunächst in zwei<sup>25</sup> und ab 1998 in drei<sup>26</sup> staatliche Stromerzeuger aufgespalten wurde. (Shen/Yang 2012: 113) In Australien und Frankreich wurde ab 1994 bzw. 2000 der Strommarkt für private Anbieter geöffnet, ohne die

<sup>25</sup> New Zealand Electricity Corporation (ECNZ) und die ausgegliederte Contact Energy

<sup>26</sup> Neustrukturierung des Sektors in Genesis Power Ltd, Meridian Energy Ltd und Mighty River Power Ltd

ehemaligen Monopolanbieter zu privatisieren (Clifton et al. 2006: 750; Heddenhausen 2007: 19-20; Nepal et al. 2014: 1). So bemerken Gönenç et al.: „In the electricity industry, public ownership bears little relationship with industry organisation and entry liberalisation: in some countries, weak public control co-exists with vertically integrated utilities and relatively high barriers to entry in the competitive segments of the industry. In only a few countries have both vertical unbundling and deregulation of entry been achieved.“ (Gönenç et al. 2001: 23) Deswegen betrachte ich die Prozesse der Privatisierung und Liberalisierung separat.

#### **4.1.1 Privatisierung im Elektrizitätssektor**

Seit den 1980er Jahren haben mehr als 120 Staaten begonnen, Staatsbetriebe ganz oder teilweise an private Investoren zu verkaufen. Der Beginn dieser globalen Privatisierungswelle wird häufig mit dem Regierungsantritt der britischen Conservative and Unionist Party (1979-1997) unter Premierministerin Margret Thatcher (1979-1990) in Verbindung gebracht. Eine exakte historische Datierung ist aber schwierig, da einzelne Privatisierungen dem Reformprogramm des Vereinigten Königreichs vorangingen. Dazu gehören etwa die Privatisierung der japanischen Energieversorgungsunternehmen 1951 unter amerikanischer Besatzung (S. 37), die Teilprivatisierung der Preußischen Bergwerks- und Hütten-AG 1959, der Verkauf der Volkswagenaktienmehrheit 1961 oder die Teilprivatisierung von British Petrol 1977 durch die Labour-Regierung. Dennoch gilt das Privatisierungsprogramm des Vereinigten Königreichs als internationaler Wendepunkt, da es sich über alle Wirtschaftsbereiche, auch solche mit Monopolcharakter wie Energie, Telekommunikation, Wasser sowie Luft- und Schienenverkehr, erstreckte und noch heute in der Gesundheitsversorgung und im Schulwesen fortgesetzt wird. (Beder 2006; Boffey 2012; Bortolotti et al. 2003: 305-306; Boutchkova/Meggison 2000: 31; Clifton et al. 2006: 736, 739, 741; Naito 2003: Folie 11; Stone 2015)

In einigen Ländern war die Privatisierung zumindest anfänglich politisch motiviert. Beispielsweise sollte im Vereinigten Königreich der Verkauf staatlicher Unternehmen an private Investoren dem starken Einfluss der Gewerkschaften und einem erneuten Großstreik in den Staatsunternehmen begegnen (ERG 1977). Auch versuchten verschiedene konservative Regierungen, einen Volkskapitalismus zu begründen (Kasten).



## 50 Jahre Volkskapitalismus

„Schon vor geraumer Zeit hatte die Bundesregierung beschlossen, die Preußische Bergwerks- und Hütten-AG jedenfalls teilweise in Privathand zu überführen [...]. Die neuen Aktien im Nennwert von 30 Millionen Mark sollen – und deswegen nennt man sie Volksaktien – nur Bundesbürgern oder Familien angeboten werden, deren jährliches Einkommen weniger als 16 000 Mark beträgt. Ihre Besitzer werden die ersten „Volkskapitalisten“ Deutschlands sein: Staatsbürger – so hofft [Schatzminister] Lindrath –, die sich zugleich mit einer Voraussicht nach profitreichem Papier ein 'neues gesellschaftspolitisches Bewußtsein' zulegen und somit künftig eine unerschütterliche Position im Kampf gegen den Kommunismus darstellen werden.“ (DER SPIEGEL 1959: 16)

„David Cameron pledges era of 'popular capitalism' [...] the prime minister revived a signature theme of his time in opposition when he said he would preside over an era of 'popular capitalism'. [...] 'A consistent Conservative theme has been the ambition of building a nation of shareholders, savers and homeowners,' Cameron said. 'Macmillan championed this through home ownership, giving people an asset of their own. Margaret Thatcher did the same with privatisation and share ownership'.“ (Watt 2012)

In den 1980er Jahren entwickelte sich die Privatisierung in vielen Ländern aber zu einem haushalts- und wirtschaftspolitischen Instrument, um die Neuverschuldung des Staats zu begrenzen und die Wirtschaft wettbewerbsfähiger zu machen. In vielen Ländern ist nach Finger die Entscheidung zur Privatisierung auf eine Wirtschaftskrise zurückzuführen (Finger 2011: 96-97). Dementsprechend wurden die Reformen in der Regel von einem breiten politischen Konsens getragen: „Was 1986 [in Frankreich] noch Gegenstand heftiger politischer und ideologischer Auseinandersetzungen war, wird heute leidenschaftslos, fast geschäftsmäßig abgewickelt.“ (Utterwedde 1996: 2)

Die Privatisierung des Elektrizitätssektors war Teil dieses übergeordneten wirtschaftspolitischen Reformprogramms und nicht energiewirtschafts- oder infrastrukturpolitisch motiviert. Mit Ausnahme des Vereinigten Königreichs blieben die Stromnetze von der Privatisierung ausgenommen (Finger 2011: 96-97). Allerdings hat Portugal unter der provisorischen Europäischen Finanzstabilisierungsfazilität (EFSF), die nach dem 1. Juli 2013 durch den Europäischen Stabilitätsmechanismus (ESM) abgelöst wurde, 2012 und 2014 die staatliche Mehrheitsbeteiligung am Übertragungsnetzbetreiber Redes Energéticas Nacionais (REN) verkauft (Reuters 2014) sowie 2011 und 2013 den bereits 1997 mehrheitlich privatisierten Verteilungsnetzbetreiber Energias de Portugal (EDP) vollständig veräußert (Fischer 2013).

In allen Ländern lassen sich die wirtschafts- und haushaltspolitischen Überlegungen als gemeinsames Motiv identifizieren. Bortolotti et al. 2003 zeigen in einer Panel-Analyse von 34 entwickelten Ländern, dass der Beginn und der Umfang der Privatisierungsprozesse von einer hohen Staatsverschuldung und liquiden heimischen Kapitalmärkten begünstigt wird. Auch eine

amtierende konservative Regierung bewirkt einen größeren Privatisierungsumfang, was auf politische Motive hindeutet. Darüber hinaus zeigen die Autoren, dass die Privatisierung in Ländern mit anglo-amerikanischer Rechtstradition umfangreicher als in kodifizierten Rechtssystemen ausfällt (4.1.3). Die Autoren führen dies darauf zurück, dass Länder mit anglo-amerikanischer Rechtstradition einen stärkeren rechtlichen Schutz von Anteilseignern und Kreditgebern bieten als Länder mit französischer oder deutscher Rechtstradition. (Bortolotti et al. 2003: 306, 310-311).

#### **4.1.2 Liberalisierung im Elektrizitätssektor**

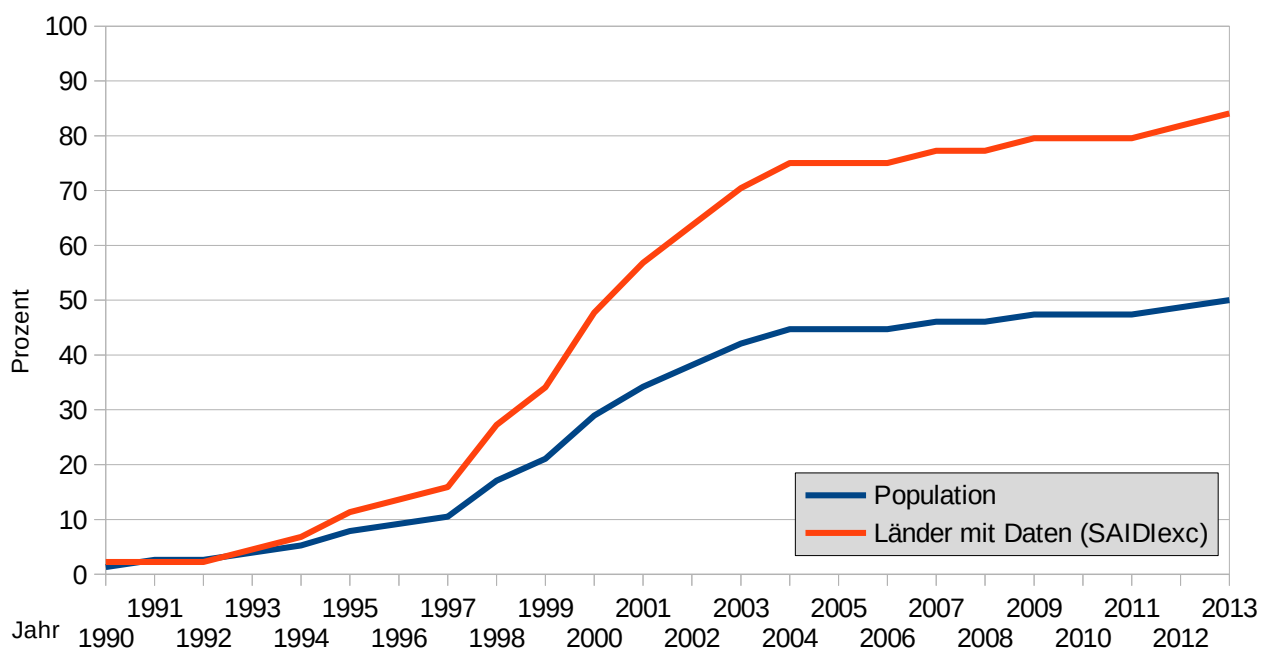
Liberalisierung bezeichnet die Öffnung von Märkten, die zuvor durch rechtliche Barrieren begrenzt waren. Dazu gehören der Abbau von Marktzugangsbarrieren wie gesetzlich institutionalisierte Monopole oder Lizenzsysteme sowie die Freigabe der angebotenen Leistungen und Preise für den Wettbewerb. Wie auch die Privatisierung ist der Liberalisierungsprozess vorwiegend wirtschaftspolitisch motiviert und geht auf die Wirtschaftskrisen der 1970er Jahre zurück. Die Reformen im Elektrizitätssektor waren vor allem ein Instrument zur Stärkung der heimischen Wirtschaft und zur Senkung der Strompreise, die als Standortfaktor in der sich zunehmend globalisierenden Wirtschaft angesehen wurden. (Gönenç et al. 2001: 12, 61)

Ausgelöst durch die Wirtschaftskrisen der 1970er wandelte sich die Wirtschaftspolitik der meisten OECD-Staaten nach einer langen interventionistischen Phase in den 1980er Jahren in eine marktorientierte Richtung. Vorreiter dieser Entwicklung waren Anfang der 1970er Jahre die USA, die bis 1980 die Liberalisierung der Luftfahrt, des Straßen- und Schienenverkehrs abgeschlossen sowie die Öffnung des Finanz- und des Telekommunikationssektors begonnen hatten. Ende der 1970er Jahre wurden auch in Europa, vor allem im Vereinigten Königreich, Marktbeschränkungen als Ursache für die wirtschaftlichen Probleme gesehen. Die Reformen in Europa erfolgten weniger schnell und weitreichend als in den USA. Zumeist wurden der Finanz- und der Telekommunikationssektor liberalisiert. Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Europäische Kommission) war eine treibende Kraft beim Abbau von durch Regulierung verursachten Handelsbeschränkungen. Mit der Verwirklichung des Europäischen Binnenmarkts wurden große Fortschritte in den Bereichen Telekommunikation und internationaler Flugverkehr sowie später auch auf den Gas- und Strommärkten erzielt. Auch Australien, Japan und Neuseeland setzten Mitte der 1980er Jahre Restrukturierungsprogramme um. (Banks 2007: 6; Chane-Kune et al. 2003: 96; CoA 2006: 5; Pera 1989: 160-161; Scobie/Janssen 1993: 5-6)

Die Liberalisierung des Elektrizitätssektors unterscheidet sich international hinsichtlich des Zeitpunkts, der Geschwindigkeit sowie des Umfangs der Reformen. Die ersten OECD-Länder, die

ihren Strommarkt liberalisierten, sodass Endverbraucher ihren Stromversorger wechseln konnten, waren 1990 das Vereinigte Königreich und 1991 Norwegen. Mitte der 1990er Jahre begann die Liberalisierung in Australien, Neuseeland, Japan und den USA<sup>27</sup> sowie bis Mitte der 2000er Jahre in den meisten europäischen Ländern, Kanada und Kasachstan. Nachzügler des Liberalisierungsprozesses im Elektrizitätssektor sind in Europa Kroatien (2013 begonnen) und die Ukraine (ausstehend) sowie in Asien Südkorea, Malaysia und Thailand (ausstehend). Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Einführung von Wettbewerb auf den Strommärkten in der Population insgesamt und nur für die Länder, für die Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom verfügbar sind (SAIDIexc). (Beder 2006; Fujita 2016; HERA 2014: 6; IEA 2012: 27; IEA/OECD 1999: 31; Nepal et al. 2014: 2; Shen/Yang 2012: 113)

Abbildung 3: Kumulierte relative Häufigkeit der Einführung von Wettbewerb



Quelle: R Projekt Diss MP/Quellen/unabhängige Variablen/Datentabellen/Introduction of Retail Competition.ods  
Tabellenblatt kumulierte Häufigkeit

Auch das Reformtempo unterscheidet sich erheblich. Während in Norwegen 1991 der gesamte Strommarkt geöffnet wurde und alle Verbraucher ihren Stromanbieter wechseln konnten, wurde der Markt im Vereinigten Königreich schrittweise geöffnet und die Liberalisierung nach 8 Jahren (1999) für alle Kundengruppen vollendet (IEA/OECD 1999: 31; Simmonds 2002: 7). In Japan wurde die im Jahr 2000 begonnene Liberalisierung erst nach 16 Jahren abgeschlossen. (Fujita 2016)

<sup>27</sup> Die Energiewirtschaftspolitik liegt in der Zuständigkeit der Bundesstaaten, von denen ca. die Hälfte Wettbewerb eingeführt hat, was ca. 2/3 der Bevölkerung betrifft. (Morey et al. 2016: 1)

Für die Einführung von Wettbewerb im Strommarkt ist die Möglichkeit für Verbraucher, ihren Stromversorger zu wechseln, nicht ausreichend. In der Regel sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um bestehende Wettbewerbshindernisse zu beseitigen. Als idealtypisch hat sich die Entflechtung der ehemals vertikal integrierten Monopolversorger erwiesen. Es werden die Bereiche Stromerzeugung, -übertragung, -verteilung und -vertrieb als relevante Tätigkeitsfelder unterschieden (Fußnote 32, S. 48). Diese können unterschiedlich weit entflochten werden (zur Diskussion der Auswirkungen siehe Shen/Yang 2012) - in aufsteigender Reihenfolge: Trennung auf Managementebene, zusätzlich auch der Buchhaltung, rechtliche Entflechtung in eigenständige Unternehmen und eigentumsrechtliche Entflechtung durch Verkauf nicht zum Kerngeschäftsfeld gehörender Unternehmensteile (Shen/Yang 2012: 104).

Viele Länder haben eine rechtliche Entflechtung des Stromübertragungsnetzes von den übrigen Tätigkeitsfeldern umgesetzt. In der Europäischen Union wurde die durch die Richtlinie 2003/54/EC umgesetzte rechtliche Entflechtung der Stromnetze als nicht wirkungsvoll genug erkannt (Ziffer (10) 2009/72/EC) und 2009 eine eigentumsrechtliche Entflechtung des Stromübertragungsnetzes eingeführt.<sup>28</sup> Eine darüber hinausgehende Abspaltung auch der Verteilungsnetze haben bislang nur Neuseeland (1998) und die Niederlande (2010) sowie eine Trennung des Verteilungsnetzbetriebs vom Stromvertrieb nur Neuseeland (1998-2010) umgesetzt (European Commission 2014: 224; Shen/Yang 2012: 104). Weitere, nicht in allen Ländern umgesetzte Maßnahmen sind die Einführung einer freiwilligen oder verpflichtenden Stromhandelsbörse, die Freigabe der Preise und die Umstellung der Netzentgeltregulierung von der kostenorientierten auf eine leistungsorientierte oder Preisobergrenzenregulierung. In vielen Ländern war die Privatisierung der vormaligen Monopolversorger ein Bestandteil des Liberalisierungsprozesses. (Shen/Yang 2012: 104; Steiner 2001: 150; Woo et al. 2003: 2)

#### **4.1.3 Einordnung in das law-and-finance-Hypothesensystem**

Die Ergebnisse von Bortolotti et al. 2003 weisen auf drei potenzielle Bestimmungsfaktoren energiewirtschaftspolitischer Reformen hin. Dies ist erstens, ob Staaten traditionell interventionistisch oder marktorientiert agieren und dementsprechend die Elektrizitätswirtschaft ganz, teilweise oder gar nicht verstaatlichen. Zweitens scheint die Kapitalverfügbarkeit für den Staat und auf den Kapitalmärkten bedeutend für den Zeitpunkt und den Umfang von Reformen zu sein: Eine hohe Staatsverschuldung macht Privatisierungen und effizienzorientierte Reformen im

<sup>28</sup> Amtsblatt der EU L 211 S. 55-93 vom 14.08.2009

Die Richtlinie erlaubt Minderheitsbeteiligungen von Stromerzeugern und -versorgern an Übertragungsnetzen bzw. Übertragungsnetzbetreibern. (Ziffer 11 EC 2009/72/EG)

Elektrizitätssektor notwendig, die durch liquide Finanzmärkte ermöglicht werden. Drittens beeinflusst der Schutz von Eigen- und Fremdkapitalgebern durch das Rechtssystem deren Investitionsbereitschaft.

Die von Bortolotti et al. 2003 identifizierten Effekte und insbesondere die Bedeutung der Rechtstradition deuten darauf hin, dass der sogenannte law-and-finance-Ansatz (law-and-finance-view) die Reformprozesse im Elektrizitätssektor erklären könnte. Der law-and-finance-Ansatz (La Porta et al. 1998) ist eine von vier konkurrierenden Theorien, die die Entwicklungsunterschiede von Volkswirtschaften erklären (ausführlich bei Vollmer 2007). Der law-and-finance-Ansatz stellt auf die Entwicklung des Finanzsektors und die rechtlichen Rahmenbedingungen, unter denen die Finanzmarktteilnehmer bereit sind, ihre Investitions- und Finanzierungsentscheidungen zu treffen, ab. Demnach weisen Länder mit einem besseren gesetzlichen Schutz von Eigentums-, Aktionärs- und Gläubigerrechten sowie einer strengeren Überwachung der Einhaltung privater Verträge besser entwickelte Finanzmärkte und deshalb auch ein höheres Wirtschaftswachstum auf. Als relevanter Bestimmungsfaktor dafür gilt die Zugehörigkeit eines Landes zu einer bestimmten Rechtstradition.

Grundsätzlich unterscheidet der law-and-finance-Ansatz drei Rechtstraditionen: das durch das römische Recht beeinflusste Zivilrecht, das common law Englands, das dem Einfluss des römischen Rechts widerstand, und die sozialistische Rechtstradition, die 1917 in Russland aufkam, sich in den Staaten der Sowjetunion ausbreitete und bis zu ihrem Ende bestand. (Fodor 2009: 37) Die Grundthese des law-and-finance-Ansatzes lautet, dass die Rechtstradition die Rolle des Staats in der Wirtschaft prägte: „In particular, common law has developed in England to some extent as a defense of Parliament and property owners against the attempts by the sovereign to regulate and expropriate them. Civil law, in contrast, has developed more as an instrument used by the sovereign for State building and controlling economic life. Finally, socialist law is the expression of ultimate control of the economy by the State.“ (La Porta et al. 1999: 224)

Das civil law oder auch Zivilrecht beruht wesentlich auf kodifizierten Rechtsmaterien für verschiedene Lebensbereiche (Zivilrecht, Unternehmensrecht, Steuerrecht usw.). Richter interpretieren die Texte ohne größere Entscheidungsspielräume. Verträge implizieren zahlreiche Regelungen, die von den Vertragsparteien nicht ausgeschlossen werden können. Im Infrastrukturbereich werden Projekte durch klar definierte Rechtskonzepte wie Konzessionen und Verpachtung strukturiert. Das common law wird vor allem im Vereinigten Königreich und seinen ehemaligen Kolonien praktiziert. Es kommt ohne systematisch geordnete Gesetzeswerke aus, stützt sich maßgeblich auf vergangene richterliche Urteile (Fallrecht) und wird stark durch richterliche Auslegung weiterentwickelt (Richterrecht). Grundsätzlich ist alles erlaubt, was nicht ausdrücklich

verboten ist. Verträge implizieren nur wenige allgemeingültige Regelungen. Daher bestehen im Infrastrukturbereich umfangreiche gesetzliche Regelungen zum Verbraucherschutz. Das sozialistische Recht zielt ausschließlich auf den Machterhalt der kommunistischen Partei. Privates Eigentum und Freiheiten der Bevölkerung werden kaum geschützt. (La Porta et al. 1999: 231; Weltbank 2016c)

Darauf aufbauend werden von La Porta et al. und anderen Autoren feinere Abstufungen der verschiedenen Rechtstraditionen vorgenommen. In den USA verbreitet ist die Unterscheidung zwischen römischem Zivilrecht, dem common law Englands, der daraus abgeleiteten common-law-Systeme (USA, Irland, Kanada, Australien), der islamischen Rechtstradition, den sozialistischen Rechtstraditionen (China, ehemalige Sowjetunion), militärischen Rechtstraditionen sowie dem Rechtssystem der Europäischen Union und dem der amerikanischen Ureinwohner. Europäische Juristen unterscheiden zwischen der anglo-amerikanischen Rechtstradition einerseits und untergliedern das Zivilrecht andererseits in den französischen<sup>29</sup>, deutschen<sup>30</sup> und nordischen<sup>31</sup> Rechtskreis. Diese Feingliederungen sind aber umstritten, da sie die geringen Unterschiede zwischen dem anglo-amerikanischen und dem Zivilrecht betonen. (Fodor 2009: 38)

In der weiteren Analyse prüfe ich, ob der law-and-finance Ansatz als Erklärungsmodell für den Reformprozess im Elektrizitätssektor und die Unterschiede bei der Versorgungssicherheit mit Strom trägt. Dabei verzichte ich auf eine der vorgestellten Feingliederungen, da sie nur geringe Unterschiede kennzeichnen. Beispielsweise beträgt der Anteil des öffentlichen Sektors an der Wertschöpfung für Länder mit französischer, deutscher oder anglo-amerikanischer Rechtstradition im Zeitraum 1978-1991 15 %, 12 % bzw. 11 % (Bortolotti et al. 2003: 309). Diese Unterschiede sind im Vergleich zu den sozialistischen Ländern, in denen die Wirtschaftstätigkeit hauptsächlich von Staatsunternehmen erbracht wurde, gering. Stattdessen unterscheide ich die anglo-amerikanische, die sozialistische und die Zivilrechtstradition.

Eine wichtige Kritik des law-and-finance-Ansatzes lautet, dass die Rechtstradition eine relativ unveränderliche Größe darstellt, die deshalb eine monotone Entwicklung der Finanzmärkte bedingen müsse (Vollmer 2007: 11-12). Diese ist aber häufig zyklisch, wie die Aktienmarktkapitalisierung in Prozent des BIP in Abbildung 4 zeigt.

<sup>29</sup> Der französische Rechtskreis entspricht dem Idealtyp des römischen Rechts.

<sup>30</sup> Der deutsche Rechtskreis gehört zum Zivilrecht. Es herrscht rationales, abstraktes und begriffliches Denken vor, wie das Abstraktionsprinzip. Die Schriften von Rechtsgelehrten haben großen Einfluss auf die Gerichte.

<sup>31</sup> Der nordische Rechtskreis gehört zum Zivilrecht. Theoretische Verallgemeinerungen sind wenig verbreitet, das Recht ist eher praxisorientiert. Charakteristisch sind die Ombudsmänner.

Abbildung 4: Aktienmarktkapitalisierung in Prozent des BIP 1913-1999

Land	Jahr								
	1913	1929	1938	1950	1960	1970	1980	1990	1999
Ägypten	1,09	/	/	/	0,16	/	0,01	0,06	0,29
Argentinien	0,17	/	/	/	0,05	0,03	0,11	/	0,15
Australien	0,39	0,50	0,91	0,75	0,94	0,76	0,38	0,37	1,13
Belgien	0,99	1,31	/	/	0,32	0,23	0,09	0,31	0,82
Brasilien	0,25	/	/	/	/	/	0,05	0,08	0,45
Chile	0,17	/	/	/	0,12	0,00	0,34	0,50	1,05
Dänemark	0,36	0,17	0,25	0,10	0,14	0,17	0,09	0,67	0,67
Deutschland	0,44	0,35	0,18	0,15	0,35	0,16	0,09	0,20	0,67
Frankreich	0,78	/	0,19	0,08	0,28	0,16	0,09	0,24	1,17
Indien	0,02	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,16	0,46
Italien	0,17	0,23	0,26	0,07	0,42	0,14	0,07	0,13	0,68
Japan	0,49	1,20	1,81	0,05	0,36	0,23	0,33	1,64	0,95
Kanada	0,74	/	1,00	0,75	1,59	1,75	0,46	1,22	1,22
Kuba	2,19	/	/	/	/	/	/	/	/
Niederlande	0,56	/	0,74	0,25	0,67	0,42	0,19	0,50	2,03
Norwegen	0,16	0,22	0,18	0,21	0,26	0,23	0,54	0,23	0,70
Österreich	0,76	/	/	/	/	0,09	0,03	0,17	0,17
Russland	0,18	/	/	/	/	/	/	/	0,11
Schweden	0,47	0,41	0,30	0,18	0,24	0,14	0,11	0,39	1,77
Schweiz	0,58	/	/	/	/	0,50	0,44	1,93	3,23
Spanien	/	/	/	/	/	/	0,17	0,41	0,69
Südafrika	/	/	/	0,68	0,91	1,97	1,23	1,33	1,20
USA	0,39	0,75	0,56	0,33	0,61	0,66	0,46	0,54	1,52
Vereinigtes Königreich	1,09	1,38	1,14	0,77	1,06	1,63	0,38	0,81	2,25

Quelle: Rajan/Zingales 2003: 15 nach Vollmer 2007: 12

Die Kapitalmarktliquidität sei nicht die Folge der Zugehörigkeit zu einer Rechtstradition, sondern wird analog zur Capture-Theorie mit dem Einfluss von Interessengruppen erklärt. Etablierte Industrieunternehmen und Banken würden die Entwicklung des Kapitalmarkts behindern, um Marktneueinsteiger abzuhalten. Anders als diese könnten etablierte Industrieunternehmen ihre Sachanlagen als Sicherheit bei Kreditgeschäften hinterlegen und so ihre Fremdfinanzierung sicherstellen. Da die Geschäftsbanken hauptsächlich an der Kreditvergabe an Unternehmen verdienen, hätten sie ein Interesse daran, alternative Finanzierungsmöglichkeiten wie die Wertpapieremission auf dem Kapitalmarkt zu unterbinden. Etablierte Industrie- und Finanzunternehmen würden deshalb zur Abwehr von Markteinsteigern die Öffnung der Märkte für Außenhandel und Kapitalströme behindern. Erst Wirtschaftskrisen oder ein florierender Außenhandel und große Auslandskapitalströme würden diese Reformhemmnisse aufbrechen.

Dennoch zeigen die bisherigen empirischen Studien, dass Länder mit anglo-amerikanischer Rechtstradition über besser entwickelte Kapitalmärkte verfügen. (Vollmer 2007: 13, 21)

## **4.2 Technische Grundlagen**

In diesem Abschnitt erläutere ich den Begriff der Versorgungssicherheit mit Strom. Dazu stelle ich zunächst verschiedene Sicherheitsbegriffe aus dem Bereich der Energieversorgung vor. Anschließend erläutere ich die technischen Grundlagen der Stromversorgung. Zuletzt gehe ich auf die Definitionen und Messgrößen für Stromausfälle ein.

### **4.2.1 Sicherheitsbegriffe in der Energieversorgung**

In der Literatur finden sich verschiedene Sicherheitsbegriffe, die teils synonym verwendet werden: Energiesicherheit (energy security), Versorgungssicherheit (security of supply), Anlagensicherheit (electrical safety) und Versorgungsqualität (quality of energy supply/quality of service). Außerdem ist von diesen Begriffen der Begriff der Anlagensicherheit zu unterscheiden.

Der Begriff Energiesicherheit wird normalerweise im Zusammenhang mit der Verfügbarkeit von Primärenergieträgern benutzt. Damit werden der unbeschränkte und unterbrechungsfreie Zugang zu Ressourcen, ihre zeitlich unbegrenzte bzw. ausreichende Verfügbarkeit, die Vermeidung einer Abhängigkeit von einem oder wenigen Rohstoffen bzw. Importländern oder -regionen sowie Formen der energetischen Selbstversorgung bezeichnet. Im Unterschied dazu bezieht sich der Begriff Versorgungssicherheit in der Regel auf das unterbrechungsfreie Funktionieren der netzgebundenen Infrastrukturen für Gas, Strom und Wasser. (Chester 2010: 887; Haber/Rodgarkia-Dara 2005: 6; Winzer 2012: 7-8)

Die Versorgungssicherheit der Elektrizitätsinfrastruktur wird unterschiedlich weit definiert. Kernmerkmale aller Definitionen für eine zuverlässige Versorgung mit Strom sind eine kurzfristig stabile Stromversorgung ohne Unterbrechungen oder Spannungsabfälle sowie eine mittel- und langfristige Vermeidung von Engpässen bei Stromerzeugung und -transport. Eine hohe Versorgungssicherheit ist erreicht, wenn ausreichende Kapazitäten zur Stromerzeugung und -übertragung vorhanden sind sowie deren Konstruktion und Wartung Ausfälle unwahrscheinlich machen. Die Versorgungssicherheit kann weiter differenziert werden als technische Versorgungsqualität (Spannungsqualität), operative Versorgungssicherheit (Netzplanung und -betrieb) und langfristige Versorgungssicherheit (ausreichende Erzeugungs- und Netzkapazitäten). Die Versorgungsqualität umfasst neben der technischen Versorgungssicherheit auch die Dienstleistungsqualität der Energieversorgungsunternehmen, beispielsweise die Beratungsqualität



und Erreichbarkeit des Kundenservices, sowie teilweise auch erschwingliche Strompreise. (vgl. BFE 2003: 31, 34; vgl. Haber/Rodgarkia-Dara 2005: 5-6; Winzer 2012: 7-8)

Von diesen Begriffen ist die Anlagensicherheit zu unterscheiden. Diese bezeichnet den Schutz von Menschen vor Verletzungen und Todesfällen sowie die Vermeidung von Flur- und Waldbränden durch elektrische Anlagen. (Abbott/Cohen 2011)

#### **4.2.2 Die zuverlässige Versorgung mit Strom**

Elektrischer Strom (kurz: Strom) entsteht durch die gerichtete Bewegung elektrisch geladener Teilchen, die durch einen Elektronenüberschuss am Ausgangsort und einen Elektronenmangel am Zielort verursacht wird. Dieser Ladungsunterschied wird als Spannung bezeichnet. Je mehr frei bewegliche Elektronen durch die Spannung bewegt werden, desto höher ist die Stromstärke. Aus der Multiplikation von Spannung und Stromstärke ergibt sich die Intensität des Stroms. Der Strom, den ein elektrisches Gerät aufnehmen oder abgeben kann, wird als Leistung bezeichnet. Die über eine Zeit aufgenommene oder abgegebene elektrische Leistung ergibt die von einem Gerät verbrauchte oder produzierte elektrische Energie. (CCInfo 2011; Elektronik Kompendium o. J.a, o. J.b; energievergleich.de o. J.; vgl. Poetzsch 2011: 9; tec.Lehrerfreund 2009)

Elektrizität wird in vier Schritten industriell bereitgestellt: 1. Stromerzeugung in Kraftwerken; 2. Transport von Elektrizität über Stromübertragungsnetze; 3. Versorgung von Stromabnehmern durch Stromverteilungsnetze sowie 4. monetäre Abwicklung des Stromhandels.<sup>32</sup> Elektrische Energie kann nicht kostengünstig in großen Mengen gespeichert werden und muss deshalb zu jeder Zeit bedarfsgerecht erzeugt werden. Zu Beginn der Elektrifizierung versorgten einzelne Kraftwerke in lokalen Stromverteilungsnetzen einen Stadtteil oder ein Industriegebiet. Diese lokalen Stromnetze wurden durch 110 Kilovolt (kV) und 220 kV Hochspannungsleitungen zu einem Verbundnetz gekoppelt, das nach dem zweiten Weltkrieg mit 380-kV-Leitungen ergänzt wurde. Die meisten nationalen Stromnetze sind über Kuppelstellen miteinander verbunden, die aber keine ausreichenden Elektrizitätsflüsse durchleiten können, um die autarken nationalen Märkte zu integrieren. Das Verbundnetz dient neben dem Stromtransport auch dazu: 1. Reserveleistung auszutauschen; 2. das Netz bei Kraftwerksausfällen zu stützen; 3. die Spannungs- und

<sup>32</sup> Traditionell galten die Versorgung von Stromabnehmern durch Stromverteilungsnetze und die monetäre Abwicklung des Stromhandels als integrierte Aufgabe des Stromverteilungsnetzbetreibers. Erst die Reformen der letzten Jahre konstituierten den Endverbraucherhandel als eigenständiges Glied in der Versorgungskette. Es könnten weitere Funktionen unterschieden werden, wie der Netz- bzw. Systembetrieb als von dem Bau und der Wartung der physischen Infrastruktur unabhängige, operative Funktion (Modell des Independent System Operator) oder der Betrieb von Strombörsen. Darüber hinaus wurde in Teilen Australiens (Victoria) die Netzplanung vom Netzbesitz und -betrieb getrennt (Nepal et al. 2014: 7). Die Unterscheidung in vier Elemente ist aber am offensichtlichsten hinsichtlich der verwendeten Technologien und der entstehenden Kosten. (IEA/OECD 1999: 12)

Frequenzstabilität zu gewährleisten; 4. die Energieübertragung von Erzeugungs- zu Verbrauchszentren zu überwachen; 5. einen wirtschaftlichen Kraftwerkseinsatz zu ermöglichen sowie 6. Verbrauchern standortunabhängig die Wahl eines Stromversorgers zu ermöglichen. (Aundrup et al. 2010: 16; BMI/BBK 2007: 29; DG Competition 2007: 112; Hinrichsen 2009: 12; vgl. Poetzsch 2011: 9-10; Steger et al. 2008: 27, 40)

Die Spannungsebenen des Stromnetzes sind historisch gewachsen. Spannungen über 200 kV sind international nicht genormt, wenngleich allgemeine Richtlinien bestehen (Hinrichsen 2009: 27). Im Allgemeinen wird zwischen Niederspannung unterhalb von 1 kV und Hochspannung oberhalb von 1 kV unterschieden. Im Sprachgebrauch wird die Hochspannungsebene weiter in Mittelspannung bis 110 kV, Hochspannung zwischen 110 kV und 400 kV sowie Höchstspannung über 400 kV unterteilt. Das Verbundnetz besteht aus Hoch- und Höchstspannungsleitungen. Eine trennscharfe Abgrenzung zu Stromverteilungsnetzen ist aber nicht möglich, da diese teilweise auch hohe Spannungen nutzen. (Oswald 2005a: 1; vgl. Poetzsch 2011: 10)

Stromausfälle können durch Naturkatastrophen wie Schneestürme oder Blitzeinschläge sowie durch technisches Versagen aufgrund mangelnder Wartung oder infolge einer Überlastung eintreten. Abbildung 5 zeigt die Einwirkung winterlicher Wetterbedingungen auf eine Freileitung. Die Widerstandsfähigkeit der Elektrizitätsinfrastruktur gegenüber Störungen hängt von der Qualität der eingesetzten Komponenten, dem Grad ihrer Mehrfachauslegung (Redundanz), ihrem funktionalen Zusammenwirken als Gesamtsystem und der Wartungsintensität ab. (vgl. Poetzsch 2011: 12; Steger et al. 2008: 76)

*Abbildung 5: Wettereinwirkung auf eine Freileitung*



links: Eisbehang eines abgerissenen Freileitungsseiles  
rechts: Eisklumpen mit Seilabdruck (Quelle: RWE AG)

Quelle: Brakelmann 2004: 38

Kraftwerksausfälle sind keine bedeutende Ursache für Stromausfälle. Zum einen wird im Stromnetz eine kurzfristig aktivierbare, dreistufige Regelenergiereserve vorgehalten, um Kraftwerksausfälle kompensieren zu können. Die Primärregelleistung ist innerhalb von 30 Sekunden aktivierbar. Dazu arbeiten einige Kraftwerke in einem unwirtschaftlichen Teillastbereich, die bei einem Kraftwerksausfall schnell auf volle Leistung hochfahren können. Gleichzeitig werden Pumpspeicher- oder Gasturbinenkraftwerke für die Sekundärregelleistung aktiviert, die innerhalb von 5 Minuten verfügbar sein muss. Beide Vorgänge werden automatisch vom Übertragungsnetzbetreiber geregelt. Die Minutenreserve wird dagegen telefonisch vom Übertragungsnetzbetreiber bei Lieferanten angefordert und wird immer zur vollen Viertelstunde eingesetzt. Dazu muss diese nach spätestens 15 Minuten bereitstehen, um die Sekundärregelung abzulösen und für erneute Regeleingriffe frei zu machen. Zum anderen werden für Versorgungskrisen Brennstoffreserven für einige Tage bei Gaskraftwerken bis zu einem Jahr und länger bei Kernkraftwerken vorgehalten. Zusätzlich halten die Mitglieder der Internationalen Energieagentur Erdöl bzw. Raffinerieprodukte und Erdgas für 90 Verbrauchstage vor. (Amprion 2016; Steger et al. 2008: 39, 42)

Für alle gängigen Komponenten der Netzinfrastruktur sind wichtige Parameter wie die mittlere Ausfallhäufigkeit, die mittlere Reparaturdauer, die Haltbarkeit sowie die Investitions- und Betriebskosten bekannt. Infrastrukturmaßnahmen können dadurch kostenoptimiert und nach dem gewünschten Auswahlrisiko umgesetzt werden. (Oswald 2005a: 1; Oswald 2005b: 4, 6)

Die Trassen des Stromnetzes können als Freileitung oder als Erdkabel ausgeführt werden. Freileitungen bestehen aus blanken Leiterseilen, die durch Isolatoren an den Gestängen von Masten angebracht sind. Die Masten bestehen bei höheren Spannungsebenen aus Stahl. Erdkabel sind isolierte Leitungen, die unter der Erde oder in unterirdischen Tunneln verlegt werden. Freileitungen und Erdkabel unterscheiden sich in Bezug auf ihre technische Verfügbarkeit. Diese bestimmt sich durch die Ausfallrate und Ausfalldauer sowie über die Wartungsrate und Wartungsdauer einer Komponente. Durch ihre exponierte Lage treten bei Freileitungen häufiger Störungen auf als bei Erdkabeln. Störungen wie Blitzeinschläge in die Leitung verursachen in den meisten Fällen allerdings keine bleibenden Schäden, sondern können durch eine kurzfristige Unterbrechung und Wiedereinschaltung unmittelbar behoben werden. Sollten Reparaturen an Freileitungsanlagen erforderlich sein, dauern diese Stunden bis wenige Tage. Dagegen treten Störungen an Erdkabeln seltener auf, resultieren aber meist in bleibenden Schäden. Denn Erdkabel können nur kurzzeitig überlastet werden, wobei ihre Isolierung Schaden nimmt. Die Instandsetzung von Erdkabeln kann aufgrund ihrer eingeschränkten Zugänglichkeit mehrere Wochen dauern. Dadurch sind Erdkabel

insgesamt weniger verfügbar als Freileitungen. (Brakelmann 2004: 35; Steger et al. 2008: 236; Oswald 2009: 38; vgl. Poetzsch 2011: 10-11)

Auch sind Freileitungen insgesamt wirtschaftlicher als eine als Erdkabel ausgeführte Trasse. Die Investitionskosten für eine mit Erdkabeln ausgeführte Trasse liegen um das 2.8- bis 4.3-Fache über denen von Freileitungen. Allerdings weisen Erdkabel etwa halb so hohe Betriebskosten, die vor allem durch Übertragungsverluste entstehen, wie Freileitungen auf. Erdkabel werden hauptsächlich eingesetzt, wenn eine geringe Umwelteinwirkung gefordert ist. Während Freileitungen weithin sichtbar sind, trocknen Erdkabel lediglich den umliegenden Boden aus. Beide Systeme benötigen eine vergleichbar breite Trasse. (Oswald 2005b: 5; Hinrichs 2009: 23; vgl. Poetzsch 2011: 11)

Die ersten Hochspannungsübertragungsnetze wurden aufgrund des einfachen Aufbaus, des robusten Betriebsverhaltens und der günstigen Gesamtkosten als Freileitungen errichtet. (Oswald 2005b: 4) Heute beträgt der Erdkabelanteil im europäischen Hoch- und Höchstspannungsnetz nur etwa 3 Prozent (eigene Berechnungen nach ENTSO-E 2008: 168).<sup>33</sup> „Die heutige und auch zukünftige Basistechnologie der Energieübertragung sind Freileitungsnetze auf Hoch- und Höchstspannungsebene“ (Aundrup et al. 2010: 8). Freileitungen sind aber in dicht besiedelten Gebieten unpraktikabel. So liegt der Anteil von Erdkabeln im europäischen Stromverteilungsnetz bei Spannungen von mehr als 100 kV bei 11 %, bei Spannungen zwischen 1 kV und 100 kV bei 32 % und bei Spannungen unterhalb von 1 kV bei 47 % (eigene Berechnungen nach eurelectric 2013: 25).<sup>34</sup> (vgl. Poetzsch 2011: 11)

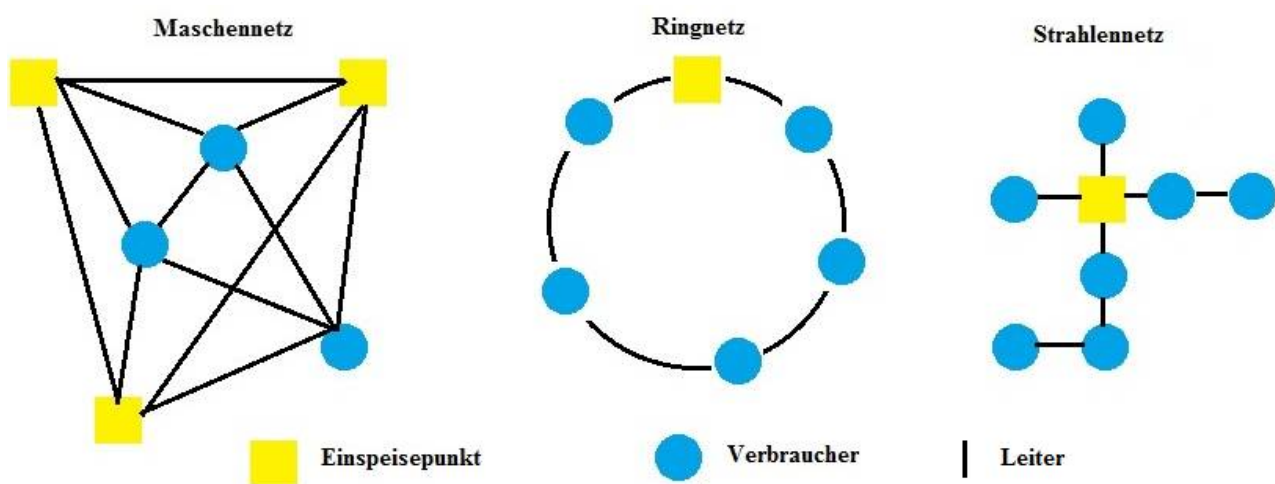
Das wichtigste strukturelle Merkmal elektrischer Netze ist ihre Redundanz, d. h. die Mehrfachabsicherung gefährdeter Elemente. Aufgrund seiner zentralen Bedeutung wird das Verbundnetz üblicherweise als Maschennetz nach dem N-1-Kriterium („n minus eins“) betrieben. Das heißt, der Ausfall eines Kraftwerks, einer Schaltanlage oder einer Stromübertragungsleitung muss ohne Versorgungsunterbrechungen, eine Ausweitung der Störung oder Beschädigungen an anderen Netzbestandteilen aufgefangen werden können. Die Verbraucher werden immer von zwei Seiten und von mehreren Einspeisepunkten versorgt. Jede Leitung kann die Last einer oder mehrerer ausgefallener Leitungen übernehmen. Allerdings berichtet der österreichische Energieversorger EVN AG (Energieversorgung Niederösterreich), der auch in Bulgarien und Mazedonien aktiv ist, dass es in den Balkanländern üblich sei, selbst die größten Kraftwerksblöcke nicht nach dem N-1-Kriterium abzusichern. Stattdessen werde deren Ausfall durch die Abschaltung

<sup>33</sup> Daten für Deutschland, Frankreich, Griechenland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Slowakische Republik, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik und Ungarn.

<sup>34</sup> Daten für Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Slowakische Republik, Slowenien, Spanien, Tschechien, Ungarn und Zypern.

von Umspannwerksbereichen, das heißt Lastabwurf auf der Ebene der Verteilungsnetze, kompensiert. (persönliche Mitteilung Bramböck 2017) Die durch das Verbundnetz versorgten Mittelspannungsnetze sind als Ringnetze aufgebaut. Alle Verbraucher sind von der Einspeisestelle ausgehend kreisförmig miteinander verbunden, sodass jeder Verbraucher von zwei Seiten versorgt wird. Fällt ein Teil der Ringleitung aus, entsteht ein sogenanntes Strahlennetz. Strahlennetze sind auf 230-V- und 400-V-Ebene üblich. Jeder Verbraucher wird über eine einzige Leitung mit Strom versorgt. Bei einer Leitungsunterbrechung sind alle nachfolgenden Verbraucher ohne Strom, bei einem Ausfall der Einspeisestelle alle angeschlossenen Verbraucher. (MOStec o. J.; Oswald 2009: 3; Steger et al. 2008: 40)

Abbildung 6: Maschen-, Ring- und Strahlennetz



Die Versorgungssicherheit ist beim Maschennetz am größten, es entstehen aber Kosten für die Vermaschung und die erforderliche Leistungselektronik (Lasttrenner, Leistungsschalter, Schutzrelais usw.). In Verteilungsnetzen der unteren Mittel- und Niederspannungsebenen wird aus Kostengründen zumeist auf einen Netzausbau nach dem N-1-Kriterium verzichtet. In der Regel nimmt die Redundanz im Stromnetz von städtischen über vorstädtische zu ländlichen Regionen ab. Jeder Schritt zur Verbesserung der Versorgungssicherheit, beispielsweise eine Netzauslegung nach dem N-2-Kriterium, kostet mehr als der vorherige, da mehr Redundanz eine geringere Auslastung bei höheren Investitions- und Wartungskosten bedeutet. (EnBW 2005: 6; Steger et al. 2008: 81)

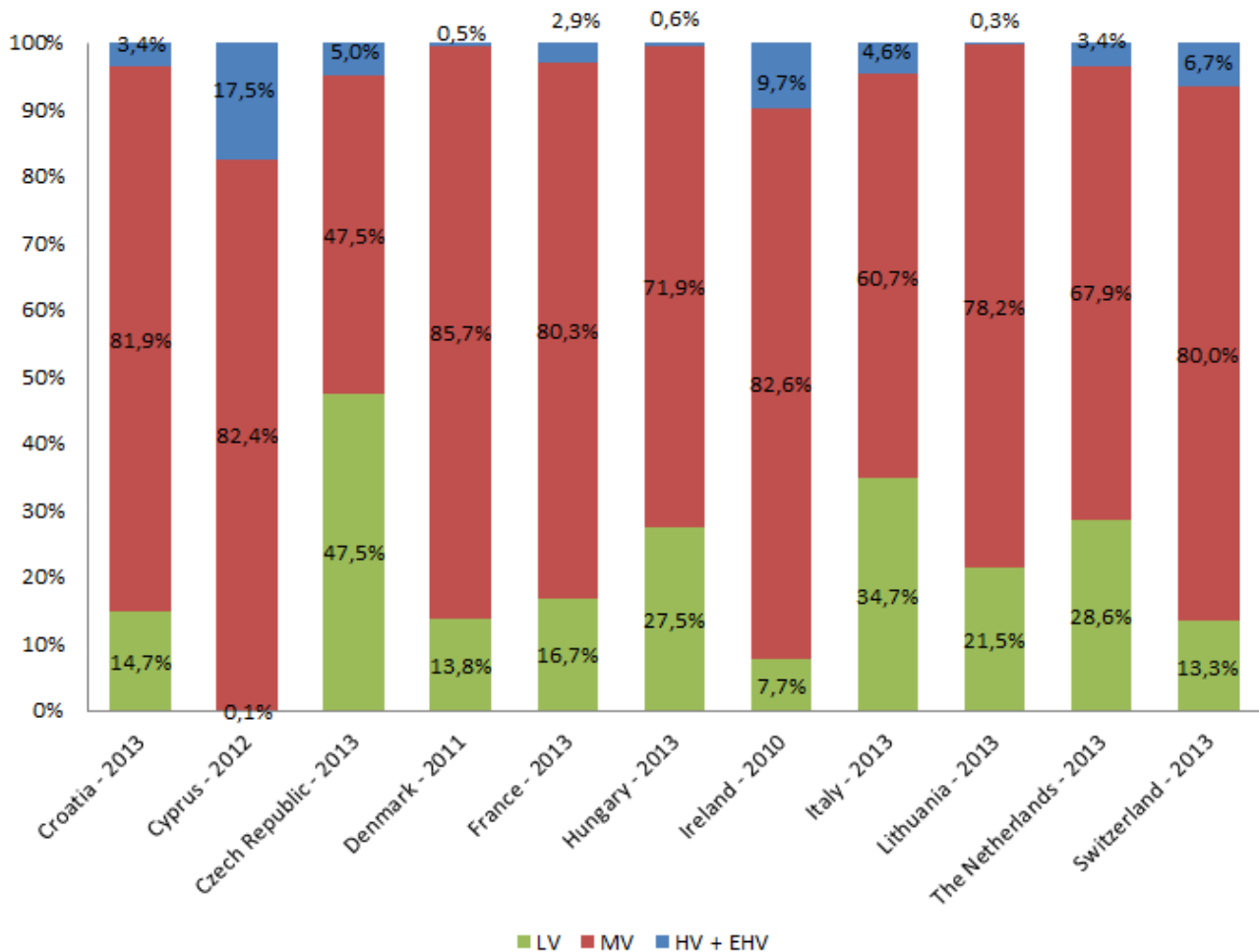
Neben den quantitativen Merkmalen des Energiesystems in den Bereichen Stromerzeugung und Netzinfrastruktur spielt auch die Qualität der eingesetzten Komponenten eine Rolle. Im Bereich der Netztechnik sind Basiskomponenten (Masten, Leitungen, Kabel, Isolatoren, Transformatoren) sowie die Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR) zu unterscheiden. Die Basiskomponenten weisen Lebensdauern bis zu mehreren Jahrzehnten auf. Insbesondere für Masten, Leitungen und

Kabel bedeutet dies, dass ihre Leistungsfähigkeit wesentlich von dem Zeitpunkt ihrer Installation abhängt. Wie beschrieben, wurde die deutsche Elektrizitätsinfrastruktur großteils nach dem zweiten Weltkrieg errichtet und die europäische Netzinfrastuktur insgesamt gilt als in die Jahre gekommen (eurelectric 2013: 1). Länder, in denen die Elektrizitätsinfrastruktur später errichtet wurde, profitieren von den zwischenzeitlichen Fortschritten bei der Fertigungstechnik wie der Qualität der verbauten Stähle usw. Die MSR ist deutlich kurzlebiger und spielt insbesondere auf der Ebene der Mittelspannungsnetze eine wichtige Rolle. Obwohl die Netze topologisch redundant aufgebaut sind, kann ein gestörtes Betriebsmittel zu einem Stromausfall führen, wenn keine funktionale Redundanz besteht. Je nachdem, ob handbetätigt, ferngesteuert oder automatisiert umgeschaltet wird, dauert eine Unterbrechung einige Sekunden bis über eine Stunde. (Backes 1998: 19)

Produktinnovationen bei Basiskomponenten oder der MSR entstehen nicht in der Elektrizitätswirtschaft selbst, sondern in der vorgelagerten elektrotechnischen Industrie. Energieversorger können Innovationsvorteile deshalb nur nutzen, wenn sie als Erstkäufer auftreten, wodurch hohe Anschaffungskosten entstehen. Sobald die Serienproduktion erreicht bzw. die Innovation zum Branchenstandard geworden ist, können andere Netzbetreiber zu niedrigeren Preisen nachrüsten (Freerider-Effekt). (vgl. Steger et al. 2008: 125)

Das größte Ausfallrisiko besteht auf der Hoch- und Höchstspannungsebene, da Versorgungsunterbrechungen auch die unteren Spannungsebenen betreffen und so großflächige Stromausfälle herbeiführen. Da „in der Regel wenig praktische Erfahrungen bei der Behebung von Großstörungen vorliegen, ist in diesen Fällen von Ausfallzeiten im Bereich von mehreren Stunden bis Tagen auszugehen“ (Fickert/Malleck 2008: 275). Aufgrund der hohen Redundanz im Verbundnetz sind solche Vorfälle aber selten. Dagegen sind Unterbrechungen in den Nieder- und Mittelspannungsnetzen deutlich häufiger, wenn auch in der Regel räumlich und zeitlich begrenzt. Normalerweise können ausgefallene Komponenten wieder zugeschaltet oder für die Versorgung auf eine andere Leitung gewechselt werden. Dadurch kann nach dem Ausfall einer Komponente auf eine andere Leitung umgeschaltet werden. Bislang fehlt aber ein systematischer Ansatz zur Bewertung der strukturellen Güte der Netzinfrastuktur insgesamt. (Backes 1998: 18-19; CEER 2008: 9; Fickert/Malleck 2008: 275; Sengbusch et al. 2004: 315) Abbildung 7 zeigt den Anteil der verschiedenen Spannungsebenen an Versorgungsunterbrechungen in verschiedenen Ländern.

Abbildung 7: Verteilung von Versorgungsunterbrechungen nach Spannungsebene



LV: Niederspannungsebene; MV: Mittelspannungsebene; HV + EHV: Hoch- und Höchstspannungsebene  
 Quelle: CEER 2015: 14

Die Wartung elektrischer Anlagen umfasst die Kontrolle ihres technischen Zustands<sup>35</sup> sowie ggf. die Instandsetzung oder den Austausch nicht mehr betriebsfähiger Komponenten sowie die Organisation von Entstör- und Bereitschaftsdiensten. Dabei wird zwischen der reaktiven und der präventiven Wartung unterschieden. Bei der reaktiven Wartung werden die Komponenten bis zum Ende ihrer Lebensdauer oder bis zu ihrem Ausfall betrieben und anschließend repariert oder ausgetauscht. Da neue Komponenten wenig Wartung benötigen, lassen sich so Ersatzteil- und Personalkosten minimieren. Noch heute wird aus Kostengründen häufig eine reaktive Wartungsstrategie implementiert (MAI 2016; vgl. Mehairjan 2017: 31).

In den 1950er Jahren wurde in Japan das Konzept der präventiven Wartung entwickelt. Hierbei wird versucht, ungeplanten Unterbrechungen durch regelmäßige Inspektionen und den Austausch

<sup>35</sup> Der Rückversicherer Munich RE empfiehlt in seinem Leitfaden für die Wartung elektrischer Anlagen, Komponenten auf den festen Sitz von Steck- und Schraubverbindungen, ausreichende Schmierung, Wasser-, Säure-, Öl- und Elektrolytfüllstände, Risse, Brüche, galvanische Korrosion und Rost, Feuchtigkeit und Wasserschäden, Leckagen, Ermüdungsschäden, Lichtbogenbildung und Überhitzung sowie auf ihre Leitfähigkeit und das Funktionieren von Schaltelementen zu prüfen. (Munich RE 2013: 2-4)

von Komponenten vor dem Erreichen ihrer maximalen Lebensdauer vorzubeugen. Durch präventive Wartung kann die Unterbrechungsdauer der Komponenten deutlich gesenkt werden: „[...] more than two-thirds of electrical system failures can be prevented by a routine preventive maintenance program. The failure rate of electrical equipment is three times higher for components that are not part of a scheduled preventive maintenance program as compared with those that are.“ (Munich RE 2013: 1) Es entstehen aber höhere Kosten für die Ersatzteilhaltung, die die Hälfte der gesamten Wartungskosten ausmachen kann. Auch müssen die Anlagen während der Inspektionen heruntergefahren und vom Netz getrennt werden. Ein Sonderfall der präventiven Wartung ist die Modernisierung, d. h. wenn Komponenten nicht verschleißbedingt, sondern zwecks Sicherheits- oder Effizienzsteigerung vorzeitig ausgetauscht werden. (Schneider Electric 2015: 4, 9)

In den letzten Jahren werden vermehrt Ferndiagnosetechniken eingesetzt (predictive maintenance). Durch die laufende Zustandserkennung und bedarfsgerechte Wartung werden die für die Wartung benötigten Ausfallzeiten minimiert. Dazu sind neben den Sensoren zur Zustandsüberwachung und ihrer Einbindung in ein Kommunikationssystem auch entsprechende Auswertungsanlagen und Meldesysteme erforderlich. (Schneider Electric 2015: 11, 13) Auch können je nach der technischen Ausstattung des Netzbetreibers Wartungsarbeiten zunehmend unterbrechungsfrei durchgeführt werden. Dies wird einerseits ermöglicht durch moderne Wartungstechniken wie die Arbeit an spannungsführenden Leitungen, mobile Transformatoren, Leitungs- und Schalterüberbrückung. Andererseits erlaubt moderne Netzleittechnik es, Reparaturen während lastarmer Zeiten durchzuführen, in denen andere Leitungen die Last der gewarteten Leitung übernehmen können (vgl. eurelectric 2006: 11; vgl. TEPCO 2016).

#### **4.2.3 Stromausfall: Definition und Quantifizierung**

International werden verschiedene Kennzahlen verwendet, um Stromausfälle zu quantifizieren. Ihnen liegen entweder die physische Verbindung der Verbraucher mit dem Stromnetz oder die am Netzanschluss anliegende Spannung zugrunde. Ein Stromausfall liegt vor, wenn die Verbindung zum Stromnetz unterbrochen bzw. die anliegende Spannung (fast) null ist. Die Unterschiede beider Definitionen sind praktisch vernachlässigbar. Versorgungsunterbrechungen und Spannungstoleranzen sind in der Europannorm EN 50160 ‚Merkmale der Spannung in öffentlichen Netzen‘ von 1994 definiert. Diese behandelt zwar nur Spannungen bis 35 kV. Einige ihrer Bestimmungen werden aber auch für die Datenerhebung auf höheren Spannungsebenen verwendet. (CEER 2008: 5-7; Fickert/Malleck 2008: 275; vgl. Poetzsch 2011: 13)



Ausgehend von diesen Definitionen werden die Häufigkeit und Dauer von Versorgungsunterbrechungen ermittelt. Die wichtigsten Bezugsgrößen sind dabei die Zahl der an das Stromnetz angeschlossenen Verbraucher und die Anzahl der von einem Stromausfall betroffenen Kunden. Andere gängige Kennzahlen legen die installierte oder die zum Zeitpunkt des Stromausfalls nachgefragte elektrische Leistung oder die Gesamtzahl der Netzstationen zugrunde. Die bedeutendsten Messgrößen sind die durchschnittliche Unterbrechungshäufigkeit pro Jahr (System Average Interruption Frequency Index, SAIFI), die mittlere Unterbrechungsdauer (Customer Average Interruption Duration Index, CAIDI) sowie die durchschnittliche jährliche Unterbrechungsdauer (System Average Interruption Duration Index, SAIDI), die sich als Produkt von SAIFI und CAIDI ergibt. Diese Indikatoren werden nach den Festlegungen einer Expertengruppe der Union of the Electricity Industry (UNIPED) auf Grundlage aller an das Stromnetz angeschlossenen Verbraucher berechnet. In einigen Ländern wird die durchschnittliche Unterbrechungsdauer unter der Bezeichnung Customer Minutes Lost per customer per year (CML) geführt. (CEER 2005: 5; DISQUAL 1997; Fickert/Malleck 2008: 275; Haber/Rodgarkia-Dara 2005: 7; Homepage Vattenfall; vgl. Poetzsch 2011: 13-14; vgl. Steger et al. 2008: 61)

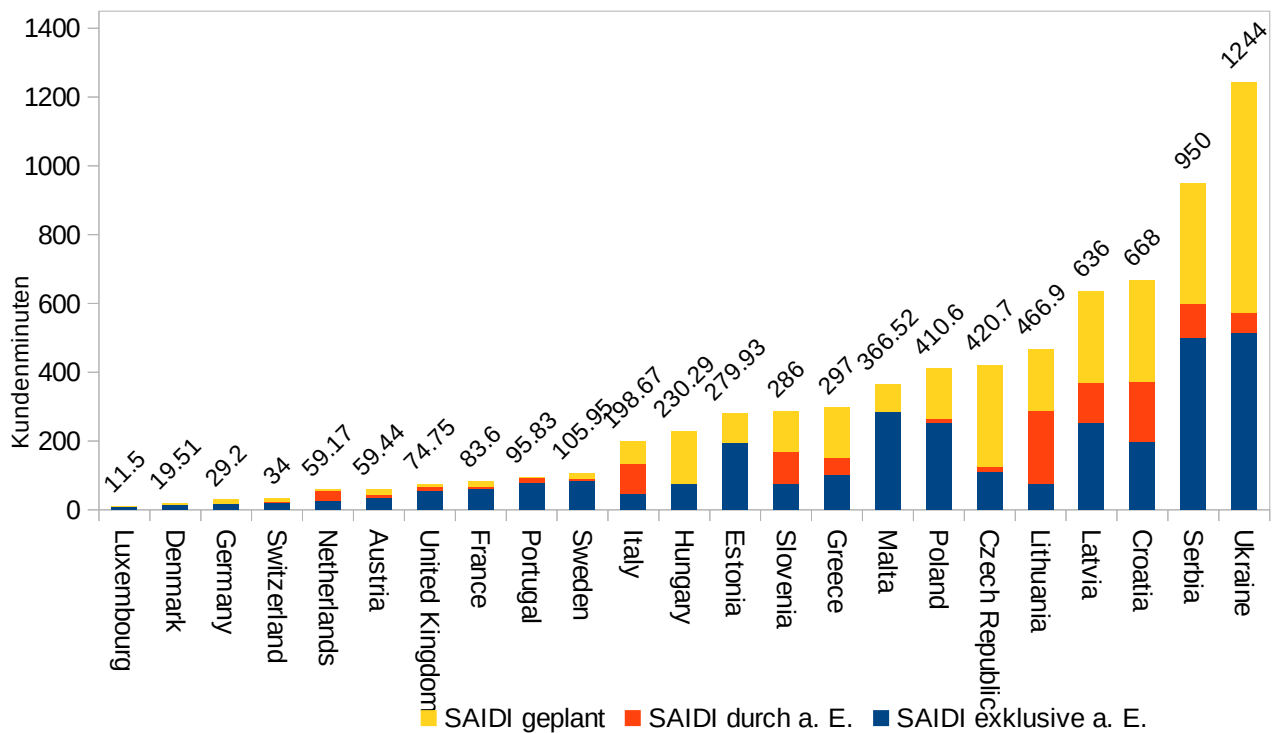
Die nationalen Unterbrechungsstatistiken unterscheiden sich aus vier Gründen stark voneinander. Erstens werden Stromausfälle mit unterschiedlichen Indikatoren erfasst. International sind vor allem die kundengewichteten Indikatoren SAIDI und SAIFI verbreitet. Länder wie Österreich und Rumänien erheben aber auch Indikatoren wie die leistungsbezogene Nichtverfügbarkeit (Average System Interruption Duration Index, ASIDI), die auf der nicht gelieferten Energiemenge pro Verbraucher basieren (CEER 2012: 26; E-Control 2015: 2; KOSTT 2007: 12). Diese gewichteten Stromausfälle bei Großverbrauchern stärker als solche, die viele Kunden betreffen. Verbrauchsgewichtete Indikatoren liegen normalerweise etwa 10 Prozent niedriger als kundengewichtete. Beispielsweise liegt der österreichische ASIDI zwischen 1.6 Prozent höher im Jahr 2013 und 20 Prozent niedriger im Jahr 2014 als der SAIDI des gleichen Jahres (E-Control 2014: 2; E-Control 2015: 2).

Zweitens werden teilweise geplante und durch sogenannte außergewöhnliche Ereignisse verursachte Unterbrechungen aus der Unterbrechungsstatistik ausgeschlossen, nicht immer aber auch separat ausgewiesen. Geplante Unterbrechungen liegen vor, wenn die Verbraucher im Voraus über notwendige Versorgungsunterbrechungen anlässlich von Wartungsarbeiten oder Sonderereignissen informiert werden. Bei außergewöhnlichen Unterbrechungen handelt es sich um Vorfälle, die außerhalb der Kontrolle eines Netzbetreibers liegen und zu Betriebsstörungen führen, auch wenn alle Komponenten korrekt funktionieren und über ausreichende Reservekapazitäten

verfügen. Hierzu zählen beispielsweise extreme Wetterereignisse oder Vandalismus. Allerdings ist die Definition außergewöhnlicher Ereignisse international bewusst nicht harmonisiert worden, weil hierfür regional differenziert werden muss. So sind heftige Schneefälle in Schweden normal, aber ungewöhnlich auf den Malediven. Nur durch die Entfernung außergewöhnlicher Ereignisse aus der Störungsbilanz ist es möglich, die technische Leistungsfähigkeit nationaler Stromnetze um regionale Besonderheiten bereinigt zu vergleichen. (CEER 2005: 5; CEER 2008: 9, 42; vgl. Poetzsch 2011: 14)

Abbildung 8 zeigt die kumulierte durchschnittliche Unterbrechungsdauer von Endverbrauchern im Jahr 2012 durch geplante Unterbrechungen, Stromausfälle durch Verschulden des Netzbetreibers sowie durch außergewöhnliche Ereignisse (a. E.). Abgebildet sind nur diejenigen Länder, für die alle drei Werte verfügbar sind.

Abbildung 8: Kumulierte Dauer von Versorgungsunterbrechungen je Verbraucher 2012



Quelle: R Projekt Diss MP\Quellen\abhängige Variablen\Fälle 2017.ods Tabellenblatt Anzahl verfügbarer Werte

Drittens werden Stromausfälle auf verschiedenen Spannungsebenen erfasst. So werden in Österreich und Bulgarien Unterbrechungen in den Niederspannungsnetzen nicht berücksichtigt. In Deutschland dagegen werden Unterbrechungen auf allen Spannungsebenen erfasst, aber nur für die Nieder- und Mittelspannungsebenen werden Indikatoren berechnet, die auch Unterbrechungen auf der Hoch- und Höchstspannungsebene enthalten, sofern sich diese auf die unteren Spannungsebenen auswirkten. (CEER 2012: 26)

Viertens gelten Stromausfälle zumeist als lang und für die Unterbrechungsstatistik relevant, wenn sie länger als drei Minuten dauern. Teils werden kurze (< 3min), lange sowie zusätzlich transiente (i. d. R. < 1s) Unterbrechungen unterschieden. Abbildung 9 gibt die Definitionen der CEER-Mitglieder wieder. In den USA werden zumeist Unterbrechungen ab einer Minute oder ab 5 Minuten Dauer gezählt. (APPA 2014: 14; Campbell 2012: 6; CEER 2016: 21)

Abbildung 9: Definitionen transienter, kurzer und langer Versorgungsunterbrechungen

Country	Transient interruption	Short interruption	Long interruption
Austria	Not defined	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Belgium	Same category as short	T < 3 min	T ≥ 3 min
Bulgaria	T < 1 sec	T < 3 min	T > 3 min
Croatia	Not defined	1,5 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Cyprus	Not defined	Not defined	Not defined
Czech Republic	20 msec < T ≤ 1 sec	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Denmark	No distinction between long and short interruptions. An interruption has duration of at least 1 minute (1).	No distinction between long and short interruptions. An interruption has duration of at least 1 minute (1).	No distinction between long and short interruptions. An interruption has duration of at least 1 minute (1).
Estonia	Not defined	Not defined	T > 3 min
Finland		T < 3 min	T ≥ 3 min
France	T < 1 sec	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min (2)
Germany	T ≤ 1 sec	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Great Britain	Same category as short	T < 3 min	T ≥ 3 min (3)
Greece	Not defined	T ≤ 3 min	T > 3 min
Hungary	T ≤ 1 sec	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Ireland	Not defined	Not defined	T ≥ 3 min (4)
Italy	T ≤ 1 sec	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Latvia	Not defined	T ≤ 3 min	T > 3 min
Lithuania	Not defined	T < 3 min	T ≥ 3 min
Luxembourg		T ≤ 3 min	T > 3 min
Malta	No such classification used. All interruptions are recorded.	No such classification used. All interruptions are recorded.	No such classification used. All interruptions are recorded.
The Netherlands	Not defined	No distinction between long and short interruptions. An interruption has duration of at least 5 seconds.	No distinction between long and short interruptions. An interruption has duration of at least 5 seconds.
Norway	Included in short (5)	T ≤ 3 min	T > 3 min
Poland	T < 1 sec	1 sec < T < 3 min	T > 3 min
Portugal	Not defined	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Romania	T ≤ 1 sec	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Slovak Republic	Not defined	T < 3 min	T > 3 min
Slovenia	Not defined	T ≤ 3 min	T > 3 min
Spain	Not defined	T ≤ 3 min	T > 3 min
Sweden		100 msec < T ≤ 3 min	T > 3 min
Switzerland	T < 1 sec	1 sec < T ≤ 3 min	T > 3 min

(1) All interruptions lasting 1 minute or longer are monitored.

(2) Until 2010, it was duration ≥ 3 min.

(3) This excludes re-interruptions to customers that have already been interrupted during the same incident.

(4) Up to and including 2010, this definition was T ≥ 1 minutes. For 2011 onwards, the definition was changed to T ≥ 3 minutes.

(5) This definition is not used. Short interruptions start at zero.

Quelle: CEER 2016: 21

## **5. Ziel und Aufbau der Arbeit**

Das Ziel der Arbeit ist es, den Einfluss politischer Steuerung auf die Versorgungssicherheit mit Strom zu ermitteln, um die Auswirkungen der Privatisierung und Liberalisierung der Elektrizitätswirtschaft abschätzen zu können. Mit dem Ziel der Theoriebildung möchte ich ein grundlegendes Verständnis des Zusammenwirkens von externen Einflüssen (ökonomische Schocks, EU-Binnenmarktpolitik, Reformprogramme internationaler Organisationen wie der Weltbank oder der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung), sozioökonomischen Rahmenbedingungen (Wirtschaftsleistung, Bevölkerungsdichte), strukturellen politischen Rahmenbedingungen (Güte von Gewaltenteilung, Begrenzung opportunistischen Regierungshandelns, System der Interessenvermittlung, Anti-Korruption) sowie der instrumentellen Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik im Elektrizitätssektor (Energiamarktorganisation, Gesetze zur Gewährleistung einer sicheren Stromversorgung, personelle Kapazität des Regulierers) auf die Versorgungssicherheit mit Strom erarbeiten. Ich strebe eine Erklärung des politischen Einflusses auf die Versorgungssicherheit mit Strom an, wobei die Hintergründe der Regulierungsgenese und die Mechanismen der Implementierung sekundäre Ziele sind. Das Ziel der Arbeit besteht also primär darin, neue Hypothesen zu generieren. Dabei greife ich auch bestehende Ansätze aus der Forschung auf, um ihre Belastbarkeit zu prüfen. Die Arbeit ist in diesem Sinn auch hypothesenprüfend angelegt.

Eine Analyse der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik im Elektrizitätssektor begegnet zwei zentralen Herausforderungen. Zum einen ist der Untersuchungsgegenstand komplex und es kommen viele erklärende Faktoren infrage. Zum anderen ist die Langlebigkeit der physischen Elektrizitätsinfrastruktur zu berücksichtigen, um valide Schlüsse über die Folgen von Reformen ziehen zu können. In diesem Kapitel definiere ich den Gegenstand der Untersuchung (5.1), die theoretischen Grundlagen der Arbeit (5.2) und erläutere das ursprünglich geplante und das realisierte methodische Vorgehen (5.3).

### **5.1 Untersuchungsgegenstand, -einheit und Population**

Im Folgenden definiere ich den Untersuchungsgegenstand und die zu untersuchende Population.

#### **5.1.1 Untersuchungsgegenstand**

Anknüpfend an die techniksoziologische Forschung wähle ich das Energiesystem als Gegenstand der Untersuchung. Dieses Konzept integriert die technische Infrastruktur zur industriellen Bereitstellung von Elektrizität, die Elektrizitätswirtschaft als Eigner und Betreiber dieser

Infrastruktur sowie die darauf bezogene Regulierung und stellt ihr Zusammenwirken in den Vordergrund. Die physische Elektrizitätsinfrastruktur umfasst Kraftwerke, in denen Strom erzeugt wird, Stromübertragungs- und Stromverteilungsnetze zur Versorgung von Stromabnehmern sowie die für ihren Betrieb erforderliche Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik.

Ich gehe davon aus, dass die Elektrizitätsinfrastruktur durch die Entscheidungen der Marktakteure sowie durch politisches Handeln gestaltet wird und somit das Ergebnis eines sozialen Prozesses ist, der sowohl durch zielgerichtete Steuerung als auch durch eine Systemevolution gekennzeichnet ist. Unter dem Begriff der Systemevolution fasse ich die durch technische und wirtschaftliche Zwänge bewirkten Lock-In-Effekte, die über Jahrzehnte die technische Entwicklung der Infrastruktur und das individuelle Handeln der Marktakteure prägen.

Die wichtigsten Marktakteure der Elektrizitätswirtschaft sind die Energieversorgungsunternehmen, die die Elektrizitätsinfrastruktur besitzen und betreiben. Außerdem gehören zur Energiewirtschaft Energierohstoff- und Strombörsen, die dort handelnden Akteure und die Stromverbraucher. Historisch wurde die Elektrizitätswirtschaft entweder verstaatlicht oder reguliert. Die Grenzziehung zwischen privaten und staatlichen Energieversorgungsunternehmen ist aber unscharf, da Mischformen durch Konzessionsverträge sowie durch von öffentlichen und privaten Eignern gehaltene Kapitalgesellschaften bestehen. In Konzessionsverträgen tritt ein öffentlicher Eigner das Recht für die Benutzung öffentlicher Wege und Plätze zum Aufbau eines Versorgungsnetzes an ein privates EVU ab. In Deutschland sind beispielsweise die Stromverteilungsnetze Eigentum der Gemeinden, das den EVU in der Regel für jeweils 20 Jahre überlassen wird (Müller 2008). Für die Gewährung des Leitungsrechts erhält die Gemeinde eine Konzessionsabgabe.

Bezüglich der auf das Energiesystem bezogenen Regulierung unterscheide ich zwischen der sektorspezifischen Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik sowie den allgemeinen politischen Rahmenbedingungen. Unter der Energiewirtschaftspolitik verstehe ich politische Maßnahmen, die sich auf die Unternehmen der Elektrizitätswirtschaft und die Stromverbraucher in ihrer Rolle als Kunden der Energieversorgungsunternehmen beziehen. Dies umfasst beispielsweise Gesetze zur Organisation der Energiewirtschaft in Gebietsmonopolen oder in einer Wettbewerbsordnung, Steuern und Subventionen oder die Regulierung der Dienstleistungsqualität von EVU gegenüber Wettbewerbern und Kunden. Als Infrastrukturpolitik fasse ich staatliche Regelungen zur Planung, zum Bau, zum Betrieb und zur Wartung der physischen Elektrizitätsinfrastruktur, beispielsweise Netzentwicklungspläne und Sicherheitsvorschriften. Die politischen Rahmenbedingungen umfassen die sonstige relevante Regulierung für den Elektrizitätssektor. Dies sind strukturelle Eigenschaften des politischen Systems (Gewaltenteilung, Begrenzung opportunistischen Regierungshandelns,

Anti-Korruption), die Nebenfolgen anderer Politikfelder wie der allgemeinen Raumordnungs-, Umwelt- und Wirtschaftspolitik sowie externe energiewirtschafts- und infrastrukturpolitische Bestimmungen etwa der Europäischen Union. Die Trennung von nationaler und supranationaler Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik begründe ich im nächsten Abschnitt.

### **5.1.2 Untersuchungseinheit und Population**

Historisch hat sich das Energiesystem innerhalb nationaler Grenzen entwickelt und diesen Status bis heute überwiegend erhalten. Insbesondere in technischer Hinsicht ist die Stromversorgung eine nationale Angelegenheit. Obwohl die Stromnetze vieler Länder über Kuppelstellen miteinander verknüpft sind, reichen deren Kapazitäten nicht aus, um die für eine Marktintegration nötigen Elektrizitätsflüsse durchzuleiten (Steger et al. 2008: 27). Bereits während der Frühzeit der Elektrifizierung wurde die Elektrizitätswirtschaft auf nationaler Ebene oder in regional abgegrenzten Gebieten monopolisiert. Erst seit der Privatisierung und Liberalisierung der Elektrizitätsmärkte entstanden durch Übernahmen, Fusionen und internationale Beteiligungen große multinationale Energieversorger und Netzbetreiber (vgl. Steger et al. 2008: 20). Aufgrund der historischen Entwicklung wähle ich *nationale* Energiesysteme als Einheit der Untersuchung. Deshalb klassifiziere ich supranationale Politiken als politische Rahmenbedingung.

Demnach bestünde die Population aus den Nationalstaaten der Welt. Allerdings bestehen zwischen diesen erhebliche Entwicklungsunterschiede. In vielen Teilen der Welt fehlt eine flächendeckende Elektrizitätsinfrastruktur, sind Stromausfälle oder die Rationierung von Strom an der Tagesordnung (vgl. Lorenz 2010: 12), sodass der politische Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom vom Stand der sozioökonomischen Entwicklung überlagert wird. Eine wichtige Einschränkung der Population besteht deshalb darin, dass eine entwickelte Elektrizitätsinfrastruktur vorhanden ist. Nach Sengbusch et al. 2004 fehlt in den Technikwissenschaften bisher ein systematischer Ansatz zur Bewertung der Netzstruktur (Sengbusch et al. 2004: 315). Deshalb wähle ich als Kriterium die von der Weltbank ermittelte Zugangsquote der Bevölkerung zu Elektrizität (Weltbank 2015g). Als Kriterium für eine entwickelte Elektrizitätsinfrastruktur wähle ich den Schwellenwert 100 Prozent. Die Zugangsquote der Bevölkerung zu Elektrizität reichte 2012 in Ländern mit einer Quote unter 100 Prozent von 5.1 Prozent im Südsudan bis 99.8 Prozent in Trinidad und Tobago.

Die Zugangsquote der Bevölkerung zu Elektrizität liegt für die Erhebungsjahre 1990, 2000, 2010 und 2012 vor (Tabelle 2). Ich gehe davon aus, dass für viele Länder, in denen zum frühesten Erhebungszeitpunkt 1990 100 Prozent der Bevölkerung Zugang zu Elektrizität hatten, dies bereits länger und teilweise seit Jahrzehnten der Fall ist. Damit liegen die Daten nur scheinbar

intervallskaliert vor. Deshalb dichotomisiere ich die Daten in ein frühes und ein spätes Erreichen einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom. Ich unterscheide dabei die Ausprägungen „bis 1990“ und „bis 2012“, die ich zur besseren (Maschinen-)Lesbarkeit mit den Erhebungszeitpunkten 1990 und 2012 kodiere.

*Tabelle 2: Länder und Gebiete mit 100-prozentiger Versorgung der Bevölkerung mit Strom*

Bis 1990 N = 53			Bis 2012 N = 35	
Albania	Greece	New Zealand	Algeria (2012)	Libya (2010)
Andorra	Greenland	Norway	Armenia (2012)	Macedonia (2012)
Australia	Hong Kong SAR, China	Poland	Azerbaijan (2012)	Malaysia (2012)
Austria	Hungary	Portugal	Bahamas (2010)	Maldives (2012)
Belarus	Iceland	Romania	Belize (2012)	Mauritius (2010)
Belgium	Ireland	Russian Federation	Bosnia and Herzegovina (2012)	Moldova (2012)
Bermuda	Isle of Man	San Marino	China (2012)	Morocco (2012)
Bulgaria	Italy	Serbia	Cuba (2010)	Samoa (2012)
Canada	Japan	Singapore	Cyprus (2012)	Seychelles (2010)
Channel Islands	Kosovo	Slovak Republic	Egypt (2012)	Suriname (2010)
Croatia	Latvia	Slovenia	Georgia (2010)	Tajikistan (2010)
Czech Republic	Liechtenstein	Spain	Iran (2012)	Thailand (2012)
Denmark	Lithuania	Sweden	Iraq (2012)	Tunisia (2012)
Estonia	Luxembourg	Switzerland	Israel (2000)	Turkmenistan (2010)
Faeroe Islands	Malta	Turkey	Kazakhstan (2010)	Ukraine (2012)
Finland	Monaco	United Kingdom	Korea (2012)	Uzbekistan (2010)
France	Montenegro	United States	Kyrgyzstan (2000)	Venezuela (2010)
Germany	Netherlands		Lebanon (2012)	

Quelle: Weltbank 2015g

Bei dieser Aufstellung sind in Hinblick auf die Untersuchungseinheit nationaler Energiesysteme mit einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom drei Aspekte zu berücksichtigen. Erstens sind nicht alle der genannten Gebiete Nationalstaaten: Bermuda ist ein Überseegebiet Großbritanniens, Grönland ein autonomer Teil Dänemarks, die Färöer-Inseln gehören zur Dänischen Krone, die Kanalinseln und die Isle of Man zur Britischen Krone und Hongkong ist eine chinesische Sonderverwaltungszone. Zweitens sind Liechtenstein, Monaco, San Marino, die Seychellen und Andorra Kleinststaaten mit etwa 30,000 bzw. 90,000 Einwohnern, die mit Ausnahme der Seychellen keine autarke Elektrizitätsinfrastruktur besitzen. Beispielsweise importiert Andorra über 80 Prozent seines Stroms. Drittens ist in Tadschikistan die 100-prozentige

Versorgung der Bevölkerung mit Strom nicht ganzjährig gewährleistet. Dort leben 70 Prozent der Bevölkerung in ländlichen Gebieten, die während des Winters von November bis April/Mai nur stundenweise mit Strom versorgt werden und nur 9 Prozent des Gesamtstromverbrauchs repräsentieren (SE4all 2014: 9). Ohne diese Gebiete verbleiben für das Jahr 1990 43 und für das Jahr 2012 insgesamt 76 Untersuchungseinheiten.

Diese Abgrenzung ist allerdings nicht trennscharf. Auch für Luxemburg ist aufgrund von netzstrukturellen Gegebenheiten, Unternehmensfusionen und dem europäischen Binnenmarkt für Elektrizität und Gas keine abgetrennte nationale Elektrizitätsinfrastruktur gegeben. Luxemburg wird teilweise aus Deutschland durch den Netzbetreiber Amprion versorgt und ist somit technisch gesehen auch Bestandteil des deutschen Stromsystems (Ecofys/FISI 2015: 10). Aufgrund seiner Bevölkerungsgröße von gut 600,000 Einwohnern und seiner Nationalstaatlichkeit betrachte ich Luxemburg aber als eigenständigen Fall.

Abbildung 10 stellt die Länder der Population dar, wobei Länder, die nach 1990 hinzugetreten sind, dunkelgrau statt hellgrau dargestellt sind.





## **5.2 Ontologie und theoretischer Rahmen**

Einführend ordne ich meine Arbeit ontologisch ein. Anschließend entwickle ich aufbauend auf dem bisherigen Forschungsstand ihren theoretischen Rahmen.

### **5.2.1 Ontologie**

Ich verordne mich als Realist. Diese Position vereint Elemente des positivistischen und des interpretativistischen Weltverständnisses. Ich glaube, dass die Welt unabhängig vom menschlichen Wissen über sie existiert. Außerdem gehe ich davon aus, dass soziale Phänomene eine kausale Wirkung haben und durch Beobachtung auf kausale Zusammenhänge geschlossen werden kann. Allerdings nehme ich an, dass nicht alle sozialen Phänomene unmittelbar beobachtbar sind und die direkte Wahrnehmung falsche Eindrücke zur Natur und Wirkungen sozialer Phänomene liefern kann. Deshalb nutze ich in meiner Arbeit quantitative Methoden, um Zusammenhänge zwischen sozialen Phänomenen und der Versorgungssicherheit mit Strom aufzudecken. (vgl. Marsh/Furlong 2002: 30-31; vgl. Poetzsch 2011: 8)

### **5.2.2 Theoretischer Rahmen**

Gesellschaftlich richtet sich die Versorgungssicherheit mit Strom nach dem Wert einer zuverlässigen Stromversorgung bzw. der nachfrageseitigen Zahlungsbereitschaft und unternehmerischen Kosten-Nutzen-Kalkülen. Allerdings operieren die Netzbetreiber in einem natürlichen und ggf. gesetzlich geschützten Monopol, das nicht den Anreiz eines wettbewerblichen Markts bietet, der Nachfrage nach einer preisgünstigen und zuverlässigen Stromversorgung nachzukommen. Deshalb unterliegen Energieversorger einer engen Regulierung, die jedoch auch politisch motivierte Ziele wie niedrige Preise und fiskalische Motive verfolgen kann (z. B. Slowakische Republik, Poetzsch 2011: 51-60). Die regulative Anreizwirkung bestimmt, inwieweit die Zuverlässigkeit der Stromversorgung dem nachfrageseitigen Bedarf entspricht, diesen über- oder unterschreitet.

Der regulatorische Rahmen wird im System nationaler Interessenbildung ausgehandelt. Die Grundlage hierfür bildet die Theorie nationaler Interessenbildung nach Andrew Moravcsik, die Elemente der Capture-Theorie mit einer Logik politischen Handelns vereint. Vier Kernaspekte bilden das Fundament dieser Theorie: Erstens wird staatliches Handeln als rational verstanden. Es ist darauf ausgerichtet, hierarchisierte Ziele zu erreichen. Das primäre Ziel von Regierungen ist Machterhalt. Dafür benötigen sie in demokratischen Systemen die Unterstützung von Wählern, Parteien, Interessengruppen und der Verwaltung. Die nachgeordneten Ziele ergeben sich aus Konflikten zwischen den verschiedenen sozialen Gruppen, deren Präferenzen durch politische

Institutionen aggregiert werden. Die Interessen der sozialen Gruppen ergeben sich aus einer Abwägung zwischen den Kosten und dem Nutzen von Politiken. Zweitens sind die Gruppen tendenziell am einflussreichsten, die von einer Politik am stärksten betroffen sind, da diese leichter mobilisieren können. Drittens hängt der gesellschaftliche Druck auf die Regierung neben den Kosten-Nutzen-Kalkülen gesellschaftlicher Gruppen auch von Unsicherheit und Risiko ab. Wenn die Konsequenzen einer riskanten Politik sicher abzuschätzen sind, entsteht ein starker Anreiz für die gesellschaftlichen Gruppen, zu mobilisieren. Dagegen kann die Regierung relativ frei handeln, wenn die Auswirkungen einer Politik ungewiss sind und nicht bedrohlich erscheinen. Viertens bewirken negative Externalitäten und Politikversagen, dass Regierungen auch ohne den Druck von Interessengruppen handeln. (Moravcsik 1993: 481, 483, 487, 489-490, 493; vgl. Poetzsch 2011: 33)

Für den Elektrizitätssektor bedeutet dies, dass die Ausgestaltung der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik offen für die Einflussnahme der Energieversorgungsunternehmen und der Stromverbraucher ist: „An acceptable compromise between 'reliability' and 'costs' has been a subject of discussions for several decades, which will continue for years to come” (CEER 2008: 5).

Die Energieversorgungsunternehmen streben eine Maximierung ihrer Gewinne an. Sie investieren in die Elektrizitätsinfrastruktur, wenn die Einnahmen aus dem Betrieb die Investitionskosten übersteigen. Allerdings sind die Anreize, in die Elektrizitätsinfrastruktur zu investieren, gering. Infrastrukturinvestitionen sind aufgrund ihres finanziellen Umfangs und der nur eingeschränkt prognostizierbaren künftigen Stromnachfrage riskant (ewi et al. 2008: 24). Außerdem sind die Komponenten der Elektrizitätsinfrastruktur ortsfest und können nicht rückgängig gemacht werden, wenn sie unrentabel werden. Auch lassen sich bei Investitionen in die Elektrizitätsinfrastruktur kaum Innovationsvorteile erzielen (Abschnitt 4.2.2).

Deshalb übersteigen die Kosten einer Auf- oder Nachrüstung bestehender Infrastruktur aus unternehmerischer Sicht oft den Nutzen verbesserter Absatzmöglichkeiten durch eine erhöhte Verfügbarkeit des Stromnetzes. Dies gilt insbesondere, wenn Anpassungen im gesamten Versorgungsgebiet und eine Neuabstimmung von Erzeugungs- und Transportinfrastrukturen erforderlich werden (vgl. Merkhofer 1987: 11). Die Energieversorger ziehen deshalb die Beibehaltung einer bestehenden Technologie und somit gegebenenfalls auch einer gesellschaftlich nicht optimalen Versorgungssicherheit mit Strom vor.

Die Energieversorger bewerten staatliche Politiken nach ihren wirtschaftlichen Folgen, die sie sicher abschätzen können, da sie das erforderliche technische und ökonomische Fachwissen haben. Die Organisationsfähigkeit der Energieversorger ist deshalb hoch. Bei technischer Unsicherheit, komplexen Rechtslagen, fehlenden bezahlbaren Versicherungsmöglichkeiten oder möglichen

Schadenersatzforderungen können regulative Lösungen durch die Elektrizitätswirtschaft angestoßen werden (Merkhofer 1987: 12).

Das Interesse der Stromverbraucher schwankt zwischen der Präferenz für eine preisgünstige und der für eine zuverlässige Stromversorgung und hängt für die verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen von den Folgekosten eines Stromausfalls ab (Tabelle 1, S. 17). Die Folgekosten eines Stromausfalls pro Kilowattstunde Strom sind für gewerbliche und industrielle Kunden am höchsten. Ein Stahlwerk kann beispielsweise so viel Strom wie einige hunderttausend Haushalte verbrauchen (vgl. Frese 2010). Die vergleichsweise geringen Ausfallkosten privater Haushalte zeigen sich auch in der Gefahrenwahrnehmung der Bevölkerung (S. 15): Mögliche Schäden werden als gering bewertet und die Bevölkerung setzt sich nicht mit dem Thema Stromausfall auseinander. Deshalb ist die Bevölkerung kaum in der Lage, die Folgen einer Politik für die Versorgungssicherheit mit Strom oder die damit verbundenen Kosten zu bewerten. Demgegenüber sind Unternehmen häufig in Verbänden organisiert, die ihnen Zugang zu technischem Fachwissen und eine organisierte Lobbyarbeit ermöglichen. Daher ist das Mobilisierungspotenzial privater Haushalte niedrig und das gewerblicher und industrieller Stromkunden hoch.

Aufgrund der unterschiedlich ausgeprägten Organisationsfähigkeit wird die Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik normalerweise zwischen der Regierung und den Unternehmen der Elektrizitätswirtschaft ausgehandelt. Entsprechend der Agenturtheorie ergeben sich durch Informationsasymmetrien Handlungsspielräume der Agenten (EVU, Regulierungsbehörden) gegenüber ihren Prinzipalen (Regulierungsbehörden, Politik). Je höher die technische Komplexität eines Systems ist, desto größere Freiräume erwachsen den Energieversorgern bei der Begründung der Erforderlichkeit einer Investition und der Bewertung ihrer Kosten gegenüber den Regulierungsbehörden.

Befindet sich die Elektrizitätsinfrastruktur in staatlichem Besitz, gewinnt die Regierung deutlich an Informationen und Handlungsfreiheit, da die an Gewinnsteigerung orientierte Einflussnahme privater Energieversorgungsunternehmen entfällt. Jedoch ist die Infrastrukturpolitik der Regierung einer verstärkten Beobachtung durch die Öffentlichkeit ausgesetzt. Umfangreiche Reformen drohen daher als übermäßig riskant oder verschwenderisch wahrgenommen und politisch sanktioniert zu werden. Insbesondere durch Wahlen können die Bürger effizient mobilisieren, da sie ihren Interessen Geltung verschaffen können, ohne Ressourcen für ihre Organisation aufbringen zu müssen. Dadurch wirken die Präferenzen der Bevölkerung moderierend auf staatliche Reformvorhaben, die infolgedessen schrittweise oder als Paketlösungen verwirklicht werden.

### **5.3 Methodisches Vorgehen**

Das methodische Vorgehen musste nach der Maßgabe der Datenlage (Abschnitt 6.1.1) modifiziert werden. In diesem Abschnitt stelle ich das geplante und das realisierte Vorgehen vor, um den Entscheidungsprozess während der Forschungsarbeit transparent zu machen. Auch gehe ich auf sprachliche Besonderheiten sowie auf die verwendeten Programme und die Möglichkeit zur Wiederholung meiner Analysen ein.

#### **5.3.1 Geplantes Vorgehen**

Das von mir geplante methodische Vorgehen knüpfte an die Ergebnisse meiner Masterarbeit an (Poetzsch 2011). Zum einen plante ich einen internationalen Vergleich nach dem Most-Similar-Ansatz, um die hohe Komplexität des Untersuchungsgegenstands Energiesystem und die Vielzahl der potenziell erklärenden Variablen zu adressieren. Durch die Betrachtung relativ homogener Fälle sollte die Anzahl variierender Faktoren verringert werden. Dies sollte es ermöglichen, die verbleibenden Unterschiede als kausale Ursache für die unterschiedliche Versorgungssicherheit mit Strom zu benennen. Zum anderen war das methodische Vorgehen auf die in Kapitel 2 dargelegte mangelnde Beobachtbarkeit der Folgen dynamischer Reformprozesse auf die langlebige physische Elektrizitätsinfrastruktur ausgerichtet. In einem ersten Schritt sollte die Zeit vor der Liberalisierung der Strommärkte betrachtet werden, um eine Wissensbasis für die folgende, dynamische Reformperiode zu schaffen. Im zweiten Schritt sollte die instrumentelle Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik mittels Fallstudien untersucht werden. Ich erwartete, dass wenn auf sozioökonomische und strukturelle politische Faktoren kontrolliert werden kann, Veränderungen der Versorgungssicherheit mit Strom politischen Reformen zugeschrieben werden können.

#### **5.3.2 Realisiertes Vorgehen**

Aufgrund einer sehr eingeschränkten Datenverfügbarkeit der Kennzahlen zur Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom ließ sich ein zeitlich abgestuftes Vorgehen, das zwischen den Zeiträumen vor und nach der Liberalisierung der Elektrizitätsmärkte differenziert, nicht realisieren. Die Forschungsarbeit stützte sich stattdessen auf die empirischen Befunde aus der Voruntersuchung der abhängigen Variablen (Kapitel 6) und der anschließenden Hauptuntersuchung im Querschnittsdesign (Kapitel 7 und 8). Dabei wurde der Grundgedanke einer zunächst vereinfachten Betrachtung des komplexen Politikfelds der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik beibehalten. Aus dem ersten Schritt der Hauptuntersuchung (Kapitel 7) resultierte ein multiples Regressionsmodell mit hoher Erklärungskraft. Die verbleibende Unsicherheit entzog aber den ursprünglich vorgesehenen Fallstudien die Basis. Stattdessen deuteten die Ergebnisse auf eine

erhebliche Bedeutung der prozessualen Dimension von Politik hin, weshalb dieser Ansatzpunkt auf der Grundlage einer erneuten Datenerhebung vertieft wurde (Kapitel 8).

#### **5.4 Hinweis auf sprachliche Besonderheiten**

Im Folgenden betrachte ich Kennzahlen der Versorgungssicherheit mit Strom. Für diese gilt sprachlich, dass je niedriger Indikatoren wie SAIDI ausfallen, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom. Ein positiver Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom wird deshalb als negativer Effekt auf den Indikator SAIDI sichtbar.

Es werden verschiedene Unterbrechungsarten und -ursachen differenziert, für die ich eigene Abkürzungen verwende. Die Dauer, Häufigkeit und Wiederversorgungszeit ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers kürze ich angelehnt an die englische Formulierung ‚excluding exceptional events‘ mit dem Suffix exc ab: SAIDIexc, SAIFIexc, CAIDIexc. Die Dauer, Häufigkeit und Wiederversorgungszeit ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers und durch sogenannte außergewöhnliche Ereignisse kürze ich in Anlehnung an die englische Formulierung ‚including exceptional events‘ mit dem Suffix inc ab: SAIDIinc, SAIFIinc, CAIDIinc. Die Dauer, Häufigkeit und Wiederversorgungszeit geplanter Unterbrechungen kürze ich ebenfalls mit Bezug zur englischen Formulierung ‚planned interruptions‘ mit dem Suffix plan ab: SAIDIplan, SAIFIplan, CAIDIplan.

Während der Analyse werden wiederholt der Produkt-Moment-Korrelations-Koeffizient nach Auguste Bravais und Karl Pearson sowie der Rangkorrelationskoeffizient nach Charles Spearman verwendet, um auf lineare bzw. monotone Beziehungen zwischen zwei Variablen zu testen. Diese werden nicht jedes Mal explizit bezeichnet, sondern in der Ausgabe des verwendeten Statistikprogramms R und der weiteren Arbeit mit Pearson und Spearman benannt.

#### **5.5 Verwendete Programme und Reproduzierbarkeit**

Die Analyse wurde mit Apache OpenOffice 4.2.1 Calc und LibreOffice 6.0.7.3 Calc sowie R 3.4.4 (R Core Team 2018) und RStudio 1.1.456 (RStudio Team 2016) unter Linux Mint 19 durchgeführt. Für die Datenanalyse wurden die Pakete reshape2, ggplot2, ggrepel, Hmisc und psych samt der erforderlichen Abhängigkeiten verwendet (Wickham 2007, 2009; Slowikowski 2017; Harrell 2017; Revelle 2018). Für die Analyse räumlicher Daten wurden die Pakete sp, rgdal, tmap, ncdf4 und rgeos samt der erforderlichen Abhängigkeiten benutzt (Pebesma/Bivand 2005 & Bivand et al. 2013; Bivand et al. 2017; Tennekes 2018; Pierce 2017; Bivand/Rundel 2017).

Die technische Umsetzung der Analyse mit R und RStudio bietet durch das Paketsystem von R zahlreiche Funktionen für den Zugriff auf Datencontainer wie netCDF, zur Datentransformation und -analyse sowie zur Auswertung und Darstellung räumlicher Daten. Die Vorteile der statistischen Auswertung mittels einer Skriptsprache wie R liegen in der Kommunikationsfunktion von Code und der Nachvollziehbarkeit der Analyse. Beiden Vorteilen stehen jedoch praktische Hürden entgegen.

Zum einen können sich beide Vorteile nur entfalten, wenn der Code lesbar und verständlich ist. Dazu habe ich für R spezifische Funktionen wie die der apply-Familie nur in einfachen Konstruktionen verwendet. Gut lesbarer Code ist jedoch länger und die dem Umfang der Analyse geschuldete Menge an Codezeilen stellt eine eigene Zugangsbarriere dar. Die Verständlichkeit des Codes leidet auch unter den verwendeten Paketen, da sich die Syntax der von diesen bereitgestellten Funktionen teils unterscheidet. Insbesondere der systematische Ansatz des tidyverse bildet eine eigene Sprache innerhalb von R aus. Um den Code zu verstehen, müssen deshalb mehr Funktionen und ihre Argumente bekannt sein bzw. der Zugriff auf die Hilfeseiten vorausgesetzt werden.

Zum anderen ist der Nachvollziehbarkeit der Analyse trotz der freien Verfügbarkeit der Software und der Pakete eine technische Hürde gesetzt. Die Installation des sich für 10 Pakete ergebenden Abhängigkeitsbaums benötigt je nach der bereits installierten Basis einige Zeit. Auf einem frisch aufgesetzten System sind zwei Stunden für die Installation realistisch. Dabei sind je nach Betriebssystem ggf. Abhängigkeiten auf der Systemebene, d. h. mit Systemrechten, zu installieren. Auch entstehen mit der Zeit Versionskonflikte zwischen den Paketen bzw. ihren Abhängigkeiten.

Um diese Hürden so niedrig wie möglich zu halten, stelle ich für die Begutachtung erstens die von mir verwendeten Daten, den für ihre Auswertung verwendeten Code sowie den dadurch erzeugten Output als R Projekt per USB-Stick bereit. Zweitens habe ich vor der Fertigstellung dieser Arbeit die verwendeten Pakete unter R 3.6.3 auf Funktionsfähigkeit und Kompatibilität geprüft und meine Arbeitsumgebung mittels packrat (Ushey et al 2018) gesichert. packrat ist ein plattformübergreifendes Abhängigkeitsmanagementsystem, das es unabhängig von dem verwendeten Betriebssystem erlaubt, meine Arbeitsumgebung wiederherzustellen. Drittens befindet sich auf dem USB-Stick eine lauffähige Installation von R Portable 3.6.3 und RStudio 1.1.456 für Windows-Computer. Ich erläutere dies jeweils kurz.

Auf dem USB-Stick liegt mein Projektordner ‚R Projekt Diss MP‘ (Abbildung 11). In diesem befindet sich die mit RStudio ausführbare Datei ‚R Projekt Diss MP.Rproj‘. Diese Projektdatei repräsentiert die von mir durchgeführte Datenverarbeitung und organisiert den von mir geschriebenen Code, die verwendeten Daten und die erzeugten Dateien, indem auf die entsprechenden Dateien und Ordner innerhalb des Projektordners verlinkt wird. Im Ordner ‚Code‘

sowie im Anhang (S. 296) befindet sich das Skript der für diese Arbeit ausgeführten Datenverarbeitung. Im Ordner ‚Input Daten‘ befinden sich die für die ausgeführten Berechnungen verwendeten Datentabellen. Der Ordner ‚Output‘ ist die Zieladresse für die mit R erzeugten Objekte, d. h. Bilder und Datentabellen. Dieser Ordner ist vor der Abarbeitung des Skripts mit R bzw. RStudio leer. Der Ordner ‚Output\_MP‘ ist eine Kopie des Ordners ‚Output‘ nach der vollständigen Abarbeitung meines Skripts und enthält die mit R erzeugten Objekte. Der Ordner ‚packrat‘ enthält das Abhängigkeitsmanagementsystem packrat. Im Ordner ‚Pakete‘ befinden sich alle von mir verwendeten Pakete als Linuxarchive (tar.gz). Im Ordner ‚Quellen‘ liegen getrennt nach abhängigen und unabhängigen Variablen die Quelldateien der im Ordner ‚Input Daten‘ zusammengefassten Daten.

Abbildung 11: Projektordner

Name	Größe
Code	1 Objekt
Input Daten	19 Objekte
Output	0 Objekte
Output_MP	56 Objekte
packrat	7 Objekte
Pakete	227 Objekte
Quellen	2 Objekte
R Projekt Diss MP.Rproj	218 Bytes

Im Ordner ‚packrat‘ ist ein Schnappschuss meiner Arbeitsumgebung gespeichert. Dieser kann mit der Funktion `packrat::restore()` wiederhergestellt werden. Dann werden die benötigten Pakete aus den CRAN (The Comprehensive R Archive Network) Paketquellen für das verwendete Betriebssystem geladen, sofern eine Internetverbindung besteht. Ist keine Internetverbindung vorhanden, werden die Pakete aus meinem Schnappschuss gebaut. Damit packrat Pakete bauen kann, ist eventuell die Installation der Datei `Rtools35.exe` erforderlich. Diese findet sich im Ordner ‚Installationsdateien‘ auf der Hauptebene des USB-Sticks. Ich habe dies auf einem Windows-10-System (Version 1709, Oktober 2017) im Werkszustand ohne Internetzugang getestet und 23 Pakete konnten nicht aus dem Schnappschuss rekonstruiert werden. Diese liegen als Windows Binaries unter dem Pfad ‚G:/Installationsdateien/Windows Pakete/‘, wobei die Laufwerksbezeichnung des USB-Sticks G: auf anderen Systemen abweichen kann und entsprechend angepasst werden muss. Text 1 zeigt die Wiederherstellung des Schnappschusses am Anfang meines Skripts (Liste der als Windows Binaries zu installierenden Pakete ist gekürzt).



### Text 1: Wiederherstellung der Arbeitsumgebung mit packrat

```
## ----- ##
# Die Umgebung wurde von mir mit packrat gesichert #
## ----- ##

# packrat aufsetzen und Pakete lokal speichern unter R 3.6.3
# Ordner Pakete muss ggf. manuell angelegt werden, wenn noch nicht vorhanden
# Speicherort <- paste0(getwd(), "/Pakete")
# install.packages("packrat", destdir = Speicherort)
# packrat::init()
# packrat::snapshot()

## ----- ##
# Für die Ausführung unter Windows #
## ----- ##

# Sitzung für R Portable 3.6.3 kontrollieren
packrat::init()
packrat::status()

# Wenn Pakete installiert werden müssen:

# Schritt 1: Wenn die Wiederherstellung mit einer Fehlermeldung endet, siehe Schritt 2
packrat::restore()

# Schritt 2: unter Windows müssen einige Pakete manuell installiert werden (Laufwerksbezeichnung "G:" kann
variieren):
install.packages("G:/Installationsdateien/Windows Pakete/XML.zip", repos = NULL, type = "win.binary")
[...]
# Schritt 3: Der Rest sollte nun aus den Linux-Paketen hergestellt werden können
packrat::set_opts(external.packages = "XML")
packrat::restore()
```

Auf dem USB-Stick sind R Portable 3.6.3 und RStudio 1.1.456 für Windows-Computer installiert. Die Installation ist das Ergebnis der eben beschriebenen Wiederherstellung meines Arbeitsverzeichnisses mit packrat. Die Datei ‚R Projekt Diss MP.Rproj‘ kann per Doppelklick oder mit der Enter-Taste vom USB-Stick ausgeführt werden. Eine Installation von R oder RStudio auf dem ausführenden Rechner ist nicht erforderlich. Die in Text 1 dargestellten Codezeilen können übersprungen werden. Das Installationsprogramm für R Portable und das zip-Archiv für RStudio liegen im Ordner ‚Installationsdateien‘. R Portable ist im Ordner ‚R Portable‘ installiert. In diesem befindet sich auch das Verzeichnis von RStudio. RStudio ist mit der Installation von R Portable verknüpft und führt diese aus.

Das Skript ist sequenziell abzuarbeiten. Eine Wiederholung bereits abgearbeiteter Code-Zeilen ist in der Regel nur in demselben Codeabschnitt möglich, da ich die Umgebung regelmäßig von nicht mehr benötigten Objekten bereinige. Auch ist es nicht ratsam, Codezeilen zu überspringen, da die anfangs eingelesenen Daten in der fortschreitenden Analyse aufbereitet, weiterverarbeitet und teilweise verworfen werden. Zu jedem Zeitpunkt kann das Skript von vorn beginnend erneut ausgeführt werden. Die Ausführung des gesamten Skripts benötigt etwa 5 Minuten Rechenzeit.

Die Daten des Projekts liegen als kommasgetrennte Datei (csv) oder als Network Common Data Format (nc) vor. Die Datenformate der Originalquellen liegen in der Regel wie bereitgestellt als offenes (ods) oder proprietäres Format (xls) vor. Vom World Economic Forum bereitgestellte Daten und Materialien unterliegen einer Nichtveröffentlichungsklausel und werden nur den Mitgliedern der Promotionskommission zugänglich gemacht (WEF 2005, 2006, 2015, 2017a, 2018).

Um die maschinelle Auswertung der aus verschiedenen Quellen bezogenen Daten zu vereinfachen, wurden die Länderbezeichnungen auf den kleinsten gemeinsamen Nenner ohne Sonderzeichen vereinfacht. Beispielsweise wird Südkorea in den Quellen mal als ‚South Korea‘, mal als ‚Republic of Korea‘ und in dieser Arbeit einfach als ‚Korea‘ bezeichnet. Weitere Beispiele sind die Bahamas, für deren Bezeichnung mal ‚The Bahamas‘, mal ‚Bahamas, The‘ gebräuchlich ist, oder Kirgisistan, das hier als ‚Kyrgyzstan‘ statt dem ebenfalls üblichen ‚Kyrgyz Republic‘ bezeichnet wird.

R verwendet als Dezimaltrennzeichen den Punkt, weshalb dieser in der gesamten Arbeit verwendet wird. In den verwendeten Datenquellen wird jedoch je nach Herkunft das Komma oder der Punkt als Dezimaltrennzeichen verwendet. Je nach den verwendeten Sprach- bzw. Regionaleinstellungen kann es beim Datenimport zu Darstellungsfehlern kommen, wenn das Dezimaltrennzeichen fälschlich als Tausendertrennzeichen erkannt wird. Auch dürfen Objekte in R nicht mit einer Zahl beginnend benannt werden, sodass R diesen intern und in der Ausgabe ein ‚X‘ voranstellt.

## **6. Voruntersuchung der abhängigen Variablen**

In diesem Kapitel stelle ich die abhängigen Variablen vor und gehe auf die Datenverfügbarkeit ein. Anschließend beleuchte ich das Verhältnis der abhängigen Variablen zueinander. Dadurch möchte ich einen grundlegenden Eindruck von der Verteilung innerhalb der Population und der internationalen Entwicklung im Zeitverlauf gewinnen sowie mögliche Verzerrungen in den Datensätzen aufdecken. Dadurch soll die Hypothesenbildung und die Auswahl geeigneter Verfahren für die weitere Analyse unterstützt werden.

Aufgrund der problematischen Datenlage verwende ich für die erste Einschätzung des Datensatzes mittels deskriptiver und explorativer Statistik alle für den jeweils betrachteten Zeitraum vorhandenen Datenpunkte, d. h. es werden auch frühe Datenpunkte von Ländern berücksichtigt, die erst bis zum Jahr 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten und davor formal nicht zur definierten Population gehören. Dies ist notwendig, um langfristige Entwicklungen etwa der Unterbrechungshäufigkeit SAIFI ausreichend lange beobachten zu können. Für die analytische Statistik in Kapitel 7 wird dann die definierte Population zugrunde gelegt.

## 6.1 Abhängige Variablen: Datenverfügbarkeit und Datenqualität

In Abschnitt 4.2.3 wurden Indikatoren zur Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom vorgestellt. Als Maßzahl ist vor allem die Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers SAIDI<sub>exc</sub> relevant. Doch ergibt erst die Betrachtung auch der geplanten SAIDI<sub>plan</sub> und der ungeplanten Unterbrechungen inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDI<sub>inc</sub> ein vollständiges Bild von der Versorgungssicherheit mit Strom. Auch die durchschnittliche Unterbrechungshäufigkeit SAIFI und die durchschnittliche Dauer bis zur Wiederversorgung CAIDI sind für die Beurteilung der Elektrizitätsinfrastruktur relevant. Im Folgenden stelle ich die Datenverfügbarkeit für die Größen SAIDI und SAIFI vor und gehe anschließend auf die Datenqualität ein. Der CAIDI wurde aus SAIDI und SAIFI berechnet.

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{\text{durchschnittliche jährliche Unterbrechungsdauer je Kunde}}{\text{durchschnittliche jährliche Unterbrechungshäufigkeit je Kunde}}$$

### 6.1.1 Datenverfügbarkeit

Die Recherchen zur Versorgungssicherheit mit Strom in der Population erfolgten im Jahr 2015 und wurden während der weiteren Untersuchung ergänzt. Viele Industrieländer veröffentlichen auf nationaler Ebene aggregierte Daten zur Häufigkeit und Dauer von Versorgungsunterbrechungen, wie SAIDI und SAIFI. Für die meisten europäischen Länder veröffentlicht die Vereinigung europäischer Energieregulierer CEER Daten (CEER 2012, 2014, 2015, 2016). Außerhalb Europas veröffentlichen nur wenige Industrieländer national aggregierte Daten, weshalb der Datensatz von den europäischen Ländern dominiert wird. Um eine möglichst große Datenbasis zu erzielen, greife ich auf Schätzungen etwa der IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) und auf die Unterbrechungsstatistiken von Gliedstaaten beispielsweise der Bundesstaaten der USA bzw. von Netzbetreibern (z. B. Japan, Thailand) zurück. Diese Quellen sind aber oft nicht vollständig oder weisen Qualitätsprobleme auf.

Der Datensatz stellt wahrscheinlich keine Zufallsstichprobe dar. Es ist anzunehmen, dass die Verfügbarkeit nationaler Daten über die Versorgungssicherheit mit Strom eine Voraussetzung für zuverlässigkeitsorientierte Maßnahmen ist. In diesem Fall wäre die Varianz der Versorgungssicherheit mit Strom im Bereich hoher jährlicher Unterbrechungsdauern nicht vollständig abgebildet. So umfasst die Gruppe der Länder, die erst bis 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten, zwar 33 Länder. Jedoch liegen für lediglich sechs davon Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom vor: Kasachstan, Mauritius, Moldawien, Südkorea, Ukraine und Zypern.

Abbildung 12 stellt die verfügbaren Daten für die Indikatoren SAIDI und SAIFI ab 1990 dar. Für etwa die Hälfte der Länder sind Daten verfügbar. Insbesondere aktuelle und aus der Zeit vor dem Jahr 2000 stammende Daten sind kaum verfügbar.

Abbildung 12: Datenverfügbarkeit SAIDI und SAIFI 1990-2014

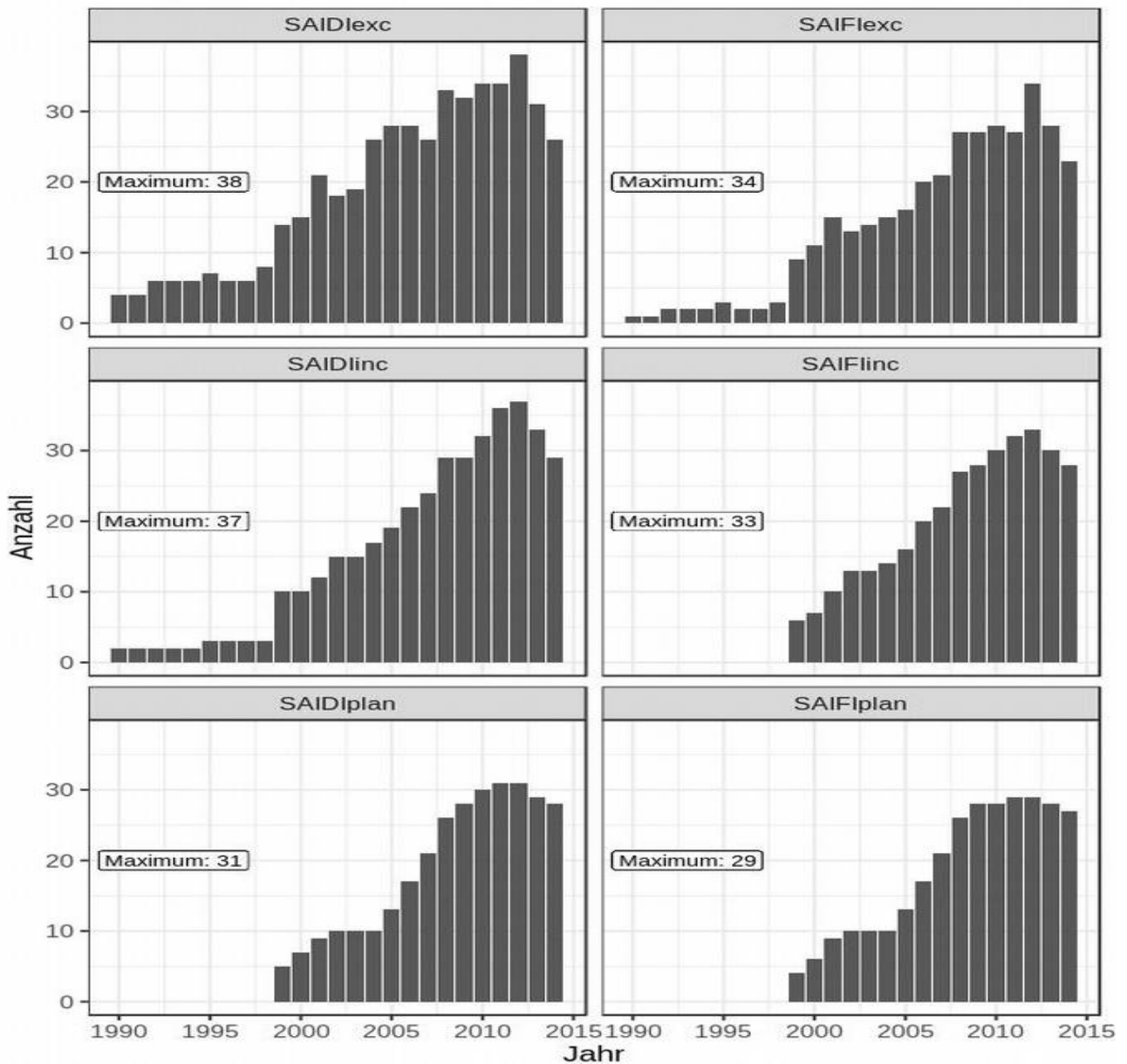
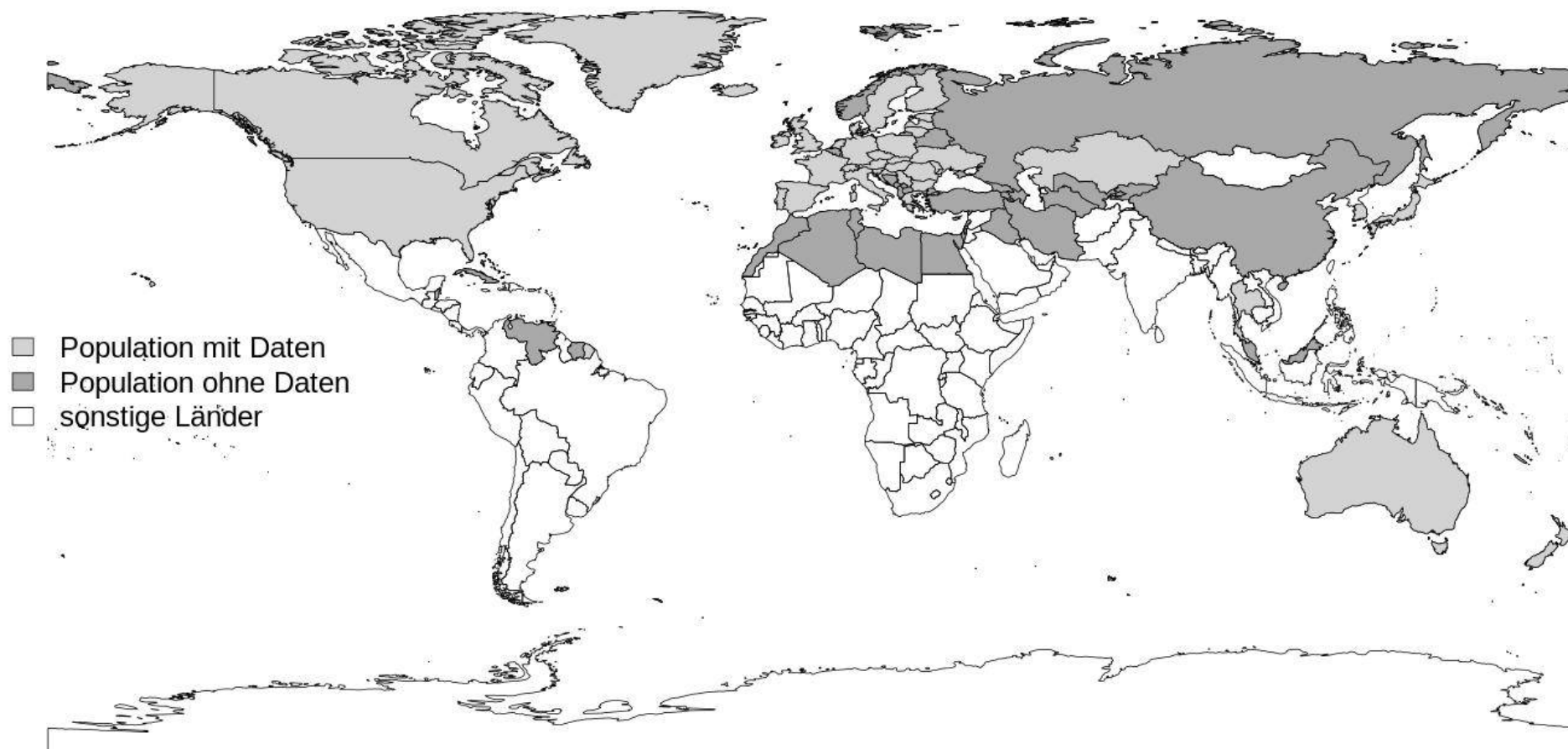


Abbildung 13 stellt für die Population die geografische Verteilung der Länder mit verfügbaren Daten dar. Länder der Population mit verfügbaren Daten sind hellgrau, Länder der Population ohne Daten sind dunkelgrau und sonstige Länder sind weiß dargestellt. In Abschnitt 6.2 gehe ich genauer auf die Verteilung der einzelnen Indikatoren ein.

Abbildung 13: Geografische Datenverfügbarkeit



### 6.1.2 Datenqualität

Auch die Qualität der verfügbaren Daten ist problematisch. Defizite bestehen hinsichtlich ihres Formats, ihrer Nachprüfbarkeit, ihrer Widerspruchsfreiheit sowie ihrer Validität und Vollständigkeit. Das Format der Daten ist zwar im Allgemeinen unproblematisch, da der SAIDI ein standardisierter Indikator ist. Jedoch weisen Moldawien (ANRE RM 2011) und Mauritius (CEB 2009, 2011, 2014, 2015) die Unterbrechungsdauer in Stunden aus, wodurch Rundungsfehler entstehen, die aber gering ausfallen. Außerdem berichten manche Quellen für das Fiskaljahr. Diese sind international verschieden, so erstreckt sich etwa das thailändische Fiskaljahr vom 1. Oktober bis zum 30. September des Folgejahres (vgl. CIA o. J.). Mangels unterjähriger Daten wurden die Angaben für Fiskaljahre für das Kalenderjahr mit der größten Überschneidung übernommen.

Eine Nachprüfbarkeit der verfügbaren Daten ist nicht gegeben, da diese nicht mehrfach durch voneinander unabhängige Quellen erhoben werden. Dies ist bei der Erfassung und Quantifizierung von Versorgungsunterbrechungen nicht gegeben, da diese Informationen exklusiv bei den Netzbetreibern liegen. Die Daten werden von den Netzbetreibern an die Regulierungsbehörden weitergegeben und von diesen an Vereinigungen wie die CEER gemeldet bzw. durch diese mittels Fragebogen erhoben. Häufig werden ausgeteilte Fragebögen aber nicht oder nur unvollständig von den nationalen Regulierungsbehörden ausgefüllt (CEER 2005: 71).

Die Widerspruchsfreiheit der Daten ist als bedenklich einzustufen. Beispielführend führe ich einige Auffälligkeiten des fünften Datenberichts der CEER (CEER 2012, CEER 2014) an. Erstens sind die Zeitreihen Maltas und der Niederlande inklusive und exklusive außergewöhnlicher Ereignisse identisch (CEER 2014: 17-18), obwohl die Niederlande zwischen gewöhnlichen und außergewöhnlichen Unterbrechungsursachen unterscheiden (CEER 2008: 48). Der maltesische Energieversorger Enermalta gibt darüber auf seiner Internetpräsenz keine Auskunft und berichtet die entsprechenden Daten nicht an CEER (CEER 2005: 71). Zweitens sind die Werte Sloweniens im 2014 aktualisierten Benchmarking-Bericht der CEER (CEER 2014: 17) höher als die im nationalen Bericht (Agen-RS 2013: 24) angegebenen, obwohl im Benchmarking-Bericht die Niederspannungsebene ausgenommen ist und die Unterbrechungsdauer demzufolge niedriger sein müsste.<sup>36</sup> Auch ist die für Polen 2008 angegebene Unterbrechungsdauer inklusive außergewöhnlicher Ereignisse niedriger als die exklusive außergewöhnlicher Ereignisse; für Polen 2007 fehlt der Wert exklusive außergewöhnlicher Ereignisse, obwohl der inklusive außergewöhnlicher Ereignisse desselben Jahres angegeben ist (CEER 2014: 17-18). Drittens

<sup>36</sup> Agen-RS 2013: 39 Minuten im Jahr 2010, 55 Minuten im Jahr 2011, 50 Minuten im Jahr 2012 (S. 24)  
CEER 2014: 51 Minuten im Jahr 2010, 64 Minuten im Jahr 2011, 75 Minuten im Jahr 2012 (S. 18)

bestehen auch zwischen den CEER-Berichten von 2016, 2012/2014 und 2008 Unstimmigkeiten. Dies betrifft beispielsweise Zypern, Polen, Schweden (2016 vs. 2012/2014) sowie Litauen, Portugal, das Vereinigte Königreich und die Niederlande (2012/2014 vs. 2008) (vgl. CEER 2008: 127, vgl. CEER 2014: 18; CEER 2016: 203).<sup>37</sup>

Die nationalen Regulierungsbehörden arbeiten nach unterschiedlichen Klassifikations- und Berichtssystemen, weshalb innerhalb einer Datenreihe unterschiedliche Messgrößen vorkommen können (Steiner 2001: 167). Hinzu kommt, dass in den nationalen Berichten von Regulierungsbehörden, den Veröffentlichungen von Netzbetreibern und in der Sekundärliteratur nicht immer eindeutig erkennbar ist, ob Indikatoren inklusive oder exklusive außergewöhnlicher Ereignisse angegeben sind. Im Zweifelsfall wurden bei der Recherche lange Reihen gegenüber Einzelangaben sowie die Angaben aus Primärquellen gegenüber Sekundärquellen bevorzugt. Die Unterschiede zwischen verschiedenen Quellen betragen etwa 5-15 %, wenngleich vereinzelte Abweichungen bis zu 40 % betragen. Dies ist angesichts der Spannweite der Daten von vier Größenordnungen akzeptabel (6.2 Deskriptive Statistik).

Die Validität der Daten ist ebenfalls bedenklich. Indikatoren bzw. Daten sind valide, wenn diese das zu beobachtende Phänomen genau abbilden, d. h. ein gutes und exaktes Maß für dessen Beschreibung sind. Die Validität der verfügbaren Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom leidet unter systematischen Mess- und Übertragungsfehlern. Erstens berücksichtigen nicht alle Länder Stromausfälle auf allen Spannungsebenen und es werden unterschiedliche Zeitschwellen verwendet, ab denen Stromausfälle in die Unterbrechungsstatistik aufgenommen werden (4.2.3). Zweitens fehlt es oftmals an der technischen Ausstattung für die Netzzustandsüberwachung, an ausreichend qualifiziertem Personal oder geeigneten Prozeduren. Als Beispiele sind zu nennen:

- In Serbien verfügten von 2009 bis 2011 nicht alle Verteilungsnetzbetreiber über das nötige Wissen sowie über die erforderliche technische und personelle Ausstattung, um die Zahl der Kunden zu bestimmen, die von Stromausfällen betroffen waren (AERS 2012: 33);
- die griechische Regulierungsbehörde RAE konnte bis etwa 2010 die Angaben des EVU zur Versorgungssicherheit nicht kontrollieren, da die Datenerhebung und -verarbeitung des Energieversorgungsunternehmens weder automatisiert noch nach einem mit RAE abgestimmten Verfahren erfolgte (RAE 2005: 16);
- in Kroatien werden Versorgungsunterbrechungen manuell dokumentiert (HERA 2014: 48);

<sup>37</sup> Beispiel Vereinigtes Königreich 2002-2006: 72.24; 68.16; 61.43; 61.04; 89.43 (CEER 2008: 127)  
2002-2006: 81.66; 81.28; 76.59; 68.64; 65.55 (CEER 2015: 27)

- in der Schweiz wird die Erfassung der Versorgungsunterbrechungen durch Selbstdeklarationen der Netzbetreiber hinsichtlich Vollständigkeit, Einheitlichkeit und Detaillierungsgrad bemängelt. Beispielsweise sei die Kennzeichnung höherer Gewalt nicht immer entsprechend den Vorgaben in der Weisung 5/2009 der Regulierungsbehörde ElCom angegeben worden. Zur Wahrung der Vergleichbarkeit mussten bei der Erstellung der Unterbrechungsstatistik alle Unterbrechungen, die als durch höhere Gewalt verursacht gekennzeichnet wurden, berücksichtigt werden (EiCom 2012: 2-3);
- in den USA erhielten während der frühen 2000er Jahre die meisten Leitstellen nicht für alle von ihnen überwachten Anlagen Daten über Spannung und Stromstärke (USCA 2003: 26);
- in Malaysia stieg 2010 mit der Modernisierung des Softwaresystems zur Unterbrechungserfassung die aufgezeichnete Unterbrechungsdauer um 50 Prozent an (Suruhanjaya Tenaga 2012: 2). Dabei wurden zum einen die Messverfahren an die internationalen Standards angeglichen. Zum anderen wurden unternehmensweite Datenbanken eingeführt sowie Kundenrechnungsdaten herangezogen, um die von Ausfällen betroffenen Komponenten und Kunden genauer erfassen zu können (Osman et al. 2009: Abstract).

Die Vollständigkeit der Daten ist insgesamt zufriedenstellend. Allerdings fehlen vor allem für nicht europäische Länder landesweite Daten, wie Tabelle 3 zeigt. Dies ist insbesondere für die USA, Australien und Japan kritisch. Die USA und Australien sind das dritt- bzw. das sechstgrößte Land der Welt und deshalb beispielsweise für die Quantifizierung und kausale Erklärung des Effekts der Landesfläche relevant. Japan ist eines der wenigen asiatischen Länder, für die Daten verfügbar sind, und weist darüber hinaus eine sehr hohe Versorgungssicherheit mit Strom auf.

*Tabelle 3: unvollständige Daten*

<b>Datenpunkt</b>	<b>Einschränkung</b>
Australia 1999	Wert basiert ausschließlich auf den Daten des Bundesstaats Victoria (AER 2007: 50)
Austria 2002-2003	Angaben in ASIDI (CEER 2014: 18).
Japan 1966-1999, 2005-2013	Eigene Berechnung aus Angaben der EVU, gewichtet nach Anzahl der Kunden 2014. Als außergewöhnlich markierte Jahre wurden durch Interpolieren bereinigt. Datenbasis N von 10 EVU: 1966-1982 1; 1983-2002 2; 2003 4; 2004 3; 2005 2; 2006 5; 2007-2009 4; 2010-2013 5; 2014 3
Slovenia 2004-2006	Datenbasis: drei von fünf Verteilungsnetzbetreibern (eRS 2007: 17)
Thailand 1998-1999	Ohne Ausfälle im Stromübertragungsnetz, die circa 40 Minuten betragen. (EPPO o. J.)



USA 1992-2001	Daten von 65 EVU aus 24 Staaten und dem District of Columbia. Datenbasis der einzelnen Jahre unklar, da abweichende Angaben auf den Seiten 3-5 und 4-2 (EPRI 2003).
USA 2002-2009	Daten für bis zu 155 Energieversorgungsunternehmen (Eto et al. 2012: 6), die 50 % der 2009 verkauften Strommenge repräsentierten (Datenbasis der einzelnen Jahre siehe Eto et al. 2012: 8).
USA 2010-2011	Unbekannte Datenzusammensetzung und -herkunft (nach Staniford 2013).
USA 2012	Medianwert einer unbekanntenen Datenbasis (IEEE 2013: Folie 7)

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Qualität der verfügbaren Daten aufgrund erheblicher Ungenauigkeiten bei der Datenerhebung, -verarbeitung und -übertragung mangelhaft ist. Die Abweichung der Daten schätze ich grob auf eine Schwankungsbreite von  $\pm 50\%$ . Zwar kann die durch die unterschiedliche technische Ausstattung zur Erfassung von Stromausfällen bedingte Abweichung nicht eingeschätzt werden. Ich gehe aber davon aus, dass diese proportional zur gemessenen Dauer von Versorgungsunterbrechungen ist, also mit höherer Versorgungssicherheit auch die Messgenauigkeit zunimmt. Dennoch ist die gegebene Ungenauigkeit in den Daten akzeptabel, da der Datensatz SAIDIexc vier Größenordnungen von minimal  $3 \cdot 10^{-1}$  (Singapur 2009 und 2011) bis  $1.6 \cdot 10^3$  Minuten (Thailand 1998) umspannt.

Dies bedeutet zum einen, dass die teilweise mit mehreren Nachkommastellen vorliegenden Daten nur scheinbar genau sind. Dies verzerrt insbesondere die Ergebnisse von auf Rangfolgen basierenden Verfahren, da weniger Zwischenränge als erforderlich vergeben würden (Neuhäuser/Ruxton 2009). Dies kann durch Runden kompensiert werden. Ich gehe von einem mit der Unterbrechungsdauer zunehmenden absoluten Fehler, aber konstanten relativen Fehler aus. Daher runde ich bei der Anwendung rangbasierter Verfahren auf die zweite signifikante Stelle. Dies bedeutet, ich runde Werte mit einer Dezimalstelle, beispielsweise Singapur 2009  $3.0 \cdot 10^{-1}$ , auf die zweite Nachkommastelle ( $0.3 \rightarrow 0.30$ ) und vierstellige Werte, etwa Thailand 1998  $1.6 \cdot 10^3$ , auf hundert Minuten genau ( $1648.34 \rightarrow 1600$ ). Zum anderen können vergleichbare Indikatoren (ASIDI) zur Vervollständigung lückenhafter Datenreihen verwendet werden, da deren Abweichung im Rahmen der Messgenauigkeit liegen (siehe Austria in Tabelle 3).

Dennoch stellt die Datenlage für die Analyse eine Herausforderung dar und die Plausibilität jedes bei der Recherche und visuellen Datenkontrolle auffälligen Werts wäre diskussionswürdig. Allerdings riskiert die Bereinigung von unplausiblen Werten ohne eine konsistente Definition von unplausiblen Werten für jede der verwendeten Variablen, vermeintlich fehlerhafte Daten durch eine subjektive Interpretation zu verzerren (Gerlinger 2004: 38). Deshalb wurden für die hier

vorgestellten Variablen nur vereinzelte Werte eliminiert, die im Kontrast zu mehreren anderen Werten stehen, beispielsweise sich um mehr als den Faktor 10 von den übrigen unterscheiden (bspw. Estland 2003 12.13 Minuten [CEER 2008: 127]).<sup>38</sup>

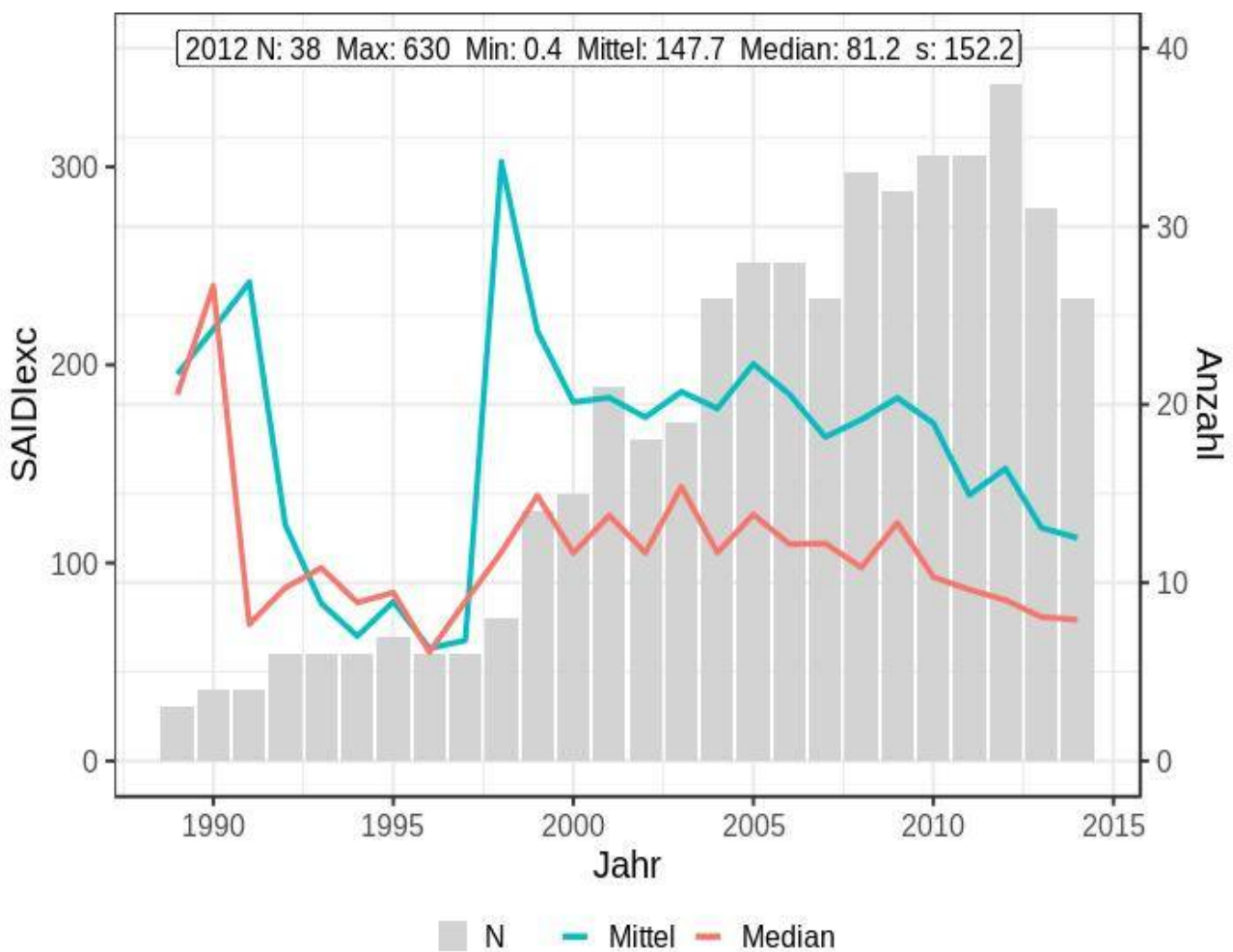
## 6.2 Deskriptive Statistik

Aufgrund der problematischen Datenlage und -qualität ist davon auszugehen, dass die verfügbaren Daten keine Zufallsstichprobe darstellen. In diesem Abschnitt stelle ich die Verteilung der betrachteten abhängigen Variablen sowie ihre Entwicklung im Zeitverlauf vor, um die Hypothesenbildung und die Auswahl geeigneter Verfahren für die weitere Analyse zu unterstützen. Betrachtet werden die Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers SAIDIexc, die Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers und außergewöhnliche Ereignisse SAIDIinc sowie die Dauer geplanter Unterbrechungen SAIDIplan.

### 6.2.1 Unterbrechungsdauer exklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDIexc

Abbildung 14 zeigt den Mittelwert und den Median für die durchschnittliche Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers von 1989 bis 2014 sowie die Anzahl der Fälle (rechte y-Achse), für die Daten verfügbar sind. Ebenfalls sind für das Jahr 2012 die Anzahl der Fälle, der kleinste und der größte Wert sowie der Mittelwert, der Median und die Standardabweichung eingetragen.

Abbildung 14: SAIDIexc 1989-2014



Die Datenverfügbarkeit ist bis 1998 sehr niedrig. Danach zeigen sich relativ stabile, leicht abfallende Verläufe des Medians und des Mittelwerts. In fast allen Jahren weichen der Mittelwert und der Median stark voneinander ab. Mit Ausnahme der Jahre 1990, 1993-1995 und 1997 ist der Mittelwert deutlich größer als der Median. Dies liegt an der verwendeten Skala und an der definierten Population. Die jährliche Unterbrechungsdauer hat einen natürlichen Nullpunkt, wenn Strom ganzjährig unterbrechungsfrei geliefert wird, und einen natürlichen Maximalwert, der eine ganzjährig ausgefallene Stromversorgung signalisiert. Werte in der Nähe des natürlichen Maximalwerts sind durch die gewählte Untersuchungseinheit der Länder mit entwickeltem Stromnetz in der Verteilung ausgeschlossen. Dennoch dürften, wie in Abschnitt 6.1.2 besprochen, hohe Unterbrechungsdauern aufgrund technischer und organisatorischer Defizite bei der Erfassung von Versorgungsunterbrechungen nicht vollständig repräsentiert sein. Deshalb treten in der Verteilung niedrige Werte häufig und hohe Werte nur selten auf. Dementsprechend ist der Median kleiner als der Mittelwert und die Verteilung nicht normalverteilt, sondern rechtsschief. Infolgedessen ist der gegenüber Extremwerten robuste Median das geeignetere Lagemaß. Es fällt auf, dass im Jahr 2012 die Standardabweichung größer als der Mittelwert ist, was auch für die meisten der anderen Jahre gilt. Dies und der große Abstand zwischen dem kleinsten und dem größten Wert weisen auf eine große Streuung der Daten hin.

Ein Verfahren zur Überprüfung einer Stichprobe auf Normalverteilung ist der Kolmogorov-Smirnov-Test, der für die Jahre 2004 und 2012 durchgeführt wurde:

```
> ks.test(data$X2004, pnorm, mean(data$X2004, na.rm = T), sd(data$X2004, na.rm = TRUE))
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: data$X2004
D = 0.30308, p-value = 0.01291
alternative hypothesis: two-sided
```

```
> ks.test(data$X2012, pnorm, mean(data$X2012, na.rm = T), sd(data$X2012, na.rm = TRUE))
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: data$X2012
D = 0.18859, p-value = 0.134
alternative hypothesis: two-sided
```

Warning message:

```
In ks.test(data$X2012, pnorm, mean(data$X2012, na.rm = T), sd(data$X2012, :
für den Komogorov-Smirnov-Test sollten keine Bindungen vorhanden sein39
```

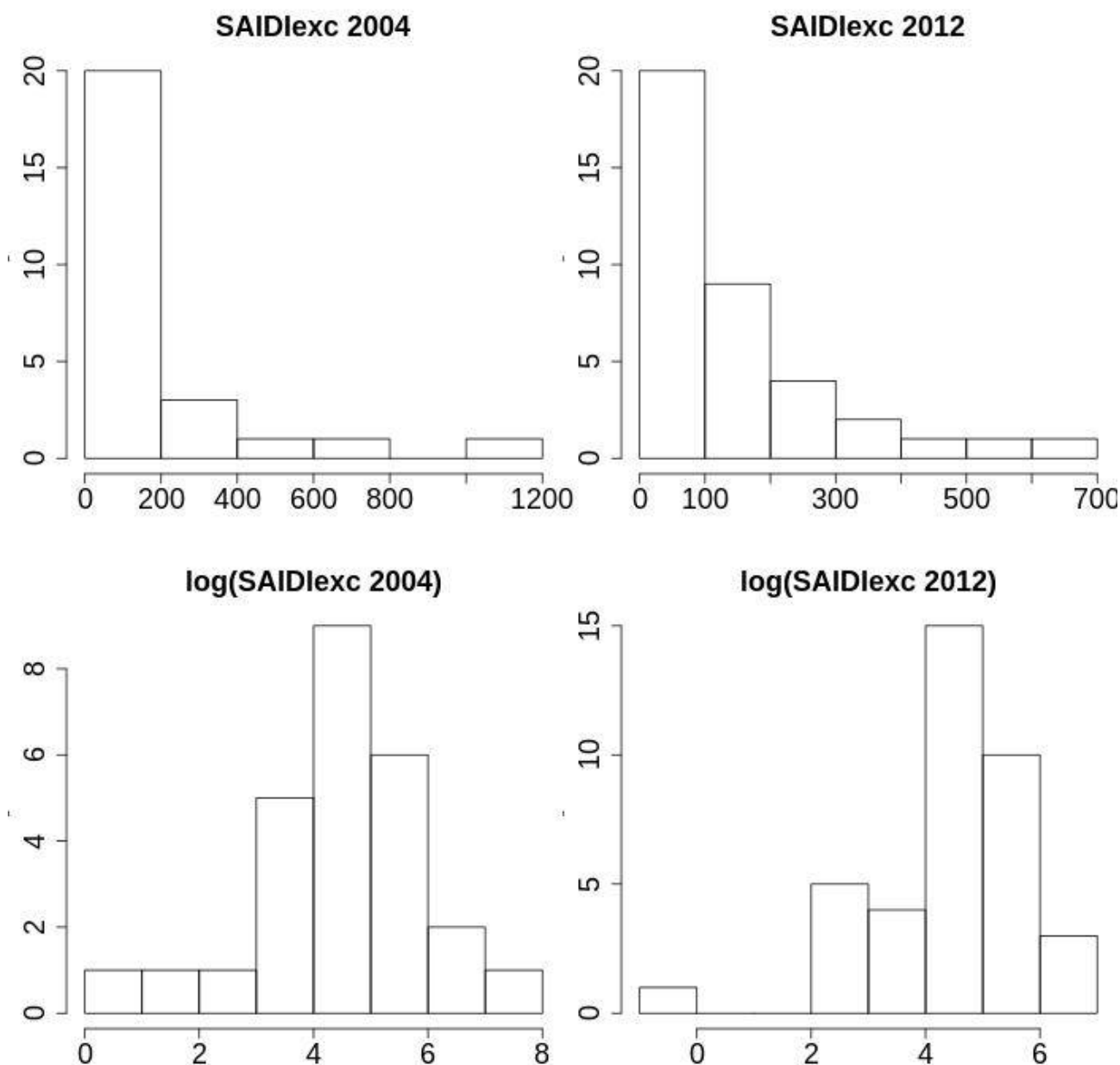
Der Kolmogorow-Smirnow-Test misst den maximalen Abstand zwischen der Verteilung der Daten und einer Normalverteilung mit den Parametern der zu prüfenden Daten (Mittelwert und Streuung).

<sup>39</sup> In der Verteilung liegen Bindungen (doppelte Werte) vor, die in einer stetigen Normalverteilung nicht vorkommen. Die Warnung gibt an, dass die errechneten Werte deshalb nicht exakt sind.

Der Test prüft gegen die Nullhypothese, dass die Daten normalverteilt sind. Bei einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0.05$  kann die Nullhypothese für das Jahr 2004 nicht verworfen, jedoch für das Jahr 2012 mit steigendem Stichprobenumfang verworfen werden. Es ist also nicht sicher, ob in den Daten eine (ggf. durch die geringe Datenverfügbarkeit verzerrte) Normalverteilung vorliegt.

Möglicherweise ist SAIDI<sub>exc</sub> eine log-normal verteilte Größe, wie Abbildung 15 darstellt. Der von der Skala abweichende Balken im unteren, rechten Quadranten entsteht durch Singapur, das eine jährliche Unterbrechungsdauer von 0.4 Kundenminuten aufweist, was logarithmiert zur Basis e -0.9 ergibt:

Abbildung 15: Log-normale Verteilung SAIDI<sub>exc</sub>?



Neben der absoluten Höhe der Versorgungssicherheit mit Strom ist auch ihre Veränderungsrate interessant, da diese langfristig den technischen Fortschritt widerspiegelt. Die Veränderungsrate kann aber aufgrund der wechselnden Zusammensetzung des Datensatzes nicht einfach auf der Grundlage des Medians oder des Mittelwerts der Population berechnet werden, da im Extremfall die Länder A, B und C zum Zeitpunkt t0 mit den Ländern D, E und F zum Zeitpunkt t1 verglichen würden. Um der wechselnden Zusammensetzung des Datensatzes gerecht zu werden, berechne ich für jedes Land die Veränderungsrate aus dem ersten und dem letzten verfügbaren Wert innerhalb eines definierten Zeitraums. Anschließend bilde ich den Mittelwert und den Median der länderspezifischen Veränderungsrate. Dadurch wird sichergestellt, dass innerhalb eines betrachteten Zeitraums dieselben Länder verglichen werden. Dabei wurden nur Länder berücksichtigt, bei denen mindestens ein Jahr zwischen dem ersten und letzten verfügbaren Wert lag, um unterjährige Effekte über den Jahreswechsel auszuschließen. Der Nachteil dieses Vorgehens ist, dass beispielsweise über einen Zeitraum von 14 Jahren die Wachstumsrate von Land A zwischen t0 und t13 mit der Wachstumsrate von Land B zu t3 und t5 verglichen wird.

Da sich eine verbessernde Versorgungssicherheit mit Strom in sinkenden SAIDI-Werten ausdrückt, wurde das Vorzeichen der Veränderungsrate invertiert, um die Verbesserungsrate abzubilden. Tabelle 4 zeigt die errechneten Verbesserungsraten beider Rechenwege für verschiedene Zeiträume.

*Tabelle 4: populationsweite und länderspezifische jährliche Verbesserungsrate in verschiedenen Zeiträumen*

<b>Jahr</b>	<b>Verbesserungsrate des Medians und des Mittelwerts der Population</b>	<b>Median und Mittelwert der länderspezifischen Verbesserungsrate</b>
<b>1989-2014</b>	3.7 % / 2.2 %	5.2 % / 5.8 %
<b>1998-2014</b>	2.4 % / 6.0 %	4.4 % / 5.1 %
<b>2000-2012</b>	2.1 % / 1.7 %	2.4 % / 3.1 %

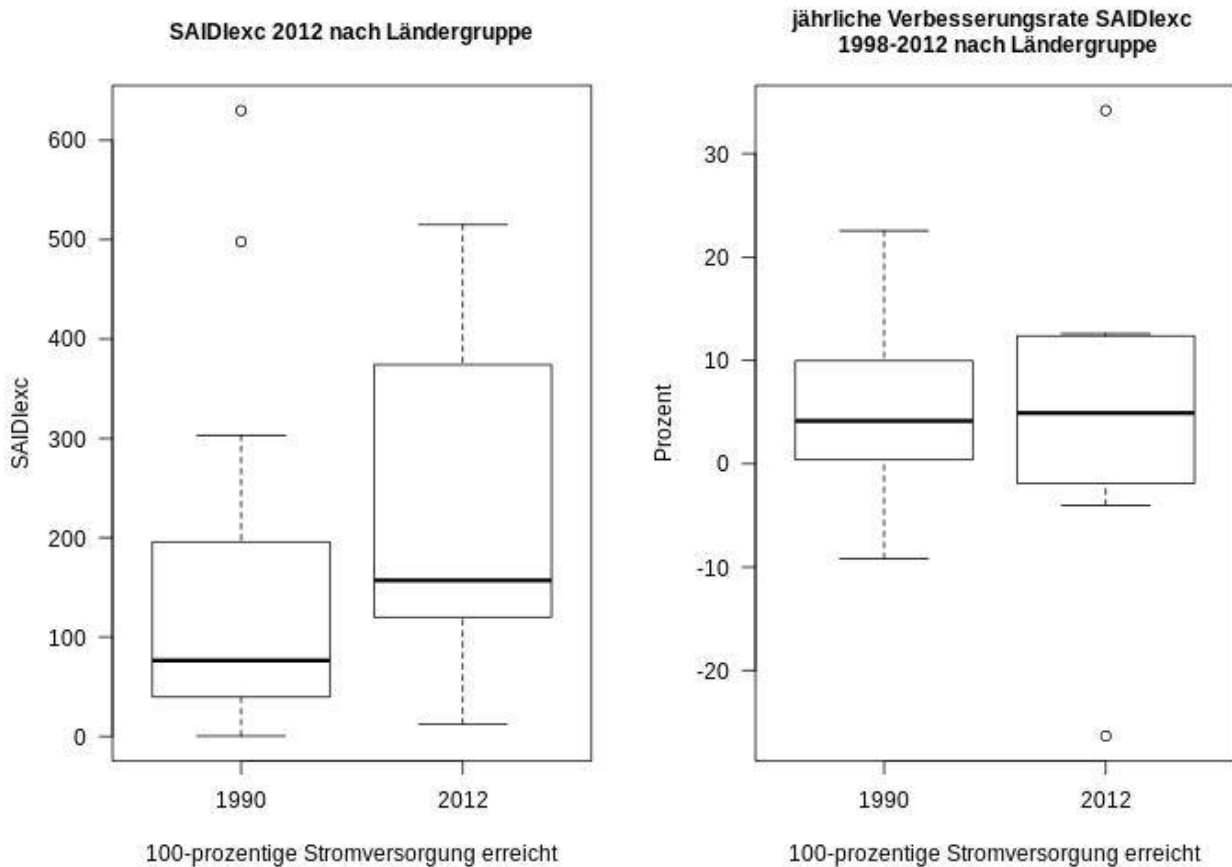
Quelle: R Projekt Diss MP\Quellen\abhängige Variablen\Fälle 2017.ods Tabellenblatt deskriptive Statistik SAIDIexc Zellen AS89-106; BR 80-81, CQ 80-81, CX89-81

Da die durchschnittliche Verbesserungsrate je nach dem betrachteten Zeitraum, der Berechnungsmethode und dem verwendeten Lagemaß unterschiedlich ausfällt, kann die internationale Entwicklung nicht genau quantifiziert werden. Dadurch kann auch das Abschneiden eines Landes relativ zum internationalen Trend nur schwer beurteilt werden.

Interessant ist ein Vergleich der Länder, die bis 1990 oder bis 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten. Dieser ist in Abbildung 16 zu sehen. Es ist zu beachten, dass die Gruppe der Länder, die bis 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom

erreichten, aufgrund der beschränkten Verfügbarkeit von Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom nur 6 Länder umfasst: Kasachstan, Mauritius, Moldawien, Südkorea, Ukraine und Zypern.

Abbildung 16: Ländergruppenvergleich

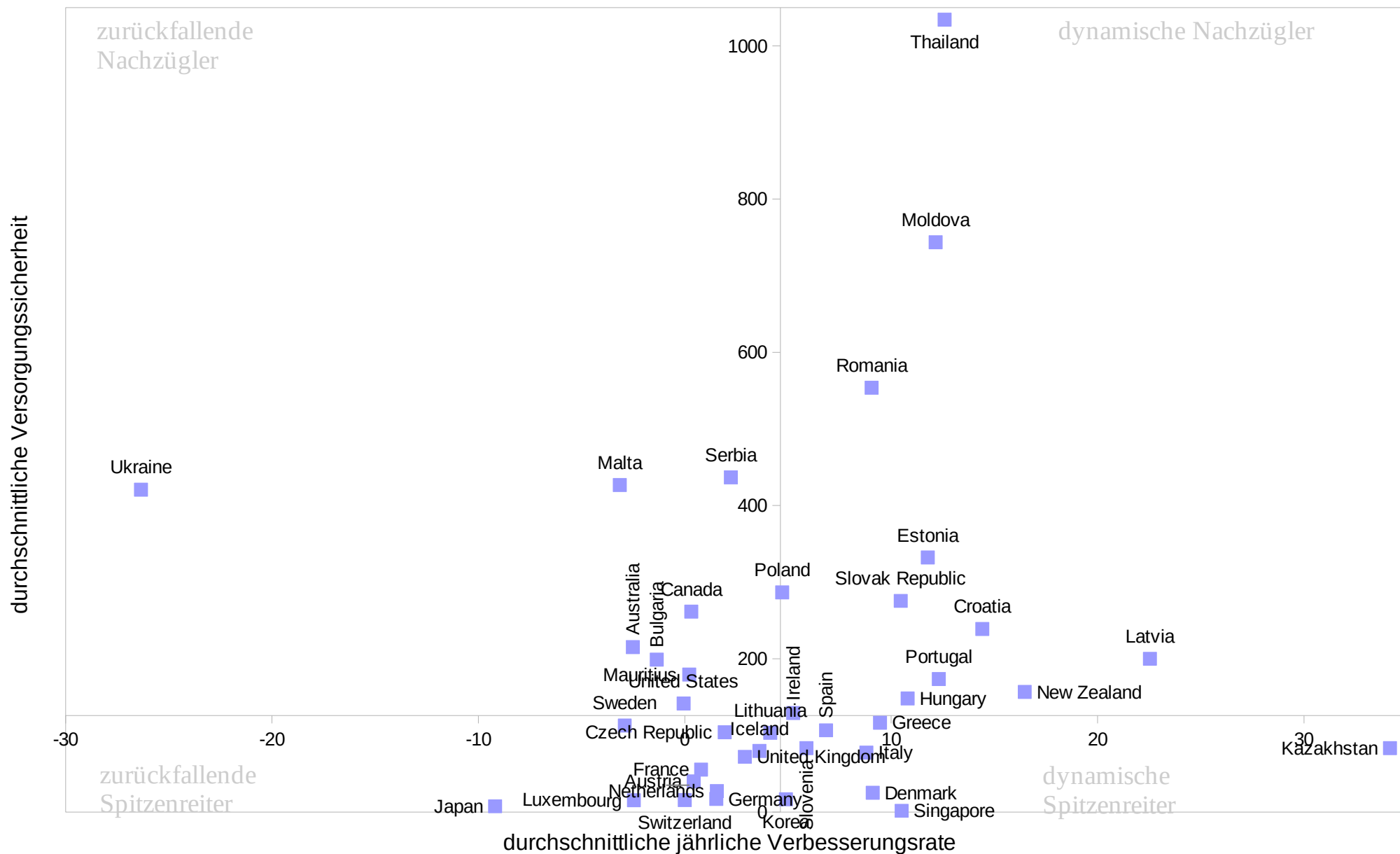


Die Länder, die bis 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten, weisen eine niedrigere Versorgungssicherheit mit Strom auf. Trotzdem bestehen keine Unterschiede bei der Median-Verbesserungsrate. Dies deutet darauf hin, dass in der gesamten Population ein vergleichbares Innovationspotenzial besteht. Allerdings ist, wie gesagt, die Fallzahl sehr gering.

Abbildung 17 zeigt den Stand und die Entwicklung der Versorgungssicherheit mit Strom in der Population relativ zum Median. Bei der Betrachtung der auf der x-Achse abgetragenen durchschnittlichen jährlichen Verbesserungsrate ist erkennbar, dass sich Japan und insbesondere die Ukraine negativ entwickeln, d. h. eine abnehmende Versorgungssicherheit mit Strom aufweisen. Auch andere Länder wie Schweden oder Frankreich weisen eine negative Verbesserungsrate auf. Ebenfalls auffällig sind die Verbesserungsrate Kasachstans, das den höchsten absoluten Betrag aufweist, und Singapurs. Die Verbesserungsrate Singapurs beträgt zwar nur ein Drittel der Kasachstans, doch weist Singapur mit Werten nahe null die niedrigste Unterbrechungsdauer aller

Länder in der Population auf. In beiden Ländern sollten besonders günstige Bedingungen für die technische Erneuerung der Elektrizitätsinfrastruktur vorliegen.

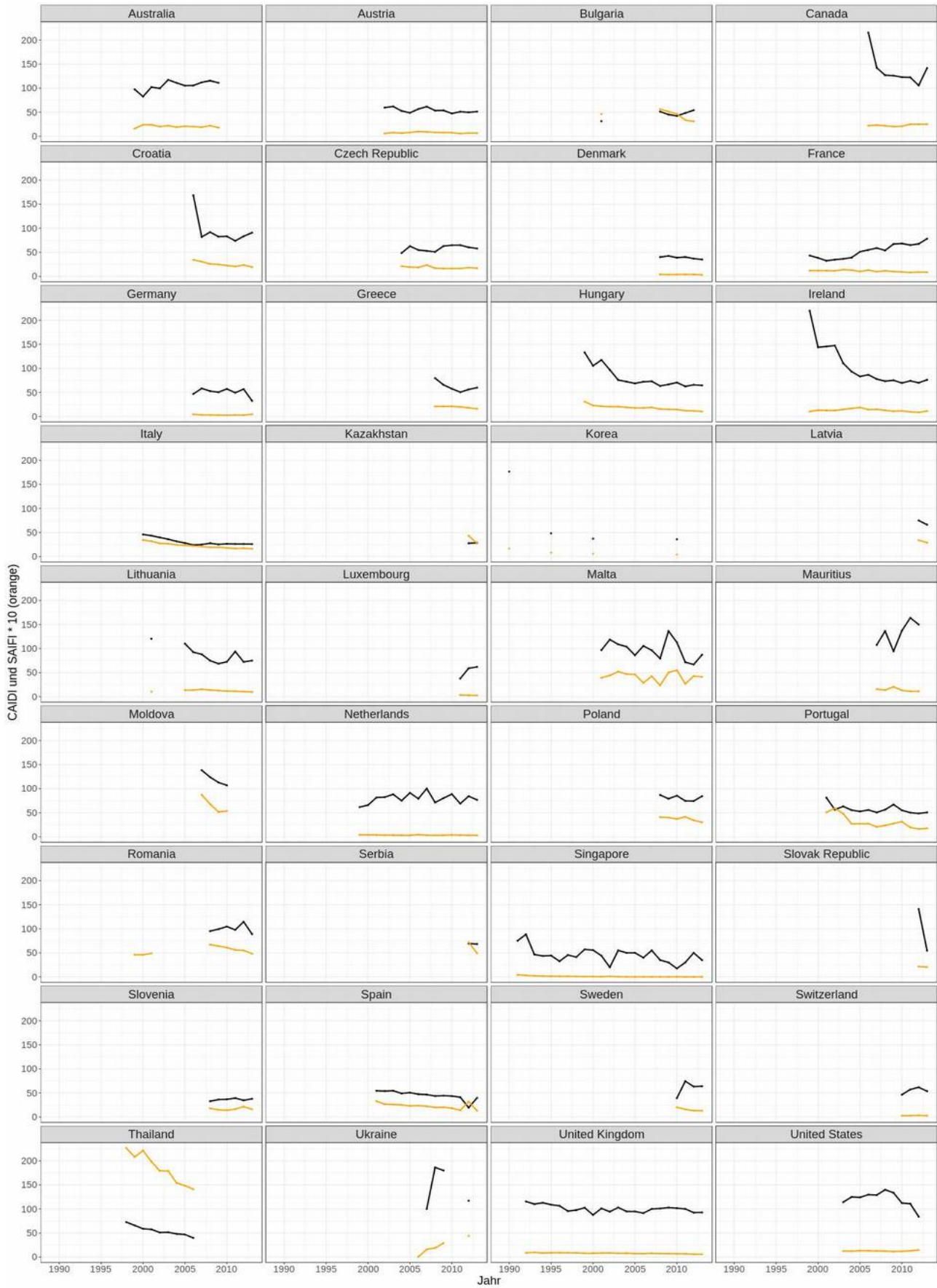
Abbildung 17: Mittel SAIDIexc 1998-2014 und jährliche Verbesserungsrate (medianzentriert)





Die erkennbar hohen Veränderungsraten in Kasachstan, Lettland, Neuseeland und der Ukraine stehen im Gegensatz zu der angenommenen Trägheit der physischen Elektrizitätsinfrastruktur. Sie lassen eine Modernisierung der Basisinfrastruktur und/oder der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik mit kürzeren Innovations- und Lebenszyklen und andere kurzfristig variable Faktoren wie die technische und personelle Ausstattung für die Wartung vermuten. Diese Vermutung stellte auch Ter-Martirosyan (2003) auf (S. 30). Die Frage, ob der Strom häufiger (als Indiz für eine anfälligeren Infrastruktur) oder pro Unterbrechung länger (als Indiz für längere Wiederversorgungszeiten) ausfällt, kann mit Hilfe des SAIFI und des CAIDI ermittelt werden. Abbildung 18 zeigt den Verlauf von CAIDI<sub>exc</sub> und SAIFI<sub>exc</sub> für jeden Fall, für den mindestens zwei Datenpunkte verfügbar sind. SAIFI<sub>exc</sub> (orange) wurde mit 10 multipliziert, da viele Werte im Bereich von eins und damit sehr nahe an der x-Achse liegend schlecht abzulesen wären. Für Korea liegen die erforderlichen Daten nur punktuell vor, weshalb auf die Interpolierung durch Einzeichnen einer Linie verzichtet wurde.

Abbildung 18: CAIDI<sub>exc</sub> und SAIFI<sub>exc</sub>

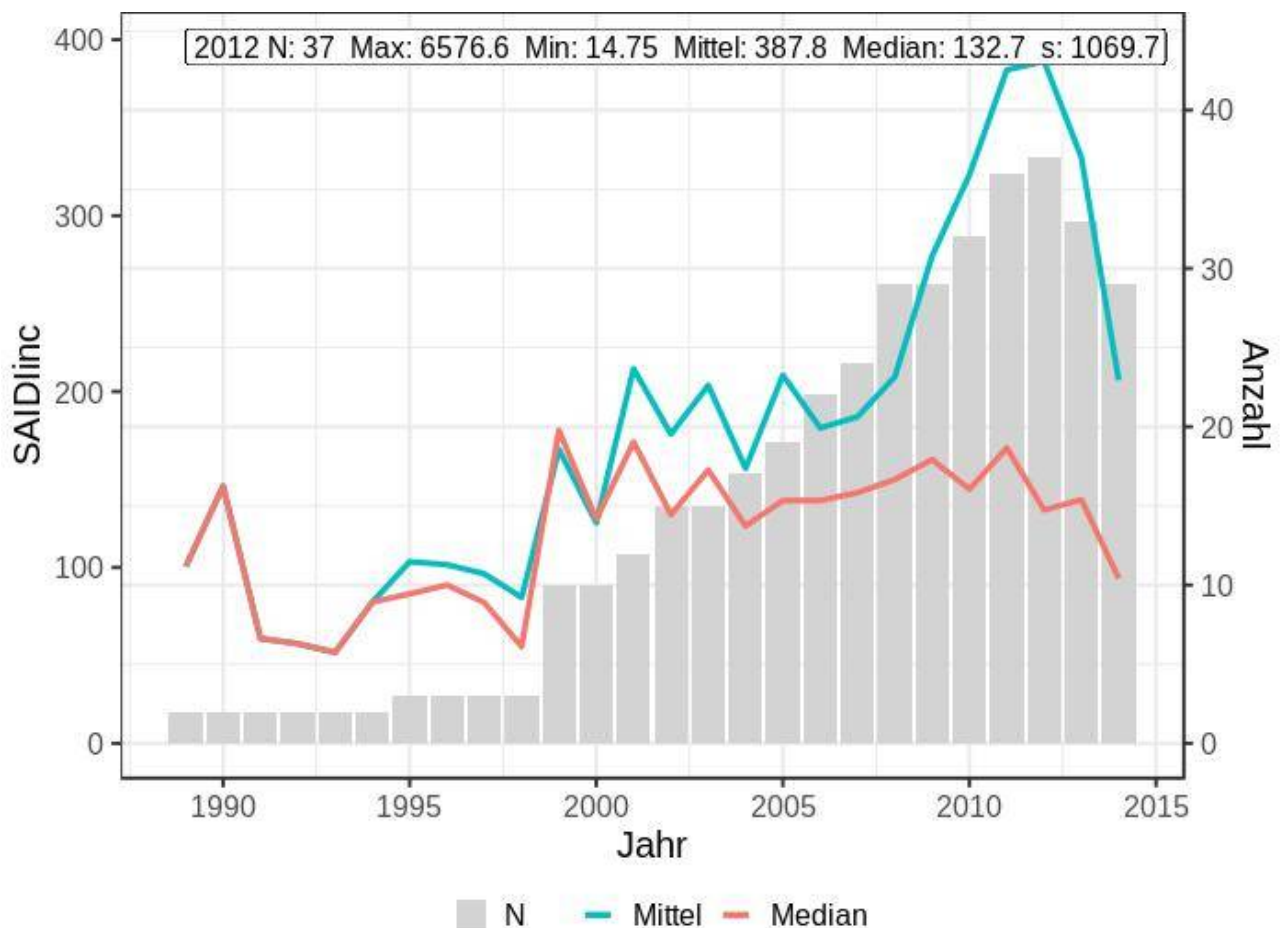


Für die meisten Länder bestätigt sich die Beobachtung Ter-Martirosyans eines konstanten SAIFI und kurzfristig veränderlichen CAIDI. Ausnahmen sind einerseits Malta, das aufgrund seiner geringen Netzgröße einen um einen Erwartungswert streuenden Verlauf zeigt. Andererseits weisen Thailand, Portugal sowie möglicherweise auch Bulgarien und Moldawien einen abnehmenden SAIFI auf. Am auffälligsten ist aber die Ukraine, die eine stark steigende Häufigkeit von Stromausfällen verzeichnet. Für Länder wie Lettland und Kasachstan sind zu wenige Beobachtungen verfügbar, um die dargestellten Verläufe einzuordnen.

### 6.2.2 Unterbrechungsdauer inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDIinc

Abbildung 19 zeigt die durchschnittliche und die Medianversorgungssicherheit von 1989 bis 2014 sowie die Anzahl der Fälle, für die Daten vorliegen. Auch sind für 2012 die Anzahl der Fälle, der kleinste, der größte und der Mittelwert, der Median und die Standardabweichung eingetragen.

Abbildung 19: SAIDIinc 1989-2014



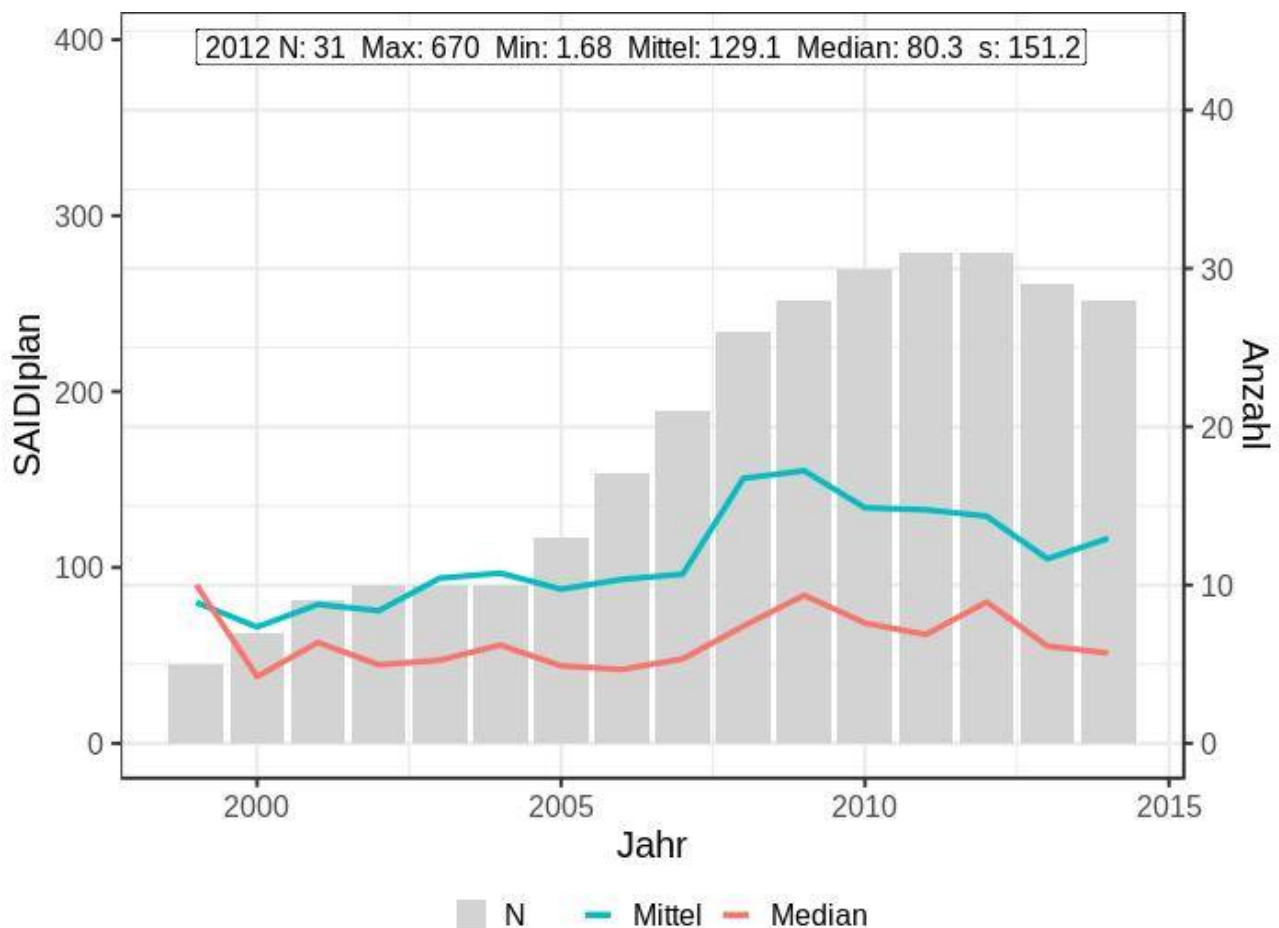
Wie auch für SAIDIexc sind bis 1999 nur wenige Daten verfügbar. Der Mittelwert ist fast durchgängig höher als der Median, d. h. die Verteilung ist rechtsschief. Der steil ansteigende

Verlauf des Mittelwerts ab 2008 entsteht durch die beginnende Datenveröffentlichung vor allem osteuropäischer Staaten (Bosnien und Herzegowina, Kosovo, Lettland, Rumänien, Serbien, Ukraine). Die für das Jahr 2012 dargestellten Kennwerte verdeutlichen die hohe Streuung im Datensatz. Besonders auffällig ist die Standardabweichung. Diese ist fast dreimal so groß wie der Mittelwert sowie rund siebenmal höher als für die Variablen SAIDIexc und SAIDIplan. Dies verdeutlicht, dass die Variable SAIDIinc auch Ereignisse höherer Gewalt abbildet.

### 6.2.3 Dauer geplanter Unterbrechungen SAIDIplan

Abbildung 20 zeigt die durchschnittliche und die Mediandauer geplanter Unterbrechungen von 1999-2014 sowie die Anzahl der Fälle, für die in jedem Jahr Daten verfügbar sind. Auch sind für das Jahr 2012 die Anzahl der Fälle, der kleinste und der größte Wert sowie der Mittelwert, der Median und die Standardabweichung eingetragen.

Abbildung 20: SAIDIplan 1999-2014



Für die Dauer geplanter Unterbrechungen sind am wenigsten Daten verfügbar. Bis 1998 liegen keine Beobachtungen vor. Wieder ist in fast allen Jahren der Mittelwert größer als der Median, d. h.

es liegt eine rechtsschiefe Verteilung vor. Ebenfalls ist die Standardabweichung im Jahr 2012 größer als der Mittelwert, was auf eine starke Streuung der Daten hinweist.

### **6.3 Explorative Statistik der abhängigen Variablen**

In diesem Abschnitt beleuchte ich das Verhältnis der abhängigen Variablen zueinander. Zwar gilt die Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers SAIDI<sub>exc</sub> als beste Maßzahl für die Leistungsfähigkeit der physischen Netzinfrastruktur. Doch ergibt erst die Betrachtung auch der geplanten und durch außergewöhnliche Ereignisse verursachten Unterbrechungen ein vollständiges Bild der Versorgungssicherheit mit Strom. Dadurch sollen eventuell vorhandene Verzerrungen des Indikators SAIDI<sub>exc</sub> aufgezeigt werden.

Ich gehe der in Abschnitt 6.1.1 aufgeworfenen Frage nach, ob die Anzahl der veröffentlichten Werte mit der erreichten Versorgungssicherheit eines Landes zusammenhängt. Anschließend beleuchte ich das Verhältnis der abhängigen Variablen SAIDI<sub>exc</sub>, SAIDI<sub>inc</sub> und SAIDI<sub>plan</sub> zueinander. Ich prüfe, ob SAIDI<sub>exc</sub> durch in den Variablen SAIDI<sub>inc</sub> und SAIDI<sub>plan</sub> abgebildete Effekte verzerrt wird.

#### **6.3.1 Systematisch verzerrte Datenverfügbarkeit?**

In Abschnitt 6.1 wurden die Schwierigkeiten bei der Messung von Versorgungsunterbrechungen angesprochen. Ich gehe deshalb davon aus, dass die Datenverfügbarkeit nicht zufällig, sondern durch technische und organisatorische Unterschiede bei der Erfassung von Stromausfällen in den untersuchten Ländern bedingt ist. Dementsprechend sollten für technisch hoch entwickelte Länder mit hoher Versorgungssicherheit mehr Daten verfügbar sein. Jedoch zeigte sich in meiner Masterarbeit, dass in Ländern mit umfangreichen Stromausfällen auch der wettbewerbs- und kartellrechtliche Informationsstand der Regulierungsbehörden höher ausgeprägt ist (Poetzsch 2011: 30). Dies interpretierte ich dahingehend, dass umfangreiche Stromausfälle dazu führen, dass den Regulierungsbehörden mehr Kompetenzen zugestanden bzw. den EVU umfangreichere Veröffentlichungspflichten auferlegt werden. Dann müsste die Anzahl verfügbarer Werte für Länder mit umfangreicheren Versorgungsunterbrechungen höher sein.

Da die Daten nicht mit Sicherheit als normalverteilt zu betrachten sind, ist der parameterfreie Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman  $r_s$  ( $\rho$ ) bei der Interpretation vorzuziehen. Erschwerend wirkt auch, dass viele Länder erst in den letzten Jahren mit der Datenveröffentlichung begonnen haben. Um eine Verzerrung durch zeitliche Effekte auszuschließen, prüfe ich den Zusammenhang zwischen der Anzahl der veröffentlichten Werte und SAIDI<sub>exc</sub> für verschiedene

Zeiträume. Aufgrund der nur scheinbaren Genauigkeit der Daten wurden diese für die Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten auf die zweite signifikante Stelle gerundet.

1966-2014	1990-2014	2000-2014	2010-2014
\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman
-0.301	-0.356	-0.371	-0.361
\$p.value	\$p.value	\$p.value	\$p.value
0.052	0.021	0.016	0.024

Nach Cohen liegt ein mittlerer, negativer Zusammenhang vor (vgl. Cohen 1992: 153). Die Wahrscheinlichkeit, dass der beobachtete Zusammenhang durch die Auswahl der Stichprobe bedingt und in der Population nicht vorhanden ist, ist gering und nimmt mit der Eingrenzung des Betrachtungszeitraums ab. Eine zeitliche Verzerrung der Prüfung durch die Länder, für die lange Reihen verfügbar sind und nach heutigen Maßstäben hohe Unterbrechungsdauern aus den 1960er bis 1980er Jahren in den Datensatz einbringen, ist daher unwahrscheinlich.

Für SAIDI<sub>inc</sub> zeigt sich ein vergleichbares Bild:

1966-2014	1990-2014	2000-2014	2010-2014
\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman
-0.279	-0.317	-0.33	-0.353
\$p.value	\$p.value	\$p.value	\$p.value
0.09	0.052	0.043	0.03

Für die Dauer geplanter Unterbrechungen SAIDI<sub>plan</sub> verliert sich der Zusammenhang zwischen der Unterbrechungsdauer und der Anzahl veröffentlichter Werte. Einerseits ist der ermittelte Zusammenhang nur noch schwach negativ. Andererseits ist die Irrtumswahrscheinlichkeit mit rund 0.35 bzw. 0.55 hoch. Zu beachten ist, dass aufgrund fehlender historischer Werte die Ergebnisse für die Zeiträume 1966-2014 und 1990-2014 identisch sind.

1966-2014	1990-2014	2000-2014	2010-2014
\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman
-0.181	-0.181	-0.166	-0.109
\$p.value	\$p.value	\$p.value	\$p.value
0.321	0.321	0.363	0.552

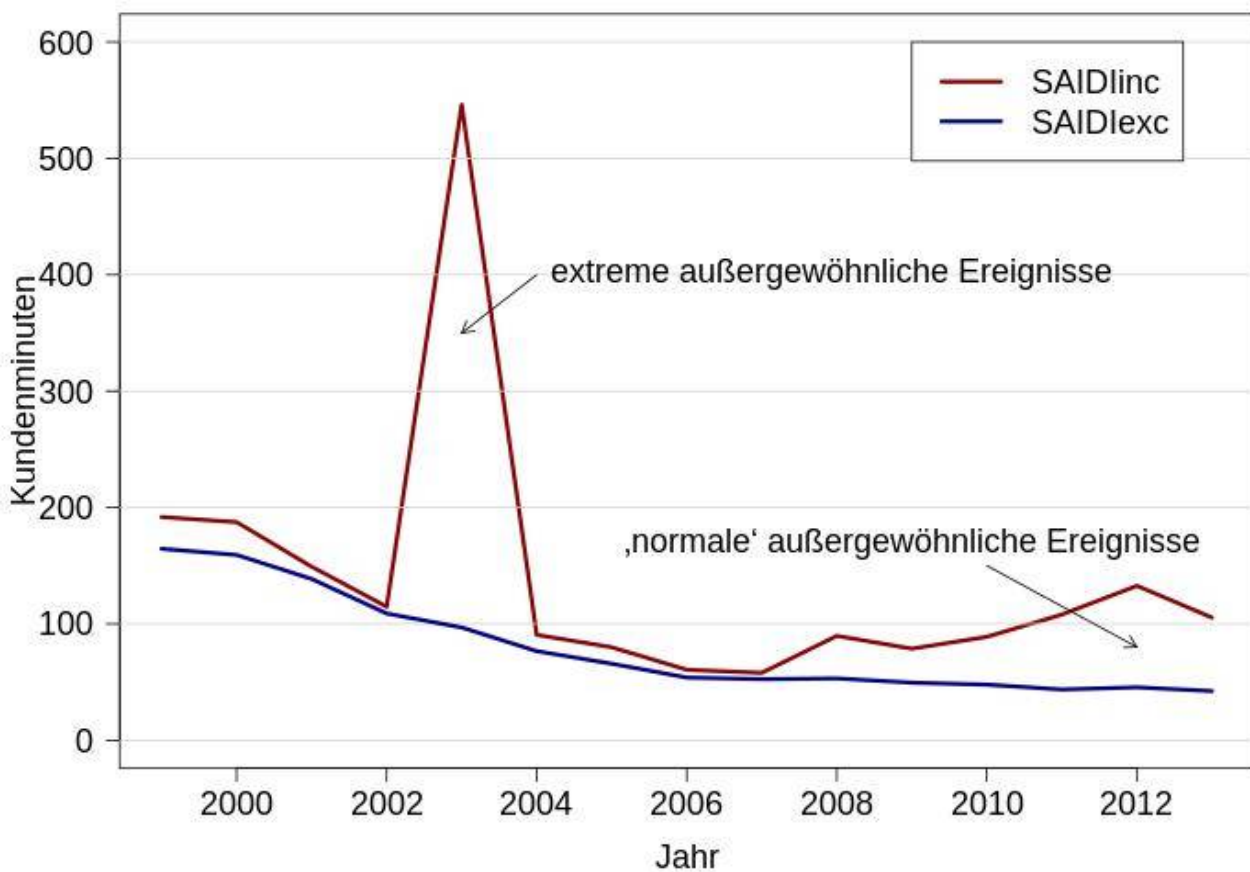
Staaten mit einer hohen Versorgungssicherheit mit Strom weisen häufiger Daten aus. Deshalb schließe ich, dass die Datenverfügbarkeit von dem technischen Stand der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik abhängig ist.

### 6.3.2 Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse

Im vorherigen Abschnitt hat sich gezeigt, dass die Variable SAIDI<sub>inc</sub> durch die Berücksichtigung von Sonderereignissen stärker als die Indikatoren SAIDI<sub>exc</sub> oder SAIDI<sub>plan</sub> streut. Die durch außergewöhnliche Ereignisse verursachten Versorgungsunterbrechungen lassen sich aus der Differenz der Versorgungssicherheit inklusive und exklusive außergewöhnlicher Ereignisse

berechnen. In dieser Größe spiegeln sich einerseits die Exposition und Widerstandsfähigkeit der Elektrizitätsinfrastruktur gegenüber unregelmäßig, nur im Abstand mehrerer Jahre auftretenden, unkontrollierbaren natürlichen und gesellschaftlichen Extremereignissen wider. Andererseits zeigt sich, wie umfangreich die Unterbrechungen durch weniger schwerwiegende, aber dennoch als außergewöhnlich eingestufte Ursachen ausfallen. Den Unterschied zwischen extremen außergewöhnlichen Ereignissen und ‚normalen‘ extremen Ereignissen zeigt Abbildung 21. Diese stellt SAIDI<sub>exc</sub> und SAIDI<sub>inc</sub> für Italien dar. Außergewöhnliche Extremereignisse sind grafisch als Spitze zu erkennen.<sup>40</sup> Die ‚normalen‘ Extremereignisse stellen sich als der Abstand zwischen den beiden Graphen dar. Dieser Abstand zeigt, wie weit die Definition außergewöhnlicher Ereignisse gefasst ist, also wie viele jährlich oder häufiger auftretende Ereignisse als anormal definiert sind.

Abbildung 21: ‚Normale‘ und extreme außergewöhnliche Ereignisse in Italien 1999-2013

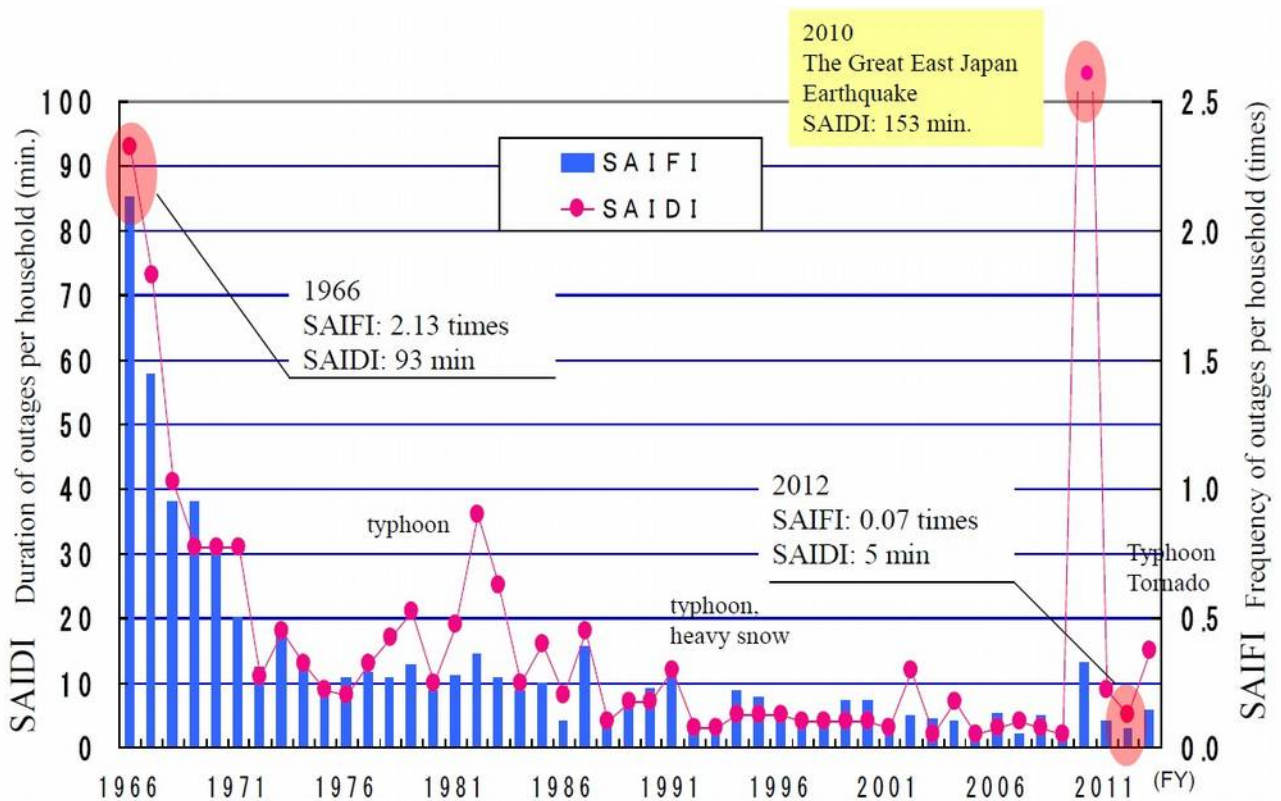


Um die Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse bemessen zu können, ist es erforderlich, extreme Jahre zu bereinigen. Jedoch ist die eindeutige Unterscheidung von Krisenjahren und

<sup>40</sup> Am 28. September 2003 erfolgte durch Baumberührung die Kurzschlussauslösung der 380-kV-Leitung Schweiz-Italien. In der Folge schalteten weitere Leitungen zwischen Italien, der Schweiz, Österreich und Frankreich wegen Überlast und zum Schutz des UCTE-Netzes ab. 50 Millionen Menschen waren für 3 bis 18 Stunden ohne Strom. (UCTE 2003: 27-29)

normalen Schwankungen der jährlichen Unterbrechungsdauer mitunter schwierig. Ein typisches Entscheidungsproblem lässt sich anhand der historischen Daten des japanischen EVU TEPCO (The Tokyo Electric Power Company, Incorporated) demonstrieren, die Abbildung 22 zeigt.

Abbildung 22: Versorgungssicherheit inklusive außergewöhnlicher Ereignisse im Versorgungsgebiet von TEPCO 1966 bis 2013



Quelle: TEPCO 2015: Folie 6

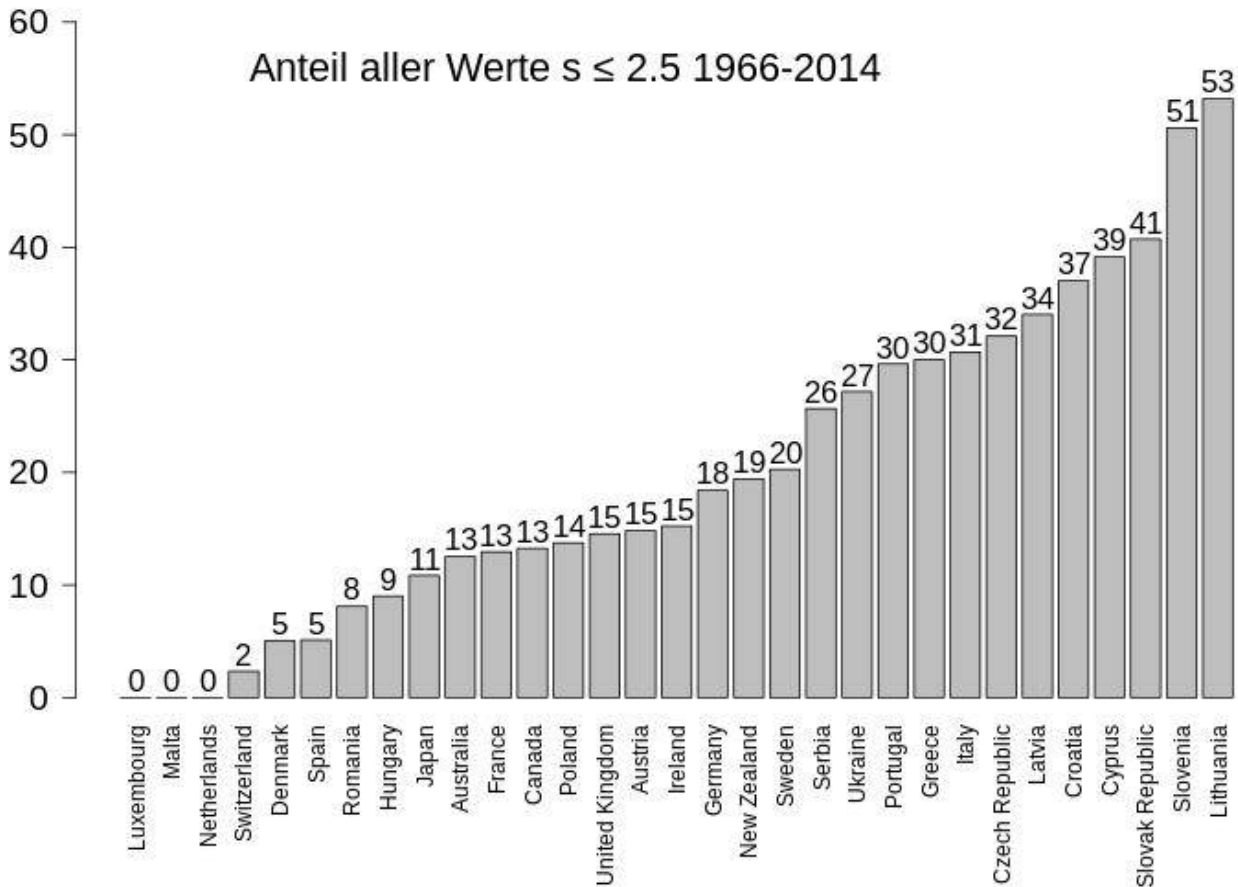
Eindeutig ist das Jahr 2010 als außergewöhnlich zu erkennen. Schwieriger sind dagegen die Jahre 1966 und 1982 zu bewerten. Zwar verzeichnet das Jahr 1966 den zweithöchsten SAIDI-Wert, dieser scheint sich aber in eine Phase der raschen technischen Modernisierung der Elektrizitätsinfrastruktur einzuordnen, die etwa bis 1971 anhält. Dagegen hebt sich das Jahr 1982 durch den Taifun Bess deutlich von den umliegenden Jahren ab, schlägt aber nicht so weit aus.

Da die visuelle Kontrolle eine subjektive Verzerrung der Daten riskiert, muss ein standardisiertes Verfahren verwendet werden, um extreme Werte zu identifizieren. Beispielsweise nutzen Hesmondhalgh et al. (2012: 29) die Standardabweichung  $s$  als Indikator. Jeder Wert, der  $2.5s$  übersteigt, gilt als außergewöhnlich. Angewandt auf das Beispiel TEPCO werden die Jahre 1966 mit  $2.8s$  und 2010 mit  $5.1s$  als außergewöhnlich kategorisiert. Wird der Datensatz SAIDI<sub>inc</sub> auf dieser Grundlage fallweise um extreme Werte bereinigt, lässt sich der ‚normale‘ Anteil der Versorgungsunterbrechungen, die als durch außergewöhnliche Ereignisse verursacht deklariert



werden, ermitteln (Abbildung 23). Zwar veröffentlicht Japan keine Daten zur Versorgungssicherheit exklusive außergewöhnlicher Ereignisse. In den Quellen sind aber Jahre mit außergewöhnlichen Ereignissen (Taifun, Tornado, Erdbeben, schweren Schneefällen) markiert. Für diese Jahre wurden die SAIDI<sub>exc</sub>-Werte interpoliert.<sup>41</sup> Der prozentuale Anteil nicht extremer außergewöhnlicher Ereignisse kann also nur zur groben Einordnung Japans dienen.

Abbildung 23: Anteil ‚normaler‘ außergewöhnlicher Ereignisse



Nicht berücksichtigt wurden Jahre mit fehlerhaften Daten, d. h. wenn der Wert inklusive außergewöhnlicher Ereignisse kleiner als der exklusive außergewöhnlicher Ereignisse ist (23 Werte). Dies betrifft vor allem Estland, für das keine Werte ohne Datenfehler vorhanden sind. Die für Luxemburg, Malta und die Niederlande errechneten null Prozent bedeuten, dass identische Werte in den Unterbrechungsstatistiken für die Stromausfalldauer inklusive und exklusive außergewöhnlicher Ereignisse veröffentlicht wurden. Dies kann aus einer sehr engen Definition außergewöhnlicher Ereignisse resultieren. Es haben aber nicht alle Länder außergewöhnliche Ereignisse definiert und auch Datenfehler sind eine denkbare Ursache (Abschnitt 6.1.2).

<sup>41</sup> "R Projekt Diss MP\Quellen\abhängige Variablen\SAIDI Japan.ods"

Den niedrigsten Anteil durch außergewöhnliche Ereignisse verursachter Unterbrechungen weist scheinbar die Schweiz auf. Jedoch wurde seitens des Regulierers ElCom für die Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers die Bereinigung außergewöhnlicher Ereignisse größtenteils unterlassen, da von den Netzbetreibern Unterbrechungen durch höhere Gewalt nicht immer entsprechend den Vorgaben angegeben wurden (Abschnitt 6.1.2).

Ohne Luxemburg, Malta, Niederlande, Schweiz und Japan ist ein Zusammenhang zwischen dem Anteil der ‚normalen‘ als außergewöhnlich deklarierten Versorgungsunterbrechungen und der durchschnittlichen Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers SAIDIexc über verschiedene Zeiträume nicht zu erkennen (n = 26).

1966-2014	1990-2014	2000-2014	2010-2014
\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman
-0.041	0.032	0.069	0.095
\$p.value	\$p.value	\$p.value	\$p.value
0.842	0.877	0.737	0.652

Diese Beobachtung spricht vielmehr dafür, dass sich die natürlichen Verhältnisse der betrachteten Länder auch nach der Bereinigung von Extremereignissen erheblich unterscheiden und folglich für die Erstellung der Unterbrechungstatistik SAIDIexc eine unterschiedlich starke Bereinigung außergewöhnlicher Ereignisse erforderlich ist.

### 6.3.3 Erkennbare Wartungsstrategien?

Wie in Abschnitt 4.2.2 erläutert, können EVU unterschiedliche Wartungsstrategien implementieren. Aus einer reaktiven Wartungsstrategie, bei der Komponenten nach einem Defekt repariert oder ausgetauscht werden, sollten niedrige geplante Unterbrechungen bei gleichzeitig erhöhten ungeplanten Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers folgen. Eine präventive Wartungsstrategie, bei der Komponenten in standardisierten Wartungsintervallen repariert oder ausgetauscht werden, sollte längere geplante Unterbrechungen zugunsten reduzierter ungeplanter Ausfälle bewirken. Zwischen den Variablen SAIDIexc und SAIDIplan zeigt sich aber über verschiedene Zeiträume ein starker positiver Zusammenhang.

1966-2014	1990-2014	2000-2014	2010-2014
\$Pearson	\$Pearson	\$Pearson	\$Pearson
0.712	0.723	0.732	0.753
\$p.value	\$p.value	\$p.value	\$p.value
0	0	0	0
\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman	Spearman
0.742	0.784	0.826	0.794
\$p.value	\$p.value	\$p.value	\$p.value
0	0	0	0

In Ländern mit seltenen ungeplanten Versorgungsunterbrechungen ist auch die Dauer geplanter Unterbrechungen kürzer. Dies kann zwei Ursachen haben: Zum einen ist die Verteilung der praktizierten Wartungsstrategien unbekannt. Möglicherweise unterscheiden sich die Wartungsstrategien in der Population nicht. Zum anderen könnten sowohl SAIDI<sub>exc</sub> als auch SAIDI<sub>plan</sub> die technische Ausstattung des Netzbetreibers widerspiegeln. So ließe sich der positive Zusammenhang beider Variablen dadurch erklären, dass in Ländern mit einer technisch hochwertigen Elektrizitätsinfrastruktur auch die geplanten Unterbrechungen durch moderne Netzleitsysteme und unterbrechungsfreie Wartungstechniken minimiert werden können. Dann sollte ein positiver Zusammenhang zwischen der Dauer geplanter Unterbrechungen SAIDI<sub>plan</sub> und der durchschnittlichen Dauer bis zur Wiederversorgung nach einer Versorgungsunterbrechung CAIDI<sub>exc</sub> bestehen. Tatsächlich ist ein solcher Zusammenhang zu erkennen:

1966-2014	1990-2014	2000-2014	2010-2014
\$Pearson	\$Pearson	\$Pearson	\$Pearson
0.537	0.537	0.545	0.471
\$p.value	\$p.value	\$p.value	\$p.value
0.003	0.003	0.003	0.011
\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman	\$Spearman
0.375	0.375	0.38	0.405
\$p.value	\$p.value	\$p.value	\$p.value
0.049	0.049	0.046	0.033

## 6.4 Ergebnisse

Die deskriptive Analyse der SAIDI-Indizes ergab, dass die Daten stark streuen und aufgrund der verwendeten Skala und der definierten Population nicht normalverteilt, sondern rechtsschief sind. Zwar ist es möglich, dass die SAIDI-Indizes log-normal verteilte Größen sind. Da jedoch die Datenverfügbarkeit nicht nur im Querschnitt, sondern auch historisch besonders hoch für Länder mit einer hohen Versorgungssicherheit mit Strom ist, gehe ich von einem systematisch verzerrten Datensatz aus. Deshalb ist der Median das geeignetere Lagemaß. Sollte sich die Verteilung der abhängigen Variablen nicht ebenso bei den erklärenden Variablen zeigen, sind nichtparametrische Verfahren vorzuziehen bzw. ist die fehlende Normalverteilung bei der Analyse zu berücksichtigen.

Durch die geringe Anzahl verfügbarer Daten und die wechselnde Zusammensetzung des Datensatzes ist eine Längsschnittanalyse nicht durchführbar. Dennoch lassen sich vier Ergebnisse festhalten: Erstens ist eine technische Grenze der Versorgungssicherheit noch nicht erreicht. Länder wie Dänemark und insbesondere Singapur zeigen, dass trotz einer bereits sehr zuverlässigen Stromversorgung noch hohe Verbesserungsrate möglich sind. Dennoch kann aufgrund der defizitären Datenlage die jährliche Verbesserungsrate der Versorgungssicherheit mit Strom für die Population insgesamt nur auf den Bereich von 1.7 bis 6.0 Prozent eingegrenzt werden.

Zweitens ist eine steigende Versorgungssicherheit mit Strom nicht durch den technischen Fortschritt garantiert. Länder wie Japan und vor allem die Ukraine weisen eine sich deutlich verschlechternde Versorgungssicherheit mit Strom auf, was auf technische, sozioökonomische oder regulative Missstände hinweisen könnte. Auch die große Zahl an Ländern, die mit Veränderungsraten um den Nullpunkt eher stagnieren, sprechen dafür, dass aktive Maßnahmen oder günstige Rahmenbedingungen notwendig sind, um die Versorgungssicherheit mit Strom weiter zu steigern.

Drittens besteht hinsichtlich der Verbesserungsrate kein Unterschied zwischen den Ländern, die bis 1990 bzw. bis 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten. Diesbezüglich ist jedoch aufgrund der sehr geringen Fallzahl Vorsicht geboten.

Viertens konnte die eingangs beschriebene Trägheit der physischen Elektrizitätsinfrastruktur bestätigt werden, obwohl einige Länder wie Kasachstan, Lettland oder die Ukraine stark zu- bzw. abnehmende SAIDI<sub>exc</sub>-Werte aufweisen. In der gemeinsamen Darstellung der Unterbrechungshäufigkeit SAIFI<sub>exc</sub> und der durchschnittlichen Dauer bis zur Wiederversorgung nach einer Versorgungsunterbrechung CAIDI<sub>exc</sub> zeigte sich, dass in den meisten Ländern die Unterbrechungshäufigkeit im Zeitverlauf konstant ist. Deutliche Änderungen der Häufigkeit von Stromausfällen wie in der Ukraine und Thailand deuten daher vermutlich auf eine besondere Situation in diesen Ländern hin. Demgegenüber zeigen zahlreiche Länder eine sich stark verändernde Dauer bis zur Wiederversorgung nach einem Stromausfall, sodass hier von einer leicht veränderlichen Ursache ausgegangen werden kann.

Die explorative Statistik ergab, dass in den untersuchten Ländern deutlich verschiedene Anteile der ungeplanten Unterbrechungen als durch außergewöhnliche Ereignisse verursacht deklariert und bei der Ermittlung der Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers ausgeklammert werden. Überraschenderweise verzerrt dies die Unterbrechungsstatistik für SAIDI<sub>exc</sub> aber nicht. Ich schließe daraus, dass sich die natürlichen Verhältnisse der betrachteten Länder auch nach der Bereinigung von außergewöhnlichen Extremereignissen erheblich unterscheiden. Daher kontrolliere ich in der weiteren Analyse auf die Topografie und das Wetter eines Landes.

Bei der Analyse der Dauer geplanter Unterbrechungen fand sich kein Hinweis auf einen bedeutenden Einfluss von Wartungsstrategien auf die Dauer ungeplanter Unterbrechungen. Entweder unterscheiden sich die Wartungsstrategien innerhalb der Population nicht oder die Dauer geplanter Unterbrechungen spiegelt wie SAIDI<sub>exc</sub> die technische Ausstattung des Netzbetreibers wider.

## **7. Hauptuntersuchung Teil I: technische und soziale Faktoren**

In diesem Kapitel erarbeite ich Bestimmungsfaktoren der Versorgungssicherheit mit Strom. In Abschnitt 7.1 leite ich relevante Faktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom her und bilde Hypothesen. In Abschnitt 7.2 gehe ich auf die Datenlage ein. In Abschnitt 7.3 beginne ich die Analyse mit bivariaten Verfahren. In Abschnitt 7.4 prüfe ich die Variablen auf Multikollinearität und führe in Abschnitt 7.5 eine multiple Regressionsanalyse durch. In Abschnitt 7.6 fasse ich die gewonnenen Erkenntnisse zusammen und bewerte sie in Hinblick auf die Fortführung der Analyse.

### **7.1 Herleitung von Faktoren und Hypothesenbildung**

In diesem Abschnitt leite ich Faktoren her, die die Versorgungssicherheit mit Strom potenziell beeinflussen. Dazu trage ich Hypothesen aus der Literatur zusammen, entwickle eigene Hypothesen und greife auf in meiner Masterarbeit aufgestellte Hypothesen zurück, um diese anhand der größeren Population zu überprüfen.

Ich unterscheide technische Rahmenbedingungen, technische Faktoren sowie soziale Faktoren. Technische Rahmenbedingungen sind die geografischen und klimatischen Bedingungen eines Landes, an die die Elektrizitätsinfrastruktur angepasst werden muss, und sonstige Globalmerkmale. Technische Faktoren sind die strukturellen und qualitativen Eigenschaften der Elektrizitätsinfrastruktur und ihrer Komponenten. Die sozialen Faktoren untergliedere ich weiter in soziale Rahmenbedingungen, politische Rahmenbedingungen sowie Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik. Soziale Rahmenbedingungen sind Faktoren, die wie die Wirtschaftsleistung nicht direkt auf politische Entscheidungen zurückgehen und nur schwer gezielt beeinflusst werden können. Politische Rahmenbedingungen sind die Strukturen des politischen Systems sowie die Wechselwirkungen anderer Politikfelder mit der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik. Die Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik umfasst Regelungen zum Bau und Betrieb der physischen Elektrizitätsinfrastruktur sowie zu den Akteuren des Energiesystems.

#### **7.1.1 Technische Rahmenbedingungen**

Die untersuchten Länder unterscheiden sich grundlegend darin, ob die 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990 oder bis 2012 erreicht wurde. Inwieweit dies eine Rolle für die Versorgungssicherheit mit Strom spielt, ist aber unklar. Einerseits sind Aufholeffekte bei einer späten Elektrifizierung zu erwarten, da Nachzügler Produktinnovationen bei Komponenten zu niedrigeren Preisen realisieren können als Erstkäufer. Andererseits ist eine zeitliche Abfolge von der landesweiten Elektrifizierung und der anschließenden Qualitätssteigerung der eingesetzten

Komponenten plausibel. Da in Abbildung 16 für SAIDI<sub>exc</sub> keine höhere Verbesserungsrate der Länder, die die Vollversorgung der Bevölkerung mit Strom erst nach 1990 erreichten, erkennbar ist, formuliere ich folgende Hypothese: Ich erwarte, dass das Erreichen der Vollversorgung mit Strom bis 2012 statt bis 1990 keinen Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat (H1).

Die Topografie und das Wetter sind wichtige Kontrollen für die Versorgungssicherheit mit Strom. Sie prägen die Exposition der Elektrizitätsinfrastruktur gegenüber natürlichen Störereignissen und sind eine potenzielle Ursache für Unterbrechungen durch ‚normale‘ außergewöhnliche Ereignisse. Während extreme geologische und klimatische Ereignisse wie Erdbeben und Wirbelstürme in den Unterbrechungsstatistiken als außergewöhnliche Ereignisse separat ausgewiesen werden, sind die Auswirkungen normalen Wetters und der Topografie weniger offensichtlich.

Die Topografie eines Landes stellt keine unmittelbare Gefährdung für die Elektrizitätsinfrastruktur dar, auch wenn Schadensereignisse wie Überflutungen, Lawinen und Erdbeben ein bestimmtes Gelände voraussetzen. Dennoch stellt ein von Höhen, Tiefen und Unregelmäßigkeiten geprägtes Gelände einen Kostenfaktor beim Bau und bei der Wartung der Elektrizitätsinfrastruktur dar. Bei einem gegebenen Kapitaleinsatz sollte ungünstiges Gelände zu einer niedrigeren Versorgungssicherheit mit Strom führen. Inwieweit sich das Gelände eines Landes günstig gestaltet, ist aber schwierig zu bemessen. Als Indikator für die topografische Situation eines Landes wähle ich die durchschnittliche *Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel*. Ich erwarte, dass je höher ein Land durchschnittlich über dem Meeresspiegel liegt, desto geringer ist die Versorgungssicherheit mit Strom (H2). Dazu ziehe ich den 1988 erstellten ETOPO5-Datensatz (CUPA 2016) heran, der um Daten für Südkorea, die Malediven und Singapur ergänzt wurde.<sup>42</sup>

Das Wetter wirkt verschieden auf die Elektrizitätsinfrastruktur ein, zumeist wird die Isolierung beschädigt. Blitzeinschläge zerstören die betroffenen Komponenten durch Überspannung oder lösen Schutzschaltungen aus, die diese zumindest zeitweise vom Netz trennen. Wind drückt auf die sich bietende Angriffsfläche und lässt Leiterseile aufschwingen. Bei zu hohem Schwenkwinkel oder asynchronen Schwingungen können mechanische Schäden an den Seilen und dem Gestänge auftreten. Regen und andere Arten von Feuchtigkeit wie Nebel, Kondensat oder Tau bilden insbesondere in Verbindung mit Schmutzpartikeln ein leitfähiges Medium, das elektrische Überschlüsse und Kurzschlüsse begünstigt. Außerdem weicht anhaltender Regen den Boden auf und greift die Isolierung von Erdkabeln an. Die Temperatur ist für die Funktion der Luft als Kühlmedium von Bedeutung und führt außerdem indirekt zu erhöhter Last, etwa durch den Einsatz

<sup>42</sup> Südkorea, Malediven: Wikipedia 2016: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_average\\_elevation](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_average_elevation) 25.10.2016 15:10; Singapur: Motha, Philip/Yuen, Belinda K. P. 1999: Singapore Real Property Guide. Fourth Edition. Singapore University Press. Singapore.

von elektrischen Heizungen bei niedrigen oder von Klimageräten bei hohen Temperaturen. Darüber hinaus bestehen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Wettereffekten. Beispielsweise vereist Schnee an einer Freileitung erst ab Windgeschwindigkeiten von über 10 m/s, die den sich ansammelnden Schnee hält. (Matavalam 2004: 8-14, 25, 30; Wakahama/Kuroiwa 1977: 482)

Blitzeinschläge und Feuchtigkeit sind die häufigsten Ursachen von wetterbedingten Versorgungsunterbrechungen. Blitzeinschläge werden aber häufig grundsätzlich oder, sobald ein durch Blitze verursachter Stromausfall eine größere Zahl von Kunden betrifft, als außergewöhnliches Ereignis aus der Unterbrechungsstatistik ausgeschlossen (CEER 2003: 66), weshalb hier keine Vergleichbarkeit besteht. Feuchtigkeit verursacht mit 83.5 % den Großteil der wetterbedingten elektrischen Überschlüge ohne Blitzeinschläge im Stromübertragungsnetz (Niesel und Dunst 29.3 %; Nebel 25.75 %; Tau 16.4 %; Regen 12 %) (EPRI 1982: 466).

Deshalb wähle ich die von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) erhobene *Niederschlagsmenge* als Indikator für die normalen Wetterbedingungen eines Landes (Weltbank 2016d). Ich erwarte, dass die Niederschlagsmenge stark mit anderen Arten der Feuchtigkeit korreliert und auch die Häufigkeit von Blitzeinschlägen abbildet, da diese ebenfalls von der Präsenz von Wolken abhängen.<sup>43</sup> Die Daten sind über mehrere Jahre gemittelt.<sup>44</sup> Dies hat den Vorteil, dass extreme Niederschlagsmengen und die Wetterphänomene El Niño und La Niña ausgemittelt werden, deren Auswirkungen aus der Unterbrechungsstatistik exklusive außergewöhnlicher Ereignisse ausgeschlossen wären. Dennoch wird die Variation der Niederschläge im Zeitverlauf ausgeblendet, sodass die Zuordnung zur Variation der Versorgungssicherheit weniger genau ist. Die Daten zur Niederschlagsmenge liegen in der Einheit Millimeter pro Jahr vor. Im Verlauf der Untersuchung erwies sich jedoch eine Umrechnung in Meter pro Jahr für die Darstellung des Regressionskoeffizienten als zweckmäßig. Ich erwarte, dass ein positiver Zusammenhang zur Unterbrechungsdauer inklusive außergewöhnlicher Ereignisse (SAIDIinc) sowie zur Unterbrechungsdauer exklusive außergewöhnlicher Ereignisse (SAIDIexc) besteht (H3.a und H3.b).

In meiner Masterarbeit konnte ich zeigen, dass die Urbanisierungsrate (Weltbank 2015e) und Bevölkerungsdichte (Weltbank 2015f) die Versorgungssicherheit mit Strom beeinflussen, da ihr Anstieg eine dichtere und damit redundantere Auslegung des Stromnetzes erforderlich machen (H4, H5). Auch erwies sich die Landesfläche (Weltbank 2015a) aus noch unbekanntem Gründen als sehr einflussreich auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Obwohl große Länder eher in der Lage sein

<sup>43</sup> Diese Einschätzung ist nicht vollständig, siehe 8.4 Blitzdichte, S. 182.

<sup>44</sup> Datenbasis unklar, für 94% der Länder sind in allen drei Erhebungsjahren (2007, 2012, 2014) gleiche Werte angegeben. Für die übrigen Länder liegen nur zwei Werte vor, die ebenfalls identisch sind.

sollten, auch große Störungen ohne Versorgungsunterbrechung abzufedern, zeigte die Landesfläche einen negativen Einfluss (Abbildung 2 auf S. 34). Dabei stellt die Literatur zur Bedeutung der Größe eines Landes auf wirtschaftliche und institutionelle Skaleneffekte ab und sieht große Länder insgesamt im Vorteil (Ahlfeld 2007). Jedoch sind die Länder der Europäischen Union – der in meiner Masterarbeit verwendeten Stichprobe – im Vergleich zu Kanada, den USA und Australien klein, sodass der Effekt möglicherweise aufgrund einer nicht vollständig erfassten Variation falsch bemessen wurde. Anknüpfend an die Ergebnisse meiner Masterarbeit erwarte ich, dass große Länder eine geringere Versorgungssicherheit mit Strom aufweisen (H6).

H1 Der Zeitpunkt des Erreichens einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990 oder bis 2012 hat keinen Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

H2 Je höher ein Land durchschnittlich über dem Meeresspiegel liegt, desto geringer ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

H3 Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der jährlichen Niederschlagsmenge und der Versorgungssicherheit mit Strom.

H3.a Je höher die jährliche Niederschlagsmenge ist, desto höher ist die Unterbrechungsdauer inklusive außergewöhnlicher Ereignisse (SAIDIinc).

H3.b Je höher die jährliche Niederschlagsmenge ist, desto höher ist die Unterbrechungsdauer exklusive außergewöhnlicher Ereignisse (SAIDIexc).

H4 Je höher die Urbanisierungsrate eines Landes ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

H5 Je höher die Bevölkerungsdichte eines Landes ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

H6 Große Länder weisen eine geringere Versorgungssicherheit mit Strom als kleine Länder auf.

### **7.1.2 Technische Faktoren**

Entsprechend der in Abschnitt 4.2.1 vorgestellten Definition ist eine zuverlässige Stromversorgung gewährleistet, wenn ausreichende Kapazitäten zur Stromerzeugung und zum Stromtransport vorhanden sind. Da die Population aus den Ländern mit entwickelter Elektrizitätsinfrastruktur besteht, gehe ich davon aus, dass alle Länder über ausreichende Kapazitäten zur Stromerzeugung verfügen, das heißt, dass Kraftwerksausfälle oder -engpässe keine Ursache von Versorgungsunterbrechungen sind. Dazu betrachte ich die verfügbare Erzeugungsleistung in Form der installierten Leistung pro Kopf (eia o. J.b), den Grad der Eigenversorgung anhand der Stromhandelsbilanz, mit der ich die netto importierte Strommenge messe (eia o. J.a), sowie die Möglichkeit, im Fall eines Erzeugungsausfalls auf ausländische Kapazitäten zurückzugreifen, wozu



ich die Anzahl der Nachbarstaaten<sup>45</sup> (ohne Überseeterritorien) betrachte. Ich erwarte, dass Kraftwerksausfälle umso schlechter kompensiert werden können, je geringer die installierte Leistung pro Kopf ist, je stärker ein Land von Stromimporten abhängt sowie umso weniger Nachbarstaaten es hat. Sollte es in der Population Länder mit unzureichenden Stromerzeugungskapazitäten geben, müssten sich die installierte Leistung pro Kopf und die Anzahl der Nachbarstaaten als negative Faktoren sowie die bilanziell importierte Strommenge als positiver Faktor für die Dauer ungeplanter Versorgungsunterbrechungen SAIDI<sub>exc</sub> erweisen. Dies ist in der Population vermutlich nicht der Fall (H7a-c).

Die gewählten Indikatoren sind vermutlich mehrdimensional. Die installierte Leistung pro Kopf hängt auch von der Stromintensität einer Volkswirtschaft ab. Die Stromintensität einer Volkswirtschaft ergibt sich aus der Stromintensität der Wirtschaft (Anteil stromintensiver Unternehmen, Effizienz von Maschinen) und der Stromintensität des privaten Verbrauchs (Verbrauchsverhalten, Effizienz von Geräten). Gleichwohl eröffnet ein Lastabwurf stromintensiver Unternehmen bei Störfällen die Möglichkeit, Versorgungsentpässe ohne Beeinträchtigung einer großen Zahl von Verbrauchern zu bewältigen. Eine stromintensive Wirtschaft kann deshalb dazu beitragen, kundenbasierte Indizes wie den SAIDI niedrig zu halten, sofern entsprechende Verfahren zum Lastabwurf etabliert sind.

Die installierte Leistung hängt des Weiteren auch von dem Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung ab. Viele erneuerbare Energien speisen stochastisch ein und erbringen vergleichsweise wenige Jahresvolllaststunden<sup>46</sup>. Um der Nachfrage nach Strom allzeit gerecht zu werden, müssen Über- und Reservekapazitäten vorgehalten werden. Eine hohe installierte Leistung ist deshalb nicht gleichbedeutend mit einer hohen verfügbaren Reservekapazität.

Die Stromhandelsbilanz weist drei Besonderheiten auf, die einen direkten Schluss von Handelssalden auf ausreichende nationale Erzeugungskapazitäten erschweren. Erstens summiert diese die Stromflüsse eines Landes gegenüber dem Ausland und bildet auch das Vorhandensein entsprechend dimensionierter grenzüberschreitender Leitungskapazitäten ab. Die Stromhandelsbilanz ist somit auch ein Indikator für die Vermaschung der Netzinfrastruktur an den Landesgrenzen. Zweitens können sich Handelsbilanzsalden aus ggf. saisonalen Leistungs- und Rentabilitätsunterschieden der inländischen Kraftwerke gegenüber den ausländischen ergeben. Ein Beispiel hierfür sind die saisonalen Erträge von solarer und flusswassergekühlter thermischer

<sup>45</sup> Wikipedia 2016: List of countries and territories by land borders.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_and\\_territories\\_by\\_land\\_borders](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_and_territories_by_land_borders) 27.10.2016 11:15

<sup>46</sup> Eine Übersicht zeigt für Deutschland der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. hier:  
[https://www.bdew.de/media/documents/Jahresvolllaststunden\\_2018\\_2019\\_o\\_online\\_jaerlich\\_Ba\\_26052020.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Jahresvolllaststunden_2018_2019_o_online_jaerlich_Ba_26052020.pdf)  
05.08.2020 17:51

Erzeugung: Während der hellen Jahreszeit liefern Solaranlagen hohe Erträge, während thermische Kraftwerke durch die Wasserstände und -temperaturen der Flüsse limitiert werden. Während der dunklen Jahreszeit ergibt sich wegen der Licht- und Temperaturverhältnisse ein umgekehrtes Verhältnis. Dies bedeutet zum einen, dass saisonal bedingte Handelssalden keine ganzjährig autarke Stromversorgung und Erzeugungsreservehaltung bzw. deren Fehlen anzeigen. Zum anderen stehen bei einem Handelssaldo, das dadurch entsteht, dass Kraftwerke gegenüber dem Ausland saisonal unrentabel sind, diese Kraftwerke im Importland als Erzeugungsreserve zur Verfügung. In diesem Fall weisen Nettoimporteure von Strom umfangreichere Reservekapazitäten auf als Nettoexporteure. Drittens können hinter geringen Handelssalden saisonal umfangreiche, aber im Jahresmittel ausgeglichene Stromflüsse stehen.

Die Anzahl der Nachbarstaaten ist ein Proxy-Indikator für das Bestehen grenzüberschreitender Leitungsverbindungen, ohne jedoch deren Anzahl, Kapazität oder die tatsächlich fließenden Strommengen zu quantifizieren. Die Anzahl der Nachbarstaaten misst daher die Möglichkeit zum Strombezug aus dem Ausland. Die Anzahl der Nachbarstaaten ist deshalb auch ein Indikator für die Vermaschung der Netzinfrastruktur an den Landesgrenzen.

Die Mehrdimensionalität der Indikatoren Stromhandelsbilanz und Anzahl der Nachbarstaaten betrifft vor allem deren Zuordnung zu den Faktoren ausreichende Stromerzeugungskapazitäten und Netzredundanz. Dagegen ist die Eignung des Indikators installierte Leistung pro Kopf für die Operationalisierung ausreichender Stromerzeugungskapazitäten durchaus fraglich. Deshalb überprüfe ich in Abschnitt 7.3.2, inwieweit die installierte Leistung pro Kopf die Stromintensität einer Volkswirtschaft und den Anteil erneuerbarer Energien abbildet.

Ich erwarte auch, dass die Stromnetze über die notwendige Redundanz verfügen, um den Ausfall von Leitungen aufzufangen und Versorgungsunterbrechungen auf ein minimales Gebiet zu begrenzen (H8). Die Fähigkeit des Stromnetzes, den Ausfall von Komponenten auszugleichen, prüfe ich anhand der Dichte des Hochspannungsnetzes, das für den Systembetrieb notwendig ist, und der Dichte des Mittelspannungsnetzes, da hier die meisten Unterbrechungsminuten (SAIDI<sub>exc</sub>) entstehen (Abbildung 7, S. 54). Eine vollständige, nach Spannungsebenen aufgeschlüsselte Datenbank für die Netzlängen nationaler Stromnetze ist nicht verfügbar. Zwischen mehreren Quellen variieren die Angaben teils erheblich. Deshalb greife ich auf eine Veröffentlichung von eurelectric zurück, da diese die meisten Daten beinhaltet (eurelectric 2013). Die Angaben beziehen sich auf die Netze der Verteilungsnetzbetreiber in Europa und wurden zur Leitungsdichte = Leitungslänge in km / geografische Landesfläche in km<sup>2</sup> umgerechnet.

Als quantitative, technologiebezogene Variable prüfe ich den Anteil von Erdkabeln (eurelectric 2013) in den Stromnetzen. In meiner Masterarbeit konnte ich zeigen, dass trotz des geringen Anteils von Erdkabeln auf der Hochspannungsebene (220 kV+) ein positiver Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom besteht, der aber auf starke Korrelationen mit der Bevölkerungsdichte ( $r = 0,854$ ) und dem Grad der Urbanisierung ( $r = 0,502$ ) zurückgeführt werden kann (Poetzsch 2011: 11, 22, 23). Dementsprechend erwarte ich, dass der Anteil von Erdkabeln keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat (H9).

H7 Alle Länder der Population verfügen über ausreichende Kapazitäten zur Stromerzeugung.

H7.a Es besteht kein negativer Zusammenhang zwischen der installierten Leistung pro Kopf sowie der Dauer ungeplanter Versorgungsunterbrechungen.

H7.b Es besteht kein positiver Zusammenhang zwischen der bilanziell importierten Strommenge sowie der Dauer ungeplanter Versorgungsunterbrechungen.

H7.c Es besteht kein negativer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Nachbarstaaten sowie der Dauer ungeplanter Versorgungsunterbrechungen.

H8 Die Stromnetze sind quantitativ entwickelt und verfügen über die notwendige Redundanz, um den Ausfall von Leitungen aufzufangen.

H8.a Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Dichte des Hochspannungsnetzes und der Dauer ungeplanter Unterbrechungen.

H8.b Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Dichte des Mittelspannungsnetzes und der Dauer ungeplanter Unterbrechungen.

H9 Der Anteil von Erdkabeln hat keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

Schließlich erwarte ich Unterschiede bei der Qualität der eingesetzten Komponenten. Mir sind aber keine Datenbanken bekannt, die das technische Niveau von Kraftwerken, Basiskomponenten der Netztechnik (Masten, Leitungen, Kabel, Isolatoren, Transformatoren) sowie der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik international vergleichend quantifizieren. Somit kann die Qualität der Komponenten nicht direkt abgebildet werden. Dieses Defizit dürfte vor allem für die Netztechnik von Bedeutung sein, da die Versorgungssicherheit mit Strom vorrangig über die Stromnetze gewährleistet wird. Kraftwerksausfälle sind, wie in Abschnitt 4.2.2 dargestellt, keine bedeutende Ursache von Stromausfällen. Ich gehe davon aus, dass die Qualität der im Stromnetz eingesetzten Komponenten durch die zur Operationalisierung der technischen Rahmenbedingungen verwendeten Indikatoren näherungsweise abgebildet wird. Ich erwarte also, dass die Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel, die Niederschlagsmenge, die Urbanisierungsrate, die Bevölkerungsdichte und

die Landesfläche Proxy-Indikatoren für die Qualität der eingesetzten Komponenten sind. Hierfür sehe ich vier Gründe, die als Axiome in die Theorieentwicklung eingehen:

Erstens sind Städte und Ballungsgebiete dicht besiedelte Räume mit hoher Wertschöpfung, die einen besonderen Schutzbedarf begründen. Ihre räumliche Begrenzung erlaubt lokal eine technische und finanzielle Schwerpunktsetzung, die aufgrund der dichten Bebauung effizienter durch den Einsatz höherwertiger Komponenten als durch zusätzliche Redundanz erreicht werden kann.

#### A1 Schutzbedarfsaxiom

Zweitens sind Redundanz und die Qualität der eingesetzten Komponenten füreinander Substitute: Für eine Komponente, die niemals ausfällt, muss keine Reserve vorgehalten werden. Je höher die akzeptierte Ausfallwahrscheinlichkeit einer Komponente ist, desto redundanter muss das Netz ausgelegt werden, um eine definierte Verfügbarkeit zu erreichen. Redundanz kann aber nur sprunghaft hergestellt werden (einfach, doppelt usw.). Beispielsweise bedeutet die Errichtung einer dritten Trasse 50 % mehr Kapazität und Kosten für einen abnehmenden Zugewinn an Ausfallsicherheit, da der gleichzeitige Ausfall der primären und sekundären Trasse bereits sehr unwahrscheinlich ist. Insbesondere für seltene wetter- oder topografiebedingte Extremereignisse ist die Vorhaltung im Regelfall nicht ausgelasteter Reservekapazitäten unwirtschaftlich. Dagegen können höherwertige Komponenten wie MSR risikoadjustiert eingesetzt werden.

#### A2 Risikoadjustierungsaxiom

Drittens kann im Zeitverlauf steigenden Anforderungen an die Bestandsinfrastruktur wie einer höheren Lastdichte aus baulichen Gründen oft nur schwer durch zusätzliche Redundanz begegnet werden. Zur Erreichung eines definierten Zuverlässigkeitsniveaus sind zum gegebenen Stand der Basiskomponenten reziproke Investitionen in die Qualität der eingesetzten MSR erforderlich. Je älter die Basiskomponenten sind, desto höher sind die erforderlichen Investitionen in MSR.

#### A3 Temporales Reziprozitätsaxiom

Viertens genießen die EVU bei der Bewältigung der genannten baulichen und räumlichen Herausforderungen sowie von Extremwetterereignissen und topografischen Schwierigkeiten Freiräume bei der Beurteilung und Begründung des notwendigen technischen und finanziellen Mitteleinsatzes aufgrund ihres Informationsvorsprungs gegenüber den Regulierungsbehörden. Die Informationslücke zwischen EVU und Regulierungsbehörden ist bei moderner Technik und komplexen informationstechnischen Systemen wie MSR höher als bei der Schaffung von

Redundanz durch die Duplikation von Basiskomponenten. Unter einer Kosten-, Rentabilitäts- oder entsprechenden Elementen einer Anreizregulierung bietet der Einsatz höherwertiger Komponenten bessere Möglichkeiten zur Gewinnsteigerung durch Überkapitalisierung (Averch-Johnson-Effekt).

#### A4 Informationsasymmetrieaxiom

Diese Axiome ließen sich bei gegebener Datenverfügbarkeit zur Quantifizierung der Netzdichte und der Qualität der eingesetzten Komponenten anhand testbarer Hypothesen überprüfen:

- Schutzbedarfsaxiom: In dicht besiedelten Gebieten wie Städten und Ballungszentren werden höherwertige Komponenten als im dünner besiedelten Umland verbaut.
- Risikoadjustierungsaxiom:
  - Bei häufigen Extremwetterereignissen werden höherwertige Komponenten verbaut.
  - Bei anspruchsvoller Topografie werden höherwertige Komponenten verbaut.
- Temporales Reziprozitätsaxiom: Je älter die Basiskomponenten der Elektrizitätsinfrastruktur sind, desto höherwertiger ist die Ausstattung mit MSR.
- Informationsasymmetrieaxiom: Unter Kosten-, Rentabilitäts- bzw. funktional vergleichbarer Anreizregulierung werden höherwertige Komponenten einer redundanten Auslegung von Basiskomponenten vorgezogen.

Die Urbanisierungsrate, Bevölkerungsdichte und Landesfläche sind Proxy-Indikatoren für die räumlichen Anforderungen an die Qualität der eingesetzten Komponenten (Schutzbedarfsaxiom). Allerdings wird der Schutzbedarf aufgrund der hohen Wertschöpfung von Ballungsräumen nur insoweit transportiert, wie diese Variablen mit der Wertschöpfung korreliert sind. Deshalb berücksichtige ich auch die Wirtschaftsleistung pro Kopf (7.1.3). Die Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel und die Niederschlagsmenge transportieren Informationen zur Exposition gegenüber außergewöhnlichen Ereignissen (Risikoadjustierungsaxiom). Keiner der Faktoren erfasst den zeitlichen Aspekt sich verändernder Anforderungen oder des Alters der Bestandsinfrastruktur (Temporales Reziprozitätsaxiom). Alle Faktoren bilden ab, wie anspruchsvoll eine Versorgungsaufgabe zu realisieren ist und damit, welche Entscheidungsfreiräume aus Informationsasymmetrien erwachsen (Informationsasymmetrieaxiom).

#### 7.1.3 Soziale Faktoren

Die sozialen Faktoren untergliedere ich in soziale Rahmenbedingungen, politische Rahmenbedingungen sowie die Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik.

## **Soziale Rahmenbedingungen**

Die Wirtschaftsleistung pro Kopf (Weltbank 2015b) stellte sich in meiner Masterarbeit für die Erklärung der Versorgungssicherheit mit Strom in der EU als unbedeutend heraus. Dies muss aber für die hier weiter gefasste Population nicht der Fall sein. Allerdings ist die Spannweite des BIP pro Kopf in Kaufkraftparitäten in den 76 Ländern der Population mit 63,394 nur geringfügig größer als innerhalb der EU-27 mit 56,551 (jeweils in internationalen Dollar für das Jahr 2004). Deshalb erwarte ich, dass die Wirtschaftsleistung pro Kopf in Kaufkraftparitäten nicht mit der Versorgungssicherheit mit Strom in Zusammenhang steht (H10).

Dennoch sind insbesondere die Wechselwirkungen des BIP pro Kopf mit den übrigen unabhängigen Variablen für die Entwicklung einer verketteten kausalen Erklärung interessant. Auch prüfe ich, ob wirtschaftliche Krisen eine Rolle spielen. Dazu wähle ich als Indikator das Maximum aufeinanderfolgender Rezessionsjahre (eigene Berechnung nach Weltbank 2016b) im Zeitraum von 1961 bis 2004. Ich erwarte, dass sich die Erfahrung einer langandauernden Wirtschaftskrise auf die Investitionstätigkeit der Energieversorgungsunternehmen und damit negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom auswirken (H11).

Außerdem setze ich eine Dummy-Variable für die Zugehörigkeit eines Landes zu Europa ein, da der Datensatz von europäischen Ländern dominiert wird. Damit soll auf regionale und kulturelle Besonderheiten in Europa kontrolliert werden. Russland und die Türkei, die sowohl in Europa als auch in Asien liegen, zähle ich als europäische Länder.<sup>47</sup> Ich erwarte, dass die Lage eines Landes in Europa keinen Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat (H12).

H10 Die Wirtschaftsleistung pro Kopf in Kaufkraftparitäten steht nicht mit der Versorgungssicherheit mit Strom in Zusammenhang.

H11 Die Erfahrung langandauernder Wirtschaftskrisen wirkt sich negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus.

H12 Die Lage eines Landes in Europa wirkt sich nicht auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus.

## **Politische Rahmenbedingungen**

Politische Systeme lassen sich in Demokratien und Diktaturen unterscheiden. Zwischen einer totalitären Diktatur und einer idealen republikanischen Demokratie bestehen zahlreiche Zwischenformen. Beispielsweise geht in Deutschland die Bundesregierung in der Regel aus der Mehrheit des Deutschen Bundestags hervor, der zusammen mit dem Bundesrat die

<sup>47</sup> Dies bleibt folgenlos, da für beide Länder keine Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom verfügbar sind.

Bundesverfassungsrichter wählt, sodass das Prinzip der Gewaltenteilung aufgeweicht ist. Anders als Diktaturen ermöglichen Demokratien politischen Wettbewerb und somit die Abwahl erfolgloser oder unbeliebter Regierungen und schützen durch ihre pluralistische und rechtsstaatliche Verfassung unterschiedliche Ideen und Interessen vor staatlicher Willkür. Deshalb sollten Demokratien ein besseres Umfeld für die Entfaltung wirtschaftlicher Aktivitäten und eine bessere Zielerreichung politischer Programme bieten.

Den Einfluss des politischen Systems auf die Versorgungssicherheit mit Strom prüfe ich mittels des Polity IV Datensatzes des Center for Systemic Peace, genauer mit dem Indikator polity (CSP 2014). Dieser setzt sich aus den Indikatoren für demokratische Institutionen democ und für autokratische Institutionen autoc zusammen ( $\text{polity} = \text{democ} - \text{autoc}$ ). democ und autoc bilden teils mit gleichen Teilindikatoren ab, ob die Exekutive aus einem offenen politischen Wettbewerb hervorgeht und ihre Machtausübung beschränkt ist (Details siehe Marshall/Jagers 2002: 15-16). Beide Teilindikatoren reichen von 0 bis 10, sodass der Indikator polity von -10 (sehr autoritär) bis 10 (sehr demokratisch) reicht. Da politische Systeme teils starken Transformationen unterliegen, bilde ich den Indikator polity als Mittelwert aller Jahre seit 1960 bis zum jeweils betrachteten Jahr. Für die Staaten der ehemaligen Sowjetunion, Jugoslawiens und der Tschechoslowakei wurden bis zu ihrer Unabhängigkeit die Werte des vorausgehenden Staats herangezogen. Die Werte für Deutschland bis zur Wiedervereinigung ergeben sich aus den Werten Westdeutschlands.<sup>48</sup> Da Island und Malta im Polity IV Datensatz fehlen, wurde die Punktzahl des Freedom House Index herangezogen. Island und Malta erzielten dort die beste Punktzahl 1, die zu dem Wert 10 umkodiert wurde.<sup>49</sup> Ich erwarte, dass die Versorgungssicherheit mit Strom umso höher ist, je demokratischer ein Staat ist (H13).

In Abschnitt 3.3.2 wurden stabile politische Rahmenbedingungen als eine Voraussetzung für ein investitionsfreundliches Klima genannt. Deshalb kontrolliere ich, ob sich zwischen 1960 und 2004 das politische System eines Landes gewandelt hat. Dazu ziehe ich die Differenz zwischen dem kleinsten und größten Wert des Indikators polity in diesem Zeitraum heran. Für Island und Malta wurde ein Wert von 0 ergänzt. Ich erwarte, dass geringe Veränderungen eine höhere Versorgungssicherheit mit Strom bewirken (H14).

Ein weiterer Faktor, der die Effektivität politischer Programme oder wirtschaftlicher Aktivitäten beeinflusst, ist Korruption. In Abschnitt 3.2.2 wurde angesprochen, dass Korruption im Elektrizitätssektor zumindest in Entwicklungs- und Schwellenländern die Leistung der

<sup>48</sup> Fragen der Gewichtung entfallen, da für diese Zeiträume Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom fehlen.

<sup>49</sup> <https://freedomhouse.org/report/freedom-world/2017/malta> 18.05.2017 17:03  
<https://freedomhouse.org/report/freedom-world/1999/malta> 18.05.2017 17:03  
<https://freedomhouse.org/report/freedom-world/2017/iceland> 18.05.2017 17:17  
<https://freedomhouse.org/report/freedom-world/1999/iceland> 18.05.2017 17:17

Energieversorgungsunternehmen beeinträchtigt. Deshalb kontrolliere ich den Einfluss der Korruption anhand des von Transparency International erhobenen Corruption Perceptions Index (CESifo 2013; TI 2015). Dieser misst die Korruption im öffentlichen Sektor. Der Corruption Perceptions Index wird als Index aus verschiedenen Quellen gebildet. Deren Anzahl und Zusammensetzung hat sich über die Jahre verändert und umfasst u. a. Umfragen und Experteneinschätzungen (vgl. Graf Lambsdorff 2001: 3; TI 2017a: 1). Da die geografische Reichweite der verschiedenen Quellen in der Regel begrenzt ist, werden für jeden Quelldatensatz fehlende Daten durch Transparency International mittels Regression auf die übrigen Datenquellen, die zu mindestens 50 % vollständig sind, imputiert (TI 2017b: 2).

Der Corruption Perceptions Index reicht von 0 (sehr korrupt) bis 10 (kaum korrupt).<sup>50</sup> Der Wertebereich des Indikators bildet also die Abwesenheit von Korruption ab. Um die intuitive Nachvollziehbarkeit des Indikators zu verbessern, rekodiere ich den Indikator so, dass 10 die höchste Ausprägung der wahrgenommenen Korruption darstellt. Da die Werte für einige Länder, wie Spanien, stark schwanken, middle ich alle Werte bis zum Jahr 2004 bzw. 2012. Ich erwarte, dass Korruption die Versorgungssicherheit mit Strom beeinträchtigt (H15).

In Abschnitt 4.1.3 wurde die Frage aufgeworfen, ob der law-and-finance-Ansatz als Erklärungsmodell für den Reformprozess im Elektrizitätssektor und die Unterschiede bei der Versorgungssicherheit mit Strom trägt. Deshalb prüfe ich, ob sich die Zuordnung eines Landes zur anglo-amerikanischen, zur sozialistischen oder zur zivilen Rechtstradition im Jahr 1989 auf die Versorgungssicherheit mit Strom auswirkt (H16). Dazu ziehe ich die von der Central Intelligence Agency (CIA) bereitgestellte Einteilung nationaler Rechtssysteme im World Factbook heran (CIA 2016). Diese wurde erst 2010 in das World Factbook eingepflegt (CIA o. J.), sodass keine vergleichbar konsistente Quelle für die Zeit vor dem Zusammenbruch der Sowjetunion existiert. Deshalb wurden Staaten, die 1989 sozialistisch waren oder noch heute sind, manuell als solche kodiert. Die übrigen Staaten wurden nach dem in Abschnitt 4.1.3 besprochenen groben Schema kodiert, indem Erläuterungen und Einflüsse aus anderen Rechtssystemen ausgeklammert wurden. Echte Mischsysteme wurden als mixed sowie Staaten mit islamischen Recht oder in Transitionsphasen (Libyen) als other klassifiziert.

Neben dem Zusammenhang auf der Makroebene kontrolliere ich die drei kausalen Zwischenschritte des law-and-finance-Ansatzes. Dies ist erstens, ob ein Staat eher interventionistisch oder marktorientiert handelt. Dazu messe ich die Präsenz von Staatsunternehmen in der Wirtschaft über den Index of Economic Freedom (Component II-B) als Mittelwert der in Fünfjahresschritten von

<sup>50</sup> Ab 2012 änderte sich die Skala zu 0 bis 100. Die Werte wurden durch 10 dividiert.



1975 bis 1995 verfügbaren Werte (Gwartney et al. 1996: 262-264).<sup>51</sup> Ich erwarte, dass je interventionistischer ein Staat ist, desto geringer ist die Versorgungssicherheit mit Strom (H16.a). Zweitens sollte der Schutz von Investoren und Gläubigern die Investitionstätigkeit und damit auch die Zuverlässigkeit der Stromversorgung fördern (H16.b). Deshalb prüfe ich den Schutz von Kreditgebern und -nehmern durch das Schuld- und Insolvenzrecht, der im Strength of legal rights index der Weltbank (Weltbank 2015d) erfasst ist. Dieser ist für die Jahre 2013-2015 verfügbar, ich ziehe das früheste Jahr 2013 heran.<sup>52</sup> Drittens bilde ich die Kapitalverfügbarkeit über die von der Weltbank erhobene Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen (Weltbank 2016a; Daten für Estland, Island, Lettland, Litauen, Ukraine sowie Zypern 2000-2005 aus World Development Indicators<sup>53</sup> ergänzt) und die Staatsschuldenquote (IMF 2012) in Prozent des BIP ab. Ich erwarte, dass je höher die Marktkapitalisierung der börsennotierten Unternehmen ist, desto höher ist das für Investitionen in die Zuverlässigkeit der Stromversorgung verfügbare Kapital (H16.c). Da die Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen zyklisch stark schwankt, mittle ich die verfügbaren Werte (ab 1975) bis zum jeweils betrachteten Jahr. Für die Staatsschuldenquote erwarte ich einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom (H16.d), da diese Ausgaben in der Vergangenheit abbildet. Ist das Energiesystem staatlich, können Investitionen direkt aus Staatsschulden finanziert werden. Ist das Energiesystem privat, können diese indirekt durch niedrigere Steuern, Subventionen oder Kreditvergabe an die EVU begünstigt werden.

H13 Die Versorgungssicherheit mit Strom ist umso höher, je demokratischer ein Staat ist.

H14 Je stabiler das politische Regime eines Landes ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

H15 Korruption beeinträchtigt die Versorgungssicherheit mit Strom.

H16 Die Rechtstradition wirkt sich auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus.

H16.a Je interventionistischer Staaten sind, desto geringer ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

H16.b Je höher der Schutz von Kreditgebern und -nehmern ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

<sup>51</sup> 10: Staatsunternehmen produzieren < 1% BIP; 8: Staatsunternehmen sind vor allem in wettbewerbsfernen Industriezweigen wie der Stromerzeugung tätig; 6: Staatsunternehmen sind außerdem in den Bereichen Transport, Kommunikation und der Gewinnung von Energieressourcen tätig, andere Sektoren sind aber vorwiegend privatwirtschaftlich; 4: Die meisten Großunternehmen werden vom Staat betrieben, die 10-20 Prozent der nicht-agrarischen Beschäftigung und Wertschöpfung darstellen; 2: 20-30 Prozent der nicht-agrarischen Beschäftigung und Wertschöpfung stammen von Staatsunternehmen; 0: Mehr als 30 Prozent der nicht-agrarischen Beschäftigung und Wertschöpfung stammen von Staatsunternehmen. (Gwartney et al. 1996: 24-25)

<sup>52</sup> Vor 2013 wird dadurch eine Bedingung von Kausalität verletzt: die zeitliche Abfolge von Ursache und Wirkung.

<sup>53</sup> Weltbank (The Worldbank Group) 2015: World Development Indicators. Market capitalization of listed domestic companies (% of GDP). Indicator Code CM.MKT.LCAP.GD.ZS. <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators> 21.12.2015 21:03

H16.c Je höher die Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

H16.d Je höher die Staatsschuldenquote ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

### **Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Die Elektrizitätswirtschaft wurde historisch entweder stark reguliert oder verstaatlicht. In der Praxis existieren zahlreiche Mischformen öffentlicher und privater Beteiligung an den Energieversorgungsunternehmen. Insbesondere in fragmentierten Märkten mit hunderten von EVU, an denen neben der Zentralregierung auch Landesregierungen oder Gemeinden beteiligt sind, ist der staatliche Anteil am Elektrizitätssektor schwer zu quantifizieren. Um dennoch den Einfluss des *eigentumsrechtlichen Status* zu überprüfen, greife ich auf einen vereinfachenden Indikator der OECD zurück, der den staatlichen Anteil am größten Energieversorgungsunternehmen als Mittelwert der Sektoren Stromerzeugung, -übertragung, -verteilung und -vertrieb abbildet (OECD 2015). Da der Datensatz auf die Mitglieder der OECD beschränkt und unvollständig ist, habe ich die Werte für die übrigen Fälle, für die Daten für die abhängigen Variablen und Informationen zur Eigentumsstruktur verfügbar sind, entsprechend dem Kodierungsschema nach Koske et al. 2014 (S. 63) nachgetragen.<sup>54</sup> Dies betrifft Bulgarien, Kasachstan, Kroatien, Lettland, Litauen, Malta, Mauritius, Moldawien, Rumänien, Serbien, Singapur, Thailand, die Ukraine, die USA und Zypern. Da sich in meiner Masterarbeit in Einklang mit der Prinzipal-Agent-Theorie (3.2.1) für die EU-Staaten kein Einfluss des eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätswirtschaft zeigte, erwarte ich dies auch nicht für die erweiterte Population (H17).

Neben der Frage, ob die Elektrizitätswirtschaft staatlich oder privat organisiert ist, prüfe ich anknüpfend an die Ergebnisse meiner Masterarbeit, ob die Unternehmen der Elektrizitätswirtschaft gegenüber ihren Kunden Monopolmacht ausüben (3.4). Dafür nutze ich aufbauend auf dem Datensatz von Nagayama (2010: 3456) die Anzahl der Jahre seit der Einführung von Wettbewerb auf dem Strommarkt als Indikator. Damit ist dieser Indikator stark vereinfachend, da wie in Abschnitt 4.1.2 erläutert, Wettbewerb durch zahlreiche Faktoren behindert werden kann. Das Bestehen von Wettbewerb gilt als erfüllt, sobald ein Teil der Verbraucher in mindestens einem Teilgebiet des betreffenden Landes zwischen verschiedenen Anbietern wählen kann (Nagayama 2010: 3459-3460). Das Fehlen von Wettbewerb wurde mit 0 kodiert. Ich vermute, dass sich die

<sup>54</sup> Die Kodierung und die benutzten Quellen können unter dem Pfad R Projekt Diss MP/Quellen/unabhängige Variablen/Datentabellen im Dokument „Energiewirtschaft staatlich.ods“ im Tabellenblatt „eigene Kodierung nach Koske et al. 2014“ eingesehen werden.

Einführung von Wettbewerb negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom auswirkt, da die Unternehmen unter Kostendruck geraten (H18).

In Abschnitt 4.1.1 wurde erläutert, dass der Privatisierungsprozess vor allem haushaltspolitisch motiviert war. Brune et al. 2004 haben den Umfang der Privatisierungen in verschiedenen Ländern von 1985-1999 in absoluten Beträgen und in Prozent des BIP von 1985 zusammengetragen. Außerdem bewerten sie auf einer vierstufigen Skala den Umfang der staatlichen Beteiligung an der Wirtschaft im Jahr 1980 (low, medium-low, medium-high, high). (Brune et al. 2004: 214-216) Den Zusammenhang zwischen der Staatsschuldenquote und dem Privatisierungsumfang kontrolliere ich anhand der mit dem Umfang der staatlichen Beteiligung an der Wirtschaft im Jahr 1980 gewichteten Privatisierungserlöse von 1985-1999 in Prozent des BIP von 1985. Dazu kodiere ich die verbalen Beschreibungen low bis high zu Zahlenwerten von 1 bis 4. Die Gewichtung erfolgt durch Division der Privatisierungserlöse in Prozent des BIP 1985 durch den der staatlichen Wirtschaftsbeteiligung entsprechenden Zahlenwert.<sup>55</sup> Dadurch soll einerseits auf (konjunktur-)zyklische Phasen der öffentlichen Intervention in und des Rückzugs aus der Wirtschaft, die keine dauerhafte Änderung der Staatsbeteiligung an der Wirtschaft zur Folge haben, kontrolliert werden. Andererseits soll die haushaltspolitische Veranlassung zur Privatisierung besser erfasst werden. Ich gehe davon aus, dass relativ kleine Beteiligungsverkäufe eines Staats, der seine Beteiligungen auf ausgewählte Bereiche der öffentlichen Daseinsfürsorge beschränkt, ein stärkeres Anzeichen für einen haushaltspolitischen Zwang sind als gleich große Verkäufe eines Staats, der breiter in der Wirtschaft investiert ist. Ich erwarte einen positiven Zusammenhang des Privatisierungsumfangs zur Staatsschuldenquote (H19).

H17 Der eigentumsrechtliche Status der Elektrizitätswirtschaft hat keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

H18 Die Einführung von Wettbewerb wirkt sich negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus.

H19 Der Privatisierungsumfang steht im positiven Zusammenhang zur Staatsschuldenquote.

## 7.2 Übersicht zur Datenlage und Einschätzung

Tabelle 5 ordnet den ausgewählten Faktoren Variablennamen zu und gibt an, für welche Jahre Daten verfügbar sind. Die letzten beiden Spalten geben an, wie viele Beobachtungen, maximal, im Jahr 2004 und falls möglich in einem Ersatzjahr verfügbar sind. Für die 76 Einheiten der Population sind durchschnittlich 52 Werte eines Indikators verfügbar. Zu den 12 Indikatoren, für die unterdurchschnittlich viele Werte verfügbar sind, gehören alle sechs abhängigen Variablen sowie die technischen Indikatoren zur Netzredundanz und dem Anteil von Erdkabeln.

<sup>55</sup> Das Skalenniveau des Indikators wird dadurch auf eine Ordinalskala reduziert.

Tabelle 5: Faktoren und vorläufiger Datenstand für die Voruntersuchung

Faktorengruppe	Faktor	Variablenname	Einheit	Datenstand	Maximal verfügbare Werte	Verfügbare Werte 2004 (ggf. Ersatzjahr)	
Abhängige Variablen	Durchschnittliche jährliche Unterbrechungsdauer pro Kunde ohne außergewöhnliche Ereignisse	SAIDIexc	Kundenminuten pro Jahr	1967-2015	38/76 (2012)	26	
	Durchschnittliche jährliche Unterbrechungsdauer pro Kunde inklusive außergewöhnlicher Ereignisse	SAIDIinc	Kundenminuten pro Jahr	1967 - 2015	37/76 (2011)	17	
	Durchschnittliche jährliche geplante Unterbrechungsdauer pro Kunde	SAIDIplan	Kundenminuten pro Jahr	2000 - 2015	31/76 (2011-2012)	10	
	Durchschnittliche jährliche Unterbrechungshäufigkeit pro Kunde ohne außergewöhnliche Ereignisse	SAIFIexc	Anzahl pro Jahr	1990 - 2014	34/76 (2012)	15	
	Durchschnittliche jährliche Unterbrechungshäufigkeit pro Kunde inklusive außergewöhnlicher Ereignisse	SAIFIinc	Anzahl pro Jahr	1999 - 2014	33/76 (2011-2012)	14	
	Durchschnittliche jährliche geplante Unterbrechungshäufigkeit pro Kunde	SAIFIplan	Anzahl pro Jahr	1999 - 2014	29/76 (2011-2012)	10	
Technische Rahmenbedingungen	100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990/bis 2012 erreicht	X2012er	Dummy	-	76/76	76/76	
	Durchschnittliche Höhe über dem Meeresspiegel	elevation	Meter	1988	70/76	70/76	
	Niederschlagsmenge	rain	Meter pro Jahr	?	75/76 (?)	75/76	
	Urbanisierungsrate	urban	Prozent	1961 - 2014	75/76 (1990-2014)	75/76	
	Bevölkerungsdichte	density	Personen / km <sup>2</sup>	1961 - 2014	76/76 (2000-2014)	76/76	
	Landesfläche	area	1000 km <sup>2</sup>	1961 - 2014	76/76 (1961-2014)	76/76	
Technische Faktoren	Ausreichende Stromerzeugungskapazitäten	Installierte Leistung pro Kopf	PowerPC	Kilowatt pro Kopf	1980 - 2012	76/76 (2008-2012)	73/76
		Stromhandelsbilanz (Importbilanz)	imports	Milliarden kWh	1980 - 2013	76/76 (2008-2012)	73/76
		Nachbarstaaten	neighbour	Anzahl	2016	76/76	76/76
	Netzredundanz	Dichte Hochspannungsnetz	gridh	km / km <sup>2</sup>	2010 - 2011	26/76	26 (2011)
		Dichte Mittelspannungsnetz (1 – 100 kV)	gridm	km / km <sup>2</sup>	2010 - 2011	26/76	26 (2011)

Faktorengruppe	Faktor		Variablenname	Einheit	Datenstand	Maximal verfügbare Werte	Verfügbare Werte 2004 (ggf. Ersatzjahr)	
	Anteil von Erdkabeln im Stromnetz	> 100 kV	cable100	Prozent	2010 - 2011	16/76	16 (2011)	
		1 – 100 kV	cable1	Prozent	2010 - 2011	26/76	26 (2011)	
Soziale Rahmenbedingungen	Wirtschaftsleistung pro Kopf		gdpPC	Kaufkraftparitäten	1990 - 2014	76/76 (2001-2011)	76/76	
	längste Rezession		crisis	Anzahl Jahre	1961 - 2015	76/76 (1961-2015)	76/76	
	Lage in Europa		europe	Dummy	-	76/76	76/76	
Politische Rahmenbedingungen	politisches System Autokratie/Demokratie		POLITY	Index -10 - 10	1800 - 2014	71/76 (1999-2002, 2008-2014)	71/76	
	stabile politische Rahmenbedingungen		ChPOLITY	Index 0 - 20	1960 - 2004	71/76 (s. o.)	71/76	
	Korruption		corrupt	Index 0 - 10	1995 - 2014	75/76 (2011)	71/76	
	Rechtstradition		legalsys	-	2010 - 2016	76/76 (2010-2016)	76/76 (2010)	
		Interventionismus		interven	Index 0 - 10	1975 - 1995	44/76 (1995)	-
		Schutz von Kreditgebern und -nehmern		SoLRI	Index 0 - 12	2013 - 2015	73/76 (2013-2015)	73/76 (2013)
		Kapitalverfügbarkeit I: Kapitalmarktliquidität		capital	% BIP	1975 - 2015	53/76 (2002, 2004, 2006, 2008, 2010-2011)	53/76
		Kapitalverfügbarkeit II: Staatsschuldenquote		debt	% BIP	1692 - 2012	73/76 (2004-2007, 2009-2012)	73/76
Energie-wirtschafts und Infra-struktur-politik	eigentumsrechtlicher Status		PubPriv	Index 0 - 6	1960 - 2015	46/76 (2004, 2012)	46/76	
	Nach ursprünglicher staatlicher Beteiligung gewichteter Privatisierungsumfang in Prozent des BIP		privati-zation	-	Summe 1985 - 1999	34/76 o. J.	34/76 o. J.	
	Bestehen von Wettbewerb auf dem Strommarkt		competition	Anzahl Jahre	1990 - 2016	45/76 (2004, 2012)	45/76	

Die Verfügbarkeit der abhängigen Variablen limitiert das Forschungsvorhaben, da die Zeit vor der Liberalisierung der Elektrizitätsmärkte nur eingeschränkt abgebildet werden kann. Deshalb muss für die Zeit vor der Liberalisierung ein Ausweichjahr gewählt werden, das sich der Situation vor der Marktöffnung möglichst nah annähert, aber dennoch ausreichend viele Beobachtungen aufweist. Dafür wähle ich das Jahr 2004. Die Einführung von Wettbewerb auf den Elektrizitätsmärkten ist in vielen Ländern erst wenige Jahre her und die sozialistische Rechtstradition sollte in den betreffenden Staaten noch nachwirken. Für das Jahr 2004 liegen 26 von maximal 38 in einem Jahr verfügbaren Werten für die abhängige Variable SAIDIexc vor. Von diesen sind jedoch vier von Ländern, die erst im Jahr 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten und somit im Jahr 2004 nicht zur Population gehören (Kasachstan, Moldawien, Thailand, Zypern). Somit sind für das Jahr 2004 22 Beobachtungen verfügbar. Dadurch sind für die ersten Schritte der Modellentwicklung zu wenige Beobachtungen verfügbar, da für die Schätzung der Regressionsparameter mindestens 2 Beobachtungen mehr als erklärende Variablen erforderlich sind. Deshalb fasse ich die Jahre 2004 und 2012 zusammen, um mehr Beobachtungen zur Verfügung zu haben.<sup>56</sup> Die meisten Variablen sind zeitlich eher unveränderlich und für das Jahr 2012 sind die meisten Beobachtungen verfügbar.

Auch die geringe Verfügbarkeit einiger unabhängiger Variablen ist problematisch. Entscheidend ist, wie viele Wertepaare von abhängigen und unabhängigen Variablen gebildet werden können. Tabelle 6 zeigt dies für SAIDIexc in den Jahren 2004 und 2012.

*Tabelle 6: Anzahl der Wertepaare mit SAIDIexc in den Jahren 2004 und 2012*

<b>X2012er</b>	<b>elevation</b>	<b>rain</b>	<b>urban</b>	<b>density</b>	<b>area</b>	<b>powerPC</b>
22/38	21/36	22/38	22/38	22/38	22/38	22/38
<b>imports</b>	<b>neighbour</b>	<b>gridh</b>	<b>gridm</b>	<b>cable100</b>	<b>cable1</b>	<b>gdpPC</b>
22/38	22/38	14/23	14/23	10/14	14/23	22/38
<b>crisis</b>	<b>legalsys</b>	<b>interven</b>	<b>SoLRI</b>	<b>capital</b>	<b>debt</b>	<b>europe</b>
22/38	22/38	21/28	22/38	22/38	22/38	22/38
<b>POLITY</b>	<b>ChPOLITY</b>	<b>corrupt</b>	<b>PubPriv</b>	<b>privatization</b>	<b>competition</b>	
22/38	22/38	22/38	22/38	18/22	22/38	

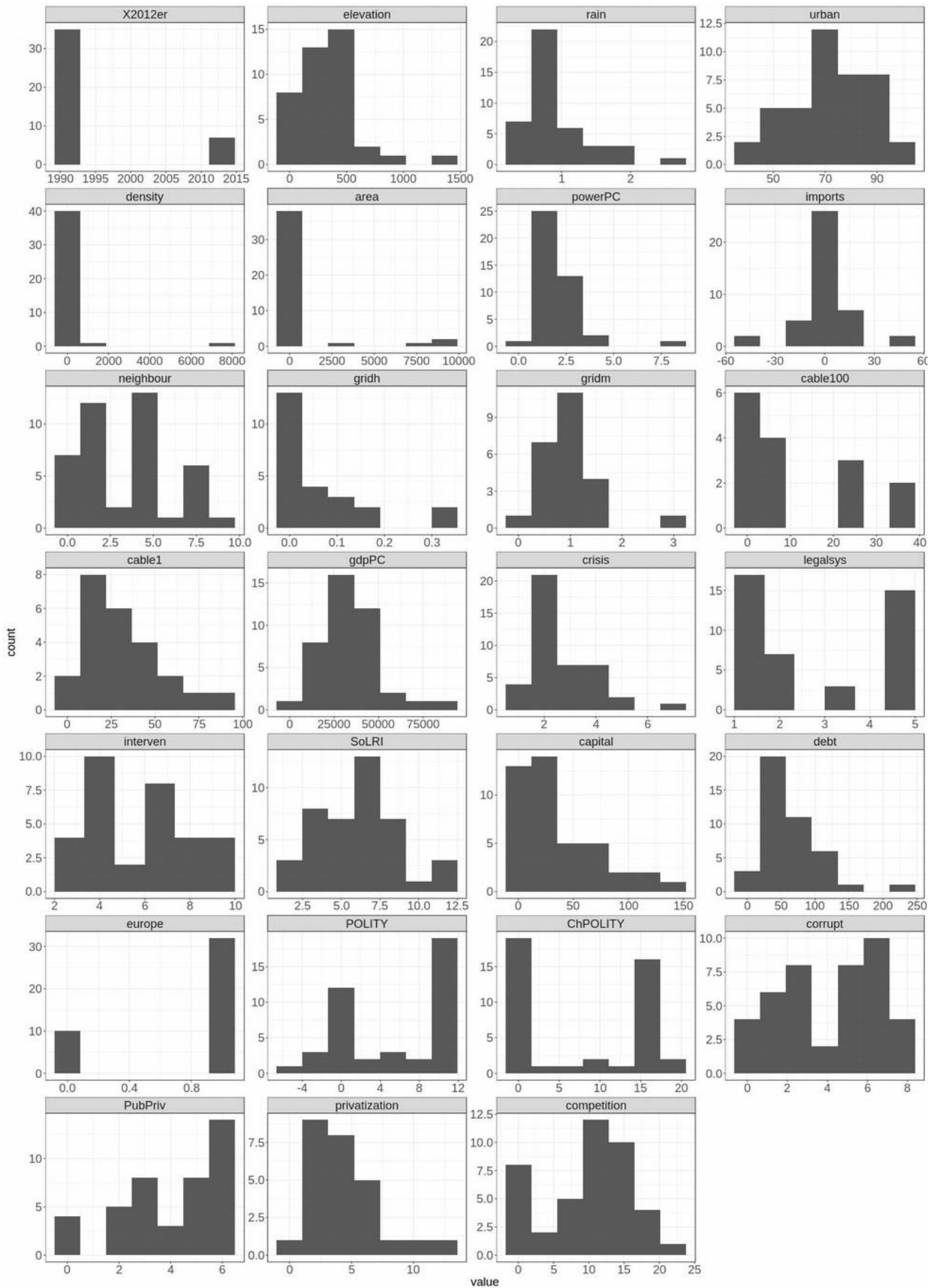
Quelle: R Projekt Diss MP\Output\flatmatrix04.csv, R Projekt Diss MP\Output\flatmatrix12.csv jeweils C467:C498

Da fehlende Werte zum Ausschluss eines Falls aus der Regressionsanalyse führen, werden unabhängige Variablen mit fehlenden Werten im nächsten Abschnitt bivariat auf ihren Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom untersucht.

<sup>56</sup> Damit dürfte eine zeitliche Autokorrelation in die Daten eingeführt werden, da die Daten für das Jahr 2012 systematisch von denen für das Jahr 2004 abhängen. Deshalb könnten Signifikanztests verzerrt werden.

Neben der Verfügbarkeit von Daten ist auch ihre Verteilung interessant. Diese ist für das Jahr 2012 in Abbildung 24 für die Länder dargestellt, für die Daten für die abhängige Variable SAIDIexc verfügbar sind. Für die Darstellung aller Variablen auf einer Seite wurde eine einheitliche Klassenzahl von 7 gewählt, was nicht für alle Variablen optimal ist, aber genügt, um die Verteilung visuell zu erfassen. Zu beachten ist, dass die Variablen X2012er und europe Dummy-Variablen sind. Die Variable legalsys wurde von 1 bis 5 in aufsteigender Reihenfolge kodiert: „civil law system“; „common law system“; „mixed“; „other“; „socialist law system“. Für die Variable SoLRI wird am rechten Rand der x-Achse die Beschriftung „12.5“ generiert. Diese ist zwar für die vom Algorithmus gewählte Position korrekt. Der Wertebereich der Variable reicht aber nur bis 12.

Abbildung 24: Verteilung der erklärenden Variablen 2012 für Länder mit verfügbarem SAIDI





Die meisten unabhängigen Variablen sind wie die abhängigen Variablen rechtsschief. Nur wenige Variablen streuen normalverteilt um ihren Mittelwert. Auffällig ist die Polarisierung der Variablen, die das politische System beschreiben. Im Indikator POLITY erzielten die meisten Staaten die maximale Punktzahl (10 Punkte) oder weisen autoritäre Züge auf (0 oder weniger Punkte). Ebenso liegen beim Indikator für Systemstabilität ChPOLITY fast ausschließlich Systemstabilität (0 von 20 Punkten) oder massive Veränderungen (15 oder mehr von 20 Punkten) vor. Von 1960 bis 2012 ergab sich in der gesamten Population eine Verschiebung von insgesamt 416 Punkten oder 6.3 Punkten pro Land bzw. für Länder mit Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom eine Verschiebung von insgesamt 264 Punkten oder 7.5 Punkten pro Land zu demokratischeren Strukturen (66 bzw. 35 Länder mit Daten für diesen Zeitraum). Es gibt aber bemerkenswerte Ausnahmen wie Singapur mit -9 und Belgien mit -2 Punkten Veränderung.<sup>57</sup>

### **7.3 Bivariate Korrelation**

In diesem Abschnitt prüfe ich in Abschnitt 7.3.1, ob nur mit wenigen Beobachtungen verfügbare Variablen mit geringem Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom zugunsten eines möglichst sparsamen Modells ausgeschlossen werden können (Eckstein 1975: 89; Van Evera 1997: 19). In Abschnitt 7.3.2 untersuche ich den Informationsgehalt des Indikators installierte Leistung pro Kopf (powerPC). In Abschnitt 7.3.3 überprüfe ich die Tragfähigkeit des law-and-finance-Ansatzes als Erklärungsmodell für den Reformprozess im Elektrizitätssektor und die Unterschiede bei der Versorgungssicherheit mit Strom.

#### **7.3.1 Variablen mit wenigen Beobachtungen**

Fehlende Werte führen zum vollständigen Ausschluss eines Falls aus der multiplen Regressionsanalyse. Um zu entscheiden, ob eine unabhängige Variable dennoch im Datensatz verbleiben sollte, um ein vollständiges Modell zu erhalten, führe ich eine bivariate Korrelation der betreffenden Variablen mit der Versorgungssicherheit mit Strom exklusive außergewöhnlicher Ereignisse für die Jahre 2004 und 2012 durch. Tabelle 7 stellt die Ergebnisse dar. In der Spalte n ist die Anzahl der Wertepaare der betreffenden Variable mit der abhängigen Variablen SAIDI<sub>exc</sub> angegeben. In den Spalten r und p.pearson können der Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient und dessen p-Wert sowie in den Spalten rho und p.spearman die Angaben für den Rangkorrelationskoeffizienten abgelesen werden.

<sup>57</sup> R Projekt Diss MP/Quellen/unabhängige Variablen/Datentabellen Tabellenblatt Polity76, Spalten BN-BP

Variablen, die einen bedeutenden und signifikanten Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom ausüben (Betrag von  $r$  bzw.  $\rho > 0.5$ ), sollten in der Analyse belassen werden, sofern sie eine vertretbare Anzahl von Fällen aus der weiteren Analyse ausschließen. Aufgrund der kleinen Fallzahl und defizitären Datenqualität, wurden auch unübliche Alphaniveaus als signifikant markiert (siehe untenstehende Legende).

Tabelle 7: bivariate Korrelation der Variablen mit unvollständigen Wertepaaren zu SAIDIexc

Jahr	Variable	n	r	p.pearson	rho	p.spearman
2004	elevation	21	0.2	0.39	0.28	0.218
2012	elevation	36	-0.1	0.56	0.03	0.874
2004	gridh	14	-0.09	0.75	-0.088	0.765
2012	gridh	23	-0.11	0.62	-0.08	0.731
2004	gridm	14	-0.52	0.056*	-0.621	0.018**
2012	gridm	23	-0.54	0.008***	-0.72	0***
2004	cable100	10	-0.31	0.39	-0.462	0.179
2012	cable100	14	-0.26	0.38	-0.42	0.135°
2004	cable1	14	-0.64	0.014**	-0.613	0.02**
2012	cable1	23	-0.29	0.18	-0.53	0.009***
2004	interven	21	0.15	0.51	0.26	0.263
2012	interven	28	0.42	0.027**	0.42	0.025**
2004	privatization	18	0.19	0.46	0.184	0.464
2012	privatization	22	-0.21	0.35	-0.18	0.435

Quelle: R Projekt Diss MP/Output/flatmatrix04.csv; R Projekt Diss MP/Output/flatmatrix12.csv

° = signifikant bei  $\alpha \leq 0.15$ ; \* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.1$ ; \*\* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.05$ ; \*\*\* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.01$

Die durchschnittliche Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel elevation zeigt keinen Zusammenhang zu SAIDIexc. Die errechneten Effekte sind gering, unterschiedlich gepolt und nicht signifikant. Möglicherweise bildet dieser Indikator die Topografie aber nur unzureichend ab.

Die Effekte der Netzdichte und des Anteils von Erdkabeln sind auf der Hochspannungsebene (gridh, cable100) nicht signifikant. Dagegen zeigen diese Faktoren auf der Mittelspannungsebene (gridm, cable1) einen mittelstarken und insbesondere für das Jahr 2012 signifikanten, indirekten, monotonen Zusammenhang zu SAIDIexc. Allerdings ist die Datenlage für die weitere Analyse ein Ausschlusskriterium. Zwar sind die diesen technischen Faktoren zugrunde liegenden kausalen Mechanismen bekannt und plausibel (Abschnitt 4.2.2, Poetzsch 2011: 22-23), doch mindert der Ausschluss eines relevanten Faktors die Fähigkeit des angestrebten Modells, den Effekt von Regulierung auf die Versorgungssicherheit mit Strom zu quantifizieren.

Für die Variable interven, die abbildet, ob Staaten eher marktorientiert oder interventionistisch agieren, ist kein einheitlicher Befund offensichtlich. Während im Jahr 2004 allenfalls ein schwacher

monotoner Zusammenhang bei hoher Irrtumswahrscheinlichkeit erkennbar ist, zeigen sich im Jahr 2012 mittlere lineare und monotone Zusammenhänge, die auf dem Niveau  $\alpha \leq 0.05$  signifikant sind. Eine grafische Überprüfung zeigt, dass die Daten für das Jahr 2012 durch einen Ausreißer (Rumänien) verzerrt werden und die Daten ansonsten gleichmäßig verteilt, d. h. weder linear noch monoton assoziiert sind (Abbildung 50 im Anhang).

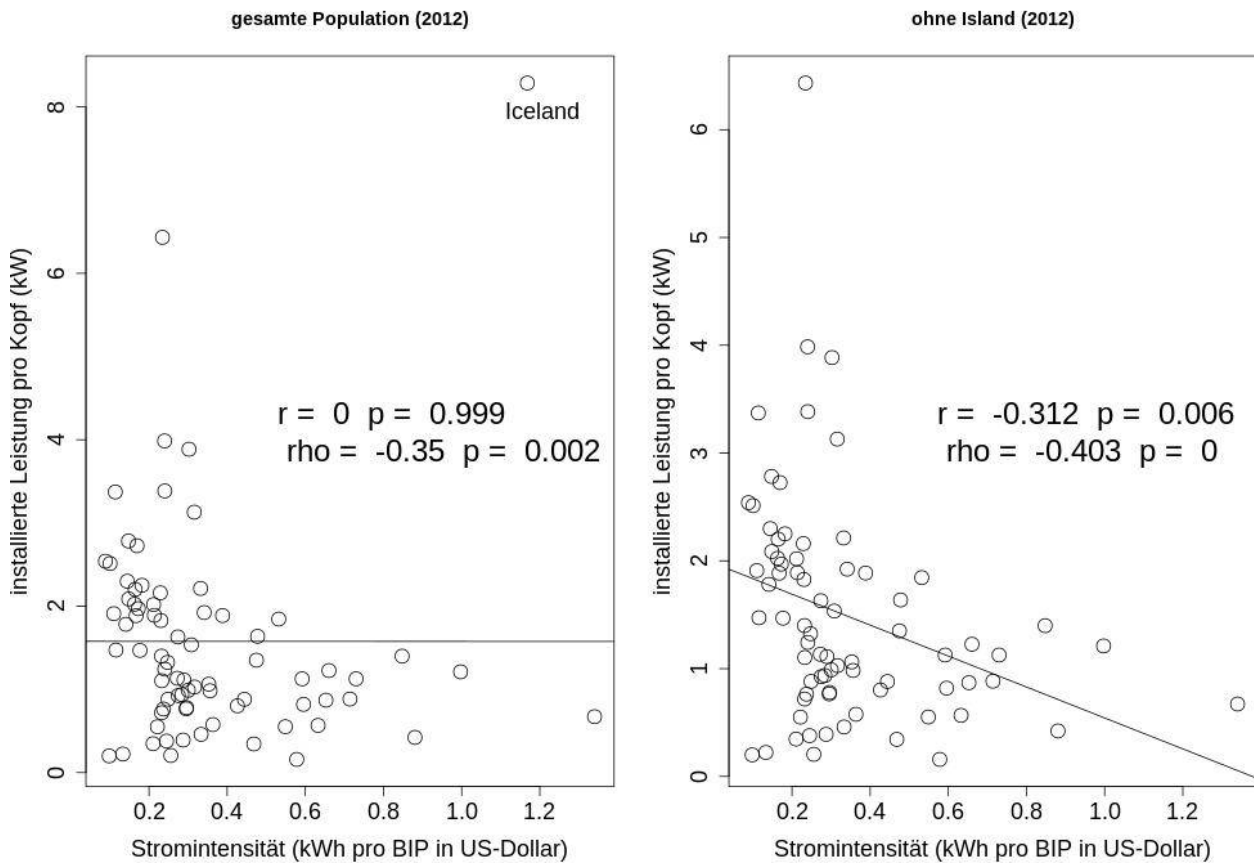
Der mit dem Umfang der staatlichen Beteiligung an der Wirtschaft im Jahr 1980 gewichtete, sektorübergreifende Privatisierungsumfang in Prozent des BIP privatization weist allenfalls einen schwachen, nicht signifikanten Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom auf. Wahrscheinlich besteht kein Zusammenhang zwischen beiden Variablen. Dies ist plausibel, da es im Zeitraum von 1985 bis 1999 nicht zu nennenswerten, die Netzinfrastruktur umfassenden Privatisierungen im Elektrizitätssektor kam (Abschnitt 4.1.1). Dies drückt sich durch einen fehlenden Zusammenhang zwischen der Variable privatization und dem Anteil des Staats am größten EVU (PubPriv) aus ( $r = 0.063$  [ $p = 0.74$ ],  $\rho = 0.042$  [ $p = 0.824$ ]).

Aufgrund der wenigen verfügbaren Wertepaare sowie der geringen erkennbaren Zusammenhänge zur Versorgungssicherheit mit Strom streiche ich die Variablen elevation, gridh, gridm, cable1, cable100, interven und privatization aus der Modellformulierung.

### **7.3.2 Informationsgehalt der installierten Leistung pro Kopf**

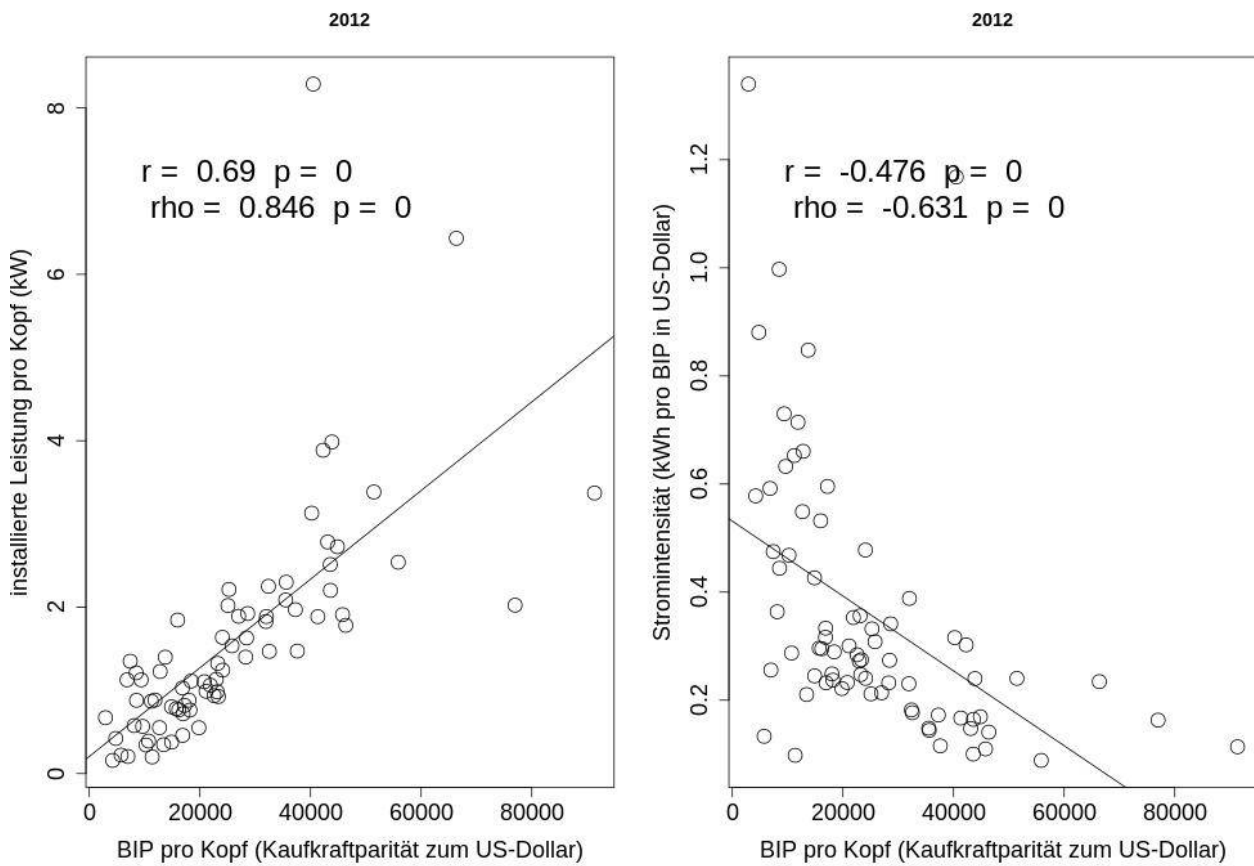
Die installierte Leistung pro Kopf ist auch ein Indikator für die Stromintensität einer Volkswirtschaft und für den Anteil erneuerbarer Energien an der Erzeugungsleistung. Den Zusammenhang zwischen der installierten Leistung und der Stromintensität veranschaulicht Abbildung 25.

Abbildung 25: Zusammenhang von installierter Leistung und Stromintensität 2012



In der gesamten Population zeigt sich besonders unter Bereinigung Islands ein mittelstarker, negativer Zusammenhang zwischen der installierten Leistung pro Kopf und der Stromintensität einer Volkswirtschaft. Dabei überrascht der negative Zusammenhang. Je höher der Stromeinsatz je produzierter Einheit des BIP, desto geringer ist die installierte Leistung pro Kopf. Scheinbar widerspricht dies der Erwartung, dass ein hoher Stromverbrauch eine hohe installierte Leistung bedingt. Die Ursache hierfür liegt in der Effizienz, mit der reiche Länder Strom einsetzen, um Werte zu schaffen. Dies zeigt Abbildung 26.

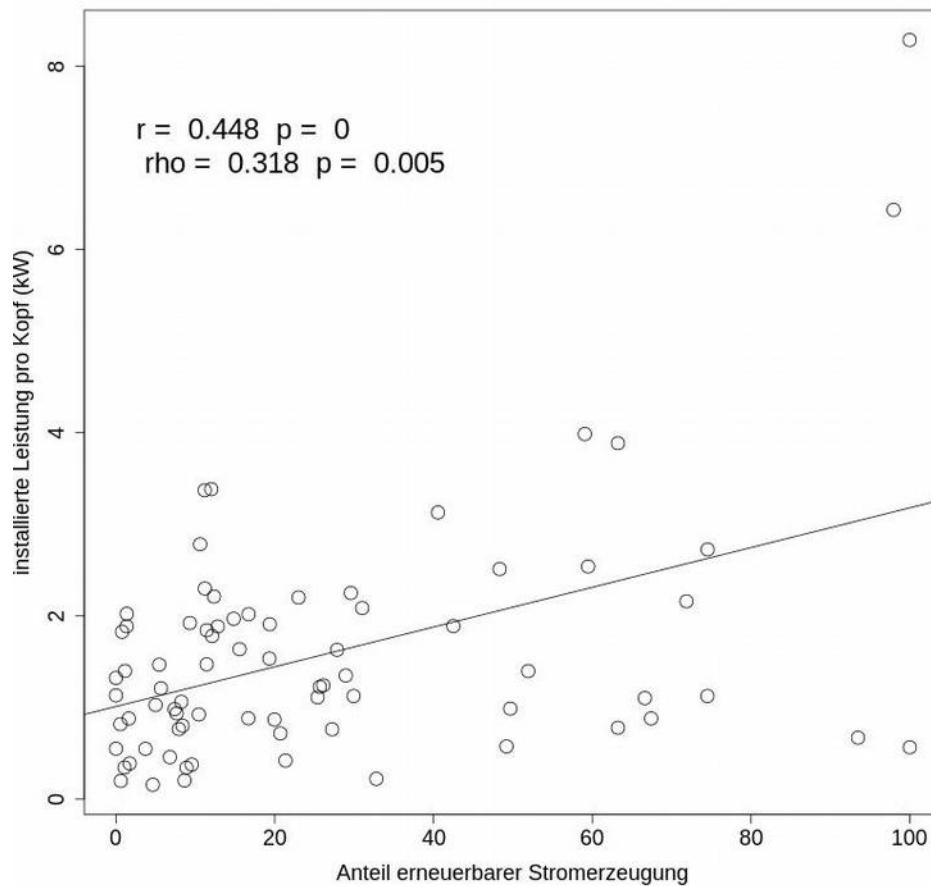
Abbildung 26: Installierte Leistung pro Kopf und Stromintensität gegen BIP pro Kopf 2012



Zwar steigt mit zunehmender Wirtschaftsleistung pro Kopf auch die installierte Leistung pro Kopf (links). Doch nimmt zugleich die Stromeffizienz je Einheit des BIP zu (rechts). Reiche Länder erzeugen je kWh Strom etwa dreimal so viel Wirtschaftsleistung wie arme Länder.

Abbildung 27 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung und der installierten Leistung pro Kopf.

Abbildung 27: Anteil erneuerbarer Stromerzeugung gegen installierte Leistung pro Kopf 2012



Es besteht ein mittelstarker positiver Zusammenhang zwischen dem Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung und der installierten Leistung pro Kopf, der auf die durch die stochastische Einspeisung bedingte Reservehaltung zurückzuführen ist.

Es bestehen also mittelstarke bis starke Zusammenhänge der Stromintensität und des Anteils erneuerbarer Stromerzeugung zur installierten Leistung pro Kopf. Dennoch bietet der Indikator einen ausreichenden eigenständigen Informationsgehalt, wie eine multiple Regression des Anteils erneuerbarer Stromerzeugung (hier: `Liste[, "Anteil_EE"]`) und der Stromintensität (hier: `Liste[, "el_intensity"]`) auf die installierte Leistung pro Kopf zeigt (zur Interpretation des Verfahrens und des Outputs siehe 7.5.2).

```
Call: lm(formula = independent12[ , "powerPC"] ~ Liste[ , "Anteil_EE"] +
Liste[ , "el_intensity"])
```

Residuals:

```
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.5467 -0.6675 -0.1047  0.5002  5.5442
```

Coefficients:

```
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    1.211285   0.249045   4.864 6.43e-06 ***
Liste[, "Anteil_EE"]  0.023388   0.005208   4.491 2.60e-05 ***
Liste[, "el_intensity"] -0.690774   0.569797  -1.212   0.229
---
```

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
Residual standard error: 1.169 on 73 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2165,    Adjusted R-squared:  0.195
F-statistic: 10.08 on 2 and 73 DF,  p-value: 0.0001357
```

Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  beträgt nur 0.22 und die Stromintensität ist nicht signifikant.

### 7.3.3 Variablen des law-and-finance-Ansatzes

Möglicherweise trägt die Betonung der Kapitalmarktentwicklung aus dem law-and-finance-Ansatz als Erklärungsmodell für den Reformprozess im Elektrizitätssektor und die Unterschiede bei der Versorgungssicherheit mit Strom. In diesem Abschnitt prüfe ich deshalb zunächst die Annahmen des law-and-finance-Ansatzes auf Gültigkeit in der Population und anschließend, inwieweit sich ein Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom durch bivariate Korrelation begründen lässt.

#### Überprüfung der haushaltspolitischen Motivation der Energiewirtschaftsreformen

Wie in Abschnitt 4.1.1 dargestellt, gilt die Liberalisierung und Privatisierung des Elektrizitätssektors als Teil eines übergeordneten, haushaltspolitisch motivierten Reformprozesses, der durch eine hohe Staatsverschuldung und liquide Kapitalmärkte begünstigt worden sei. Tabelle 8 zeigt die bivariate Korrelation der Kapitalverfügbarkeit und der Staatsschuldenquote im Jahr 1980 (capital1980, debt1980) einerseits mit dem nach der ursprünglichen staatlichen Beteiligung gewichteten sektorübergreifenden Privatisierungsumfang (privatization) und dem Anteil des Staats am größten Energieversorger (PubPriv) im Jahr 2012 andererseits. Allerdings ist die Datenverfügbarkeit sehr schlecht, sodass nur wenige Wertepaare gebildet werden können (Spalte n). Deshalb zeigt Tabelle 8 auch die Korrelation für die Kapitalverfügbarkeit im Jahr 2012 (Variablen capital und debt). Dabei ist zu beachten, dass hier die unterstellte zeitliche Kausalität umgekehrt ist: Während in der historischen Erklärung liquide Kapitalmärkte (capital1980) und hohe Staatsschulden (debt1980) als Ursache für umfängliche Privatisierungen im Allgemeinen (privatization hoch) und einen Rückzug des Staats aus der Energiewirtschaft (PubPriv niedrig) angenommen werden, sollten 2012 nach der

Privatisierung die Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen höher sein (capital hoch) und die Staatsschuldenquote niedriger (debt niedrig).

*Tabelle 8: Haushaltslage und Kapitalverfügbarkeit als Ursachen der Privatisierung*

row	column	n	r	p.pearson	rho	p.spearman
capital	PubPriv	46	-0.146	0.333	-0.117	0.44
capital	privatization	34	0.119	0.504	0.115	0.517
capital1980	PubPriv	16	0.021	0.938	-0.390	0.135°
capital1980	privatization	17	0.165	0.527	0.353	0.164
debt	PubPriv	46	-0.268	0.072*	-0.206	0.169
debt	privatization	34	0.091	0.609	0.18	0.308
debt1980	PubPriv	23	0.281	0.194	0.136	0.536
debt1980	privatization	28	0.078	0.693	0.211	0.280

Quelle: R Projekt Diss MP/Output/flatmatrix12.csv; R Projekt Diss MP/Output/law\_fin\_matrix.csv

° = signifikant bei  $\alpha \leq 0.15$ ; \* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.1$ ; \*\* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.05$ ; \*\*\* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.01$

Erkennbar sind die gezeigten Zusammenhänge eher schwach (r/rho deutlich  $< 0.5$ ) und nicht signifikant. Es zeigt sich somit weder die haushaltspolitische Motivation des Privatisierungsprozesses noch dessen Begünstigung durch liquide Kapitalmärkte.

In Tabelle 9 überprüfe ich für das Jahr 2012 zum einen den direkten Zusammenhang zwischen den kausalen Zwischenschritten des law-and-finance-Ansatzes, dem Schutz von Kreditgebern und -nehmern (SoLRI) sowie der Neigung des Staats zu Interventionen in die Privatwirtschaft (interven), und dem Privatisierungsumfang. Zum anderen prüfe ich, ob diese Größen die Kapitalmarktliquidität (capital) wie angenommen beeinflussen.

*Tabelle 9: Einfluss der kausalen Zwischenschritte des law-and-finance-Ansatzes auf die Privatisierungsvariablen und die Kapitalmarktliquidität im Jahr 2012*

row	column	n	r	p.pearson	rho	p.spearman
SoLRI	PubPriv	46	0.076	0.616	0.115	0.446
SoLRI	privatization	34	0.171	0.333	0.099	0.578
interven	PubPriv	36	-0.029	0.867	-0.067	0.696
interven	privatization	32	-0.004	0.982	-0.068	0.713
SoLRI	capital	63	0.204	0.108°	0.144	0.262
interven	capital	42	-0.689	0***	-0.715	0***

Quelle: R Projekt Diss MP/Output/flatmatrix12.csv

° = signifikant bei  $\alpha \leq 0.15$ ; \* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.1$ ; \*\* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.05$ ; \*\*\* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.01$

Auch für den Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern sowie die Neigung des Staats zu Interventionen in die Wirtschaft zeigt sich kein Zusammenhang zum Privatisierungsumfang (privatization) oder zum Anteil des Staats am größten EVU (PubPriv). Unterschiedlich stellt sich



das Bild für die Finanzmarktliquidität dar. Der Schutz von Kreditgebern und -nehmern zeigt keinen Zusammenhang zur Kapitalmarktliquidität. Dagegen besteht für die Interventionen des Staats in die Privatwirtschaft ein starker negativer Zusammenhang: Je höher der Anteil staatlicher Unternehmen an der Wirtschaft ist, desto niedriger ist die Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen.

Aus den in Tabelle 8 und Tabelle 9 gezeigten Ergebnissen schließe ich, dass der law-and-finance-Ansatz nicht für die Erklärung der Privatisierungsprozesse im Allgemeinen und im Elektrizitätssektor im Speziellen trägt. Es ist aber zu beachten, dass die untersuchte Population nur einen eingeschränkten Ausschnitt aus dem Geltungsbereich des law-and-finance-Ansatzes darstellt (der wirtschaftlich entwickelten Länder). Daher widerlegen die gewonnenen Ergebnisse die Hypothesen des law-and-finance-Ansatzes nicht, da Stichprobeneffekte infrage kommen.

### **Der law-and-finance-Ansatz und die Versorgungssicherheit mit Strom**

In Tabelle 10 überprüfe ich, ob sich für die aus dem law-and-finance-Ansatz abgeleiteten Variablen ein Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom zeigt.

*Tabelle 10: Zusammenhänge der law-and-finance-Variablen zur Versorgungssicherheit mit Strom*

SAIDIexc	Variable	n	r	p.pearson	rho	p.spearman
2004	capital	26	-0.274	0.175	-0.311	0.122°
2012	capital	38	-0.401	0.012**	-0.596	0***
2004	interven	24	0.011	0.959	0.216	0.312
2012	interven	28	0.418	0.027**	0.423	0.025**
2004	debt	26	-0.189	0.354	-0.237	0.244
2012	debt	38	-0.336	0.039**	-0.343	0.035**
2004	SoLRI	26	0.045	0.826	0.135	0.512
2012	SoLRI	38	0.395	0.014**	0.347	0.033**
2004	civil law system	26	-0.238	0.241	-0.427	0.03**
2012	civil law system	38	-0.503	0.001***	-0.553	0***
2004	common law system	26	-0.085	0.681	0.164	0.422
2012	common law system	38	-0.121	0.47	-0.124	0.457
2004	socialist law system	26	0.361	0.07*	0.358	0.073*
2012	socialist law system	38	0.585	0***	0.629	0***
2004	mixed	26	0.039	0.851	0.008	0.969
2012	mixed	38	0.002	0.99	0.018	0.916
2004	other	26	NA	NA	NA	NA
2012	other	38	NA	NA	NA	NA

Quelle: R Projekt Diss MP/Output/flatmatrix04.csv; R Projekt Diss MP/Output/flatmatrix12.csv

° = signifikant bei  $\alpha \leq 0.15$ ; \* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.1$ ; \*\* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.05$ ; \*\*\* = signifikant bei  $\alpha \leq 0.01$ ; NA = fehlender Wert

Der Zusammenhang der aus dem law-and-finance-Ansatz abgeleiteten Variablen zur Versorgungssicherheit mit Strom ist mittel bis hoch und zumeist signifikant. Die Kapitalmarktliquidität (capital) als Indikator für die Kapitalverfügbarkeit weist für das Jahr 2004 einen mittleren Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom auf, der aber nicht bzw. nur auf einem geringen Niveau signifikant ist. Dagegen nimmt dieser im Jahr 2012 deutlich zu und ist sehr signifikant. Neben Stichprobeneffekten kommt als Ursache für diese Entwicklung die fortschreitende Privatisierung und Liberalisierung (Abbildung 3) im Elektrizitätssektor als Ursache infrage, da staatliche EVU nicht auf privates Kapital angewiesen sind. Der Effekt hat die zu erwartende Richtung. Je mehr Kapital verfügbar ist, desto geringer fallen Stromausfälle aus.

Ebenso zeigt sich für die Staatsschuldenquote (debt) nur im Jahr 2012 ein bedeutender Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom, sodass auch hier Stichprobeneffekte vermutet werden können. Wie in Hypothese H16.d vermutet, hängt eine hohe Staatsschuldenquote mit einer hohen Versorgungssicherheit mit Strom zusammen. Dies ist plausibel, da die Verschuldung direkt Investitionen des Staats in der Vergangenheit oder indirekt Investitionsförderung durch Subventionen, Steuervergünstigungen usw. für private Unternehmen anzeigen kann.

Ein vergleichbares Bild zeigt sich auch für die Variablen interven und SoLRI, für die im Jahr 2004 kein Effekt ermittelt wird, die aber im Jahr 2012 mittelstarke Zusammenhänge zeigen. Vermutlich liegen auch hier Stichprobeneffekte vor, da sich die Zusammensetzung des Datensatzes im Zeitverlauf stark verändert. Für die Variable interven wurde bereits in Abschnitt 7.3.1 gezeigt, dass die Daten für das Jahr 2012 durch Rumänien verzerrt werden (Abbildung 50 im Anhang). Wenig plausibel ist die Richtung des Zusammenhangs für die Variable SoLRI, die den rechtlichen Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern misst: Ein geringer Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern ist demnach förderlich für die Versorgungssicherheit mit Strom.

Die Variable common law system weist nur wenige Ausprägungen auf, da nur fünf Länder, für die Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom verfügbar sind, dieser Rechtstradition angehören. Unter den Ländern mit Daten für SAIDIexc weisen drei eine gemischte Rechtstradition (mixed) und keines eine andere Rechtstradition (other) auf. Die vorliegende Häufigkeitsverteilung hat zur Folge, dass die Variable civil law system im Wesentlichen die Abwesenheit einer sozialistischen Rechtstradition ausdrückt.<sup>58</sup> Deshalb kann die Kodierung der Rechtstradition auf eine Dichotomie der An- bzw. Abwesenheit einer sozialistischen Rechtstradition reduziert werden. Der damit

<sup>58</sup> Wird die Unterscheidung zwischen den Rechtstraditionen common law, civil law, mixed und other durch Addition der als multiple Dichotomie konstruierten Variablen aufgelöst, entsteht eine invertierte Kodierung der Variable socialist law system.

verbundene Informationsverlust ist gering, da die Unterschiede zwischen den nicht-sozialistischen Rechtstraditionen nur graduell sind, wie in Abschnitt 4.1.1 erläutert wurde.

#### **7.4 Multikollinearität**

In diesem Abschnitt überprüfe ich die verbleibenden Variablen auf Multikollinearität. Hierbei entscheide ich interpretativ, ob inhaltliche Gründe die Beibehaltung kovariierender Variablen rechtfertigen oder ob diese zugunsten einer zuverlässigen Schätzung der Regressionsparameter entfernt werden (Backhaus et al. 2008: 88). Multikollinearität liegt vor, wenn zwei oder mehr Variablen stark miteinander korrelieren, weil die Indikatoren ähnliche Phänomene abbilden oder weil zwischen ihnen eine kausale Beziehung besteht. Perfekte Multikollinearität liegt vor, wenn die lineare Korrelation der Variablen 1 beträgt. Gehen stark miteinander korrelierte Variablen in eine multiple Regressionsanalyse ein, leidet die Schätzung der Regressionsparameter und die Interpretation des Modells wird erschwert. Tabelle 19 im Anhang (S. 292) zeigt eine Korrelationsmatrix der verbleibenden 19 unabhängigen Variablen für die Jahre 2004 und 2012. Korrelationskoeffizienten  $\geq 0.7$  wurden fett markiert. Für das Jahr 2004 weisen elf und für das Jahr 2012 vier Indikatorenpaare einen linearen Zusammenhang  $\geq 0.7$  auf.

Davon betreffen fünf die Wirtschaftsleistung pro Kopf (gdpPC). Dies ist erstens die Kapitalmarktliquidität (capital) mit  $r = 0.73$  für die Jahre 2004 und 2012. Dieser Zusammenhang weist auf eine kausale Beziehung hin, wie sie der law-and-finance-Ansatz postuliert. Zweitens zeigt die Ausprägung demokratischer Elemente im politischen System (POLITY) 2004 eine lineare Korrelation von  $r = 0.75$  (2012:  $r = 0.69$ ). Dieser Zusammenhang ist schwierig zu interpretieren, da ein kausaler Zusammenhang zwischen Demokratie und wirtschaftlichem Wohlstand in beide Richtungen vertreten wird und die demokratische und wirtschaftliche Entwicklung historisch eng zusammenhängen (Sunde 2006). Drittens zeigt auch die Veränderung des politischen Systems ChPOLITY mit 2004  $r = -0.73$  einen starken, negativen Zusammenhang zur Wirtschaftsleistung pro Kopf. Dieser deutet darauf hin, dass stabile politische Rahmenbedingungen für die wirtschaftliche Entwicklung eines Landes förderlich sind. Viertens liegt der Zusammenhang zur wahrgenommenen Korruption (corrupt) 2004 bei  $r = -0.76$  bzw. 2012 bei  $r = -0.81$ , d. h. die Korruption wird mit steigendem Wohlstand als weniger stark empfunden. Fünftens weist die sozialistische Rechtstradition (socialist law system) 2004 mit  $r = -0.77$  einen starken, negativen Zusammenhang auf, der 2012 nur noch  $r = -0.48$  beträgt. Diese Abschwächung könnte ein Hinweis auf eine aufholende wirtschaftliche Entwicklung der ehemals sozialistischen Länder nach der Systemtransformation sein.

Außerdem liegen weitere vier Paarungen mit einem Korrelationskoeffizienten  $r \geq 0.7$  zur Variable POLITY vor. Dies ist im Jahr 2004 die Variable socialist law system, die eine sozialistische Rechtstradition abbildet, mit  $r = -0.92$ . Diese sehr starke Korrelation weist darauf hin, dass beide Variablen einen sehr ähnlichen Informationsgehalt transportieren, nämlich dass politische Systeme mit sozialistischer Rechtstradition autokratische Strukturen aufweisen. Die Variable ChPOLITY, die die Stärke des Wandels des politischen Systems abbildet, ist für das Jahr 2004 mit  $r = -0.88$  mit der Variable POLITY korreliert. Dies bedeutet, dass Demokratien sehr stabil sind, während Autokratien häufiger einem Wandel der politischen Struktur unterliegen. Die Variablen POLITY und corrupt sind mit  $r = -0.76$  für das Jahr 2004 und  $r = -0.77$  für das Jahr 2012 miteinander korreliert, die wahrgenommene Korruption ist in Demokratien also geringer.

Schließlich sind für das Jahr 2004 die Variablen für den Regimewandel (ChPOLITY), eine sozialistische Rechtstradition (socialist law system) und die Korruptionswahrnehmung (corrupt) jeweils stark miteinander korreliert. Dies kann ebenfalls dahingehend interpretiert werden, dass demokratische Systeme stabiler und weniger anfällig für Korruption sind.

Hinsichtlich des starken Zusammenhangs zwischen den Variablen POLITY und corrupt erwarte ich, dass zwischen beiden eine kausale Beziehung besteht, vermutlich sogar eine wechselseitige Verursachung. Da sich Korruption bereits in meiner Masterarbeit bei der Analyse der Slowakischen Republik in Form von Klientelismus und persönlicher Bereicherung der politischen Eliten als Hindernis für die Etablierung eines stabilen Rechtsrahmens und funktionierenden Markts erwies (Poetzsch 2011: 60), entferne ich POLITY zugunsten der Variable corrupt. Dies erfolgt auch in Hinblick auf die Variablen socialist law system und ChPOLITY, die als Indikatoren der Staatsverfassung bzw. deren Veränderung im Modell verbleiben. Trotz ihrer hohen bivariaten Korrelation zu anderen Variablen erwarte ich, dass diese einzigartige Informationen bezüglich der zur Stabilität politischer Systeme und aus dem law-and-finance-Ansatz abgeleiteten Hypothesen beinhalten.

Ebenfalls entferne ich die Wirtschaftsleistung pro Kopf, da sie einen starken Zusammenhang zu mehreren anderen Variablen aufweist, um die Schätzung der Regressionsparameter zu verbessern. Dies erfolgt auch vor dem Hintergrund, dass die Kapitalmarktliquidität, das politische System, dessen Wandel, die Rechtstradition und die wahrgenommene Korruption für den Untersuchungsgegenstand der Regulierung nationaler Energiesysteme und die Fragestellung spezifischere Variablen sind. Außerdem verlor die Wirtschaftsleistung pro Kopf in meiner Masterarbeit in der multiplen Regression an Erklärungskraft (Poetzsch 2011: 26).

Der starke Zusammenhang zwischen der Lage eines Landes in Europa (europe) und der Variable X2012er, die kodiert, ob eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom bereits bis 1990 oder erst bis 2012 erreicht wurde, von  $r = -0.71$  für das Jahr 2012 zeigt an, dass die Länder in Europa sozioökonomisch weit entwickelt sind und früh eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten. Da die Variable europe den hohen Anteil europäischer Länder im Datensatz kontrolliert und die Variable X2012er eine heterogene Gruppe von sechs Ländern abgrenzt, sehe ich diesen Zusammenhang als unproblematisch an.

Multikollinearität liegt auch vor, wenn eine erklärende Variable durch eine Linearkombination anderer erklärender Variablen erzeugt werden kann. In diesem Fall bringt diese Variable keine einzigartige Information in das Modell ein und kann verlustfrei entfernt werden. (Backhaus et al. 2008: 89) Dies kann mit einer multiplen Regression jeder erklärenden Variable auf alle übrigen und der Ermittlung des Bestimmtheitsmaßes  $R^2$  kontrolliert werden. Ein  $R^2$  von 1 bedeutet, dass eine Variable vollständig durch die anderen erzeugt werden kann. Variablen, die ein  $R^2$  nahe 1 aufweisen, können dementsprechend gestrichen werden. Tabelle 11 zeigt die Ergebnisse.

*Tabelle 11:  $R^2$  der Regression der unabhängigen Variablen aufeinander 2004 / 2012*

<b>X2012er</b>	<b>rain</b>	<b>urban</b>	<b>density</b>	<b>area</b>	<b>powerPC</b>
- / 0.762	0.786 / 0.88	0.768 / 0.83	0.701 / 0.618	0.861 / 0.882	0.657 / 0.76
<b>imports</b>	<b>neighbour</b>	<b>crisis</b>	<b>SoLRI</b>	<b>capital</b>	<b>debt</b>
0.393 / 0.419	0.628 / 0.556	0.501 / 0.452	0.705 / 0.536	0.716 / 0.776	0.665 / 0.509
<b>europe</b>	<b>ChPOLITY</b>	<b>corrupt</b>	<b>PubPriv</b>	<b>competition</b>	<b>socialist law system</b>
0.883 / 0.868	0.780 / 0.674	0.829 / 0.881	0.650 / 0.685	0.647 / 0.769	0.862 / 0.8

Die höchste erklärte Variation beträgt für die Variable europe 0.883, sodass diese knapp 12 % einzigartige Information in ein Regressionsmodell einbringt. Auf eine Streichung von Variablen kann daher verzichtet werden.

## 7.5 Multiple Regression

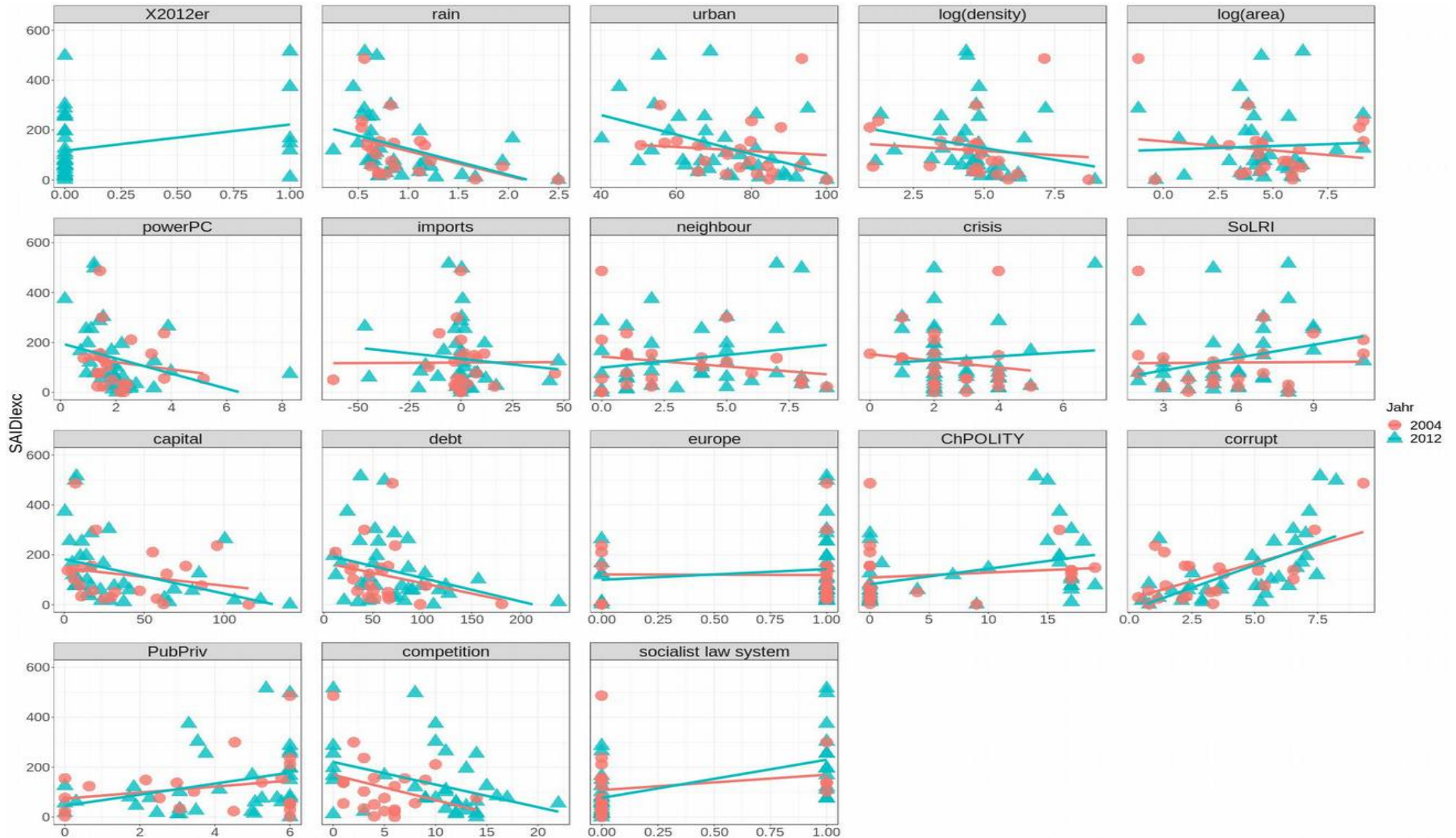
In diesem Abschnitt prüfe ich, ob die Voraussetzungen für eine multiple, lineare Regression auf der Basis der Methode der kleinsten Quadrate gegeben sind (Linearität, Additivität, statistische Unabhängigkeit der Fehler, Homoskedastizität). Mit Ausnahme der in Abschnitt 7.5.1 überprüften Linearitätsannahme werden die Voraussetzungen mittels Residualdiagnostik der Testregression in den Abschnitten 7.5.2 und 7.5.3 überprüft.

Unter den verfügbaren Beobachtungen für das Jahr 2004 sind einige Länder, die erst bis 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten. Diese sind im Jahr 2004 nicht Teil der Population und werden aus der Entwicklung des Regressionsmodells ausgenommen (Kasachstan, Moldawien, Thailand, Zypern). Als Signifikanzniveau wähle ich  $\alpha \leq 5\%$ .

### **7.5.1 Test auf Linearität**

Die Variablen wurden grafisch auf Linearität geprüft und die Bevölkerungsdichte (density) und die Landesfläche (area) daraufhin zur Basis des natürlichen Logarithmus transformiert. Für die Bevölkerungsdichte wird dadurch nicht nur ein linearer Verlauf erreicht, sondern auch der Einfluss Singapurs, das 8.2 Standardabweichungen über dem Mittel der gesamten Population liegt, begrenzt. Vergleichbares gilt für die Landesfläche. Hier sind die USA mit 3.1, Kanada mit 3.0 und Australien mit 2.5 Standardabweichungen Extremwerte in der Population mit hohem Einfluss auf die Schätzung einer Regressionsgeraden. Abbildung 28 zeigt die gegen die Versorgungssicherheit mit Strom abgetragenen erklärenden Variablen sowie jeweils die bivariaten Regressionsgeraden. Dabei wurden die Daten für die Jahre 2004 und 2012 farblich und symbolisch unterschieden.

Abbildung 28: Test auf Linearität



Bei der Kontrolle der einzelnen Grafiken auf Linearität sollten die Punkte möglichst entlang der eingezeichneten Linien streuen. Allerdings ist eine nicht lineare Streuung nicht automatisch problematisch, da diese unter Umständen im multiplen Regressionsmodell korrigiert wird. Auch sollten die beiden Geraden für das Jahr 2004 (rot) und 2012 (blau) einen ähnlichen Verlauf aufweisen, da andernfalls größere Stichprobeneffekte zu vermuten sind. Die Grafiken veranschaulichen die Heterogenität der betrachteten Länder. Insbesondere im Jahr 2012 zeigen sich viele vom allgemeinen Trend abweichende Punkte. Dennoch entsprechen die meisten Grafiken den gewünschten Kriterien. Die Ausnahmen bespreche ich kurz.

Die Variable  $X_{2012er}$ , die kodiert, ob ein Land bis 1990 oder bis 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichte, kann für das Jahr 2004 nicht geschätzt werden und wurde für dieses Jahr entfernt. Die logarithmierte Landesfläche  $\log(\text{area})$ , die Stromhandelsbilanz  $\text{imports}$ , die Anzahl der Nachbarstaaten  $\text{neighbour}$  und die Dauer der längsten Wirtschaftskrise  $\text{crisis}$  weisen für die Jahre 2004 und 2012 unterschiedlich gerichtete Geraden auf, was Stichprobeneffekte vermuten lässt. Dies gilt vergleichbar auch für den Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern  $\text{SoLRI}$ , der für das Jahr 2004 eine zur x-Achse parallele Gerade, d. h. keinen Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom, aufweist, während für das Jahr 2012 ein positiver Zusammenhang zur durchschnittlichen Unterbrechungsdauer pro Jahr angezeigt wird.

### 7.5.2 Testregression

Im Folgenden wird eine erste multiple Regression zur Überprüfung ihrer Voraussetzungen durchgeführt. Für die Modellentwicklung nutze ich die Methode der Rückwärtsselektion. Ich beginne mit einem vollständigen Modell, das alle erklärenden Variablen enthält, und entferne schrittweise die Variable mit der höchsten Irrtumswahrscheinlichkeit, bis das korrigierte Bestimmtheitsmaß abnimmt. Andere Verfahren der Modellentwicklung führen vermutlich zu anderen als den im Folgenden präsentierten Modellen. Alternative Verfahren sind: Erstens die Vorwärtsselektion, bei der das Modell schrittweise um die erklärende Variable mit der höchsten Korrelation zur erklärten Variable erweitert wird; zweitens die schrittweise Selektion, die die Vor- und Rückwärtsselektion kombiniert, indem nach jedem Schritt der Vorwärtsselektion geprüft wird, ob eine der bislang aufgenommenen Variablen wieder aus dem Modell entfernt werden kann; sowie drittens die hierarchische Selektion, bei der Variablen einzeln oder blockweise nach theoretischen Überlegungen in das Modell aufgenommen werden.

Zur Versorgungssicherheit mit Strom liegen bisher nur wenige empirische und theoretische Befunde vor. Eine hierarchische Selektion läuft deshalb Gefahr, persönliche Erwartungen auf den



Selektionsprozess zu projizieren. Ich habe mich für die Rückwärtsselektion entschieden, da diese es ermöglicht, die erklärenden Variablen im vollständigen Modell zu zeigen und zu sehen, welche Variablen sich bereits an diesem Punkt durchsetzen können.

Mit der Methode der Rückwärtsselektion wurden schrittweise die Variablen für die Stromhandelsbilanz imports, die Anzahl der Jahre, seit denen Wettbewerb auf dem Elektrizitätsmarkt herrscht competition, die Lage in Europa europe, die Staatsschuldenquote debt, die logarithmierte Landesfläche log(area), die logarithmierte Bevölkerungsdichte log(density) und die installierte Leistung pro Kopf powerPC aus dem Modell entfernt. Folgende Regressionsgleichung erreicht das höchste korrigierte Bestimmtheitsmaß:

```
Call: lm(formula = SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(short.independent12) %in%
c("Country", "competition", "imports", "debt", "europe", "log(area)", "log(density)",
"powerPC")])
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-249.225  -34.023    2.004   33.847  203.341
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  Beta
(Intercept)   -56.842    101.965  -0.557   0.580    NA
X2012er       -114.252    41.634  -2.744   0.009  -0.249
rain          -56.477    25.671  -2.200   0.033  -0.196
urban         -3.616     1.144  -3.161   0.003  -0.366
neighbour     -5.532     4.642  -1.192   0.239  -0.111
crisis        32.474     9.555   3.399   0.001   0.297
SoLRI         29.816     5.509   5.412   0.000   0.518
capital        1.009     0.470   2.146   0.037   0.256
ChPOLITY      -2.283     1.963  -1.163   0.251  -0.131
corrupt       55.981     7.886   7.099   0.000   0.982
PubPriv       14.327     5.447   2.630   0.011   0.218
`socialist law system` -55.555    44.414  -1.251   0.217  -0.187
```

```
Residual standard error: 78.06 on 48 degrees of freedom
(59 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.7434,    Adjusted R-squared:  0.6846
F-statistic: 12.64 on 11 and 48 DF,  p-value: 9.345e-11
```

Die von R erzeugte Ausgabe ist in vier Abschnitte unterteilt. Im Abschnitt Call wird die Regressionsgleichung wiederholt, konkret wird der Regressand SAIDI durch die im Objekt independent0412 gespeicherten Regressoren erklärt, ausgenommen der in der Klammer c("Country", ...) benannten Spalten. Der zweite Abschnitt Residuals gibt einen groben Überblick über die Verteilung der Residuen. Diese sollten um den Mittelwert null streuen sowie ähnliche Beträge von Minimum und Maximum bzw. der ersten und dritten Quartile aufweisen. Die Residuen des Modells entsprechen dem ungefähr. Der dritte Abschnitt Coefficients gibt die mit der Methode der kleinsten Quadrate geschätzten Regressionskoeffizienten sowie deren empirische Standardabweichung (Std. Error) und Teststatistik (t-value und p-Wert [Pr(>|t|)]) wieder. Außerdem ist in der Spalte Beta das relative Gewicht der um die verschiedenen Messdimensionen bereinigten

Regressoren im Regressionsmodell angegeben (Backhaus et al. 2008: 66).<sup>59</sup> Im vierten Abschnitt wird das Modell insgesamt beschrieben. Der Residual Standard Error gibt den typischen Abstand der Datenpunkte von der geschätzten Regressionsgeraden an.<sup>60</sup> Das Multiple R-squared ist das Bestimmtheitsmaß der geschätzten Funktion, das den Anteil der durch das Modell erklärten Variation in den Daten wiedergibt. Als Adjusted R-Squared wird das um die Anzahl der Regressoren und die Stichprobengröße korrigierte Bestimmtheitsmaß ausgegeben. In der letzten Zeile findet sich die Teststatistik des gesamten Modells.

Die erklärte Variation des gezeigten Modells ist mit einem Bestimmtheitsmaß von 0.74 bzw. einem korrigierten Bestimmtheitsmaß von 0.68 hoch, allerdings sind nicht alle Regressoren signifikant. Werden die Variablen für die Regimetransformation (ChPOLITY) und die Anzahl der Nachbarstaaten (neighbour), die die höchste Irrtumswahrscheinlichkeit aufweisen, schrittweise entfernt, resultiert ein sparsameres Modell mit nahezu gleicher Erklärungskraft:

```
Call: lm(formula = SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(short.independent12) %in%
c("Country", "competition", "imports", "debt", "europe", "log(area)", "log(density)",
"powerPC", "ChPOLITY", "neighbour")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-252.79	-33.14	6.28	28.68	206.19

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	-125.733	90.073	-1.396	0.169	NA
X2012er	-103.531	41.030	-2.523	0.015	-0.225
rain	-52.638	25.388	-2.073	0.043	-0.183
urban	-3.191	1.114	-2.865	0.006	-0.323
crisis	30.963	9.527	3.250	0.002	0.284
SoLRI	30.959	5.493	5.637	0.000	0.538
capital	0.999	0.470	2.128	0.038	0.253
corrupt	55.146	7.759	7.107	0.000	0.967
PubPriv	16.747	5.239	3.197	0.002	0.255
`socialist law system`	-89.612	38.366	-2.336	0.024	-0.302

Residual standard error: 78.49 on 50 degrees of freedom

(59 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.7298, Adjusted R-squared: 0.6811

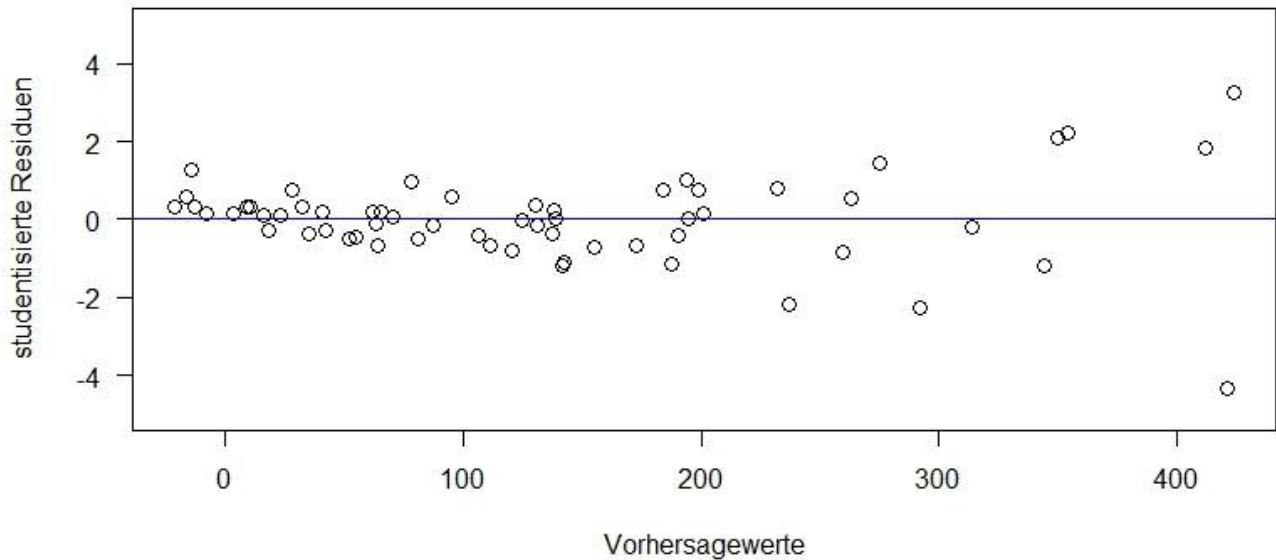
F-statistic: 15 on 9 and 50 DF, p-value: 1.966e-11

Eine Überprüfung der Residuen in Abbildung 29 zeigt jedoch, dass die Streuung der Residuen mit den vorhergesagten Werten zunimmt, also Heteroskedastizität vorliegt. Da die Streuung der Residuen mit der Größe der vorhergesagten Werte zunimmt, kann diese durch eine logarithmische Transformation der abhängigen Variablen behoben werden.

<sup>59</sup> Die Spalte Beta wurde durch die selbst geschriebene Funktion `beta_summary` ergänzt (siehe Skript im Anhang).

<sup>60</sup> Genauer handelt es sich um die Wurzel der Residuenquadratsumme geteilt durch die Freiheitsgrade ( $df = n - k$ ), wobei  $n$  die Anzahl der Beobachtungen und  $k$  die Anzahl der Regressoren plus der Konstante ist.

Abbildung 29: Studentisierte Residuen der Testregression



### 7.5.3 Logarithmiertes Modell A

Für das logarithmierte Modell A wird die abhängige Variable SAIDIexc der Jahre 2004 und 2012 zur Basis des natürlichen Logarithmus transformiert. Da die Variablen für die Landesfläche area und für die Bevölkerungsdichte density ebenfalls logarithmiert wurden, wird für diese im Modell ein multiplikativer Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom modelliert. Dies bedeutet, dass eine prozentuale Veränderung der Landesfläche eine prozentuale Änderung der Versorgungssicherheit mit Strom bewirkt (siehe Kasten S. 145). (vgl. Benoit 2011: 4)

Analog zum vorherigen Abschnitt beginne ich mit einem vollständigen Modell und entferne schrittweise die Variable mit der höchsten Irrtumswahrscheinlichkeit. Das vollständige Modell A lautet:

## Modell A (vollständig)

```
Call: lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(short.independent12) %in%  
c("Country")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.31729	-0.29435	-0.00223	0.27607	1.01493

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	5.343	1.494	3.575	0.001	NA
X2012er	-1.003	0.369	-2.715	0.010	-0.220
rain	-0.941	0.288	-3.265	0.002	-0.330
urban	-0.050	0.011	-4.399	0.000	-0.510
`log(density)`	-0.055	0.156	-0.350	0.728	-0.063
`log(area)`	0.158	0.102	1.550	0.129	0.261
powerPC	0.143	0.149	0.955	0.345	0.128
imports	-0.003	0.006	-0.462	0.647	-0.037
neighbour	-0.144	0.046	-3.109	0.003	-0.292
crisis	0.105	0.086	1.227	0.227	0.097
SoLRI	0.131	0.045	2.888	0.006	0.229
capital	0.006	0.004	1.498	0.142	0.153
debt	-0.004	0.003	-1.308	0.198	-0.119
europe	0.753	0.378	1.991	0.053	0.220
ChPOLITY	-0.022	0.016	-1.366	0.179	-0.128
corrupt	0.464	0.073	6.381	0.000	0.820
PubPriv	0.085	0.060	1.426	0.161	0.131
competition	-0.011	0.020	-0.565	0.575	-0.043
`socialist law system`	-0.791	0.372	-2.125	0.040	-0.269

Residual standard error: 0.5936 on 41 degrees of freedom

(59 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.8712, Adjusted R-squared: 0.8147

F-statistic: 15.41 on 18 and 41 DF, p-value: 7.229e-13

Von diesem Modell ausgehend wurden schrittweise die Variablen mit der höchsten Irrtumswahrscheinlichkeit entfernt, bis das höchste korrigierte Bestimmtheitsmaß erreicht wurde: die logarithmierte Bevölkerungsdichte `log(density)`, die Stromhandelsbilanz `imports` und die Anzahl der Jahre seit der Einführung von Wettbewerb auf dem Elektrizitätsmarkt `competition`. Dadurch wird folgendes Modell erreicht:

## Modell A (max. korrigiertes R<sup>2</sup>)

Call: `lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(short.independent12) %in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition")])`

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.17081	-0.26919	-0.00296	0.29652	1.08760

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	4.752	1.130	4.206	0.000	NA
X2012er	-0.997	0.357	-2.794	0.008	-0.219
rain	-0.930	0.264	-3.529	0.001	-0.326
urban	-0.050	0.010	-5.054	0.000	-0.510
`log(area)`	0.190	0.067	2.826	0.007	0.313
powerPC	0.173	0.101	1.716	0.093	0.154
neighbour	-0.140	0.038	-3.729	0.001	-0.283
crisis	0.107	0.080	1.337	0.188	0.099
SoLRI	0.128	0.044	2.914	0.006	0.224
capital	0.006	0.004	1.469	0.149	0.153
debt	-0.005	0.003	-1.904	0.063	-0.149
europe	0.723	0.360	2.008	0.051	0.211
ChPOLITY	-0.021	0.015	-1.412	0.165	-0.122
corrupt	0.479	0.065	7.407	0.000	0.847
PubPriv	0.114	0.045	2.523	0.015	0.175
`socialist law system`	-0.845	0.346	-2.441	0.019	-0.287

Residual standard error: 0.5777 on 44 degrees of freedom  
(59 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.8691, Adjusted R-squared: 0.8245

F-statistic: 19.47 on 15 and 44 DF, p-value: 1.222e-14

Die durch das Modell A erklärte Variation ist mit 87 Prozent höher als die 74 Prozent des unlogarithmierten Modells aus der Testregression. Die Prädiktoren crisis, powerPC, capital und ChPOLITY weisen eine hohe Irrtumswahrscheinlichkeit auf. Werden diese schrittweise in der genannten Reihenfolge entfernt, resultiert ein sparsameres Modell, das beinahe die gleiche Erklärungskraft bietet und deshalb vorzuziehen ist:

## Modell A

```
Call: lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(short.independent12) %in%  
c("Country", "log(density)", "imports", "competition", "crisis", "powerPC", "capital",  
"ChPOLITY")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.12323	-0.28071	-0.04168	0.31604	1.16273

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	4.010	1.052	3.812	0.000	NA
X2012er	-0.903	0.342	-2.644	0.011	-0.198
rain	-0.695	0.242	-2.870	0.006	-0.244
urban	-0.034	0.008	-4.309	0.000	-0.347
`log(area)`	0.254	0.054	4.679	0.000	0.419
neighbour	-0.145	0.038	-3.819	0.000	-0.294
SoLRI	0.117	0.043	2.716	0.009	0.205
debt	-0.006	0.003	-2.339	0.024	-0.179
europe	0.812	0.297	2.738	0.009	0.238
corrupt	0.444	0.062	7.174	0.000	0.785
PubPriv	0.131	0.044	3.014	0.004	0.201
`socialist law system`	-1.160	0.318	-3.643	0.001	-0.395

Residual standard error: 0.6036 on 48 degrees of freedom  
(59 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.8441, Adjusted R-squared: 0.8084

F-statistic: 23.62 on 11 and 48 DF, p-value: 1.033e-15

Die durch das Modell erklärte Variation beträgt 84.4 Prozent. Die Verteilung der Residuen ist unauffällig, wie Abbildung 30 zeigt. Detailliertere Grafiken zur Residuendiagnose sind im Anhang zu finden (Abbildung 51 und Abbildung 52).

Abbildung 30: Studentisierte Residuen Modell A

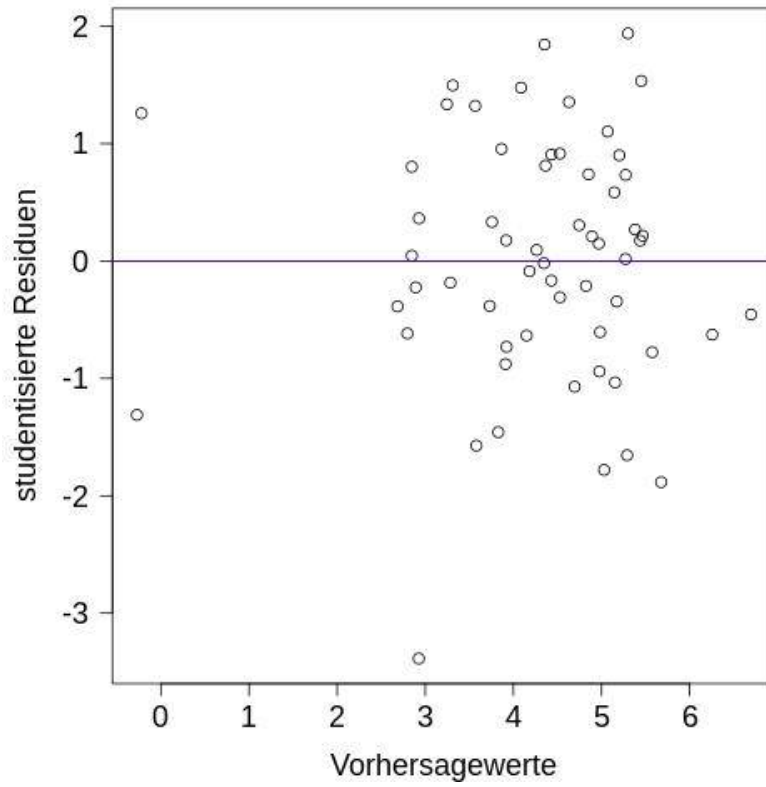
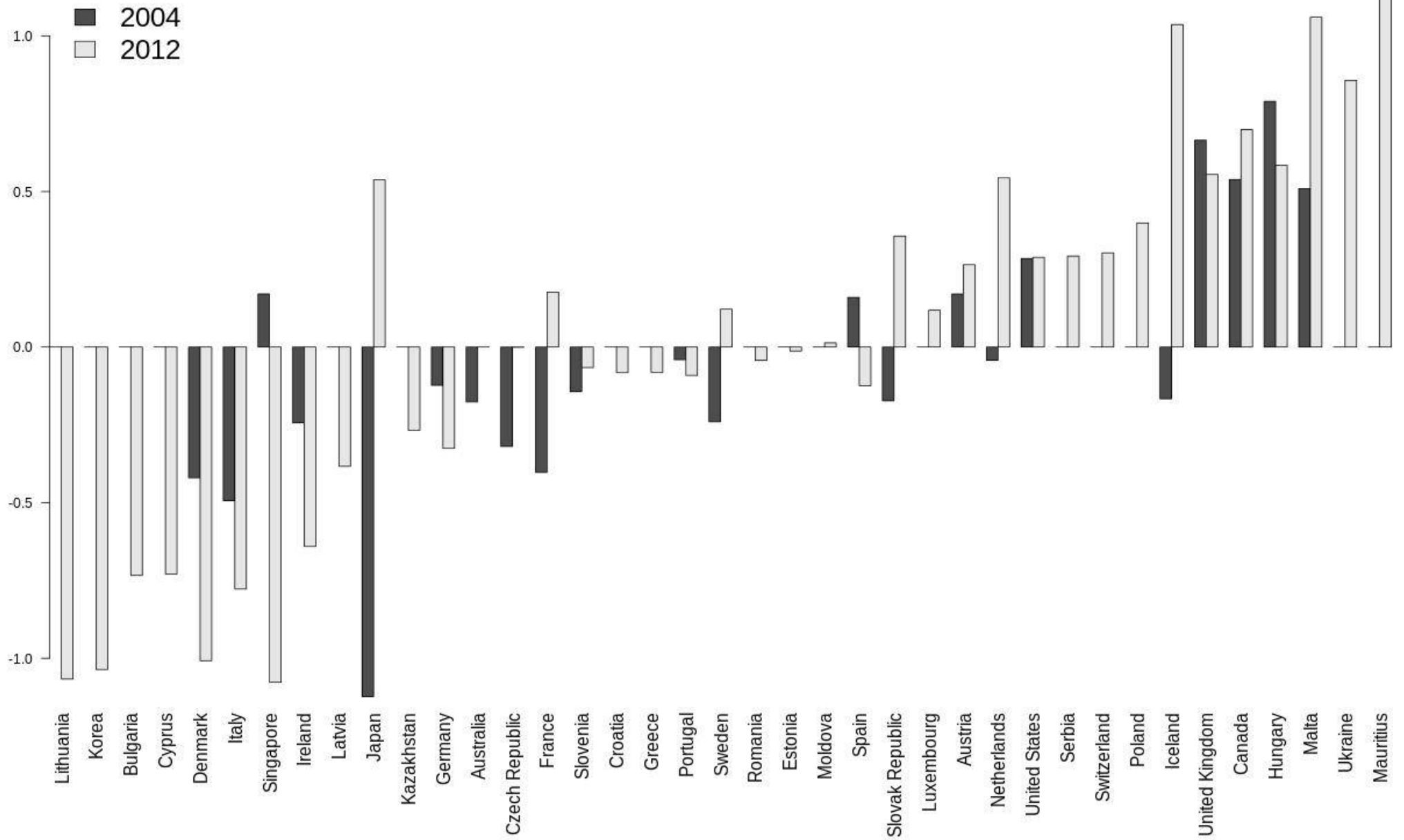


Abbildung 31 zeigt die Verteilung der Residuen nach Ländern, die nach der durchschnittlichen Abweichung von den Vorhersagewerten sortiert sind.

Abbildung 31: Modell A: Verteilung der Residuen nach Land und Jahr





Ebenfalls im Anhang ist das Modell für die Einzeljahre 2004 und 2012 zu finden (Text 3). Für das Jahr 2004 wurde die Variable X2012er entfernt, da diese keinen Informationsgehalt für dieses Jahr hat. Die unterschiedliche Zusammensetzung der Stichproben und die unterschiedliche Zahl der Variablen macht einen Vergleich der Modelle für die Jahre 2004 und 2012 schwierig. In beiden Modellen können sich die Variable corrupt auf dem Alphaniveau 0.01 sowie die Variablen urban, neighbour und socialist law system auf dem Alphaniveau 0.05 durchsetzen. Für die Variablen X2012er und log(area) wäre dies jedoch erst auf dem Alphaniveau 0.1 der Fall.

Alle verbleibenden Prädiktoren sind auf dem Alphaniveau 0.05 signifikant. Bereits im vollständigen Modell konnten sich, ausgehend von einem Alphaniveau von 0.05, die Variablen X2012er, rain, urban, neighbour, SoLRI, corrupt und socialist law system durchsetzen. Hingegen erreichten die Variablen log(area), debt, europe und PubPriv dies erst im Rahmen der Modellentwicklung.

In der Spalte Estimate sind die Regressionskoeffizienten  $\beta$  (Beta) aufgelistet. Diese geben an, um wie viele Einheiten sich die abhängige Variable verändert, wenn sich die unabhängige Variable um eine Einheit vergrößert. Da die abhängige Variable SAIDIexc sowie die unabhängige Variable area logarithmisch transformiert wurden, ist dies jedoch nicht ohne Weiteres nachzuvollziehen (siehe Kasten).

## Interpretation logarithmierter Regressionskoeffizienten

Die normale, univariate lineare Regressionsgleichung lautet  $y = \beta_0 + \beta_1 * x + f$ . Das Folgende gilt auch für multiple Modelle, unter der Annahme, dass die übrigen Regressoren konstant gehalten werden.  $y$  bezeichnet die Zielgröße, die durch die Einflussgröße  $x$  bestimmt wird.  $\beta_0$  (Beta null) ist eine Konstante, die den Schnittpunkt der Funktion mit der  $y$ -Achse markiert. Dieser kann als Ausprägung der Zielvariable  $y$  interpretiert werden, wenn alle erklärenden Variablen null sind. Dies ist aber nicht immer sinnvoll. Beispielsweise kann es kein Land mit einer Landesfläche von 0 geben.  $f$  ist ein Fehlerterm, der die stochastische Abweichung der Datenpunkte vom idealen Zusammenhang erfasst. Der Regressionskoeffizient  $\beta_1$  gibt an, wie stark sich  $y$  verändert, wenn sich  $x$  um eine Einheit verändert. Eine Änderung von  $x$  in Höhe von  $\delta$  (Delta) Einheiten bedeutet, dass sich  $y$  um  $\delta * \beta_1$  Einheiten ändert, also:

$$y_1 = \beta_0 + \beta_1 * x_0 + \beta_1 * \delta + f \text{ bzw. } y_1 = \beta_1 * \delta + y_0$$

Die Interpretation der Regressionsgleichung ist bei logarithmierter abhängiger Variable identisch:

$$\ln(y_1) = \beta_0 + \beta_1 * x_0 + \beta_1 * \delta + f \text{ bzw. } \ln(y_1) = \beta_1 * \delta + \ln(y_0)$$

Der Regressionskoeffizient  $\beta_1$  gibt an, wie sich die (hier) zur Basis  $e$  logarithmierte Zielvariable  $\ln(y)$  ändert, wenn sich  $x$  um eine Einheit verändert. Eine Änderung von  $x$  in Höhe von  $\delta$  Einheiten bedeutet, dass sich  $\ln(y)$  um  $\delta * \beta_1$  Einheiten ändert. Um die Änderung der unlogarithmierten Zielvariable zu berechnen, muss die Umkehroperation  $e^x$  angewandt werden:

$$y_1 = e^{\beta_0 + \beta_1 * x + \beta_1 * \delta + f} \text{ Dabei gilt:}$$

$$e^{A+B} = e^A * e^B \text{ Deshalb:}$$

$$y_1 = e^{\beta_1 * \delta} * e^{\beta_0 + \beta_1 * x_0 + f} \text{ bzw. } y_1 = e^{\beta_1 * \delta} * y_0$$

Für die log-linearen Beziehungen gilt, dass eine Veränderung der erklärenden Variablen um  $\delta = 1$  die abhängige Variable um  $e^{(\beta_1)}$  ändert. Beispielsweise würde eine Zunahme der Urbanisierungsrate (urban) um eine Einheit die durchschnittliche Unterbrechungsdauer SAIDI<sub>exc</sub> mit  $e^{-0.034} = 0.967$  multiplizieren, also um 3.3 % senken.

### Interpretation logarithmierter Regressionskoeffizienten (Fortsetzung)

Bei Beziehungen mit logarithmierter abhängiger und erklärender Variable gibt der Regressionskoeffizient  $\beta_1$  an, wie sich die logarithmierte Zielvariable  $\ln(y)$  ändert, wenn sich  $\ln(x)$  um eine Einheit verändert. Dies ist aber nach der Anwendung der Umkehroperation  $e^x$  wenig anschaulich:

$$y_1 = e^{\beta_0 + \beta_1 * \ln(x_0 + \delta) + f} \quad \text{Dabei gelten:}$$

$$e^{A+B} = e^A * e^B \quad \text{und} \quad e^{(A*B)} = e^{A^B} \quad \text{Deshalb:}$$

$$y_1 = e^{\beta_1 * \ln(x_0 + \delta)} * e^{\beta_0 + f} \quad \text{und} \quad y_1 = e^{\ln(x_0 + \delta)^{\beta_1}} * e^{\beta_0 + f}$$

Einfacher sind relative Änderungen von  $x$  nachzuvollziehen. Um die Änderung der unlogarithmierten erklärenden Variable  $x$  um den Faktor  $\delta$  nachzuvollziehen, muss wieder die Umkehroperation  $e^x$  angewandt werden:

$$y_1 = e^{\beta_0 + \beta_1 * \ln(x_0 * \delta) + f} \quad \text{Dabei gilt:}$$

$$\ln(A * B) = \ln(A) + \ln(B) \quad \text{also:}$$

$$y_1 = e^{\beta_0 + \beta_1 * \ln(x_0) + \beta_1 * \ln(\delta) + f} \quad \text{Wieder gilt:}$$

$$e^{A+B} = e^A * e^B \quad \text{Deshalb:}$$

$$y_1 = e^{\beta_1 * \ln(\delta)} * e^{\beta_0 + \beta_1 * \ln(x_0) + f} \quad \text{bzw.} \quad y_1 = e^{\beta_1 * \ln(\delta)} * y_0$$

$$\text{Dabei gilt: } e^{A * \ln(B)} = B^A \quad \text{Also: } y_1 = \delta^{\beta_1} * y_0$$

Für die log-log-Beziehung gilt also, dass eine Veränderung der erklärenden Variablen um plus 10 Prozent die abhängige Variable mit  $1.10^{\beta_1}$  multipliziert. Beispielsweise würde eine Verdopplung der Landesfläche die durchschnittliche Unterbrechungsdauer SAIDI<sub>exc</sub> mit  $2^{0.254} = 1.193$  multiplizieren, also um 19 % erhöhen. (vgl. Benoit 2011)

Auch ohne Variablentransformation kann vom Vorzeichen auf die Richtung des ermittelten Zusammenhangs geschlossen werden. Ein negatives Vorzeichen bedeutet, dass die durchschnittliche jährliche Dauer von Stromausfällen abnimmt, also die Versorgungssicherheit mit Strom steigt. Eine geringere jährliche Stromausfalldauer weisen Länder auf, die erst nach 1990 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten (X2012er), in denen es viel Niederschlag gibt (rain), die eine hohe Urbanisierungsrate (urban), viele Nachbarstaaten

(neighbour), eine hohe Staatsschuldenquote (debt) sowie eine sozialistische Rechtstradition (socialist law system) haben.

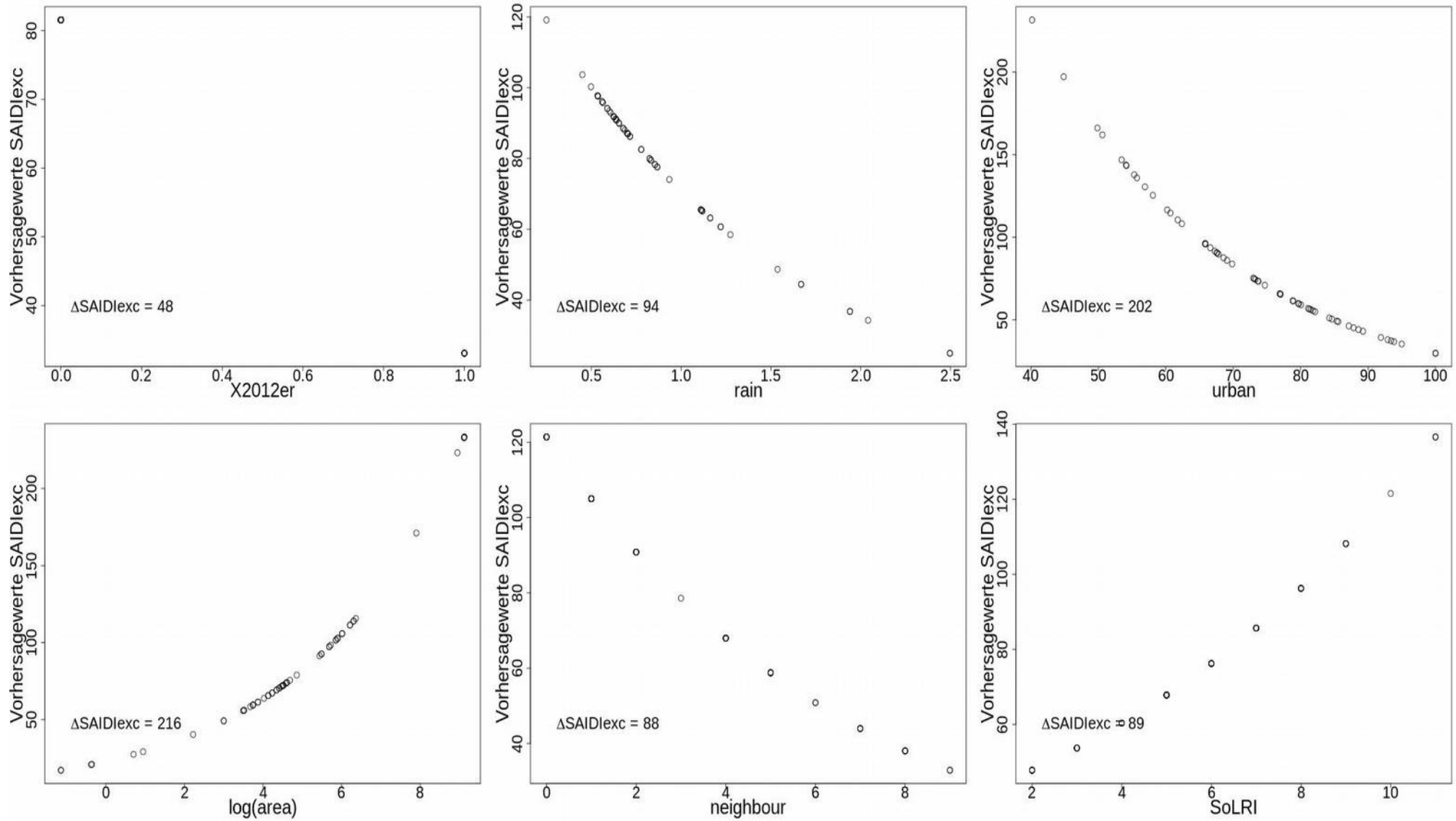
Ein positives Vorzeichen des Regressionskoeffizienten bedeutet, dass ein Anstieg der betreffenden Variable zu umfangreicheren Stromausfällen führt. Dies wurde für die logarithmierte Landesfläche ( $\log(\text{area})$ ), die Stärke des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern (SoLRI), die Lage in Europa (europe), eine hohe Punktzahl im (umgepolten) Corruption Perceptions Index (corrupt), d. h. eine hohe wahrgenommene Korruption, und den Anteil des Staats am größten Energieversorger (PubPriv) ermittelt.

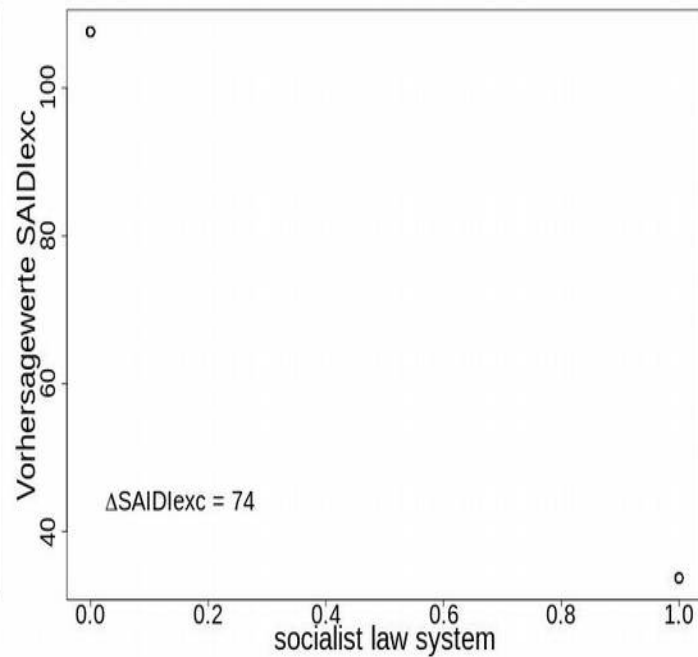
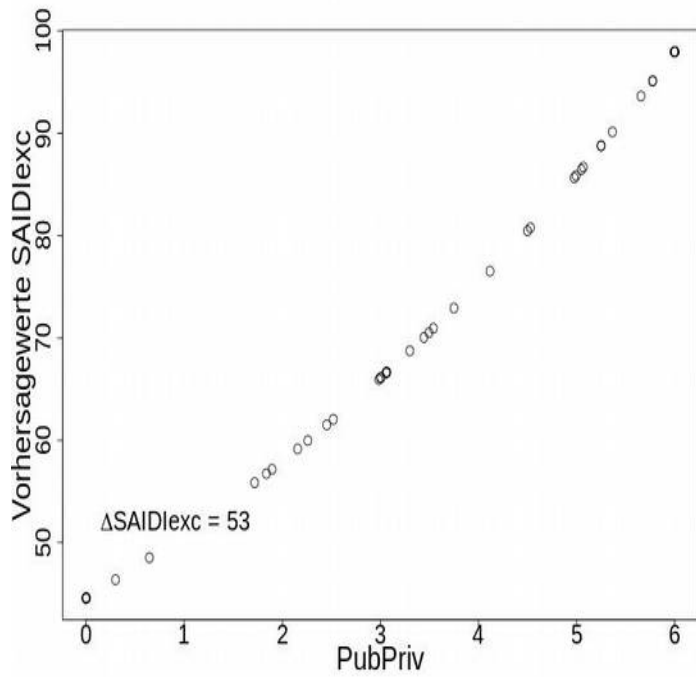
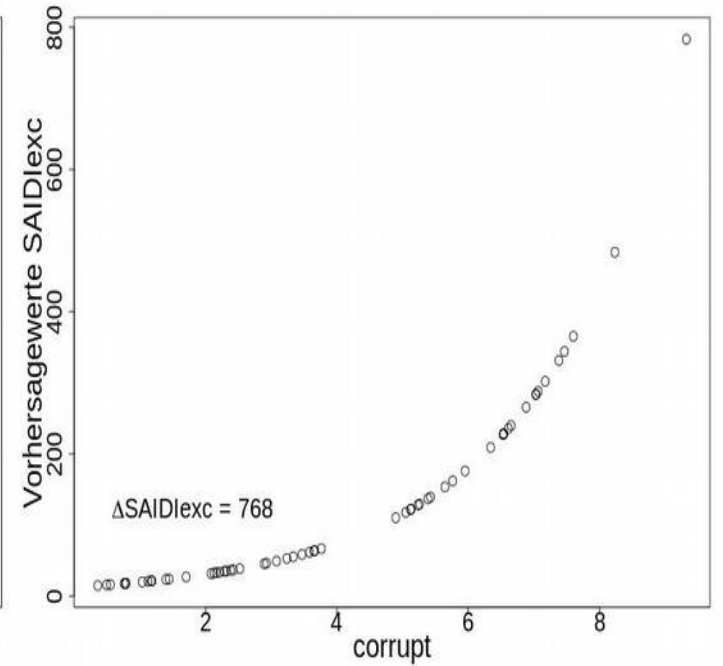
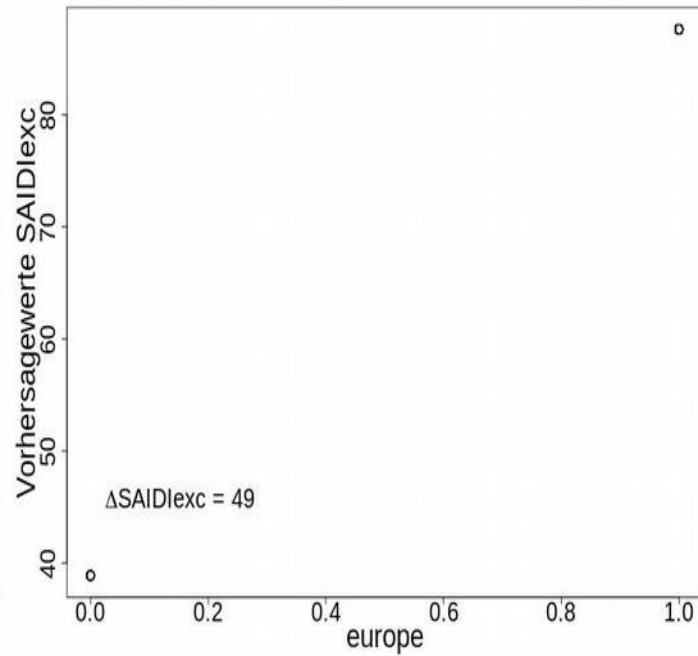
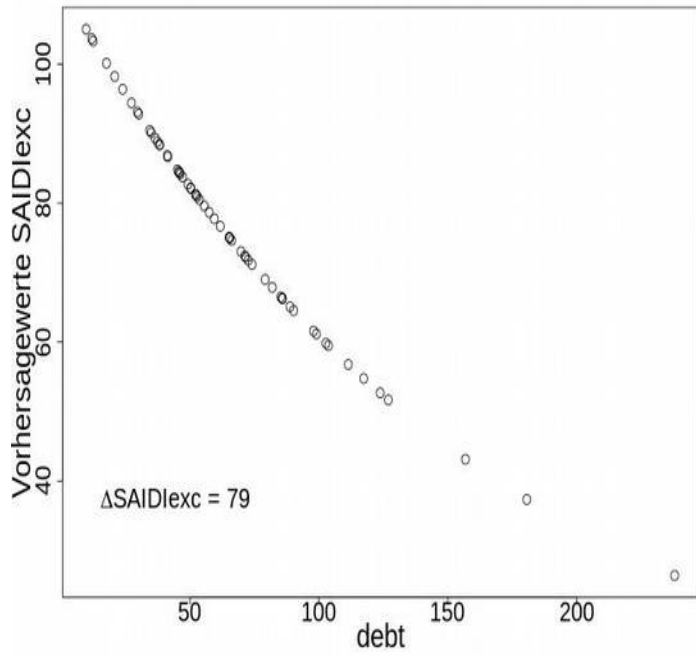
Einen Hinweis auf die relative Bedeutung der erklärenden Variablen gibt der standardisierte Regressionskoeffizient Beta, der in der Spalte Beta angegeben ist. Je größer der Betrag des Betawerts ist, desto stärker ist der Einfluss einer Variable auf die Variation der Versorgungssicherheit mit Strom. Allerdings ist eine direkte Interpretation insbesondere für Dummy-Variablen schwierig, da diese nur die Ausprägungen 0 und 1 aufweisen und eine Standardabweichung von maximal 0.5 haben.<sup>61</sup> Eine Veränderung um eine Standardabweichung beispielsweise auf den Wert 0.5 stellt aber keine sinnvoll interpretierbare Veränderung dar.

Anschaulicher sind grafische Darstellungen des Effekts jeder Variable bei Konstanthaltung der übrigen auf ihrem Mittelwert. Dazu wurde nach der Errechnung der Vorhersagewerte die Logarithmierung der abhängigen Variablen SAIDIexc durch Anwendung der Umkehroperation  $e^x$  rückgängig gemacht. Der Wertebereich der y-Achse gibt an, wie stark die abgebildete Variable die Versorgungssicherheit mit Strom beeinflusst. Aus dem Verlauf der Punkte kann die Entwicklung des Effekts abgelesen werden.

<sup>61</sup> Tatsächlich können aufgrund der bei der Ermittlung der Stichprobenvarianz üblichen Korrektur durch  $1 / (n - 1)$  minimal höhere Werte als 0.5 errechnet werden.

Abbildung 32: Effektstärken der erklärenden Variablen Modell A





Den mit Abstand stärksten Effekt weist die Korruptionswahrnehmung (corrupt) auf. Der Wertebereich der auf der y-Achse abgebildeten Versorgungssicherheit mit Strom umspannt 800 Kundenminuten pro Jahr. Dies entspricht circa 50 Prozent der in der Population beobachteten Spannweite. Je geringer die wahrgenommene Korruption ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom. Dies deutet auf die Bedeutung funktionierender gesellschaftlicher Institutionen hin. Die Korruptionswahrnehmung sollte anzeigen, ob Bürger und Unternehmen universell oder nur beschränkt Zugang zu den politischen und wirtschaftlichen Institutionen der Gesellschaft haben sowie ob diese gemeinwohlorientiert oder klientelistisch funktionieren. Als Korruption begünstigende Faktoren gelten: erstens die geringe Qualität von politischen und rechtlichen Institutionen; zweitens geringes soziales und kulturelles Kapital (Bildung) sowie drittens wenig Freiraum für die Wirtschaft (Schneider 2015: 414). Diese Faktoren wurden bislang im Modell nur zum Teil berücksichtigt. Die Variable POLITY, die einen beschränkten oder universellen Zugang zu politischen und rechtlichen Institutionen anzeigen könnte, wurde zugunsten der Korruptionswahrnehmung ausgeschlossen. Welchen Freiraum die Wirtschaft genießt, konnte mangels ausreichender Daten im Index of Economic Freedom (Variable interven) nur bivariat überprüft werden.<sup>62</sup> Auch ein Maß für die Bildung und das Wissen des Personals der Netzbetreiber und der Regulierungsbehörden fehlt bislang im Modell.

Den zweitstärksten Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom weisen die Urbanisierungsrate urban und die logarithmierte Landesfläche log(area) mit jeweils etwa 200 Kundenminuten pro Jahr auf. Je urbanisierter und kleiner ein Land ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom. Zu beachten ist, dass die negativen Werte auf der Skala der Variable log(area) aus der Logarithmierung resultieren. Die Malediven und Malta weisen eine Landesfläche in 1000 km<sup>2</sup> von 0.3 bzw. 0.32 auf. Die Logarithmierung von Werten kleiner eins führt zu negativen Ergebnissen.

Die Urbanisierungsrate und die Landesfläche sind kaum zu beeinflussende Größen. Ihre Wirkung besteht vermutlich in netzstrukturellen Effekten. Eine steigende Urbanisierung erfordert in der Regel eine engere Vermaschung der Nieder- und Mittelspannungsnetze, wodurch das Netz redundanter wird. Der negative Effekt der Landesfläche auf die Versorgungssicherheit mit Strom ist jedoch unklar. Denkbar wäre, dass in Flächenländern zur Behebung von Schäden an der Elektrizitätsinfrastruktur durchschnittlich größere Entfernungen zurückzulegen sind, sodass die Wiederversorgung länger dauert als in kleinen Ländern. Dies müsste sich durch eine positive Korrelation der Landesfläche und der durchschnittlichen Dauer eines Stromausfalls CAIDI<sub>exc</sub>

<sup>62</sup> Spearman's Rangkorrelationskoeffizient zwischen der Korruptionswahrnehmung und dem Index of Economic Freedom beträgt in der Population für das Jahr 2012 -0.42 ( $p = 0.004$ ). Die Korruptionswahrnehmung ist also in Ländern mit geringer staatlicher Beteiligung an der Wirtschaft geringer.

ausdrücken. Dies ist aber nicht der Fall: Für die Jahre 2004 und 2012 beträgt Spearmans rho -0.04 ( $p = 0.77$ ) sowie -0.05 ( $p = 0.76$ ). Möglich wäre auch, dass der Effekt der Landesfläche netzstrukturelle Effekte widerspiegelt, auf die aufgrund fehlender Daten zur Leitungslänge im Modell nicht kontrolliert werden konnte. Beispielsweise sollte mit steigender Landesfläche die Entfernung zwischen optimalen Erzeugungsstandorten (bspw. schiffbare Flüsse) und Verbrauchszentren im Durchschnitt steigen, deren Überwindung die Leitungslänge und damit die Ausfallwahrscheinlichkeit erhöht. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit wird in Abschnitt 8.2 angesprochen.

Die übrigen Variablen weisen zumeist einen Wertebereich von etwa 60-100 Kundenminuten pro Jahr auf. Neben einer geringen Korruptionswahrnehmung und der Urbanisierungsrate wirken sich folgende Faktoren positiv auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus: die Zugehörigkeit eines Landes zur Gruppe der Länder, die erst nach 1990 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten (X2012er), die jährliche Niederschlagsmenge in Metern (rain), die Anzahl der Nachbarstaaten (neighbour), die Staatsschuldenquote (debt) und eine sozialistische Rechtstradition (socialist law system).

Die positiven Effekte der späten 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom, der jährlichen Niederschlagsmenge und der sozialistischen Rechtstradition sind überraschend. Der Effekt einer späten Vollversorgung der Bevölkerung mit Strom könnte aus Freerider-Effekten bei der Produktinnovation von Basiskomponenten und MSR resultieren, die aufgrund der Nicht-Exklusivität von elektrotechnischen Produktinnovationen entstehen (S. 53). Es ist denkbar, dass die Variable X2012er vor allem zeitabhängige Wettbewerbs- und Technologievorteile abbildet.

Bezüglich des unerwartet positiven Effekts der jährlichen Niederschlagsmenge in Metern (rain) ist zuerst die Validität des Indikators zu hinterfragen. Dieser sollte das normale Wetter abbilden, also die Häufigkeit von Blitzen und die Niederschlagsmenge ohne extreme Wetterlagen wie tropische Wirbelstürme. Zwar ist der Indikator langjährig gemittelt, dennoch ist die durch Extremwetterereignisse verursachte Niederschlagsmenge anteilig enthalten. Es wäre daher denkbar, dass die Elektrizitätsinfrastrukturen, die solchen Extremwetterereignissen ausgesetzt sind, entsprechend angepasst und somit besonders robust gegen die Folgen normalen Wetters sind.

Für die bivariate Korrelation der Versorgungssicherheit inklusive außergewöhnlicher Ereignisse (SAIDIinc) und der jährlichen Niederschlagsmenge in Metern (rain) für die Jahre 2004 und 2012 beträgt Spearmans rho -0.35 ( $p = 0.01$ ). Der beobachtete, negative Zusammenhang scheint sich zu bestätigen. Wird das bisher ermittelte Modell A jedoch statt mit SAIDIexc als abhängiger Variable



auf SAIDIinc formuliert, nimmt der Einfluss der Niederschlagsmenge (rain) auf die Versorgungssicherheit mit Strom stark ab und verliert seine Signifikanz.

### Modell A (SAIDIinc)

```
Call: lm(formula = log(strom_inc) ~ ., data = independent0412[, !names(short_independent12)
%in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition", "crisis", "capital", "powerPC",
"ChPOLITY")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.10525	-0.25002	0.05476	0.24207	0.76420

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	3.008	1.251	2.405	0.021	NA
X2012er	-0.526	0.359	-1.467	0.150	-0.099
rain	-0.140	0.252	-0.556	0.582	-0.044
urban	-0.014	0.008	-1.831	0.075	-0.162
`log(area)`	0.280	0.059	4.717	0.000	0.541
neighbour	-0.142	0.032	-4.363	0.000	-0.374
SoLRI	0.063	0.043	1.462	0.152	0.151
debt	-0.009	0.002	-3.908	0.000	-0.360
europe	0.369	0.357	1.034	0.308	0.123
corrupt	0.463	0.053	8.750	0.000	1.082
PubPriv	0.103	0.037	2.775	0.008	0.196
`socialist law system`	-0.661	0.258	-2.565	0.014	-0.285

Residual standard error: 0.4309 on 39 degrees of freedom  
(68 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.8676, Adjusted R-squared: 0.8303

F-statistic: 23.24 on 11 and 39 DF, p-value: 8.989e-14

Der Regressionskoeffizient für die Variable rain gibt nun die Veränderung der logarithmierten Unterbrechungsdauer inklusive außergewöhnlicher Ereignisse an. Beispielsweise bedeutet ein Anstieg der Niederschlagsmenge um 0.1 Meter, dass die Unterbrechungsdauer mit  $e^{(0.1 * -0.140)} = 0.9860975$  multipliziert wird, also um 1.4 Prozent sinkt. Zum Vergleich würde derselbe Anstieg die Unterbrechungsdauer exklusive außergewöhnlicher Ereignisse mit  $e^{(0.1 * -0.695)} = 0.9328601$  multiplizieren, also eine Senkung um 6.7 Prozent bewirken. Der Effekt der Niederschlagsmenge auf die Versorgungssicherheit mit Strom ist also unter Berücksichtigung außergewöhnlicher Ereignisse um das 5-Fache vermindert. Darüber hinaus ist der Regressionskoeffizient in dem auf SAIDIinc formulierten Modell A mit  $p = 0.582$  nicht mit ausreichender Sicherheit von der Nullhypothese, dass kein linearer Zusammenhang besteht, also  $\beta_1$  gleich null ist, zu unterscheiden. Daher sehe ich die Annahme bestätigt, dass Elektrizitätsinfrastrukturen, die Extremwetterereignissen ausgesetzt sind, entsprechend angepasst und somit besonders robust gegen die Folgen normalen Wetters sind. Es ist aber zu beachten, dass die Datenverfügbarkeit für die Versorgungssicherheit mit Strom inklusive außergewöhnlicher Ereignisse geringer ist als für SAIDIexc und die Stichprobe daher kleiner ist. Die übrigen Variablen zeigen aber vergleichbare Effekte wie im Modell für SAIDIexc.

Der positive Effekt einer sozialistischen Rechtstradition auf die Versorgungssicherheit mit Strom ist unklar, insbesondere da durch die Variablen PubPriv und debt auf die staatliche Beteiligung im Elektrizitätssektor und das staatliche Ausgabeverhalten kontrolliert wird. Eine mögliche Erklärung wird in Abschnitt 8.2 angesprochen.

Der Effekt der Staatsschuldenquote debt entspricht der erwarteten Richtung (H16.d). Die Staatsschuldenquote repräsentiert die staatlichen Ausgaben durch Verschuldung in der Vergangenheit. Unter der Annahme, dass diese Ausgaben auch in den Elektrizitätssektor flossen – in Form direkter staatlicher Investitionen oder indirekt durch Steuererleichterungen und Subventionen –, sollte die Versorgungssicherheit mit Strom mit der Staatsschuldenquote steigen. Der Effekt ist aber mit etwa 70 Minuten über die beobachtete Spanne der Staatsschuldenquote einer der kleinsten. Allerdings operationalisiert die Variable debt gemeinsam mit den Variablen für die Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen capital und dem Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern SoLRI den Faktor Kapitalverfügbarkeit. Jedoch wurde für die Variable capital kein Effekt festgestellt und diese entsprechend aus dem Modell entfernt sowie für die Variable SoLRI ein entgegengesetzter Effekt ermittelt (siehe unten). Deshalb stellt sich die Frage, ob die Variablen den gleichen Informationsgehalt transportieren.

Der positive Effekt der Anzahl der Nachbarstaaten ist erwartungsgemäß (H6) und dürfte die Möglichkeit repräsentieren, bei einem Kraftwerks- oder Leitungsausfall auf die Ressourcen in anderen Ländern zurückzugreifen. Interessanterweise wurde die Stromhandelsbilanz (imports) aus dem Modell ausgeschlossen. Möglicherweise repräsentieren die Variablen unterschiedliche Phänomene (Regeleingriff im Störfall vs. saisonale Leistungs- und Kostengefälle, siehe S. 104).

Negative Effekte auf die Versorgungssicherheit mit Strom weisen neben der logarithmierten Landesfläche der Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern SoLRI, die Lage eines Landes in Europa europe und die staatliche Beteiligung an der Elektrizitätswirtschaft PubPriv auf.

Der negative Effekt des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern auf die Versorgungssicherheit mit Strom ist unklar. Der Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern sollte sich durch die geschaffene Rechtssicherheit positiv auf die private Kreditvergabe auswirken und dadurch Investitionen im Elektrizitätssektor begünstigen. Im Modell wurde die Rechtssicherheit nur in Form der Stabilität des politischen Systems (ChPOLITY) abgebildet. Das potenzielle Volumen der privaten Kreditvergabe wurde durch die Variable capital modelliert. Beide Variablen konnten sich jedoch nicht im Modell durchsetzen, sodass nicht von einem Effekt dieser Faktoren auf die Versorgungssicherheit mit Strom ausgegangen werden kann. Dadurch bleibt die inhaltliche Interpretation des beobachteten Zusammenhangs zwischen dem Abschneiden eines Landes auf dem

Strength of legal rights index und der erreichten Versorgungssicherheit mit Strom schwierig. Eine potenzielle Erklärung wird in Abschnitt 8.2 angesprochen. Allerdings ist auch eine invalide Operationalisierung der Kapitalverfügbarkeit durch die Variable SoLRI in Betracht zu ziehen.

Auch der negative Effekt der Lage eines Landes in Europa (europe) auf die Versorgungssicherheit mit Strom ist unklar, insbesondere da auf geologische und klimatische Besonderheiten durch die Variablen elevation und rain kontrolliert wurde.<sup>63</sup> Möglicherweise geht der Effekt auf politische oder kulturelle Besonderheiten Europas wie die Europäische Union zurück.

Der negative Effekt einer staatlichen Beteiligung am größten Energieversorgungsunternehmen PubPriv auf die Versorgungssicherheit mit Strom ist überraschend (H17), da staatliche und private EVU grundsätzlich auf die gleiche Technik zurückgreifen können. Zwar ist der Effekt mit etwa 60 Minuten Unterschied zwischen einem vollständig privaten und einem vollständig staatlichen EVU einer der kleinsten. Dennoch wäre es denkbar, dass staatliche Energieversorger eher zu unrentablen Preisstrukturen neigen (gesetzliche Verpflichtung zur Grundversorgung, politisch motivierte Preissubventionen) und deshalb bei einem gegebenen Kapitalstock eine geringere Versorgungssicherheit mit Strom erbringen.

## **7.6 Zwischenergebnis und Einschätzung des Forschungsbedarfs**

Das Ziel der Analyse ist es, die Bestimmungsfaktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom zu erarbeiten. Die für die Versorgungssicherheit mit Strom potenziell relevanten Faktoren unterteilte ich in drei Gruppen: technische Rahmenbedingungen, technische Faktoren und soziale Faktoren. Die sozialen Faktoren untergliederte ich weiter in soziale Rahmenbedingungen, politische Rahmenbedingungen und die Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik. In diesem Abschnitt fasse ich die bisherigen Ergebnisse zusammen.

Die Gruppe der technischen Rahmenbedingungen umfasst sechs Faktoren: 1. das Erreichen der 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990 oder bis 2012; 2. die durchschnittliche Höhe über dem Meeresspiegel; 3. die Niederschlagsmenge; 4. die Urbanisierungsrate; 5. die Bevölkerungsdichte sowie 6. die Landesfläche. Insgesamt verantworten die relevanten technischen Rahmenbedingungen eine Variation von etwa 550 Kundenminuten pro Jahr.

Bezüglich des Erreichens einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom zeigte sich, dass Länder, die dies bis 2012 erreichten, jährlich etwa 60 Minuten weniger Stromausfälle

<sup>63</sup> Die Variable elevation wurde bereits in Abschnitt 7.3.1 aufgrund fehlender Beobachtungen sowie eines fehlenden Zusammenhangs zur Versorgungssicherheit mit Strom ausgeschlossen.

verzeichnen. Ich vermute, dass die Variable X2012er vor allem zeitabhängige Wettbewerbs- und Innovationsvorteile abbildet. Diesbezüglich formuliere ich die Freerider-Vermutung:

V1 Freerider-Vermutung: Freerider-Effekte bei der Produktinnovation von Basiskomponenten und MSR führen in Ländern, deren Elektrizitätsinfrastruktur erst relativ spät vollständig entwickelt wurde, zu einer höheren Versorgungssicherheit mit Strom.

Für die durchschnittliche Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel waren zu wenige Beobachtungen verfügbar. Deshalb konnte ich dem bivariat fehlenden Zusammenhang (7.3.1) zur Versorgungssicherheit mit Strom nicht mittels multipler Regression nachgehen.

Für die Niederschlagsmenge zeigte sich ein negativer Effekt auf die jährliche Unterbrechungsdauer durch Verschulden des Netzbetreibers (SAIDIexc), also eine sich mit steigender Niederschlagsmenge verbessernde Versorgungssicherheit mit Strom. Auch in der bivariaten Korrelation der Niederschlagsmenge auf die Dauer ungeplanter Unterbrechungen inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDIinc zeigte sich ein negativer Zusammenhang. Dieser verlor sich jedoch in der multiplen Regression auf SAIDIinc: Im Vergleich zur Regression auf SAIDIexc ist der Effekt um den Faktor fünf vermindert und die Schätzung des Koeffizienten nicht signifikant. Hieraus schließe ich, dass die Widerstandsfähigkeit der Elektrizitätsinfrastruktur entsprechend des Auftretens extremer Wetterereignisse ausgelegt wird und deshalb kein Zusammenhang zwischen der Niederschlagsmenge und der Dauer ungeplanter Unterbrechungen inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDIinc besteht. Je häufiger und stärker extreme Wetterereignisse sind, desto robuster ist die Elektrizitätsinfrastruktur gegenüber normalen Wetterereignissen, weshalb sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Niederschlagsmenge und SAIDIexc zeigt. Nach dem Risikoadjustierungsaxiom gehe ich davon aus, dass dieser Effekt durch den Einsatz höherwertiger Komponenten realisiert wird (S. 107). Diese Annahmen fasse ich als Härtingsvermutung:

V2 Härtingsvermutung: Die vollständige Anpassung der Elektrizitätsinfrastruktur an das Auftreten extremer Wetterereignisse bewirkt eine Härtung gegenüber normalen Wetterereignissen durch den Einsatz höherwertiger Komponenten.

Für die Urbanisierungsrate, die Bevölkerungsdichte und die Landesfläche ergab sich ein gemischtes Bild: Während die Urbanisierungsrate einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat, konnte sich die Bevölkerungsdichte nicht im Modell durchsetzen und die Landesfläche weist einen negativen Effekt auf.

Die Gruppe der technischen Faktoren umfasst: 1. ausreichende Stromerzeugungskapazitäten; 2. die Netzredundanz sowie 3. den Anteil von Erdkabeln im Stromverteilungsnetz. Ausreichende Stromerzeugungskapazitäten wurden durch die Anzahl der Nachbarstaaten, die installierte Leistung pro Kopf und die Stromhandelsbilanz operationalisiert. Während sich letztere nicht im Modell durchsetzen konnten, hat die Anzahl der Nachbarstaaten einen positiven Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom und verursacht rund 100 Minuten der beobachteten Varianz.

Die Netzredundanz und den Anteil von Erdkabeln konnte ich mangels ausreichender Daten nicht genauer überprüfen. Bivariat zeigten sich für die Netzdichte und den Anteil von Erdkabeln auf der Hochspannungsebene (gridh, cable100) keine Zusammenhänge zur Versorgungssicherheit mit Strom. Dagegen zeigten diese Faktoren auf der Mittelspannungsebene (gridm, cable1) einen mittelstarken, signifikanten negativen Zusammenhang zum Umfang von Stromausfällen. Der positive Effekt eines hohen Anteils von Erdkabeln auf die Versorgungssicherheit mit Strom kann, wie sich in meiner Masterarbeit (Poetzsch 2011) zeigte, auf dessen hohe Korrelationen mit der Bevölkerungsdichte und dem Grad der Urbanisierung zurückgeführt werden, die eine dichtere Vermaschung des Netzes bedingen. Die positiven Effekte der Netzdichte und des Anteils von Erdkabeln auf die Versorgungssicherheit mit Strom deuten auf in der Population bestehende Unterschiede bei der Vermaschung als Strahlen-, Ring- oder Maschennetz sowie bei der Qualität der eingesetzten Komponenten auf der Mittelspannungsebene hin.

Die Gruppe der sozialen Faktoren ist unterteilt in soziale Rahmenbedingungen, politische Rahmenbedingungen sowie Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik. Die Teilgruppe der sozialen Rahmenbedingungen umfasst drei Faktoren: 1. die Wirtschaftsleistung pro Kopf; 2. die Dauer der längsten Rezession sowie 3. die Lage eines Landes in Europa. Die Lage in Europa verursacht als einziger relevanter Faktor eine Variation der Versorgungssicherheit mit Strom von etwa 50 Kundenminuten pro Jahr. Die Wirtschaftsleistung pro Kopf gdpPC habe ich aufgrund ihrer hohen Korrelation mit für den Elektrizitätssektor spezifischeren Variablen aus der Analyse ausgeschlossen. Die Dauer der längsten Rezession crisis als Indikator für langfristig stabile wirtschaftliche Rahmenbedingungen wurde aus dem Regressionsmodell ausgeschlossen. Die Lage eines Landes in Europa wirkt sich negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus. Möglicherweise spielen hier regionale Faktoren und institutionelle Besonderheiten eine Rolle.

Die Teilgruppe der politischen Rahmenbedingungen besteht aus vier Faktoren: 1. die autokratische oder demokratische Verfassung des politischen Systems; 2. stabile politische Rahmenbedingungen; 3. die Korruptionswahrnehmung sowie 4. die Rechtstradition eines Landes. Insgesamt verantworten die politischen Rahmenbedingungen eine Variation von 850 Kundenminuten pro Jahr. Über 90 %

davon sind der Korruptionswahrnehmung zuzuschreiben. Die Verfassung des politischen Systems POLITY wurde aufgrund ihrer hohen Korrelation mit anderen Variablen und zugunsten der Korruptionswahrnehmung aus dem Modell entfernt. Der daraus abgeleitete Indikator für die politische Stabilität ChPOLITY wurde aus dem Regressionsmodell ausgeschlossen. Die Korruptionswahrnehmung corrupt erwies sich als negativer Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Den starken Einfluss der Korruptionswahrnehmung interpretiere ich als einen Hinweis auf die Bedeutung rechtsstaatlicher politischer und wirtschaftlicher Institutionen. Ebenfalls wirkt sich die Rechtstradition socialist law system eines Landes auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus. Aufgrund der Häufigkeitsverteilung in der Population kann kein differenziertes Urteil über die Effekte der verschiedenen nichtsozialistischen Rechtstraditionen gefällt werden. Länder mit einer sozialistischen Rechtstradition weisen eine niedrigere durchschnittliche Unterbrechungsdauer auf als Länder mit anderen Rechtstraditionen. Für diesen Befund gibt es derzeit keine Erklärung.

Die Teilgruppe der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik umfasst drei Faktoren: 1. den eigentumsrechtlichen Status der Energiewirtschaft; 2. das Bestehen von Wettbewerb auf dem Strommarkt sowie 3. den mit der ursprünglichen staatlichen Beteiligung gewichteten Umfang der sektorübergreifenden Privatisierung in Prozent des BIP. Der eigentumsrechtliche Status der Energiewirtschaft PubPriv verursacht als einziger relevanter Faktor eine Varianz der Versorgungssicherheit mit Strom von etwa 60 Kundenminuten pro Jahr. Eine staatliche Beteiligung am größten EVU erwies sich als negativer Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Kein Effekt zeigte sich für das Bestehen von Wettbewerb auf dem Elektrizitätsmarkt. Der nach der ursprünglichen Staatsbeteiligung gewichtete Privatisierungsumfang in Prozent des BIP privatization überprüft die haushaltspolitische Motivierung der Privatisierung. Ein Zusammenhang zwischen der staatlichen Verschuldungsquote und dem Privatisierungsumfang war nicht erkennbar.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der Vor- und Hauptuntersuchung, dass technische und natürliche Faktoren für etwa 650 Kundenminuten der beobachteten Spannweite verantwortlich sind. Soziale Faktoren verursachen etwa 910 Kundenminuten pro Jahr bzw. 60 Prozent der beobachteten Spannweite der Versorgungssicherheit mit Strom, wovon die Korruptionswahrnehmung knapp 90 Prozent verursacht. Den starken Effekt der Korruptionswahrnehmung nehme ich zum Anlass, die politischen Institutionen genauer in den Blick zu nehmen. Ich erwarte, dass sich einige der beobachteten Einflüsse auf die unterschiedliche Leistungsfähigkeit der politischen und wirtschaftlichen Institutionen zurückführen lassen und zumindest teilweise Scheinkorrelationen (bzw. Scheinnichtkorrelationen bei ausgeschlossenen Variablen) vorliegen.

Im nächsten Kapitel gehe ich erstens mit dem Konzept der capture economy einem institutionellen Erklärungsansatz für den hohen Effekt der Korruptionswahrnehmung und den unklaren Effekten einiger Variablen nach. Zweitens prüfe ich, ob der Effekt der Lage eines Landes in Europa auf die Europäische Union zurückgeht. Drittens möchte ich die Härtingsvermutung durch die Analyse der Blitzdichte absichern.

## **8. Hauptuntersuchung Teil II: Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

In diesem Kapitel nehme ich die instrumentelle Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik in den Blick. Dabei fokussiere ich auf die prozessuale Dimension von Politik (politics), d. h. die Konfliktaustragung und Konsensbildung im System der Interessenvermittlung sowie den Erwerb und Erhalt von Macht auf der Grundlage konkurrierender Interessen. Dagegen verzichte ich auf eine Analyse der strukturellen (polity) und inhaltlichen (policy) Dimensionen von Politik. Die strukturelle Dimension von Politik umfasst die Institutionen, Organisationen und Normen, in denen politische Prozesse stattfinden und diese leiten. Die inhaltliche Dimension beinhaltet die konkreten Inhalte, Ziele, Programme, Instrumente und Auswirkungen staatlichen Handelns. (vgl. Jänicke et al. 2003: 50) Ich betrachte das Politikfeld der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik als Black Box, um dessen hohe Komplexität zu vereinfachen. Dies erläutere ich in Abschnitt 8.1.

Für die Analyse der prozessualen Dimension der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik gehe ich zum einen in Abschnitt 8.2 dem Konzept der capture economy (Hellman et al. 2000) nach. Dieses stelle ich zunächst vor, ordne es in den theoretischen Rahmen ein und entwickle es für die gemeinsame Analyse legaler und illegaler Formen der Einflussnahme weiter. Zum anderen überprüfe ich, ob der Effekt der Lage eines Landes in Europa auf die Mitgliedschaft in der EU und die Stärkung der rechtsstaatlichen Institutionen zurückgeht.

Außerdem überprüfe ich in Abschnitt 8.4 die Validität der Variable rain als Messgröße für das Wetter anhand der Blitzdichte. Dadurch möchte ich die Härtingsvermutung V2 untermauern, dass die Versorgungssicherheit exklusive außergewöhnlicher Ereignisse umso höher ist, je extremer das Wetter eines Landes ist, da die Elektrizitätsinfrastruktur an Extremwetterereignisse angepasst werden muss und dadurch eine Härtung gegen normale Wetterereignisse bewirkt wird.

### **8.1 Herausforderungen bei der inhaltlichen Bewertung von Regulierungsregimen**

Für eine vertiefende Untersuchung der inhaltlichen und strukturellen Dimension der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik bieten sich nur wenige Ansatzpunkte.

### 8.1.1 Energiewirtschaftspolitik

Bei der Modellentwicklung wurden bereits wichtige Elemente der inhaltlichen Dimensionen der Energiewirtschaftspolitik berücksichtigt. Die aus dem Modell ausgeschlossene Variable competition bildet ab, ob Wettbewerb auf dem Elektrizitätsmarkt besteht. Da für die Durchsetzung von Wettbewerb die Entflechtung der Bereiche Stromerzeugung, -übertragung und -vertrieb als unerlässlich gilt, kontrolliert die Variable competition mittelbar auch den Status der Entflechtung. Die im Modell A verbliebene Variable PubPriv spiegelt wider, ob sich die Energiewirtschaft in staatlicher oder privater Hand befindet. Im Abschnitt 8.2 wird ein Erklärungsansatz vorgestellt, der den negativen Effekt der staatlichen Beteiligung an der Elektrizitätswirtschaft auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus einer institutionellen Perspektive beleuchtet. Ein bislang unberücksichtigter Aspekt ist die Preisregulierung.

Wie in Abschnitt 3.1.1 ausgeführt, entscheidet ohne regulative Vorgaben die Zahlungsbereitschaft des Grenzkunden über das Qualitäts- und Preisniveau der Stromversorgung. Eine Preisregulierung kann zur Überkapitalisierung durch den Averch-Johnson-Effekt und damit zu Qualitätssteigerungen oder zu qualitätsmindernden Kosteneinsparungen (vgl. Scherer 2008) führen. Für die Versorgungssicherheit mit Strom ist entscheidend, welche Anreize ein Preisregulierungsregime Netzbetreibern zu Anlagen- und Ersatzinvestitionen setzt. Ein Vergleich der Rentabilität von Netzbetreibern ist mangels frei verfügbarer Daten nicht möglich. Die Rentabilität eines Netzbetreibers müsste deshalb über die Netzgebühren und unter Kontrolle der Kostenstruktur geschätzt werden. Da die Kostenstruktur über die im quantitativen Modell verwendeten Indikatoren für die Lastdichte (Bevölkerungsdichte, Urbanisierungsrate, Landesfläche) und topografische bzw. klimatische Gegebenheiten approximiert werden kann (vgl. Consentec 2010: 62-64), wäre für die Rentabilitätsbewertung eine Erhebung der Preisstrukturen voraussichtlich ausreichend.

Wie in Abschnitt 3.2 dargelegt, haben sich die Regulierungsansätze seit dem Beginn des Liberalisierungsprozesses in den 1980er Jahren international erheblich diversifiziert. Insbesondere im Bereich der Preisregulierung bestehen neben den Idealtypen staatlich festgelegter Preise, kostenorientierter Regulierung und Anreizregulierung zahlreiche Mischformen. Gleichzeitig werden immer häufiger Maßnahmen zur Preisregulierung mit Maßnahmen zum Erhalt der Versorgungssicherheit kombiniert. Darüber hinaus trifft ein Vergleich von Preisstrukturen auf drei Herausforderungen: Erstens sind die Stromübertragungsnetze zumeist staatlich. Staatliche Unternehmen unterliegen weichen Budgetschränken (soft budget constraints), da auch umfangreiche Defizite der Betreibergesellschaft vom Staat aufgefangen werden können. Die



Preisgestaltung muss deshalb nicht wirtschaftlich sein. Ein vergleichbares Problem besteht bei den Verteilungsnetzbetreibern, die teils staatlich, teils privat sind.

Zweitens sind bei vertikal integrierten Energieversorgungsunternehmen die Netzgebühren nicht transparent und müssen aus dem Endverbraucherstrompreis geschätzt werden, um mit den Netzgebühren entflochtener EVU verglichen werden zu können. Bei teilweise entflochtenen EVU ist außerdem zu beachten, dass je nach dem bestehenden Entflechtungsgrad die Netzgebühren nicht die zugrundeliegenden Kosten widerspiegeln müssen, sondern möglicherweise quersubventioniert oder prohibitiv hoch sind, um Wettbewerber aus dem Markt auszuschließen.

Drittens sind länderübergreifende Querschnittvergleiche von Netzgebühren oder Endverbraucherstrompreisen problematisch. Der Endverbraucherstrompreis setzt sich aus vielen Faktoren zusammen. Diese umfassen auf der Erzeugungsseite die Kapitalkosten für Kraftwerke, Brennstoffe, ggf. CO<sub>2</sub>-Zertifikate sowie Betriebs- und Wartungskosten. Dazu addieren sich Netzbetriebskosten für die Übertragung und Verteilung des Stroms sowie den Systembetrieb, Vertriebskosten sowie Steuern, Subventionen und Umlagen für Erneuerbare Energien und Umweltschutz. (Ecofys/FISI 2015: 1) Die Netzgebühren enthalten neben den Infrastruktur- und Betriebskosten unter anderem auch Kosten für Übertragungsverluste, die mal vom Übertragungsnetzbetreiber, mal von den Marktteilnehmern beglichen werden, für Änderungen der Kraftwerkseinsatzplanung (Redispatch) sowie für verschiedene Systemdienstleistungen (Primär-, Sekundär- und Tertiärreserve, Schwarzstartfähigkeit, Spannungshaltung usw.). Deshalb nutzt der Verband Europäischer Übertragungsnetzbetreiber ENTSO-E für Vergleiche der Netzgebühren eine virtuelle Einheit, den ‚Unit Transmission Tariff‘. Vergleichbare Quellen sind mir aber nicht für Länder außerhalb Europas bekannt.

### **8.1.2 Infrastrukturpolitik**

Ich sehe kaum Ansatzpunkte, um die Unterschiede bei der Versorgungssicherheit mit Strom durch staatliche Regelungen zur Planung, zum Bau, zum Betrieb und zur Wartung der physischen Elektrizitätsinfrastruktur zu erklären. International ist die Netzauslegung mit dem N-1-Kriterium auf der Hochspannungsebene ebenso wie die Dauer, ab der Versorgungsunterbrechungen in die Unterbrechungsstatistik aufgenommen werden, weitgehend harmonisiert (Abschnitt 4.2.3). Zwar weisen die bivariaten Befunde auf Unterschiede bei der Vermaschung und der Qualität der eingesetzten Komponenten auf der Mittelspannungsebene hin (7.6), doch fehlen ausreichend viele Daten, um dies im multiplen Modell zu überprüfen. In der Literatur finden sich abseits der einleitend genannten Vermutung der CEER keine Ansatzpunkte, die diese Unterschiede auf

verschiedene Regulierungsansätze zurückführen. Zwar wurden die technischen und organisatorischen Probleme bei der Messung von Versorgungsunterbrechungen und der Aufbereitung der Daten in Abschnitt 6.1.2 angesprochen. Doch übersteigt eine Quantifizierung der bestehenden Unterschiede den Rahmen dieser Arbeit. In Abschnitt 6.3 wurde außerdem gezeigt, dass die unterschiedlichen Definitionen außergewöhnlicher Ereignisse die Quantifizierung der Versorgungssicherheit nicht verzerren.

## **8.2 Konzept der capture economy**

Das Konzept der capture economy entstammt der Transformationsforschung (Hellman et al. 2000). Es knüpft an die in Abschnitt 3.1.1 vorgestellte Capture-Theorie an und verbindet diese mit einer politischen Entscheidungslogik, ist also hinsichtlich der Regulierungsgenese der Theorie nationaler Interessenbildung zuzuordnen. Der Ausgangspunkt dieses Konzepts ist, dass legale Einflussnahme und Korruption ähnliche Formen der Vereinnahmung des Staats und durch diesen erbrachte öffentliche Güter durch private Interessen sind. Im Folgenden werden die von Hellman et al. 2000 für verschiedene Formen der Einflussnahme eingeführten Begriffe state capture, administrative corruption und influence sowie die von Hellman et al. verwendete Operationalisierung vorgestellt (8.2.1, 8.2.2). Hierauf aufbauend entwickle ich das Konzept unter Rückgriff auf die Capture-Theorie durch die Unterscheidung legaler und illegaler Einflussformen weiter und wende es auf den Elektrizitätssektor an (8.2.3). Anschließend bespreche ich die Operationalisierung der theoretischen Konstrukte und die praktischen Probleme ihrer Messung (8.2.4, 8.2.5).

### **8.2.1 Formen der Einflussnahme nach Hellman et al.**

Hellman et al. 2000 unterscheiden drei Formen der Einflussnahme: 1. die Vereinnahmung des Staats durch illegale Zahlungen an hochrangige politische Entscheidungsträger state capture, um die Formulierung von Gesetzen und Regulierungen zu beeinflussen; 2. Verwaltungskorruption durch illegale Zahlungen an Staatsbedienstete administrative corruption, um die Anwendung bestehender Gesetze und Regelungen auszusetzen sowie 3. die legale Beeinflussung des Staats influence. Unternehmen sind aufgrund ihrer Größe, eigentumsrechtlichen Verflechtungen mit dem Staat, Informationsasymmetrien und der wiederholten Interaktion von Unternehmens- und Staatsvertretern einflussreich. Es werden drei Unternehmenstypen unterschieden: 1. Vereinnahmende Unternehmen, die illegale Zahlungen an die politische Elite tätigen; 2. korrupte Unternehmen, die einfache Staatsangestellte bestechen sowie 3. einflussreiche Unternehmen, die die staatlichen Aktivitäten ohne illegale Mittel beeinflussen. Die Formen der Einflussnahme sind idealtypisch. In der Realität

können sie einander überlagern und ein Unternehmen kann zugleich alle drei Formen der Einflussnahme betreiben. (Hellman et al. 2000: 4, 7)

Einflussreiche Unternehmen sind gewöhnlich die etablierten Monopolisten. Sie sind in der Regel groß, in staatlichem Besitz, haben guten Zugang zu Staatsvertretern, sichere Eigentums- und vertragliche Rechte sowie eine dominante Position in ihrem Marktumfeld. Die Gewinne aus einer legalen Einflussnahme fallen vor allem bei dem einflussreichen Unternehmen an. Vereinnahmende Unternehmen sind tendenziell groß, Neueinsteiger im Markt, mit einer schwächeren Marktposition und weniger sicheren Eigentums- und vertraglichen Rechten als die etablierten Unternehmen, weisen kaum eigentumsrechtliche Verflechtungen zum Staat auf, sind also in der Regel in privatem Besitz, und verfügen über keinen oder nur schwach etablierten Zugang zu Staatsvertretern. Die Vereinnahmung des Staats wird als Strategie genutzt, um sich gegen etablierte Unternehmen durchzusetzen oder Eintrittsbarrieren gegen andere Wettbewerber zu errichten. Die Gewinne aus der Vereinnahmung des Staats werden zwischen dem vereinnahmenden Unternehmen und den korrupten politischen Entscheidungsträgern geteilt. Korrupte Unternehmen sind tendenziell klein, neu im Markt, ohne guten Zugang zur Verwaltung und weisen schwache Eigentums- und Vertragsrechte auf. Sie sind deshalb anfälliger für Bestechungsforderungen von Verwaltungsangestellten. Die Gewinne der administrativen Korruption fallen überwiegend bei den korrupten Staatsangestellten an. (Hellman et al. 2000: 7, 14-16, 27)

Regulatory capture ist für Hellman et al., anders, als es im Folgenden ausgearbeitet wird, ein Überbegriff. Nach dem Verständnis von Hellman et al. kann es sowohl ohne als auch aufgrund von Korruption zum Zustand des regulatory capture kommen. Für die Vereinnahmung des Staats durch die Bestechung politischer Entscheidungsträger state capture ist ein Mindestmaß an privatwirtschaftlicher Entwicklung notwendig. Erst durch die Konkurrenz privater Unternehmen entsteht der Anreiz, die politische Elite zu vereinnahmen, um sich Vorteile gegenüber Wettbewerbern zu verschaffen. Für die Vereinnahmung des Staats durch Korruption bedarf es außerdem schwacher politischer Institutionen. Schwache politische Institutionen erlauben es politischen Entscheidungsträgern, sich der öffentlichen Beobachtung zu entziehen und öffentliche Güter an private Akteure zu verkaufen. Mit steigender Fähigkeit der politischen Institutionen, korruptes Verhalten politischer Entscheidungsträger aufzudecken und zu sanktionieren, steigen die damit verbundenen Kosten. (Hellman et al. 2000: 3, 11, 14-16, 32)

Ist die politisch-institutionelle Entwicklung so weit fortgeschritten, dass eine Vereinnahmung des Staats durch illegale Zahlungen für Unternehmen und politische Entscheidungsträger mit zu hohen Kosten verbunden ist, dominieren entsprechend der Capture-Theorie einflussreiche Unternehmen

im System der Interessenvermittlung. Ihr Einfluss wird jedoch durch die politischen Institutionen kontrolliert und begrenzt. Wie in Abschnitt 3.1.1 beschrieben, kann der Zustand des regulatory capture nur erreicht werden, wenn sehr bedeutende Unternehmen bzw. stark konzentrierte Industriezweige ihren Einfluss ausüben und organisierte Gegeninteressen fehlen. Da die Interessen der verschiedenen Gruppen nicht immer klar definiert oder kontrovers sind, erlangen politische Entscheider eine gewisse Handlungsfreiheit, wenn die Auswirkungen einer Politik unsicher sind oder nicht bedrohlich erscheinen. Reformen erfolgen deshalb vor allem, um den Machterhalt der Politiker zu sichern oder politische Zielsetzungen zu verfolgen.

Als capture economy wird eine institutionelle Konstellation beschrieben, in der schwache politische Institutionen Politikern Korruption ermöglichen und öffentliche Güter durch wenige, konzentrierte Unternehmen vereinnahmt werden. Diese Unternehmen setzen ihre Interessen gegen etablierte, einflussreiche Unternehmen oder gegen andere Wettbewerber durch. Reformen erfolgen im Interesse der vereinnahmenden Unternehmen. Infolgedessen wachsen vereinnahmende Unternehmen erheblich schneller als ihr Marktumfeld und nutzen ihre Beziehungen zu den politischen Entscheidern, um Eintrittsbarrieren zu errichten oder eine striktere Regulierung ihrer Wettbewerber zu erwirken. Öffentliche Güter werden dem Markt nur unzureichend zur Verfügung gestellt und die wirtschaftliche Entwicklung insgesamt leidet. (Hellman et al. 2000: 4, 9, 27)

### **8.2.2 Operationalisierung der Konstrukte bei Hellman et al.**

Hellman et al. stützen ihre Untersuchung empirisch auf den Business Environment and Enterprise Performance Survey (BEEPS) von 1999, der von der Weltbank und der European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) für Transformationsländer entwickelt wurde.<sup>64</sup> In jedem Land<sup>65</sup> wurden in 125 bis 150 Einzelinterviews hochrangige Unternehmensleiter oder -besitzer bei Werksbesuchen befragt (außer Polen n = 246, Russland n = 552, Ukraine n = 247). Die Stichproben wurden so gewählt, dass die Größe, die Branche, der Standort und die Exportorientierung der befragten Unternehmen die Volkswirtschaft insgesamt repräsentieren. (Hellman et al. 2000: 6)

Der Einfluss eines Unternehmens wird über die Frage ermittelt: „When a new law, rule, regulation, or decree is being discussed that could have a substantial impact on your business, how much influence does your firm typically have at the national level of government to try to influence the content of that law, rule, regulation or decree?“ (EBRD/Worldbank 1999: Frage Q.34a). Hellman et

<sup>64</sup> <https://data.worldbank.org/data-catalog/BEEPS> 28.09.2017 14:08

<sup>65</sup> 1999: Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Estonia, Georgia, Hungary, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Moldova, Poland, Romania, the Russian Federation, the Slovak Republic, Slovenia, Ukraine, Uzbekistan

al. klassifizierten Unternehmen als einflussreich, die angaben, Einfluss auf die Exekutive, die Legislative, Ministerien oder Regulierungsbehörden zu haben (Hellman et al. 2000: 11).

Die Verbreitung von Verwaltungskorruption wird über die Frage ermittelt: „On average, what percent of revenues do firms like yours typically pay per annum in unofficial payments to public officials?“ (EBRD/Worldbank 1999: Q.27) Als Maß für die Verbreitung von Verwaltungskorruption imputieren Hellman et al. 2000 aus den Antwortkategorien des Fragebogens ungewichtete Landesdurchschnitte.<sup>66</sup> (Hellman et al. 2000: 8)

Die Vereinnahmung politischer Entscheidungsträger operationalisieren Hellman et al. über die Anzahl der Unternehmen, die versuchen, durch Korruption Einfluss auf den Staat zu nehmen. Dies erfolgte mittels der Frage „How often do firms like yours nowadays need to make extra, unofficial payments to public officials for any of the following?: To influence the content of new laws decrees or regulations?“ (EBRD/Worldbank 1999: Q.28 - q28law). Unternehmen, die manchmal oder häufiger angaben, wurden als vereinnahmend klassifiziert. (Hellman et al. 2000: 11)

Inwieweit die Vereinnahmung des Staats gelingt und der Zustand der capture economy gegeben ist, bestimmen Hellman et al. 2000 über den Anteil der Unternehmen, die angeben, dass sich die Bestechung politischer Entscheidungsträger signifikant oder sehr signifikant auf ihr Geschäft auswirkt. (Hellman et al. 2000: 9-10) Dazu wurde ein Index aus folgenden Fragen gebildet: „[...] what extent the following forms of corruption have had an impact on your business?

- The Central Bank mishandling of funds
- Sale of Parliamentary votes on laws to private interests
- Sale of Presidential decrees to private interests
- Sale of decisions of courts in criminal cases
- Sale of arbitration courts decisions to litigants [...]
- Contributions by private interests to political parties and election campaigns“ (EBRD/Worldbank 1999: Q.68)

Die Autoren entwickeln kein Maß für die Vereinnahmung des Staats durch legale Einflussnahme.

### **8.2.3 Konzeptionelle Weiterentwicklung**

Die Unterscheidung von legaler Einflussnahme, illegaler Vereinnahmung und ‚alltäglicher‘ Verwaltungskorruption als Formen des regulatory capture könnte zum Verständnis des starken Effekts der Korruptionswahrnehmung sowie der unklaren Effekte der sozialistischen

<sup>66</sup> Die Antwortkategorien 0%; less than 1%; 1 - 1.99%; 2 - 9.99%; 10 - 12%; 13 -25%; Over 25% gingen mit den Werten 0%; 1%; 2%; 6%; 11%; 19%; 25% in die Berechnung ein. (Hellman et al. 2000: 8)

Rechtstradition, des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern, der staatlichen Beteiligung am Elektrizitätssektor und der Lage in Europa auf die Versorgungssicherheit mit Strom beitragen.

Das Konzept der capture economy wurde für Transformationsländer entwickelt und stellt illegale Praktiken in den Vordergrund. Dagegen dominieren in entwickelten Ländern, wie in Abschnitt 3.1.2 angeführt, eher legale Formen der Einflussnahme und privaten Vorteilsnahme, die als Drehtüreffekt und legal corruption beschrieben werden. Deshalb bedarf es einer konzeptionellen Erweiterung: Ich unterscheide die durch konzentrierte Korruption erfolgende Vereinnahmung des Staats von der Vereinnahmung des Staats durch den legalen Einfluss konzentrierter Industrien regulatory capture. Damit grenze ich mich begrifflich von Hellman et al. 2000 ab, bei denen regulatory capture einen Überbegriff für die Vereinnahmung des Staats durch legale oder illegale Mittel darstellt. Dagegen bezeichnen im Folgenden regulatory capture und state capture zwei institutionelle Konstellationen, in denen öffentliche Güter als Folge legaler Beeinflussung bzw. illegaler Vereinnahmung des Staats zugunsten konzentrierter Interessengruppen erbracht werden. Die legale Beeinflussung und die illegale Vereinnahmung hochrangiger Politiker zielen auf den Inhalt von Gesetzen und Regulierungen ab, Verwaltungskorruption auf deren Aussetzung durch die Bestechung einfacher Staatsangestellter. Es sind somit zwei grundlegende Konstellationen zu unterscheiden: Die Anwesenheit und die Abwesenheit von weit verbreiteter Korruption.

### **Abwesenheit von Korruption**

Ohne Korruption werden öffentliche Güter rechtsstaatlich erbracht. Liegt die Stromversorgung in staatlicher Hand, werden ihre Qualität und ihr Preis politisch ausgehandelt. Inwieweit sich eine hohe Versorgungssicherheit mit Strom ergibt, hängt wesentlich von der Interessengruppenstruktur und politischen Kalkülen der Politiker mit dem Ziel der Machterhaltung ab. Normalerweise sollten sich die Präferenzen der verschiedenen Interessengruppen ausgleichen, da manche niedrigere Preise und andere eine höhere Versorgungssicherheit mit Strom präferieren. Je mehr Unternehmen versuchen, den Staat zu beeinflussen, desto seltener gelingt ein regulatory capture des Staats. In der Regel liegen deshalb erhebliche Gestaltungsspielräume bei der Politik.

Gelingt konzentrierten Industrieinteressen ein regulatory capture des Staats, nutzen sie ihren Einfluss, um eine zuverlässige Stromversorgung zu erhalten. Dadurch steigt die Versorgungssicherheit mit Strom im Allgemeinen, da alle angeschlossenen Verbraucher von einer redundanteren und zuverlässigeren Netzauslegung profitieren. Einflussreiche Interessengruppen versuchen aber auch, ihre Kosten auf andere Branchen sowie insbesondere auf die unorganisierten

Kleinunternehmen und Haushalte in Form einer für Großverbraucher attraktiven Preisgestaltung, steuerlicher Vergünstigungen bzw. Steuerausnahmen abzuwälzen.

Sind die EVU privat, treten diese als Interessengruppe auf. EVU sind nach den von Hellman et al. erarbeiteten Merkmalen idealtypische einflussreiche Unternehmen: Sie sind groß, haben ggf. als Monopolversorger eine hohe Marktmacht, häufig bestehen Informationsasymmetrien gegenüber dem Regulierer und eigentumsrechtliche Verflechtungen zum Staat, woraus sich wiederholte Interaktionen von Unternehmens- und Staatsvertretern sowie Drehtüreffekte ergeben. Ich gehe daher davon aus, dass ohne organisierte Gegeninteressen private EVU aufgrund ihres Einflusses den Staat in Fragen der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik beeinflussen können. Das Ziel der EVU sollte es sein, eine Beeinflussung durch andere Interessengruppen abzuwehren und eigene Interessen durchzusetzen. Diese können darin bestehen, Kosten durch energiewirtschaftliche Regulierung (Grundversorgungspflicht, Sozialtarife, umweltpolitische Ziele) abzuwenden und einen gewinnsteigernden Regulierungsrahmen zu erreichen.

Funktionierende politische und rechtsstaatliche Institutionen moderieren den Umfang, in dem ein regulatory capture möglich ist. Politiker können es sich nicht erlauben, in der öffentlichen Wahrnehmung als durch die Interessen Dritter geleitet oder gar korrupt angesehen zu werden. Um Wählerstimmen (bzw. in Autokratien die Gunst der staatstragenden Bevölkerungsteile) zu gewinnen, können Politiker die EVU verpflichten, eine Grundversorgung und Sozialtarife anzubieten, die Strompreise regulieren oder subventionieren.

### **Anwesenheit von Korruption**

Ist Korruption weit verbreitet, werden öffentliche Güter durch den Staat nur unzureichend erbracht. Politiker unterliegen einer geringen Kontrolle durch politische und rechtliche Institutionen. Deshalb können sie neben politischen Kalkülen zum Machterhalt auch Motive der persönlichen Bereicherung verfolgen und sind anfälliger für die Beeinflussung und Vereinnahmung durch Interessengruppen. Je mehr Unternehmen versuchen, den Staat legal zu beeinflussen oder durch illegale Zahlungen zu vereinnahmen, desto geringer ist die Chance auf eine Vereinnahmung des Staats. Dann liegen erhebliche Gestaltungsspielräume bei der Politik.

Weit verbreitete Verwaltungskorruption, um staatliche Leistungen zu erhalten, regulative Verpflichtungen zu umgehen oder willkürliche Behandlung abzuwenden, sollte sich negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom auswirken. Einerseits ermöglicht die Bestechung von Verwaltungsbeamten es den Energieversorgungsunternehmen, Sicherheitsstandards zu umgehen und dadurch beim Bau und Betrieb der physischen Elektrizitätsinfrastruktur zu sparen. Andererseits

leiden die Einnahmen der EVU, weil offene Rechnungen über das Rechtssystem nicht vollständig eingetrieben werden können, wodurch Mittel für Investitionen fehlen.

Ist die Stromversorgung staatlich, werden ihre Qualität und ihr Preis politisch ausgehandelt. Vereinnahmende konzentrierte Industrien den Staat legal oder durch illegale Zahlungen, erwarte ich analog zur Situation ohne weit verbreitete Korruption, dass sich vereinnahmende Unternehmen nicht ausschließlich für eine zuverlässigere oder eine preisgünstigere Stromversorgung einsetzen. Vielmehr streben sie eine zuverlässige Stromversorgung an und versuchen, ihre Kosten auf andere Branchen sowie insbesondere kleine Unternehmen und die unorganisierten Haushalte abzuwälzen. Da alle angeschlossenen Verbraucher von einer zuverlässigeren Netzauslegung profitieren, erwarte ich eine steigende Versorgungssicherheit mit Strom.

Private Energieversorgungsunternehmen sind dominante Akteure, denen es ohne organisierte Gegeninteressen häufig gelingt, ihren Einfluss zu nutzen und sich bei der illegalen Vereinnahmung des Staats durchzusetzen. Ihr Ziel besteht darin, Kosten durch energiewirtschaftliche Regulierung (Grundversorgungspflicht, Sozialtarife, Umweltauflagen) abzuwenden und ihr natürliches Monopol im Bereich des Netzbetriebs zu erhalten, indem sie Marktzugangsbarrieren für neue Unternehmen errichten, eine Preisregulierung abwenden bzw. Investitionsentscheidungen im Ermessen des Energieversorgers belassen. Die Gewährleistung einer preisgünstigen und zuverlässigen Stromversorgung liegt nicht im Interesse der EVU. Dementsprechend sollte für Groß- und Kleinverbraucher die Versorgungssicherheit mit Strom bei hohen Preisen niedrig ausfallen.

#### **8.2.4 Operationalisierung der Konstrukte**

Die Stärke der rechtsstaatlichen Institutionen messe ich mittels der von der Weltbank im Worldwide Governance Indicators (WGI) project erhobenen Wahrnehmung der Rechtsstaatlichkeit ‚Rule of Law‘ (Weltbank 2015c). Für die Konstruktion der WGI werden rund 30 Quellen herangezogen, darunter Befragungen und Experteneinschätzungen, die in Kraay (2017) dokumentiert sind. Der Indikator Rule of Law bildet das Vertrauen in die gesellschaftlichen Regeln, insbesondere die Durchsetzbarkeit von Verträgen, die Eigentumsrechte, die Polizei und Gerichte sowie die Vermeidung von Gewalt und Verbrechen ab. Die Daten liegen in Einheiten einer Standardnormalverteilung vor, reichen also in etwa von -2.5 bis 2.5.

Zur Operationalisierung der theoretischen Konstrukte aus dem Konzept der capture economy werden Indikatoren für den Anteil einflussreicher und vereinnahmender Unternehmen sowie zwingend für die Verbreitung von Verwaltungskorruption und die institutionellen Konstellationen regulatory capture und state capture benötigt. Diese müssen für die untersuchte Population mit der



erforderlichen geografischen Reichweite vorliegen. Die geografische Reichweite des von Hellman et al. verwendeten BEEPS von 1999 ist auf Transformationsländer in Osteuropa und Zentralasien beschränkt. Der BEEPS wurde nach 1999 auch 2002, 2004, 2005, 2009, 2012 und 2013-2015 als Middle East and North Africa Enterprise Surveys (MENA ES) in Teilen des Mittleren Ostens und Nordafrikas sowie 2011-2016 durchgeführt. Die Befragungswellen fanden in wechselnden Ländern statt und umfassen 22 (1999) bis 35 (2004, 2005) Länder. Mit der Zeit wurden Fragen umformuliert, ausgelassen oder ersetzt. Die Befragungswellen sind also nicht im Sinn eines Panels oder einer Trendanalyse vergleichbar. Die Daten liegen auf Unternehmensebene vor. (BEEPS 2021)

Vergleichbare Erhebungen zum BEEPS sind die Unternehmensbefragungsprogramme der Weltbank und der Executive Opinion Survey (EOS) des World Economic Forum (WEF). Der in der bisherigen Analyse verwendete Corruption Perceptions Index von Transparency International basiert unter anderem auf dem EOS, wozu vom WEF die Daten auf Unternehmensebene („micro-level data“) bereitgestellt werden (TI 2017c).

Das Unternehmensbefragungsprogramm der Weltbank begann 1999 mit dem World Business Environment Survey (WBES), der gemeinsam mit verschiedenen Partnern<sup>67</sup> im Zeitraum 1999-2000 durchgeführt wurde. In persönlichen Interviews wurden die Eigentümer oder Leiter von mehr als zehntausend Unternehmen in 80 Ländern befragt. Die Fragen zielen auf die Bereiche Korruption, Justiz, Lobbyismus und das Geschäftsumfeld ab. Die Daten liegen auf Unternehmensebene vor. Damit ist der WBES inhaltlich mit dem BEEPS vergleichbar, leidet aber mit Blick auf die hier untersuchte Population unter einer ähnlich geringen geografischen Reichweite (Tabelle 12) und ist auf den Erhebungszeitraum 1999-2000 beschränkt. (Batra et al. 2003b: 2, 3; Weltbank 2016WBES)

Der Datensatz (Kaufmann/Stone o. J.) und das Codebuch (Kaufmann/Stone 2003) sind öffentlich zugänglich, den Fragebogen konnte ich jedoch nicht finden.

Der WBES legte die Grundlage für das Unternehmensbefragungsprogramm der Weltbank in seiner heutigen Form, zu dem auch der BEEPS gehört. Dieses begann 2002 und wurde zunächst von verschiedenen internen Einheiten der Weltbank durchgeführt (u. a. als Investment Climate Surveys, PICS). Seit 2005/2006 ist die Datenerhebung in der Enterprise Analysis Unit der Weltbank zusammengefasst, die die Enterprise Surveys (WB ES) durchführt. (Weltbank 2021b) Die WB ES werden seit 2002 jährlich in unterschiedlichen Ländern durchgeführt. Die Wellen umfassen 4 (2012) bis 54 Länder (2009) (Weltbank 2021a). Die gestellten Fragen überschneiden sich mit dem BEEPS, sind aber hinsichtlich der hier zu operationalisierenden Konzepte weniger umfangreich, da sie sich

<sup>67</sup> Die Angaben über die beteiligten Organisationen unterscheiden sich in den Quellen: Batra et al. 2003b (S. 2) nennen „EBRD, IDB, Harvard CID/WEF“. Batra et al. 2003a (S. 15) nennen „European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), the International Development Bank, and Harvard University“.

auf Verwaltungskorruption beschränken (insbesondere Abschnitt J. BUSINESS-GOVERNMENT RELATIONS; Weltbank2021c: 31-34). Fragen zum legalen oder illegalen Einfluss von Unternehmen auf den Inhalt von Gesetzen oder Geschäftseinbußen infolge eines regulatory capture oder state capture werden nicht gestellt. Die WB ES sind deshalb nicht für die Operationalisierung der gesuchten theoretischen Konstrukte geeignet.

Der EOS wird seit 1979 jährlich vom World Economic Forum erhoben und die Ergebnisse werden im Rahmen des Global Competitiveness Report (GCI) veröffentlicht. 2016 wurden 14.723 leitende Angestellte in 141 Ländern befragt. Die Daten des EOS sind nicht allgemein zugänglich, sondern nur die aus mehreren Teilfragen aggregierten Indikatoren des GCI. Aufgrund methodischer Änderungen beim Executive Opinion Survey wird der Global Competitiveness Index nur für die nach 2006-2007 durchgeführten Erhebungswellen veröffentlicht. Die Daten sind deshalb nur auf Landesebene und unvollständig verfügbar. Ebenfalls werden die Frageformulierungen des EOS nur unvollständig im Rahmen des Global Competitiveness Report veröffentlicht. 2014 wurde der Fragebogen des EOS nach 2006-2007 erneut verkürzt. (WEF 2016a, 2016b, 2017b, 2017c)

Jedoch war zum Zeitpunkt der Recherche ein Fragebogen aus dem Jahr 2008 über die Internetpräsenz der indonesischen Industrie- und Handelskammer abrufbar (Kadin Indonesia o. J.). Außerdem konnte ich der Arbeit von Kaufmann und Vicente (2011), die sich auf den für den Global Competitiveness Report 2004–2005 durchgeführten EOS stützt (Kaufmann/Vicente 2011: 204), einige Fragen aus den vor 2006-2007 durchgeführten Erhebungswellen entnehmen. Auf dieser Grundlage bat ich das World Economic Forum, mir die von Kaufmann und Vicente verwendeten Daten sowie ggf. weitere, thematisch verwandte Daten aus dieser oder späteren Erhebungen zur Verfügung zu stellen. Eine ausführlichere Antragsstellung scheiterte daran, dass die Fragebögen des EOS nicht öffentlich und die in den einzelnen Erhebungsjahren berücksichtigten Länder schwer zu überblicken sind. Das WEF teilte mir mit, dass nur Daten für Länder freigegeben werden, die in allen beantragten Erhebungswellen erfasst sind. Eine weitere Schwierigkeit bestand darin, dass die vor 2007 erhobenen Daten beim WEF nicht abrufbereit vorlagen und die von Kaufmann/Vicente 2011 angeführte Fragenummerierung nicht nachvollzogen werden konnte. Deshalb hat die Klärung, welche Daten überhaupt vorliegen, welche angefragt werden sollen und ihre Zusammenstellung aus den Archiven einige Zeit in Anspruch genommen. Dem damit befassten Team beim WEF gebührt für ihre Hilfsbereitschaft herzlicher Dank.

Ursprünglich habe ich die Daten des EOS 2004-2005 als der vermeintlich letzten Erhebungswelle vor den methodischen Änderungen ab 2006-2007 sowie die Daten des EOS 2017 als zum Zeitpunkt der Anfrage am 01.12.2017 aktuellster Erhebungswelle mit der größten geografischen Reichweite

beantragt. Ich beantragte die Daten aus nur zwei Erhebungswellen und den EOS von 2017 statt den von 2012, da die Zahl der in den Erhebungswellen erfassten Länder stetig steigt und so die Gefahr minimiert wurde, Länder aus der hier untersuchten Population aus dem EOS 2004-2005 aufgrund einer fehlenden Entsprechung in späteren Wellen des EOS auszuschließen. Am 29.06.2018 habe ich die Daten des EOS 2005-2006 als tatsächlich letzter Erhebung vor den methodischen Änderungen sowie des EOS 2016-2017 erhalten (WEF 2018).

Die Daten liegen als nach der Stichprobengröße gewichteter Zweijahresdurchschnitt vor. Beispielsweise ergeben sich die Daten für das Jahr 2006 aus den Erhebungen von 2005 und 2006. Aufgrund methodischer Änderungen wurden jedoch nicht alle Fragen in beiden Jahren gestellt. Durch manuelle Dateneingabefehler fehlt im Datensatz für das Jahr 2017 Serbien und Sierra Leone (nicht Teil der Population) ist doppelt eingetragen, die ISO-Ländercodes (SRB, SLE) sind jedoch korrekt zugeordnet (Persönliche Mitteilung Brown 2018). Den Landesnamen Serbiens habe ich entsprechend korrigiert. Im EOS werden die Befragten gebeten, ihre Branche zu benennen. Die Daten werden jedoch national aggregiert bereitgestellt. Dies bedeutet, dass Schlüsse aus den Daten auf die Situation im Elektrizitätssektor der Gefahr eines ökologischen Fehlschlusses unterliegen.

Tabelle 12 zeigt die jeweils am besten geeigneten Messinstrumente aus den verschiedenen Quellen und die damit in der Population erzielbare Reichweite sowie die Anzahl der möglichen Wertepaare für Länder mit Daten für SAIDIexc. Inwieweit Fragekontinuität in den Erhebungswellen des EOS besteht, ist durch die Quellenangabe hinter der jeweiligen Frage gekennzeichnet. Zwei Quellenangaben bedeuten, dass diese Frage in beiden Erhebungsjahren gestellt wurde.

Tabelle 12: Datenquellen für die Operationalisierung der theoretischen Konstrukte

	Messinstrument nach Datenquelle									
	BEEPS						WBES	EOS 2005-2006		EOS 2016-2017
Jahr	1999	2002	2004	2005	2009	2011-2016	1999-2000	2005-2006		2016-2017
Reichweite in der Population	22	27	35	35	31	25	39	61		63
mit Daten für SAIDIexc	14	14	21	21	16	6	20	41		42
Ebene	Unternehmen						Unternehmen	Länder (aggregiert)		Länder (aggregiert)
Einflussreiche Unternehmen	2004/2005: Thinking about national laws and regulations enacted over the last 12 months that had a substantial impact on your business, did your firm seek to influence the content of laws or regulations affecting it? (WEF o. J.b: Q.37)						Extent of influence firms have on - gvt executive - gvt legislature - ministry - regulatory agency (Kaufmann/Stone 2003: 180-183)	9.07 Corporate activity in your country is - Dominated by a few business groups 1 / 7 Spread among many firms (WEF 2005: 15; WEF 2006: 18)		7.07 In your country, how do you characterize corporate activity? - Dominated by a few business groups 1 / 7 Spread among many firms (WEF 2015: 6; WEF 2017a: 7)

	Messinstrument nach Datenquelle			
	BEEPS	WBES	EOS 2005-2006	EOS 2016-2017
<b>Verein- nah- mende Unter- nehmen</b>	<p>2004/2005: Thinking now of unofficial payments/ gifts that a firm like yours would make in a given year, could you please tell me how often would they make payments/gifts for the following purposes</p> <p>To influence the content of new legislation rules decrees etc. (WEF o. J.b: Q.41j)</p>	<p>Corruption-- frequency of payments to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- courts authorities</li> <li>- law agencies</li> <li>- other agencies</li> </ul> <p>(Kaufmann/Stone 2003: 177-179)</p>	<p>4.13 How commonly do firms like yours make undocumented extra payments or bribes to high ranking politicians, political parties and senior public servants to secure business? - Very common 1 - 7 Never occur (WEF 2006: 8)</p> <p>4.14 How common are illegal donations to political parties in your country? - Very common 1 - 7 Never occur (WEF 2006: 9)</p> <p>5.12 In your industry, how commonly would you estimate that firms make undocumented extra payments or bribes connected with the following: F - Influencing of laws, policies, regulations or decrees to favour selected business interests - Common 1 - 7 Never occur (WEF 2006: 11)</p> <p>8.15 In your industry, how commonly do foreign firms make undocumented extra payments or bribes to high ranking politicians, political parties and senior public servants to secure business? - Common 1 - 7 Never occurs (WEF 2006: 17)</p>	-

	Messinstrument nach Datenquelle			
	BEEPS	WBES	EOS 2005-2006	EOS 2016-2017
<b>Verwaltungskorruption</b>	<p>2004/2005: Thinking about officials, would you say the following statements are always, usually, frequently, sometimes, seldom or never true? “It is common for firms in my line of business to have to pay some irregular “additional payments/gifts” to get things done” with regard to customs, taxes, licenses, regulations, services etc (WEF o. J.b: Q.39a)</p>	<p>Corruption— frequency of payments to - licensing authorities - tax authorities - gain gvt contracts - customs authorities (Kaufmann/Stone 2003: 142-145)</p>	<p>4.08 When firms like yours do business with the government, how much (% fee) of the contract value are they expected to pay in “additional payments” for the bid to succeed? (0%; Some fee is paid, but less than 2%; 2-5%; 5-10%; 10-20%; More than 20%; Do not know or not applicable) (WEF 2006: 8)</p> <p>4.12 How commonly do firms like yours make facilitating extra payments or bribes to lower-level public servants? - Very common 1 - 7 Never occur (WEF 2006: 8)</p> <p>5.12 In your industry, how commonly would you estimate that firms make undocumented extra payments or bribes connected with the following: A - Import and export permits B - Connection to public utilities (e.g., telephone or electricity) C - Annual tax payments D - Awarding of public contracts (investment projects) E - Getting favourable judicial decisions Common 1 - 7 Never occur (WEF 2005: 9; WEF 2006: 11)</p> <p>8.16 In your industry, how commonly do foreign firms make facilitating extra payments or bribes to lower-level public servants? - Very common 1 - 7 Never occur (WEF 2006: 17)</p>	<p>10.19 In your country, how common is it for companies to make undocumented extra payments or bribes in connection with the following: a. Imports and exports b. Public utilities (e.g., telephone, electricity) c. Tax payments d. Awarding of public contracts and licenses e. Obtaining favorable judicial decisions Very commonly occurs 1 - 7 Never occurs (WEF 2017a: 12)</p>

	Messinstrument nach Datenquelle			
	BEEPS	WBES	EOS 2005-2006	EOS 2016-2017
<b>Regulatory capture</b>	<p>2002: How much influence do you think the following groups actually had on recently enacted national laws and regulations that have a substantial impact on your business?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dominant firms or conglomerates in key sectors of the economy</li> <li>- Individuals or firms with close personal ties to political leaders (WEF o. J.a: Q.53g, Q.53l)</li> </ul>	-	<p>4.08 When deciding upon policies and contracts, government officials - Usually favour well-connected firms and individuals 1 - 7 Are neutral (WEF 2005: 7)</p> <p>4.15 To what extent do legal contributions to political parties have a direct influence on specific public policy outcomes? - Very close link 1 - 7 Little influence on policy (WEF 2006: 9)</p> <p>5.14 How much influence do you think individuals or firms with close personal ties to political leaders had on recently enacted laws and regulations that have had a substantial impact on your business? - Enormous influence 1 - 7 No influence (WEF 2006: 11)</p>	<p>10.08 In your country, to what extent do government officials show favoritism to well-connected firms and individuals when deciding upon policies and contracts? - Show favoritism to a great extent 1 - 7 Do not show favoritism at all (WEF 2017a: 11)</p>

	Messinstrument nach Datenquelle			
	BEEPS	WBES	EOS 2005-2006	EOS 2016-2017
<b>State capture</b>	<p>It is often said that firms make unofficial payments/gifts, private payments or other benefits to public officials to gain advantages in the drafting of laws, decrees, regulations, and other binding government decisions. To what extent have the following practices had a direct impact on your business?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Private payments/gifts or other benefits to Parliamentarians to affect their votes</li> <li>- Private payments/gifts or other benefits to Government officials to affect the content of government decrees</li> </ul> <p>(WEF o. J.b: Q.44a, Q.44b)</p>	<p>General constraint-corruption (Kaufmann/Stone 2003: 96)</p>	<p>4.10 In your country, government subsidies and tax breaks seriously distort competition by favouring specific companies, activities, regions or industries - Strongly agree 1 - 7 Strongly disagree (WEF 2006: 8)</p> <p>5.11 In your country, diversion of public funds to companies, individuals or groups due to corruption - Is common 1 - 7 Never occurs (WEF 2005: 9, WEF 2006: 10)</p> <p>5.13 Do other firms' illegal payments to influence government policies, laws or regulations impose costs or otherwise negatively affect your firm? - Large impact distorting competition 1 - 7 No impact on competition (WEF 2005: 9)</p> <p>5.13 Do other firms' illegal payments to influence government policies, laws or regulations impose costs or otherwise negatively affect your firm? - Yes, they have a significant negative impact 1 - 7 No, they have no impact (WEF 2006: 11)</p>	<p>10.15 In your country, how common is illegal diversion of public funds to companies, individuals, or groups? - Very commonly occurs 1 - 7 Never occurs (WEF 2017a: 12)</p>



Die Reichweiten des BEEPS und des WBES sind in der Population sehr eingeschränkt. Dagegen umfasst der EOS alle Länder, für die Daten für SAIDIexc verfügbar sind. Die geringfügig geringere Reichweite des EOS 2005-2006 im Vergleich zum EOS 2016-2017 beruht darauf, dass Serbien im Jahr 2005 und bis zum Juni 2006 Teil von Serbien und Montenegro war, das nicht im EOS 2005-2006 erfasst ist. Außerdem bietet der EOS 2005-2006 als einzige Quelle eine ausreichende inhaltliche Breite, um alle gesuchten theoretischen Konstrukte abzubilden. Deshalb ist der Executive Opinion Survey 2005-2006 für die weitere Analyse die einzige geeignete Datenquelle.

Methodisch unterscheidet sich der EOS erheblich vom BEEPS, der in Form persönlicher Interviews erhoben wurde. Der EOS wird mittels schriftlicher Fragebögen und zunehmend online erhoben. 2017 wurden knapp 43 % der Fragebögen online ausgefüllt (WEF 2017a: 334). Dadurch ergeben sich eine Reihe von Unterschieden bei der Fragebeantwortung, deren Effekte sich aber nicht sicher abschätzen lassen. Ein Interview stellt eine kontrollierte Situation dar, in der feststeht, welche Person die Fragen über welchen Zeitraum und in welcher Reihenfolge beantwortet. All dies ist bei schriftlichen Befragungen nicht gegeben. Dafür können schriftliche Fragebögen im Privaten ohne Beisein einer weiteren Person ausgefüllt werden, was allerdings nicht der Fall sein muss.

Auch inhaltlich unterscheiden sich die beiden Erhebungen, da sie unterschiedliche Fragestellungen verwenden. Um den Anteil einflussreicher Unternehmen zu bestimmen, nutzten Hellman et al. 2000 folgende Frage: "When a new law, rule, regulation, or decree is being discussed that could have a substantial impact on your business, how much influence does your firm typically have at the national level of government to try to influence the content of that law, rule, regulation or decree?" (EBRD/Worldbank 1999: Frage Q.34a) Die im Rahmen des EOS 2005-2006 und 2016-2017 abgefragte Einschätzung der Marktstruktur (Dominated by a few business groups / Spread among many firms) unterscheidet sich davon erheblich. Statt einer Selbsteinschätzung des eigenen Einflusses auf Gesetze und Regulierungen wird eine Fremdeinschätzung der Marktstruktur abgefragt, die keinen Bezug dazu hat, ob ein Unternehmen versucht, Einfluss auf politische Inhalte zu nehmen. Zwar kann vermutet werden, dass der von Hellman et al. 2000 gebildete Anteil der Unternehmen, die sich als einflussreich einschätzen, mit der vom EOS abgefragten Marktstruktur korreliert, da in einem konzentrierten Marktumfeld vermutlich auch einflussreiche Unternehmen bestehen. Dies gilt jedoch nicht für den umgekehrten Fall eines unter vielen (kleinen) Unternehmen aufgeteilten Markts. In dieser Konstellation könnten ebenfalls nur wenige Unternehmen bzw. gut organisierte Branchen versuchen, legal Einfluss auf den Inhalt von Gesetzen zu nehmen. Der Indikator ist deshalb nicht geeignet, um den Anteil der Unternehmen zu messen, die versuchen, Einfluss auf den Inhalt von Gesetzen und Regulierungen zu nehmen.

Um den Anteil vereinnahmender Unternehmen zu bestimmen, verwenden Hellman et al. 2000 folgende Frage: "How often do firms like yours nowadays need to make extra, unofficial payments to public officials for any of the following?: To influence the content of new laws decrees or regulations?" (EBRD/Worldbank 1999: Q.28 - q28law). Im EOS 2016-2017 wurde keine vergleichbare Frage gestellt. Dagegen enthält der EOS 2005-2006 eine Reihe von ähnlichen Fragestellungen. Die beste Entsprechung bietet Frage 5.12F: „In your industry, how commonly would you estimate that firms make undocumented extra payments or bribes connected with the following: Influencing of laws, policies, regulations or decrees to favour selected business interests“. Daneben werden weitere drei Fragen gestellt, die einen ähnlichen Bezug haben, aber weniger präzise auf Gesetze und Regulierungen zugeschnitten sind. Die Fragen 4.13 und 8.15 fragen nach illegalen Zahlungen zur Sicherung von Geschäftsabschlüssen, sollten also vorrangig die öffentliche Beschaffung und Bauprojekte betreffen. Während die Frage 4.13 allgemein gehalten ist, richtet sich die Frage 8.15 auf das Verhalten ausländischer Unternehmen. Zwar liegen beide Fragen 8 Seiten auseinander. Bei schriftlich auszufüllenden Fragebögen kann die Reihenfolge der beantworteten Fragen jedoch nicht kontrolliert und ein Zurückgehen im Fragebogen, um eine Antwort zu ändern, nicht ausgeschlossen werden. Ein Reihenfolgeeffekt, beispielsweise dass Frage 4.13 (ggf. nachträglich) beim Lesen von Frage 8.15 als Frage nach dem Verhalten ausschließlich der heimischen Unternehmen verstanden wurde, kann daher nicht ausgeschlossen werden. Frage 4.14 fragt nach illegalen Parteispenden, allerdings ohne die Nennung von Unternehmen als Spendern oder eines bestimmten Zwecks. Aufgrund ihrer Präzision und hohen Ähnlichkeit zu der von Hellman et al. 2000 verwendeten Frage wähle ich Frage 5.12F als Maß für den Anteil an Unternehmen, die versuchen, illegal Einfluss auf Gesetze und Regulierungen zu nehmen.

Verwaltungskorruption messen Hellman et al. 2000 mit folgender Frage: „On average, what percent of revenues do firms like yours typically pay per annum in unofficial payments to public officials?“ (EBRD/Worldbank 1999: Q.27) Die im EOS 2005 -2006 verwendete Frage 4.08 ist von der Struktur her ähnlich aufgebaut, fragt jedoch nur nach Schmiergeldern im Zusammenhang mit öffentlichen Aufträgen. Die Fragen 4.12 und 8.16 zielen allgemein bzw. auf das Verhalten ausländischer Unternehmen gerichtet auf die Bestechung von Verwaltungsangestellten ab. Dem von Hellman et al. verwendeten Messinstrument besonders ähnlich ist die Frage 5.12: „In your industry, how commonly would you estimate that firms make undocumented extra payments or bribes connected with the following: A - Import and export permits; B - Connection to public utilities (e.g., telephone or electricity); C - Annual tax payments; D - Awarding of public contracts (investment projects); E - Getting favourable judicial decisions“.

Allerdings könnte die Teilfrage 5.12E, die sich auf die Bestechung von Richtern bezieht, eine andere Dimension als die übrigen Fragen abbilden, falls dieses von den Befragten nicht als ‚alltägliche‘ Verwaltungskorruption, sondern als Korruption hochrangiger Entscheidungsträger wahrgenommen wird. So ordnen Hellman et al. den Kauf von Gerichtsentscheidungen dem state capture zu, argumentieren aber folgendermaßen: „The decision to include the sale of court decisions to private interests and the mishandling of Central Bank funds as elements of state capture requires some explanation. Courts are generally seen as institutions that implement existing laws as opposed to making them, though the precedent-setting function of courts can blur these boundaries. In the transition countries, where legal systems are still in the nascent stages of development, courts can be seen as playing a more formative role in the development of the legal framework. [...] While recognizing the difficulty of drawing concrete boundaries within any particular institution, we have chosen to incorporate these institutions within the category of state capture as a result of the unique nature of the transition period.“ (Hellman et al. 2000: 9) Die Zuordnung des Kaufs von Gerichtsentscheidungen zum state capture wird nicht empirisch, sondern argumentativ unter dem Hinweis auf die Besonderheit der Transitionsphase hergeleitet.

Für die Population prüfe ich empirisch, ob die für die Messung von Verwaltungskorruption infrage kommenden Indikatoren das gleiche Phänomen abbilden. Dazu führe ich eine Regression jedes Indikators auf alle übrigen durch und berechne Cronbachs Alpha. Je höher das gemessene Bestimmtheitsmaß und Cronbachs Alpha sind, umso stärker kann davon ausgegangen werden, dass die Fragen für die Befragten auf ähnliche Phänomene abstellen. Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse.

*Tabelle 13: Interne Konsistenz der Indikatoren für Verwaltungskorruption*

5.12A	5.12B	5.12C	5.12D
0.954	0.948	0.924	0.906
5.12E	4.12	8.16	Cronbachs Alpha
0.916	0.848	0.905	0.98

Alle Variablen weisen bei der Regression auf die übrigen Variablen ein sehr hohes Bestimmtheitsmaß auf. Cronbachs Alpha beträgt sehr hohe 0.98. Für die Befragten scheint auch die Frage 5.12E nach dem Kauf von Gerichtsentscheidungen eine Form der Verwaltungskorruption zu sein. Allerdings weist die Frage 5.12E mit einem linearen Korrelationskoeffizienten von 0.937 auch eine sehr hohe bivariate Korrelation zur Frage 5.12F, die als Indikator für den Anteil illegal vereinnahmender Unternehmen verwendet wird, auf. Somit ist die Frage 5.12E nicht eindeutig der Verwaltungskorruption oder der Bestechung hochrangiger Staatsangestellter zuordenbar. Aufgrund ihrer internen Konsistenz fasse ich die Indikatoren zur Verwaltungskorruption durch

Mittelwertbildung zu einem Indikator für die Verwaltungskorruption zusammen (admincorrupt). Dies schließt auch den Kauf von Gerichtsentscheidungen (Frage 5.12E) ein.

Das Vorliegen eines regulatory capture durch einflussreiche Unternehmen messen Hellman et al. nicht. Ein Messinstrument für die legale Vereinnahmung des Staats sollte sich möglichst an das für die illegale Vereinnahmung des Staats anlehnen. Inwieweit die Vereinnahmung des Staats durch Korruption und der Zustand der capture economy gegeben sind, bestimmen Hellman et al. 2000 über einen Index aus folgenden Fragen: „[...] what extent the following forms of corruption have had an impact on your business?

- The Central Bank mishandling of funds
- Sale of Parliamentary votes on laws to private interests
- Sale of Presidential decrees to private interests
- Sale of decisions of courts in criminal cases
- Sale of arbitration courts decisions to litigants [...]
- Contributions by private interests to political parties and election campaigns“  
(EBRD/Worldbank 1999: Q.68)

Es wurde der Anteil der Unternehmen bestimmt, die angaben, dass sich die Bestechung politischer Entscheidungsträger signifikant oder sehr signifikant auf ihr Geschäft auswirkt. Der EOS 2005-2006 beinhaltet vergleichbare Fragen. Jedoch bezieht sich nur Frage 5.14 auf Geschäftseinbußen: „How much influence do you think individuals or firms with close personal ties to political leaders had on recently enacted laws and regulations that have had a substantial impact on your business?“ Den Fragen 4.08 und 4.15 fehlt der Bezug zur geschäftlichen Situation der Befragten. Zur Messung von regulatory capture wähle ich deshalb Frage 5.14 aus. Aufgrund der Aggregation der Daten auf nationaler Ebene kann der Anteil der Unternehmen, die sich signifikant oder sehr signifikant betroffen fühlen (also Enormous influence 1 oder 2 ankreuzten), nicht ermittelt werden.

Inwieweit die Vereinnahmung des Staats und der Zustand der capture economy gegeben sind, bestimmen Hellman et al. 2000 über den Anteil der Unternehmen, die angeben, dass sich die Bestechung politischer Entscheidungsträger signifikant oder sehr signifikant auf ihr Geschäft auswirkt. Die 2005 und 2006 im EOS gestellte, aber mit verschiedenen Antwortmöglichkeiten versehene Frage 5.13 ist inhaltlich sehr ähnlich: „Do other firms' illegal payments to influence government policies, laws or regulations impose costs or otherwise negatively affect your firm?“ Auch hier kann der Anteil der Unternehmen, die sich signifikant oder sehr signifikant betroffen fühlen (bzw. Large impact distorting competition / Yes, they have a significant negative impact 1 oder 2 ankreuzten), aufgrund der Datenaggregation nicht extrahiert werden. Die Fragen 4.10 und

5.11 sind im Vergleich deutlich weniger spezifisch auf den geschäftsschädigenden Effekt einer illegalen Vereinnahmung des Staats ausgerichtet. Die Frage 4.10, die nach der Bevorteilung bestimmter Unternehmen, Aktivitäten, Regionen oder Branchen fragt, könnte auch das Wirken forschungs-, industrie- oder strukturpolitischer Programme widerspiegeln. Die Frage 5.11 zielt zwar auf die durch Korruption bewirkte Umleitung von Mitteln an Unternehmen oder Personen, fragt jedoch nicht die dadurch verursachten bzw. die empfundenen Geschäftseinbußen ab. Deshalb wähle ich die Frage 5.13 als Maß für die illegale Vereinnahmung des Staats.

Die Zuordnung der im EOS enthaltenen Fragen zu den theoretischen Konstrukten zeigt Tabelle 14:

*Tabelle 14: Zuordnung von Messinstrumenten zu den theoretischen Konstrukten*

<b>Indikator</b>	<b>Einflussreiche Unternehmen</b>	<b>Vereinnahmende Unternehmen</b>	<b>Verwaltungskorruption</b>	<b>regulatory capture</b>	<b>state capture</b>
<b>Messinstrument</b>	-	EOS 2006 Frage 5.12F	EOS 2005-2006 4.12, Fragen 5.12A-E, 8.16	EOS 2006 Frage 5.14	EOS 2005-2006 Frage 5.13
<b>Variablenname</b>	-	captors	admincorrupt	regcapture	statecapture

Das Fehlen eines Indikators für den Anteil einflussreicher Unternehmen ist für die weitere Untersuchung zwar problematisch, da die kausale Kette von der konzentrierten legalen Einflussnahme auf den Staat bis zum Zustand des regulatory capture nicht empirisch nachvollzogen werden kann. Doch kann von dem Bestehen der theoretisch postulierten Mechanismen ausgegangen werden, wenn zahlreiche Unternehmen angeben, dass der Einfluss einflussreicher Personen oder Unternehmen auf politische Entscheidungsträger ihr Geschäft beeinträchtigt.

Alle ausgewählten Fragen sind negativ gepolt, d. h. die höchste Ziffer (7) steht für die niedrigste Ausprägung.<sup>68</sup> Um die Daten intuitiv nachvollziehbar zu machen, pole ich die Daten um.

### **8.2.5 Fragereihenfolge im EOS und Validität der Indikatoren**

Mittels der im EOS gestellten Fragen sollen vier theoretische Konstrukte gemessen werden. Davon beziehen sich drei auf Korruption: Erstens der Anteil von Unternehmen, die versuchen, hochrangige Entscheidungsträger zu vereinnahmen, um den Inhalt von Gesetzen und Regulierungen zu verändern (captors); zweitens der Anteil von Unternehmen, die angeben, dass sie durch die Vereinnahmung des Staats Geschäftseinbußen verzeichnen (state capture); drittens die Bestechung von Verwaltungsangestellten (Verwaltungskorruption). Aufgrund der Fragereihenfolge im EOS ist

<sup>68</sup> Die einheitliche Polung der ausgewählten Fragen ist zufällig. Der EOS bietet positiv und negativ gepolte Fragen an.

es möglich, dass auch das vierte theoretische Konstrukt, die legale Vereinnahmung öffentlicher Güter des Staats durch gut vernetzte Personen oder Unternehmen (regulatory capture), von den Befragten im Fragekontext als Akt der Korruption verstanden wird.

Das theoretische Konstrukt regulatory capture operationalisiere ich mit der Frage 5.14 „How much influence do you think individuals or firms with close personal ties to political leaders had on recently enacted laws and regulations that have had a substantial impact on your business?“ aus dem EOS 2006. Im Fragebogen gehen der Frage 5.14 als letzter Frage aus dem Abschnitt „V. PUBLIC INSTITUTIONS“ unmittelbar drei Fragen mit Korruptionsbezug voraus:<sup>69</sup>

- 5.11: „In your country, diversion of public funds to companies, individuals or groups due to corruption – Is common / Never occurs“ (WEF 2006: 10);
- 5.12 „In your industry, how commonly would you estimate that firms make undocumented extra payments or bribes connected with the following: A - Import and export permits; B - Connection to public utilities (e.g., telephone or electricity); C - Annual tax payments; D - Awarding of public contracts (investment projects); E - Getting favourable judicial decisions; F - Influencing of laws, policies, regulations or decrees to favour selected business interests – Common / Never occur“ (WEF 2006: 11);
- 5.13 „Do other firms’ illegal payments to influence government policies, laws or regulations impose costs or otherwise negatively affect your firm? - Yes, they have a significant negative impact / No, they have no impact“ (WEF 2006: 11).

Die Fragen 5.11, 5.12F und 5.13 zielen auf die Bestechung hochrangiger Staatsvertreter und ihre Folgen ab. Anschließend wird in Frage 5.14 nach den Folgen von Einflussnahme auf politische Führer gefragt. Zwar werden in der Frage Korruption oder illegales Verhalten nicht explizit benannt. Es erfolgt aber auch keine explizite Abgrenzung von „influence“ gegen die vorherigen Fragen. Es erscheint daher plausibel, dass die Befragten in der Abfolge der Fragen einen zusammenhängenden Fragekontext und auch Frage 5.14 als auf illegales Verhalten bezogen sehen. Wenn die Befragten in ihrem Antwortverhalten grundsätzlich oder durch die Reihenfolge der Fragen eine inhaltliche Nähe zwischen den in den Fragen 5.11 bis 5.13 erwähnten illegalen Zahlungen und dem in Frage 5.14 angesprochenen Wirken gut vernetzter Personen und Unternehmen herstellen, steht die Validität der verwendeten Indikatoren infrage. Deshalb prüfe ich in Abschnitt 8.7.1, ob die theoretischen Konstrukte aus dem Konzept der capture economy mit den vorliegenden Daten konstruktvalide operationalisiert wurden (vgl. Gehring/Weins 2004: 54-55).

<sup>69</sup> Die Fragebögen können auf dem beiliegenden USB Stick eingesehen werden: USB-STICK\R Projekt Diss MP\Quellen\unabhängige Variablen\Datentabellen\EOS\Fragebögen

### 8.3 Mitgliedschaft in der Europäischen Union

Ich überprüfe, ob der sich im Modell A zeigende Effekt der Lage eines Landes in Europa (europe) auf die Mitgliedschaft in der Europäischen Union und die Stärkung der rechtsstaatlichen Institutionen im Rahmen des Beitrittsprozesses zurückgeht. Dazu nehme ich die Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU als Variable in das Regressionsmodell auf (EU). Da 2004 10 Staaten der EU beitraten, zähle ich angefangene Jahre, da andernfalls in diesem Jahr der EU beigetretene Staaten genauso wie Nichtmitglieder mit 0 Jahren kodiert würden. Dadurch soll der Anpassung an die Normen und das Gemeinschaftsrecht der EU während des Beitrittsprozesses oder infolge der 2004 während der Osterweiterung für Nichtkandidaten eingeführten European Neighborhood Policy Rechnung getragen werden (vgl. Schimmelpfennig 2009: 17).<sup>70</sup>

Der Zusammenhang der Mitgliedschaft in der EU und der Lage in Europa ist mit  $r = 0.4$  2004 und  $r = 0.5$  2012 ( $r_s = 0.6 / 0.6$ ) mittel bis stark ( $p = 0$ ). Um auszuschließen, dass mit der Mitgliedschaft in der EU eine ganz Europa betreffende kulturelle oder sonstige Besonderheit abgebildet wird, teste ich die Mitgliedschaft in der EU gemeinsam mit der Zugehörigkeit eines Landes zu Europa.

### 8.4 Blitzdichte

Blitze werden zumeist über die Blitzdichte, d. h. die Anzahl der Blitzeinschläge pro Quadratkilometer je Zeiteinheit, üblicherweise pro Jahr, gemessen.<sup>71</sup> Die Blitzdichte wird durch Blitzzähler, Blitzortungssysteme sowie durch satellitengestützte optische oder Radiowellendetektoren geschätzt. Boden- und satellitengestützte Detektoren liefern unterschiedliche Häufigkeiten, da satellitengestützte Detektoren nicht zwischen Blitzschlägen in Wolken und Blitzeinschlägen am Boden unterscheiden können. Ohne als Referenz vorliegende Bodenmessungen empfiehlt der Standard IEEE Std 1410-2010<sup>72</sup>, die Blitzdichte am Boden als ein Drittel der Gesamtblitzdichte zu berechnen. (Ab-Kadir 2016: 439)

Die Blitzdichte habe ich aus dem von der NASA (National Aeronautics and Space Administration) bereitgestellten Datensatz LIS/OTD 0.5 Degree High Resolution Full Climatology (HRFC) errechnet (Cecil 2001). Dieser enthält verschiedene Datensätze zur Blitzdichte, die mit zwei satellitengestützten Beobachtungsinstrumenten erstellt wurden, d. h. diese geben die Blitzschläge am Boden und in Wolken wieder. Blitze um den Äquator bis circa +/- 38 Grad wurden durch den Lightning Imaging Sensor (LIS) des Satelliten der Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

<sup>70</sup> Beitrittskandidaten müssen vor dem EU-Beitritt die Gesamtheit der für alle Mitgliedstaaten der EU verbindlichen Regelungen erfüllen. Deshalb werden viele Regelungen bereits einige Jahre vor dem Beitritt harmonisiert.

<sup>71</sup> Eine andere Größe ist der keraunische Pegel, der die Zahl der Gewittertage pro Jahr angibt.

<sup>72</sup> IEEE Standard 1410-2010, IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines.

erfasst. Blitze in höheren und niedrigeren Breitengraden wurden mit dem Optical Transient Detector (OTD) auf Orbview-1 gemessen. Die Daten liegen in einer Auflösung von 0.5 Grad vor. 0.5 Grad geografischer Breite (parallel zum Äquator) entsprechen etwa 55 km. Der Abstand zwischen zwei Punkten in geografischer Länge ist am Äquator am größten und an den Polen null. 0.5 Grad geografischer Länge entsprechen in Deutschland grob 37 km. Um robuste Daten zu liefern, werden die Daten von der NASA über die gesamte Beobachtungsdauer gemittelt. OTD arbeitete von April 1995 bis März 2000, LIS von November 1997 bis April 2015. (Cecil 2015) Die Daten zur Blitzdichte liegen also in vergleichbarer Form wie die zur Niederschlagsmenge vor.

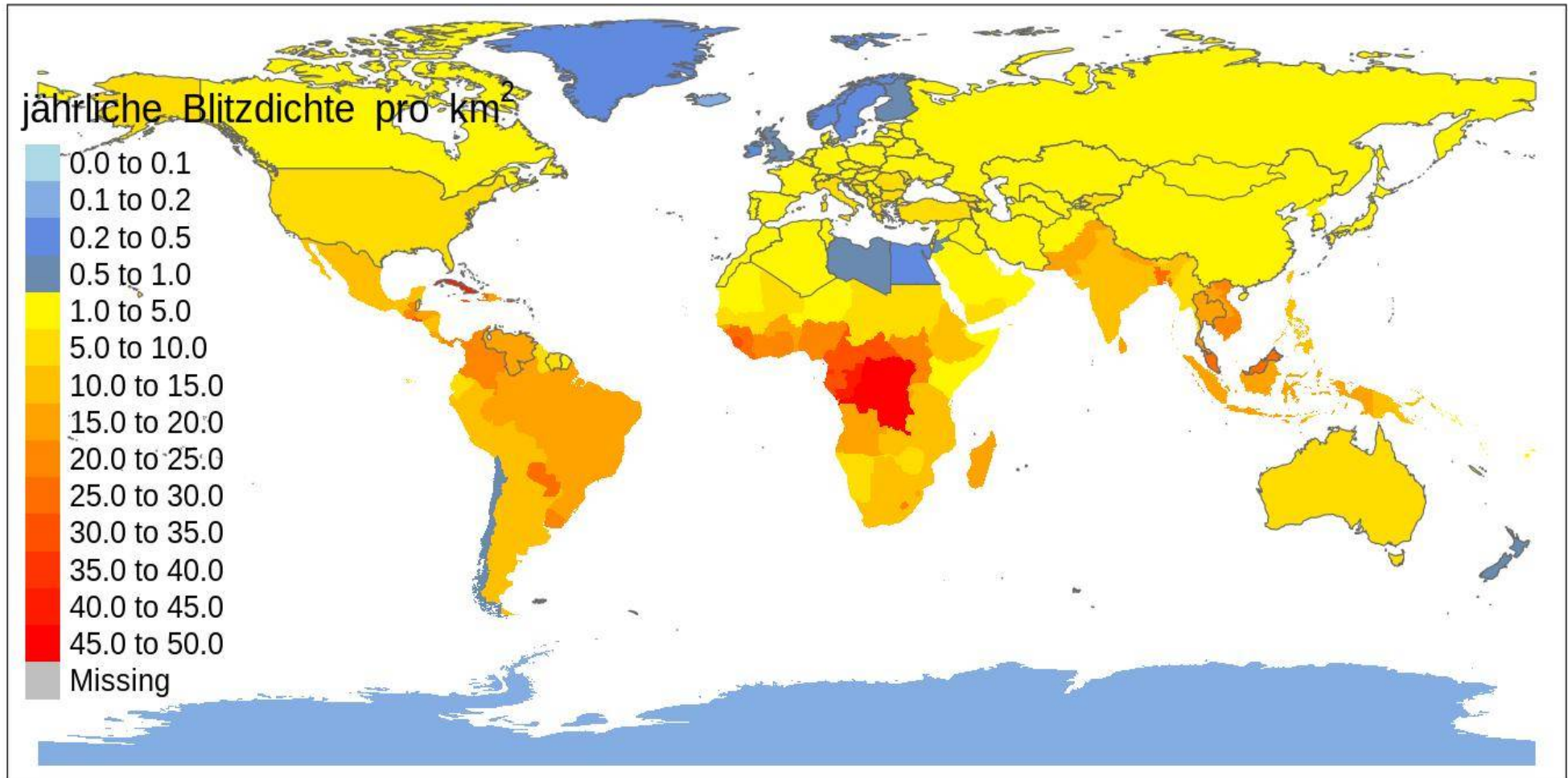
Zur Ermittlung der Blitzdichte extrahiere ich den Datensatz HRFC\_COM\_FR (HRFC = High Resolution Full Climatology, COM = Kombination beider Messinstrumente [LIS, OTD], FR = Flash Rates). Dieser enthält rohe Jahresmittelwerte der Blitzdichte, die ich für die Berechnung der Landesdurchschnittswerte verwendet habe. Außerdem enthalten sind Angaben zur Empfindlichkeit des Sensors, der im Jahresverlauf unterschiedlich sensibel eingestellt wurde (3 Niveaus), sowie Angaben zur Stunde, zu der gemessen wurde, da der optische Sensor nachts empfindlicher als tagsüber ist. Diese zusätzlichen Informationen habe ich nicht berücksichtigt.

Um die Landesdurchschnittswerte der Blitzdichte zu errechnen, schneide ich die Blitzdichte mit den geografischen Grenzen der Staaten. Die Landesgrenzen wurden aus dem von Natural Earth bereitgestellten Datensatz Admin 0 – Countries entnommen (NE 2018). Dieser Datensatz führt 247 Staaten, wobei zwischen souveränen Staaten, unabhängigen und teilunabhängigen Gebieten differenziert wird. Beispielsweise stehen die Britischen Überseegebiete unter der Souveränität des Vereinigten Königreichs, sind aber weder Teil von Großbritannien noch des Vereinigten Königreichs. Die Landesdurchschnittswerte der Blitzdichte in der Population wurden jeweils für das Hauptgebiet jedes Landes errechnet, beispielsweise für die kontinentalen USA oder die britische Insel. Die Malediven, Malta und Singapur liegen aufgrund ihrer geringen Größe nicht im Raster des Datensatzes HRFC\_COM\_FR, d. h. kein Datenpunkt liegt in den territorialen Grenzen dieser Länder. Für diese Länder lege ich deshalb einen Puffer von 30 km um die Landesgrenzen und berechne die mittlere Blitzdichte für die so abgedeckte Fläche.

Blitze treten fast ausschließlich über Land und vorwiegend um den Äquator auf. Über dem Meer und den Polen treten nahezu keine Blitze auf. Abbildung 33 zeigt die Blitzdichte über Land. Die Länder der Population sind durch Einzeichnung ihrer Landesgrenzen hervorgehoben. Um die Abstufungen der Blitzdichte zu illustrieren, wurde eine Skala mit verschiedenen Intervallbreiten verwendet. Die Abstufungen der Blitzdichte zwischen 0 und 1 sind in Blautönen sowie die zwischen 1 und 50 von gelb bis rot darstellt.

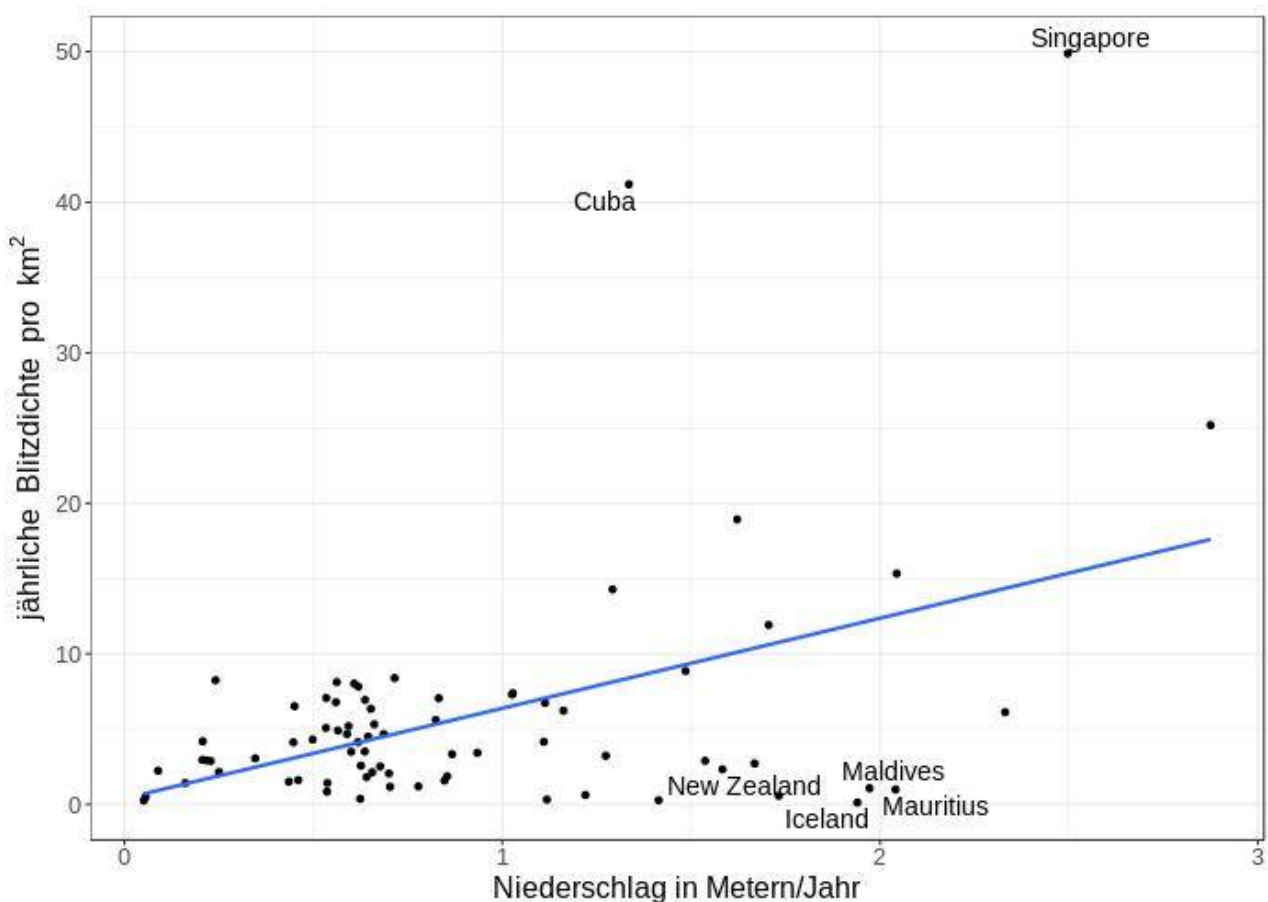


Abbildung 33: Landesdurchschnittswerte der Blitzdichte über Land



Die lineare Korrelation der Blitzdichte zur Niederschlagsmenge beträgt  $r = 0.46$  ( $p = 0$ ). Die mittlere Stärke des Zusammenhangs zur Niederschlagsmenge erklärt sich vereinfacht dadurch, dass Blitze durch aufwärts strömende Luft in Wolken, die zur Reibung und elektrischen Trennung von Wasserteilchen führt, verursacht werden. Die Blitzdichte wird deshalb neben der Anwesenheit von Wolken auch durch die von der Sonneneinstrahlung abhängenden Aufwinde bestimmt. (vgl. Soula 2009) Abbildung 34 verdeutlicht, dass zwischen beiden Phänomenen zwar ein linearer Zusammenhang besteht. Dieser wird jedoch einerseits durch Länder in Äquatornähe mit außergewöhnlich vielen Blitzen wie Singapur und Kuba sowie andererseits durch regenreiche Inselstaaten mit wenigen Blitzen wie Mauritius, die Malediven oder Island abgeschwächt.

Abbildung 34: Zusammenhang von Blitzdichte und Niederschlagsmenge



### 8.5 Bildung von Hypothesen

In diesem Abschnitt bilde ich Hypothesen für die neuen Faktoren, das Konzept der capture economy sowie die unklaren Effekte einiger Variablen im Modell A. Dazu formalisiere ich die Annahmen des Konzepts der capture economy, um die Konstruktvalidität der daraus abgeleiteten Variablen zu überprüfen.

Nach dem von Hellman et al. 2000 entwickelten Konzept der capture economy ist eine ungenügende Entwicklung der rechtsstaatlichen Institutionen die Voraussetzung dafür, dass Unternehmen illegal auf den Staat einwirken (H20). Ich erwarte deshalb, dass zwischen der Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) einerseits sowie andererseits dem Anteil der Unternehmen, die einfache Staatsangestellte bestechen (admincorrupt), die eine illegale Vereinnahmung des Staats versuchen (captors) und die durch die erfolgreiche Vereinnahmung des Staats Geschäftseinbußen verzeichnen (state capture), negative Zusammenhänge bestehen (H20.a, H20.b, H20.c). Dagegen erwarte ich keinen Zusammenhang zwischen der Rechtsstaatlichkeit und dem Anteil der Unternehmen, die durch die legale Einflussnahme gut vernetzter Personen oder Unternehmen Geschäftseinbußen verzeichnen (regulatory capture), da die legale Einflussnahme nicht an die Voraussetzung einer schwachen Rechtsstaatlichkeit gebunden ist (H20.d).

Die illegale Vereinnahmung des Staats wird als Strategie genutzt, um sich gegen etablierte, einflussreiche Unternehmen durchzusetzen oder Eintrittsbarrieren gegen Wettbewerber zu errichten. Deshalb sollte der Anteil der Unternehmen, die eine illegale Vereinnahmung des Staats versuchen, davon abhängen, wie stark einflussreiche Unternehmen die Inhalte von Gesetzen und Regulierungen kontrollieren. Ich erwarte daher einen positiven Zusammenhang zwischen dem Anteil der Unternehmen, die eine illegale Vereinnahmung des Staats versuchen (captors), und dem Vorliegen der institutionellen Konstellation des regulatory capture (regcapture) (H21).

Da die legale Einflussnahme und die illegale Vereinnahmung komplementäre Strategien eines Unternehmens sein können, erwarte ich einen positiven Zusammenhang zwischen den Variablen regcapture und statecapture (H22). Hierbei ist problematisch, dass sich aus dem in Abschnitt 8.2.5 angesprochenen potenziellen Reihenfolgeeffekt ebenso ein positiver Zusammenhang beider Variablen ergeben müsste. Wenn die Befragten die legale Einflussnahme grundsätzlich oder aufgrund des Fragekontexts im EOS ebenfalls als illegale Aktivität auffassen, ließe sich nicht unterscheiden, ob die über den Fragenkatalog des EOS operationalisierten institutionellen Konstellationen regulatory capture und state capture distinkte, aber gemeinsam auftretende Phänomene sind oder ob durch Reihenfolgeeffekte im EOS korrelierte Daten generiert werden.

Um zwischen einem echten und einem durch Reihenfolgeeffekte bedingten Zusammenhang unterscheiden zu können, wäre es erforderlich, eine weitere Erhebung vorzunehmen, die dieselben Fragen in anderer Reihenfolge stellt. Da dies nicht im Rahmen dieser Arbeit geleistet werden kann, überprüfe ich die im Konzept der capture economy formulierten theoretischen Annahmen. So setzt die illegale Vereinnahmung anders als die legale Einflussnahme schwache rechtsstaatliche Institutionen voraus. Deshalb sollte die institutionelle Konstellation des regulatory capture

unabhängig vom Grad der Rechtsstaatlichkeit stark ausgeprägt sein können (H22.a). Dagegen sollte die institutionelle Konstellation des state capture nur bei niedriger Rechtsstaatlichkeit stark ausgeprägt sein (H22.b). Außerdem sollte sich ein vergleichbares Verhältnis zwischen regulatory capture und state capture zeigen: Wenn beide Konstrukte unterschiedliche Phänomene abbilden, sollten bei niedrigen Ausprägungen von state capture hohe Ausprägungen von regulatory capture vorliegen können (H22.c). Messen beide Konstrukte dagegen das Gleiche, sollten sich über die gesamte Spannweite ähnliche Ausprägungen von state capture und regulatory capture zeigen.

Die legale Beeinflussung und die illegale Vereinnahmung des Staats gelingen nach der Capture-Theorie nur, wenn diese konzentriert durch wenige Unternehmen erfolgt. Für den Anteil einflussreicher Unternehmen fehlt ein geeignetes Messinstrument, sodass diese Annahme nicht überprüft werden kann. Für den Anteil vereinnahmender Unternehmen (captors) und den Grad der Vereinnahmung des Staats (state capture) erwarte ich einen negativen Zusammenhang (H23).

Für die legale Beeinflussung des Staats regulatory capture erwarte ich einen differenzierten Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom, der zum einen davon abhängt, ob funktionierende rechtsstaatliche Institutionen bestehen, und zum anderen davon, ob die Elektrizitätswirtschaft staatlich oder privat ist (H24). Ich gehe davon aus, dass konzentrierte, nicht energiewirtschaftliche Industrien eine hohe Versorgungssicherheit mit Strom anstreben und versuchen, ihre Kosten auf andere Branchen und insbesondere auf die unorganisierten Haushalte und Kleinunternehmen abzuwälzen. Befindet sich die Elektrizitätswirtschaft in staatlicher Hand und gelingt konzentrierten Industrien eine Beeinflussung des Staats, steigt deshalb die Versorgungssicherheit mit Strom (H24.a). Bei einer privaten Elektrizitätswirtschaft erwarte ich, dass die EVU das System der Interessenvermittlung dominieren und eine profitable Regulierungsumgebung ohne beschränkende Vorgaben hinsichtlich des Strompreises oder der Versorgungsqualität anstreben. Jedoch moderieren funktionierende rechtsstaatliche Institutionen diese Einflussnahme, da diese rechtlichen Schranken unterliegt, von der Öffentlichkeit beobachtet werden kann und bei übermäßiger Ausübung zum Aufbau von Gegeninteressen führt. Ich erwarte daher, dass private EVU eine kostenbasierte Regulierung herbeiführen, die hohen Preisen eine hohe Versorgungssicherheit mit Strom gegenüberstellt, um den Aufbau von Gegeninteressen aus der Industrie zu verhindern bzw. diese auf die Frage der Kostenverteilung zu beschränken (H24.b).

Funktionieren die rechtsstaatlichen Institutionen ungenügend und ist Korruption weit verbreitet, erwarte ich einen von dem eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätswirtschaft abhängigen Effekt der legalen Beeinflussung des Staats regulatory capture auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Ist die Elektrizitätswirtschaft staatlich und gelingt konzentrierten Industrieinteressen ein

regulatory capture, streben sie eine zuverlässigere Stromversorgung und die Überwälzung ihrer Kosten auf andere Branchen sowie insbesondere kleine Unternehmen und die unorganisierten Haushalte an. Da von der erhöhten Zuverlässigkeit alle angeschlossenen Verbraucher profitieren, erwarte ich eine steigende Versorgungssicherheit mit Strom (H24.c). Ist die Elektrizitätswirtschaft privat, dominieren die EVU das System der Interessenvermittlung. Sie können sich dadurch regulatorischen Anforderungen entziehen, den Einfluss konkurrierender Interessengruppen abwehren und unter den Bedingungen ihres natürlichen Monopols ein Angebot durchsetzen, das aus niedrigen Investitionen und hohen Preisen hohe Gewinne schöpft. Infolgedessen sinkt die Versorgungssicherheit mit Strom (H24.d).

Auch für die illegale Vereinnahmung des Staats state capture erwarte ich einen vom eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätswirtschaft abhängigen Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom (H25). Ist die Elektrizitätswirtschaft staatlich und gelingt konzentrierten Industrieinteressen ein state capture, streben diese eine zuverlässigere Stromversorgung und die Überwälzung ihrer Kosten auf andere Branchen sowie insbesondere kleine Unternehmen und die unorganisierten Haushalte an. Da von der erhöhten Zuverlässigkeit alle angeschlossenen Verbraucher profitieren, erwarte ich eine steigende Versorgungssicherheit mit Strom (H25.a). Private EVU dominieren das System der Interessenvermittlung und nutzen ihr natürliches Monopol zur Durchsetzung hoher Preise bei einer niedrigen Versorgungssicherheit mit Strom aus. Ich erwarte eine sinkende Versorgungssicherheit mit Strom (H25.b).

Jedoch erwarte ich generell und insbesondere ohne die legale oder illegale Einflussnahme konzentrierter Industrien für eine zuverlässigere Stromversorgung einen negativen Effekt verbreiteter Korruption auf die Versorgungssicherheit mit Strom (H26). Zum einen werden aufgrund der Vereinnahmung des Staats bzw. entsprechender Versuche und der unzureichenden institutionellen und öffentlichen Kontrolle des Regierungshandelns öffentliche Güter nicht nach den gesellschaftlichen Bedürfnissen, sondern zugunsten privater Interessen und politischer Motive der persönlichen Bereicherung erbracht. Ich erwarte, dass der Anteil der Unternehmen, die versuchen, den Staat illegal zu vereinnahmen – unabhängig davon, ob der Zustand des state capture gegeben ist – ein Indikator für die Offenheit politischer Entscheidungsträger für Bestechungsversuche ist. Deshalb erwarte ich einen negativen Zusammenhang zwischen dem Anteil der Unternehmen, die versuchen den Staat illegal zu vereinnahmen, und der Versorgungssicherheit mit Strom (H26.a). Zum anderen ermöglicht es verbreitete Verwaltungskorruption, Sicherheitsstandards beim Bau und Betrieb der physischen Elektrizitätsinfrastruktur zu umgehen. Auch leiden die Einnahmen der EVU darunter, dass offene Rechnungen nicht zuverlässig über das Rechtssystem eingetrieben werden

können. Dementsprechend erwarte ich, dass je ausgeprägter die Verwaltungskorruption ist, desto niedriger ist die Versorgungssicherheit mit Strom (H26.b).

H20 Die ungenügende Entwicklung der rechtsstaatlichen Institutionen (ruleoflaw) ist die Voraussetzung dafür, dass Unternehmen illegal auf den Staat einwirken.

H20.a Die Ausprägung der Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) und der Anteil der Unternehmen, die Verwaltungsangestellte bestechen (admincorrupt), sind indirekt proportional zueinander.

H20.b Die Ausprägung der Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) und der Anteil der Unternehmen, die eine illegale Vereinnahmung versuchen (captors), sind indirekt proportional zueinander.

H20.c Die Ausprägung der Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) und der Anteil der Unternehmen, die Geschäftseinbußen durch eine illegale Vereinnahmung des Staats verzeichnen (statecapture), sind indirekt proportional zueinander.

H20.d Die Ausprägung der Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) steht nicht im Zusammenhang zu dem Anteil der Unternehmen, die Geschäftseinbußen durch den Einfluss gut vernetzter Personen oder Unternehmen auf den Staat verzeichnen (regulatory capture).

H21 Die illegale Vereinnahmung des Staats ist eine Strategie, um sich gegen etablierte, einflussreiche Unternehmen zu behaupten. Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Anteil der Unternehmen, die eine illegale Vereinnahmung des Staats versuchen (captors), und dem Vorliegen der institutionellen Konstellation des regulatory capture (regcapture).

H22 Legale Einflussnahme und illegale Vereinnahmung sind komplementäre Strategien der Staatsbeeinflussung. Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen regcapture und statecapture.

H22.a Unabhängig vom Grad der Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) kann regulatory capture stark ausgeprägt sein.

H22.b State capture kann nur bei niedriger Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) stark ausgeprägt sein.

H22.c Bei niedrigen Ausprägungen von state capture können hohe Ausprägungen von regulatory capture vorliegen.

H23 Je mehr Unternehmen eine Vereinnahmung des Staats versuchen (captors), desto seltener kann sich eine Branche durchsetzen und den Staat vereinnahmen (statecapture), es besteht ein indirekt proportionales Verhältnis.

H24 Für die legale Beeinflussung des Staats regulatory capture besteht ein differenzierter Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom, der von dem Bestehen funktionierender rechtsstaatlicher Institutionen und dem eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätswirtschaft abhängt.

H24.a Bei funktionierenden rechtsstaatlichen Institutionen (ruleoflaw) und einer staatlichen Elektrizitätswirtschaft (PubPriv) steigt die Versorgungssicherheit mit Strom.

H24.b Bei funktionierenden rechtsstaatlichen Institutionen (ruleoflaw) und einer privaten Elektrizitätswirtschaft (PubPriv) steigt die Versorgungssicherheit mit Strom.

H24.c Bei nicht funktionierenden rechtsstaatlichen Institutionen (ruleoflaw) und einer staatlichen Elektrizitätswirtschaft (PubPriv) steigt die Versorgungssicherheit mit Strom.

H24.d Bei nicht funktionierenden rechtsstaatlichen Institutionen (ruleoflaw) und einer privaten Elektrizitätswirtschaft (PubPriv) sinkt die Versorgungssicherheit mit Strom.

H25 Für die illegale Vereinnahmung des Staats state capture besteht ein differenzierter Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom, der von dem eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätswirtschaft abhängt.

H25.a Bei einer staatlichen Elektrizitätswirtschaft (PubPriv) steigt die Versorgungssicherheit mit Strom.

H25.b Bei einer privaten Elektrizitätswirtschaft (PubPriv) sinkt die Versorgungssicherheit mit Strom.

H26 Je verbreiteter Korruption ist, desto niedriger ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

H26.a Je höher der Anteil der Unternehmen, die versuchen den Staat illegal zu vereinnahmen (captors), ist, desto niedriger ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

H26.b Je ausgeprägter die Verwaltungskorruption (admincorrupt) ist, desto niedriger ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

Für die Blitzdichte erwarte ich, dass die Versorgungssicherheit mit Strom (SAIDIexc) umso höher ausfällt, je höher die Blitzdichte ist (H27), da die Elektrizitätsinfrastruktur an die Häufigkeit von Extremwetterereignissen angepasst werden muss.

H27 Je höher die Blitzdichte ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom exklusive außergewöhnlicher Ereignisse (SAIDI<sub>exc</sub>).

Ich erwarte, dass die Mitgliedschaft in der Europäischen Union die rechtsstaatlichen Institutionen stärkt (H28). Deshalb erwarte ich für die Anzahl der Jahre, die ein Staat Mitglied der Europäischen Union ist, einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom (H28.a).

H28 Je länger ein Land Mitglied der Europäischen Union ist, desto höher ist die Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) ausgeprägt.

H28.a Je länger ein Staat Mitglied der Europäischen Union ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom.

Außerdem möchte ich überprüfen, ob die überraschenden Effekte einiger Variablen auf bislang unbeobachtete Zusammenhänge aus dem Konzept der capture economy zurückgehen. Hierbei sollen zunächst nur formale Zusammenhänge überprüft werden, da eine inhaltliche Erklärung für den positiven Effekt einer sozialistischen Rechtstradition und den negativen Effekt der Landesfläche auf die Versorgungssicherheit mit Strom gegenwärtig nicht offensichtlich ist.

Das Konzept der capture economy wurde anhand der osteuropäischen Transformationsländer entwickelt. Deshalb erwarte ich, dass in Staaten mit sozialistischer Rechtstradition state capture häufiger vorkommt als in Ländern ohne sozialistische Rechtstradition (H29).

Die Stärke des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern (SoLRI) könnte die Leistungsfähigkeit der rechtlichen und politischen Institutionen sowie ihre Fähigkeit, korruptes Verhalten aufzudecken und zu sanktionieren, widerspiegeln. Deshalb vermute ich, dass sich ein starker, positiver Zusammenhang zwischen dem Indikator SoLRI und der wahrgenommenen Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) zeigt (H30).

Der Effekt der logarithmierten Landesfläche  $\log(\text{area})$  auf die Versorgungssicherheit mit Strom könnte auf die unterschiedlichen Interessengruppenstrukturen in großen und kleinen Ländern zurückgehen. Je mehr Interessengruppen miteinander konkurrieren, desto seltener kommt es zum regulatory capture bzw. state capture. Deshalb vermute ich einen negativen Zusammenhang zwischen der logarithmierten Landesfläche einerseits und den institutionellen Konstellationen regulatory capture und state capture andererseits (H31, H32).

H29 In Ländern mit sozialistischer Rechtstradition ist der Zustand des state capture häufiger gegeben als in Ländern ohne sozialistische Rechtstradition.



H30 Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Stärke des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern (SoLRI) sowie der wahrgenommenen Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw).

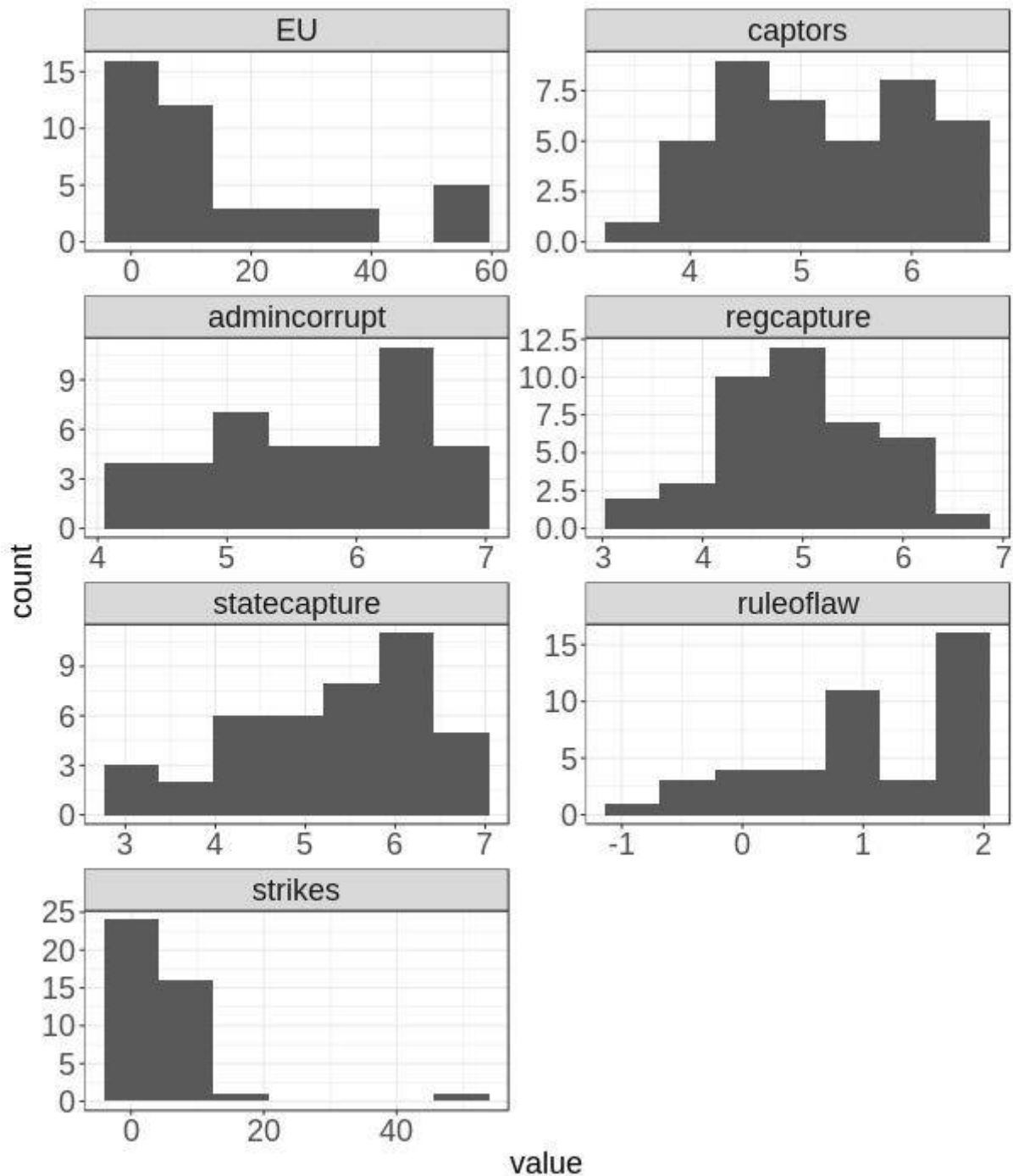
H31 Es besteht ein negativer Zusammenhang der Landesfläche ( $\log(\text{area})$ ) zur Ausprägung der institutionellen Konstellation des regulatory capture.

H32 Es besteht ein negativer Zusammenhang der Landesfläche ( $\log(\text{area})$ ) zur Ausprägung der institutionellen Konstellation des state capture.

## **8.6 Deskriptive Statistik**

Abbildung 35 zeigt die Verteilung der neuen Variablen im Jahr 2012 für alle Länder, für die Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom (SAIDIexc) verfügbar sind.

Abbildung 35: Verteilung der ergänzenden unabhängigen Variablen



Die Mitgliedsjahre in der EU (EU) und insbesondere die Blitzdichte (strikes) sind rechtsschief verteilt. Dies ist aber unproblematisch. Die Population umfasst alle 27 EU-Staaten von 2012. Die Verteilung der Blitzdichte und ihre Ursachen wurden bereits in Abschnitt 8.4 besprochen. Ebenso auffällig ist die linksschiefe Verteilung der Rechtsstaatlichkeit ruleoflaw. Die meisten Staaten sind gefestigte Rechtsstaaten. Deshalb ist es bemerkenswert, dass viele Staaten ebenfalls hohe Werte bei den Korruptionsindikatoren captors, admincorrupt und statecapture aufweisen. Auf der von 1 bis 7 reichenden Skala weisen die meisten Länder eine Punktzahl von über vier auf.

Um zu überprüfen, ob die aus dem Konzept der capture economy abgeleiteten Variablen in der Population ausreichend variieren, vergleiche ich in Tabelle 15 die Maxima des gesamten EOS (124 Länder) mit denen in der Population.

*Tabelle 15: Korruptionswahrnehmung im gesamten EOS und in der Population*

<b>Konstrukt</b>	<b>Variable</b>	<b>Maximum EOS</b>	<b>Maximum Population</b>	<b>Differenz</b>
Vereinnahmende Unternehmen	captors	5.15	4.94	0.21
Verwaltungs-korruption	admincorrupt412	5.6	5.28	0.32
	admincorrupt512a	5.67	5.11	0.56
	admincorrupt512b	6.04	4.3	1.74
	admincorrupt512c	5.94	5.08	0.86
	admincorrupt512d	5.93	5.13	0.8
	admincorrupt512e	5.46	5.26	0.2
	admincorrupt816	4.94	4.44	0.5
Legale Vereinnahmung	regcapture	5.28	4.98	0.3
Illegale Vereinnahmung	statecapture	5.51	5.44	0.07

Jede Variable verzeichnet im gesamten EOS einen höheren Wert als in der Population. Überwiegend bestehen geringe Differenzen. Dagegen weisen die Fragen zur Verwaltungskorruption 5.12A bis 5.12E mit 0,8, 0,86 und 1,74 teils große Differenzen auf. Eine Erklärung für die unterschiedlich großen Abweichungen der Teilfragen ist nicht offensichtlich. Lediglich für die stärkste Abweichung um 1,74 bei Frage 5.12b (Connection to public utilities [e.g., telephone or electricity]) ist plausibel, dass in der Population der Länder mit 100-prozentiger Versorgung der Bevölkerung mit Strom nur noch selten Neuanschlüsse gelegt werden und somit die Gelegenheit zur Korruption in der Population deutlich vermindert ist. Die Abweichungen der Indikatoren für vereinnahmende Unternehmen captors sowie die legale oder illegale Vereinnahmung des Staats regulatory capture bzw. state capture sind gering. Aufgrund der geringen Differenzen bei den theoretisch bedeutenden Variablen regcapture und statecapture sowie aufgrund dessen, dass die Staaten Osteuropas, anhand derer das Konzept der capture economy entwickelt wurde, zur Population gehören, halte ich die in der Population geringere Variation für unproblematisch.

## **8.7 Analytische Statistik**

In diesem Abschnitt prüfe ich zunächst, ob die theoretischen Konstrukte aus dem Konzept der capture economy mit den vorliegenden Daten im Sinn der Konstruktvalidität valide operationalisiert wurden (vgl. Gehring/Weins 2004: 54-55). Dazu gehe ich in Abschnitt 8.7.1 den in Abschnitt 8.5 formalisierten theoretischen Annahmen nach. Darauf aufbauend bilde ich in Abschnitt 8.7.2 eine neue Variable zur Messung der Korruptionswahrnehmung. In Abschnitt 8.7.3 überprüfe ich, ob die Effekte einiger Faktoren aus dem Modell A auf den noch unbeobachteten Effekt der Rechtsstaatlichkeit zurückzuführen sind. Anschließend prüfe ich in den Abschnitten 8.7.4 und 8.7.5 die Variablen auf Linearität und Multikollinearität. Schließlich entwickle ich in den Abschnitten 8.7.6 und 8.7.7 schrittweise ein erweitertes multiples Regressionsmodell.

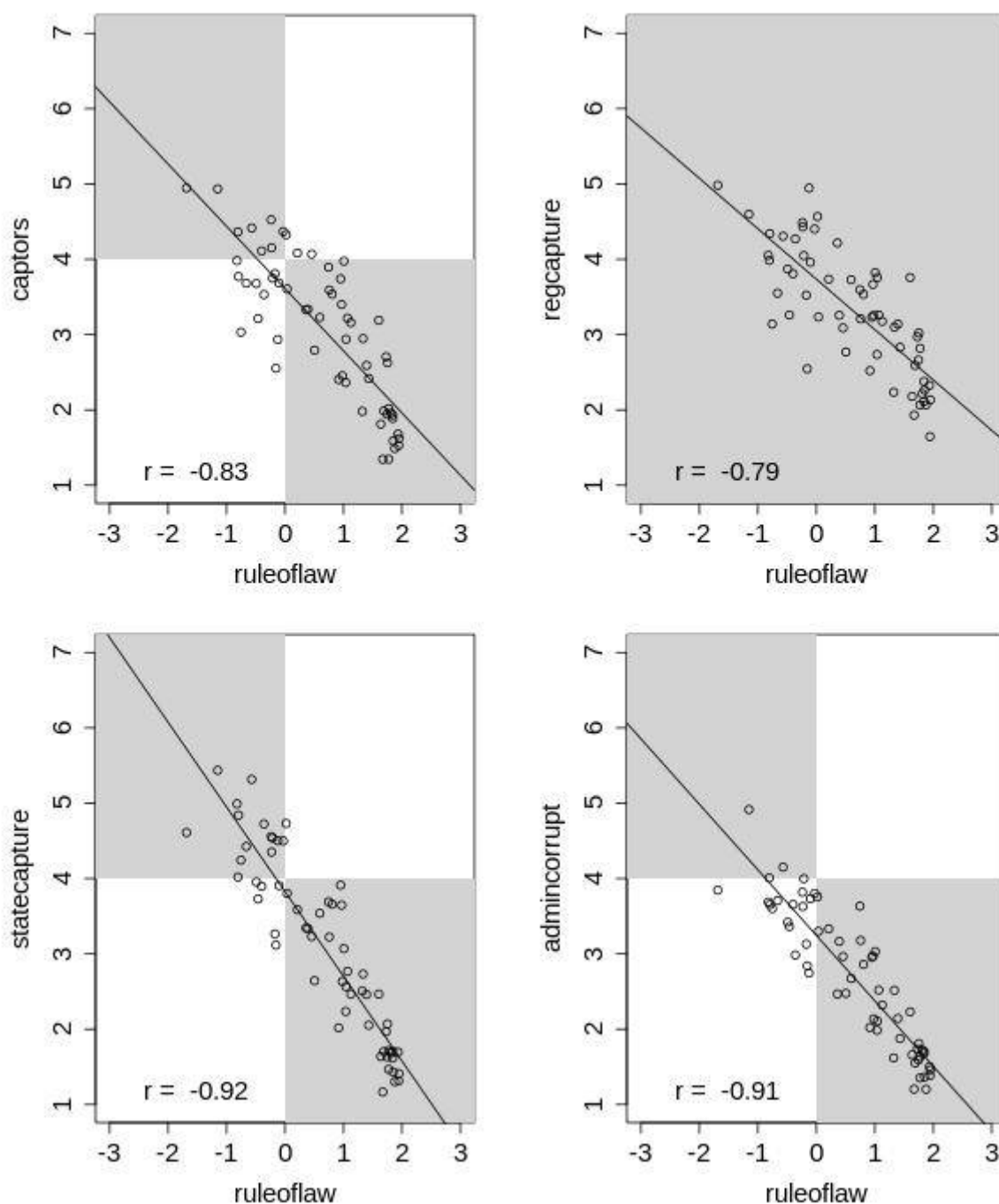
### **8.7.1 Empirische Validierung der Capture-Economy-Variablen**

In diesem Abschnitt überprüfe ich, ob die theoretischen Annahmen aus dem Konzept der capture economy in der Population gelten bzw. ob die theoretischen Konstrukte valide operationalisiert wurden. Letzteres prüfe ich zunächst anhand des aus einer unabhängigen Quelle bezogenen Kriteriums der Rechtsstaatlichkeit. Anschließend prüfe ich die theoretisch zu erwartenden Beziehungen der aus dem Konzept der capture economy abgeleiteten Variablen zueinander.

### **Bedeutung der Rechtsstaatlichkeit**

Dem Konzept der capture economy liegt die Annahme zugrunde, dass die illegale Vereinnahmung des Staats eine ungenügende Entwicklung der rechtsstaatlichen Institutionen voraussetzt. Aus den theoretischen Prämissen des Konzepts der capture economy leiten sich spezifische Beziehungen der verschiedenen Formen, mit denen Unternehmen auf den Staat einwirken können, zur Rechtsstaatlichkeit ab, die ich in Hypothese H20 formalisiert habe. Abbildung 36 zeigt die Zusammenhänge der Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) zu den verschiedenen Formen der legalen und illegalen Einflussnahme von Unternehmen auf den Staat. Die Quadranten, in denen Fälle gemäß der theoretischen Annahmen streuen sollten, sind jeweils grau unterlegt.

Abbildung 36: Prüfung der theoretischen Bedeutung der Rechtsstaatlichkeit



graue Unterlegung: Erwarteter Bereich für die Streuung der Daten

Die Variable ruleoflaw ist als Maß für die Rechtsstaatlichkeit mit allen Formen der Einflussnahme von Unternehmen auf den Staat stark negativ korreliert. Mit zunehmender Leistungsfähigkeit der rechtsstaatlichen Institutionen nimmt der Anteil der Unternehmen, die versuchen, den Staat illegal zu vereinnahmen (captors), ab ( $r = -0.83$ ). Dies gilt auch für den Anteil der Unternehmen, die berichten, dass sie durch illegale Vereinnahmung Geschäftseinbußen zu verzeichnen haben (statecapture). Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $-0.92$  ist der Zusammenhang sehr stark.

Auch die Bestechung einfacher Staatsangestellter (admincorrupt) nimmt mit steigender Rechtsstaatlichkeit sehr stark ab ( $r = -0.91$ ). Dies bedeutet, dass funktionierende rechtsstaatliche Institutionen Korruptionsversuche wirkungsvoll begrenzen. Deshalb sehe ich die von mir aufgestellten Teilhypothesen H20.a, H20.b, und H20.c bestätigt.

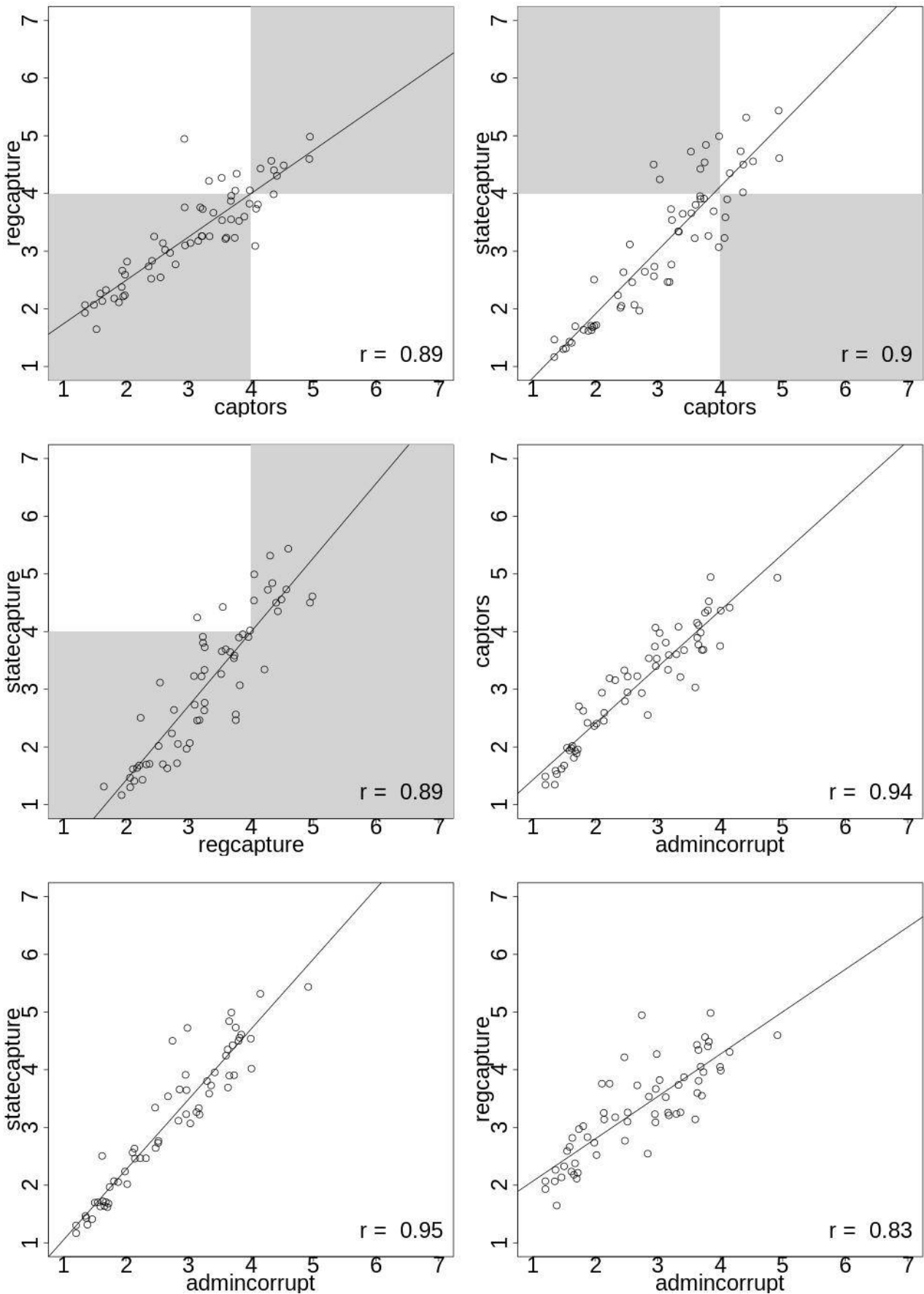
Allerdings nimmt auch der Anteil der Unternehmen, die Geschäftseinbußen durch die legale Einflussnahme gut vernetzter Personen oder Unternehmen berichten (regcapture), mit steigender Rechtsstaatlichkeit stark ab ( $r = -0.79$ ). Der Zusammenhang, den die legale Beeinflussung des Staats regulatory capture zur Rechtsstaatlichkeit zeigt, gleicht denen der illegalen Formen der Einflussnahme auf den Staat. Dies widerspricht der in Hypothese H20.d formulierten Unabhängigkeit legaler Einflussnahme von der Rechtsstaatlichkeit.

In den Teilhypothesen H22.a und H22.b habe ich die zu erwartende Verteilung der Beobachtungen gegen die Rechtsstaatlichkeit formuliert, wenn die Variablen regcapture und statecapture unterschiedliche Phänomene abbilden. So wäre zu erwarten, dass unabhängig vom Grad der Rechtsstaatlichkeit regulatory capture stark ausgeprägt sein kann (H22.a). Die Variable regcapture müsste über den gesamten Wertebereich der Variable ruleoflaw hohe und niedrige Werte annehmen können. Es zeigen sich aber weder Fälle, in denen eine niedrige Rechtsstaatlichkeit von weniger als -1 und gleichzeitig ein niedriges Niveau von regulatory capture von weniger als 4 besteht. Noch zeigen sich Fälle, in denen eine hohe Rechtsstaatlichkeit von mehr als 1 und gleichzeitig ein hohes Niveau von regulatory capture von mehr als 4 besteht. Auch ist zu erwarten, dass state capture nur bei niedriger Rechtsstaatlichkeit stark ausgeprägt sein kann (H22.b). Tatsächlich zeigt sich mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = -0.92$  ein sehr starker negativer Zusammenhang.

### **Beziehungen der capture-economy-Variablen zueinander**

Das Konzept der capture economy unterscheidet drei idealtypische Formen der Einflussnahme auf den Staat: die legale Beeinflussung hochrangiger Staatsvertreter, die illegale Vereinnahmung hochrangiger Staatsvertreter und die Bestechung einfacher Staatsangestellter. Für die legale Beeinflussung hochrangiger Staatsvertreter ist zwar kein Messinstrument verfügbar. Doch leiten sich aus dem Konzept der capture economy theoretisch begründete Beziehungen der theoretischen Konstrukte zueinander ab (H21-H23). Diese überprüfe ich in den ersten drei Grafiken (oben links) in Abbildung 37. Die Quadranten mit erwarteter Streuung sind grau unterlegt. Darüber hinaus überprüfe ich in den letzten drei Grafiken von Abbildung 37 (unten rechts), ob die mittels des EOS operationalisierten theoretischen Konstrukte aus dem Konzept der capture economy eigenständige Phänomene darstellen.

Abbildung 37: Korrelation der capture economy Variablen



graue Unterlegung: Erwarteter Bereich für die Streuung der Daten

In Hypothese H21 habe ich die Annahme formalisiert, dass die illegale Vereinnahmung des Staats eine Strategie ist, um sich gegen etablierte, einflussreiche Unternehmen zu behaupten: Es müsste ein positiver Zusammenhang zwischen dem Anteil der Unternehmen, die eine illegale Vereinnahmung des Staats versuchen (captors), und dem Vorliegen der institutionellen Konstellation des regulatory capture (regcapture) bestehen. Die Korrelation beider Variablen in Abbildung 37 legt mit  $r = 0.89$  einen solchen Zusammenhang nahe. Je stärker Gesetze und Regulierungen durch einflussreiche Unternehmen geprägt werden, desto eher versuchen davon betroffene Unternehmen, ihrerseits Gesetze durch Bestechung zu beeinflussen.

Der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit, mit der Unternehmen versuchen, den Staat zu vereinnahmen (captors), und dem Anteil von Unternehmen, die dadurch Geschäftseinbußen verzeichnen (statecapture) ist mit  $r = 0.9$  sehr stark. Somit zeigt sich in den Daten die nach dem Konzept der capture economy für eine Vereinnahmung des Staats erforderliche Konzentration der Vereinnahmungsversuche nicht. Je mehr Unternehmen versuchen, den Staat illegal zu vereinnahmen, desto häufiger kommt es zum state capture. Deshalb verwerfe ich Hypothese H23.

Hypothese H22 formuliert die Annahme, dass legale Einflussnahme und illegale Vereinnahmung komplementäre Strategien der Staatsbeeinflussung sind. Um zu gewährleisten, dass beide theoretischen Konstrukte valide operationalisiert sind, habe ich in der Teilhypothese H22.c die Anforderung formuliert, dass auch bei niedrigen Ausprägungen von state capture hohe Ausprägungen von regulatory capture vorliegen können. Analog zur Prüfung beider Phänomene gegen die Rechtsstaatlichkeit auf Seite 196 würde eine entsprechende Verteilung darauf hindeuten, dass anders als für die institutionelle Konstellation des state capture, die schwache politische Institutionen benötigt, für regulatory capture keine Vorbedingungen gelten und diese über die gesamte Variationsbreite von state capture (als Anzeichen für schwache Institutionen) streuen kann. Jedoch zeigt sich in Abbildung 37 mit  $r = 0.89$  ein starker linearer Zusammenhang zwischen den Variablen statecapture und regcapture.

### **Ergebnisse**

Es festigt sich der Eindruck, dass regulatory capture durch die Frage 5.14 aus dem EOS 2005-2006 nicht valide operationalisiert wurde. Einerseits verhält sich die Variable regcapture nicht erwartungsgemäß zum externen Kriterium der Rechtsstaatlichkeit oder zur Variable statecapture. Es fehlen die theoretisch erwartbaren Beobachtungen für Fälle mit hoher Rechtsstaatlichkeit bzw. niedrigem state capture und einer hohen Ausprägung von regulatory capture. Deshalb verwerfe ich die Teilhypothesen H22.a und H22.c. Andererseits zeigen sich starke oder sehr starke lineare

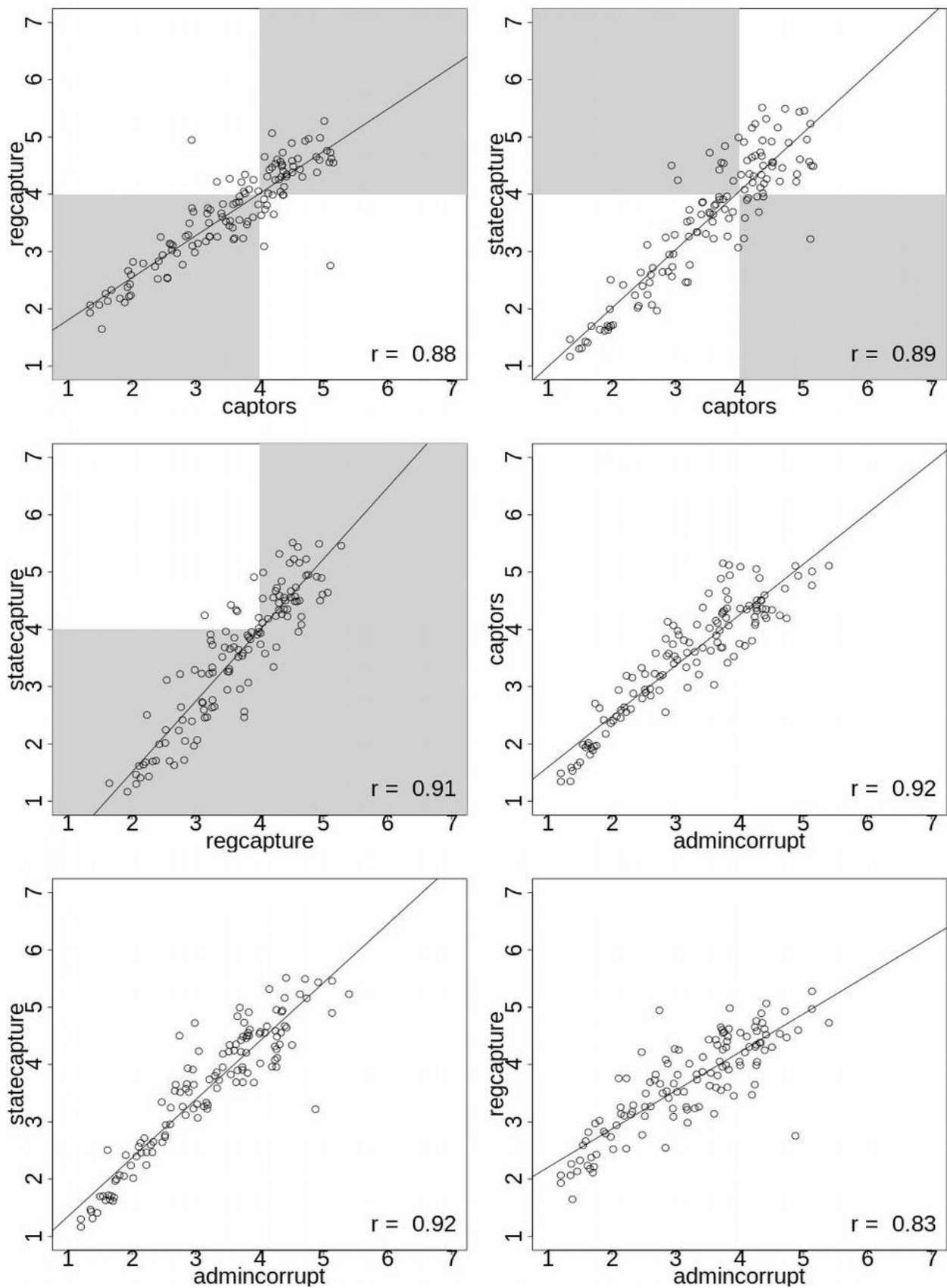


Zusammenhänge der Variable regcapture zum Anteil Vereinnahmender Unternehmen (captors), zur institutionellen Konstellation des state capture (statecapture) und zur Verwaltungskorruption (admincorrupt). Ich vermute daher, dass die im EOS Befragten entweder grundsätzlich oder durch den Fragekontext bedingt die zur Operationalisierung von regulatory capture verwendete Frage 5.14 als auf korruptes Verhalten bezogen verstehen. Somit wurde regulatory capture nicht valide operationalisiert. Die Hypothese H22, dass legale Einflussnahme und illegale Vereinnahmung komplementäre Strategien der Staatsbeeinflussung sind, kann deshalb nicht beantwortet werden.

Darüber hinaus sind die Variablen captors, statecapture, regcapture und admincorrupt stark oder sehr stark miteinander korreliert. Dies ist zwar plausibel, wenn alle diese Variablen korruptes Verhalten abbilden. Doch sind sehr hohe Korrelationskoeffizienten von  $r = 0.94$  oder  $r = 0.95$  problematisch, da die Idealtypen empirisch nicht unterscheidbar sind. Daher kann ich den aus dem Konzept der capture economy abgeleiteten Erklärungsansatz über die Effekte der verschiedenen Formen der Einflussnahme auf den Staat nicht weiter verfolgen. Dies betrifft zum einen die nach Korruptionsformen differenzierte Erklärung des starken Effekts der Korruptionswahrnehmung, für die ich die Hypothesen H20 bis H26 aufgestellt habe. Zum anderen betrifft dies die möglichen Erklärungen für den positiven Effekt einer sozialistischen Rechtstradition sowie den negativen Effekt der Landesfläche, für die ich die Hypothesen H29, H31 und H32 aufgestellt habe.

Diese Befunde legen außerdem nahe, dass die Annahmen des Konzepts der capture economy in der Population nicht gelten. Aufgrund der Tragweite der Ergebnisse für die weitere Analyse prüfe ich, ob diese Beobachtung auch in der Gesamtheit der vom EOS erfassten Länder gilt. Abbildung 38 zeigt die sieben besprochenen Zusammenhänge für den gesamten EOS 2005-2006.

Abbildung 38: Korrelation der capture economy Variablen im gesamten EOS 2005-2006



graue Unterlegung: Erwarteter Bereich für die Streuung der Daten

Erkennbar gleichen die Zusammenhänge im gesamten EOS denen in der Population. Die Variablen *captors*, *statecapture*, *regcapture* und *admincorrupt* sind hoch miteinander korreliert, da diese vermutlich das gleiche Phänomen messen. Somit bildet die Variable *regcapture* die legale Vereinnahmung des Staats nicht korrekt ab bzw. gelten die Annahmen des Konzepts der *capture economy* in der Population nicht. Daher schließe ich die Variablen *captors* und *regcapture* ersatzlos aus der weiteren Untersuchung aus.

### **8.7.2 EOS-basierte Messung der Korruptionswahrnehmung**

Die Daten des EOS bieten die Möglichkeit, die Messung der Korruptionswahrnehmung auf eine transparente Basis zu stellen. Die Korruptionswahrnehmung wurde bisher mittels des *Corruption Perceptions Index* gemessen, der sich, wie in Abschnitt 7.1.3 beschrieben, aus verschiedenen und mit der Zeit wechselnden Quellen zusammensetzt sowie imputierte Werte enthält. Zur Messung der Korruptionswahrnehmung bilde ich daher die neue Variable *corruption* als Mittel der Variablen *admincorrupt* und *statecapture*, wodurch die Fragen 5.12A-E, 4.12 und 8.16 zusammen das gleiche Gewicht wie die Frage 5.13 erhalten, um *petty* und *grand corruption* gleichwertig abzubilden.

Da der EOS eine Quelle für den *Corruption Perceptions Index* ist, besteht zwischen der bisher verwendeten Variable *corrupt* und der neu gebildeten Variable *corruption* eine hohe Korrelation von  $r = 0.86$  ( $p = 0$ ) für das Jahr 2004 und von  $r = 0.92$  ( $p = 0$ ) für das Jahr 2012. Jeweils für das Jahr 2012 weisen die Variablen *corrupt* und *corruption* gegen die Rechtsstaatlichkeit (*ruleoflaw*) eine Korrelation von  $r = -0.87$  ( $p = 0$ ) bzw.  $r = -0.92$  ( $p = 0$ ) auf.

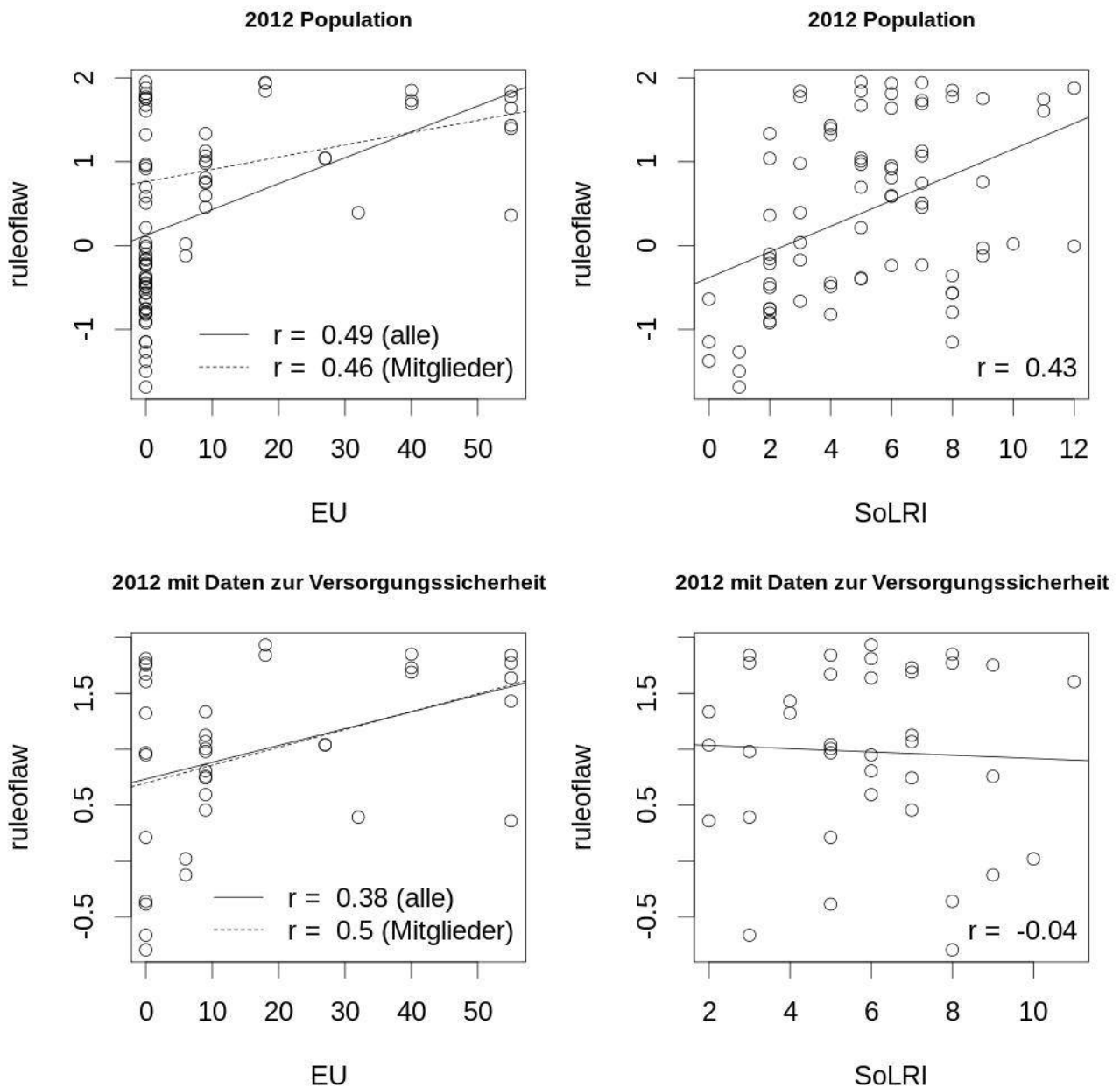
Um den Effekt der veränderten Datenbasis für die Korruptionswahrnehmung von dem Effekt der Variable *EU* unterscheiden zu können, nehme ich in Abschnitt 8.7.6 zunächst die EOS-basierte Variable *corruption* in die Modellformulierung auf (Modell B) und anschließend in Abschnitt 8.7.7 zusätzlich die Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU (Modell C).

### **8.7.3 Prüfung auf Scheinkorrelation der Variablen EU und SoLRI**

Möglicherweise gehen die Effekte der Lage eines Landes in Europa (*europe*) und des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern (*SoLRI*) auf die Rechtsstaatlichkeit bzw. institutionelle Konstellationen, wie sie das Konzept der *capture economy* beschreibt, zurück. Hypothese H28.a postuliert, dass je länger ein Land Mitglied der Europäischen Union ist, desto höher ist die Rechtsstaatlichkeit ausgeprägt. Für die Stärke des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern (*SoLRI*) habe ich in Hypothese H30 die Vermutung aufgestellt, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Stärke des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern (*SoLRI*) sowie der

wahrgenommenen Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) besteht. Abbildung 39 stellt die bivariaten Korrelationen in der Population sowie für die Länder mit Daten zur Versorgungssicherheit dar:

Abbildung 39: EU und SoLRI gegen ruleoflaw



Die Länge der EU-Mitgliedschaft eines Staats (EU) ist in der Population und für die Länder mit Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom mittelstark mit der Rechtsstaatlichkeit korreliert ( $r = 0.49$ , mit Daten zur Versorgungssicherheit  $r = 0.38$ ). Dieser Zusammenhang gilt auch, wenn nur EU-Mitglieder betrachtet werden ( $r = 0.46$  bzw.  $0.5$ ). Dies bestätigt die Hypothese H28.

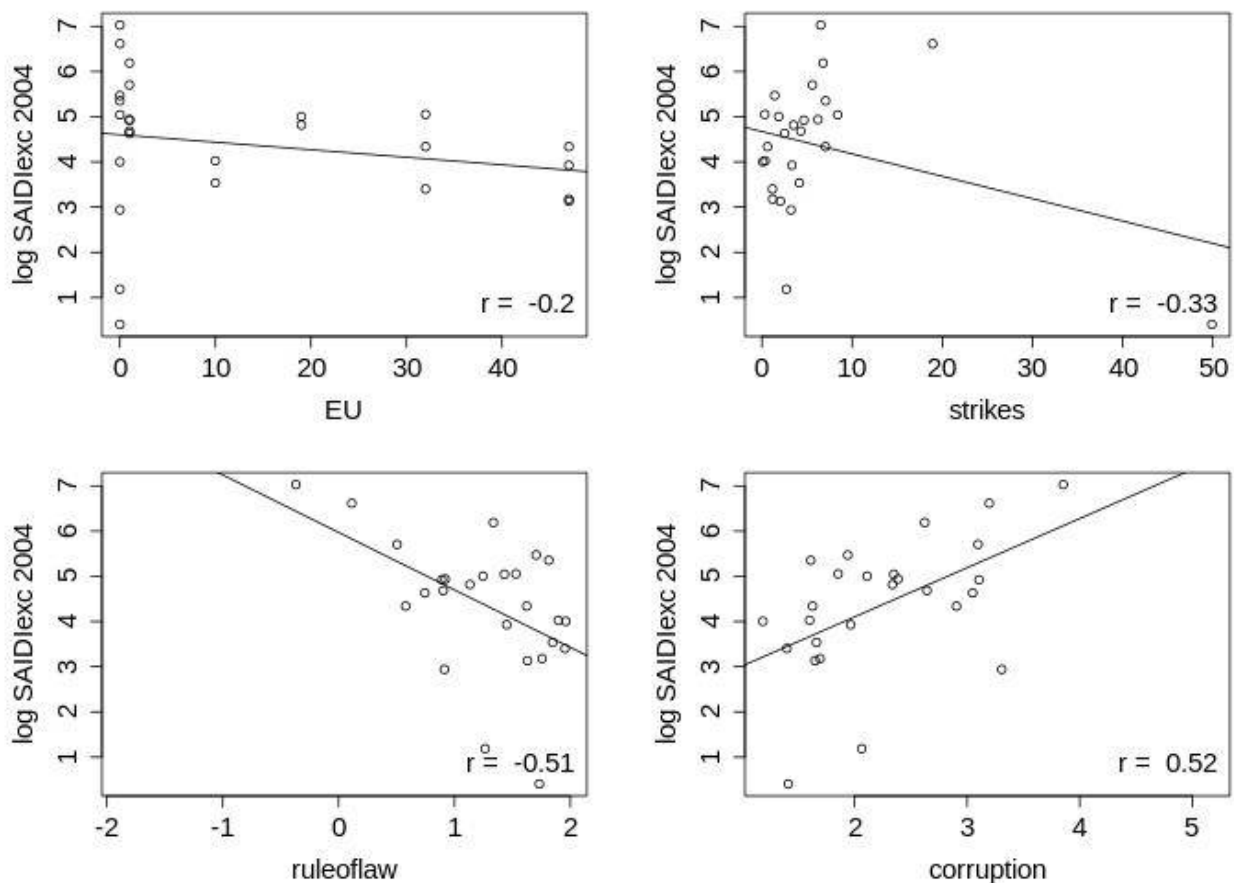
Die Variable SoLRI ist mittelstark mit der Rechtsstaatlichkeit korreliert ( $r = 0.43$ ), aber nicht für die Länder, die Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom ausweisen. Die Hypothese H30, dass der

negative Effekt des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern auf die Versorgungssicherheit mit Strom zumindest teilweise die Fähigkeit der rechtsstaatlichen Institutionen abbildet, korruptes Verhalten aufzudecken und zu sanktionieren, kann somit nicht bestätigt werden.

#### 8.7.4 Test auf Linearität

In Abbildung 40 prüfe ich die Variablen EU, strikes, ruleoflaw und corruption grafisch auf Linearität gegen die logarithmierte Versorgungssicherheit mit Strom für das Jahr 2004.

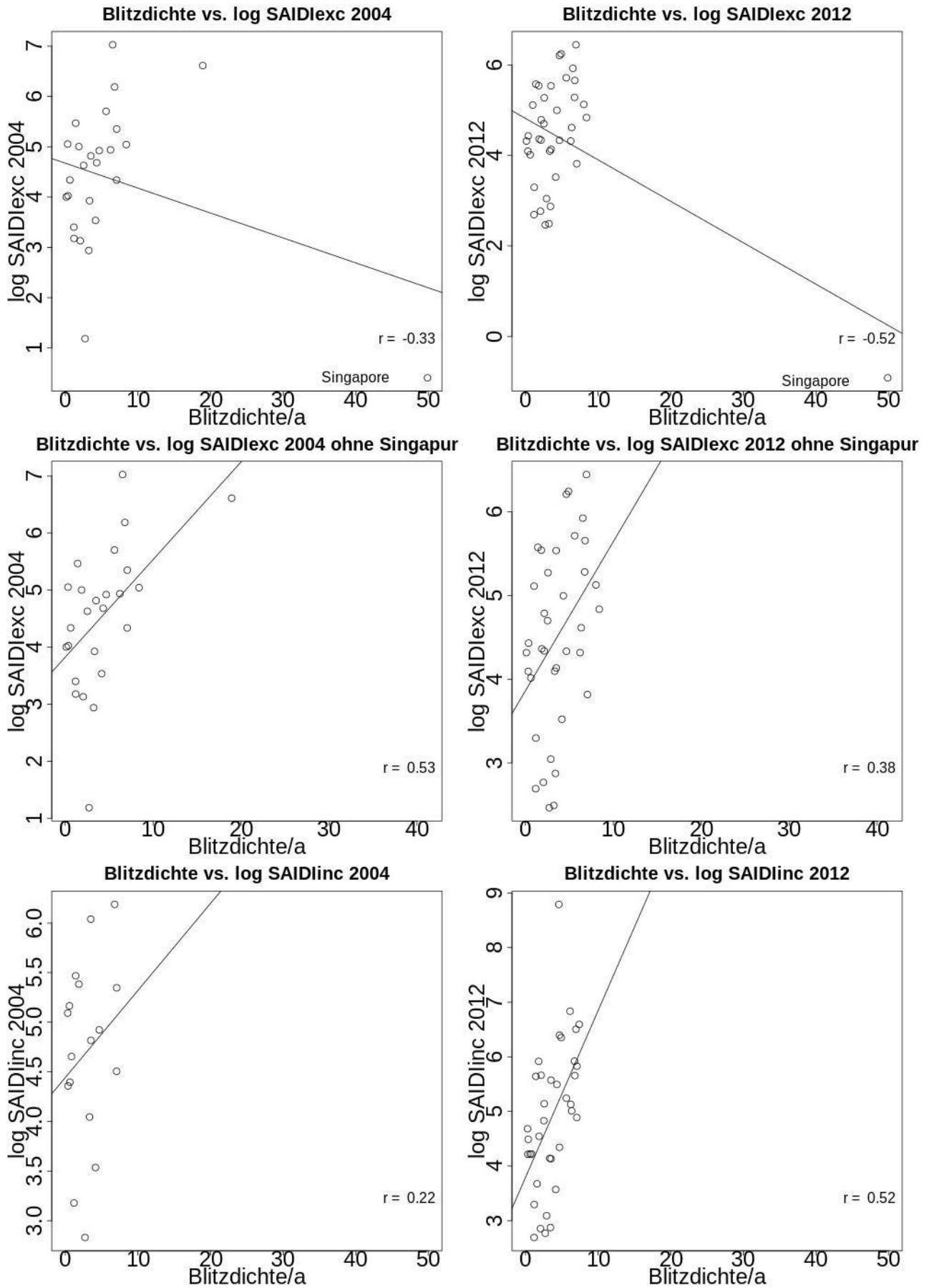
Abbildung 40: Test der neuen Variablen auf Log-Linearität



Die Beziehung der Blitzdichte strikes wird von Singapur mit 50 Blitzschlägen pro Quadratkilometer ( $s = 5.6$ ) verzerrt.<sup>73</sup> Dies liegt an der geringen geografischen Abdeckung des blitzreichen äquatorialen Bereichs durch die Population sowie an fehlenden SAIDI-Werten für die betreffenden Länder, wie in Abbildung 13 (S. 76) ersichtlich ist. Ein Ausschluss Singapurs als Ausreißer wäre nicht gerechtfertigt. Den Einfluss Singapurs auf den log-linearen Zusammenhang der Blitzdichte zur Versorgungssicherheit mit Strom veranschaulicht Abbildung 41 für die Jahre 2004 und 2012 für SAIDIexc und SAIDIinc, wobei für SAIDIinc keine Daten für Singapur verfügbar sind.

<sup>73</sup> Singapur weist ebenfalls die niedrigste Unterbrechungsdauer SAIDIexc auf. Dieser Wert ist aber nicht außergewöhnlich. 2004 betragen die Standardabweichungen Singapurs, Japans und Koreas -0.7, -0.69 und -0.63 sowie 2012 -0.97, -0.89 und -0.89.

Abbildung 41: Einfluss Singapurs auf den Zusammenhang Blitzdichte-SAIDI<sub>exc</sub>



Erkennbar liegen für die Blitzdichte zu wenige Beobachtungen für Länder mit einer mittleren und hohen Blitzdichte vor. Wie eine verbesserte Datenverfügbarkeit die Trendlinie beeinflussen würde, lässt sich nicht zuverlässig abschätzen. Zwar legen die Grafiken ohne Singapur einen positiven Zusammenhang zur durchschnittlichen jährlichen Unterbrechungsdauer nahe. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass eine höhere Datenverfügbarkeit für Länder mit einer mittleren oder hohen Blitzdichte die Richtung der Trendlinie unter Berücksichtigung Singapurs bestätigen würde. Eine Analyse auf der Basis der eingeschränkten Datenverfügbarkeit riskiert, Fehlschlüsse über die Richtung und Stärke des Zusammenhangs zwischen der Blitzdichte und der Versorgungssicherheit mit Strom zu ziehen.

Aufgrund der eingeschränkten Datenverfügbarkeit für Länder mit mittleren oder hohen Blitzdichten lohnt sich ein vergleichender Blick auf die Verteilung der Niederschlagsmenge. Diese bildet, wie in Abschnitt 8.4 erläutert, ein von der Blitzdichte verschiedenes, aber durch die gemeinsame Abhängigkeit von Wolken verwandtes Phänomen ab. Ähnlich wie die Blitzdichte ist auch die Niederschlagsmenge am Äquator stärker als an den Polen, wie Abbildung 42 zeigt. Die Population, die durch die Einzeichnung der Landesgrenzen hervorgehoben wurde, repräsentiert die geografische Verteilung der Niederschlagsmenge ebenfalls nur ungenügend.

Abbildung 42: Niederschlagsmenge weltweit

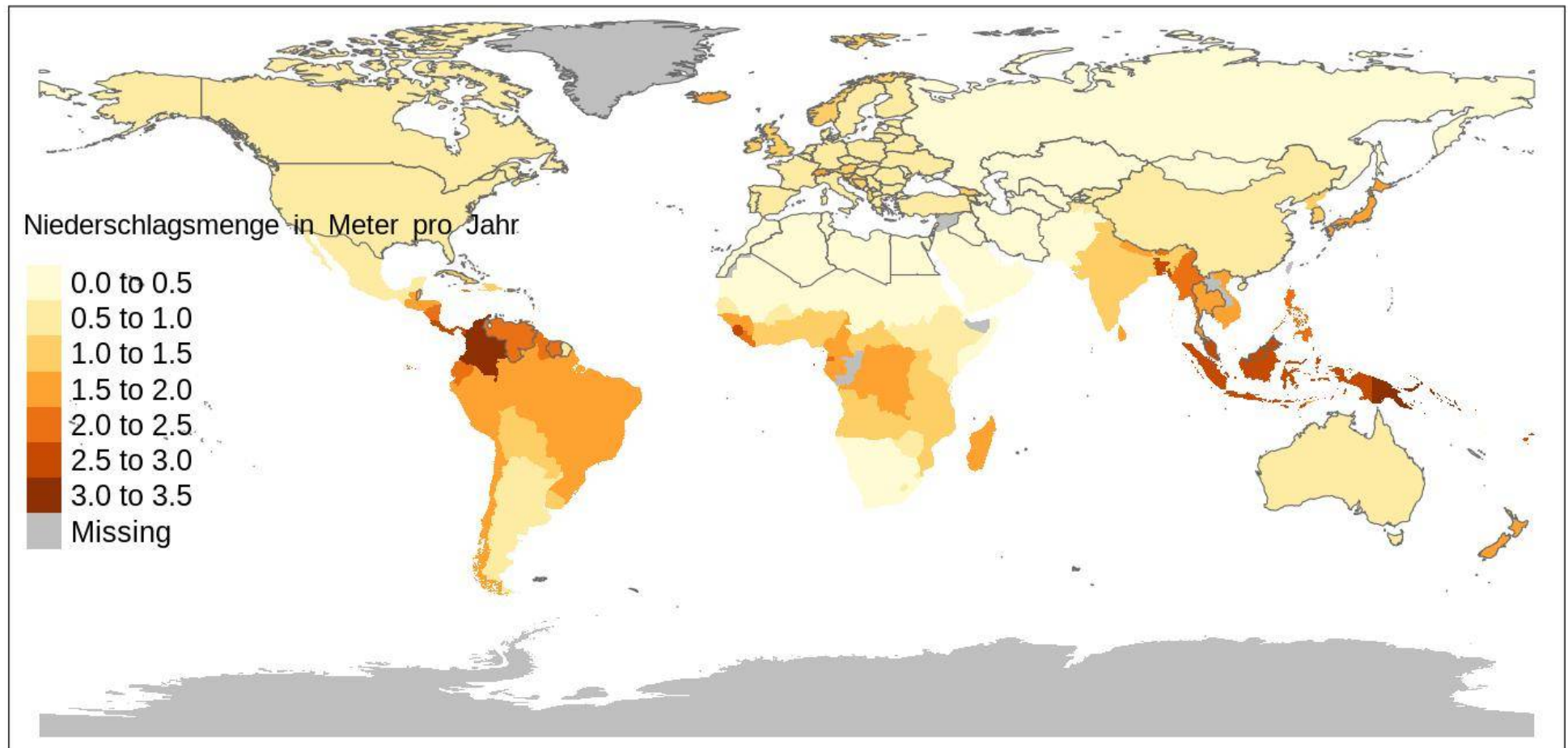
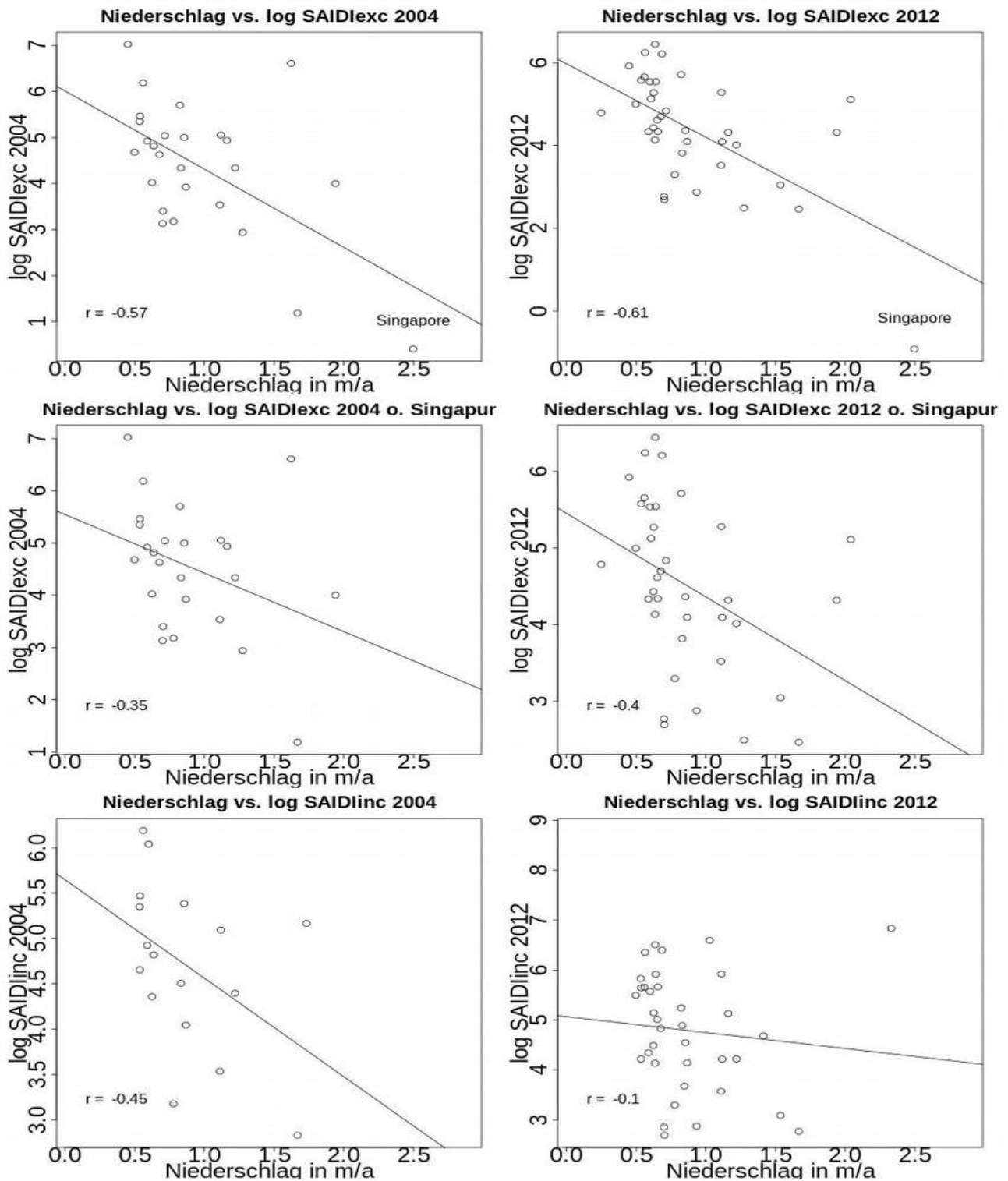




Abbildung 43 zeigt den Einfluss Singapurs auf den Zusammenhang der Niederschlagsmenge zur Versorgungssicherheit mit Strom. Für Singapur sind keine SAIDIinc-Werte verfügbar.

Abbildung 43: Einfluss Singapurs auf den Zusammenhang Niederschlagsmenge-SAIDIexc



Anders als für die Blitzdichte liegen auch einige Beobachtungen für Länder mit mittleren und hohen Niederschlagsmengen vor. In allen Grafiken zeigt sich ein positiver Effekt auf die

Versorgungssicherheit mit Strom. Zwar ist ein Schluss von einer Variable auf eine andere nicht zulässig. Doch unterstreicht der Vergleich der Blitzdichte mit der Niederschlagsmenge als verwandter und geografisch ähnlich verteilter Größe die Möglichkeit, dass der Zusammenhang zwischen der Blitzdichte und der Versorgungssicherheit mit Strom bei Ausschluss Singapurs als vermeintlichem Ausreißer durch fehlende Beobachtungen für den Bereich mittlerer und hoher Blitzdichten verzerrt werden würde. Deshalb schließe ich die Blitzdichte aus der weiteren Untersuchung aus.

### 8.7.5 Multikollinearität

In diesem Abschnitt prüfe ich die Variablen auf Multikollinearität. Mit der Ergänzung der Variable EU und der EOS-basierten Messung der Korruptionswahrnehmung weisen vier Paarungen eine bivariate Korrelation  $\geq 0.7$  auf. Dies betrifft für das Jahr 2004 die Korruptionswahrnehmung corruption, die eine lineare Korrelation zum Wandel der politischen Struktur ChPOLITY von  $r = 0.74$  und zur sozialistischen Rechtstradition socialist law system von  $r = 0.75$  zeigt. Ich erwarte, dass die sozialistische Rechtstradition zugleich das Bestehen autokratischer Strukturen kodiert, die politisch instabiler und anfälliger für die private Vorteilsnahme durch Korruption sind. Zugleich schätze ich den Informationsgehalt der betreffenden Variablen als ausreichend eigenständig ein. Nach wie vor sind der Regimewandel und die sozialistische Rechtstradition mit  $r = 0.78$  miteinander korreliert. Ebenso sind für das Jahr 2012 weiterhin die Variablen X2012er und europe mit  $r = -0.71$  miteinander korreliert. Wie bereits in Abschnitt 7.4 diskutiert, halte ich diese Zusammenhänge für unproblematisch.

Ich prüfe erneut, ob eine oder mehrere der unabhängigen Variablen durch eine Linearkombination der übrigen Variablen erzeugt werden kann und somit keine einzigartige Information in ein multiples Modell einbringen würde. Tabelle 16 zeigt das Bestimmtheitsmaß der Regression der unabhängigen Variablen aufeinander für die Jahre 2004 und 2012.

Tabelle 16:  $R^2$  der Regression der unabhängigen Variablen aufeinander 2004 / 2012

<b>X2012er</b>	<b>rain</b>	<b>urban</b>	<b>log(density)</b>	<b>log(area)</b>
- / <b>0.718</b>	<b>0.621 / 0.783</b>	<b>0.742 / 0.79</b>	<b>0.938 / 0.884</b>	<b>0.938 / 0.861</b>
<b>powerPC</b>	<b>imports</b>	<b>neighbour</b>	<b>crisis</b>	<b>SoLRI</b>
<b>0.783 / 0.837</b>	<b>0.489 / 0.42</b>	<b>0.686 / 0.739</b>	<b>0.527 / 0.523</b>	<b>0.773 / 0.52</b>
<b>capital</b>	<b>debt</b>	<b>europe</b>	<b>ChPOLITY</b>	<b>PubPriv</b>
<b>0.713 / 0.614</b>	<b>0.853 / 0.571</b>	<b>0.781 / 0.828</b>	<b>0.808 / 0.675</b>	<b>0.593 / 0.692</b>
<b>competition</b>	<b>socialist law system</b>	<b>EU</b>	<b>corruption</b>	
<b>0.733 / 0.765</b>	<b>0.858 / 0.835</b>	<b>0.742 / 0.745</b>	<b>0.863 / 0.883</b>	

Das höchste Bestimmtheitsmaß weisen die Variablen log(density) und log(area) im Jahr 2004 mit 0.938 auf. Diese bringen also noch 6.2 % einzigartige Informationen in das Modell ein. Allerdings liegt das Bestimmtheitsmaß für die Variable log(density) im Jahr 2012 bei 0.884, die somit 11.6 % einzigartige Informationen in das Modell einbringt. Daher muss keine Variable entfernt werden.

### 8.7.6 EOS-basiertes Modell B

In diesem Abschnitt nehme ich die EOS-basierte Messung der Korruptionswahrnehmung in die Formulierung des Modells B auf. Dieses lautet vollständig:

#### Modell B (vollständig)

```
Call: lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[,
!names(independent_corruption0412) %in% c("Country")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.51999	-0.42393	0.05666	0.38132	1.22546

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	6.667	1.640	4.066	0.000	NA
X2012er	-1.287	0.445	-2.889	0.006	-0.287
rain	-0.949	0.333	-2.849	0.007	-0.337
urban	-0.039	0.013	-2.993	0.005	-0.399
`log(density)`	-0.276	0.177	-1.563	0.126	-0.321
`log(area)`	-0.058	0.109	-0.532	0.598	-0.097
powerPC	0.121	0.169	0.716	0.478	0.109
imports	-0.010	0.007	-1.468	0.150	-0.126
neighbour	-0.177	0.054	-3.283	0.002	-0.356
crisis	0.064	0.099	0.648	0.521	0.060
SoLRI	0.077	0.051	1.506	0.140	0.137
capital	0.002	0.004	0.366	0.716	0.052
debt	-0.002	0.003	-0.558	0.580	-0.061
europe	0.915	0.440	2.079	0.044	0.272
ChPOLITY	-0.028	0.019	-1.492	0.144	-0.164
PubPriv	-0.032	0.068	-0.476	0.637	-0.050
competition	-0.039	0.021	-1.802	0.079	-0.154
`socialist law system`	-0.651	0.427	-1.526	0.135	-0.221
corruption	1.216	0.266	4.567	0.000	0.733

Residual standard error: 0.671 on 40 degrees of freedom  
(60 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.8341, Adjusted R-squared: 0.7594

F-statistic: 11.17 on 18 and 40 DF, p-value: 1.973e-10

Im Vergleich zum vollständigen Modell A ist die erklärte Variation rund vier Prozent niedriger. Anders als im vollständigen Modell A weisen die Variablen log(area) und PubPriv ein negatives Vorzeichen auf, die geschätzten Regressionsparameter sind aber in keinem der beiden Modelle signifikant. Die Variable corruption kann sich als einzige mit  $p = 0.0$  durchsetzen.

Nach der Methode der Rückwärtsselektion wurden schrittweise die nicht signifikanten Prädiktoren aus dem Modell entfernt, bis das maximale korrigierte  $R^2$  erreicht wurde. Dies waren die Kapitalmarktliquidität (capital), der Anteil des Staats am größten EVU (PubPriv), die logarithmierte Landesfläche (log(area)), die Dauer der längsten Rezession (crisis), die installierte Leistung pro Kopf (powerPC) und die Staatsschuldenquote (debt). Es resultiert folgendes Modell:

### Modell B (max. korrigiertes $R^2$ )

```
Call: lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[,
!names(independent_corruption0412) %in% c("Country", "capital",
"PubPriv", "log(area)", "crisis", "powerPC", "debt")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.62341	-0.35915	0.02539	0.37929	1.32146

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	5.924	1.109	5.340	0.000	NA
X2012er	-1.073	0.383	-2.805	0.007	-0.239
rain	-0.819	0.241	-3.392	0.001	-0.291
urban	-0.031	0.009	-3.510	0.001	-0.317
`log(density)`	-0.286	0.065	-4.378	0.000	-0.332
imports	-0.010	0.005	-1.807	0.077	-0.126
neighbour	-0.184	0.039	-4.664	0.000	-0.370
SoLRI	0.071	0.041	1.732	0.090	0.126
europa	1.130	0.286	3.955	0.000	0.335
ChPOLITY	-0.028	0.017	-1.672	0.101	-0.164
competition	-0.037	0.017	-2.126	0.039	-0.147
`socialist law system`	-0.603	0.354	-1.702	0.096	-0.205
corruption	1.157	0.229	5.046	0.000	0.698

Residual standard error: 0.6423 on 46 degrees of freedom  
(60 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.8251, Adjusted R-squared: 0.7795

F-statistic: 18.09 on 12 and 46 DF, p-value: 1.503e-13

Die erklärte Variation beträgt 82.5 Prozent, das korrigierte  $R^2$  78 Prozent. Somit liegen beide Größen etwa vier Prozent niedriger als im Modell A. Nicht signifikant sind die Prädiktoren der Stromhandelsbilanz imports, der Veränderung des politischen Systems ChPOLITY und der sozialistischen Rechtstradition socialist law system. Werden nicht signifikante Prädiktoren schrittweise aus dem Modell entfernt, scheiden nacheinander die Variablen ChPOLITY, imports, SoLRI für den Schutz von Kreditgebern und -nehmern, socialist law system, X2012er als Kontrollvariable für das Erreichen einer 100-prozentigen Stromversorgung der Bevölkerung bis 1990 bzw. bis 2012 sowie competition für das Bestehen von Wettbewerb auf dem Strommarkt aus. Es ergibt sich folgendes Modell:

## Modell B

```
Call: lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[,  
!names(independent_corruption0412) %in% c("Country", "capital", "PubPriv",  
"log(area)", "crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY", "imports", "SoLRI",  
"socialist law system", "X2012er", "competition")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.51931	-0.45287	0.03537	0.42422	1.94426

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	6.204	1.099	5.647	0.000	NA
rain	-0.900	0.258	-3.483	0.001	-0.320
urban	-0.019	0.009	-2.069	0.044	-0.194
`log(density)`	-0.320	0.068	-4.691	0.000	-0.372
neighbour	-0.148	0.041	-3.572	0.001	-0.297
europe	0.886	0.280	3.169	0.003	0.263
corruption	0.658	0.164	4.021	0.000	0.397

Residual standard error: 0.7201 on 52 degrees of freedom  
(60 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.7515, Adjusted R-squared: 0.7228

F-statistic: 26.21 on 6 and 52 DF, p-value: 4.147e-14

Das auf sechs Prädiktoren reduzierte, EOS-basierte Modell B erreicht eine erklärte Variation von 75 Prozent und ein korrigiertes  $R^2$  von 72 Prozent. Interessant ist die Zusammensetzung des Modells: Die Prädiktoren rain, urban und log(density) gehören zu den technischen Rahmenbedingungen; neighbour zu den technischen Faktoren; europe zu den sozialen Rahmenbedingungen sowie corruption zu den politischen Rahmenbedingungen. Faktoren der instrumentellen Energiewirtschaftspolitik setzen sich nicht durch.

Abbildung 44 zeigt die studentisierten Residuen von Modell B, die unauffällig sind. Dies gilt auch für die detaillierten Diagnosegrafiken in Abbildung 53 und Abbildung 54 im Anhang.

Abbildung 44: Studentisierte Residuen Modell B

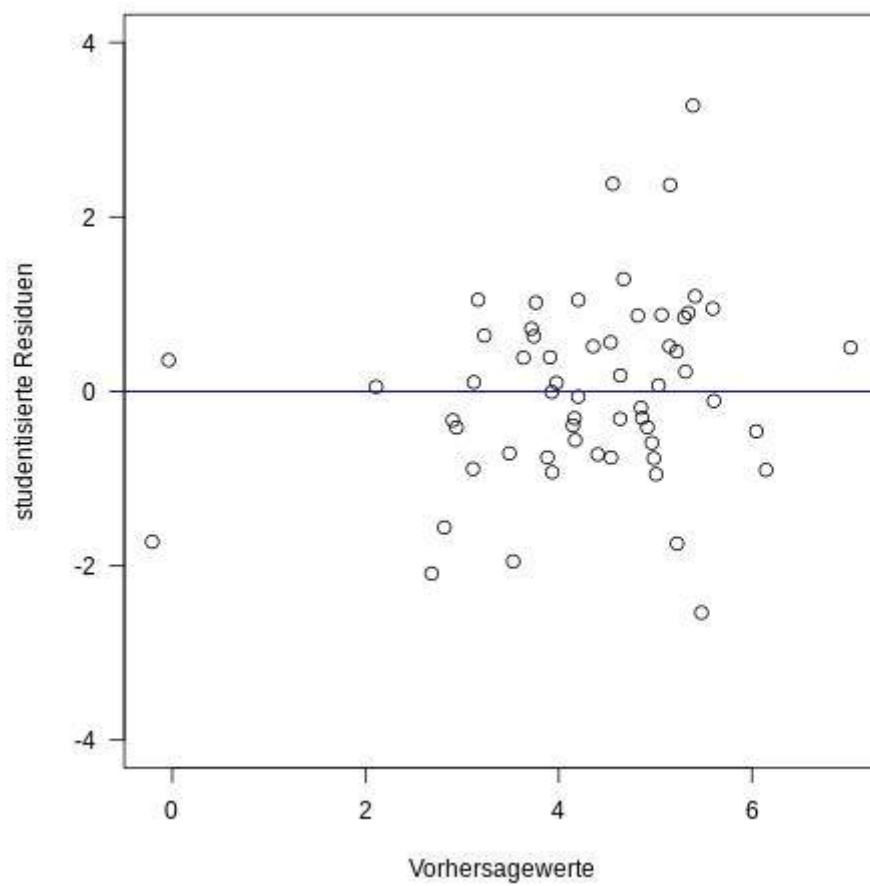
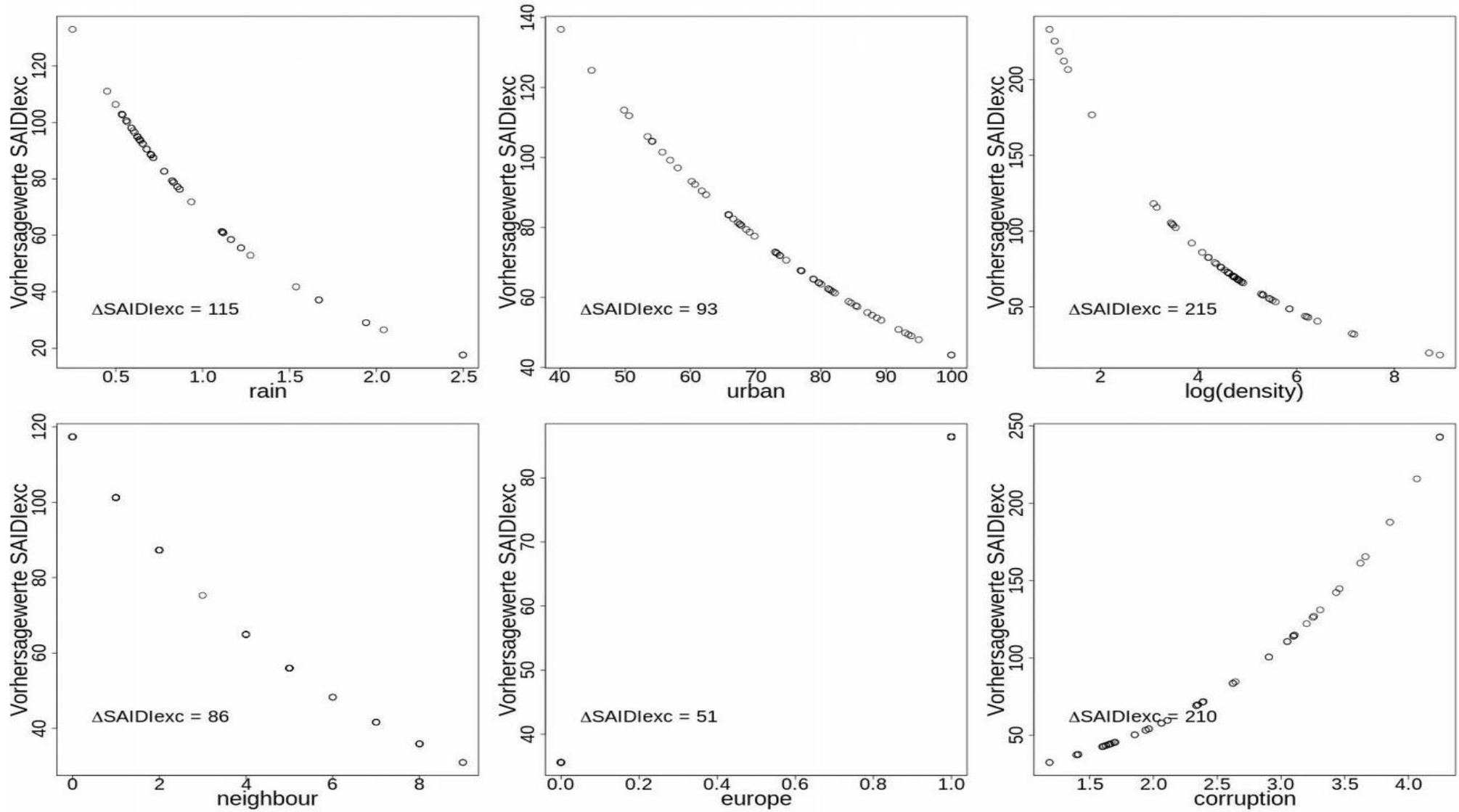


Abbildung 45 zeigt die Effektstärken der sechs Prädiktoren von Modell B:

Abbildung 45: Effektstärken der erklärenden Variablen Modell B



Auffällig ist die geringe Effektstärke des Prädiktors corruption. Diese fällt mit 210 Kundenminuten erheblich geringer aus als die des Prädiktors corrupt in Modell A mit 768 Kundenminuten. Da beide Faktoren wie in Abschnitt 8.7.2 gezeigt hoch miteinander korreliert sind, ist dieser Unterschied vermutlich vorrangig auf die geringere Anzahl von Kontrollen in Modell B zurückzuführen.

Folgendes Modell ergibt sich bei der Formulierung von Modell B auf SAIDIinc:

### Modell B (SAIDIinc)

```
Call: lm(formula = log(strom_inc) ~ ., data = independent_corruption0412[,
!names(independent_corruption0412) %in% c("Country", "capital", "PubPriv",
"log(area)", "crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY", "imports", "SoLRI",
"socialist law system", "X2012er", "competition")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.29176	-0.31967	-0.04596	0.27101	1.67029

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	4.785	1.056	4.532	0.000	NA
rain	-0.317	0.251	-1.262	0.213	-0.113
urban	-0.005	0.009	-0.542	0.590	-0.059
`log(density)`	-0.368	0.077	-4.788	0.000	-0.488
neighbour	-0.142	0.034	-4.135	0.000	-0.355
europa	0.421	0.363	1.162	0.252	0.141
corruption	0.984	0.129	7.635	0.000	0.751

Residual standard error: 0.5681 on 45 degrees of freedom  
(67 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.7577, Adjusted R-squared: 0.7254

F-statistic: 23.45 on 6 and 45 DF, p-value: 2.395e-12

Wie bei Modell A (SAIDIinc) sind die Effekte für die Niederschlagsmenge rain, die Urbanisierungsrate urban und außerdem für die Lage in Europa geringer und nicht mehr signifikant.

### 8.7.7 Erweitertes Modell C

In diesem Abschnitt berechne ich das um die Variable EU erweiterte Regressionsmodell C nach der Methode der Rückwärtsselektion. Dafür fasse ich erneut die Daten der Jahre 2004 und 2012 zusammen, um mehr Beobachtungen zur Verfügung zu haben. Als Signifikanzniveau wähle ich  $p \leq 5\%$ . Das vollständige Modell lautet:



### Modell C (vollständig)

```
Call: lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[,  
!names(final_independent0412) %in% c("Country")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.49980	-0.31809	0.03359	0.38238	0.93136

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	6.690	1.551	4.314	0.000	NA
X2012er	-1.325	0.422	-3.142	0.003	-0.295
rain	-1.006	0.316	-3.185	0.003	-0.358
urban	-0.040	0.012	-3.242	0.002	-0.409
`log(density)`	-0.222	0.169	-1.314	0.197	-0.258
`log(area)`	-0.020	0.105	-0.190	0.850	-0.034
powerPC	0.046	0.163	0.286	0.777	0.042
imports	-0.008	0.006	-1.335	0.190	-0.101
neighbour	-0.143	0.053	-2.699	0.010	-0.287
crisis	0.099	0.095	1.045	0.302	0.093
SoLRI	0.049	0.050	0.977	0.334	0.087
capital	0.001	0.004	0.283	0.779	0.026
debt	-0.003	0.003	-0.950	0.348	-0.091
europe	1.230	0.436	2.818	0.008	0.365
ChPOLITY	-0.038	0.018	-2.096	0.043	-0.222
PubPriv	-0.009	0.065	-0.142	0.888	-0.014
competition	-0.012	0.023	-0.534	0.596	-0.048
`socialist law system`	-1.009	0.430	-2.345	0.024	-0.343
EU	-0.021	0.009	-2.393	0.022	-0.292
corruption	1.160	0.253	4.590	0.000	0.699

Residual standard error: 0.6345 on 39 degrees of freedom  
(60 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.8553, Adjusted R-squared: 0.7848

F-statistic: 12.13 on 19 and 39 DF, p-value: 5.731e-11

Von diesem Modell ausgehend, wurden schrittweise die Variablen mit der höchsten Irrtumswahrscheinlichkeit entfernt, bis das höchste korrigierte Bestimmtheitsmaß erreicht wurde: PubPriv für den eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätsinfrastruktur, log(area) für die logarithmierte Landesfläche, capital für die Kapitalmarktliquidität, powerPC für die installierte Leistung pro Kopf, competition für das Bestehen von Wettbewerb auf dem Elektrizitätsmarkt, SoLRI für den Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern sowie crisis für die Dauer der längsten Rezession. Das Modell mit dem höchsten korrigierten Bestimmtheitsmaß lautet:

### Modell C (max. korrigiertes R<sup>2</sup>)

```
Call: lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[,  
!names(final_independent0412) %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)",  
"capital", "powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis")])
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.44603	-0.36576	0.02706	0.40593	1.02763

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	6.506	0.946	6.874	0.000	NA
X2012er	-1.231	0.377	-3.268	0.002	-0.274
rain	-0.921	0.240	-3.833	0.000	-0.327
urban	-0.033	0.008	-3.962	0.000	-0.337
`log(density)`	-0.228	0.064	-3.575	0.001	-0.265
imports	-0.010	0.005	-1.996	0.052	-0.126
neighbour	-0.143	0.039	-3.692	0.001	-0.287
debt	-0.004	0.002	-1.678	0.100	-0.121
europe	1.293	0.277	4.675	0.000	0.384
ChPOLITY	-0.042	0.016	-2.643	0.011	-0.246
`socialist law system`	-1.075	0.370	-2.908	0.006	-0.365
EU	-0.022	0.007	-3.310	0.002	-0.306
corruption	1.220	0.221	5.507	0.000	0.736

Residual standard error: 0.5989 on 46 degrees of freedom  
(60 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.848, Adjusted R-squared: 0.8083

F-statistic: 21.38 on 12 and 46 DF, p-value: 6.851e-15

Die erklärte Variation und das korrigierte  $R^2$  sind mit 12 statt 15 Prädiktoren zwei Prozent niedriger als in Modell A (max. korrigiertes  $R^2$ ). Die Prädiktoren debt und imports sind nicht signifikant.

Wird die Variable debt entfernt, ergibt sich folgendes Modell:

### Modell C

```
Call: lm(formula = log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !
names(final_independent0412) %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)",
"capital", "powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis", "debt")])
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.74137	-0.33242	0.02609	0.45000	0.94401

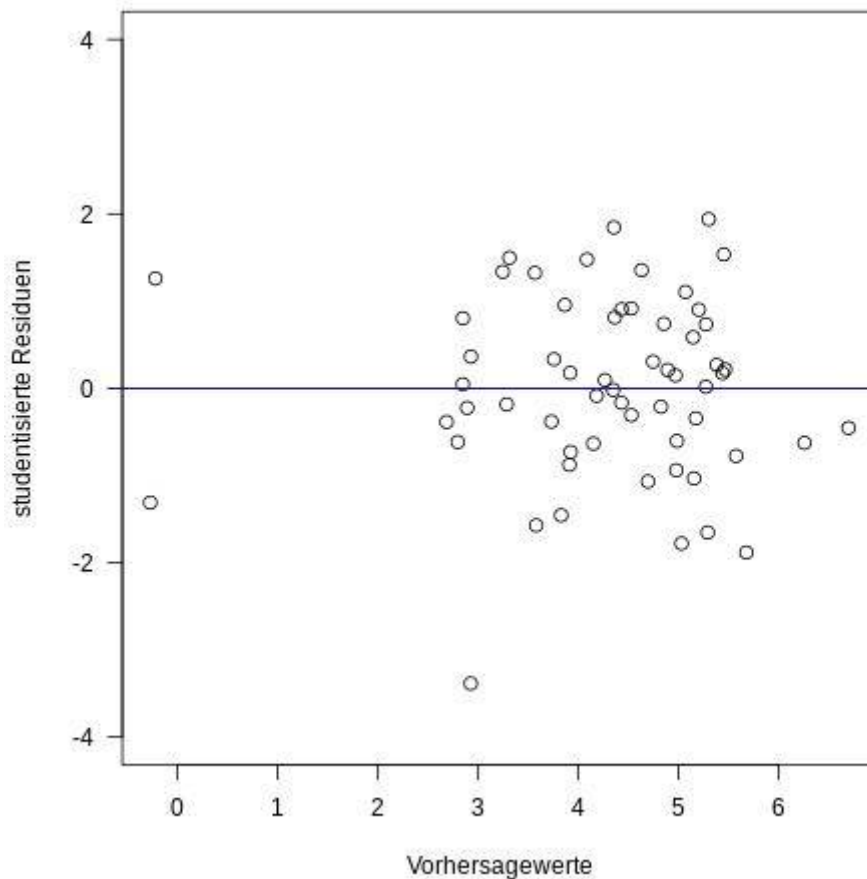
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	6.540	0.964	6.783	0.000	NA
X2012er	-1.008	0.359	-2.807	0.007	-0.225
rain	-1.021	0.237	-4.303	0.000	-0.363
urban	-0.033	0.008	-3.964	0.000	-0.337
`log(density)`	-0.236	0.065	-3.626	0.001	-0.274
imports	-0.011	0.005	-2.063	0.045	-0.139
neighbour	-0.147	0.039	-3.730	0.001	-0.295
europe	1.387	0.276	5.025	0.000	0.412
ChPOLITY	-0.044	0.016	-2.721	0.009	-0.257
`socialist law system`	-0.837	0.348	-2.405	0.020	-0.284
EU	-0.023	0.007	-3.372	0.002	-0.320
corruption	1.106	0.215	5.147	0.000	0.667

Residual standard error: 0.6103 on 47 degrees of freedom  
(60 observations deleted due to missingness)  
Multiple R-squared: 0.8387, Adjusted R-squared: 0.8009  
F-statistic: 22.21 on 11 and 47 DF, p-value: 5.232e-15

Die erklärte Variation beträgt 84 Prozent. Die Verteilung der Residuen ist normal, wie Abbildung 46 zeigt. Die detaillierte Residuendiagnose zeigen Abbildung 55 und Abbildung 56 im Anhang.

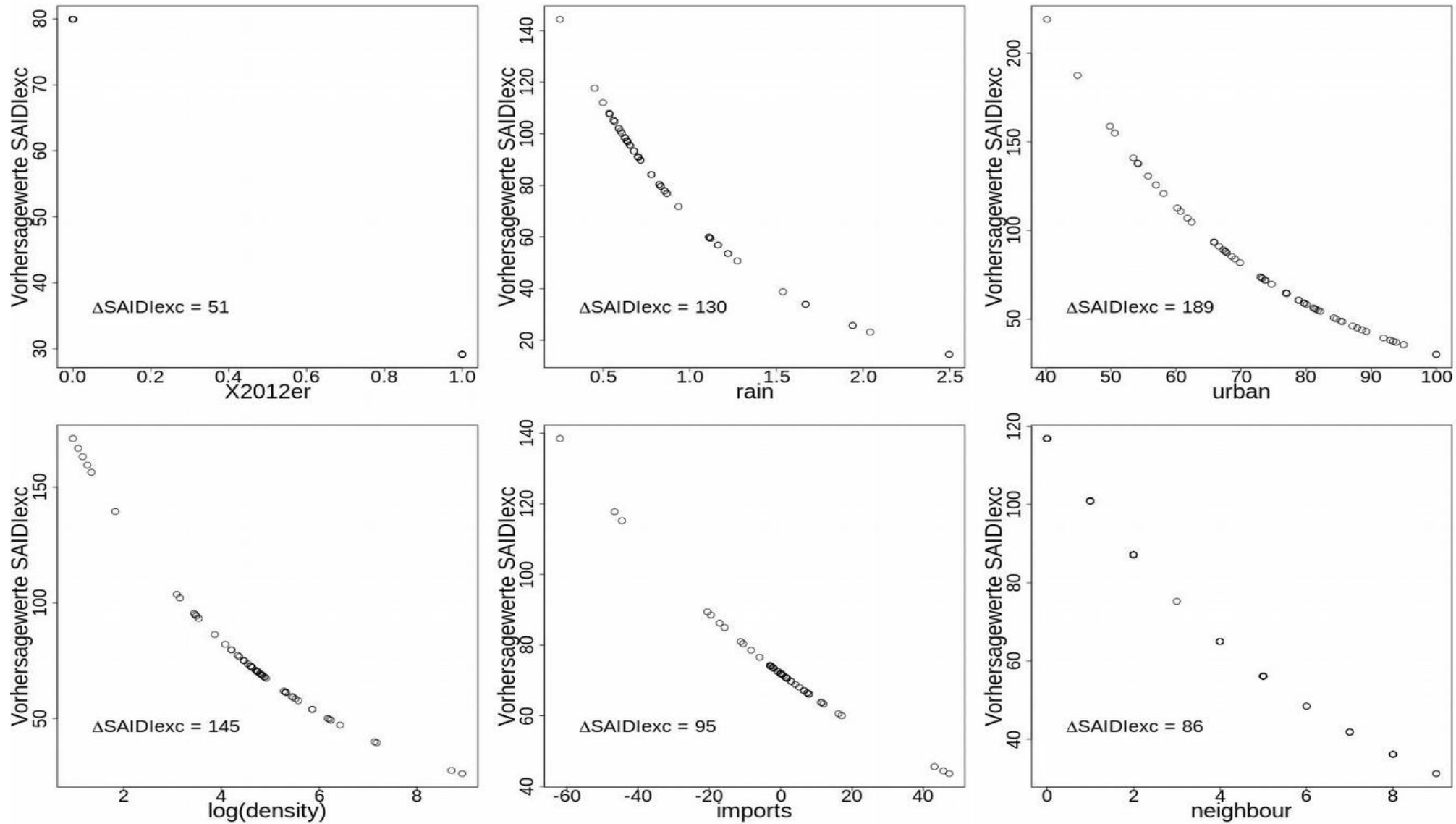
Abbildung 46: Studentisierte Residuen Modell C

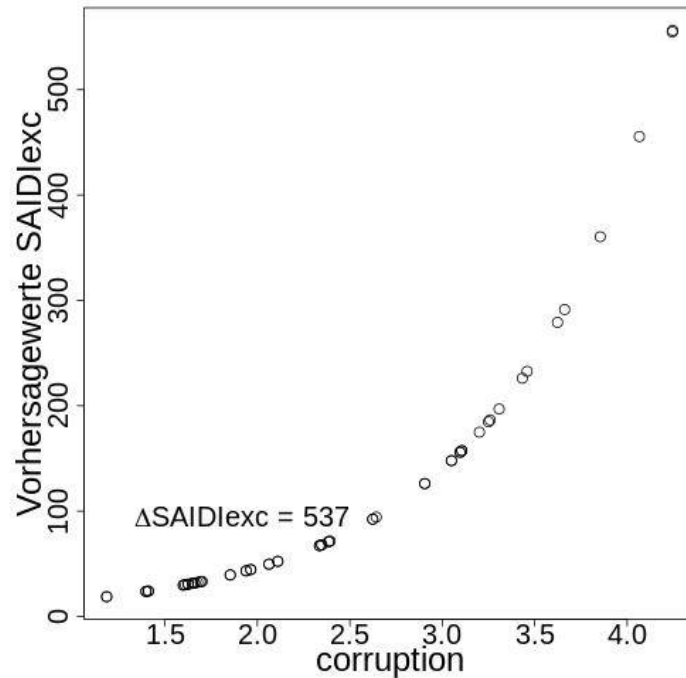
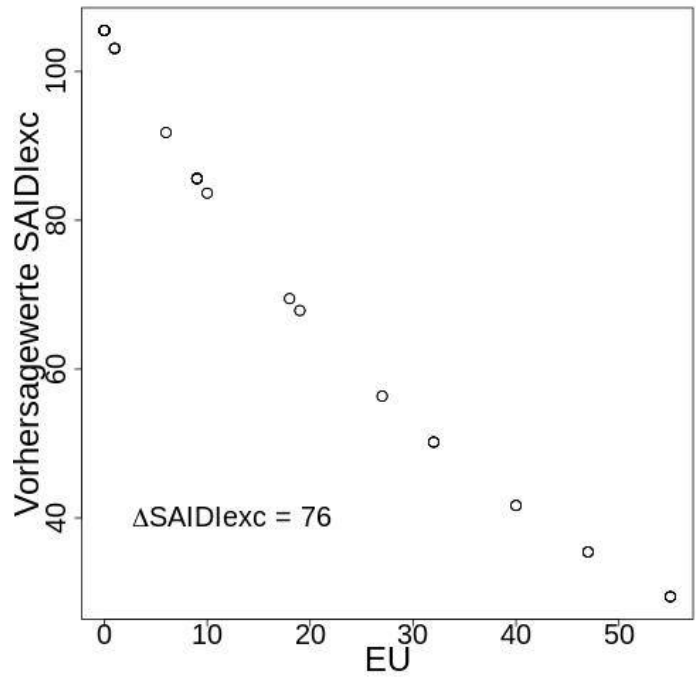
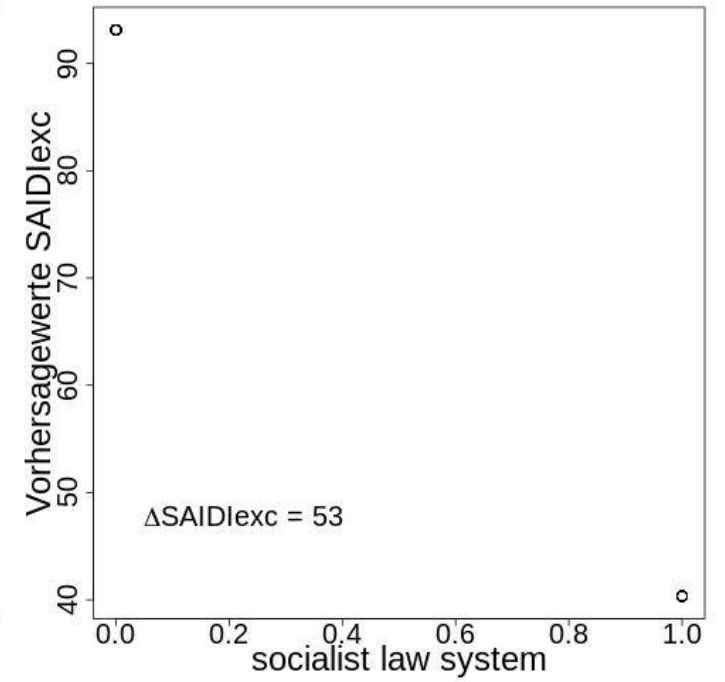
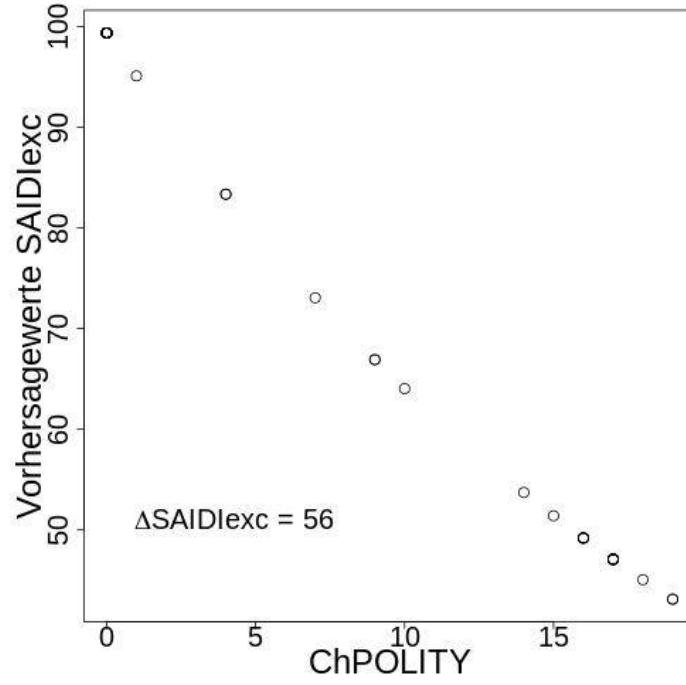
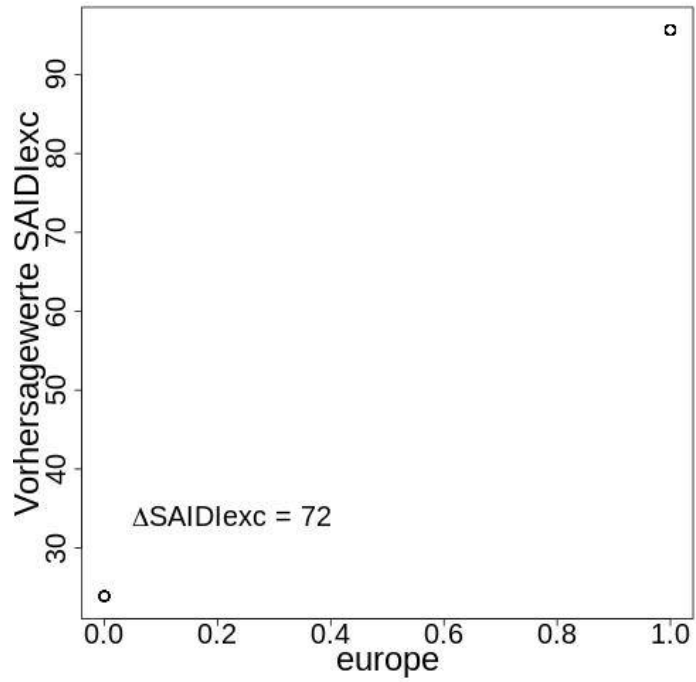


Alle Prädiktoren sind auf dem Alphaniveau 0.05 signifikant. Mit Ausnahme der Variablen  $\log(\text{density})$  und  $\text{imports}$  konnten sich ausgehend von einem Alphaniveau von 0.05 alle Prädiktoren bereits im vollständigen Modell durchsetzen.

Abbildung 47 zeigt die Effektstärken der Prädiktoren des Modells auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Die Logarithmierung der abhängigen Variable SAIDIexc wurde durch die Umkehroperation  $e^{(x)}$  rückgängig gemacht.

Abbildung 47: Effektstärken der erklärenden Variablen Modell C





Die Variablen corruption und europe haben im Modell ein positives Vorzeichen, also negative Effekte auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Dies zeigt sich grafisch als ansteigende Kurve.

Die Korruptionswahrnehmung corruption weist mit 537 Kundenminuten den mit Abstand stärksten Effekt auf. Dieser entspricht 36 Prozent der Spannweite in der Population. Der Effekt wird also niedriger geschätzt als im CPI-basierten Modell A (ca. 800 Kundenminuten), aber deutlich höher als im ebenfalls EOS-basierten Modell B (210 Kundenminuten). Die Lage eines Landes in Europa (europe) führt zu einer um 72 Kundenminuten schlechteren Versorgungssicherheit mit Strom. Die Ursache für diesen Effekt ist unklar. In der Voruntersuchung bzw. im Modell wurde durch die Variablen elevation und rain auf geologische und klimatische Besonderheiten sowie durch die Variable EU auf die Mitgliedschaft in der Europäischen Union kontrolliert.

Den zweit- und drittstärksten Effekt haben mit 189 Kundenminuten die Urbanisierungsrate urban und mit 145 Kundenminuten die logarithmierte Bevölkerungsdichte log(density). Den viertstärksten Effekt verzeichnet mit 130 Kundenminuten die Niederschlagsmenge rain. Dieser schwächt sich wie für die anderen Modelle in der Formulierung auf SAIDIinc ab und verliert seine Signifikanz.<sup>74</sup> Wird ein eigenständiges Modell nach der Methode der Rückwärtsselektion auf SAIDIinc formuliert, scheidet die Variable rain bereits in der zweiten Stufe aus.

### Modell C (SAIDIinc)

```
Call: lm(formula = log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !
names(final_independent12) %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",
"powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis", "debt")])
```

```
Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.05200 -0.25613 -0.01333  0.23586  1.38323
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    Beta
(Intercept)      5.304      1.087   4.880  0.000    NA
X2012er         -0.245      0.412  -0.594  0.556  -0.055
rain            -0.404      0.256  -1.580  0.122  -0.148
urban           -0.017      0.011  -1.593  0.119  -0.189
`log(density)`  -0.332      0.079  -4.195  0.000  -0.454
imports         -0.007      0.005  -1.450  0.155  -0.116
neighbour       -0.159      0.040  -3.984  0.000  -0.403
europe          0.791      0.371   2.130  0.039   0.274
ChPOLITY        -0.024      0.018  -1.374  0.177  -0.182
`socialist law system`
-0.505      0.337  -1.498  0.142  -0.209
EU              -0.012      0.006  -2.173  0.036  -0.219
corruption       1.231      0.199   6.179  0.000   0.930
```

<sup>74</sup> Im Modell C auf SAIDIexc führt eine Erhöhung der Niederschlagsmenge um 0.1 Meter zu einer  $e^{(0.1 * -1.021)} = 0.9$ -fachen Versorgungssicherheit mit Strom, also einer Absenkung um 10%. Im Modell C auf SAIDIinc würde die Versorgungssicherheit mit Strom mit  $e^{(0.1 * -0.404)} = 0.96$  multipliziert, also um 4% gesenkt.

Residual standard error: 0.5441 on 39 degrees of freedom  
(68 observations deleted due to missingness)  
Multiple R-squared: 0.7953, Adjusted R-squared: 0.7376  
F-statistic: 13.78 on 11 and 39 DF, p-value: 3.052e-10

Mit 95 und 86 Kundenminuten folgen die Stromhandelsbilanz imports und die Anzahl der Nachbarstaaten neighbour. Die Mitgliedschaft in der Europäischen Union EU hat mit 76 Kundenminuten fast die gleiche Effektstärke wie die Lage eines Landes in Europa europe. Mit jeweils etwa 50 Kundenminuten weisen die Veränderung des politischen Systems ChPOLITY, das Bestehen einer sozialistischen Rechtstradition socialist law system und das Erreichen einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom im Jahr 2012 die geringsten Effektstärken auf.

Text 2 zeigt der Vollständigkeit halber das Modell separat für die Jahre 2004 und 2012. Für das Jahr 2004 wurde die Variable X2012er entfernt, da diese keinen Informationsgehalt für dieses Jahr hat. Zwar ist ein Vergleich dieser Modelle aufgrund der unterschiedlichen Stichprobenzusammensetzung und der unterschiedlichen Anzahl erklärender Variablen schwierig. Dennoch ist erkennbar, dass das Modell an die Daten des Jahres 2004 schlecht angepasst ist. Einzig die Urbanisierungsrate urban kann sich auf einem Alphaniveau von 5 % durchsetzen. Dagegen passt das Modell recht gut auf die Daten des Jahres 2012. Lediglich für die Variablen socialist law system und imports werden nicht signifikante Effekte ermittelt.

## Text 2: Modell C für die Einzeljahre 2004 und 2012

### Modell C (2004)

```
Call: lm(formula = log(SAIDIexc[, "X2004"]) ~ ., data = final_independent04[,
!names(final_independent04) %in% c("Country", "X2012er", "PubPriv", "log(area)",
"capital", "powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis", "debt")])
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.80091	-0.21143	0.00602	0.38183	1.69475

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	8.024	2.314	3.467	0.003	NA
rain	-0.848	0.527	-1.610	0.128	-0.286
urban	-0.045	0.019	-2.397	0.030	-0.471
`log(density)`	-0.279	0.149	-1.872	0.081	-0.323
imports	-0.007	0.012	-0.607	0.553	-0.079
neighbour	-0.112	0.086	-1.300	0.213	-0.214
europe	0.840	0.592	1.420	0.176	0.257
ChPOLITY	-0.030	0.039	-0.772	0.452	-0.161
`socialist law system`	-0.582	0.737	-0.789	0.443	-0.158
EU	-0.015	0.018	-0.852	0.408	-0.184
corruption	0.873	0.516	1.691	0.112	0.420

Residual standard error: 0.9167 on 15 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7692, Adjusted R-squared: 0.6153

F-statistic: 4.999 on 10 and 15 DF, p-value: 0.002754

### Modell C (2012)

```
Call: lm(formula = log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ ., data = final_independent12[,
!names(final_independent12) %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",
"powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis", "debt")])
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-0.88348	-0.38692	-0.01718	0.34740	0.96591

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	5.888	1.281	4.597	0.000	NA
X2012er	-0.935	0.397	-2.358	0.027	-0.253
rain	-0.859	0.324	-2.651	0.014	-0.302
urban	-0.031	0.010	-3.019	0.006	-0.326
`log(density)`	-0.243	0.091	-2.657	0.014	-0.256
imports	-0.012	0.007	-1.832	0.079	-0.148
neighbour	-0.151	0.052	-2.916	0.007	-0.287
europe	1.521	0.364	4.173	0.000	0.438
ChPOLITY	-0.058	0.020	-2.846	0.009	-0.337
`socialist law system`	-0.723	0.424	-1.706	0.100	-0.258
EU	-0.021	0.009	-2.409	0.024	-0.296
corruption	1.217	0.262	4.640	0.000	0.785

Residual standard error: 0.6104 on 25 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8641, Adjusted R-squared: 0.8043

F-statistic: 14.45 on 11 and 25 DF, p-value: 3.176e-08



### **8.7.8 Modellvergleich**

Ausgehend von Modell A wurde durch die EOS-basierte Messung der Korruptionswahrnehmung das Modell B und durch die zusätzliche Kontrolle auf die Dauer der Mitgliedschaft in der EU das Modell C entwickelt. Alle Modelle wurden mit der Methode der Rückwärtsselektion gekürzt, bis alle Prädiktoren auf dem Alphaniveau 0.05 signifikant sind. Trotz der geringen Änderungen unterscheiden sich die Modelle deutlich: Modell A weist mit elf Prädiktoren und einem Bestimmtheitsmaß von 84.4 Prozent die höchste Erklärungskraft auf, basiert aber mit dem CPI auf einer intransparenten Messung der Korruptionswahrnehmung; Modell B erreicht mit sechs Prädiktoren ein Bestimmtheitsmaß von 75.2 Prozent; und Modell C erreicht mit elf Prädiktoren ein Bestimmtheitsmaß von 83.9.

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, Aussagen über die absolute und relative Bedeutung der untersuchten Faktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom zu treffen. Deshalb sind die umfangreicheren Modelle A und C aussagekräftiger als das sparsame Modell B. Aus diesem Grund sind auch die auf SAIDI<sub>inc</sub> formulierten Modelle aufschlussreich. Allerdings hilft das Modell B, den Effekt zusätzlicher Kontrollen auf die Modellparameter einzuordnen.

### **Durchsetzung der Faktoren in den Modellen**

Tabelle 17 zeigt, in welchen Modellen sich die untersuchten Faktoren als signifikante Prädiktoren durchsetzen konnten, und ist nach der Anzahl der Modelle, in denen dies der Fall ist, sortiert. Variablen, die nur in den vollständigen Modellen vorkommen, sind nicht enthalten.

Tabelle 17: Übersicht der Prädiktoren in den Modellen A-C

	Modell A		Modell B		Modell C		Anzahl Modelle
	SAIDIexc	SAIDIinc	SAIDIexc	SAIDIinc	SAIDIexc	SAIDIinc	
<b>R<sup>2</sup> / Prädiktoren</b>	0.844 / 11	0.868 / 11	0.752 / 6	0.758 / 6	0.839 / 11	0.795 / 11	-
<b>neighbour</b>	x (vollstdg.)	x	x (vollstdg.)	x	x (vollstdg.)	x	9
<b>corrupt</b>	x (vollstdg.)	x	/	/	/	/	9
<b>corruption</b>	/	/	x (vollstdg.)	x	x (vollstdg.)	x	
<b>rain</b>	x (vollstdg.)	-	x (vollstdg.)	-	x (vollstdg.)	-	6
<b>urban</b>	x (vollstdg.)	-	x (vollstdg.)	-	x (vollstdg.)	-	6
<b>europe</b>	x	-	x (vollstdg.)	-	x (vollstdg.)	x	6
<b>X2012er</b>	x (vollstdg.)	-	(vollstdg.)	-	x (vollstdg.)	-	5
<b>socialist law system</b>	x (vollstdg.)	x	-	-	x (vollstdg.)	-	5
<b>log(density)</b>	-	-	x	x	x	x	4
<b>EU</b>	/	/	/	/	x (vollstdg.)	x	3
<b>log(area)</b>	x	x	-	-	-	-	2
<b>SoLRI</b>	x (vollstdg.)	-	-	-	-	-	2
<b>debt</b>	x	x	-	-	-	-	2
<b>PubPriv</b>	x	x	-	-	-	-	2
<b>Ch-POLITY</b>	-	-	-	-	x (vollstdg.)	-	2
<b>imports</b>	-	-	-	-	x	-	1

x = enthalten; (vollstdg.) = im vollständigen Modell enthalten; - = nicht enthalten; / = nicht Teil der Modellformulierung

In allen Modellen können sich die Anzahl der Nachbarstaaten neighbour und die Korruptionswahrnehmung corrupt bzw. corruption als signifikante Prädiktoren durchsetzen. Das bedeutet, dass sie robust gegenüber verschiedenen Kontrollen sowie relevante Einflussfaktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom inklusive und exklusive außergewöhnlicher Ereignisse sind. In jeweils sechs Modellen setzen sich die Niederschlagsmenge rain, die Urbanisierungsrate urban und die Lage eines Landes in Europa europe durch. Die Durchsetzung der Niederschlagsmenge nur in den auf SAIDIexc formulierten Modellen ist gemäß der Härtingsvermutung plausibel (S. 155). Dagegen ist diese Beobachtung für die Urbanisierungsrate, die sich ebenso ausschließlich in den auf SAIDIexc formulierten Modellen durchsetzt, bemerkenswert. Denn dichte Siedlungsstrukturen und

hohe Wertschöpfung in Ballungszentren bedingen gemäß dem Schutzbedarfsaxiom (S. 107) eine dichtere Vermaschung und den Einsatz höherwertiger Komponenten, die sich auf SAIDI<sub>exc</sub> und auf SAIDI<sub>inc</sub> auswirken müssten. Ich interpretiere die unvollständige Durchsetzung der Urbanisierungsrate als die Folge eines doppelten Effektübergangs aufgrund sich überschneidender Informationsgehalte zwischen der Bevölkerungsdichte und Landesfläche einerseits sowie zwischen diesen, der Urbanisierungsrate und der Niederschlagsmenge andererseits.

Erstens bildet die Bevölkerungsdichte ebenfalls die engere Vermaschung und den Einsatz höherwertiger Komponenten in dicht besiedelten Gebieten ab. Die Variable  $\log(\text{density})$  setzt sich in den Modellen B und C jeweils für SAIDI<sub>exc</sub> und SAIDI<sub>inc</sub>, aber nicht in den vollständigen Modellen durch. In Modell A setzt sich statt der Bevölkerungsdichte die Landesfläche  $\log(\text{area})$  durch. Da die Bevölkerungsdichte als Quotient der Bevölkerungszahl und der Landesfläche gebildet wird, ist eine Übernahme des Effekts zwischen den Variablen  $\log(\text{density})$  und  $\log(\text{area})$  plausibel. Die Variable  $\log(\text{area})$  setzt sich im Modell A und im Modell A (SAIDI<sub>inc</sub>) durch und weist einen zur logarithmierten Bevölkerungsdichte entgegengesetzten Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom auf. Dies erklärt sich dadurch, dass die Landesfläche dem mit der Bevölkerungszahl multiplizierten Kehrwert der Bevölkerungsdichte entspricht:

$$\text{Bevölkerungsdichte} = \text{Bevölkerungszahl} * \frac{1}{\text{Landesfläche}} \text{ bzw.}$$

$$\text{Landesfläche} = \text{Bevölkerungszahl} * \frac{1}{\text{Bevölkerungsdichte}}$$

Die Vermutung einer Effektübernahme wird dadurch gestützt, dass kein Zusammenhang zwischen der Landesfläche und der durchschnittlichen Dauer eines Stromausfalls (CAIDI) und somit ein direkter Effekt der Landesfläche auf die Versorgungssicherheit mit Strom nicht festgestellt werden konnte (S. 150). In großen Ländern dauert die Wiederversorgung der Verbraucher nicht länger als in kleinen. Fasst man die Bevölkerungsdichte und die Landesfläche gedanklich zu einem Faktor zusammen, ergibt sich folgendes Bild: Die Urbanisierungsrate und die Niederschlagsmenge setzen sich nur in den auf SAIDI<sub>exc</sub> formulierten Modellen durch, während die Bevölkerungsdichte (bzw. die Landesfläche) auch auf SAIDI<sub>inc</sub>, aber nicht in den vollständigen Modellen A-C signifikant ist.

Hierauf aufbauend interpretiere ich zweitens die unterschiedliche Durchsetzung der Bevölkerungsdichte (bzw. Landesfläche), der Urbanisierungsrate und der Niederschlagsmenge als Folge ihrer sich überschneidenden Informationsgehalte. Aus der Operationalisierung der zwei technischen Merkmale Redundanz und Qualität der eingesetzten Komponenten durch drei Proxy-

Indikatoren (siehe Diskussion in Abschnitt 7.1.2) ergeben sich beispielsweise in Städten räumliche Überschneidungen der dichteren Vermaschung sowie dem Einsatz höherwertiger Komponenten zur Härtung gegen extreme Wetterereignisse und aufgrund des lokal erhöhten Schutzbedarfs. Eine entfaltete genetische Erklärung würde von den Faktoren Niederschlagsmenge, Urbanisierungsrate und Bevölkerungsdichte auf die technischen Merkmale Netzdichte und Qualität der eingesetzten Komponenten schließen und von diesen auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

Die Variable *europa* profitiert von der inkrementellen Modellentwicklung. In Modell A kann sich die Variable nur im auf signifikante Prädiktoren reduzierten Modell A durchsetzen. Bei der EOS-basierten Messung der Korruptionswahrnehmung in Modell B ist dies auch im vollständigen Modell B der Fall. Bei zusätzlicher Kontrolle auf die Dauer der EU-Mitgliedschaft eines Staats setzt sich die Variable *europa* im reduzierten, vollständigen und auf SAIDIinc formulierten Modell C durch. Die Variablen *EU* und *europa* weisen unterschiedliche Vorzeichen auf: Die EU-Mitgliedschaft wirkt sich positiv auf die Versorgungssicherheit mit Strom aus, die Lage in Europa negativ. Die fehlende Durchsetzung der Variable *europa* in den vollständigen bzw. auf SAIDIinc formulierten Modellen A und B führe ich deshalb auf die fehlende Kontrolle auf die Mitgliedschaft in der EU zurück.

In fünf Modellen können sich die Variablen für das Erreichen einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990 bzw. bis 2012 *X2012er* und für eine sozialistische Rechtstradition *socialist law system* durchsetzen. Die Variable *X2012er* setzt sich nur bei zahlreichen Kontrollen durch, wie sie in den Modellen A, C und im vollständigen Modell B vorliegen, und kann sich nicht auf SAIDIinc durchsetzen. Die Variable kontrolliert die sechs Länder mit verfügbaren Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom, die erst nach 1990 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten.<sup>75</sup> Welche Gemeinsamkeit diese Gruppe auszeichnet, ist unklar. Mit der Freerider-Vermutung V1 stelle ich auf zeitliche Vorteile bei der Produktinnovation ab.

Die Durchsetzung der Variable *socialist law system* ist unklar. Die Variable setzt sich in allen Varianten von Modell A, dem auf SAIDIexc formulierten Modell C und dem vollständigen Modell C durch. Dies ist bei der EOS-basierten Messung der Korruptionswahrnehmung in Modell B nicht der Fall. Auch die Durchsetzung auf SAIDIinc nur in Modell A ist schwer nachzuvollziehen.

In weniger als fünf Modellen setzen sich neben den bereits besprochenen Variablen *log(density)*, *log(area)* und *EU* die Variablen für den Schutz von Kreditgebern und -nehmern *SoLRI*, die Staatsschuldenquote *debt*, den Anteil des Staats am größten EVU *PubPriv*, den Wandel des politischen Systems *ChPOLITY* sowie die Stromhandelsbilanz eines Landes *imports* durch. Von den zuletzt genannten Variablen kann sich keine konsistent in den Modellen A oder B durchsetzen.

<sup>75</sup> Kasachstan, Mauritius, Moldawien, Südkorea, Ukraine und Zypern

Überdies sind die für den Schutz von Kreditgebern und -nehmern in Modell A und den Wandel des politischen Systems in Modell C ermittelten Effekte nicht plausibel. Demnach wäre ein hoher Schutz von Kreditgebern und -nehmern negativ und ein starker Wandel des politischen Systems positiv für die Versorgungssicherheit mit Strom. Zwar ist der positive Effekt des Regimewandels aufgrund der allgemeinen Demokratisierung in der Population durchaus plausibel. Jedoch wird auf die damit verbundene Stärkung rechtsstaatlicher Institutionen durch die Korruptionswahrnehmung corrupt / corruption kontrolliert. Der Informationsgehalt der Variable ChPOLITY sollte daher auf den Wandel des politischen Systems reduziert sein.

### **Effektstärke der Faktoren**

Die Effektstärken quantifizieren die absolute und relative Bedeutung der verschiedenen Faktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom. Diese zeigt Tabelle 18:

*Tabelle 18: Effektstärken der Prädiktoren im Modellvergleich*

	<b>Modell A</b>	<b>Modell B</b>	<b>Modell C</b>	<b>Einfluss auf Versorgungssicherheit mit Strom</b>
<b>neighbour</b>	88	86	86	positiv
<b>corrupt bzw. corruption</b>	768	/	/	negativ
	/	210	537	
<b>rain</b>	94	115	130	positiv
<b>urban</b>	202	93	189	positiv
<b>europa</b>	49	51	72	negativ
<b>X2012er</b>	48	-	51	positiv
<b>log(density)</b>	-	215	145	positiv
<b>socialist law system</b>	74	-	53	positiv
<b>EU</b>	/	/	76	positiv
<b>log(area)</b>	216	-	-	negativ
<b>SoLRI</b>	89	-	-	negativ
<b>debt</b>	79	-	-	positiv
<b>PubPriv</b>	53	-	-	negativ
<b>ChPOLITY</b>	-	-	56	positiv
<b>imports</b>	-	-	95	positiv

- = nicht enthalten; / = nicht Teil der Modellformulierung

Fünf Faktoren setzen sich in allen Modellen A, B und C durch. Die Korruptionswahrnehmung *corrupt / corruption* und die Urbanisierungsrate *urban* weisen die stärksten Effekte auf. Beide Faktoren profitieren von vielen Kontrollen, wie sie in den Modellen A und C vorliegen, und weisen in Modell B eine deutlich niedrigere Effektstärke auf. Die unterschiedliche Effektstärke der Korruptionswahrnehmung in den Modellen A und C geht auf die unterschiedliche Operationalisierung der Variablen *corrupt* bzw. *corruption* und die unterschiedliche Modellkomposition zurück. In Modell B erreicht die logarithmierte Bevölkerungsdichte *log(density)* die höchste Effektstärke.

Ebenfalls setzen sich die Variablen für die Niederschlagsmenge *rain*, die Anzahl der Nachbarstaaten *neighbour* und die Lage in Europa *europe* in den Modellen A-C durch. Die Variable *neighbour* zeigt in allen Modellen die gleiche Effektstärke. Die Variable *europe* weist in Modell C eine etwa 1.5-mal so hohe Effektstärke auf wie in den Modellen A und B. Dies dürfte auf die in Modell C eingeführte Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU, für die ein entgegengesetzter Effekt ermittelt wird, zurückgehen. In den Modellen A und B sind die entgegengesetzten Effekte vermutlich in der Variable *europe* zusammengefasst. Die Variable *rain* zeigt eine leicht ansteigende Effektstärke von Modell A bis Modell C. Ich vermute, dass durch die Multikollinearität zwischen den Variablen *rain*, *urban* sowie *log(density)* bzw. *log(area)* bestimmte Effekte wechselseitig übernommen werden. Ich gehe davon aus, dass diese vier Variablen als Proxy-Indikatoren zwei technische Effekte abbilden: den Einsatz höherwertiger Komponenten und die steigende Redundanz der Elektrizitätsinfrastruktur in Ballungsgebieten bzw. bei häufigen Extremwetterereignissen.

Die sozialistische Rechtstradition *socialist law system* und das Erreichen einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990 oder bis 2012 *X2012er* setzen sich in zwei Modellen durch. Während für die Variable *X2012er* ähnliche Effektstärken ermittelt werden, ist die Effektstärke der sozialistischen Rechtstradition in Modell A etwa 1.5-mal höher als in Modell C. Beide Variablen weisen einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom auf. Da alle Länder mit sozialistischer Rechtstradition, für die Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom verfügbar sind, in Europa liegen, könnte ein Teil des Effekts der Variable *socialist law system* auf die in Modell C eingeführte Variable *EU* übergegangen sein, die ebenfalls einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat.

## 8.8 Ergebnisse

Der zweite Teil der Hauptuntersuchung fußte erstens auf dem Konzept der *capture economy* als Erklärungsansatz für die hohe Effektstärke der Korruptionswahrnehmung. Das Ziel war es,

idealtypische Formen der Vereinnahmung öffentlicher Güter durch private Interessen zu unterscheiden und empirisch auf ihre Effekte auf die Versorgungssicherheit mit Strom zu testen. Zweitens habe ich überprüft, ob der Effekt der Lage eines Landes in Europa auf die Mitgliedschaft in der Europäischen Union und die damit verbundene Stärkung der rechtsstaatlichen Institutionen zurückgeht. Drittens sollte die Validität der Niederschlagsmenge als Messgröße für das Wetter anhand der Blitzdichte überprüft werden. Darauf gehe ich in den Abschnitten 8.8.1 bis 8.8.3 ein. Der Vergleich der Modelle A bis C verdeutlicht die Grenzen der gewählten Methode, mittels multipler Regression auf Zusammenhänge zwischen miteinander korrelierten (Proxy-)Variablen zu schließen. Dennoch erlaubt der modellübergreifende Vergleich, Rückschlüsse über die Bedeutung der untersuchten Faktoren zu ziehen (Abschnitt 8.8.4).

### **8.8.1 Fehlende empirische Unterscheidbarkeit der Idealtypen privater Vorteilsnahme**

Mittels des Executive Opinion Survey des World Economic Forum konnte ich die idealtypischen Formen der privaten Vorteilsnahme von Staatsvertretern nach dem Konzept der capture economy empirisch nicht unterscheiden. Zum einen konnte die erfolgreiche legale Einflussnahme gut vernetzter Personen und Unternehmen auf politische Entscheidungsträger und Gesetze regulatory capture nicht ausreichend von illegalen Korruptionsakten unterschieden werden. Bei der empirischen Validierung der Capture-Economy-Variablen in Abschnitt 8.7.1 stellte sich heraus, dass die Häufigkeit, mit der Unternehmen eine legale Einflussnahme auf Gesetze versuchen, negativ mit der Rechtsstaatlichkeit korreliert: Je höher die Rechtsstaatlichkeit ausgeprägt ist, desto seltener sind Akte der legalen Einflussnahme. Ebenfalls zeigte sich ein sehr starker linearer Zusammenhang zwischen der legalen Einflussnahme regulatory capture und der illegalen Vereinnahmung des Staats state capture, sodass bei niedrigen Ausprägungen von state capture ebenfalls ausschließlich niedrige Ausprägungen von regulatory capture beobachtet werden können. Diese Ergebnisse sind nicht plausibel. Mit einer effektiveren staatlichen Sanktionierung korrupten Verhaltens durch rechtsstaatliche Institutionen sollte die legale Einflussnahme zunehmend die einzige praktikable Möglichkeit für einflussreiche Personen und Unternehmen sein, ihre Interessen gegenüber dem Staat geltend zu machen. Ich vermute daher, dass die im EOS Befragten entweder grundsätzlich oder durch den Fragekontext bedingt die zur Operationalisierung der Phänomene regulatory capture und state capture verwendeten Fragen als auf korruptes Verhalten bezogen verstehen. Somit wurde regulatory capture nicht valide operationalisiert.

Zum anderen sind die Idealtypen Verwaltungskorruption, illegale Bestechung politischer Entscheidungsträger und erfolgreiche illegale Vereinnahmung des Staats state capture stark oder

sehr stark miteinander sowie mit der legalen Einflussnahme *regulatory capture* korreliert. Dies ist zwar plausibel, wenn alle diese Phänomene korruptes Verhalten abbilden. Doch sind sehr hohe Korrelationskoeffizienten von  $r = 0.94$  oder  $r = 0.95$  für eine Unterscheidung von idealtypischen Korruptionsformen problematisch, da diese empirisch nicht als eigenständige Phänomene auftreten und in den Daten geringe Anteile einzigartiger Informationen vorliegen.

Darüber hinaus ist die theoretische Position aus dem Konzept der *capture economy*, der Erfolg bei der illegalen Vereinnahmung des Staats nehme mit steigendem Anteil vereinnahmender Unternehmen ab, in der Population auf Grundlage des EOS abzulehnen. Im Gegenteil berichten bei steigendem Anteil vereinnahmender Unternehmen auch mehr Unternehmen von Geschäftseinbußen infolge der Korruption von hochrangigen politischen Entscheidungsträgern. Es kann nicht beobachtet werden, dass um die Gunst korrupter Politiker konkurrierende Unternehmensinteressen einander ausstechen. Die Konzentration von Unternehmensinteressen ist also keine Voraussetzung für den Erfolg der illegalen Einflussnahme auf Gesetze und Regulierungen.

### **8.8.2 Effekt der Lage in Europa geht nicht auf die Europäische Union zurück**

In Modell C setzen sich sowohl die Lage eines Landes in Europa *europe* als auch die Dauer der Mitgliedschaft in der Europäischen Union *EU* durch, weisen aber unterschiedlich gerichtete Vorzeichen auf. Die Effektstärke der Variable *europe* erweist sich in den Modellen A und B mit 49 bzw. 51 Kundenminuten als stabil gegenüber wechselnden Kontrollen. In Modell C steigt unter Kontrolle der Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der Europäischen Union der negative Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom auf 72 Kundenminuten. Die Variable *EU* weist einen positiven Effekt von 76 Kundenminuten auf. Somit geht der negative Effekt der Lage eines Landes in Europa auf die Versorgungssicherheit mit Strom nicht auf die Europäische Union zurück.

Welche Effekte beiden Faktoren zugrunde liegen, kann nur vermutet werden. Die Variable *europe* repräsentiert vermutlich keinen geografischen Faktor, da vorbereitend und im Modell auf topografische und klimatische Unterschiede kontrolliert wurde. Auch politische und soziale Besonderheiten sind nicht offensichtlich, da neben der EU-Mitgliedschaft auch auf die Korruptionswahrnehmung und das (bei der gegebenen Datenverfügbarkeit) europäische Phänomen einer sozialistischen Rechtstradition kontrolliert wurde.

Deshalb vermute ich, dass die Lage eines Landes in Europa und die Dauer der Mitgliedschaft in der EU zeitliche Effekte widerspiegeln. Wie in Abschnitt 4.2.2 dargelegt, gilt die europäische Netzinfrastruktur als in die Jahre gekommen. Im Mittel dürften die Basiskomponenten der Netzinfrastruktur außereuropäischer Länder durch *Freerider*-Effekte bei der Produktinnovation von



Basiskomponenten jünger und qualitativ höherwertiger sein (Freerider-Vermutung, S. 155). Diese Information könnte durch die Variable *europa* transportiert werden. Dem historisch ererbten Stand der Basisinfrastruktur stehen nach dem temporalen Reziprozitätsaxiom entsprechend hohe Investitionen in Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik gegenüber, woraus sich nach dem Informationsasymmetrieaxiom weitreichende Freiräume der EVU zur Überkapitalisierung ergeben (S. 107). Dies könnte die Dauer der Mitgliedschaft in der EU widerspiegeln. Diese Interpretation ist spekulativ, lässt sich aber anhand testbarer Hypothesen überprüfen:

- Das Alter der Basiskomponenten der Elektrizitätsinfrastruktur in Europa ist im internationalen Vergleich hoch.
- Die technische Ausstattung mit MSR ist in Europa im internationalen Vergleich hochwertig.
- Die Regulierung in Europa ist kosten- oder rentabilitätsorientiert bzw. sieht äquivalente Elemente in der Anreizregulierung vor.

Zur Bemessung des technischen Stands von Basiskomponenten und MSR wäre eine technische Bewertung notwendig, da neue Komponenten nicht automatisch technisch modern sein müssen.

### **8.8.3 Effekt der Blitzdichte in der Population nicht abschätzbar**

Der Effekt der Blitzdichte auf die Versorgungssicherheit mit Strom lässt sich anhand der für die Population verfügbaren Daten nicht verlässlich abschätzen. Der sich zeigende positive Effekt wird durch Singapur als Ausreißer in den Daten mit einer außergewöhnlich hohen Blitzdichte von jährlich 50 Blitzschlägen pro Quadratkilometer bestimmt ( $s = 5.6$ ). Unter Ausschluss Singapurs ergibt sich ein negativer Effekt. Jedoch deckt die Population den äquatorialen Bereich geografisch kaum ab und für die betreffenden Länder fehlen Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom. Eine bessere Datenverfügbarkeit für Länder mit einer mittleren und hohen Blitzdichte könnte die durch Singapur verursachte Richtung des Effekts bekräftigen. Dies legt die Verteilung der Niederschlagsmenge nahe, die aufgrund der gemeinsamen Abhängigkeit von Wolken ein verwandtes Phänomen darstellt. Für die Niederschlagsmenge liegen einige Beobachtungen für Länder mit mittleren und hohen Niederschlagsmengen vor und es zeigt sich wie für die Blitzdichte bei Berücksichtigung Singapurs ein positiver Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Dies unterstreicht, dass eine Bereinigung der Daten zur Blitzdichte um Singapur als vermeintlichen Ausreißer die ohnehin stark eingeschränkte Datenverfügbarkeit vermutlich weiter verzerren würde.

Welche Mechanismen den positiven Effekten der Niederschlagsmenge und Blitzdichte auf die Versorgungssicherheit mit Strom zugrunde liegen, ist noch unklar. Naheliegend ist aber eine Anpassung der physischen Elektrizitätsinfrastruktur an Extremwetterereignisse, die zu einer

ausgeprägten Widerstandsfähigkeit gegenüber normalen Wetterereignissen führt. Diese Härtungsvermutung (S. 155) wird zum einen dadurch gedeckt, dass für die durchschnittliche Dauer von Stromausfällen inklusive außergewöhnlicher Unterbrechungen SAIDIinc kein Effekt der Niederschlagsmenge festgestellt werden kann. Zum anderen scheinen – soweit sich dies angesichts der geringen verfügbaren Daten sagen lässt - weder die Niederschlagsmenge noch die Blitzdichte oder die Topografie negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom durchzuschlagen, obwohl Feuchtigkeit und Blitze bedeutende Ursachen für Stromausfälle und damit auch Kostenfaktoren bei der Auslegung der Elektrizitätsinfrastruktur sind.

#### **8.8.4 Ergebnisse der Modellentwicklung**

Es wurden drei Regressionsmodelle entwickelt. Ihr Vergleich erlaubt Rückschlüsse über die relative Bedeutung der untersuchten Faktoren. Instruktiv sind Faktoren, die:

- sich in allen Modellen A-C durchsetzen;
- auch im jeweils vollständigen Modell signifikant sind;
- auch jeweils für SAIDIinc signifikant sind;
- eine hohe Effektstärke aufweisen sowie
- ein konsistentes Bild zeigen, wenn sie durch mehrere Variablen operationalisiert wurden.

Eine Interpretation nach diesen Kriterien kann lediglich plausible Zusammenhänge identifizieren. Für die Benennung eines Faktors als kausal für die Versorgungssicherheit mit Strom wäre durch eine qualitative Analyse ein dem Effekt zugrunde liegender kausaler Mechanismus zu identifizieren.

#### **Modellübergreifende Faktoren**

Die Korruptionswahrnehmung und die Anzahl der Nachbarstaaten können sich in allen, auch den vollständigen und den auf SAIDIinc formulierten Modellen A, B und C durchsetzen. Das bedeutet, dass sie robust gegenüber verschiedenen Kontrollen sowie relevante Einflussfaktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom inklusive und exklusive außergewöhnlicher Ereignisse sind. Gemeinsam verantworten beide Faktoren zwischen 38 und 49 Prozent der in den Modellen erklärten Variation. Dabei entfällt der mit Abstand stärkste Effekt auf die Korruptionswahrnehmung. Dessen Stärke hängt von der Anzahl der Kontrollen sowie von der konkreten Operationalisierung über den CPI bzw. den EOS ab. So repräsentiert die Korruptionswahrnehmung in Modell A mit 768 Kundenminuten 44 %, in Modell B mit 210 Kundenminuten 27 % und in Modell C mit 537 Kundenminuten 36 % der erklärten Variation. Der Effekt der Anzahl der Nachbarstaaten ist mit 88 Kundenminuten in Modell A bzw. 86 Kundenminuten in den Modellen B und C trotz wechselnder

Kontrollen konstant. Dieser repräsentiert 11 % der erklärten Variation in Modell B sowie 5 % bzw. 6 % in den Modellen A und C.

Der wechselnde Effekt der Korruptionswahrnehmung und der stabile Effekt der Anzahl der Nachbarstaaten sind angesichts der durch diese Variablen operationalisierten Faktoren plausibel. Die Korruptionswahrnehmung operationalisiert die Korruption im öffentlichen Sektor. Korruption umfasst im engeren Sinn illegale Phänomene wie grand, petty und political corruption und im weiteren Sinn auch legale Formen der privaten Vorteilsnahme ‚legal corruption‘ (Abschnitt 3.1.1). Diese idealtypischen Formen von Korruption konnten mit den verfügbaren Daten jedoch nicht als eigenständige soziale Phänomene voneinander unterschieden werden (Abschnitt 8.7.1). Dennoch existieren legale und illegale Korruption auf allen Ebenen staatlichen Handelns und wirken sich auf alle Bereiche der Gesellschaft aus. Deshalb tritt der ‚wahre‘ Effekt der Korruption auf die Versorgungssicherheit mit Strom erst unter Kontrolle aller mit der Versorgungssicherheit mit Strom verflochtenen sozialen Phänomene vollständig hervor. Mit der hier erreichten unvollständigen Modellierung wäre der Effekt der Korruption im öffentlichen Sektor demzufolge noch unterschätzt.

Die Anzahl der Nachbarstaaten neighbour operationalisiert wie auch die installierte Leistung pro Kopf powerPC und die Stromhandelsbilanz imports die Verfügbarkeit ausreichender Stromerzeugungskapazitäten im Inland oder durch Bezug aus dem Ausland. Die installierte Leistung pro Kopf wurde aus allen Modellen ausgeschlossen. Die Stromhandelsbilanz setzt sich nur im Modell C durch. Ich vermute, dass sich das unterschiedliche Abschneiden der drei Variablen durch den unterschiedlichen Informationsgehalt der drei Variablen erklärt:

- Die installierte Leistung pro Kopf ist auch ein Indikator für den Anteil erneuerbarer Energien an der Erzeugungsstruktur und der wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes (7.3.2), nicht aber für die Suffizienz der heimischen Erzeugungskapazitäten.
- Die Stromhandelsbilanz summiert die Stromflüsse gegenüber dem Ausland und bildet so die Überschüsse bzw. Defizite der heimischen Stromerzeugung über ein Jahr ab. Ein Schluss von Handelssalden auf ausreichende Erzeugungskapazitäten ist aber schwierig (S. 104):
  - Handelsbilanzsalden können durch unterjährige Leistungs- und Rentabilitätsunterschiede entstehen. Bilanzielle Exportüberschüsse zeigen deshalb nicht notwendigerweise ganzjährig ausreichende Erzeugungskapazitäten an. Bei rentabilitätsbedingten Salden weisen Nettoimporteure sogar umfangreichere Reservekapazitäten auf als Nettoexporteure, da die unrentablen heimischen Kraftwerke als Reserve verfügbar sind.

- Geringe Handelssalden können umfangreiche, aber ausgeglichene Stromflüsse anzeigen. Diese sind daher kein Anzeichen für eine ganzjährig ausreichende heimische Stromerzeugung.
- Große Handelssalden weisen auch auf entsprechend dimensionierte Leitungskapazitäten und die Vermaschung des Stromnetzes an den Landesgrenzen hin.
- Die Anzahl der Nachbarstaaten ist ein Proxy-Indikator für das Bestehen grenzüberschreitender Leitungsverbindungen, ohne deren Anzahl, Kapazität oder die fließenden Strommengen zu quantifizieren. Der Indikator misst daher vornehmlich die Möglichkeit, bei einem Störfall auf ausländische Erzeugungs- und Leitungskapazitäten zurückzugreifen und insbesondere wenn dies überhaupt nicht möglich ist, etwa für Inseln ohne Seekabelverbindung zum Festland wie Zypern. Demgegenüber verdeckt die Stromhandelsbilanz diese Information unter den Ländern mit ausgeglichener Handelsbilanz.

Die singuläre Durchsetzung der Stromhandelsbilanz in Modell C interpretiere ich als Folge ihres mehrdimensionalen und sich mit der Anzahl der Nachbarstaaten überschneidenden Informationsgehalts, der zugleich die Verfügbarkeit ausländischer Erzeugungskapazitäten, grenzüberschreitender Leitungsverbindungen und damit einer dichteren Vermaschung des Netzes in den Grenzbereichen anzeigt. Ich vermute, dass der Effekt beider Faktoren auf die Möglichkeit zurückgeht, bei einem Stromausruf über die Sicherheitsauslegung des nationalen Netzes hinausgehende Redundanz aus dem Ausland zu ‚importieren‘. Daher wären die aus dem Ausland bezogene Regelleistung bzw. der Umfang von in Notreserveverträgen mit dem Ausland vorgehaltener Regelleistung sowie die Kapazität grenzüberschreitender Leitungsverbindungen bessere Indikatoren für dieses Merkmal.

Auch die Bevölkerungsdichte setzt sich bis auf die jeweils vollständigen Modelle in allen Modellen A-C durch, wenn diese gedanklich mit der Landesfläche zu einem Faktor zusammengefasst wird (S. 226). Die fehlende Durchsetzung der Bevölkerungsdichte (bzw. der Landesfläche) in den vollständigen Modellen interpretiere ich als Folge der Operationalisierung der zwei technischen Merkmale Netzdichte und Qualität der eingesetzten Komponenten durch die drei Proxy-Indikatoren Bevölkerungsdichte, Urbanisierungsrate und Niederschlagsmenge, die zugleich soziale Rahmenbedingungen wie die Siedlungsstruktur und die technischen Maßnahmen zu ihrer Bewältigung abbilden. Eine entfaltete genetische Erklärung würde von den Faktoren Niederschlagsmenge, Urbanisierungsrate und Bevölkerungsdichte auf die Merkmale Netzdichte und Qualität der eingesetzten Komponenten schließen und von diesen auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

Die Effektstärke der Niederschlagsmenge, der Urbanisierungsrate und der Bevölkerungsdichte (bzw. der Landesfläche) summiert sich auf 512 Kundenminuten in Modell A (rain+urban+log(area)) sowie auf 423 bzw. 464 Kundenminuten in den Modellen B und C (rain+urban+log(density)).

Ebenfalls modellübergreifend setzt sich die Lage eines Landes in Europa (europe) durch. Diese wurde zusammen mit der Dauer der Mitgliedschaft in der EU bereits in Abschnitt 8.8.2 diskutiert.

### **Modellspezifische Faktoren**

Nicht alle Faktoren setzten sich in jedem Modell durch. Für diese steht infrage, ob durch die Berücksichtigung der richtigen Kontrollen eine scheinbare Korrelation bzw. scheinbare Nichtkorrelation bereinigt wird oder ob die betreffenden Variablen nur zufällig im Modell noch unerklärte Varianz übernehmen. Dies gilt insbesondere, weil die Modellentwicklung kleinteilig voranschritt: Modell B unterscheidet sich von Modell A durch die Operationalisierung der Korruptionswahrnehmung mittels des Executive Opinion Survey statt des Corruption Perceptions Index. Modell C unterscheidet sich von Modell B durch die Aufnahme der Variable EU. Die inhaltlichen Unterschiede der Modelle sind somit sehr gering. Aufgrund der defizitären Datenbasis, der Konstruktion von Indikatoren als Proxies und teilweise unter Verletzung der zeitlichen Abfolge von Ursache und Wirkung sind Schlüsse von der (fehlenden) Durchsetzung eines Faktors in einigen Modellen kaum möglich. Zweifel am Informationsgehalt einer Variable sind aber angebracht, wenn diese sich in nur einem Modell durchsetzt und ihr Effekt nicht plausibilisiert werden kann.

Dies betrifft für Modell A den Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern SoLRI. Der negative Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom ist nicht mit der angenommenen positiven Wirkung steigender Rechtssicherheit bei der Kreditvergabe auf die Investitionstätigkeit von EVU vereinbar und widerspricht dem negativen Effekt der Korruptionswahrnehmung, die auf schwache rechtsstaatliche Institutionen hinweist. In Modell C wird für den Wandel des politischen Systems ChPOLITY ein positiver Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom ermittelt. Es liegt nahe, diesen Effekt auf die Demokratisierung der politischen Systeme in der Population und die damit einhergehende Stärkung rechtsstaatlicher Institutionen zurückzuführen. In der Population liegt für die Länder mit Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom eine Verschiebung von insgesamt 264 Punkten oder 7.5 Punkten pro Land auf der 21-stufigen Skala des Indikators POLITY zu demokratischeren Strukturen zwischen 1960 und 2012 vor (35 Länder). Die Variable POLITY als Indikator für die autokratische oder demokratische Verfassung eines Staats wurde wegen ihrer hohen Korrelation mit anderen Variablen aus der Untersuchung ausgeschlossen, sodass auf den Effekt der Staatsverfassung nicht kontrolliert werden konnte. Aus der formulierten Erwartung, dass

stabile politische Rahmenbedingungen wichtig für die Investitionstätigkeit von EVU sind, kann der Effekt des politischen Wandels nicht plausibilisiert werden.

Ebenfalls modellspezifisch sind die bereits besprochene Stromhandelsbilanz imports, die Staatsschuldenquote debt und der Anteil des Staats am größten Energieversorger PubPriv. Deren Effekte lassen sich nicht sinnvoll interpretieren, weil diese in jeder Richtung plausibel sind. Die Staatsschuldenquote weist in Modell A einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom auf. Dieser kann als direkte oder indirekte Bereitstellung von Kapital für den Elektrizitätssektor aus Staatsschulden interpretiert werden. Der in Modell A errechnete negative Effekt des Anteils des Staats am größten Energieversorger auf die Versorgungssicherheit mit Strom könnte politische Anforderungen an eine preisgünstige Stromversorgung und speziell für bestimmte Kundenkreise im Rahmen der Industrie- und Sozialpolitik widerspiegeln.

In den Modellen A und C setzen sich das Erreichen einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990 oder bis 2012 X2012er sowie die sozialistische Rechtstradition socialist law system durch. Beide weisen einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom auf. Als Dummy-Variablen grenzen beide Faktoren Gruppen von Ländern ab:

- X2012er: Kasachstan, Mauritius, Moldawien, Südkorea, Ukraine und Zypern (6 Länder)
- socialist law system: Bulgarien, Estland, Kasachstan, Kroatien, Lettland, Litauen, Moldawien, Polen, Rumänien, Serbien, Slowakei, Slowenien, Tschechische Republik, Ukraine und Ungarn (15 Länder)

Der Effekt der Variable X2012er ist unklar. Ich vermute, dass Freerider-Effekte bei der Produktinnovation von Basiskomponenten und MSR zu einer höheren Versorgungssicherheit in Ländern, deren Elektrizitätsinfrastruktur erst relativ spät vollständig entwickelt wurde, führen (Freerider-Vermutung, S. 155). Die Variable socialist law system bildet vermutlich keinen Effekt der Rechtstradition ab, da alle Variablen zur Operationalisierung der Wirkungsmechanismen des law-and-finance-Ansatzes (Hypothesen H16.a-H16.d) entweder eliminiert wurden (interven, capital) oder sich nur vereinzelt (debt) und mit unklarem Informationsgehalt durchsetzen (SoLRI).

## **9. Ergebnisse**

In diesem Kapitel beantworte ich meine Fragestellung, welchen Einfluss politische Steuerung auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat. Dazu rekapituliere ich in Abschnitt 9.1 zuerst die Analyseschritte und deren Ergebnisse. Anschließend beantworte ich in Abschnitt 9.2 meine

Hypothesen. Die Ergebnisse fasse ich in Abschnitt 9.3 zu einer Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom, auf deren Grundlage ich meine Fragestellung beantworte.

### **9.1 Zusammenfassung des Vorgehens**

Anknüpfend an die Techniksoziologie konzipierte ich den Untersuchungsgegenstand nationaler Energiesysteme als soziotechnisches System, das technische und soziale Elemente umfasst. Die Population definierte ich als die Nationalstaaten mit einer entwickelten Elektrizitätsinfrastruktur, wofür ich die von der Weltbank erhobene Zugangsquote der Bevölkerung zu Elektrizität und den Schwellenwert 100 Prozent wählte. Für die Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom wählte ich die kundenbasierten Messgrößen SAIDI, SAIFI und CAIDI, da diese relativ häufig sowie differenziert nach geplanten und ungeplanten Versorgungsunterbrechungen und nach normalen und außergewöhnlichen Unterbrechungsursachen vorliegen.

Dennoch sind national aggregierte Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom nur eingeschränkt verfügbar. Daten werden vorwiegend von europäischen Ländern veröffentlicht. Eine Ergänzung des Datensatzes aus den von Gliedstaaten oder Netzbetreibern geführten Unterbrechungsstatistiken war aufgrund der hier besonders ausgeprägten Qualitätsdefizite nur eingeschränkt möglich. Deshalb und aufgrund der wechselnden Zusammensetzung des Datensatzes im Zeitverlauf war eine Längsschnittanalyse nicht durchführbar. Die Untersuchung erfolgte daher als Querschnittsstudie.

Auch die Datenqualität ist hinsichtlich des Formats, der Nachprüfbarkeit, der Widerspruchsfreiheit, der Validität und Vollständigkeit der Daten defizitär. Da die Spannweite für die Variable SAIDI<sub>exc</sub> allerdings vier Größenordnungen umfasst, bewertete ich die Datendefizite als akzeptabel.

Auch die Datenlage der erklärenden Variablen ist teils problematisch. Selbst unter Rückgriff auf alle verfügbaren Daten, also auch auf Datenpunkte von Ländern, die erst im Jahr 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten und zu früheren Zeitpunkten nicht Teil der definierten Population sind, konnten in der Voruntersuchung einige Zusammenhänge bivariat nur mit sehr wenigen Beobachtungen geprüft werden. Für die Hauptuntersuchung wurden deshalb die Jahre 2004 und 2012 zur Erhöhung der verfügbaren Beobachtungen zusammengefasst.

#### **Voruntersuchung**

Aus der deskriptiven und explorativen Statistik der durchschnittlichen Unterbrechungshäufigkeit pro Jahr SAIFI, der mittleren Dauer bis zur Wiederversorgung nach einem Stromausfall CAIDI und der durchschnittlichen jährlichen Unterbrechungsdauer je Endverbraucher SAIDI konnte ich ein

umfassendes Bild vom Stand und der Entwicklung der Versorgungssicherheit mit Strom gewinnen. Aus der deskriptiven Statistik leiten sich folgende Ergebnisse ab:

1. Eine technische Grenze der Versorgungssicherheit mit Strom ist noch nicht erreicht, diese steigt allgemein. Auch Länder mit einer bereits sehr hohen Versorgungssicherheit mit Strom wie Dänemark und Singapur verzeichnen hohe Verbesserungsraten. Es besteht – soweit sich dies bei der sehr geringen Fallzahl und schlechten Datenbasis beurteilen lässt – hinsichtlich der Verbesserungsrate kein Unterschied zwischen den Ländern, die bis 1990 oder bis 2012 eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten.<sup>76</sup>
2. Der technische Fortschritt sorgt nicht automatisch für eine steigende Versorgungssicherheit mit Strom. Viele Länder stagnieren und einige Länder wie Japan und die Ukraine verzeichnen eine deutlich abnehmende Versorgungssicherheit mit Strom.
3. Die physische Elektrizitätsinfrastruktur ist wie angenommen träge. In den meisten Ländern ist die Anzahl der jährlichen Unterbrechungen SAIFI konstant bzw. schwankt in kleinen Ländern wie Malta stochastisch um einen langfristigen Erwartungswert. Ausnahmen sind einerseits Länder wie Thailand, Portugal sowie eventuell Bulgarien und Moldawien, die einen abnehmenden SAIFI verzeichnen, der auf eine substantielle Härtung der physischen Elektrizitätsinfrastruktur gegenüber Störereignissen hinweist. Andererseits zeigt die Ukraine eine abrupt ansteigende Unterbrechungshäufigkeit, die auf erhebliche Missstände hindeutet.
4. Veränderungen der durchschnittlichen Unterbrechungsdauer SAIDI gehen zumeist auf die Zeit bis zur Wiederversorgung nach einem Stromausfall CAIDI zurück. Dies deutet auf einen hohen Einfluss kurzfristig variabler Größen hin.

In der explorativen Statistik der abhängigen Variablen untersuchte ich, ob die Dauer ungeplanter Unterbrechungen durch Verschulden des Netzbetreibers SAIDI<sub>exc</sub> durch Unterschiede bei der Datenverfügbarkeit, die länderspezifischen Definitionen außergewöhnlicher Ereignisse oder durch unterschiedliche Wartungsstrategien erklärt wird. Folgende Ergebnisse konnte ich herausarbeiten:

1. Länder mit einer hohen Versorgungssicherheit mit Strom veröffentlichen mehr Daten als solche mit einer niedrigen.
2. Die Definition außergewöhnlicher Ereignisse verzerrt die Unterbrechungsstatistik für SAIDI<sub>exc</sub> nicht. In den untersuchten Ländern werden mit 5 bis 53 Prozent deutlich verschiedene Anteile der ungeplanten Unterbrechungen als durch außergewöhnliche Ereignisse verursacht deklariert und bei der Ermittlung der Unterbrechungsdauer durch Verschulden des Netzbetreibers ausgeklammert. Dennoch besteht kein Zusammenhang zwischen dem ausgeklammerten Anteil und SAIDI<sub>exc</sub>. Die Definitionen außergewöhnlicher

<sup>76</sup> Bis 2012: Kasachstan, Mauritius, Moldawien, Südkorea, Ukraine und Zypern



Ereignisse spiegeln also die unterschiedlichen natürlichen Gegebenheiten und somit den Anteil extremer Ereignisse, die als außergewöhnlich anzusehen sind, wider.

3. In der Population unterscheiden sich die Wartungsstrategien entweder nicht oder haben keinen Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Es besteht kein Zusammenhang zwischen der Dauer geplanter Unterbrechungen SAIDI<sub>plan</sub> und der Dauer ungeplanter Unterbrechungen SAIDI<sub>exc</sub>. Vermutlich repräsentieren beide Größen die technische Ausstattung und organisatorische Kapazität des Netzbetreibers.

### **Hauptuntersuchung Teil I: technische und soziale Faktoren**

Vorbereitend zur multiplen Regressionsanalyse habe ich erstens Variablen mit unvollständigen Wertepaaren zu den abhängigen Variablen durch bivariate Korrelation auf einen Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom geprüft. Dabei kam ich zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Topografie hat operationalisiert über die durchschnittliche Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel keinen Effekt auf die Zuverlässigkeit der Elektrizitätsinfrastruktur.
2. Die Netzdichte und der Anteil von Erdkabeln sind auf der Mittelspannungsebene Bestimmungsfaktoren der Versorgungssicherheit mit Strom, nicht aber auf der Hochspannungsebene.

Zweitens prüfte ich, ob der law-and-finance-Ansatz den Reformprozess im Elektrizitätssektor und die Unterschiede bei der Versorgungssicherheit mit Strom erklärt. Es zeigte sich:

1. Eine haushaltspolitische Motivation der Privatisierungen zeigt sich weder allgemein noch im Elektrizitätssektor.
2. Auch der law-and-finance-Ansatz erklärt die Privatisierungsprozesse in der Population nicht. Eine Begünstigung der Privatisierungen durch liquide Kapitalmärkte, den Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern oder die Neigung des Staats zu Interventionen in die Wirtschaft ist nicht erkennbar.
3. Die aus dem law-and-finance-Ansatz abgeleiteten Variablen zeigen bivariat mehrheitlich signifikante Zusammenhänge zur Versorgungssicherheit mit Strom. Die Rechtstradition kann aufgrund der Häufigkeitsverteilung in der Population auf die historische An- bzw. Abwesenheit einer sozialistischen Rechtstradition reduziert werden. Die Richtung der bivariaten Zusammenhänge entspricht mit Ausnahme des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern den Erwartungen: Länder mit liquiden Kapitalmärkten und hohen Staatsschulden weisen eine höhere Versorgungssicherheit mit Strom auf. Länder mit einer sozialistischen Rechtstradition, die stärker in die Wirtschaft intervenieren oder die Rechte

von Kreditgebern und Kreditnehmern stärker schützen, weisen eine geringere Versorgungssicherheit mit Strom auf. Allerdings gilt dies häufig nur für das Jahr 2012.

Drittens habe ich die Variablen mit vollständigen Wertepaaren zu den abhängigen Variablen auf Multikollinearität und vollständige Linearkombinationen geprüft. Aufgrund hoher Multikollinearität habe ich die Wirtschaftsleistung pro Kopf sowie die demokratische bzw. autokratische Verfassung eines Staats aus dem Regressionsmodell entfernt.

Das multiple Regressionsmodell formulierte ich per Rückwärtsselektion und unter gemeinsamer Betrachtung der Jahre 2004 und 2012, um die Anzahl verfügbarer Beobachtungen zu erhöhen. Ich begann mit einer Testregression, um die methodischen Voraussetzungen der Linearität, Additivität, statistischen Unabhängigkeit der Fehler und Homoskedastizität zu überprüfen. Es erwies sich, dass die abhängige Variable SAIDI<sub>exc</sub> log-normal zu modellieren ist.

Die durch das anschließend formulierte Modell A erklärte Variation beträgt 87 Prozent bzw. 84,4 Prozent nach der Bereinigung von Prädiktoren mit hoher Irrtumswahrscheinlichkeit. In diesem Modell summiert sich der Effekt technischer und natürlicher Faktoren auf etwa 650 Kundenminuten und der sozialer Faktoren auf etwa 910 Kundenminuten. Davon hat die Korruptionswahrnehmung den mit Abstand stärksten Effekt, der knapp 800 Kundenminuten bzw. rund 50 Prozent der in der Population beobachteten Spannweite beträgt.

In Modell A zeigten einige Variablen unerwartete Effekte. Für die positiven Effekte einer späten Vollversorgung der Bevölkerung mit Strom und der Niederschlagsmenge auf die Versorgungssicherheit mit Strom formulierte ich die Freerider-Vermutung (V1, S. 155) und die Härtingsvermutung (V2, S. 155). Der negative Effekt der Lage eines Landes in Europa warf die Frage auf, ob dieser auf die Mitgliedschaft vieler europäischer Länder in der EU zurückgeht. Unklar blieb die Umkehrung des in der Modellvorbereitung als negativ für die Versorgungssicherheit mit Strom ermittelten Effekts einer sozialistischen Rechtstradition.

### **Hauptuntersuchung Teil II: Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Die hohe Effektstärke der Korruptionswahrnehmung sowie die unplausiblen Effekte einiger Variablen veranlassten mich erstens, die politischen Institutionen eines Landes und die prozessuale Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik zu betrachten. Dazu entwickelte ich das Konzept der capture economy zur Unterscheidung legaler und illegaler Formen der Einflussnahme auf den Staat weiter. Zweitens sollte überprüft werden, ob der Effekt der Lage eines Landes in Europa auf die Mitgliedschaft in der Europäischen Union und die Stärkung der rechtsstaatlichen Institutionen

zurückgeht. Drittens sollte der in Modell A ermittelte positive Effekt der Niederschlagsmenge auf die Versorgungssicherheit mit Strom anhand der Blitzdichte validiert werden.

Die Grundlage für die Analyse der Korruptionswahrnehmung bildete das Konzept der capture economy. Dieses wurde begrifflich über die illegale Korruption in Transformationsländern hinaus differenziert, um auch legale Formen der Einflussnahme auf den Staat und der privaten Vorteilsnahme von Politikern abzubilden. Ich unterschied einflussreiche Unternehmen, die versuchen, den Staat und die Gesetzgebung legal zu beeinflussen, die legale Vereinnahmung des Staates durch private Interessen regulatory capture, vereinnahmende Unternehmen, die versuchen den Staat und die Gesetzgebung illegal zu vereinnahmen, die illegale Vereinnahmung des Staates durch private Interessen state capture sowie die Bestechung einfacher Staatsangestellter zur Aussetzung bestehender Gesetze (Verwaltungskorruption).

Die damit verbundene Datenerhebung gestaltete sich schwierig. Für den Anteil der Unternehmen, die legalen Einfluss auf die Gesetzgebung nehmen, konnte ich keine Datenquelle finden. Dadurch konnte ich die kausale Beziehung von der legalen Einflussnahme auf den Staat durch konzentrierte Interessengruppen bis zum Zustand des regulatory capture nicht empirisch nachvollziehen.

Ich prüfte die Konstrukte aus dem Konzept der capture economy auf Konstruktvalidität, also ob sich theoretisch zu erwartende Beziehungen sowohl zum externen Kriterium der Rechtsstaatlichkeit als auch zwischen den Variablen zueinander empirisch zeigen. Es zeigte sich:

1. Illegale Akte wie die Verwaltungskorruption oder die Vereinnahmung des Staates state capture setzen, wie im Konzept der capture economy postuliert, eine ungenügende Entwicklung der rechtsstaatlichen Institutionen voraus. Funktionierende rechtsstaatliche Institutionen begrenzen Korruptionsversuche wirkungsvoll.
2. Die erfolgreiche legale Einflussnahme auf den Staat regulatory capture wurde nicht korrekt operationalisiert. Entweder sehen die Befragten des EOS grundsätzlich und/oder bedingt durch die Reihenfolge der Fragen eine inhaltliche Nähe zwischen illegalen Zahlungen und dem Wirken gut vernetzter Personen und Unternehmen.
3. Die idealtypischen Korruptionsformen lassen sich empirisch weder in der Population noch in der Gesamtheit der vom EOS erfassten Länder unterscheiden.

Da sich die idealtypischen Korruptionsformen empirisch nicht als eigenständige Phänomene unterscheiden ließen, war eine differenzierte Erklärung des starken Effekts der Korruptionswahrnehmung durch Effekte der verschiedenen Formen der legalen und illegalen

Einflussnahme auf den Staat nicht möglich. Durch die Verfügbarkeit des EOS konnte jedoch die Messung der Korruptionswahrnehmung auf eine transparente Datenbasis gestellt werden.

Die Ursache für den starken Effekt der Korruptionswahrnehmung kann nur vermutet werden. Die Abhängigkeit der Effektstärke von der Anzahl der Kontrollen deutet auf ein vielschichtiges Phänomen hin. Die Annahme einer Aggregation verschiedener Phänomene wie grand, petty und political corruption und im weiteren Sinn legaler Formen der privaten Vorteilsnahme legal corruption liegt daher nahe (Abschnitt 3.1.1). Die bisherige Forschung zeigt, dass Korruption in allen Formen und Stufen der Gesetzgebung von der Genese, über die Implementierung bis hin zur Entfaltung ihrer Steuerungswirkung negative Konsequenzen für die Versorgungssicherheit mit Strom hat. So zeigen die in Abschnitt 3.1.2 vorgestellten empirischen Befunde, dass Korruption als grand corruption ein Ausbleiben notwendiger Reformen und die Umverteilung öffentlicher Güter zugunsten der Machtelite oder einflussreicher Interessengruppen etwa in Form unrentabler Preisregime auf Kosten der gesamtgesellschaftlichen Wohlfahrt bewirken kann. Wie in Abschnitt 3.2.2 dargestellt, unterminiert Korruption die Implementierung von Politik, wodurch EVU durch Diebstähle, die Bestechung von Mitarbeitern und über das Rechtssystem uneintreibbare Rechnungen Verluste erleiden. Ebenso erlaubt es verbreitete Verwaltungskorruption EVU, Vorschriften zur Qualität von Komponenten und Sicherheitsstandards beim Bau und Betrieb der physischen Elektrizitätsinfrastruktur zu umgehen.

Ebenfalls konnte ich nicht überprüfen, ob die Effekte der Lage eines Landes in Europa und des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern die Folge institutioneller Konstellationen sind, wie sie das Konzept der capture economy beschreibt. Zwar geben mittelstarke bivariate Zusammenhänge beider Variablen zur Rechtsstaatlichkeit einen Anhaltspunkt in diese Richtung. Gleichwohl sprechen der negative Effekt des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern im Modell A auf die Versorgungssicherheit mit Strom und der sich für die Gruppe der Länder mit Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom verlierende bivariate Zusammenhang zur Rechtsstaatlichkeit gegen eine solche Erklärung. Eine inhaltliche Interpretation ist deshalb insbesondere für den Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern schwierig, da der Informationsgehalt dieses Faktors unklar ist.

Durch die Erweiterung des Modells C um die Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU konnte die Annahme, der Effekt der Lage eines Landes in Europa würde auf die EU zurückgehen, ausgeräumt werden. Beide Faktoren setzten sich mit unterschiedlichen Vorzeichen durch: Für die EU-Mitgliedschaft wurde ein positiver Effekt und für die Lage in Europa ein negativer Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom ermittelt. Über die Hintergründe kann ich zum gegenwärtigen

Forschungsstand nur spekulieren. Ich vermute, dass der Effekt der Lage eines Landes in Europa den technischen Stand der historisch ererbten und relativ alten Basisinfrastruktur bzw. nach der Freerider-Vermutung nachholende Innovationsvorteile der nicht europäischen Länder abbildet. Den Effekt der EU-Mitgliedschaft führe ich auf entsprechend hohe, das Alter der Basisinfrastruktur kompensierende Investitionen in Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (Temporales Reziprozitätsaxiom) und sich daraus ergebende Freiräume der EVU zur Überkapitalisierung (Informationsasymmetrieaxiom) zurück. Diese Interpretation beruht auf folgenden Hypothesen:

- Die Basiskomponenten sind in Europa im internationalen Vergleich relativ alt.
- Die technische Ausstattung mit MSR ist in Europa im internationalen Vergleich hochwertig.
- Die Regulierung in Europa ist kosten- oder rentabilitätsorientiert bzw. sieht äquivalente Elemente in der Anreizregulierung vor.

Den positiven Effekt der Niederschlagsmenge auf die Versorgungssicherheit mit Strom konnte ich nicht über die Blitzdichte validieren. Die Daten werden durch Singapur, das mit  $s = 5.6$  eine außergewöhnlich hohe Blitzdichte aufweist, verzerrt. Dass Singapur als Ausreißer auffällt, liegt an der geringen geografischen Abdeckung des äquatorialen Bereichs durch die Population und fehlenden Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom für die betreffenden Länder. Eine Analyse auf der Basis der eingeschränkten Datenverfügbarkeit riskiert, Fehlschlüsse über die Richtung und Stärke des Zusammenhangs zwischen der Blitzdichte und der Versorgungssicherheit mit Strom zu ziehen. Gleichwohl bestätigte sich in den Modellen B und C das sich im Modell A zeigende Muster: Bei der Formulierung dieser Modelle auf SAIDIinc verliert sich der Effekt der Niederschlagsmenge auf die Versorgungssicherheit mit Strom; bei der Neuformulierung eines Modells für SAIDIinc wird die Niederschlagsmenge bereits in der zweiten Stufe ausgeschlossen (S. 221).

Aus diesen Gründen erfolgte die Modellentwicklung kleinteilig: Die Formulierung des Modells B führte eine EOS-basierte Messung der Korruptionswahrnehmung ein und in Modell C wurde die Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU aufgenommen. Im Modell B setzen sich nach Ausschluss nicht signifikanter Variablen sechs Prädiktoren durch: Die Niederschlagsmenge, die Urbanisierungsrate, die logarithmierte Bevölkerungsdichte, die Anzahl der Nachbarstaaten, die Lage eines Landes in Europa und die Korruptionswahrnehmung. Damit erreicht das Modell B eine erklärte Variation von 75 Prozent und ein korrigiertes  $R^2$  von 72 Prozent. Das um die Variable EU erweiterte Modell C erreicht mit 11 Prädiktoren eine erklärte Variation von 83.9 Prozent gegenüber dem Modell A mit ebenfalls 11 Prädiktoren und einem  $R^2$  von 84.4 Prozent (korrigiertes  $R^2$  80 Prozent gegenüber 80.8 Prozent).

In allen Modellen A-C, inklusive der vollständigen und auf SAIDIinc formulierten Modelle setzen sich die Anzahl der Nachbarstaaten (neighbour) und die Korruptionswahrnehmung (corrupt bzw. corruption) als signifikante Prädiktoren durch. Diese sind robust gegenüber wechselnden Kontrollen und relevante Faktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom inklusive und exklusive außergewöhnlicher Ereignisse. Ich vermute, dass der Effekt der Anzahl der Nachbarstaaten darauf zurückgeht, bei einem Stromausfall über die Sicherheitsauslegung des nationalen Netzes hinausgehende Redundanz aus dem Ausland ‚importieren‘ zu können (S. 235).

Die Niederschlagsmenge setzt sich in allen auf SAIDIexc formulierten Modellen A-C sowie in den jeweils vollständigen Modellen mit positivem Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom durch. Gilt die Härtungsvermutung (V2, S. 155), ist die fehlende Durchsetzung in den auf SAIDIinc formulierten Modellen als Anzeichen einer vollständigen Anpassung der Elektrizitätsinfrastruktur an natürliche Widrigkeiten plausibel.

Das gleiche Muster zeigt sich für die Urbanisierungsrate (urban), einem Proxy-Indikator für die dichtere Vermaschung der Netzinfrastruktur in dicht besiedelten Gebieten. Diese zeigt in allen auf SAIDIexc formulierten Modellen einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom, der sich in der Formulierung auf SAIDIinc verliert. Dies legt eine ähnliche Interpretation über die Härtung der Netzinfrastruktur gegen natürliche Extremereignisse nahe.

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch für die logarithmierte Bevölkerungsdichte  $\log(\text{density})$  und die logarithmierte Landesfläche  $\log(\text{area})$ , wenn beide gedanklich als ein Faktor betrachtet werden. Die Landesfläche setzt sich in Modell A und die Bevölkerungsdichte in den Modellen B und C durch, beide jeweils auch in den auf SAIDIinc formulierten Modellen. Dabei erweist sich die Bevölkerungsdichte als positiver und die Landesfläche als negativer Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Dieser Gegensatz erklärt sich dadurch, dass die Bevölkerungsdichte aus dem Quotienten der Bevölkerungszahl und der Landesfläche errechnet wird, also proportional zum Kehrwert der Landesfläche ist. Von diesem formalen Zusammenhang schließe ich auf eine Effektübernahme von der Bevölkerungsdichte auf die Landesfläche in Modell A. Dieser Schluss wird inhaltlich dadurch gestützt, dass sich bei der Diskussion von Modell A in Abschnitt 7.5.3 (S. 150) kein Zusammenhang zwischen der Landesfläche und der durchschnittlichen Dauer bis zur Wiederversorgung nach einem Stromausfall CAIDI zeigte.

Ausgehend von einer Effektübernahme von der Bevölkerungsdichte auf die Landesfläche interpretiere ich die unterschiedliche Durchsetzung der Faktoren Bevölkerungsdichte (bzw. Landesfläche), Urbanisierungsrate und Niederschlagsmenge als Folge der Operationalisierung der Netzdichte sowie der Qualität der eingesetzten Komponenten über diese drei Proxy-Indikatoren.

Eine entfaltete genetische Erklärung würde von den Faktoren Niederschlagsmenge, Urbanisierungsrate und Bevölkerungsdichte auf die technischen Merkmale Netzdichte und Qualität der eingesetzten Komponenten schließen und von diesen auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

Nicht alle Faktoren konnten plausibilisiert werden. Dies betrifft vor allem den Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern SoLRI und den Wandel des politischen Systems ChPOLITY. Der Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern kann sich nur im Modell A mit positivem Vorzeichen durchsetzen, das heißt, mit steigender Rechtssicherheit bei der Kreditvergabe sinkt die Versorgungssicherheit mit Strom. Der Wandel des politischen Systems setzt sich nur in Modell C mit negativem Vorzeichen durch, das heißt politische Stabilität führt zu einer geringeren Versorgungssicherheit mit Strom. Beide Effekte entsprechen nicht den Erwartungen. Dennoch kann das Vorliegen von Effekten nicht sicher ausgeschlossen werden. Es konnte nicht überprüft werden, ob der Effekt des Schutzes von Kreditgebern und Kreditnehmern auf institutionelle Konstellationen, wie sie das Konzept der capture economy beschreibt, bzw. ob der Wandel des politischen Systems auf die Demokratisierung der politischen Systeme in der Population und die damit einhergehende Stärkung rechtsstaatlicher Institutionen zurückgeht. Auch die Effekte der Staatsschuldenquote (debt), des Anteils des Staats am größten Energieversorger (PubPriv) und der Stromhandelsbilanz (imports) sind nicht offensichtlich und gehen vermutlich auf die Operationalisierung relevanter Faktoren über Proxy-Indikatoren zurück.

Unklar sind auch die Effekte des Erreichens einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990 oder bis 2012 (X2012er) sowie der sozialistischen Rechtstradition (socialist law system), die sich mit positiven Effekten in den Modellen A und C durchsetzen. Als Dummy-Variablen grenzen beide Faktoren Gruppen von Ländern gegen den Rest der Population ab:

- X2012er: Kasachstan, Mauritius, Moldawien, Südkorea, Ukraine und Zypern (6 Länder)
- socialist law system: Bulgarien, Estland, Kasachstan, Kroatien, Lettland, Litauen, Moldawien, Polen, Rumänien, Serbien, Slowakei, Slowenien, Tschechische Republik, Ukraine und Ungarn (15 Länder)

Für die Variable X2012er habe ich die auf Nachholvorteile bei der Produktinnovation von Basiskomponenten und MSR abstellende Freerider-Vermutung formuliert (S. 155). Der Effekt der sozialistischen Rechtstradition geht möglicherweise auf regionale Besonderheiten Europas zurück. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Zusammenfassend erwiesen sich als Ergebnis der Modellentwicklung die Anzahl der Nachbarstaaten, die Korruptionswahrnehmung, die Niederschlagsmenge, die Urbanisierungsrate,

die Bevölkerungsdichte, die Lage eines Landes in Europa und die Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU als einflussreiche Faktoren auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Welche Effekte diese Faktoren abbilden, kann aufgrund der rein quantitativen Analyse nur vermutet werden. Die Unterschiede zwischen den Modellen A-C und die vereinzelt durchgeführte Durchsetzung von Variablen offenbaren die Grenzen der gewählten Methode, mittels multipler Regression auf Zusammenhänge zwischen den betrachteten Größen zu schließen. Die erklärenden Variablen sind miteinander korrelierte Aggregatdaten und deshalb bringen unterschiedlich spezifizierte Modelle andere Kombinationen von Prädiktoren hervor. Mit den gegebenen Problemen bei der Datenverfügbarkeit und -qualität der abhängigen und erklärenden Variablen ist eine vollständige Spezifizierung bzw. eine hohen Informationsgehalt tragende, sparsame Spezifizierung des Regressionsmodells derzeit nicht möglich. Für die Auswahl der „richtigen“ erklärenden Variablen für die Modellentwicklung müssten die den beobachteten Effekten zugrunde liegenden kausalen Mechanismen bekannt sein. Die erarbeiteten Ergebnisse geben aber einen Hinweis auf mögliche Zusammenhänge und entsprechende Ansatzpunkte weiterer Forschung.

## **9.2 Beantwortung der Hypothesen**

Auf der Grundlage meiner Ergebnisse beantworte ich die von mir aufgestellten Hypothesen.

### **9.2.1 Hypothesen zu den technischen Rahmenbedingungen**

Die Gruppe der technischen Rahmenbedingungen (S. 100) umfasst die geografischen und klimatischen Bedingungen eines Landes sowie sonstige Globalmerkmale.

Meine erste Hypothese bezieht sich auf das Erreichen der 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung mit Strom bis 1990 oder bis 2012, für das ich keinen Effekt vermutete. Jedoch erwies sich eine späte Vollversorgung der Bevölkerung mit Strom als vorteilhaft für die Versorgungssicherheit mit Strom. Die Hypothese lehne ich deshalb ab. Der Faktor setzt sich jedoch nicht in Modell B, sondern nur bei zahlreichen Kontrollen durch und grenzt lediglich eine Gruppe von sechs Ländern ab.<sup>77</sup> Hinsichtlich der möglichen Kausalbeziehung formulierte ich die auf Innovationsvorteilen basierende Freerider-Vermutung (V1, S. 155).

Meine zweite Hypothese fasst die Erwartung, dass ein von Höhen, Tiefen und Unregelmäßigkeiten geprägtes Gelände einen Kostenfaktor beim Bau und bei der Wartung der Elektrizitätsinfrastruktur darstellt. Deshalb sollte bei einem gegebenen Kapitaleinsatz ungünstiges Gelände, operationalisiert als die durchschnittliche Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel, zu einer niedrigeren

<sup>77</sup> Kasachstan, Mauritius, Moldawien, Südkorea, Ukraine und Zypern



Versorgungssicherheit mit Strom führen. Zwar lagen für eine Analyse mittels multipler Regression zu wenige Wertepaare vor. Doch zeigte sich bivariat kein Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Höhe eines Landes und der Versorgungssicherheit mit Strom. Ich lehne meine zweite Hypothese daher ab. Es steht aber infrage, ob die durchschnittliche Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel ein valider Indikator für die topografischen Widrigkeiten ist.

Meine dritte Hypothese postuliert einen positiven Zusammenhang zwischen der jährlichen Niederschlagsmenge und der Versorgungssicherheit mit Strom, der in den Teilhypothesen a und b für SAIDI<sub>inc</sub> und SAIDI<sub>exc</sub> ausformuliert ist. Die Haupthypothese lehne ich ab. Für die Teilhypothesen zeigt sich ein differenziertes Bild: Während sich für die jährliche Unterbrechungsdauer durch Verschulden des Netzbetreibers SAIDI<sub>exc</sub> ein negativer Zusammenhang zur Niederschlagsmenge zeigt, verliert sich dieser für die Dauer ungeplanter Unterbrechungen inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDI<sub>inc</sub>. Hieraus schließe ich, dass die Elektrizitätsinfrastruktur an das Auftreten extremer Wetterereignisse angepasst wird und sich deshalb kein Zusammenhang zwischen der Niederschlagsmenge und der Dauer ungeplanter Unterbrechungen inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDI<sub>inc</sub> zeigt. Je häufiger und stärker extreme Wetterereignisse sind, desto robuster ist die Elektrizitätsinfrastruktur gegenüber normalen Wetterereignissen, weshalb sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Niederschlagsmenge und SAIDI<sub>exc</sub> zeigt. Diese Interpretation habe ich unter dem Begriff der Härtingsvermutung (V2, S. 155) gefasst, die unter Bezugnahme auf das Risikoadjustierungsaxiom (A2, S. 107) den Zusammenhang auf den Einsatz höherwertiger Komponenten zurückführt.

Um diese Interpretation zu validieren, formulierte ich die Hypothese H27, dass je höher die Blitzdichte ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom exklusive außergewöhnlicher Ereignisse. Diese Hypothese kann aufgrund der ungenügenden geografischen Abdeckung des äquatorialen Bereichs durch die Population nicht beantwortet werden. Mit den vorliegenden Daten wird die Richtung des Zusammenhangs zwischen der Blitzdichte und der Versorgungssicherheit mit Strom von Singapur bestimmt (Abbildung 41, S. 205), das mit rund 50 Blitzschlägen je Quadratkilometer und Jahr weltweit einer der höchsten Blitzdichten verzeichnet und dessen Versorgungssicherheit mit Strom sehr hoch, aber mit  $s = -0.7$  nicht außergewöhnlich ist (FN S. 204).

Meine vierte Hypothese, dass je höher die Urbanisierungsrate eines Landes ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom, kann ich bestätigen. Wie auch die Niederschlagsmenge zeigt die Urbanisierungsrate in allen auf SAIDI<sub>exc</sub> formulierten Modellen einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom, der sich in der Formulierung auf SAIDI<sub>inc</sub> verliert.

Die fünfte Hypothese, dass je höher die Bevölkerungsdichte eines Landes ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom, bestätigte sich ebenfalls. Ausgehend von einer Effektübernahme von der Bevölkerungsdichte auf die Landesfläche in Modell A setzt sich die Bevölkerungsdichte in allen außer den vollständigen auf SAIDI<sub>exc</sub> und SAIDI<sub>inc</sub> formulierten Modellen durch. In den Modellen erweist sich die Bevölkerungsdichte als positiver und die Landesfläche als negativer Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Dieser Gegensatz erklärt sich dadurch, dass die Bevölkerungsdichte aus dem Quotienten der Bevölkerungsanzahl und der Landesfläche errechnet wird, also proportional zum Kehrwert der Landesfläche ist.

Meine sechste Hypothese, große Länder wiesen eine geringere Versorgungssicherheit als kleine Länder auf, lehne ich zum einen aufgrund des formalen Zusammenhangs zwischen der Bevölkerungsdichte und der Landesfläche ab. Zum anderen ist kein eigenständiger Effekt der Landesfläche auf die Versorgungssicherheit mit Strom etwa in Form der Wiederversorgungsdauer nach einem Stromausfall CAIDI feststellbar.

### **9.2.2 Hypothesen zu technischen Faktoren**

Die Gruppe der technischen Faktoren beschreibt die strukturellen und qualitativen Eigenschaften der Elektrizitätsinfrastruktur und ihrer Komponenten (S. 106).

Mit meiner siebten Hypothese überprüfe ich die Annahme, dass alle Länder der Population über ausreichende Kapazitäten zur Stromerzeugung verfügen. Die Erwartung, dass Kraftwerksausfälle umso schlechter kompensiert werden können, je geringer die installierte Leistung pro Kopf ist, je stärker ein Land von Stromimporten abhängt sowie umso weniger Nachbarstaaten es hat, habe ich in drei Teilhypothesen formuliert. Für diese zeigt sich ein differenziertes Bild, das ich auf den unterschiedlichen Informationsgehalt der verwendeten Variablen zurückführe (S. 235). Die Teilhypothese H7.a, dass kein negativer Zusammenhang zwischen der installierten Leistung pro Kopf sowie der Dauer ungeplanter Versorgungsunterbrechungen besteht, bestätige ich. In keinem Modell kann sich die installierte Leistung pro Kopf durchsetzen. Ebenfalls bestätige ich die Teilhypothese H7.b, dass kein positiver Zusammenhang zwischen der bilanziell importierten Strommenge sowie der Dauer ungeplanter Versorgungsunterbrechungen besteht. Zwar erweist sich diese in Modell C als positiver Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Doch führe ich diese singuläre Durchsetzung auf den mehrdimensionalen Informationsgehalt der Stromhandelsbilanz zurück, der sich mit dem der Anzahl der Nachbarstaaten überschneidet. Die dritte Teilhypothese H7.c, dass kein negativer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Nachbarstaaten sowie der Dauer ungeplanter Versorgungsunterbrechungen besteht, verwerfe ich.

Die Anzahl der Nachbarstaaten setzt sich in allen Modellen A-C mit negativem Vorzeichen durch, ist also ein positiver Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

Ich vermute, dass der Effekt der Anzahl der Nachbarstaaten darauf zurückgeht, bei einem Stromausfall über die Sicherheitsauslegung des nationalen Netzes hinausgehende Redundanz aus dem Ausland ‚importieren‘ zu können. Deshalb wären die aus dem Ausland bezogene Regelenergie bzw. der Umfang von in Notreserveverträgen mit dem Ausland vorgehaltener Regelleistung sowie die Kapazität grenzüberschreitender Leitungsverbindungen besser geeignete Indikatoren für dieses Merkmal. Ausgehend von einem netzstrukturellen Effekt bestätige ich meine siebente Hypothese, dass alle Länder der Population über ausreichende Stromerzeugungskapazitäten verfügen.

Mangels ausreichender Daten konnte ich meine achte und neunte Hypothese nicht mittels multipler Regression überprüfen. Meine achte Hypothese postuliert das Fehlen eines Zusammenhangs zwischen der Dauer ungeplanter Unterbrechungen und der Dichte des Hoch- (H8.a) und Mittelspannungsnetzes (H8.b). Meine neunte Hypothese besagt, dass der Anteil von Erdkabeln keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat. Bivariat (S. 121) zeigen sich für die Netzdichte und den Anteil von Erdkabeln auf der Hochspannungsebene (gridh, cable100) keine Zusammenhänge zur Versorgungssicherheit mit Strom. Dies ist plausibel, da auf der Hochspannungsebene die Netzauslegung nach dem N-1-Kriterium international üblich (4.2.2) und der Anteil von Erdkabeln sehr gering ist (7.1.2). Dagegen zeigen diese Faktoren auf der Mittelspannungsebene (gridm, cable1) mittelstarke negative Zusammenhänge zum Umfang von Stromausfällen. Dies deutet auf eine in der Population unterschiedlich starke Vermaschung der Mittelspannungsnetze als Strahlen-, Ring- oder Maschennetz hin. Dieser Befund wird durch den hohen Anteil der Mittelspannungsebene an der kumulierten jährlichen Unterbrechungsdauer (Abbildung 7, S. 54) sowie durch die Durchsetzung der Bevölkerungsdichte (bzw. Landesfläche) und der Urbanisierungsrate in den Modellen A bis C gestützt, die als Proxy-Indikatoren die Netzdichte operationalisieren. Den positiven Effekt von Erdkabeln im Mittelspannungsnetz auf die Versorgungssicherheit mit Strom führe ich anknüpfend an die Ergebnisse meiner Masterarbeit auf deren Verwendung in dicht besiedelten und urbanen Gebieten zurück, in denen das Stromnetz dichter und damit redundanter ausgeführt ist. (siehe 3.4, Poetzsch 2011: 22)

Somit lehne ich meine achte Hypothese und die Teilhypothese H8.b ab, da in der Population noch Potenziale für eine stärkere Vermaschung auf der Mittelspannungsebene bestehen. Ich bestätige aber die auf die Hochspannungsebene bezogene Teilhypothese H8.a. Ausgehend von einer Scheinkorrelation bestätige ich auch meine neunte Hypothese zum fehlenden Effekt von Erdkabeln auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

### **9.2.3 Hypothesen zu sozialen Rahmenbedingungen**

Die Gruppe der sozialen Rahmenbedingungen umfasst Faktoren, die nicht unmittelbar auf politische Entscheidungen zurückgehen und nur schwer gezielt beeinflusst werden können (S. 108).

Meine zehnte Hypothese, dass die Wirtschaftsleistung pro Kopf in Kaufkraftparitäten nicht mit der Versorgungssicherheit mit Strom in Zusammenhang steht, kann ich nicht beantworten. Die Variable *gdpPC* wurde aufgrund hoher Multikollinearität aus der Modellformulierung entfernt.

Meine elfte Hypothese, dass sich langandauernde Wirtschaftskrisen negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom auswirken, lehne ich ab. Die Dauer der längsten Rezession (*crisis*) als Indikator für eine langfristig stabile Wirtschaft schied aus allen Regressionsmodellen aus.

Meine zwölfte Hypothese, dass sich die Lage eines Landes in Europa nicht auf die Versorgungssicherheit mit Strom auswirkt, verwerfe ich. Die Lage eines Landes in Europa erweist sich in den auf SAIDI<sub>exc</sub> formulierten Modellen A-C als negativer Faktor für die Versorgungssicherheit mit Strom. Über die Gründe kann derzeit nur spekuliert werden. Die in meiner achtundzwanzigsten Hypothese niedergelegte Vermutung (S. 191), der Zusammenhang ginge auf die Mitgliedschaft in der Europäischen Union und die Stärkung der rechtsstaatlichen Institutionen zurück, bestätigte sich nicht. Die Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der Europäischen Union erwies sich als positiv mit der Rechtsstaatlichkeit korreliert (H28) und als ein eigenständiger, positiver Faktor für die Versorgungssicherheit mit Strom (H28.a).

Die Ursachen hierfür sind unklar. Neben einem auf institutionelle Besonderheiten in Europa abstellenden Erklärungsansatz kämen auch technische Merkmale der europäischen Elektrizitätsinfrastruktur als Ursache infrage. Ich vermute, dass der Effekt der Lage eines Landes in Europa den technischen Stand der historisch ererbten und relativ alten Basisinfrastruktur bzw. Nachholvorteile der nicht europäischen Länder abbildet. Den positiven Effekt der EU-Mitgliedschaft führe ich auf entsprechend hohe erforderliche Investitionen in Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (Temporales Reziprozitätsaxiom) und sich daraus ergebende Freiräume der EVU zur Überkapitalisierung (Informationsasymmetrieaxiom) zurück.

### **9.2.4 Hypothesen zu politischen Rahmenbedingungen**

Die Gruppe der politischen Rahmenbedingungen beinhaltet das politische System und die Wechselwirkung anderer Politikfelder mit der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik (S. 109).

Meine dreizehnte Hypothese, dass die Versorgungssicherheit mit Strom umso höher ist, je demokratischer ein Land ist, kann ich nicht beantworten. Die Variable POLITY wurde aufgrund hoher Multikollinearität aus der Modellformulierung entfernt.

Meine vierzehnte Hypothese, dass je stabiler das politische Regime eines Landes ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom, kann ich ebenfalls nicht beantworten. In den Modellen A und B zeigt sich der postulierte Zusammenhang nicht, in Modell C ein gegenteiliger Effekt: Je stärker der politische Wandel in einem Land war, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom. Als Erklärung für diese Beobachtung käme die Demokratisierung der politischen Systeme in der Population und die damit einhergehende Stärkung rechtsstaatlicher Institutionen infrage. Dies konnte ich aber aufgrund der angesprochenen Multikollinearität sowie der fehlenden Unterscheidbarkeit legaler und illegaler Formen der Einflussnahme auf den Staat nicht überprüfen. Inwieweit ein von der Korruptionsbekämpfung unabhängiger Effekt der demokratischen Verfasstheit des Staats auf die Versorgungssicherheit mit Strom besteht, bleibt damit unklar.

Meine fünfzehnte Hypothese, dass Korruption die Versorgungssicherheit mit Strom beeinträchtigt, bestätige ich. Die Korruptionswahrnehmung hat den mit Abstand stärksten Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Rund ein Drittel der beobachteten Variation gehen auf Unterschiede in der wahrgenommenen Korruption zurück. Diesbezüglich habe ich anknüpfend an das Konzept der capture economy sieben Hypothesen H20-H26 formuliert (S. 185). Meine zwanzigste Hypothese führt die Grundannahme des Konzepts aus, dass die ungenügende Entwicklung der rechtsstaatlichen Institutionen die Voraussetzung dafür ist, dass Unternehmen illegal auf den Staat einwirken. Diese habe ich durch vier Teilhypothesen untergliedert:

- Teilhypothese H20.a, dass die Rechtsstaatlichkeit und der Anteil der Unternehmen, die Verwaltungsangestellte bestechen, indirekt proportional zueinander sind;
- Teilhypothese H20.b, dass die Rechtsstaatlichkeit und der Anteil der Unternehmen, die eine illegale Vereinnahmung versuchen, indirekt proportional zueinander sind;
- Teilhypothese H20.c, dass die Rechtsstaatlichkeit und der Anteil der Unternehmen, die Geschäftseinbußen durch eine illegale Vereinnahmung des Staats verzeichnen, indirekt proportional zueinander sind sowie
- Teilhypothese H20.d, dass die Rechtsstaatlichkeit nicht im Zusammenhang zu dem Anteil der Unternehmen, die Geschäftseinbußen durch den Einfluss gut vernetzter Personen oder Unternehmen auf den Staat verzeichnen, steht.

Die Teilhypothesen H20.a-H20.c bestätige ich, da die Rechtsstaatlichkeit mit allen Formen der Einflussnahme von Unternehmen auf den Staat stark bis sehr stark negativ korreliert ist (Abbildung

36, S. 196). Dies gilt zwar auch für die institutionelle Konstellation des regulatory capture. Doch führe ich dies auf eine fehlerhafte Operationalisierung des theoretischen Konstrukts durch die Frage 5.14 aus dem EOS 2005-2006 zurück, da die im EOS Befragten diese Frage entweder grundsätzlich oder durch den Fragekontext bedingt als auf korruptes Verhalten bezogen verstehen (8.7.1). Deshalb kann ich die Teilhypothese H20.d nicht beantworten, bestätige aber die Hypothese H20.

Infolge der fehlerhaften Operationalisierung des theoretischen Konstrukts regulatory capture kann ich meine einundzwanzigste Hypothese, dass die illegale Vereinnahmung des Staats eine Strategie ist, um sich gegen etablierte, einflussreiche Unternehmen zu behaupten, nicht beantworten. Ebenso kann ich meine zweiundzwanzigste Hypothese, dass legale Einflussnahme und illegale Vereinnahmung komplementäre Strategien der Staatsbeeinflussung sind, nicht beantworten. Dies betrifft weiterhin die Teilhypothesen H22.a, dass unabhängig vom Grad der Rechtsstaatlichkeit regulatory capture stark ausgeprägt sein kann, und H22.c, dass bei niedrigen Ausprägungen von state capture hohe Ausprägungen von regulatory capture vorliegen können. Auch Teilhypothese H22.b, dass state capture nur bei niedriger Rechtsstaatlichkeit stark ausgeprägt sein kann, kann ich nicht beantworten. Zwar scheint sich der Zusammenhang empirisch zu bestätigen (Abbildung 36, S. 196). Doch steht aufgrund der sehr hohen Korrelation der verschiedenen Korruptionsphänomene zueinander infrage, ob state capture als eigenständiges, von anderen Korruptionsphänomenen verschiedenes Phänomen unterschieden werden kann (8.7.1), um eine spezifische Aussage über die erfolgreiche illegale Vereinnahmung des Staats durch konzentrierte Interessen zu begründen. Mutmaßlich zeigen sich hier lediglich die negativen Effekte von Korruption im Allgemeinen.

Meine dreiundzwanzigste Hypothese formuliert die theoretische Annahme, dass die illegale Vereinnahmung des Staats nur gelingt, wenn diese konzentriert durch wenige Unternehmen erfolgt. Empirisch zeigt sich jedoch ein positiver Zusammenhang: Je mehr Unternehmen versuchen, illegal Einfluss auf den Staat zu nehmen, desto stärker sind der Zustand des state capture und die negativen Folgen von Korruption ausgeprägt (Abbildung 37, S. 198). Ich lehne die Hypothese deshalb ab.

Meine vierundzwanzigste Hypothese postuliert einen differenzierten Effekt der institutionellen Konstellation des regulatory capture auf die Versorgungssicherheit mit Strom, der von der Stärke der rechtsstaatlichen Institutionen und dem eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätsinfrastruktur abhängt. Diese Hypothese kann ich aufgrund der fehlerhaften Operationalisierung des Phänomens regulatory capture nicht beantworten.

Auch meine fünfundzwanzigste Hypothese, dass der Effekt der illegalen Vereinnahmung des Staats state capture auf die Versorgungssicherheit mit Strom vom eigentumsrechtlichen Status der

Elektrizitätswirtschaft abhängt, kann ich nicht beantworten. Das idealtypische Phänomen state capture ließ sich empirisch nicht von anderen Formen der Korruption unterscheiden.

Meine sechszwanzigste Hypothese konkretisiert den in H15 formulierten negativen Effekt von Korruption auf die Versorgungssicherheit mit Strom durch zwei Teilhypothesen. Die auf die Bestechungsversuche gegenüber hochrangigen politischen Entscheidungsträgern bzw. auf die Verwaltungskorruption bezogenen Teilhypothesen H26.a und H26.b kann ich jedoch nicht beantworten, da sich diese Phänomene empirisch nicht unterscheiden ließen (8.7.1).

Außerdem kann ich aufgrund der fehlenden empirischen Unterscheidbarkeit der idealtypischen Korruptionsformen und der fehlerhaften Operationalisierung von regulatory capture die Hypothesen H29, H31 und H32 (S. 191), die Zusammenhängen der sozialistischen Rechtstradition und der Landesfläche zu bestimmten Korruptionsphänomenen nachgehen, nicht beantworten.

Meine dreißigste Hypothese, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Stärke des Schutzes von Kreditgebern und -nehmern (SoLRI) sowie der wahrgenommenen Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw) besteht, kann ich nicht beantworten. Zwar sind beide Größen in der Population mittelstark, positiv miteinander korreliert. Doch verliert sich der Zusammenhang für Länder mit Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom. Grafisch zeigt sich (Abbildung 39, S. 203), dass der Zusammenhang in der Population von einigen Ländern mit einem niedrigen Schutzniveau von Kreditgebern und -nehmern verursacht wird. Ein Stichprobeneffekt ist hier denkbar.

Meine sechzehnte Hypothese postuliert nach dem law-and-finance-Ansatz einen Effekt der Rechtstradition auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Um dies zu überprüfen, habe ich vier Teilhypothesen formuliert, die die kausalen Mechanismen des law-and-finance-Ansatzes operationalisieren: ob ein Staat traditionell eher interventionistisch oder marktorientiert handelt, wie hoch der Schutz von Kreditgebern und -nehmern sowie die Kapitalverfügbarkeit sind.

Teilhypothese H16.a, dass je interventionistischer Staaten sind, desto geringer ist die Versorgungssicherheit mit Strom, konnte mangels ausreichender Daten im Index of Economic Freedom (Variable interven) nicht mittels multipler Regression überprüft werden. Bivariat ist ein Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom nur für das Jahr 2012 erkennbar (7.3.1). Hier sind Stichprobeneffekte möglich. Ich kann diese Teilhypothese daher nicht beantworten.

Die Teilhypothese H16.b, dass je höher der Schutz von Kreditgebern und -nehmern ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom, kann ich nicht beantworten. Der Schutz von Kreditgebern und Kreditnehmern setzt sich nur in Modell A mit positivem Vorzeichen durch. Das bedeutet, mit steigender Rechtssicherheit bei Kreditverträgen sinkt die Versorgungssicherheit mit Strom, was

unplausibel ist. Demgegenüber weisen sowohl die Korruptionswahrnehmung in den Modellen A-C als auch die Rechtsstaatlichkeit bivariat (Abbildung 40, S. 204) auf die Bedeutung funktionierender rechtsstaatlicher Institutionen für die Versorgungssicherheit mit Strom hin. Außerdem zeigt der Schutz von Kreditgebern und -nehmern einen positiven Zusammenhang zur Rechtsstaatlichkeit (Abbildung 39, 203). In Summe bleibt der Informationsgehalt der Variable SoLRI unklar.

Teilhypothese H16.c, dass je höher die Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom, lehne ich ab. Die Marktkapitalisierung börsennotierter Unternehmen kann sich in keinem Modell durchsetzen. Auch die Teilhypothese H16.d, dass je höher die Staatsschuldenquote ist, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom, lehne ich ab. Die Staatsschuldenquote kann sich nur in Modell A mit negativem Vorzeichen durchsetzen. Der positive Effekt einer hohen Staatsverschuldung auf die Versorgungssicherheit mit Strom ist zwar plausibel, insofern die Staatsverschuldung früher getätigte Ausgaben und damit Investitionen oder indirekt durch Steuervergünstigungen oder Subventionen Mittelzuflüsse in den Elektrizitätssektor anzeigt. Doch fehlt die Durchsetzung in den Modellen B und C.

Obwohl alle Variablen zur Operationalisierung der Wirkungsmechanismen des law-and-finance-Ansatzes entweder eliminiert (interven, capital) wurden oder sich nur vereinzelt (debt) und mit zweifelhaftem Informationsgehalt durchsetzen (SoLRI), ist ein Effekt der Rechtstradition auf die Versorgungssicherheit mit Strom erkennbar: Eine sozialistische Rechtstradition erweist sich unter zahlreichen Kontrollen als positiver Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom. Da die Effektrichtung unplausibel ist und die kausalen Mechanismen des law-and-finance-Ansatzes geprüft wurden, erscheint ein Effekt der Rechtstradition unwahrscheinlich. Deshalb lehne ich Hypothese H16 ab. Möglicherweise liegen dem Effekt regionale Besonderheiten zugrunde, da mit Ausnahme Kasachstans alle Länder mit sozialistischer Rechtstradition und Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom europäisch sind. Da in Modell C bereits auf die Lage eines Landes in Europa und die Dauer der Mitgliedschaft in der EU geprüft wurde, ist eine Erklärung aber nicht offensichtlich.

### **9.2.5 Hypothesen zur Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Die Hypothesen zur Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik beziehen sich auf den Bau und den Betrieb der physischen Elektrizitätsinfrastruktur sowie auf die Akteure des Energiesystems (S. 113).

Ich bestätige meine siebzehnte Hypothese, dass der eigentumsrechtliche Status der Elektrizitätswirtschaft keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat. Zwar wird in Modell A eine negative Wirkung einer hohen Staatsbeteiligung auf die Versorgungssicherheit mit Strom errechnet. Doch zeigt sich dieser Zusammenhang nicht in den Modellen B und C.



Meine achtzehnte Hypothese, dass sich die Einführung von Wettbewerb auf dem Elektrizitätsmarkt negativ auf die Versorgungssicherheit mit Strom auswirkt, kann ich nicht bestätigen. In keinem Modell zeigt sich ein entsprechender Zusammenhang.

Meine neunzehnte Hypothese bezieht sich auf die in der Literatur genannte haushaltspolitische Motivation des Privatisierungsprozesses und postuliert einen positiven Zusammenhang der Staatsschuldenquote zum Privatisierungsumfang. Ich weise die Hypothese zurück, da sich in der Population eine haushaltspolitische Motivation des Privatisierungsprozesses weder im Allgemeinen noch speziell im Elektrizitätssektor zeigt.

### **9.3 Theoriebildung**

Auf der Grundlage meiner Ergebnisse bilde ich eine Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom. Die Theoriebildung unterliegt heuristischen Grenzen, die vom Forschungsdesign, über das methodische und empirische Fundament bis zu den subjektiven Entscheidungen im Forschungsverlauf reichen. Um eine transparent fundierte und testbare Theorie zu präsentieren, erläutere ich zunächst die heuristischen Grenzen meiner Ergebnisse (9.3.1). Anschließend bilde ich eine formale Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom (9.3.2), mit der ich meine Fragestellung beantworte und auf die Aussagekraft der Theorie für die Preisregulierung eingehe (9.3.3). Schließlich gehe ich auf Ansatzpunkte zur Replikation, Validierung und Fortentwicklung der Theorie ein (9.3.4).

#### **9.3.1 Reflexion der Heuristik**

Ich gehe auf die heuristischen Grenzen des Forschungsdesigns, der gewählten Methode und der empirischen Basis ein. Meine subjektiven Forschungsentscheidungen entziehen sich der Reflexion.

#### **Grenzen des Forschungsdesigns**

Das Forschungsdesign leidet unter drei grundlegenden Mängeln. Erstens können mit der statistischen Aggregatdatenanalyse Zusammenhänge zwischen den erklärenden und den erklärten Variablen nur vermutet werden, da Korrelationen keine Kausalität identifizieren können. Eine vertiefende, kausale Mechanismen identifizierende Analyse stößt derzeit an forschungspraktische Grenzen. Es fehlen die erforderlichen Daten, um zentrale soziale Phänomene wie die im zweiten Teil der Hauptuntersuchung untersuchten idealtypischen Formen legaler und illegaler Korruption valide zu operationalisieren. Dies würde es ermöglichen, Scheinkorrelationen und scheinbare Nichtkorrelationen in den Modellen zu bereinigen und diese auf tatsächlich einflussreiche

Prädiktoren zu reduzieren. Dadurch würde der Zeitaufwand für qualitative Fallstudien jenseits explorativer Extremfallanalysen (wie in Poetzsch 2011) auf ein handhabbares Maß reduziert werden. Die 11 Prädiktoren umfassenden Modelle A und C spannen einen Möglichkeitsraum von  $2^{11} = 2048$  Kombinationen der erklärenden Variablen auf, wenn diese auf einen binären Informationsgehalt reduziert werden (anwesend/abwesend). Eine dem Modell B vergleichbare Reduktion auf 6 Prädiktoren würde den Möglichkeitsraum auf  $2^6 = 64$  Kombinationen vereinfachen. Erst dadurch wäre angesichts der numerisch kleinen Population eine Mehrfachbelegung von Faktorkombinationen mit Fällen möglich, die den Schritt von einer reichhaltigen Einzelfallerklärung zu einer deterministischen bzw. probabilistischen kausalen Erklärung erlaubt.

Zweitens gelang es mit dem Ex-Post-Facto-Querschnittsvergleich nicht, eines der wesentlichen Forschungsdefizite zu adressieren: die Analyse eines kurzen Zeitraums. Die der Datenverfügbarkeit geschuldete Betrachtung der Jahre 2004 und 2012 wird der langlebigen und trägen physischen Elektrizitätsinfrastruktur nicht gerecht. Darüber hinaus wurde vereinzelt eine Grundbedingung kausaler Beziehungen, die zeitliche Reihenfolge von Ursache und Wirkung, verletzt (bspw. für die erst ab 2013 verfügbaren Daten zum Schutz von Kreditgebern und -nehmern).

Drittens riskiert die Analyse von Makrodaten für die Untersuchungseinheit nationaler Energiesysteme mit entwickelter Elektrizitätsinfrastruktur (5.1.2) ökologische Fehlschlüsse. Wenn, wie bereits in Poetzsch 2011 (S. 65) vermutet, vor allem Einflüsse auf Organisationsebene wirken, kann die Analyse national aggregierter Daten zu einer Fehleinschätzung von Zusammenhängen führen, weil die Motive und Handlungen von Parteien und Unternehmen (Mesoebene) oder politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträgern (Mikroebene) ausgeblendet werden.

### **Methodische Grenzen**

Die gewählte Methode der multiplen Regression weist eigene, forschungspraktische Probleme bei der Analyse der sozialen Realität auf, die das Ideal eines vollständigen und korrekten Modells, das eine durch Messtheorie vermittelte theoretische Entsprechung empirischer Zusammenhänge darstellt, aufweichen. Erstens wurden ordinalskalierte Umfragedaten (Likert-Skala) als intervallskalierte Daten behandelt, um latente Merkmale wie die Korruptionswahrnehmung modellieren zu können. Zweitens sind die erklärenden Variablen mehrheitlich miteinander korrelierte Aggregatdaten. Deshalb werden anders spezifizierte oder mit einem anderen Selektionsverfahren entwickelte Modelle andere Kombinationen von Prädiktoren hervorbringen. Ursächlich hierfür sind neben der unauflösbaren Verschränkung sozialer Phänomene auch die

Operationalisierung relevanter Einflussfaktoren über Proxy-Indikatoren, die Aufnahme von Ursache-Wirkungs-Beziehungen in die Modelle und die noch unvollständige Modellspezifizierung.

Eine Option bestünde darin, die Analyse durch eine Hauptkomponentenanalyse zu vereinfachen. Davon sehe ich aber ab, da damit noch weiter von den Problemen bei der Stichprobensammensetzung, der validen Operationalisierung relevanter Faktoren und der Modellzusammensetzung abstrahiert würde. Die Probleme der quantitativ-statistischen Modellierung liegen nicht bei der Spezifizierung eines erklärungsstarken Modells. Vielmehr ist der Informationsgehalt der sich in den Modellen durchsetzenden Prädiktoren fraglich.

### **Empirische Grenzen**

Empirische Defizite bestehen bei den abhängigen und unabhängigen Variablen, die in den Abschnitten 6.1 und 7.2 angesprochen wurden. In Summe bedeuten diese, dass die Analyse nicht auf der Grundlage einer Zufallsstichprobe erfolgte und aufgrund dessen von systematischen Verzerrungen der Ergebnisse auszugehen ist. Es mangelt an langen Reihen, um die Langlebigkeit der physischen Infrastruktur zu adressieren. Ein weiteres empirisches Defizit sind die nicht erhobenen, potenziell einflussreichen Faktoren. Dies betrifft die instrumentelle Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik (8.1) sowie die nicht bemessene Qualität der eingesetzten Komponenten.

### **9.3.2 Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom**

Infolge des quantitativ-analytischen Forschungsdesigns erfolgt die Theoriebildung durch Kollektivhypothesen in Form einer Makro-Makro-Erklärung. Ihr liegt jedoch das Weltbild des methodologischen Individualismus zugrunde. Die Interpretation meiner Ergebnisse erfolgt also unter der Annahme, die beobachteten Zusammenhänge lägen in den rationalen Entscheidungen und dem Handeln einzelner Personen sowie deren Aggregation zu sozialen Phänomenen begründet (Makro-Mikro-Makro-Schema). Ich fasse meine Ergebnisse zu einer genetischen Erklärung zusammen, die von sozialen Faktoren auf technische Merkmale der Elektrizitätsinfrastruktur und von diesen auf das Aggregatmerkmal Versorgungssicherheit mit Strom schließt.

### **Technische Basis**

Im Zentrum der Erklärung liegen die zwei technischen Merkmale der Netzredundanz und der Qualität der eingesetzten Komponenten. Für die Netzredundanz erwarte ich, dass in der Population vornehmlich Unterschiede auf Ebene der Nieder- und Mittelspannung ( $< 1 \text{ kV}$ ,  $1\text{-}110 \text{ kV}$ ) bestehen, wie sie sich bivariat zeigen (S. 121), da auf der Hochspannungsebene das N-1-Kriterium internationaler Standard ist und ihre Bedeutung für den Umfang von Versorgungsunterbrechungen

vergleichsweise gering ist (Abbildung 7, S. 54). Die Qualität der eingesetzten Komponenten soll als soziotechnisches Merkmal, also inklusive der organisatorischen Aspekte ihrer Installation (sachgerechte Montage und Wartung durch qualifiziertes Personal) und Betriebsführung (ausreichende Ausstattung mit qualifiziertem Bedienpersonal), verstanden werden. Für die Population konnte gezeigt werden, dass sich die implementierten Wartungsstrategien entweder nicht unterscheiden oder keinen Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom haben (6.3.3).

Hinsichtlich der Qualität der eingesetzten Komponenten ist zwischen den Basiskomponenten (Masten, Leitungen, Kabel, Isolatoren, Transformatoren) sowie der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR) zu unterscheiden. Der technische Stand der Basiskomponenten ergibt sich aus dem Zeitpunkt ihrer Errichtung. Da diese sehr langlebig sind, ist die Qualität der Basiskomponenten historisch ererbt und weitgehend unveränderlich. Dagegen ist die MSR kurzlebig und unterliegt operativen Entscheidungen der EVU innerhalb des geltenden regulativen Rahmens. Dies kann grafisch in Abbildung 18 (S. 89) anhand der mittleren Unterbrechungshäufigkeit SAIFI<sub>exc</sub> und der mittleren Wiederversorgungsdauer CAIDI<sub>exc</sub> begründet werden und deckt sich mit den aus der Analyse von Verteilungsnetzbetreibern in den USA gewonnenen Schlussfolgerungen von Ter-Martirosyan 2003 (3.3.2).

### **Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik**

Hieraus folgt die Annahme, dass sich die Zuverlässigkeit der Elektrizitätsinfrastruktur aus dem historisch ererbten Stand der Basiskomponenten und dem Anreiz des aktuellen regulativen Rahmens zu Investitionen in zusätzliche Redundanz auf Nieder- und Mittelspannungsebene sowie die Qualität der eingesetzten Komponenten, insbesondere in MSR, ergibt. Diese wird in Form von Axiomen in die Theorie eingeführt (ausführlich S. 107):

- A1 Schutzbedarfsaxiom: Die räumliche Begrenzung und der hohe sozioökonomische Schutzbedarf von Städten und Ballungsgebieten ermöglichen eine technische und finanzielle Schwerpunktsetzung, die aus baulichen und räumlichen Gründen effizienter durch höherwertige Komponenten als durch zusätzliche Redundanz erreicht werden kann.
- A2 Risikoadjustierungsaxiom: Redundanz und die Qualität der eingesetzten Komponenten sind füreinander Substitute. Redundanz kann nur sprunghaft (einfach, doppelt usw.) hergestellt werden, während höherwertige Komponenten wie MSR risikoadjustiert und damit effizienter eingesetzt werden können.
- A3 Temporales Reziprozitätsaxiom: Zur Erreichung eines definierten Niveaus der Versorgungssicherheit mit Strom sind zum ererbten Stand der Basiskomponenten reziproke

Investitionen in die Qualität der eingesetzten Komponenten, etwa der MSR, erforderlich: Je älter die Basiskomponenten sind, desto höher sind die erforderlichen Investitionen in MSR.

Da das Stromnetz ein natürliches Monopol ist, müssen durch Regulierung Anreize geschaffen werden, damit sich die EVU an der Nachfrage der Verbraucher nach einer zuverlässigen und günstigen Stromversorgung orientieren und effizient produzieren (3.1.1). Wie in den Abschnitten 8.1.1 und 8.1.2 angesprochen, konnte für zentrale Elemente der inhaltlichen Dimension der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik kein Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom festgestellt werden. Dies betrifft für die Energiewirtschaftspolitik:

- das Bestehen von Wettbewerb auf dem Elektrizitätsmarkt,
- daraus abgeleitet auch den Status der Entflechtung der vertikalen Integration von EVU,
- den Anteil des Staats am größten EVU

und für die Infrastrukturpolitik:

- die Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse.

Außerdem ist die Dauer, ab der Versorgungsunterbrechungen in die Unterbrechungsstatistik aufgenommen werden, international weitgehend harmonisiert (Abschnitt 4.2.3).

Dies interpretiere ich dahingehend, dass in der Population keine funktionalen Unterschiede bei der Strommarktregulierung bestehen.<sup>78</sup> Beispielsweise konnte für die Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse gezeigt werden, dass trotz einer Spreizung des Anteils aller ‚normalen‘ außergewöhnlichen Ereignisse, die aus der Unterbrechungsstatistik für SAIDI<sub>exc</sub> ausgeschlossen werden, von 5 % bis 53 % keine Verzerrung der Unterbrechungsstatistik vorliegt (6.3.2). Wie in Abschnitt 8.1.1 angesprochen, sind die seit dem Liberalisierungsprozesses in den 1980er Jahren international entstandenen Regulierungsansätze vielfältig und komplex. Die Quantifizierung der Anreizwirkung der existierenden Regulierungsregime ist eine Forschungslücke, die auch im Rahmen dieser Arbeit nicht adressiert werden konnte.

### **Regulierung als Prozess**

Diese Wissenslücke wurde durch die Behandlung der inhaltlichen und strukturellen Dimension der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik als Black Box umgangen. Deshalb werden in der Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom regulative Aspekte als Prozess

<sup>78</sup> Ein Beispiel funktionaler Äquivalenz ist die Einführung des verhandelten Netzzugangs im Zuge der Liberalisierung des Energiesektors in Deutschland, der die gesetzlich geschützten Gebietsmonopole von 1998 bis 2005 durch die sogenannte Verbändevereinbarung ersetzte. Diese ermöglichte es den etablierten EVU als Netzbetreibern, neue Stromanbieter ohne eigene Netzinfrastruktur durch überhöhte Netznutzungsentgelte aus dem Markt zu halten. (Poetzsch 2011: 46-47)

abgebildet. Die Reduktion der Betrachtung auf die prozessuale Dimension von Politik als Input-Black-Box-Output-Modell vereinfacht die Betrachtung der Genese und Implementierung von Politik, riskiert aber ökologische Fehlschlüsse. Das prozedurale Konzept von Regulierung beruht auf drei Befunden. Dies ist erstens die hohe Effektstärke der Korruptionswahrnehmung, die 27 % (Modell B) bis 44 % (Modell A) der erklärten Variation ausmacht. Zweitens fußt die Erklärung auf den überraschenden bzw. fehlenden Effekten natürlicher Widrigkeiten:

- Für die Niederschlagsmenge zeigt sich kein Zusammenhang zur Dauer ungeplanter Unterbrechungen inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDIinc und sogar ein negativer Zusammenhang zur jährlichen Unterbrechungsdauer durch Verschulden des Netzbetreibers SAIDIexc, also eine mit steigender Niederschlagsmenge steigende Versorgungssicherheit mit Strom (für die Modelle A-C siehe 7.5.3, 8.7.6 und 8.7.7).
- Für die Blitzdichte zeigt sich ebenfalls ein positiver Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom, der jedoch durch Singapur als Ausreißer mit außergewöhnlich hoher, aber plausibler Blitzdichte bestimmt wird (8.7.4). Aufgrund der geringen geografischen Abdeckung des äquatorialen Bereichs durch die Population und insbesondere für Länder mit Daten zur Versorgungssicherheit mit Strom, lässt sich der Effekt der Blitzdichte nicht valide schätzen.
- Für die als durchschnittliche Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel operationalisierte Topografie zeigt sich bivariat kein Effekt auf SAIDIexc (7.3.1).

Drittens beruht die prozedurale Konzipierung von Regulierung darauf, dass kein konsistenter Effekt für die Kapitalverfügbarkeit festgestellt werden konnte:

- Die Kapitalverfügbarkeit an den Kapitalmärkten wurde aus allen Modellen ausgeschlossen.
- Die durch die Staatsschuldenquote operationalisierte Kapitalverfügbarkeit beim Staat zeigt nur in Modell A einen positiven Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom.
- Der Schutz von Kreditgebern und -nehmern als mittelbare Bedingung der Kapitalverfügbarkeit setzt sich ausschließlich in Modell A mit zweifelhaftem Informationsgehalt durch, da ein besserer Schutz zu umfangreicheren Stromausfällen führt.

Die fehlenden Effekte natürlicher Widrigkeiten und der Kapitalverfügbarkeit sprechen gegen eine kostenbasierte Erklärung der Versorgungssicherheit mit Strom. Die Annahme, dass bei einem gegebenen Kapitalstock das Niveau der Versorgungssicherheit mit Strom von den natürlichen Widrigkeiten bzw. für ein definiertes Niveau der Versorgungssicherheit der Kapitalbedarf von den natürlichen Widrigkeiten abhängt, ist empirisch nicht begründbar. Ihre Ablehnung ist der gedankliche Ausgangspunkt für die prozedurale Erklärung des politischen Einflusses auf die Versorgungssicherheit mit Strom.

Die folgenden Ausführungen entsprechen weitgehend den Überlegungen in Abschnitt 8.2.3 und basieren auf der in Abschnitt 3.1.1 vorgestellten Capture-Theorie und der Theorie nationaler Interessenbildung. Damit übernimmt die Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom die empirischen Probleme beider Ansätze. Ich verwerfe jedoch die in Hypothese H23 niedergelegte Annahme, dass für die illegale Vereinnahmung des Staats ein konzentriertes Vorgehen durch wenige Unternehmen erforderlich ist. Empirisch zeigte sich, dass je mehr Unternehmen versuchen, illegal Einfluss auf den Staat zu nehmen, desto stärker sind die negativen Folgen von Korruption ausgeprägt (Abbildung 37, S. 198). Diesen Schluss übertrage ich auch auf die legale Vereinnahmung des Staats *regulatory capture*.

Ich konzipiere Regulierung als idealtypischen, im System der Interessenvermittlung stattfindenden politischen Prozess zur Bereitstellung des öffentlichen Guts Stromversorgung im gesellschaftlichen Optimum zwischen den Polen Zuverlässigkeit und Preisgünstigkeit. Dies geschieht durch die Setzung (Politikgenese) und Durchsetzung (Politikimplementierung) von Anreizen, Geboten und Verboten, damit sich die EVU trotz ihres natürlichen Monopols im Bereich der Stromnetze an der Nachfrage der Verbraucher nach einer zuverlässigen und günstigen Stromversorgung orientieren und effizient produzieren (Wirkung von Politik).

Der Regulierungsprozess wird in der Praxis aus drei Gründen vom gesellschaftlichen Optimum abweichen. Erstens unterliegt dieser steuerungspraktischen Herausforderungen der mangelnden Prognose-, Steuerungs- und Beobachtungsfähigkeit (Kapitel 2). Die steuerungspraktischen Probleme von Regulierung bewirken eine Streuung der Wirkung von Politik zwischen den Polen Preisgünstigkeit und Versorgungssicherheit um das gesellschaftliche Optimum herum.

Zweitens nehme ich an, dass der Regulierungsprozess entsprechend der Theorie nationaler Interessenbildung (3.1.1) sowohl einer Logik kollektiven Handelns im System der Interessenvermittlung als auch einer politischen Entscheidungslogik unterliegt. Diese bedingen ein Abweichen vom gesellschaftlichen Optimum der Stromversorgung durch die Realisierung politischer Motive des Machterhalts und persönlicher Vorteilsnahme im Sinn legaler Korruption (Drehtüreffekte, Parteispenden usw.) sowie der Vorteilsuche organisierter Interessengruppen bis hin zum *regulatory capture* bei der Regulierungsgenese. Ich erwarte, dass sich konkurrierende Interessen wie die Präferenz der EVU für hohe Preise und niedrige Kosten sowie die der Industrie für eine zuverlässige Versorgung und niedrige Preise parallel entfalten können, wenn die Kosten einer beide Ziele realisierenden Politik auf unorganisierte Branchen, Haushalte und Kleinunternehmen abgewälzt werden können. Diese Annahme stützt sich empirisch darauf, dass für den Anteil des Staats am größten Energieversorger mit Ausnahme von Modell A kein Effekt

festgestellt werden konnte: Obwohl private EVU nach den von Hellman et al. erarbeiteten Merkmalen idealtypische einflussreiche Unternehmen sind, können sie im System der Interessenvermittlung keine Einsparungen auf Kosten der Versorgungsqualität durchsetzen.

Drittens erlauben schwache rechtsstaatliche Institutionen Korruption, die die Fähigkeit des Staats zur Bereitstellung öffentlicher Güter erodiert. Die illegale Vereinnahmung des Staats state capture erlaubt Politikern die persönliche Bereicherung durch die Bereitstellung öffentlicher Güter zugunsten privater Interessengruppen. Grassierende Korruption erodiert durch die Bestechung von Verwaltungsangestellten und Richtern die Politikimplementierung so weit, dass Rahmenbedingungen wie die Garantie von Eigentumsrechten, Rechts- und Vertragssicherheit nicht mehr gewährleistet sind. Für den Regulierungsprozess sind deshalb zwei grundlegende Konstellationen zu unterscheiden: Die Abwesenheit und die Anwesenheit von weit verbreiteter Korruption. Durch diese Unterscheidung werden die steuerungspraktischen Effekte einer demokratisch-rechtsstaatlichen oder autokratischen Staatsverfassung adressiert, da Autokratien zu Korruption in Form von Klientelismus und persönlicher Bereicherung neigen.

### **Abwesenheit von Korruption**

Ist Korruption selten, werden öffentliche Güter rechtsstaatlich und unter der Kontrolle von Parlamenten, Gerichten und der medial vermittelten Beobachtung durch die Öffentlichkeit erbracht. Die Stromversorgung ist ein öffentliches Gut, deren Qualität und Preis politisch ausgehandelt werden. Das gesellschaftliche Mobilisierungspotenzial der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik ist hinsichtlich der Versorgungssicherheit mit Strom gering (3.1.2). Bleibt die Bevölkerung apolitisch, haben Politik und organisierte Interessengruppen erhebliche Gestaltungsspielräume.

Politiker streben ihren Machterhalt an, um persönliche und institutionelle Ziele (Parteiprogramme, Koalitionen, Politiknetzwerke) realisieren zu können. Dafür benötigen sie die Unterstützung von Wählern, Interessengruppen, Parteien und der Verwaltung. Politische Mehrheitsbildung erfolgt deshalb durch Kompromisse und Tauschgeschäfte im System der Interessenvermittlung.

Organisierte Interessengruppen versuchen, über das System der Interessenvermittlung Einfluss auf die Politikformulierung zu nehmen. Die Adressaten von Politik sind am stärksten von ihren Folgen betroffen und haben den größten Anreiz, durch gezielte Einflussnahme auf eine für sie vorteilhafte Ausgestaltung von Reformen hinzuwirken. Interessengruppen erhalten im System der Interessenvermittlung Gewicht durch ihre Größe (Umsatz, Arbeitsplätze), ihre Marktmacht, Informationsasymmetrien gegenüber der Politik bzw. dem Regulierer und einen regelmäßigen



Zugang zu politischen Entscheidungsträgern (Drehtüreffekte, eigentumsrechtliche Verflechtungen). Diese Faktoren ermöglichen es ihnen, ihre Interessen direkt gegenüber Politikern oder medial vermittelt über die Wahlbevölkerung zu artikulieren und Ressourcen für politische Tauschgeschäfte anzubieten (Arbeitsplätze, Investitionen, Parteispenden, persönliche Vorteile für Politiker). Gelingt Interessengruppen ein regulatory capture des Staats, erfolgen Reformen, weil sie diese gegenüber dem bestehenden Regulierungsrahmen bevorzugen.

Private EVU sind idealtypische einflussreiche Unternehmen, die häufig das System der Interessenvermittlung dominieren und den Staat in Fragen der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik beeinflussen. Das primäre Ziel der EVU ist ein gewinnsteigernder Regulierungsrahmen. Dies bedeutet einerseits, Kosten durch energiewirtschaftliche Regulierung (Grundversorgungspflicht, Sozialtarife, Umweltauflagen) abzuwenden. Andererseits bedeutet dies, weitestmöglich auf den Erhalt ihres natürlichen Monopols im Bereich des Netzbetriebs hinzuwirken, also Marktzugangsbarrieren für neue Unternehmen zu errichten, eine Preisregulierung abzuwenden bzw. Investitionsentscheidungen weitestmöglich im Ermessen des Energieversorgers zu belassen. Eine preisgünstige und zuverlässige Stromversorgung liegt nicht im Interesse der EVU.

Die dominante Position der Energiewirtschaft bewirkt, dass an einer preisgünstigen und zuverlässigen Stromversorgung interessierte Gegeninteressen mobilisieren. Dies sind aufgrund ihrer hohen Zahlungsbereitschaft je kWh und ihrem hohen absoluten Stromverbrauch vornehmlich die verarbeitende Industrie und der Großhandel (Tabelle 1, S. 17).

Konkurrierende Interessengruppen versuchen, die Kosten für die Wahrung ihrer Interessen zu minimieren und einen kostspieligen, antagonistischen Verdrängungskampf um den Einfluss auf politische Entscheidungsträger zu vermeiden. Statt den Interessen der EVU im Allgemeinen entgegenzuwirken, streben sie branchenspezifische Lösungen und Ausnahmeregelungen an. Dabei unterscheiden sich die Ziele Zuverlässigkeit und Preisgünstigkeit hinsichtlich ihres Konfliktpotenzials. Das Konfliktpotenzial der Zuverlässigkeit ist gering, da EVU diesem Ziel durch höhere Investitionen nachkommen und – sofern sie die anfallenden Kosten auf die Verbraucher umlegen können – dadurch ihre Gewinne erhalten oder steigern können. Die Auslegung der Stromversorgung entsprechend der Nachfrage und Zahlungsbereitschaft organisierter Interessengruppen bewirkt einen Trittbrettfahrereffekt, da davon alle an das Netz angeschlossenen Verbraucher profitieren. Aufgrund des geringen Konfliktpotenzials der Zuverlässigkeit der Stromversorgung können konkurrierende Interessengruppen häufig Strategien der Koexistenz im System der Interessenvermittlung realisieren.

Dagegen ist das Konfliktpotenzial der Preisregulierung hoch. Die Verteilung der für ein gegebenes Niveau der Versorgungssicherheit mit Strom anfallenden Kosten ist ein Nullsummenspiel. Für die EVU ist der Strompreis die Haupteinnahmequelle, während dieser für die Industrie nur ein Kostenpunkt unter vielen ist. EVU haben deshalb die stärksten Mobilisierungsanreize und erreichen häufig eine dominante Position im System der Interessenvermittlung. Die Industrie kann ihr Interesse an preisgünstigem Strom deshalb nur gegenüber unorganisierten Branchen, Kleinbetrieben und Haushalten durchsetzen, etwa durch eine aus dem allgemeinen Haushalt finanzierte Subventionierung von Industriestrom bzw. dessen Befreiung von Steuern und Abgaben.

Je größer der aggregierte Einfluss der Interessengruppen, die versuchen, den Staat zu beeinflussen, ist, desto häufiger und umfangreicher gelingt ein regulatory capture. Das bedeutet, desto stärker neigt der Regulierungsrahmen dazu, zuverlässigkeitssteigernde Investitionen der EVU anzuregen und die entstehenden Kosten direkt über den Strompreis oder indirekt über steuerliche Regelungen oder Subventionen auf unorganisierte gesellschaftliche Gruppen abzuwälzen. Die Koexistenz konkurrierender Interessen funktioniert so lange, wie die Kosten für die Befriedigung ihrer Interessen auf unorganisierte Gesellschaftsteile abgewälzt werden können.

Erlaubt der Regulierungsrahmen es EVU, ihre Kosten auf die Verbraucher umzulegen, dann präferieren EVU den Einsatz technisch komplexer und moderner Systeme:

- A4 Informationsasymmetrieaxiom: Der Informationsvorsprung von EVU gegenüber den Regulierungsbehörden ist bei modernen, komplexen informationstechnischen Systemen wie MSR höher als bei der Schaffung von Redundanz durch die Duplikation von Basiskomponenten. Diese bieten unter einem kosten- bzw. rentabilitätsorientierten Regulierungsrahmen bessere Möglichkeiten zur Gewinnsteigerung durch Überkapitalisierung (Averch-Johnson-Effekt).

Politische Entscheidungsträger können den Präferenzen einflussreicher Interessengruppen nachkommen. Der Staat unterliegt weichen Budgetschränken und muss öffentliche Güter nicht kosteneffizient erbringen. Die Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik liegt unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit mit Strom nicht in der öffentlichen Aufmerksamkeit und die technischen Aspekte der Stromversorgung sind der breiten Öffentlichkeit unbekannt. Für diese ist deshalb ein graduelles Abweichen vom gesellschaftlichen Optimum der Versorgungssicherheit mit Strom nicht zu beurteilen. Dies eröffnet Politikern Spielräume für persönliche und politische Motive sowie für deren öffentliche Kommunikation durch Framing, also der zielorientierten sprachlichen Prägung von Begriffen und Denkweisen. Beispielsweise können:

- hohe Investitionen der EVU als für den Schutz von Stromausfällen und der Verfolgung ökologischer Ziele notwendig gerechtfertigt;
- die Subvention von Industriestrompreisen als dem Erhalt von Arbeitsplätzen dienliche Standortpolitik beworben;
- die Subvention von Haushaltsstrompreisen zur Verschleierung aus der Industrie überwältigter Kosten als Entlastung einkommensschwacher Haushalte begründet werden.

Um Wählerstimmen zu gewinnen und politisch tragfähige Reformpakete zu schnüren, können Politiker die Elektrizitätsinfrastruktur subventionieren oder die Energieversorgungsunternehmen verpflichten, eine Grundversorgungspflicht und Sozialtarife anzubieten.

Aufgrund der rechtsstaatlichen Kontrolle des Regierungshandelns durch Parlamente, Gerichte und der medial vermittelten Beobachtung durch die Öffentlichkeit kommt es, ausgehend vom idealtypischen regulativen Ziel der Herbeiführung einer gesellschaftlich optimalen Stromversorgung zwischen den Polen Preisgünstigkeit und Zuverlässigkeit, zu einer graduellen Verschiebung in Richtung Zuverlässigkeit. Auch wenn die Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik ein geringes gesellschaftliches Mobilisierungspotenzial besitzt, können es sich Politiker nicht erlauben, in der öffentlichen Wahrnehmung als durch die Interessen Dritter geleitet oder gar korrupt wahrgenommen zu werden.

Aus dem prozedural gedachten Regulierungsrahmen folgt die Härtungsvermutung: Gelingt EVU ein regulatory capture, führen diese einen Regulierungsrahmen herbei, der hohe Kosten mit höheren absoluten Gewinnen entlohnt. Dann erlauben, insbesondere bei Gültigkeit des Informationsasymmetrieaxioms A4, natürliche Widrigkeiten eine höhere Überkapitalisierung (Averch-Johnson-Effekt). Dies führt zu einer vollständigen Anpassung der Elektrizitätsinfrastruktur an extreme Naturereignisse, sodass beispielsweise der natürliche positive Zusammenhang zwischen der Niederschlagsmenge und der Dauer ungeplanter Unterbrechungen inklusive außergewöhnlicher Ereignisse SAIDI<sub>inc</sub> aufgehoben wird. Hieraus folgt, dass je häufiger und stärker extreme Wetterereignisse auftreten, desto robuster ist die Elektrizitätsinfrastruktur gegenüber normalen Wetterereignissen:

- V2: Die vollständige Anpassung der Elektrizitätsinfrastruktur an das Auftreten extremer Wetterereignisse bewirkt eine Härtung gegenüber normalen Wetterereignissen durch den Einsatz höherwertiger Komponenten.

Auch für die auf nachholende Innovationsvorteile abstellende Freerider-Vermutung erwarte ich, dass diese zur Überkapitalisierung anregende regulative Rahmenbedingungen voraussetzt. Denn

trotz des allgemeinen technischen Fortschritts stellt sich nicht für alle Länder automatisch eine steigende Versorgungssicherheit mit Strom ein (Abbildung 17, S. 17). Viele Länder stagnieren mit Veränderungsraten um den Nullpunkt und einige verzeichnen sogar Rückschritte.

- V1: Freerider-Effekte bei der Produktinnovation von Basiskomponenten und MSR führen zu einer höheren Versorgungssicherheit mit Strom in Ländern, deren Elektrizitätsinfrastruktur erst relativ spät vollständig entwickelt wurde.

Zusammenfassend begünstigt die Abwesenheit von Korruption die Versorgungssicherheit mit Strom durch 3 Effekte:

1. Öffentliche Güter werden durch die Regierung unter der Kontrolle von Parlamenten, Gerichten und der Beobachtung durch die Öffentlichkeit erbracht. Dadurch setzt Regulierung idealtypische Anreize für die EVU, im Bereich des gesellschaftlichen Optimums zwischen Preis und Zuverlässigkeit zu produzieren.
2. Im Regelfall einer apolitischen Bevölkerung können konzentrierte Interessengruppen die Ausgestaltung der Regulierung beeinflussen. Für die Zuverlässigkeitsregulierung ist eine Kongruenz der organisierten Interessen großer Stromverbraucher und ggf. privater EVU leicht herzustellen und ein regulatory capture wahrscheinlich.
3. Aufgrund der weichen Budgetschränken des Staats können Politiker den Anliegen einflussreicher Interessengruppen nachkommen und mit eigenen politischen Motiven verknüpfen. Die Folge ist ein zur Überkapitalisierung anregender Regulierungsrahmen (Averch-Johnson-Effekt), der die Nachfrage organisierter Industrieinteressen nach einer zuverlässigen Stromversorgung und ggf. das Gewinninteresse privater EVU befriedigt sowie die entstehenden Kosten direkt über den Strompreis oder indirekt über steuerliche Regelungen oder Subventionen auf unorganisierte gesellschaftliche Gruppen abwälzt.

### **Anwesenheit von Korruption**

Ist Korruption weit verbreitet, werden öffentliche Güter nur unzureichend erbracht. Durch grand corruption werden rechtsstaatliche Mechanismen der Regierungskontrolle durch Parlamente, Gerichte und die medial vermittelte Beobachtung der Bevölkerung ausgehebelt. Dadurch können Politiker nicht nur politische Kalküle zum Machterhalt, sondern auch gesteigerte Motive persönlicher Bereicherung verfolgen. Kommt es zum state capture, können organisierte Interessengruppen öffentliche Güter für private Zwecke vereinnahmen. Die Funktion von Politik, durch Regulierung die erforderlichen Gebote oder Anreize für EVU zu setzen, damit diese die Stromversorgung nahe des sozialen Optimums zwischen den Polen Zuverlässigkeit und Preisgünstigkeit erbringen, geht verloren und notwendige Reformen bleiben aus.

Stattdessen werden öffentliche Güter zugunsten der Machtelite und einflussreichen Interessengruppen als private Güter erbracht, beispielsweise in Form unrentabler Preisregime auf Kosten der gesamtgesellschaftlichen Wohlfahrt. Analog zur Situation ohne weit verbreitete Korruption gehe ich davon aus, dass sich Interessengruppen nicht ausschließlich für eine zuverlässigere oder eine preisgünstigere Stromversorgung einsetzen. Vielmehr werden sie eine zuverlässige Stromversorgung anstreben und versuchen, ihre Kosten auf unorganisierte Branchen, Kleinunternehmen und die Haushalte abzuwälzen.

Je mehr Unternehmen versuchen, den Staat durch illegale Zahlungen zu vereinnahmen oder die Anwendung von Gesetzen und Regulierungen durch Verwaltungskorruption auszusetzen, desto stärker leidet die gesellschaftliche Wohlfahrt. Die Bestechung von einfachen Staatsangestellten ermöglicht es, staatliche Leistungen zu erhalten, staatliche Verpflichtungen zu umgehen oder unter zusätzlichen Transaktionskosten willkürliche Behandlung abzuwenden. Private Energieversorgungsunternehmen können einerseits die Vorschriften zur Qualität von Komponenten und Sicherheitsstandards umgehen und dadurch beim Bau und Betrieb der physischen Elektrizitätsinfrastruktur sparen. Andererseits leiden ihre Einnahmen unter Stromdiebstahl und weil Rechnungen über das Rechtssystem nicht oder nicht vollständig eingetrieben werden können, wodurch Mittel für Investitionen fehlen. Grassierende Korruption von politischen Entscheidungsträgern, Staatsangestellten und Richtern erodiert das Staatswesen so weit, dass elementare Rahmenbedingungen wie die Garantie von Eigentumsrechten, Rechts- und Vertragssicherheit nicht mehr gewährleistet sind und deshalb Investitionsanreize fehlen.

Das Streben nach privaten Vorteilen mittels Korruption erzeugt ein soziales Dilemma: Das mit zunehmender Korruption erodierende Staatswesen verliert die Fähigkeit, wirkungsvolle Regelungen zu formulieren und zu implementieren. Je mehr Akteure eine Vereinnahmung öffentlicher Güter zugunsten privater Zwecke versuchen, desto weniger wirksam und bedarfsgerecht können staatliche Leistungen implementiert werden. Durch die allgemeine Erosion des Staatswesens werden die den Staat vereinnahmenden Interessengruppen kollektiv schlechter gestellt, als wenn sie ihre individuell nutzenmaximierenden Korruptionsakte unterlassen hätten.

Zusammenfassend beeinträchtigt Korruption die Versorgungssicherheit mit Strom durch 3 Effekte:

1. Der Verlust der Regierungskontrolle durch Parlamente, Gerichte und Öffentlichkeit ermöglicht Politikern gesteigerte Motive persönlicher Bereicherung und Interessengruppen die Vereinnahmung des Staats. Dadurch geht die idealtypische Funktion des Staats verloren, EVU zur Leistungserbringung im Bereich des gesellschaftlichen Optimums zwischen den Polen Zuverlässigkeit und Preisgünstigkeit anzureizen.

2. EVU können durch Verwaltungskorruption Sicherheitsstandards und Bauvorschriften umgehen. Gleichzeitig leiden ihre Erträge durch Diebstähle und uneintreibbare Rechnungen.
3. Durch Korruption entsteht ein soziales Dilemma: Die individuell nutzenmaximierende Vorteilsuche durch Korruption erodiert die Fähigkeit des Staats, öffentliche Güter bereitzustellen, und stellt dadurch alle Akteure kollektiv schlechter.

Abbildung 48 stellt die entwickelte Theorie als Pfeildiagramm in zwei Schaubildern A und B dar. Schaubild A beinhaltet die soziotechnische Erklärung der Versorgungssicherheit mit Strom durch die Dichte des Stromnetzes und die Qualität der eingesetzten Komponenten. Diese führe ich auf die Entscheidung von Netzbetreibern zu Investitionen zurück, die sich additiv aus dem Anreiz im natürlichen Monopol sowie dem regulativen Investitionsanreiz ergibt.

Schaubild B zeigt die prozedurale Entstehung des regulativen Investitionsanreizes als Gegensatz einer rechtsstaatlichen und einer von Korruption geprägten Regulierungsgenese und -implementierung. Die Erklärung zeigt rechts den regulatory capture des Staats durch organisierte Interessen. Aufgrund der rechtsstaatlichen Kontrolle der Regierung erlaubt die Konstellation des regulatory capture nur eine begrenzte Abweichung vom gesellschaftlichen Optimum in Richtung einer durch Überkapitalisierung bewirkten höheren Versorgungssicherheit mit Strom. Dies ist in der gepfeilten Rechteckform „regulativer Investitionsanreiz“ durch die Ausprägung „hoch“ in relativer Nähe zum gesellschaftlich optimalen Bereich visualisiert. Links ist spiegelbildlich die Konstellation des state capture durch Korruption dargestellt. Diese bewirkt durch die Vereinnahmung öffentlicher Güter zugunsten privater Interessen und die Erosion des Staatswesens durch das soziale Dilemma der Korruption ein starkes Abweichen vom gesellschaftlich optimalen Bereich der Versorgungssicherheit mit Strom. Dies ist in der gepfeilten Rechteckform „regulativer Investitionsanreiz“ durch die größere Spanne der möglichen Ausprägungen bis hin zu „negativ“ dargestellt.

Abbildung 48: Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom

# Nationales Energiesystem

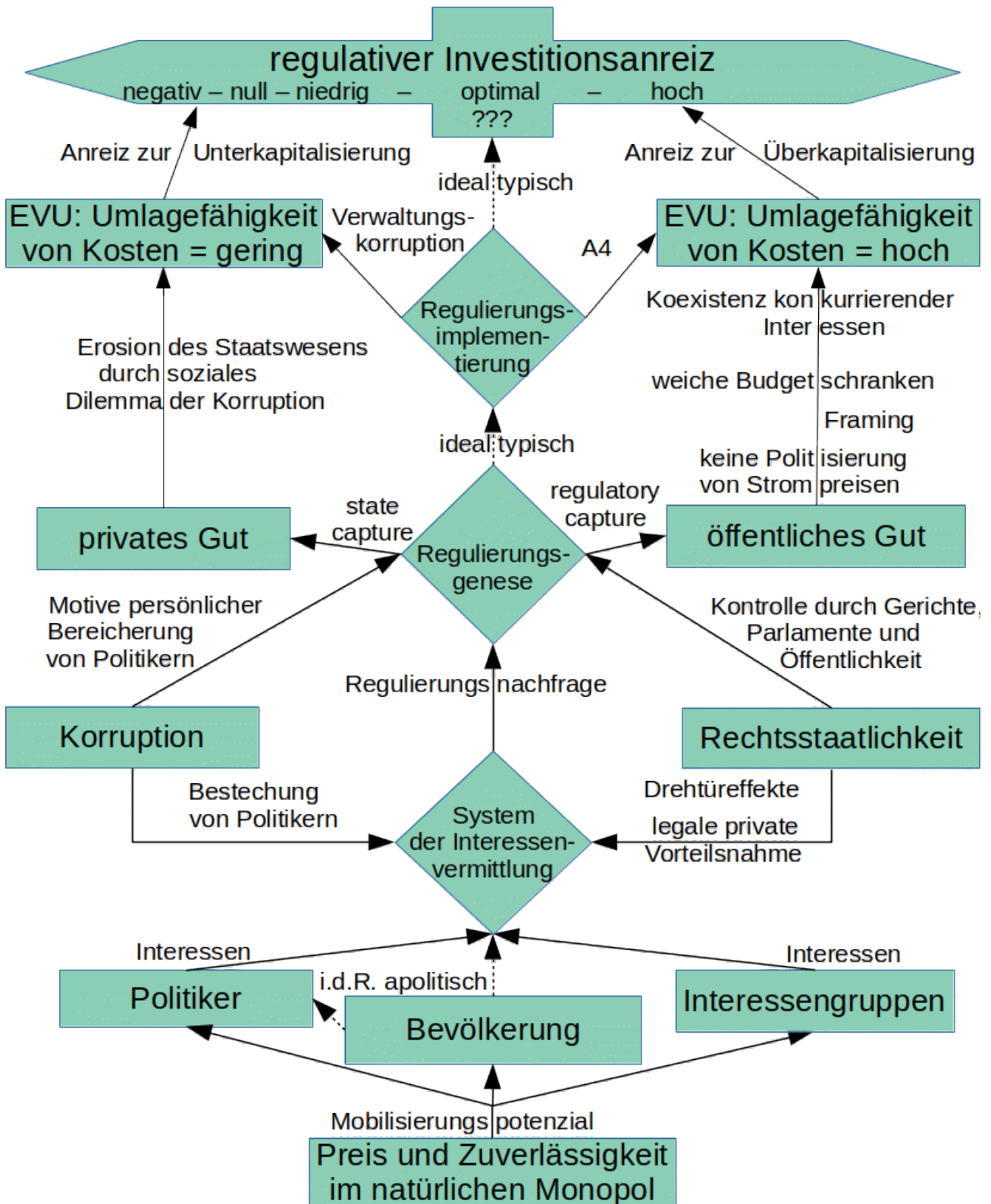
A



Rechtecke: Variablen; Rauten: Entscheidungen; Pfeile: potenzielle kausale Mechanismen  
 ??? : Unsicherheitsbereich um das soziale Optimum der Versorgungssicherheit mit Strom  
 A1: Schutzbedarfsaxiom (S. 107), A2: Risikoadjustierungsaxiom (S. 107)  
 A3: Temporales Reziprozitätsaxiom (S. 107), A4: Informationsasymmetrieaxiom (S. 108)  
 V1: Freerider-Vermutung (S. 155), V2: Härtingsvermutung (S. 155)

# Regulierung als Prozess

B



Rechtecke: Variablen; Rauten: Entscheidungen von Politikern und Staatsangestellten;  
 Pfeile: potenzielle kausale Mechanismen  
 ??? : Unsicherheitsbereich um den optimalen regulativen Investitionsanreiz  
 A4: Informationsasymmetriexiom (S. 108)



Als Ergebnis der Modellentwicklung stellten sich die Anzahl der Nachbarstaaten, die Korruptionswahrnehmung, die Niederschlagsmenge, die Urbanisierungsrate, die Bevölkerungsdichte, die Lage eines Landes in Europa und die Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU als einflussreiche Faktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom heraus. Die für diese Faktoren vermuteten Effekte sind in der Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom als entfaltete genetische Erklärung ausgeführt:

- Für die Anzahl der Nachbarstaaten vermute ich einen netzstrukturellen Effekt durch eine zusätzliche Vermaschung des Netzes an den Landesgrenzen, die es ermöglicht, bei einem Störereignis zusätzliche, über die Auslegung des nationalen Netzes hinausgehende Redundanz aus dem Ausland zu ‚importieren‘. Dies ist in Schaubild A als durch Vermaschung zur Dichte des Stromnetzes beitragende Vernetzung zum Ausland dargestellt.
- Für die Korruptionswahrnehmung erwarte ich einen vielschichtigen Effekt. Infolge von grand corruption bleiben regulierungsökonomisch notwendige Reformen aus und werden öffentliche Güter zugunsten der Machtelite und einflussreicher Interessengruppen umverteilt. Dies ist in Schaubild B durch die Unterscheidung eines von Korruption bzw. von Rechtsstaatlichkeit geprägten regulativen Prozesses dargestellt. Dieser entwickelt sich von unten nach oben von der Regulierungsgenese aus dem System der Interessenvermittlung, über die anschließende Regulierungsimplementierung zur Wirkung von Regulierung in Form des regulativen Investitionsanreizes. Die Rauten repräsentieren Entscheidungen von politischen Entscheidungsträgern und Staatsangestellten bei der Ausgestaltung und Anwendung von Gesetzen und Regulierungen.

Überdies leiden durch petty corruption die Einnahmen der EVU durch Diebstähle, die Bestechung von Mitarbeitern und über das Rechtssystem uneintreibbare Rechnungen. Zugleich können diese regulative Anforderungen bezüglich des Baus und des Betriebs der Elektrizitätsinfrastruktur außer Kraft setzen. Infolgedessen sinken die Anreize und Möglichkeiten zu Investitionen in die Zuverlässigkeit der Elektrizitätsinfrastruktur. Dies ist auf der Stufe der Regulierungsimplementierung als Effekt der Verwaltungskorruption dargestellt, der eine geringe Umlagefähigkeit von Kosten für EVU bewirkt.

- Für die Niederschlagsmenge erwarte ich einen negativen Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom, der durch günstige regulative Rahmenbedingungen negiert wird. In Schaubild A prägen natürliche Widrigkeiten durch die durch diese verursachten Versorgungskosten den Investitionsanreiz im natürlichen Monopol. Hier erwarte ich, dass durch die wirtschaftliche Kalkulation der EVU bei einem gegebenen Kapitalstock das Niveau der Versorgungssicherheit mit Strom von den natürlichen Widrigkeiten bzw. für ein

definiertes Niveau der Versorgungssicherheit der Kapitalbedarf von den natürlichen Widrigkeiten abhängt.

Der gesellschaftlich suboptimale Investitionsanreiz im natürlichen Monopol ist neben der Preisgestaltung der Ausgangspunkt des regulativen Prozesses in Schaubild B. Verläuft dieser rechtsstaatlich unter Abwesenheit von Korruption, sorgt die Tendenz zur Beeinflussung des Staats durch eine hohe Versorgungssicherheit mit Strom präferierende Interessengruppen erstens für allgemeine Anreize zur Überkapitalisierung. Dies ist in Schaubild B als regulatory capture während der Regulierungsgenese und in Schaubild A als Averch-Johnson-Effekt des regulativen Investitionsanreizes (B) dargestellt. Zweitens stellen Extremwetterereignisse eine besondere technische Herausforderung dar. Für deren Bewältigung präferieren EVU gemäß des Risikoadjustierungsaxioms A2 moderne und komplexe technische Systeme, da diese ihnen entsprechend des Informationsasymmetrieaxioms A4 größere Freiräume bei der Beurteilung und Begründung des notwendigen technischen und finanziellen Mitteleinsatzes gegenüber den Regulierungsbehörden verschaffen. Unter den Bedingungen einer Kosten- bzw. Rentabilitätsregulierung bzw. entsprechenden Elementen einer Anreizregulierung ermöglicht der Einsatz höherwertiger Komponenten höhere Gewinne durch Überkapitalisierung. Dies bewirkt eine Anpassung der Elektrizitätsinfrastruktur an das Auftreten extremer Wetterereignisse und eine Härtung gegenüber normalen Wetterereignissen. Diese Härtungsvermutung V2 ist in Schaubild A als Effekt des regulativen Investitionsanreizes (B) dargestellt. Die Axiome A2 und A4 sind durch Rauten als Entscheidung der EVU zugunsten einer höheren Qualität der eingesetzten Komponenten statt stärkerer Vermaschung bzw. für den Einsatz von MSR statt höherwertiger Basiskomponenten dargestellt.

- Für die Urbanisierungsrate und die Bevölkerungsdichte erwarte ich einen sozioökonomischen Effekt, da Städte und Ballungsgebiete eine konzentrierte Siedlungsstruktur und hohe Wertschöpfung aufweisen, die eine technische und finanzielle Schwerpunktsetzung erfordern und ermöglichen. Diesen Umstand habe ich als Schutzbedarfsaxiom A1 in die Theorie eingeführt. Ich gehe davon aus, dass die Bevölkerungsdichte und Urbanisierungsrate die aggregierte ökonomische Nachfrage nach einer zuverlässigen Stromversorgung über die Lastdichte und die Zahlungsbereitschaft bestimmen. Dies ist unten in Schaubild A dargestellt. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten in Ballungsgebieten erwarte ich, dass EVU dieser Nachfrage effizienter durch den Einsatz höherwertiger Komponenten als durch zusätzliche Redundanz nachkommen können. Dies ist durch die Raute „Netzbetreiber: Beschaffung,

Betriebsführung, Wartung‘ als Entscheidung der EVU zugunsten einer höheren Qualität der eingesetzten Komponenten dargestellt.

- Für die Lage eines Landes in Europa und die Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU vermute ich zeitliche Effekte. Zum einen erwarte ich, dass der negative Effekt der Lage eines Landes in Europa auf die Versorgungssicherheit mit Strom auf die historisch ererbte, relativ alte Basisinfrastruktur in Europa bzw. auf nachholende Innovationsvorteile der nicht europäischen Länder zurückgeht. Diese Freerider-Vermutung V1 ist in Schaubild A als Effekt des regulativen Investitionsanreizes (B) dargestellt, denn ich erwarte, dass die Realisierung von nachholenden Innovationsvorteilen günstige regulative Rahmenbedingungen voraussetzt. Zum anderen führe ich den positiven Effekt der Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der Europäischen Union auf die Versorgungssicherheit mit Strom auf entsprechend hohe, das Alter der Basisinfrastruktur kompensierende Investitionen in Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik und sich daraus ergebende Freiräume der EVU zur Überkapitalisierung zurück. Das Temporale Reziprozitätsaxiom A3 wie auch das Informationsasymmetrieaxiom A4 habe ich in Schaubild A durch eine Raute als Entscheidung der EVU zugunsten einer höheren Qualität der eingesetzten Komponenten dargestellt.

### **9.3.3 Beantwortung der Fragestellung und Aussagekraft der Theorie**

Das in Kapitel 5 formulierte Ziel der Arbeit ist es, den Einfluss politischer Steuerung auf die Versorgungssicherheit mit Strom zu ermitteln, um die Auswirkungen der Privatisierung und Liberalisierung der Energiewirtschaft abschätzen zu können. Dazu sollte ein grundlegendes Verständnis davon erarbeitet werden, wie externe Einflüsse, sozioökonomische und strukturelle politische Rahmenbedingungen sowie die instrumentelle Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik im Elektrizitätssektor zusammenwirken.

#### **Beantwortung der Fragestellung**

Basierend auf den empirischen Ergebnissen und deren Interpretation durch die Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom sehe ich keinen Zusammenhang externer Einflüsse zur Versorgungssicherheit mit Strom. Die Indikatoren für die politische und wirtschaftliche Stabilität (ChPOLITY, crisis) zeigen keinen Zusammenhang zur Versorgungssicherheit mit Strom. Ich interpretiere diesen Befund dahingehend, dass ein funktionaler Regulierungsrahmen durch die Garantie von Eigentumsrechten und der Durchsetzbarkeit von Vertragsrechten die Investitionsentscheidungen der Elektrizitätswirtschaft zur Beschaffung, Betriebsführung und Wartung der langlebigen Elektrizitätsinfrastruktur von

politischen und wirtschaftlichen Krisen entkoppelt. Eine Ausnahme von dieser Überlegung scheint die Ukraine während des russisch-ukrainischen Gasstreits zu sein (Abbildung 18, S. 89).

Für diese Interpretation spricht, dass sich eine auf natürliche Widrigkeiten abstellende, kostenbasierte Erklärung der Versorgungssicherheit mit Strom als unbegründet erwies. Auch die fehlende Bedeutung hoher Rechtssicherheit bei Kreditverträgen kann als Indiz für die Entkopplung der Energiewirtschaft von wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen gewertet werden, wenngleich der Informationsgehalt der Variable SoLRI zweifelhaft ist. Die Investitionsentscheidungen der EVU scheinen losgelöst von anderen gesellschaftlichen Entwicklungen zu erfolgen. Dies erscheint plausibel, da EVU im Bereich der Stromnetze ein natürliches Monopol und damit eine starke Marktmacht und hohe Planungssicherheit genießen.

Sozioökonomische Rahmenbedingungen wie die Bevölkerungsdichte und die Urbanisierungsrate erwiesen sich in allen Modellen als einflussreich. Neben ihrer technischen Bedeutung für die notwendige Vermaschung der Netzinfrastruktur in Ballungsgebieten prägen diese Faktoren auch das aus der hohen Wertschöpfung in Ballungsgebieten entstehende Mobilisierungspotenzial von Interessengruppen für eine hohe Versorgungssicherheit mit Strom.

Unter den politischen Rahmenbedingungen erwies sich die Korruptionswahrnehmung als dominanter Faktor für die Versorgungssicherheit mit Strom. Die Verbreitung von Korruption bestimmt, ob die Stromversorgung als öffentliches Gut im Bereich des gesellschaftlichen Optimums mit einer Tendenz zu einer erhöhten Zuverlässigkeit oder als privates Gut erbracht wird. Vereinnahmen Interessengruppen die Energiewirtschaftspolitik als privates Gut, sinkt die Versorgungssicherheit mit Strom durch das soziale Dilemma der Korruption und die Erosion des Staatswesens unter das gesellschaftliche Optimum. Je nach Verbreitung der Korruption fällt die Versorgungssicherheit mit Strom in den Bereich des natürlichen Monopols oder bei grassierender Korruption und negativen Investitionsanreizen noch darunter.

Für die instrumentelle Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik im Elektrizitätssektor konnte ich keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom feststellen. Dies betrifft die Struktur des Strommarkts hinsichtlich des Bestehens von Wettbewerb, davon abgeleitet den Status der Entflechtung vertikal integrierter EVU, den Anteil des Staats am größten EVU sowie die Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse. Diese Befunde interpretiere ich als die Folge funktional äquivalenter Regulierungspfade. Die funktionale Äquivalenz führe ich einerseits auf die idealtypische Funktion des Staats als Erbringer öffentlicher Güter zurück. Diesem obliegt es, Anreize für EVU zu setzen, damit sich diese trotz ihres natürlichen Monopols im Bereich der Stromnetze an der Nachfrage der Verbraucher nach einer zuverlässigen Stromversorgung

orientieren. Andererseits sehe ich hierfür den Einfluss organisierter Interessengruppen auf die Formulierung und Implementierung von Politik als ursächlich an. Ein funktionaler, rechtsstaatlicher Regulierungsrahmen ersetzt die im natürlichen Monopol und durch natürliche Widrigkeiten gegebene Investitionszurückhaltung der EVU durch Anreize zur Überkapitalisierung, die eine Härtung der Elektrizitätsinfrastruktur gegen natürliche Störereignisse bewirken und dadurch die Versorgungssicherheit mit Strom erhöhen.

Deshalb bewerte ich den Einfluss politischer Steuerung trotz der fehlenden Effekte der instrumentellen Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik auf die Versorgungssicherheit mit Strom als sehr hoch. Hinsichtlich des Prognoseziels, wie sich die Privatisierung und Liberalisierung der Energiewirtschaft auf die Versorgungssicherheit mit Strom auswirken werden, prognostiziere ich einen geringen, nicht feststellbaren Effekt. Dies begründe ich erstens mit der schlechten Qualität der Daten zur Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom. Diese habe ich in Abschnitt 6.1.2 auf eine Ungenauigkeit von  $\pm 50\%$  geschätzt. Um vor dem Hintergrund ungenauer Daten, stochastisch schwankender Unterbrechungsstatistiken sowie des allgemeinen technischen Fortschritts und damit ggf. auch veränderter Verfahren zur Erstellung der Unterbrechungsstatistik hervorzutreten, müssten energiewirtschaftspolitische Reformen ausgeprägte Effekte auf die Versorgungssicherheit mit Strom zeigen. Darauf gibt der fehlende Effekt der instrumentellen Energiewirtschaftspolitik im internationalen Vergleich aber keinen Hinweis.

Zweitens begründe ich dies mit der hohen Bedeutung der prozessualen Dimension von Politik, insbesondere der An- oder Abwesenheit von Korruption für die Versorgungssicherheit mit Strom. Rechtsstaatliche Systeme tendieren ausgehend vom idealtypischen regulativen Ziel, eine gesellschaftlich optimale Stromversorgung zwischen den Polen Preisgünstigkeit und Zuverlässigkeit herbeizuführen, durch den Einfluss von organisierten Interessengruppen zu einer höheren Zuverlässigkeit. Dabei scheinen die eingeschlagenen Regulierungspfade in der inhaltlichen Dimension der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik funktional äquivalent zu sein. Aus der Konzeption des Energiesystems als ein von konkurrierenden Interessen geprägtes, selbstregelndes soziotechnisches System leite ich die Hypothese ab, dass eventuelle substantielle Effekte der Liberalisierung und Privatisierung auf die Versorgungssicherheit mit Strom anderweitig über das System der Interessenvermittlung kompensiert werden.

Drittens verändern die Privatisierung und Liberalisierung vormals staatlicher EVU die Interessengruppenstruktur unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit mit Strom nicht wesentlich. Empirisch zeigen die meisten Modelle keinen Effekt des eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätswirtschaft. Theoretisch begründe ich dies damit, dass EVU weder an günstigen

Preisen noch an einer hohen Versorgungssicherheit mit Strom interessiert sind und im natürlichen Monopol geringe Anreize haben, der gesellschaftlichen Nachfrage nach einer preisgünstigen und zuverlässigen Stromversorgung zu entsprechen. Deshalb bedarf es unabhängig vom eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätswirtschaft einer staatlichen Korrektur der Anreizstrukturen der EVU. Zwar erwachsen aus der Entflechtung vertikal integrierter EVU konkurrierende Interessenlagen zwischen den Bereichen Stromerzeugung und -vertrieb sowie dem Bereich Netzbetrieb: Unternehmen aus den Bereichen Stromerzeugung und -vertrieb präferieren einen zuverlässigen Netzbetrieb, da dieser die physische Voraussetzung ihrer wirtschaftlichen Aktivitäten darstellt; der gewinnorientierte Netzbetreiber hat kein Interesse an hohen Investitionen in die Versorgungssicherheit mit Strom oder an niedrigen Preisen. Jedoch sind hier Strategien der Koexistenz, die auf einen Regulierungsrahmen hinwirken, der zuverlässigkeitssteigernde Investitionen des Netzbetreibers anregt und damit verbundene Kosten auf unorganisierte gesellschaftliche Gruppen abwälzt, die kosteneffizienteste Art der Interessenwahrnehmung.

### **Aussagekraft für die Preisregulierung**

Eine Theorie sollte präzise Prognosen machen, damit sie durch möglichst viele Beobachtungen widerlegt werden kann. Die Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom erklärt über den Forschungsgegenstand der Versorgungssicherheit mit Strom hinaus auch den einleitend genannten Befund mangelnder Steuerungsfähigkeit im Bereich der Strompreisregulierung privater EVU (Kapitel 2). Die Preisregulierung betrifft das Kerngeschäft der EVU als idealtypisch einflussreichen Akteur im System der Interessenvermittlung und ist ein Nullsummenspiel, das Strategien der Koexistenz erschwert. Deshalb haben EVU einen sehr hohen Anreiz, die Politik zu beeinflussen und dazu in einen antagonistischen Verdrängungskampf gegen andere Interessengruppen einzutreten, um ihren Einfluss auf politische Entscheidungsträger zu sichern.

Aus der prozeduralen Konzipierung von Regulierung leite ich die Prognose ab, dass die Privatisierung und Liberalisierung im Elektrizitätssektor zu steigenden Strompreisen für Haushalte und Kleinunternehmen führt. Mit der Privatisierung vormals staatlicher EVU tritt ein dominanter Akteur mit einer Präferenz für hohe Preise in das System der Interessenvermittlung ein. Ich gehe davon aus, dass diese Präferenz auch durch eine konsequente Entflechtung der Bereiche Stromerzeugung und -vertrieb vom Bereich Netzbetrieb im Zuge der Strommarktliberalisierung nicht geschwächt wird. Zwar entsteht durch die Aufspaltung ein Interessenkonflikt in der Elektrizitätswirtschaft, da die Netzbetreiber hohe, die Bereiche Stromerzeugung und -vertrieb niedrige Netzgebühren präferieren. Deren Verteilung ist aber ein Nullsummenspiel und Strategien

der Koexistenz sind deshalb kaum möglich. Da beide Seiten ein starkes Interesse in das System der Interessenvermittlung einbringen, sind antagonistische Strategien der Konfliktaustragung mit hohen Koordinierungskosten verbunden. Beide Seiten haben deshalb ein starkes Motiv, ihren Interessenkonflikt dadurch zu lösen, dass sie die Netzgebühren auf die Stromverbraucher abwälzen. Da Stromgroßverbraucher in der verarbeitenden Industrie und dem Großhandel davon stark betroffen wären, können sie leicht eine Gegenposition im System der Interessenvermittlung mobilisieren. Deshalb besteht eine effiziente Strategie der Interessenwahrung darin, die Kosten vornehmlich auf unorganisierte Branchen und die Bevölkerung abzuwälzen, beispielsweise durch Subventionen und Steuererleichterungen für den Netzausbau und -betrieb bzw. als Strategie der Koexistenz durch Subventionen und Steuererleichterungen für Industriestrom. Jedoch sind, wie in Abschnitt 8.1.1 dargelegt, die methodischen Herausforderungen für die Beurteilung von Strompreisen enorm. Der prognostizierte Effekt ist daher schwer zu überprüfen.

### **9.3.4 Forschungsbedarf**

Die Theoriebildung läuft Gefahr, durch die gewünschte Passung zu empirischen Phänomenen eine subjektive Voreingenommenheit in die Theorie zu projizieren. Angesichts der erheblichen empirischen Defizite der Arbeit und der in die Theoriebildung aufgenommenen Capture-Theorie besteht erheblicher Bedarf zur Validierung und Weiterentwicklung der Forschungsergebnisse.

#### **Validierung**

Die Forschungsergebnisse lassen sich zum einen anhand der aufgestellten Axiome und Vermutungen validieren. Die Axiome A1 – A4 ließen sich mit Daten für die Netzdichte und die Qualität der eingesetzten Komponenten anhand testbarer Hypothesen überprüfen:

- Schutzbedarfsaxiom: In dicht besiedelten Gebieten wie Städten und Ballungszentren werden höherwertige Komponenten als im dünner besiedelten Umland verbaut.
- Risikoadjustierungsaxiom:
  - In Gebieten mit extremem Wetter werden höherwertige Komponenten verbaut;
  - in Gebieten mit anspruchsvoller Topografie werden höherwertige Komponenten verbaut.
- Temporales Reziprozitätsaxiom: Je älter die Basiskomponenten der Elektrizitätsinfrastruktur sind, desto höherwertiger ist die Ausstattung mit MSR.
- Informationsasymmetrieaxiom: Unter Kosten-, Rentabilitäts- bzw. funktional vergleichbarer Anreizregulierung werden höherwertige Komponenten, vor allem MSR, eingesetzt.

Auch die Freerider- und die Härtingsvermutung können empirisch überprüft werden:

- Freerider-Vermutung: In Ländern, die erst spät eine 100-prozentige Versorgung der Bevölkerung mit Strom erreichten, sind Basiskomponenten und MSR technisch modern.
- Härtingsvermutung: Je ausgeprägter natürliche Extremereignisse wie Blitzschläge, Erdbeben usw. sind, desto höher ist die Versorgungssicherheit mit Strom (SAIDI<sub>exc</sub>).

Zur Bemessung des technischen Stands von Basiskomponenten und MSR ist ein Vergleich des mittleren Alters der Komponenten nicht ausreichend, da neue Komponenten nicht technisch modern sein müssen. Deshalb ist ein Vergleich der eingesetzten Technik notwendig. Damit ließen sich auch die Vermutungen zu den entgegengesetzten Effekten der Lage eines Landes in Europa und der Länge der Mitgliedschaft in der Europäischen Union überprüfen (S. 244):

- Die Basiskomponenten der europäischen Elektrizitätsinfrastruktur sind vergleichsweise alt.
- Die technische Ausstattung mit MSR ist in Europa im internationalen Vergleich hochwertig.

Zum anderen sollten die Ergebnisse mit einer besseren empirischen Basis bestätigt werden. Dies betrifft grundlegend das verwendete Kriterium zur Beurteilung einer 100-prozentig entwickelten Elektrizitätsinfrastruktur, dem Weltbankindikator „Access to electricity (% of population)“ (Weltbank 2015g). Wenn zeitliche Effekte wie der historisch ererbte Stand der Basiskomponenten und nachholende Innovationsvorteile durch Freerider-Effekte eine Rolle für die Erklärung der Versorgungssicherheit mit Strom spielen, dann muss der Zeitpunkt der Errichtung der Basiskomponenten genauer als durch das Erreichen einer 100-prozentigen Versorgung der Bevölkerung bis 1990 oder bis 2012 bestimmt werden. Dann wäre es möglich, den historischen Effekt des Zeitpunkts der Errichtung der physischen Elektrizitätsinfrastruktur genauer von der laufenden Anreizwirkung des regulativen Rahmens zu unterscheiden.

Auch die Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom bedarf einer besseren empirischen Basis. Dies umfasst die geografische Reichweite, Vollständigkeit und Qualität von Datenreihen für die Indikatoren SAIDI, SAIFI und CAIDI inklusive der Unterscheidung von geplanten, ungeplanten und durch außergewöhnliche Ereignisse verursachten Unterbrechungen.

Weiterhin ist der Informationsgehalt einiger als einflussreich identifizierter Faktoren aufgrund der gewählten Operationalisierung über Proxy-Indikatoren unsicher. Insbesondere die technischen Merkmale der Netzdichte sowie der Qualität von Basiskomponenten und MSR müssen genauer operationalisiert werden. Beispielsweise könnte der vermutete netzstrukturelle Effekt für die Anzahl der Nachbarstaaten durch die aus dem Ausland bezogene Regelenergie bzw. die vorgehaltene Regelleistung abgebildet werden.



Überdies bedürfen weitere Faktoren einer verlässlicheren (legale und illegale Korruption), breiteren (Blitzdichte) oder für den Elektrizitätssektor spezifischeren empirischen Basis (Privatisierungsumfang im Elektrizitätssektor, Topografie im Versorgungsgebiet). So wurde die Topografie über die durchschnittliche Höhe eines Landes über dem Meeresspiegel abgebildet, obwohl insbesondere bei dünn besiedelten Ländern große Unterschiede zwischen dem Landesdurchschnitt und den Verhältnissen in den besiedelten Gebieten bestehen können. Beispielsweise sind weite Teile Australiens oder Kanadas unbewohnt und auch Japan zeichnet sich durch eine konzentrierte, küstennahe Siedlungsstruktur aus. Satellitendaten könnten helfen, das Terrain im Versorgungsgebiet zu bemessen. Damit könnte erforscht werden, ob die Härtungsvermutung auch für andere natürliche Extremereignisse wie Erdbeben gilt.

Durch eine passgenaue Operationalisierung der relevanten Einflussfaktoren könnte die Modellierung der Versorgungssicherheit mit Strom auf ein sparsameres Modell reduziert werden. Damit würde der derzeit von den Modellen A und C mit je 11 Prädiktoren aufgespannte, binäre Möglichkeitsraum von  $2^{11} = 2048$  Kombinationen auf ein Maß reduziert, das in der numerisch kleinen Population eine Mehrfachbelegung von Kombinationen mit Fällen und damit die Identifizierung von kausalen Mechanismen erlauben würde. Von einer für diesen Zweck durchgeführten Hauptkomponentenanalyse habe ich abgesehen, da damit noch weiter von den Problemen bei der Stichprobensammensetzung, der validen Operationalisierung relevanter Faktoren und der Modellzusammensetzung abstrahiert würde.

### **Weiterentwicklung**

Durch eine bessere empirische Basis wäre es möglich, eine Längsschnittstudie und Fallstudien durchzuführen sowie die inhaltliche Dimension der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik in den Blick zu nehmen. So könnten regulative Perioden abgegrenzt, Regulierungsregime kategorisiert und die Wirkung von Politikmaßnahmen auf die Versorgungssicherheit mit Strom quantifiziert werden (5.3.1 Geplantes Vorgehen).

Für die Abgrenzung regulativer Perioden käme auch eine Betrachtung der Indikatoren SAIFI und CAIDI infrage. Wie in Abbildung 18 (S. 89) erkennbar ist, zeichnen sich Länder mit entwickelter Elektrizitätsinfrastruktur durch einen konstanten bzw. kleinen CAIDI aus, während Länder mit einem um einen Erwartungswert streuenden SAIFI aus. Nur selten sind wie etwa für Thailand historische Phasen eines kontinuierlich abnehmenden SAIFI zu beobachten, die als Phase der Netzverdichtung und -modernisierung interpretiert werden können. Ein sich stark verändernder CAIDI, wie es für

Kanada, Irland oder die USA zu beobachten ist, könnte ein Indikator für eine Modernisierung von MSR oder verbesserte Strategien der Betriebsführung und Instandsetzung sein.

Durch Fallstudien etwa für Frankreich, Irland, Kanada, Kroatien, Schweden, Thailand und die USA könnten die bislang nur zu vermutenden kausalen Mechanismen identifiziert werden, die die Wirkung von Politik auf die Versorgungssicherheit mit Strom vermitteln. In der Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom konzipiere ich das Energiesystem als ein durch den Aufbau von Interessen und Gegeninteressen selbstregelndes System. Hierfür könnte die Kybernetik eine fruchtbare Forschungsperspektive eröffnen.

Dabei kommt der Analyse der Interessengruppenstruktur zum Zeitpunkt von Reformen und den Praktiken ihrer Einflussnahme auf den Staat besondere Bedeutung zu. Eine Analyse des Wechselspiels konkurrierender Interessengruppen und des Staats könnte unter Berücksichtigung von Korruptionspraktiken dabei helfen, die empirische Ambivalenz bei der Überprüfung der Capture-Theorie (3.1.2) aufzulösen. Der Annahme, ein regulatory capture wäre nur durch konzentrierte Interessengruppen möglich und Reformen erfolgten ausschließlich zugunsten der dominanten Interessengruppe, stelle ich die Alternativhypothese entgegen, dass eine legale Beeinflussung bzw. illegale Vereinnahmung durch verschiedene Interessengruppen zugleich und auch bei konkurrierenden Interessenlagen möglich ist, solange sich entweder a) Strategien der Koexistenz realisieren lassen, die betreffenden öffentlichen Güter also nicht den Charakter eines Nullsummenspiels haben, oder b) die Tragfähigkeit des staatlichen Haushalts bzw. der unorganisierten Gesellschaftsbereiche nicht überschritten wird. Zur Überprüfung dieser Hypothese und der Weiterentwicklung der Capture-Theorie durch eine Unterscheidung legaler und illegaler Praktiken ist es erforderlich, die Erhebung der legalen und illegalen Einflussnahme von Unternehmen auf den Staat etwa im Rahmen des EOS wieder aufzunehmen.

## **10. Fazit**

Mit dieser Arbeit sollte ein grundlegendes Verständnis von der Bedeutung von externen Einflüssen, sozioökonomischen und politischen Rahmenbedingungen sowie der instrumentellen Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik im Elektrizitätssektor auf die Versorgungssicherheit mit Strom gewonnen werden. Dabei waren die Hintergründe der Regulierungsgenese und die Mechanismen der Regulierungsimplementierung sekundäre Ziele der Untersuchung. Dadurch sollten die Folgen der Liberalisierung und Privatisierung im Elektrizitätssektor abgeschätzt werden.

Das primäre Ziel eines grundlegenden Verständnisses von der Bedeutung verschiedener Faktoren für die Versorgungssicherheit mit Strom wurde erreicht. Trotz der empirischen und methodischen

Defizite erwiesen sich die Niederschlagsmenge, die Urbanisierungsrate, die logarithmierte Bevölkerungsdichte, die Anzahl der Nachbarstaaten, die Lage eines Landes in Europa und die Korruptionswahrnehmung als robust gegenüber den im Zuge der Modellentwicklung wechselnden Kontrollen. Diese Faktoren gingen mit der in Modell C eingeführten Dauer der Mitgliedschaft eines Staats in der EU in die Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom ein.

Zwar konnte aufgrund der defizitären Datenverfügbarkeit das methodische Vorgehen nicht wie geplant zeitlich abgestuft und auf die inhaltliche Dimension der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik fokussiert werden. Dennoch konnte ich durch das realisierte Vorgehen ein umfassendes Bild vom Stand, der Entwicklung und den Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom gewinnen. Das sekundäre Ziel, auch die Mechanismen der Regulierungsgenese und -implementierung empirisch fundiert zu erklären, konnte ich nicht erreichen. Diese Forschungslücke füllte ich durch die Capture-Theorie zur Regulierungsgenese in konzentrierten Wirtschaftssektoren, deren empirische Tests aber ambivalent sind.

Ich interpretierte die Versorgungssicherheit mit Strom als mehrschichtiges, soziotechnisches Phänomen. Im Kern der Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom resultiert die Versorgungssicherheit mit Strom aus der Netzdichte und der Qualität der eingesetzten Komponenten. Die physische Elektrizitätsinfrastruktur wird durch Entscheidungen sozial gestaltet. Im natürlichen Monopol erfolgen Investitionsentscheidungen staatlicher oder privater EVU nach der durch natürliche Widrigkeiten und der aggregierten ökonomischen Nachfrage gegebenen Versorgungsaufgabe unter weichen bzw. harten Budgetschränken. Die suboptimale Versorgungsqualität zu überhöhten Preisen im natürlichen Monopol begründet die öffentliche Nachfrage nach einem idealtypisch gedachten Regulierungsprozess, der Anreize für EVU setzt, im gesellschaftlichen Optimum zwischen Preisgünstigkeit und Zuverlässigkeit zu produzieren.

Der idealtypischen gesellschaftlich optimalen Austarierung des Preises und der Zuverlässigkeit der Stromversorgung durch Regulierung stehen in der Realität erstens steuerungspraktische Probleme der Beobachtungs-, Prognose- und Steuerungsfähigkeit entgegen. Diese verhindern eine punktgenaue Zielerreichung im gesellschaftlichen Optimum. Zweitens bedingen politische Motive persönlicher Vorteilsnahme im Sinn legaler Korruption (Drehtüreffekte, Parteispenden usw.) sowie der Vorteilsuche organisierter Interessengruppen bis hin zum regulatory capture ein systematisches Abweichen der Regulierung vom gesellschaftlichen Optimum der Stromversorgung. Die Regulierung begünstigt in der Regel eine Überkapitalisierung im Elektrizitätssektor und dadurch eine steigende Versorgungssicherheit mit Strom. Drittens stellen durch Korruption geschwächte rechtsstaatliche Institutionen die Fähigkeit des Staats zur Bereitstellung öffentlicher Güter

grundlegend infrage. Grassierende Korruption erodiert das Staatswesen so weit, dass elementare institutionelle Rahmenbedingungen wie die Garantie von Eigentumsrechten, Rechts- und Vertragssicherheit nicht mehr gewährleistet sind. Aus dem sozialen Dilemma der Korruption kann so ein negativer regulativer Investitionsanreiz resultieren, der den Gesamtinvestitionsanreiz der EVU unter das Niveau des natürlichen Monopols sinken lässt.

Basierend auf den empirischen Ergebnissen und deren Interpretation durch die Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom bewerte ich externe Einflüsse für die Versorgungssicherheit mit Strom als in der Regel unbedeutend. Unter einem funktionalen Regulierungsrahmen schirmt die Tendenz zur Vereinnahmung des Staats durch organisierte Interessengruppen den Elektrizitätssektor gegen externe Störereignisse ab. Sozioökonomische Rahmenbedingungen wie die Bevölkerungsdichte, die Urbanisierungsrate und die Wirtschaftsstruktur, konkret die Bedeutung stromintensiver Industrien und Dienstleistungen, als Determinanten der Lastdichte, der Zahlungsbereitschaft, aber auch der Interessengruppenstruktur bestimmen den gesellschaftlichen Schutzbedarf sowie das Mobilisierungspotenzial von Interessengruppen für eine höhere Versorgungssicherheit mit Strom.

Strukturelle politische Rahmenbedingungen wie die rechtsstaatliche Unterbindung von Korruption erwiesen sich als dominanter Faktor für die Erklärung der Versorgungssicherheit mit Strom. Diese bestimmen, ob die Stromversorgung als öffentliches Gut etwas zuverlässiger als gesellschaftlich optimal oder als privates Gut im gesellschaftlich suboptimalen Bereich erbracht wird.

Für die instrumentelle Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik im Elektrizitätssektor stellte ich keinen Einfluss auf die Versorgungssicherheit mit Strom fest. Dies betrifft die Struktur des Strommarkts (Bestehen von Wettbewerb, davon abgeleitet den Status der Entflechtung von EVU, den Anteil des Staats am größten EVU) sowie infrastrukturpolitisch die Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse. Ebenfalls ist die Dauer, ab der Versorgungsunterbrechungen in die Unterbrechungsstatistik aufgenommen werden, international weitgehend harmonisiert. Diese Befunde interpretiere ich als die Folge funktionaler Äquivalenz der gewählten Regulierungspfade.

Aufgrund der hohen Bedeutung struktureller politischer Rahmenbedingungen für die Versorgungssicherheit mit Strom schätze ich den Einfluss politischer Steuerung als sehr hoch ein. Hinsichtlich des Prognoseziels zur Auswirkung der Privatisierung und Liberalisierung der Energiewirtschaft schließe ich deshalb, dass diese keinen feststellbaren Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom haben werden. Dies begründe ich erstens damit, dass deren Effekte sehr ausgeprägt sein müssten, um angesichts der schlechten Qualität der Daten zur Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom erkennbar zu sein. Zweitens leitet sich aus der

Konzeption des Energiesystems als ein von konkurrierenden Interessen geprägtes, selbstregelndes soziotechnisches System die Hypothese ab, dass substanzielle Effekte auf die Versorgungssicherheit mit Strom anderweitig über das System der Interessenvermittlung kompensiert würden. Drittens verändern die Privatisierung und Liberalisierung vormals staatlicher EVU die Interessengruppenstruktur unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit mit Strom nicht wesentlich.

Während der Analyse und Theoriebildung wurden eine Reihe von Hypothesen entwickelt, die wie auch die methodischen und empirischen Defizite weiteren Forschungsbedarf zur Validierung, Replikation und Weiterentwicklung der Ergebnisse begründen. Für die Validierung der Ergebnisse stellt die Überprüfung der aufgestellten Axiome und Vermutungen einen ersten Ansatzpunkt dar.

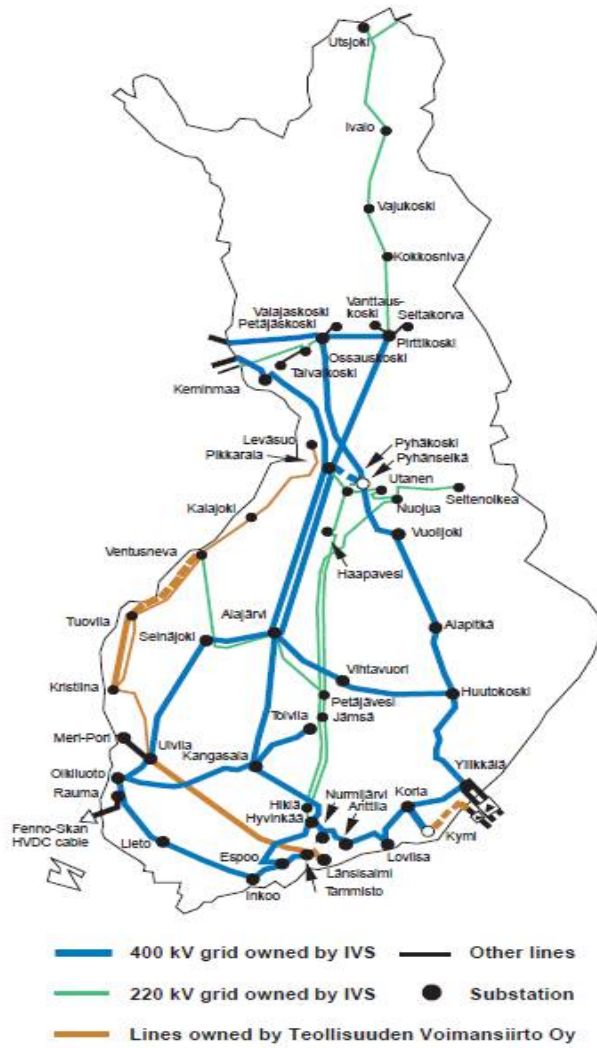
Für die Replikation der Forschungsergebnisse sollte die empirische Basis quantitativ und qualitativ ausgeweitet werden. Dies betrifft grundlegend das die Population definierende Kriterium einer vollständig entwickelten Elektrizitätsinfrastruktur, für das ein zeitlich besser verfügbarer Indikator für die Vollversorgung der Bevölkerung mit Strom benötigt wird, um den historischen Einmaleffekt aus der Errichtung der physischen Elektrizitätsinfrastruktur und die Anreizwirkung des regulativen Rahmens unterscheiden zu können. Ebenso ist eine Verbesserung der empirischen Basis für die Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom erforderlich, um die geografische Reichweite und den Informationsgehalt der Analyse zu verbessern. Gemeinsam mit einer passgenaueren Operationalisierung der als einflussreich identifizierten Faktoren könnten Phänomene wie die Härtung der Elektrizitätsinfrastruktur durch die Anpassung an extreme Ereignisse nach Ursachen differenziert erforscht (Niederschlag, Blitzdichte, Erdbeben usw.) und die Modellierung durch die Substituierung von Proxy-Indikatoren durch relevante Einflussgrößen verbessert werden.

Dies würde die Grundlage für die Weiterentwicklung der Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom legen. Durch die sparsamere Modellierung der Versorgungssicherheit mit Strom würde der Möglichkeitsraum auf ein mit qualitativen Methoden handhabbares Maß reduziert werden. Dann könnten Fallstudien kausale Mechanismen identifizieren, Interessengruppenstrukturen und die inhaltliche Dimension der instrumentellen Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik in den Blick nehmen.

Ein weiterer Ansatzpunkt besteht in einem räumlichen Zuschnitt der Untersuchungseinheit. Statt wie in dieser Untersuchung nationale Energiesysteme zu betrachten, könnten die räumlichen Versorgungsgebiete von EVU untersucht und die erklärenden Faktoren über räumliche Daten operationalisiert werden. Dies hätte Vorteile für die Bemessung beispielsweise topografischer Gegebenheiten oder der Siedlungsstruktur im Versorgungsgebiet, setzt aber die Verfügbarkeit entsprechender Daten voraus.

# 11. Anhang

Abbildung 49: 400-kV-und 220-kV-Netz in Finnland



Quelle: IVO Group 1997: 25

Abbildung 50: Ausreißer in der Korrelation von SAIDIexc und der Variable interven

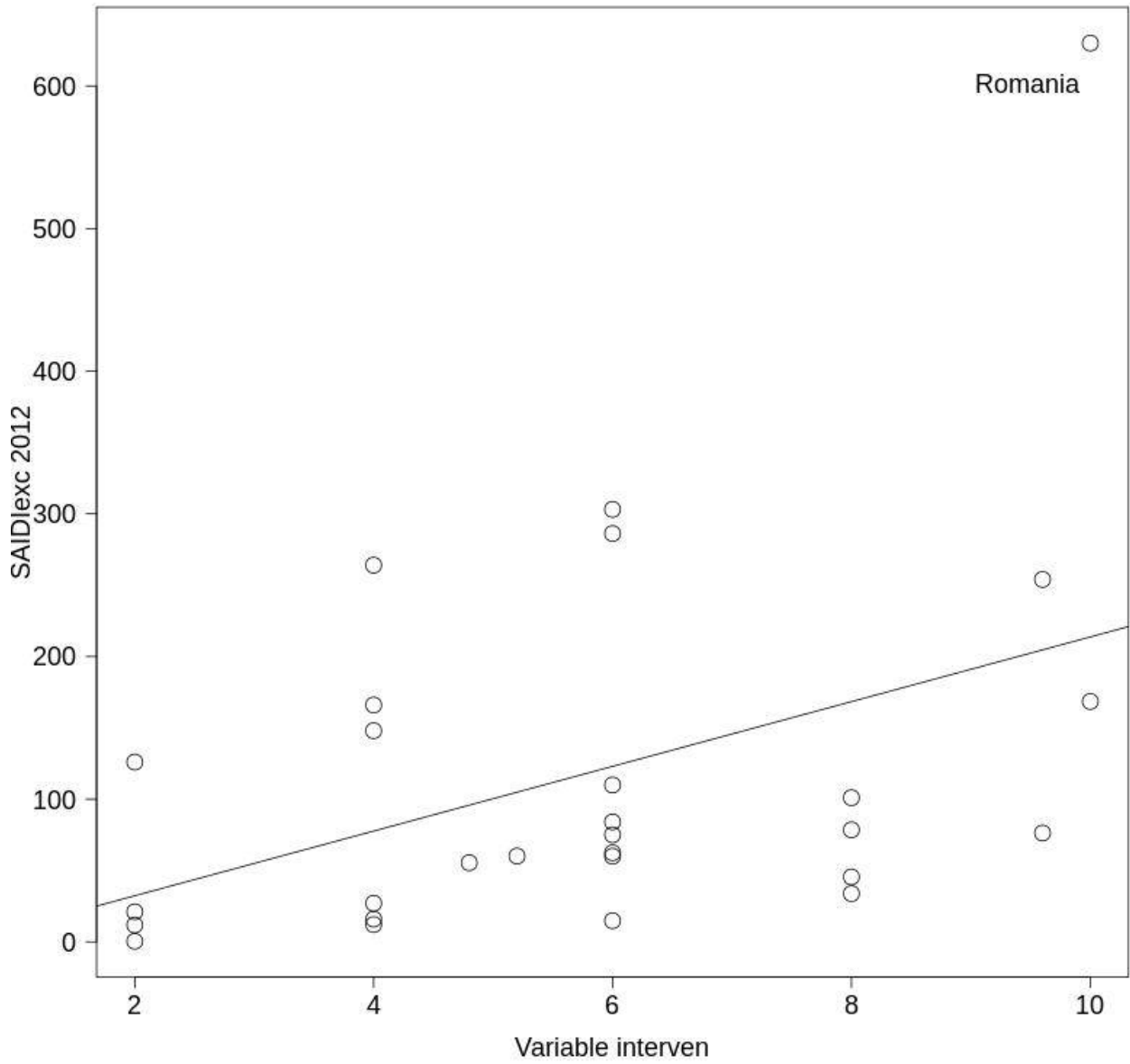
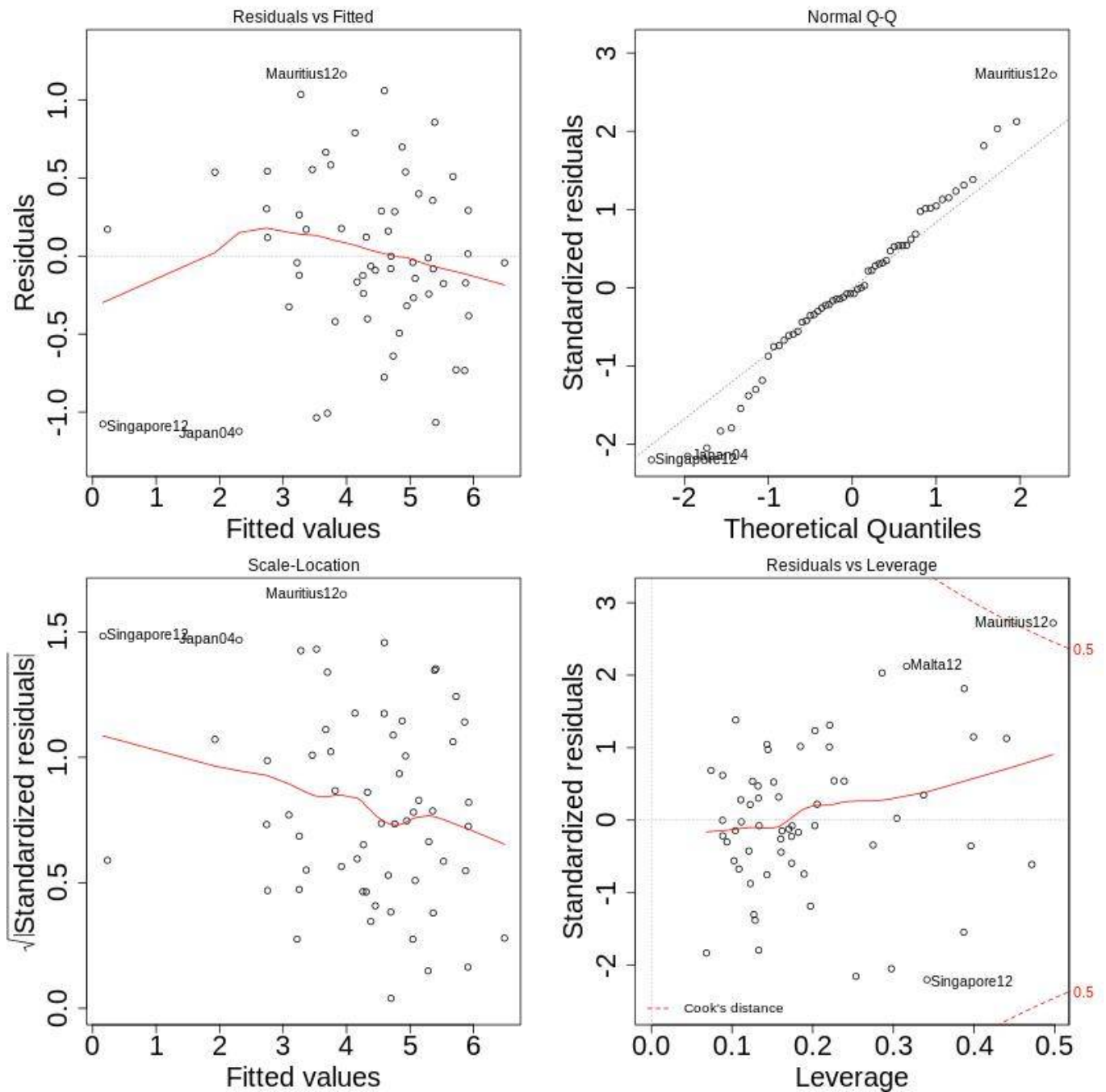


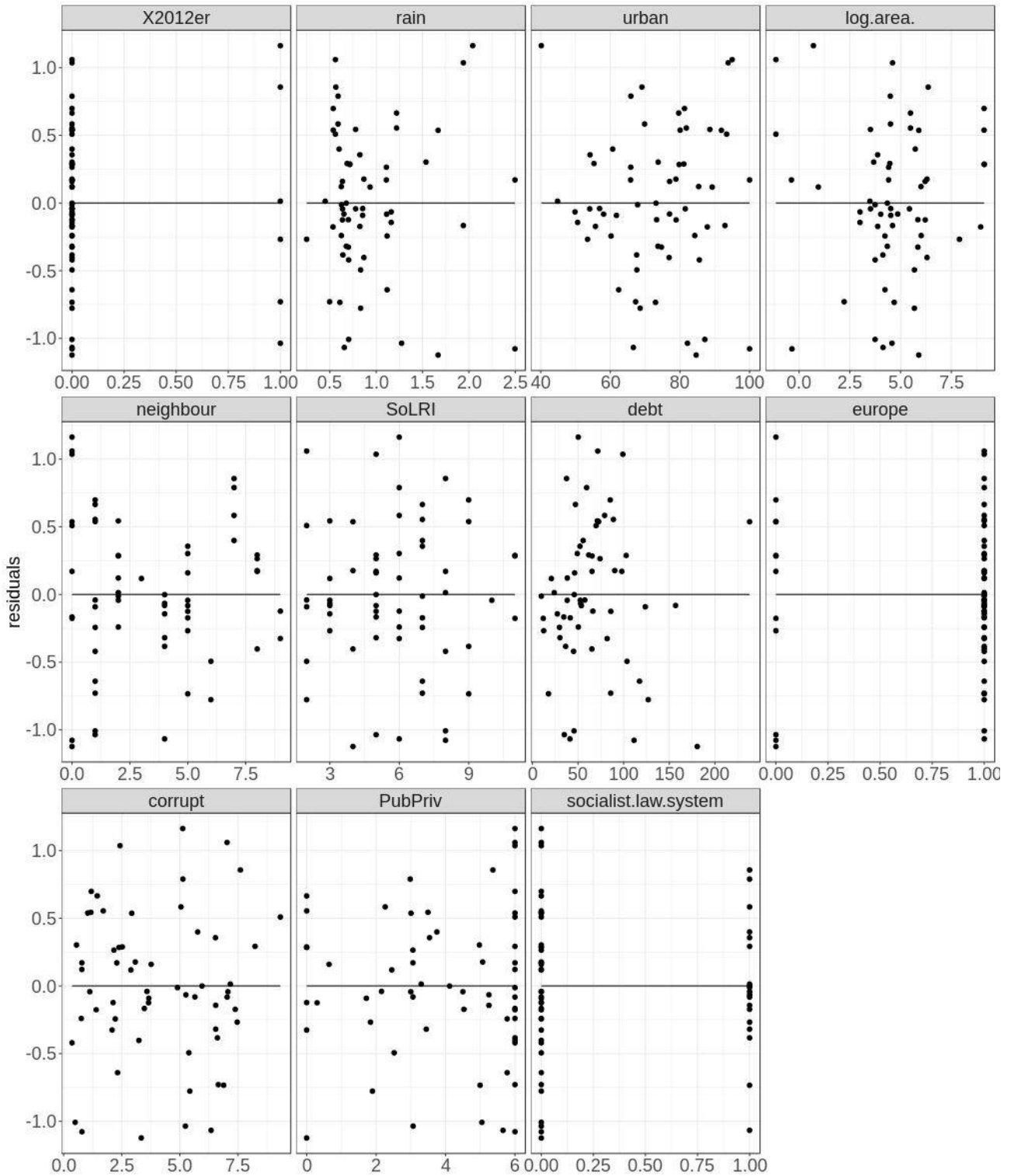
Abbildung 51: Residualdiagnostik Modell A



Hinweis: Die Grafik oben links zeigt auf der x-Achse die Vorhersagewerte und auf der y-Achse die Residuen. Die eingezeichnete Linie sollte gerade durch den Residuenmittelwert null verlaufen. Die Linie zeigt eine leichte Parabelform, die bei stärkerer Ausprägung auf eine nicht lineare Beziehung einer erklärenden Variable zur erklärten Variable hindeuten würde. In der Grafik oben rechts sind auf der x-Achse die erwarteten Residuen bei normalverteilten Störgrößen und auf der y-Achse die geordneten, standardisierten Residuen abgetragen. Diese sollten auf der Diagonalen liegen, zeigen hier aber eine normale Abweichung. Die Grafik unten links zeigt die Vorhersagewerte auf der x-Achse gegen die Quadratwurzel der standardisierten Residuen. Damit soll überprüft werden, ob die Residuen gleichmäßig über die Skala der Prädiktoren streuen (Homoskedastizität). Die Residuen streuen gleichmäßig. In der letzten Grafik können einflussreiche Ausreißer identifiziert werden, die sowohl einen hohen Hebelwert auf der x-Achse als auch einen großen Fehler auf der y-Achse aufweisen, also in den Ecken oben rechts und unten rechts liegen. Solche Fälle liegen relativ weit von der Regressionsgeraden ab und beeinflussen ihre Schätzung stark. Der Einfluss eines Falls kann mit dem Cook-Abstand quantifiziert werden. Werte größer als 1 gelten als problematisch, aber auch Werte über 0.5 (gestrichelte Linie) sollten untersucht werden (Kim 2015).



Abbildung 52: Erklärende Variablen gegen Residuen Modell A



Hinweis: Die Residuen sollten über den Wertebereich jeder der gezeigten Variablen unsystematisch streuen, was der Fall ist.

### Text 3: Modell A für die Jahre 2004 und 2012

#### Modell A (2004)

Call:

```
lm(formula = log(SAIDIexc[-position.of.2012er, "X2004"]) ~ ., data = short.independent04[-position.of.2012er, !names(short.independent04) %in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition", "crisis", "capital", "powerPC", "ChPOLITY", "X2012er")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.49995	-0.19750	-0.03602	0.15306	0.76986

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	5.209	1.756	2.966	0.013	NA
rain	-0.947	0.295	-3.214	0.008	-0.343
urban	-0.031	0.012	-2.537	0.028	-0.294
`log(area)`	0.151	0.072	2.098	0.060	0.276
neighbour	-0.120	0.050	-2.406	0.035	-0.261
SoLRI	0.146	0.085	1.712	0.115	0.280
debt	-0.013	0.006	-2.213	0.049	-0.327
europe	0.433	0.575	0.753	0.467	0.135
corrupt	0.443	0.076	5.842	0.000	0.784
PubPriv	0.065	0.058	1.120	0.287	0.112
`socialist law system`	-1.265	0.448	-2.825	0.017	-0.363

Residual standard error: 0.4888 on 11 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.934, Adjusted R-squared: 0.8739

F-statistic: 15.56 on 10 and 11 DF, p-value: 4.207e-05

#### Modell A (2012)

Call:

```
lm(formula = log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ ., data = short.independent12[, !names(short.independent12) %in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition", "crisis", "capital", "powerPC", "ChPOLITY")])
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.0998	-0.2890	0.0423	0.4030	1.2186

Coefficients:

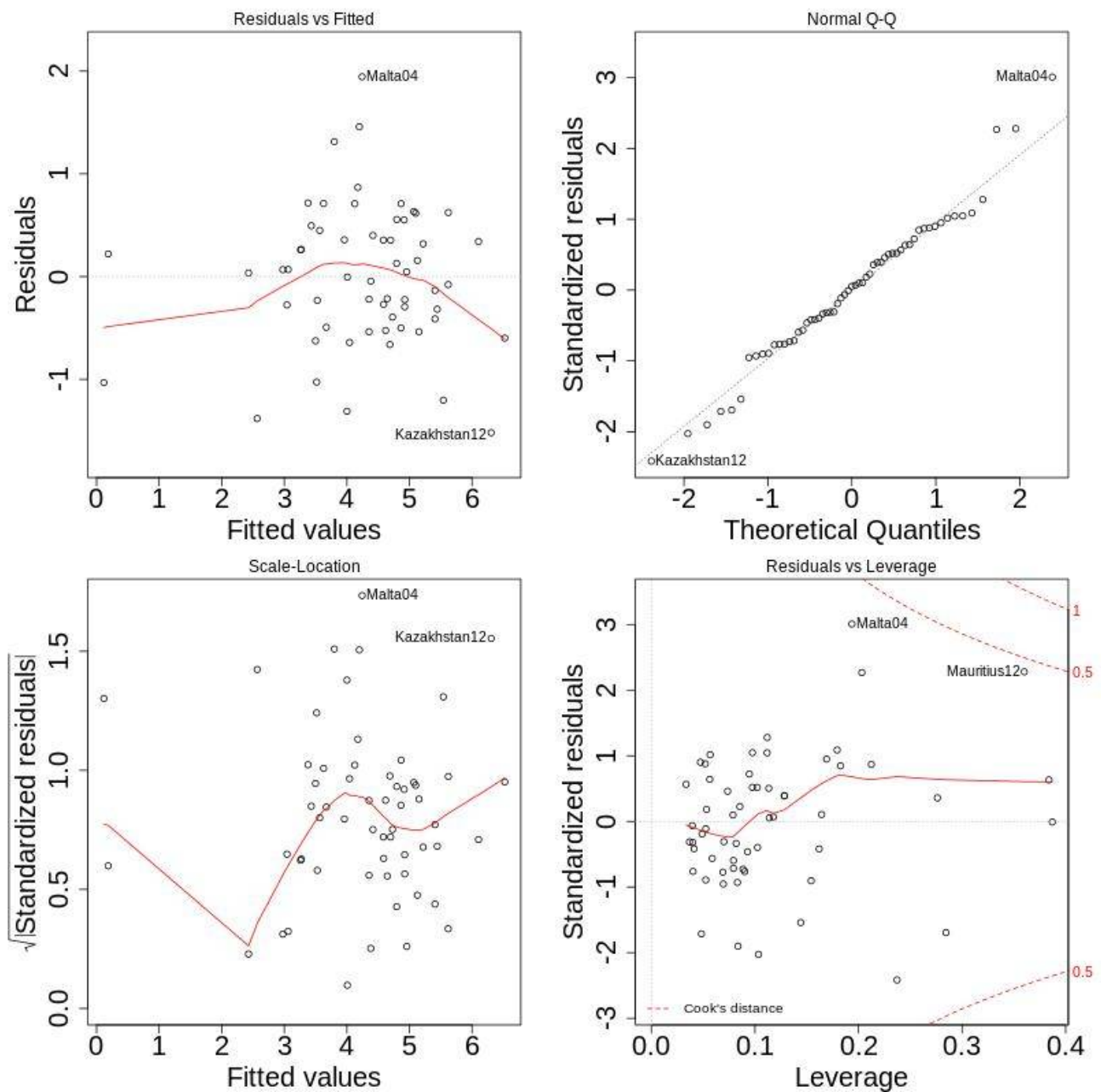
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Beta
(Intercept)	3.691	1.533	2.408	0.023	NA
X2012er	-0.896	0.486	-1.845	0.077	-0.237
rain	-0.455	0.403	-1.129	0.269	-0.156
urban	-0.036	0.011	-3.143	0.004	-0.375
`log(area)`	0.319	0.090	3.549	0.001	0.489
neighbour	-0.162	0.061	-2.655	0.013	-0.312
SoLRI	0.077	0.060	1.276	0.213	0.127
debt	-0.006	0.004	-1.458	0.157	-0.191
europe	0.950	0.440	2.160	0.040	0.268
corrupt	0.455	0.107	4.256	0.000	0.778
PubPriv	0.148	0.070	2.102	0.045	0.210
`socialist law system`	-1.159	0.512	-2.264	0.032	-0.412

Residual standard error: 0.7045 on 26 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8208, Adjusted R-squared: 0.745

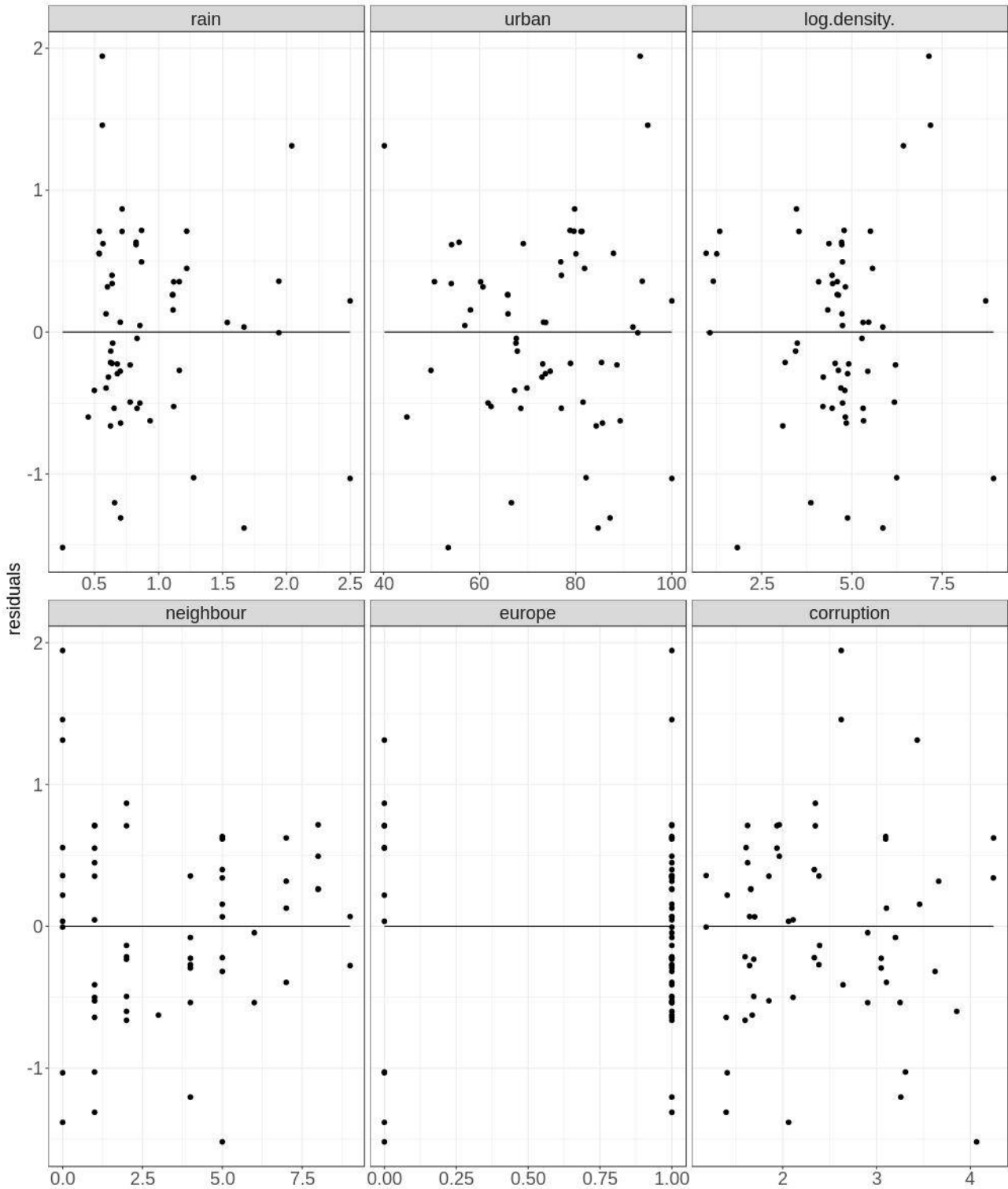
F-statistic: 10.83 on 11 and 26 DF, p-value: 3.986e-07

Abbildung 53: Residualdiagnostik Modell B



Hinweis: Die Grafik oben links zeigt auf der x-Achse die Vorhersagewerte und auf der y-Achse die Residuen. Die eingezeichnete Linie sollte idealerweise gerade durch den Residuenmittelwert null verlaufen. Die Linie zeigt eine leichte Parabelform, die bei stärkerer Ausprägung auf eine nicht lineare Beziehung einer erklärenden Variable zur erklärten Variable hindeuten würde. In der Grafik oben rechts sind auf der x-Achse die erwarteten Residuen, die sich bei normalverteilten Störgrößen ergeben würden, und auf der y-Achse die geordneten standardisierten Residuen abgetragen. Diese sollten idealerweise auf der Diagonalen liegen, zeigen hier aber eine normale Abweichung. Die Grafik unten links zeigt die Vorhersagewerte auf der x-Achse gegen die Quadratwurzel der standardisierten Residuen. Damit soll überprüft werden, ob die Residuen gleichmäßig über die Skala der Prädiktoren streuen (Homoskedastizität). Die Residuen streuen gleichmäßig. Der auffällige Knick resultiert aus den wenigen Datenpunkten für Vorhersagewerte  $< 3$ . In der letzten Grafik können einflussreiche Ausreißer identifiziert werden, die sowohl einen hohen Hebelwert auf der x-Achse als auch einen großen Fehler auf der y-Achse aufweisen, also in den Ecken oben rechts und unten rechts liegen. Solche Fälle liegen nicht nur relativ weit von der Regressionsgeraden ab, sie beeinflussen auch ihre Schätzung stark. Der Einfluss eines Falls kann mit dem Cook-Abstand quantifiziert werden. Werte größer als 1 gelten als problematisch, aber auch Werte über 0.5 sollten untersucht werden (Kim 2015). Kein Residuum überschreitet diese Grenze.

Abbildung 54: Erklärende Variablen gegen Residuen Modell B



Hinweis: Die Residuen sollten über den Wertebereich jeder der gezeigten Variablen unsystematisch streuen, was der Fall ist.

Tabelle 19: Bivariate Produkt-Moment-Korrelation 2004 und 2012

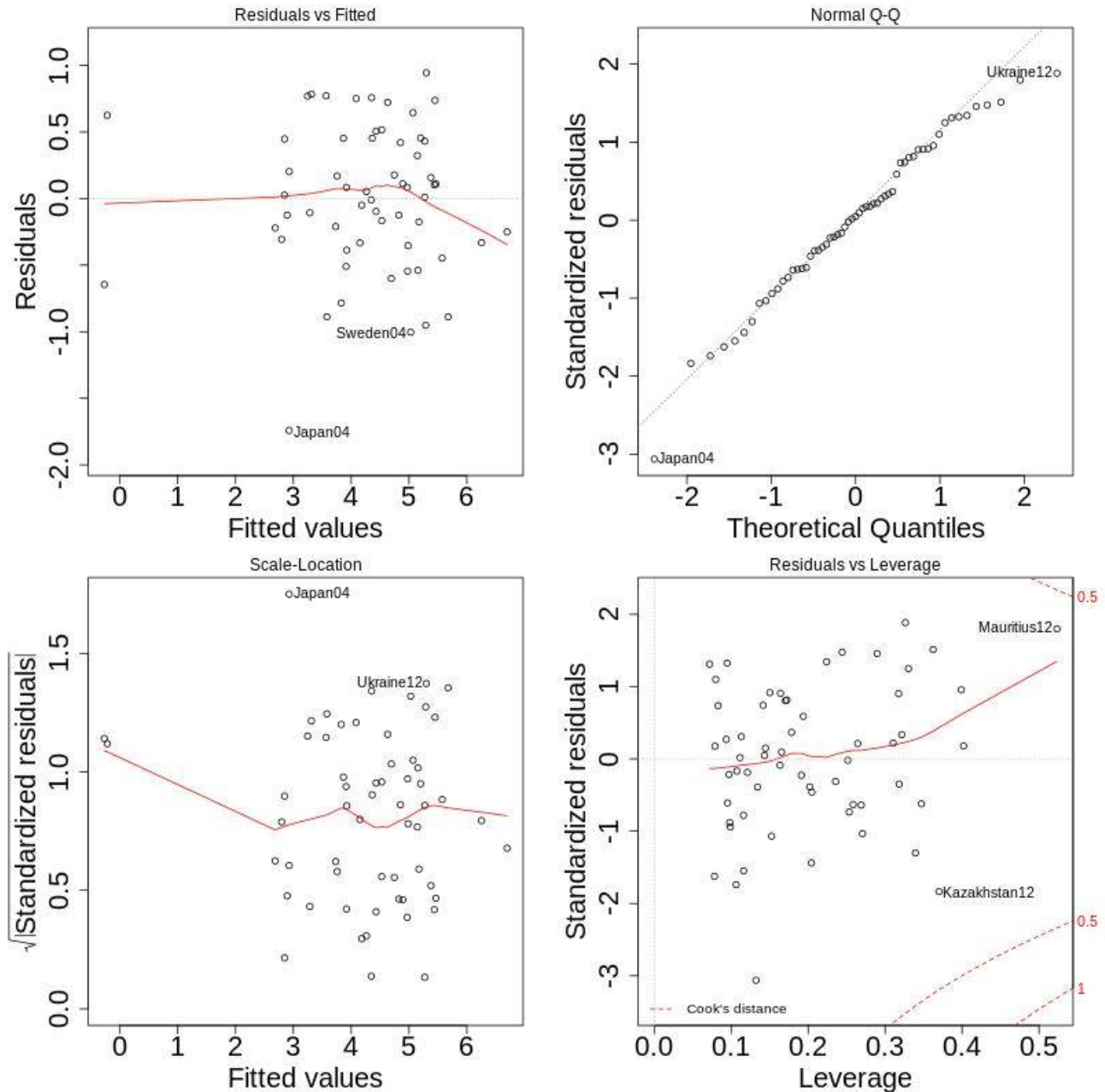
2004	rain	urban	density	area	power-PC	imports	neighbour	gdpPC	crisis	SoLRI	capital	debt	europa	POLITY	ChPOLITY	corrupt	Pub-Priv	competition
urban	0.25																	
density	0.54	0.3																
area	-0.25	0.14	-0.097															
power-PC	0.3	0.5	-0.0019	0.16														
imports	0.074	-0.01	0.022	-0.077	0.029													
neighbour	-0.39	-0.34	-0.24	0.23	-0.36	-0.2												
gdpPC	0.43	0.61	0.31	0.027	0.66	0.14	-0.42											
crisis	0.069	0.43	0.029	-0.091	0.0082	-0.076	-0.04	0.25										
SoLRI	0.006	-0.076	0.024	0.19	0.14	-0.11	-0.23	-0.093	-0.48									
capital	0.38	0.58	0.41	0.4	0.38	0.013	-0.41	<b>0.73</b>	0.16	0.2								
debt	0.31	0.23	0.29	-0.093	0.0019	0.15	-0.077	0.2	0.13	-0.25	0.25							
europa	-0.35	-0.36	-0.35	-0.41	-0.25	-0.0022	0.47	-0.33	0.18	-0.46	-0.53	-0.31						
POLITY	0.19	0.61	-0.077	0.05	0.53	0.16	-0.38	<b>0.75</b>	0.39	-0.13	0.46	0.33	-0.26					
ChPOLITY	-0.28	-0.57	-0.037	-0.12	-0.58	-0.17	0.37	<b>-0.73</b>	-0.29	-0.026	-0.52	-0.27	0.34	<b>-0.88</b>				
corrupt	-0.38	-0.57	-0.16	-0.057	-0.56	-0.065	0.44	<b>-0.76</b>	-0.23	-0.13	-0.67	-0.18	0.41	<b>-0.76</b>	<b>0.71</b>			
Pub-Priv	0.025	-0.13	0.11	-0.062	0.047	-0.31	-0.075	-0.28	-0.24	0.21	-0.27	-0.43	0.052	-0.31	0.17	0.21		
competition	0.12	0.3	0.022	0.19	0.32	0.16	-0.36	0.37	0.21	0.25	0.34	-0.055	-0.27	0.45	-0.36	-0.65	-0.29	
socialist law system	-0.3	-0.61	-0.17	-0.022	-0.46	-0.14	0.4	<b>-0.77</b>	-0.43	0.17	-0.57	-0.42	0.33	<b>-0.92</b>	<b>0.78</b>	<b>0.77</b>	0.32	-0.49

Quelle: R Projekt Diss MP\Output\multicol2004.csv

2012	X2012-er	rain	urban	density	area	power-PC	imports	neighbour	gdpPC	crisis	SoLRI	capital	debt	europe	POLITY	ChPOLITY	corrupt	Pub-Priv	competition
rain	-0.0079																		
urban	-0.44	0.079																	
density	-0.09	0.35	0.24																
area	-0.076	-0.2	0.094	-0.083															
power-PC	-0.52	0.17	0.53	0.0056	0.13														
imports	-0.011	0.045	-0.024	0.02	-0.15	-0.13													
neighbour	-0.053	-0.41	-0.14	-0.2	0.39	-0.18	-0.18												
gdpPC	-0.57	0.22	0.66	0.36	0.081	0.69	0.00034	-0.18											
crisis	0.035	-0.23	0.022	-0.074	-0.1	0.038	-0.14	0.094	-0.028										
SoLRI	-0.37	0.098	0.07	0.061	0.11	0.25	-0.037	-0.15	0.16	-0.14									
capital	-0.31	0.51	0.53	0.44	0.14	0.37	-0.0091	-0.29	<b>0.73</b>	-0.088	0.2								
debt	-0.31	0.26	0.28	0.22	-0.13	0.2	0.16	-0.29	0.27	-0.079	-0.011	0.28							
europe	<b>-0.71</b>	-0.15	0.15	-0.13	-0.17	0.31	0.0047	0.19	0.28	0.12	0.25	-0.12	0.087						
POLITY	-0.5	0.39	0.58	0.00045	-0.023	0.61	0.039	-0.36	0.69	-0.05	0.29	0.5	0.47	0.32					
ChPOLITY	0.13	-0.15	-0.47	-0.057	-0.17	-0.48	-0.017	0.23	-0.59	-0.056	0.0044	-0.46	-0.25	0.15	-0.61				
corrupt	0.52	-0.29	-0.58	-0.2	-0.036	-0.66	0.055	0.34	<b>-0.81</b>	0.036	-0.32	-0.68	-0.34	-0.17	<b>-0.77</b>	0.67			
PubPriv	0.15	0.18	-0.087	0.15	-0.13	0.024	-0.33	-0.15	-0.16	-0.14	0.076	-0.15	-0.27	-0.052	-0.14	0.084	0.17		
competition	-0.59	-0.15	0.35	0.032	0.2	0.38	0.014	-0.11	0.46	0.013	0.15	0.15	0.18	0.11	0.35	-0.33	-0.62	-0.47	
socialist law system	0.029	-0.24	-0.41	-0.16	0.032	-0.32	-0.055	0.34	-0.48	0.045	0.15	-0.55	-0.42	0.21	-0.61	0.61	0.59	0.14	-0.24

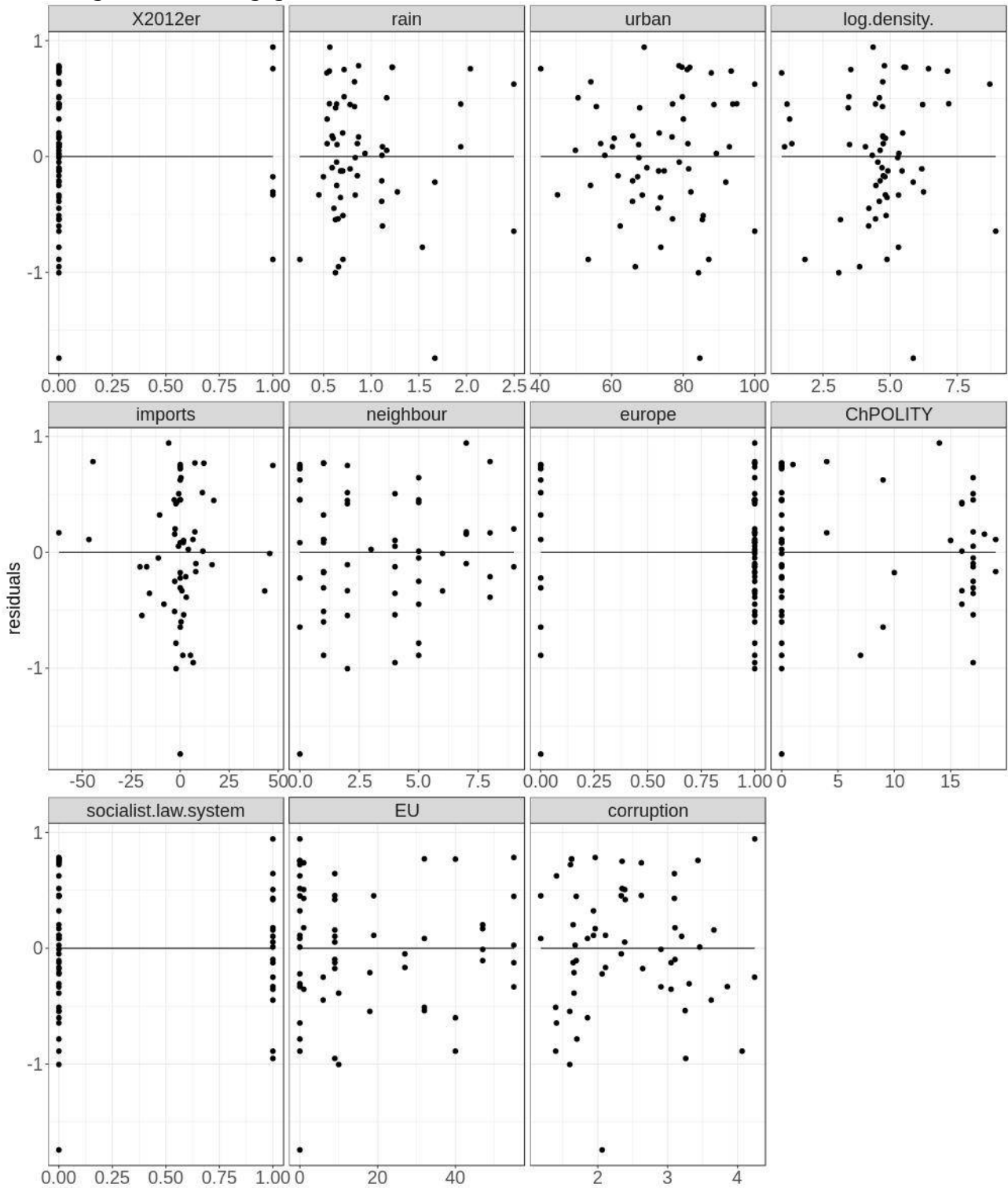
Quelle: R Projekt Diss MP\Output\multicol2012.csv

Abbildung 55: Residualdiagnostik Modell C



Hinweis: Die Grafik oben links zeigt auf der x-Achse die Vorhersagewerte und auf der y-Achse die Residuen. Die eingezeichnete Linie sollte idealerweise gerade durch den Residuenmittelwert null verlaufen. Die Linie zeigt eine leichte Parabelform, die bei stärkerer Ausprägung auf eine nicht lineare Beziehung einer erklärenden Variable zur erklärten Variable hindeuten würde. In der Grafik oben rechts sind auf der x-Achse die erwarteten Residuen, die sich bei normalverteilten Störgrößen ergeben würden, und auf der y-Achse die geordneten standardisierten Residuen abgetragen. Diese sollten idealerweise auf der Diagonalen liegen, zeigen hier aber eine (normale) Abweichung. Die Grafik unten links zeigt die Vorhersagewerte auf der x-Achse gegen die Quadratwurzel der standardisierten Residuen. Damit soll überprüft werden, ob die Residuen gleichmäßig über die Skala der Prädiktoren streuen (Homoskedastizität). Die Residuen streuen gleichmäßig. In der letzten Grafik können einflussreiche Ausreißer identifiziert werden, die sowohl einen hohen Hebelwert auf der x-Achse als auch einen großen Fehler auf der y-Achse aufweisen, also in den Ecken oben rechts und unten rechts liegen. Solche Fälle liegen nicht nur relativ weit von der Regressionsgeraden ab, sie beeinflussen auch ihre Schätzung stark. Der Einfluss eines Falls kann mit Cook' distance quantifiziert werden. Werte größer als 1 gelten als problematisch, aber auch Werte über 0.5 sollten untersucht werden (Kim 2015).

Abbildung 56: Residuen gegen erklärende Variablen Modell C



Hinweis: Die Residuen sollten über den Wertebereich jeder der gezeigten Variablen unsystematisch streuen, was der Fall ist.



#### Text 4: R-Skript

```
#-----#
# R-Sitzung vorbereiten
#-----#
# Arbeitsverzeichnis auf die Adresse des Ordners "R Projekt Diss MP" setzen
# setwd("/home/mp/Maik/Universität/FU Berlin/Dissertation/R Projekt Diss MP")

# Benötigte Pakete und Daten laden

# Pakete für die Datenanalyse
x <- c("reshape2", "ggplot2", "ggrepel", "Hmisc", "psych")

# Pakete für die Analyse räumlicher Objekte
y <- c("sp", "rgdal", "tmap", "ncdf4", "rgeos")

# Pakete installieren - nur einmal erforderlich, dauert ggf. sehr lange
install.packages(x, dependencies = TRUE)
install.packages(y, dependencies = TRUE)

# Benötigte Pakete in R laden - bei jedem Start erforderlich
lapply(x, library, character.only = TRUE)
lapply(y, library, character.only = TRUE)
rm(x, y)

# Optional: Laden des Arbeitsverlaufs
load(file = "RDissMP.Rexc")

# Daten aus dem Projektverzeichnis einlesen
SAIDIexc <- read.csv(file = "Input Daten/SAIDIexc.csv", header = TRUE)
SAIDIinc <- read.csv(file = "Input Daten/SAIDIinc.csv", header = TRUE)
SAIDIplan <- read.csv(file = "Input Daten/SAIDIplan.csv", header = TRUE)
SAIFIexc <- read.csv(file = "Input Daten/SAIFIexc.csv", header = TRUE)
SAIFIinc <- read.csv(file = "Input Daten/SAIFIinc.csv", header = TRUE)
SAIFIplan <- read.csv(file = "Input Daten/SAIFIplan.csv", header = TRUE)

independent04 <- read.csv(file = "Input Daten/independent variables 2004.csv", header = TRUE)
independent12 <- read.csv(file = "Input Daten/independent variables 2012.csv", header = TRUE)

law_and_fin <- read.csv(file = "Input Daten/debt1980 and privatization variables.csv", header = TRUE)
el_intensity <- read.csv(file = "Input Daten/el_intensity.csv", header = TRUE)
RNEW_share <- read.csv(file = "Input Daten/RNEW_share.csv", header = TRUE)
```

```

lightning_data <- nc_open(file = "Input Daten/LISOTD_HRFC_V2.3.2015 0.5 Grad.nc")
borders <- readOGR(dsn = "Input Daten/ne_50m_admin_0_countries", layer = "ne_50m_admin_0_countries")
rain_worldwide <- read.csv(file = "Input Daten/rain_global.csv", colClasses = c("character", "numeric"), header = TRUE)

additional_independent04 <- read.csv(file = "Input Daten/extended independent variables 2004.csv", header = TRUE)
125 additional_independent12 <- read.csv(file = "Input Daten/extended independent variables 2012.csv", header = TRUE)

EOS_full <- read.csv(file = "Input Daten/EOS/EOS variables full.csv", header = TRUE)

# Variablenberechnung und -transformation
130 # CAIDI berechnen
CAIDIexc <- SAIDIexc[,c(2:50)] / SAIFIexc[,c(2:50)]
CAIDIexc <- cbind(SAIDIexc[,1 , drop = F], CAIDIexc) # Ländernamen anfügen

135 # Interventionismus rekodieren: Maximum - Wert + Minimum
independent04["interven"] <- 10 - independent04["interven"] + 0
independent12["interven"] <- 10 - independent12["interven"] + 0

# Korruptionswahrnehmung rekodieren: Maximum - Wert + Minimum
140 independent04["corrupt"] <- 10 - independent04["corrupt"] + 0
independent12["corrupt"] <- 10 - independent12["corrupt"] + 0

# EOS-Variablen rekodieren: Maximum - Wert + Minimum
145 additional_independent04[,c(3:12)] <- 7 - additional_independent04[,c(3:12)] + 1
additional_independent12[,c(3:12)] <- 7 - additional_independent12[,c(3:12)] + 1

EOS_full[,c(2:11) ] <- 7 - EOS_full[,c(2:11) ] + 1

# Niederschlagsmenge von mm pro Jahr in m pro Jahr umrechnen
150 independent04$rain <- independent04$rain / 1000
independent12$rain <- independent12$rain / 1000

rain_worldwide$rain_global <-rain_worldwide$rain_global / 1000

155 # Eigene Funktionen

# Funktion, um die Anzahl und das Mittel der Werte eines df zeilenweise zu korrelieren
# ----- #
# x = df; Ausgabe Pearson' r und Spearman's rho mit p-Werten
160 # ----- #
correlate_count_and_average_of_values <- function(x) {

```

```

mean1 <- apply(x, MARGIN = 1, FUN = mean, na.rm = T)
count <- apply(x, MARGIN = 1, function(x) sum(!is.na(x)))
165 z1 <- cbind(mean1, count)
z2 <- na.omit(z1)
z3 <- as.data.frame(z2)
z4 <- z3
z4[, 1] <- signif(z3[, 1], 2) # runden der Daten auf die zweite signifikante Stelle
170 r1 <- cor(z3[, 1], z3[, 2], method = "pearson")
r1 <- round(r1, 3)
t1 <- cor.test(z3[, 1], z3[, 2], method = "pearson", exact = TRUE)
t1.1 <- t1$p.value
t1.1 <- round(t1.1, 3)
175 r2 <- cor(z4[, 1], z4[, 2], method = "spearman")
r2 <- round(r2, 3)
t2 <- cor.test(z4[, 1], z4[, 2], method = "spearman", exact = FALSE)
t2.1 <- t2$p.value
t2.1 <- round(t2.1, 3)
180
#Ausgabe
list(Pearson = r1, p.value = t1.1, Spearman = r2, p.value = t2.1)
}

185 # Funktion, um den Anteil 'normaler' außergewöhnlicher Ereignisse in Prozent zu ermitteln, ohne Ausgabe
# ----- #
# x = SAIDIinc, y = SAIDIexc, z = Vektor der Reihennamen
# ----- #
share_of_normal_exceptional_events <- function(x, y, z) {
190
# Datenfehler SAIDIinc < SAIDIexc ausschließen
wrong <- which((x < y), arr.ind = TRUE)

# zur Kontrolle: Ausgabe der Positionen der betreffenden Werte
195 # wrong <- as.data.frame(wrong)
# wrong <- wrong[order(wrong[,1]), ]
# return(wrong)

x <- replace(x, wrong, NA) # Löschen der Werte mit SAIDIexc > SAIDIinc
200
# z-Werte reihenweise ermitteln
b1 <- t(apply(x, MARGIN = 1, function(x) scale(x))) # z-Werte jeder Zeile mit NA
c1 <- which(b1 > 2.5, arr.ind = T) # Position der Werte mit s > 2.5

```

```

205 x <- replace(x, c1, NA) # Löschen der Werte mit s > 2.5

# Anteil 'normaler' außergewöhnlicher Ereignisse in Prozent ermitteln
anteil <- ((x - y) / x) * 100
anteil <- apply(anteil, MARGIN = 1, FUN = mean, na.rm = TRUE)
anteil <- as.data.frame(anteil)
210 row.names(anteil) <- z
return(anteil)
}

# Funktion, um den Anteil 'normaler' außergewöhnlicher Ereignisse in Prozent zu ermitteln, graphische Ausgabe
215 # ----- #
# Die Funktion ruft die Funktion share_of_normal_exceptional_events auf
# x = SAIDIinc, y = SAIDIexc, z = Vektor der Reihennamen
# ----- #
share_of_normal_exceptional_events_barplot <- function(x, y, z) {

220 # Funktion share_of_normal_exceptional_events aufrufen
anteil <- share_of_normal_exceptional_events(x, y, z)

# Graphische Ausgabe als boxplot
225 anteil <- na.omit(anteil) # fehlende Werte löschen
ordered_anteil <- as.data.frame(anteil[order(anteil), , drop = FALSE]) # sortieren, Reihennamen behalten
midpoints <- barplot(ordered_anteil$anteil)
barplot(ordered_anteil$anteil, las = 2, names.arg = row.names(ordered_anteil),
        ylim = c(0, 60), cex.axis = 1.6, cex.names = 1, ylab = "Prozent")
230 text(midpoints, ifelse(ordered_anteil$anteil >= 0, ordered_anteil$anteil + 1.5, ordered_anteil$anteil - 1.5),
        labels = round(ordered_anteil$anteil), cex = 1.4)
}

# Funktion, um die Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse mit SAIDIexc
235 # zu korrelieren und grafisch auszugeben
# ----- #
# Die Funktion ruft die Funktion share_of_normal_exceptional_events auf
# x = SAIDIinc, y = SAIDIexc, z = Vektor der Reihennamen
# ----- #
240 cor_share_of_normal_exceptional_events_SAIDIexc <- function(x, y, z) {

# Funktion share_of_normal_exceptional_events aufrufen
anteil <- share_of_normal_exceptional_events(x, y, z)

245 # Länder ohne definierte a. E. oder plausible Daten ausschließen (Japan, Luxemburg, Malta, Niederlande, Schweiz)

```

```

wrong2 <- which(anteil < 5, arr.ind = T) # Kriterium "5" müsste bei neuen Daten geändert werden
x[wrong2, ]<- NA # Werte der betreffenden Länder werden gelöscht
x[34, ]<- NA # Werte Japans werden gelöscht
# zur Kontrolle
250 # test <- cbind(z, x)
# return(test[c(34, 43, 47, 52, 67), ])

# Anteil normaler außergewöhnlicher Ereignisse erneut berechnen
anteil <- share_of_normal_exceptional_events(x, y, z)
255

print(anteil) # manuelles Auslesen der erklärenden Variable Anteil

# Produkt-Moment-Korrelation und Rangkorrelationstest

260 # Mittelwert für SAIDIexc jedes Falls ermitteln
mean2 <- apply(y, MARGIN = 1, FUN = mean, na.rm = TRUE)
r1 <- cor(anteil$anteil, mean2, method = "pearson", use = "complete.obs") # Korrelation vollständiger Paare
r1 <- round(r1, 3)
t1 <- cor.test(anteil$anteil, mean2, method = "pearson", exact = FALSE)
265 t1.1 <- t1$p.value
t1.1 <- round(t1.1, 3)
r2 <- cor(signif(anteil$anteil, 2), signif(mean2, 2), method = "spearman", use = "complete.obs")
r2 <- round(r2, 3)
t2 <- cor.test(signif(anteil$anteil, 2), signif(mean2, 2), method = "spearman", exact = F)
270 t2.1 <- t2$p.value
t2.1 <- round(t2.1, 3)

# grafische Ausgabe
test <- na.omit(cbind(anteil, mean2))
275 funplot <- plot(test, type = "p", ylab = "avg. SAIDIexc", xlab = "Anteil a. E.", las = 1)
abline(lm(test[, 2] ~ test[, 1])) # Trendlinie hinzufügen

list(Pearson=r1, p.value=t1.1, Spearman=r2, p.value=t2.1)
}
280

# Funktion, um auf erkennbare Wartungsstrategien zu prüfen
# ----- #
# Die Funktion bildet zeilenweise Mittelwerte und korreliert diese
# x = SAIDIexc oder CAIDIexc, y = SAIDIplan
285 # ----- #

correlate_two_data_frames_by_row_means <- function(x, y) {

```

```

# Mittelwerte zeilenweise bilden
xmean <- apply(x, MARGIN = 1, FUN = mean, na.rm=T)
290 ymean <- apply(y, MARGIN = 1, FUN = mean, na.rm=T)

# korrelieren und runden
r1 <- cor(xmean, ymean, method = "pearson", use = "complete.obs") # Korrelation vollständiger Paare
r1 <- round(r1, 3)
295 t1 <- cor.test(xmean, ymean, method = "pearson", exact = F)
t1.1 <- t1$p.value
t1.1 <- round(t1.1, 3)
r2 <- cor(signif(xmean, 2), signif(ymean, 2), method = "spearman", use = "complete.obs") # Korrelation vollständiger Paare
r2 <- round(r2, 3)
300 t2 <- cor.test(signif(xmean, 2), signif(ymean, 2), method = "spearman", exact = F)
t2.1 <- t2$p.value
t2.1 <- round(t2.1, 3)

#Ausgabe
305 list(Pearson=r1, p.value=t1.1, Spearman=r2, p.value=t2.1)
}

# Histogramme für alle Spalten eines df mit ggplot und reshape2 darstellen, optional nur für die Zeilen, die im df y Werte aufweisen
# ----- #
310 # Die Funktion setzt die Pakete reshape2 und ggplot2 voraus.
# Die Funktion erzeugt für jede Spalte des ersten df x ein Histogramm, optional nur für die Zeilen, die im df y Werte aufweisen
# Faktoren in x werden in numerische Werte umgewandelt, die Faktoren und ursprünglichen Level in der Konsole ausgegeben
# x = darzustellender df, y = numerischer df, ncol = Anzahl der Spalten im Seitenlayout
# ----- #
315 ggplot_hist <- function(x, y = NULL, ncol = 4) {

  if(!is.null(y)) {

    cat("df y submitted\n")
320

    # Abgleich von x mit y: Zeilen ohne Werte im df y entfernen
    not_empty <- which(rowSums(!is.na(y)) > 0)
    y <- y[not_empty, ]
    x <- x[not_empty, ]
325

  }

  # in x vorhandene Faktoren in numerische Variablen umwandeln (reshape unterstützt keine Faktoren)
  factor1 <- which(lapply(x, class) == "factor")

```

```

330 # Ausgabe, wie viele Faktoren betroffen sind
    if (length(factor1) > 0) {

335       cat("Anzahl Faktoren:", length(factor1), "\n")

        for (i in 1:length(factor1)) {

340           cat("Kodierung", colnames(x[factor1]) [i], "1 -", length(levels(x[, factor1 [i]])), ": ", levels(x[, factor1 [i]]), "\n")

        }

        x[, factor1] <- as.numeric(x[, factor1])

345     }

    # Daten 'verschmelzen'
    molten_data <- melt(x)

    # grafische Ausgabe
350 Grafik <- ggplot(molten_data) +
      theme_bw() +
      geom_histogram(aes(value), bins = 7, closed = "left") +
      theme(strip.text.x = element_text(size = 18), axis.title = element_text(size = 18), axis.text = element_text(size = 18)) +
      facet_wrap(~ variable, ncol = ncol, scales = "free")

355   return(Grafik)
}

# Funktion, um Faktoren in multiple Dichotomien zu kodieren
360 # ----- #
# Die Funktion prüft ein df auf Spalten, in denen Faktoren enthalten und explizit als solche definiert sind.
# Diese werden in multiple Dichotomien kodiert
# x = df mit Reihennamen in der ersten Spalte
# ----- #
365 factors_to_dummies <- function(x) {

    # Spalte mit Namen ausschließen
    y <- x[-1]

370   # Faktoren finden, Position speichern
    is_a_factor <- vector(mode = "logical", length = ncol(y)) # Zielvariable vorab definieren

```

```

for (i in 1:ncol(y)) {
  is_a_factor[i] <- is.factor(y[, i])
}
375 factor_position <- which(is_a_factor == TRUE, arr.ind = T)
n_factors <- length(factor_position)

# Schleife, falls mehrere Faktoren vorkommen, die die Faktoren in multiple Dichotomien überführt
# levels bestimmen und addieren = die erforderliche Spaltenzahl
380 total_levels <- 0
for (i in 1:n_factors) {
  total_levels <- total_levels + length(levels(y[, factor_position[i]]))
}
print(paste0("Anzahl Dichotomien: ", total_levels))
385

# Matrix für die Dichotomien erzeugen
dichotomies <- matrix(nrow = nrow(y), ncol = total_levels)

# Namen der Dichotomien auslesen und vergeben
390 names <- character(length = total_levels) # Zielobjekt für die Namen
names_index <- 1
for (i in 1:n_factors) { # alle Faktoren durchgehen

  factor_length <- length(levels(y[, factor_position[i]]))
395 for (j in 1:factor_length) { # alle levels eines Faktors durchgehen

    temp <- levels(y[, factor_position[i]])
    names[names_index] <- temp[j]
    names_index <- names_index +1
400
  }
}
colnames(dichotomies) <- names
405

# Zur Kontrolle
# print(head(dichotomies))

# Dichotomien kodieren
410 names_index <- 1
for (i in 1:n_factors) { # alle Faktoren durchgehen

  factor_length <- length(levels(y[, factor_position[i]]))

```



```

415 for (j in 1:factor_length) { # alle levels eines Faktors durchgehen
    # auf NA achten
    temp <- levels(y[, factor_position[i]])
    dichotomies[, names_index] <- ifelse(is.na(y[, factor_position[i]]), NA, ifelse(y[, factor_position[i]]==temp[j], 1, 0))
    names_index <- names_index + 1
420 }
}

# Zur Kontrolle
425 # print(head(dichotomies))

# Ausgabe df erstellen - ursprüngliche Faktoren durch Dichotomien ersetzen
# mehrere Faktoren beachten
430 result <- cbind(x[1], y[, -factor_position], dichotomies)
return(result)
}

# Funktion, um zu große Ausgabematrizen paarweiser Korrelationen darzustellen
# ----- #
435 # flattenCorrMatrix - Code erweitert nach Vorlage:
# http://www.sthda.com/english/wiki/correlation-matrix-a-quick-start-guide-to-analyze-format-and-visualize-a-correlation-matrix-using-r-software
# x = Ausgabematrix der Funktion rcorr(x) mit type pearson, y = optionale Ausgabematrix der Funktion rcorr(x) mit type spearman
# ----- #
440 flattenCorrMatrix <- function(x, y = NULL) {
    ut <- upper.tri(x$r)
    data <- data.frame(
        row = rownames(x$r)[row(x$r)[ut]],
        column = colnames(x$r)[col(x$r)[ut]],
445 n = (x$n)[ut],
        r = round((x$r)[ut], 3),
        p_pearson = round((x$p)[ut], 3)
    )

450 # Sterne anfügen
    data$p_pearson <- ifelse(data$p_pearson <= 0.01, paste0(data$p_pearson, "****"),
        ifelse(data$p_pearson <= 0.05, paste0(data$p_pearson, "***"),
            ifelse(data$p_pearson <= 0.1, paste0(data$p_pearson, "**"),
                ifelse(data$p_pearson <= 0.15, paste0(data$p_pearson, "o"), data$p_pearson))))
455

```

```

460 if (!is.null(y)) {
      data2 <- data.frame(
        rho = round((y$r)[ut], 3),
        p_spearman = round((y$P)[ut], 3)
      )

      data <- cbind(data, data2)

      # Sterne anfügen
465 data$p_spearman <- ifelse(data$p_spearman <= 0.01, paste0(data$p_spearman, "***"), ifelse(data$p_spearman <= 0.05, paste0(data$p_spearman, "**"),
      ifelse(data$p_spearman <= 0.1, paste0(data$p_spearman, "*"), ifelse(data$p_spearman <= 0.15, paste0(data$p_spearman, "°"), data$p_spearman))))
    }

    # sortieren
470 data <- data[order(data$row, -data$n), , drop =F] # -data$n = absteigend sortiert nach n

    return(data)
  }

475 # Funktion, die für jede Spalte eines df eine Regression auf alle anderen durchführt und R^2 ausgibt
# ----- #
# x = df ohne Spalte mit Reihennamen
# ----- #
480 unique_information_test <- function (x) {

  n_col_x <- ncol(x)
  r2_vector <- vector(mode = "numeric", length = n_col_x) # Zielvariable vorab definieren
  for (i in 1:n_col_x) {
485   r2_vector[i] <- summary(lm(x[, i] ~ ., data = x[, -i]))$r.squared
  }

  names(r2_vector) <- colnames(x[, (1:n_col_x)])
  return(r2_vector)
}

490 # Funktion, die die Regressionsergebnisse, um standardisierte Koeffizienten erweitert
# ----- #
# x = lineares Modell
# ----- #
495 beta_summary <- function (x) {

  summary <- summary(x)

```

```

summary$coefficients <- round(summary$coefficients, 3) # Regressionskoeffizienten runden
model_coefficients <- summary$coefficients[-1, 1] # Regressionskoeffizienten ohne Konstante
500
# Standardabweichung ermitteln
sd_y <- sd(as.vector(x$model[, 1])) # abhängige Variable

sd_x <- vector(mode = "numeric", length = length(names(x$model[-1]))) # unabhängige Variablen
505
for (i in 1:length(sd_x)){
  sd_x[i] <- sd(as.vector(x$model[, i + 1]))
}

# Koeffizienten standardisieren
510
beta_factor <- sd_x/sd_y

beta_coefficients <- model_coefficients*beta_factor

# Leerstelle für die Konstante einfügen
515
beta_coefficients <- beta_coefficients <- c(NA, beta_coefficients)

# Beta anbinden
Beta <- beta_coefficients
summary$coefficients <- cbind(summary$coefficients, Beta)
520

return(summary)

}

525 #-----#
# Beginn der Analyse - deskriptive Statistik
# Der Abschnitt kann übersprungen werden. Es werden
# keine später verwendeten Objekte erzeugt.
#-----#

530
# auf Normalverteilung prüfen
ks.test(SAIDIexc$X2004, pnorm, mean(SAIDIexc$X2004, na.rm=T), sd(SAIDIexc$X2004, na.rm=T))
ks.test(SAIDIexc$X2012, pnorm, mean(SAIDIexc$X2012, na.rm=T), sd(SAIDIexc$X2012, na.rm=T))

535
# auf log-Normalverteilung prüfen
ks.test(log(SAIDIexc$X2004), pnorm, mean(log(SAIDIexc$X2004), na.rm=T), sd(log(SAIDIexc$X2004), na.rm=T))
ks.test(log(SAIDIexc$X2012), pnorm, mean(log(SAIDIexc$X2012), na.rm=T), sd(log(SAIDIexc$X2012), na.rm=T))

# Grafischer Ländergruppenvergleich

```

```

jpeg(filename = "Output/Ländergruppenvergleich.jpg", width = 700, height = 500)
par(mfrow = c(1,2)) # Darstellung nebeneinander

#SAIDIexc
boxplot(SAIDIexc$X2012 ~ independent12$X2012er,
        las=1, main="SAIDIexc 2012 nach Ländergruppe",
        names = c("1990", "2012"), xlab ="100-prozentige Stromversorgung erreicht", ylab = "SAIDIexc")

# Verbesserungsrate 1998-2014
boxplot(SAIDIexc$chr98.14 ~ independent12$X2012er,
        las=1, main="jährliche Verbesserungsrate SAIDIexc \n 1998-2012 nach Ländergruppe",
        names = c("1990", "2012"), xlab ="100-prozentige Stromversorgung erreicht", ylab = "Prozent")

# Grafikausgabe zurücksetzen
dev.off()
par(mfrow = c(1,1))

# Datenverfügbarkeit der abhängigen Variablen darstellen
540
# data.frame erzeugen
gg_data1 <- data.frame(variable = rep("SAIDIexc", ncol(SAIDIexc[c(26:50)])),
                      Jahr = c(1990:2014),
                      Anzahl = apply(SAIDIexc[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
545                      max_value = max(apply(SAIDIexc[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x)))))

gg_data2 <- data.frame(variable = rep("SAIDIinc", ncol(SAIDIinc[c(26:50)])),
                      Jahr = c(1990:2014),
                      Anzahl = apply(SAIDIinc[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
550                      max_value = max(apply(SAIDIinc[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x)))))

gg_data3 <- data.frame(variable = rep("SAIDIplan", ncol(SAIDIplan[c(26:50)])),
                      Jahr = c(1990:2014),
                      Anzahl = apply(SAIDIplan[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
555                      max_value = max(apply(SAIDIplan[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x)))))

gg_data4 <- data.frame(variable = rep("SAIFIexc", ncol(SAIFIexc[c(26:50)])),
                      Jahr = c(1990:2014),
                      Anzahl = apply(SAIFIexc[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
560                      max_value = max(apply(SAIFIexc[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x)))))

gg_data5 <- data.frame(variable = rep("SAIFlinc", ncol(SAIFlinc[c(26:50)])),
                      Jahr = c(1990:2014),

```

```

565     Anzahl = apply(SAIFlinc[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
        max_value = max(apply(SAIFlinc[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))))

gg_data6 <- data.frame(variable = rep("SAIFIplan", ncol(SAIFIplan[c(26:50)])),
  Jahr = c(1990:2014),
570   Anzahl = apply(SAIFIplan[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
        max_value = max(apply(SAIFIplan[c(26:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))))

gg_data <- rbind(gg_data1, gg_data2, gg_data3, gg_data4, gg_data5, gg_data6)

575 # plotten
jpeg(filename = "Output/Datenverfügbarkeit Versorgungssicherheit.jpeg", height = 1000, width = 700)

ggplot(data = gg_data) +
  theme_bw(base_size = 20) +
580   geom_col(aes(x = Jahr, y = Anzahl)) +
  facet_wrap(~variable, ncol = 2, dir = "v") +
  geom_label(aes(x = 1993, y = 20, label = paste("Maximum:", max_value)), size = 5)

dev.off()

585 ## mit drei Spalten im Querformat
## gg_data <- rbind(gg_data1, gg_data4, gg_data2, gg_data5, gg_data3, gg_data6)
##
## # plotten
590 # jpeg(filename = "Output/Datenverfügbarkeit Versorgungssicherheit Querformat.jpeg", height = 700, width = 1000)
##
## ggplot(data = gg_data) +
##   theme_bw(base_size = 20) +
##   geom_col(aes(x = Jahr, y = Anzahl)) +
595 #   facet_wrap(~variable, ncol = 3, dir = "v") +
##   geom_label(aes(x = 1993, y = 20, label = paste("Maximum:", max_value)), size = 5)
##
## dev.off()

600 # Umgebung bereinigen
rm(gg_data, gg_data1, gg_data2, gg_data3, gg_data4, gg_data5, gg_data6)

# Verteilung SAIDIexc darstellen

605 # data.frame erstellen

```

```

gg_data1 <- data.frame(variable = rep("SAIDIexc", ncol(SAIDIexc[c(25:50)])),
  Jahr = c(1989:2014),
  Anzahl = apply(SAIDIexc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
  max_value = apply(SAIDIexc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) max(x, na.rm = TRUE)),
610  min_value = apply(SAIDIexc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) min(x, na.rm = TRUE)),
  mean_value = apply(SAIDIexc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) mean(x, na.rm = TRUE)),
  median_value = apply(SAIDIexc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) median(x, na.rm = TRUE)),
  scaled_value = apply(SAIDIexc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) sd(x, na.rm = TRUE)))

615 # plotten mit ggplot2 - unterstützt zweite y-Achse nicht direkt
jpeg(filename = "Output/Deskription SAIDIexc.jpeg", height = 500, width = 700)

ggplot(data = gg_data1) +

620 # Erscheinungsbild
  theme_bw(base_size = 20) +
  scale_y_continuous(position = "left") +
  scale_y_continuous(position = "right", sec.axis = sec_axis(trans = ~. * 9, name = "SAIDIexc")) + # skaliert 2. y-Achse relativ zur 1.

625 # Daten eintragen
  geom_col(aes(x = Jahr, y = Anzahl, fill = "lightgrey")) +
  geom_line(aes(x = Jahr, y = mean_value / 9, color = "red"), size = 1.5) +
  geom_line(aes(x = Jahr, y = median_value / 9, color = "blue"), size = 1.5) +

630 # Beschriftung eintragen
  geom_label(size = 5.5, aes(x = 1989, y = 40, hjust = 0,
    label = paste("2012 N:", Anzahl[24],
635     " Max:", max_value [24],
     " Min:", min_value[24],
     " Mittel:", round(mean_value[24], 1),
     " Median:", round(median_value[24], 1),
     " s:", round(scaled_value[24], 1)))) +
  scale_color_discrete(labels = c("Median", "Mittel"), name = NULL) +
  scale_fill_manual(values = c("lightgrey"), labels = c("N"), name = NULL) +
640 guides(color = guide_legend(reverse = TRUE)) +
  theme(legend.position = "bottom", plot.margin = unit(c(0, 0.5, 0, 0.5), units = "line"), legend.margin = margin(t = 0, b = 0))

dev.off()

645 # Verteilung SAIDIinc darstellen

# data.frame erstellen

```

```

gg_data2 <- data.frame(variable = rep("SAIDIinc", ncol(SAIDIinc[c(25:50)])),
  Jahr = c(1989:2014),
650   Anzahl = apply(SAIDIinc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
   max_value = apply(SAIDIinc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) max(x, na.rm = TRUE)),
   min_value = apply(SAIDIinc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) min(x, na.rm = TRUE)),
   mean_value = apply(SAIDIinc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) mean(x, na.rm = TRUE)),
655   median_value = apply(SAIDIinc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) median(x, na.rm = TRUE)),
   scaled_value = apply(SAIDIinc[c(25:50)], MARGIN = 2, function(x) sd(x, na.rm = TRUE)))

# plotten mit ggplot2 - unterstützt zweite y-Achse nicht direkt
jpeg(filename = "Output/Deskription SAIDIinc.jpeg", height = 500, width = 700)

660 ggplot(data = gg_data2) +

  # Erscheinungsbild
  theme_bw(base_size = 20) +
  scale_y_continuous(position = "left") +
665 scale_y_continuous(position = "right", sec.axis = sec_axis(trans = ~. * 9, name = "SAIDIinc")) + # skaliert 2. y-Achse relativ zur 1.

  # Daten eintragen
  geom_col(aes(x = Jahr, y = Anzahl, fill = "lightgrey")) +
  geom_line(aes(x = Jahr, y = mean_value / 9, color = "red"), size = 1.5) +
670 geom_line(aes(x = Jahr, y = median_value / 9, color = "blue"), size = 1.5) +

  # Beschriftung eintragen
  geom_label(size = 5.5, aes(x = 1989, y = 44, hjust = 0,
675   label = paste("2012 N:", Anzahl[24],
    " Max:", max_value [24],
    " Min:", min_value[24],
    " Mittel:", round(mean_value[24], 1),
    " Median:", round(median_value[24], 1),
    " s:", round(scaled_value[24], 1)))) +
680 scale_color_discrete(labels = c("Median", "Mittel"), name = NULL) +
  scale_fill_manual(values = c("lightgrey"), labels = c("N"), name = NULL) +
  guides(color = guide_legend(reverse = TRUE)) +
  theme(legend.position = "bottom", plot.margin=unit(c(0, 0.5, 0, 0.5), units="line"), legend.margin = margin(t = 0, b = 0))

685 dev.off()

# Verteilung SAIDIplan darstellen

# data.frame erstellen

```

```

690 gg_data3 <- data.frame(variable = rep("SAIDIplan", ncol(SAIDIplan[c(35:50)])),
      Jahr = c(1999:2014),
      Anzahl = apply(SAIDIplan[c(35:50)], MARGIN = 2, function(x) sum(!is.na(x))),
      max_value = apply(SAIDIplan[c(35:50)], MARGIN = 2, function(x) max(x, na.rm = TRUE)),
      min_value = apply(SAIDIplan[c(35:50)], MARGIN = 2, function(x) min(x, na.rm = TRUE)),
695      mean_value = apply(SAIDIplan[c(35:50)], MARGIN = 2, function(x) mean(x, na.rm = TRUE)),
      median_value = apply(SAIDIplan[c(35:50)], MARGIN = 2, function(x) median(x, na.rm = TRUE)),
      scaled_value = apply(SAIDIplan[c(35:50)], MARGIN = 2, function(x) sd(x, na.rm = TRUE)))

# plotten mit ggplot2 - unterstützt zweite y-Achse nicht direkt
700 jpeg(filename = "Output/Deskription SAIDIplan.jpeg", height = 500, width = 700)

ggplot(data = gg_data3) +

# Erscheinungsbild
705 theme_bw(base_size = 20) +
  scale_y_continuous(position = "left") +
  scale_y_continuous(position = "right", sec.axis = sec_axis(trans = ~. * 9, name = "SAIDIplan")) + # skaliert 2. y-Achse relativ zur 1.

# Daten eintragen
710 geom_col(aes(x = Jahr, y = Anzahl, fill = "lightgrey")) +
  geom_line(aes(x = Jahr, y = mean_value / 9, color = "red"), size = 1.5) +
  geom_line(aes(x = Jahr, y = median_value / 9, color = "blue"), size = 1.5) +

# Beschriftung eintragen
715 geom_label(size = 5.5, aes(x = 1999, y = 44, hjust = 0,
      label = paste("2012 N:", Anzahl[14],
        " Max:", max_value [14],
        " Min:", min_value[14],
        " Mittel:", round(mean_value[14], 1),
720      " Median:", round(median_value[14], 1),
        " s:", round(scaled_value[14], 1)))) +
  scale_color_discrete(labels = c("Median", "Mittel"), name = NULL) +
  scale_fill_manual(values = c("lightgrey"), labels = c("N"), name = NULL) +
  guides(color = guide_legend(reverse = TRUE)) +
725 theme(legend.position = "bottom", plot.margin=unit(c(0, 0.5, 0, 0.5), units="line"), legend.margin = margin(t = 0, b = 0))

dev.off()

# Umgebung bereinigen
730 rm(gg_data1, gg_data2, gg_data3)

```



```

# Verzerrte Datenverfügbarkeit oder log-normale Verteilung von SAIDIexc grafisch prüfen?
jpeg(filename = "Output/verzerrte Verfügbarkeit oder log-normale Verteilung.jpeg", width = 700, height = 700)
par(mfrow = c(2, 2), mar = c(4.1, 3.1, 3.1, 0.1)) # Zeichenfläche einteilen
735
  hist(SAIDIexc[, "X2004"], main = "SAIDIexc 2004", cex.main = 1.8, cex.axis = 1.8, xlab = "", ylab = "Häufigkeit")
  hist(SAIDIexc[, "X2012"], main = "SAIDIexc 2012", cex.main = 1.8, cex.axis = 1.8, xlab = "", ylab = "Häufigkeit")
  hist(log(SAIDIexc[, "X2004"]), main = "log(SAIDIexc 2004)", cex.main = 1.8, cex.axis = 1.8, xlab = "", ylab = "Häufigkeit")
  hist(log(SAIDIexc[, "X2012"]), main = "log(SAIDIexc 2012)", cex.main = 1.8, cex.axis = 1.8, xlab = "", ylab = "Häufigkeit")
740
dev.off()
par(mfrow = c(1, 1), mar = c(5.1, 4.1, 4.1, 2.1)) # Standardwerte wieder herstellen

# Anzahl und das Mittel der Werte eines df zeilenweise korrelieren
745
# für SAIDIexc
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIexc[, c(2:50)]) # gesamter Datensatz 1966-2014
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIexc[, c(26:50)]) # 1990-2014
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIexc[, c(36:50)]) # 2000-2014
750
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIexc[, c(46:50)]) # 2010-2014

# für SAIDIinc
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIinc[, c(2:50)]) # gesamter Datensatz 1966-2014
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIinc[, c(26:50)]) # 1990-2014
755
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIinc[, c(36:50)]) # 2000-2014
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIinc[, c(46:50)]) # 2010-2014

# für SAIDIplan
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIplan[, c(2:50)]) # gesamter Datensatz 1966-2014
760
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIplan[, c(26:50)]) # 1990-2014
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIplan[, c(36:50)]) # 2000-2014
correlate_count_and_average_of_values(SAIDIplan[, c(46:50)]) # 2010-2014

# 'normale' und extreme außergewöhnliche Ereignisse in Italien darstellen
765
jpeg(filename = "Output/außergewöhnliche Ereignisse Italien 1999-2013.jpeg", height = 500, width = 700)
par(mar = c(5.1, 4.6, 1.1, 1.1))

# Graphen
770
plot(1999:2013, SAIDIinc[SAIDIinc$Country == "Italy", c(35:49)], ylim = c(0, 600),
     type = "l", col = "darkred", lwd = 3, cex.axis = 1.5, cex.lab = 1.5, las = 1,
     xlab = "Jahr", ylab = "Kundenminuten")
abline(h = seq(from = 0, to = 600, by = 100), col = "lightgrey")
points(1999:2013, SAIDIexc[SAIDIexc$Country == "Italy", c(35:49)],

```

```

775     type = "l", col = "darkblue", lwd = 3)
# Pfeile und Text
arrows(2004, 400, 2003, 350, length = 0.1)
text(2004, 400, pos = 4, labels = "extreme außergewöhnliche Ereignisse", cex = 1.5)

780 arrows(2010, 150, 2012, 80, length = 0.1)
text(2009, 150, pos = 3, labels = ",normale' außergewöhnliche Ereignisse", cex = 1.5)

# Legende
785 legend(2009, 600, legend = c("SAIDIinc", "SAIDIexc"), col = c("darkred", "darkblue"), lty = 1, lwd = 3, cex = 1.5)

dev.off()
par(mar = c(5.1, 4.1, 4.1, 2.1))

# Anteil 'normaler' außergewöhnlicher Ereignisse in Prozent ermitteln, graphische Ausgabe
790 jpeg(filename = "Output/Anteil als außergewöhnlich deklarerter Unterbrechungen.jpeg", width = 700, height = 500)
par(mfrow = c(1, 1), mar = c(8.1, 4.1, 1.1, 0.1))

share_of_normal_exceptional_events_barplot(SAIDIinc[, c(2:50)], SAIDIexc[, c(2:50)], SAIDIinc[, 1]) # gesamter Zeitraum
795 text(x = 15, y = 56, labels = paste0("Anteil aller Werte s ", "\u2264", " 2.5 1966-2014"), cex = 1.8)

dev.off()
par(mar = c(5.1, 4.1, 4.1, 2.1))

# Weite der Definition außergewöhnlicher Ereignisse mit SAIDIexc korrelieren und grafisch ausgeben
800 cor_share_of_normal_exceptional_events_SAIDIexc(SAIDIinc[, c(2:50)], SAIDIexc[, c(2:50)], SAIDIinc[, 1]) # gesamter Zeitraum
cor_share_of_normal_exceptional_events_SAIDIexc(SAIDIinc[, c(26:50)], SAIDIexc[, c(26:50)], SAIDIinc[, 1]) # 1990-2014
cor_share_of_normal_exceptional_events_SAIDIexc(SAIDIinc[, c(36:50)], SAIDIexc[, c(36:50)], SAIDIinc[, 1]) # 2000-2014
cor_share_of_normal_exceptional_events_SAIDIexc(SAIDIinc[, c(46:50)], SAIDIexc[, c(46:50)], SAIDIinc[, 1]) # 2010-2014

805 # auf erkennbare Wartungsstrategien prüfen

# SAIDIexc und SAIDIplan korrelieren
correlate_two_data_frames_by_row_means(SAIDIexc[, c(2:50)], SAIDIplan[, c(2:50)]) # gesamter Datensatz
correlate_two_data_frames_by_row_means(SAIDIexc[, c(26:50)], SAIDIplan[, c(26:50)]) # 1990-2014
810 correlate_two_data_frames_by_row_means(SAIDIexc[, c(36:50)], SAIDIplan[, c(36:50)]) # 2000-2014
correlate_two_data_frames_by_row_means(SAIDIexc[, c(46:50)], SAIDIplan[, c(46:50)]) # 2010-2014

# grafisch für das Jahr 2012
815 jpeg(filename = "Output/Korrelation SAIDIexc SAIDIplan 2012.jpeg", width = 1000, height = 700)
par(mfrow = c(1, 2), mar = c(5.1, 5.1, 2.1, 2.1))

```

```

# normal
plot(SAIDIplan[ , "X2012"], SAIDIexc[ , "X2012"],
     cex = 1.8, cex.axis = 1.8, cex.lab = 1.8,
820     las = 1, xlab = "SAIDIplan 2012", ylab = "SAIDIexc 2012")
abline(lm(SAIDIexc[ , "X2012"] ~ SAIDIplan[ , "X2012"]))
r_value <- round(cor.test(SAIDIexc[ , "X2012"], SAIDIplan[ , "X2012"]))$estimate, 2)
text(labels = paste("r =", r_value), x = 500, y = 200, cex = 1.8)

# logarithmiert
825 plot(log(SAIDIplan[ , "X2012"]), log(SAIDIexc[ , "X2012"]),
      ylim = c(0, 7),
      cex = 1.8, cex.axis = 1.8, cex.lab = 1.8,
      las = 1, xlab = "log(SAIDIplan 2012)", ylab = "log(SAIDIexc 2012)" )
830 abline(lm(log(SAIDIexc[ , "X2012"]) ~ log(SAIDIplan[ , "X2012"])))
r_value <- round(cor.test(log(SAIDIexc[ , "X2012"]), log(SAIDIplan[ , "X2012"])))$estimate, 2)
text(labels = paste("r =", r_value), x = 5, y = 2, cex = 1.8)

dev.off()
835 par(mfrow = c(1, 1), mar = c(5.1, 4.1, 4.1, 2.1))

# CAIDIexc und SAIDIplan korrelieren
correlate_two_data_frames_by_row_means(CAIDIexc[ , c(2:50)], SAIDIplan[ , c(2:50)]) # gesamter Datensatz
correlate_two_data_frames_by_row_means(CAIDIexc[ , c(26:50)], SAIDIplan[ , c(26:50)]) # 1990-2014
840 correlate_two_data_frames_by_row_means(CAIDIexc[ , c(36:50)], SAIDIplan[ , c(36:50)]) # 2000-2014
correlate_two_data_frames_by_row_means(CAIDIexc[ , c(46:50)], SAIDIplan[ , c(46:50)]) # 2010-2014

# CAIDI darstellen
845 plot_data <- CAIDIexc

# Zeilen und Spalten ohne Werte sowie Zeilen mit nur einem Wert entfernen

# leere Spalten entfernen
not_empty_columns <- which(colSums(!is.na(plot_data[-1])) > 0) # Spalte 1 mit Ländernamen ist nicht numerisch
850 plot_data <- plot_data[, c(1, not_empty_columns)] # Spalte 1 mit Ländernamen wieder anfügen
rm(not_empty_columns)

# leere Zeilen oder Zeilen mit nur einem Wert entfernen
two_or_more_values <- which(rowSums(!is.na(plot_data[-1])) > 1) # Spalte 1 mit Ländernamen ist nicht numerisch
855 plot_data <- plot_data[two_or_more_values, ]
rm(two_or_more_values)

```

```

# Daten ins lange Format überführen
molten_plot_data <- melt(plot_data, id.vars = "Country", variable.name = "Jahr", value.name = "CAIDI")
860

# ursprüngliche Spaltennamen zu numerischen Werten (Jahren) transformieren
molten_plot_data[, 2] <- as.numeric(substring(molten_plot_data[, 2], 2))

# grafische Ausgabe
865 jpeg(filename = "Output/CAIDI by country.jpeg", width = 1400, height = 2000)

ggplot(molten_plot_data) +
  theme_bw() +
  theme(strip.text.x = element_text(size = 18), axis.title = element_text(size = 18), axis.text = element_text(size = 14)) +
870 geom_point(aes(Jahr, CAIDI), size = 0.8) +
  geom_line(aes(Jahr, CAIDI), size = 1) +
  facet_wrap(~ Country, ncol = 4) +
  xlab("Jahr")

875 dev.off()
rm(plot_data, molten_plot_data)

# CAIDIexc und SAIFIexc gemeinsam darstellen
plot_data_CAIDIexc <- CAIDIexc
880 plot_data_SAIFIexc <- SAIFIexc

# Zeilen und Spalten ohne Werte sowie Zeilen mit nur einem Wert entfernen

# leere Spalten entfernen
885 not_empty_columns <- which(colSums(!is.na(plot_data_CAIDIexc[-1])) > 0) # Spalte 1 mit Ländernamen ist nicht numerisch
plot_data_CAIDIexc <- plot_data_CAIDIexc[, c(1, not_empty_columns)] # Spalte 1 mit Ländernamen wieder anfügen
plot_data_SAIFIexc <- plot_data_SAIFIexc[, c(1, not_empty_columns)] # Spalte 1 mit Ländernamen wieder anfügen
rm(not_empty_columns)

# leere Zeilen oder Zeilen mit nur einem Wert entfernen
890 two_or_more_values <- which(rowSums(!is.na(plot_data_CAIDIexc[-1])) > 1) # Spalte 1 mit Ländernamen ist nicht numerisch
plot_data_CAIDIexc <- plot_data_CAIDIexc[two_or_more_values, ]
plot_data_SAIFIexc <- plot_data_SAIFIexc[two_or_more_values, ]
rm(two_or_more_values)
895

# Daten ins lange Format überführen
molten_plot_data_CAIDIexc <- melt(plot_data_CAIDIexc, id.vars = "Country", variable.name = "Jahr", value.name = "CAIDI")
molten_plot_data_SAIFIexc <- melt(plot_data_SAIFIexc, id.vars = "Country", variable.name = "Jahr", value.name = "SAIFI")
molten_data <- merge(molten_plot_data_CAIDIexc, molten_plot_data_SAIFIexc)

```

```

900 # ursprüngliche Spaltennamen zu numerischen Werten, also Jahren, transformieren
molten_data[,2] <- as.numeric(substring(molten_data[,2], 2))

# SAIFI zu besseren Lesbarkeit mit 10 multiplizieren
905 molten_data[, 4] <- molten_data[, 4]*10

# grafische Ausgabe
jpeg(filename = "Output/CAIDI and SAIFI by country.jpeg", width = 1400, height = 2000)

910 ggplot(molten_data)+
  theme_bw()+
  theme(strip.text.x = element_text(size = 18), axis.title = element_text(size = 18), axis.text = element_text(size=14))+
  geom_point(aes(Jahr, CAIDI), size = 0.8)+
  geom_line(aes(Jahr, CAIDI), size = 1)+
915 geom_point(aes(Jahr, SAIFI), size = 0.8, color = "orange")+
  geom_line(aes(Jahr, SAIFI), size = 1, colour = "orange")+
  facet_wrap(~ Country, ncol = 4)+
  xlab("Jahr")+
  ylab("CAIDI und SAIFI * 10 (orange)")

920 dev.off()

# Umgebung bereinigen
rm (molten_data, molten_plot_data_CAIDIexc, molten_plot_data_SAIIFIexc, plot_data_CAIDIexc, plot_data_SAIIFIexc)

925 # Histogramme der unabhängigen Variablen nur für die Zeilen, mit Daten zu SAIDIexc, darstellen
jpeg(filename = "Output/Histogramm unabhängiger Variablen nach verfügbaren SAIDI-Werten.jpeg", height = 2000, width = 1400)

ggplot_hist(independent12[-1], SAIDIexc[, c(2:50)])

930 dev.off()

# Umgebung von nicht mehr benötigten Funktionen bereinigen
rm(correlate_count_and_average_of_values,
935 share_of_normal_exceptional_events,
share_of_normal_exceptional_events_barplot,
cor_share_of_normal_exceptional_events_SAIDIexc,
correlate_two_data_frames_by_row_means)

940 #-----#
# Analytische Statistik - bivariate Korrelation

```

```

# In der weiteren Analyse benötigte Objekte sind
# nicht eingerückt und müssen angelegt werden.
#-----#
945 # Faktoren in multiple Dichotomien kodieren
new_independent04 <- factors_to_dummies(independent04)
new_independent12 <- factors_to_dummies(independent12)

950 # dummy-Variable 2012er zu 0/1 umkodieren
new_independent04$X2012er <- ifelse(new_independent04$X2012er == 1990, 0, ifelse(is.na(new_independent04$X2012er), NA, 1))
new_independent12$X2012er <- ifelse(new_independent12$X2012er == 1990, 0, ifelse(is.na(new_independent12$X2012er), NA, 1))

# Datensatz erstellen
955 position_of_2012er <- which(new_independent04$X2012er == 1, arr.ind = T) # Position der 2012er-Länder im Datensatz für 2004 ermitteln
cor_data04p <- cbind(new_independent04[-position_of_2012er, 1, drop = FALSE], SAIDIexc[-position_of_2012er, "X2004", drop = FALSE],
  new_independent04[-position_of_2012er, -1, drop = FALSE], law_and_fin[-position_of_2012er, "capital1980", drop = FALSE])
cor_data12p <- cbind(new_independent12[1, SAIDIexc["X2012"], new_independent12[-1, law_and_fin["capital1980"])

960 # runden für Spearmans Rangkorrelationstest
cor_data04s <- cbind(cor_data04p[1, signif(cor_data04p[-1, 2])
cor_data12s <- cbind(cor_data12p[1, signif(cor_data12p[-1, 2])

# bivariate Korrelation der Variablen
965 cor_result_pearson04 <- rcorr(as.matrix(cor_data04p[-1]), type = "pearson")
cor_result_spearman04 <- rcorr(as.matrix(cor_data04s[-1]), type = "spearman")
cor_result_pearson12 <- rcorr(as.matrix(cor_data12p[-1]), type = "pearson")
cor_result_spearman12 <- rcorr(as.matrix(cor_data12s[-1]), type = "spearman")

970 # Ausgabe der Ergebnisse
flatmatrix04 <- flattenCorrMatrix(cor_result_pearson04, cor_result_spearman04)
flatmatrix12 <- flattenCorrMatrix(cor_result_pearson12, cor_result_spearman12)

# Export in .csv
975 write.table(flatmatrix04, file = "Output/flatmatrix04.csv", sep = ",", quote = F, row.names = F)
write.table(flatmatrix12, file = "Output/flatmatrix12.csv", sep = ",", quote = F, row.names = F)

# 7.3.1 Auswahl der Variablen, die weniger als die maximal möglichen Wertepaare zu SAIDIexc haben
short_independent_vars04 <- subset(flatmatrix04, flatmatrix04$n < 22)
980 short_independent_vars12 <- subset(flatmatrix12, flatmatrix12$n < 38)

# Export in .csv
write.table(short_independent_vars04, file = "Output/short_independent_vars04.csv", sep = ",", quote = F, row.names = F)

```

```

985 write.table(short_independent_vars12, file = "Output/short_independent_vars12.csv", sep = ",", quote = F, row.names = F)
# Umgebung bereinigen
rm(short_independent_vars04, short_independent_vars12)

990 # 7.3.2 Informationsgehalt installierte Leistung pro Kopf prüfen
# Daten betrachten
cbind(independent12["Country"], el_intensity[2], independent12["imports"], independent12["powerPC"], RNEW_share["X2012"])

# Verhältnis installierter Leistung pro Kopf / Stromintensität errechnen
995 PPCperEI <- (independent12["powerPC"] / el_intensity[2])
names(PPCperEI) <- "PPCperEI"

# Objekt erstellen
Liste <- cbind(independent12["Country"], el_intensity[2], independent12["imports"], independent12["powerPC"], PPCperEI, RNEW_share["X2012"])
1000 names(Liste)[names(Liste) == "X2012"] <- "Anteil_EE"
Liste[order(Liste$PPCperEI, decreasing = TRUE), ]
rm(PPCperEI)

# Zum Vergleich: Korrelation Stromintensität und Stromhandelsbilanz
1005 jpeg(filename = "Output/Korrelation Stromintensität und Handelsbilanz.jpeg", height = 800, width = 800)

plot(Liste[, "el_intensity"], Liste[, "imports"],
      xlab = "Stromintensität (kWh pro BIP in US-Dollar)", ylab = "Stromhandelsbilanz (Milliarden kWh)",
      cex = 2, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5)
1010 abline(lm( Liste[, "imports"] ~ Liste[, "el_intensity"]))

# Beschriftung
text_r <- round(cor.test(Liste[, "imports"], Liste[, "el_intensity"], method = "pearson")$estimate, 3)
text_p_r <- round(cor.test(Liste[, "imports"], Liste[, "el_intensity"], method = "pearson")$p.value, 3)
1015 text_rho <- round(cor.test(Liste[, "imports"], Liste[, "el_intensity"], method = "spearman")$estimate, 3)
text_p_rho <- round(cor.test(Liste[, "imports"], Liste[, "el_intensity"], method = "spearman")$p.value, 3)

text <- paste("r = ", text_r, " p = ", text_p_r, "\n",
              "rho = ", text_rho, " p = ", text_p_rho)
1020 legend(x = "bottomright", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

dev.off()
1025 rm(text_r, text_p_r, text_rho, text_p_rho, text)

```

```
# installierte Leistung pro Kopf betrachten
jpeg(filename = "Output/Korrelation PPC mit Stromintensität mit und ohne Island.jpeg", height = 700, width = 1000)
par(mfrow = c(1, 2))
```

```
1030 # Korrelation Stromintensität und installierter Leistung pro Kopf
```

```
plot(Liste[, "el_intensität"], Liste[, "powerPC"],
     xlab = "Stromintensität (kWh pro BIP in US-Dollar)", ylab = "installierte Leistung pro Kopf (kW)",
     main = "gesamte Population (2012)",
     cex = 2, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5)
```

```
1035 abline(lm(Liste[, "powerPC"] ~ Liste[, "el_intensität"]))
```

```
# Beschriftung
```

```
text_r <- round(cor.test(Liste[, "el_intensität"], Liste[, "powerPC"], method = "pearson")$estimate, 3)
text_p_r <- round(cor.test(Liste[, "el_intensität"], Liste[, "powerPC"], method = "pearson")$p.value, 3)
```

```
1040
```

```
text_rho <- round(cor.test(Liste[, "el_intensität"], Liste[, "powerPC"], method = "spearman")$estimate, 3)
text_p_rho <- round(cor.test(Liste[, "el_intensität"], Liste[, "powerPC"], method = "spearman")$p.value, 3)
```

```
text <- paste("r = ", text_r, " p = ", text_p_r, "\n",
             "rho = ", text_rho, " p = ", text_p_rho)
legend(x = "right", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)
```

```
1045
```

```
# Island markieren
```

```
legend(x = Liste[Liste$Country == "Iceland", "el_intensität"], y = Liste[Liste$Country == "Iceland", "powerPC"],
       legend = "Iceland", bty = "n", xjust = 0.5, cex = 1.5)
```

```
1050
```

```
rm(text_r, text_p_r, text_rho, text_p_rho, text)
```

```
# Korrelation installierte Leistung und Stromintensität ohne Island
```

```
plot(Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "el_intensität"], Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "powerPC"],
     xlab = "Stromintensität (kWh pro BIP in US-Dollar)", ylab = "installierte Leistung pro Kopf (kW)",
     main = "ohne Island (2012)",
     cex = 2, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5)
```

```
1055
```

```
abline(lm(Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "powerPC"] ~ Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "el_intensität"]))
```

```
1060
```

```
# Beschriftung
```

```
text_r <- round(cor.test(Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "el_intensität"], Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "powerPC"], method = "pearson")$estimate, 3)
text_p_r <- round(cor.test(Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "el_intensität"], Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "powerPC"], method = "pearson")$p.value, 3)
```

```
1065
```

```
text_rho <- round(cor.test(Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "el_intensität"], Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "powerPC"], method = "spearman")$estimate, 3)
text_p_rho <- round(cor.test(Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "el_intensität"], Liste[Liste["Country"] != "Iceland", "powerPC"], method = "spearman")$p.value, 3)
```



```

1070 text <- paste("r = ", text_r, " p = ", text_p_r, "\n",
               "rho = ", text_rho, " p = ", text_p_rho)
      legend(x = "right", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

      dev.off()
      par(mfrow = c(1, 1))
      rm(text_r, text_p_r, text_rho, text_p_rho, text)
1075 jpeg(filename = "Output/Korrelation installierte Leistung und Anteil EE.jpeg", height = 800, width = 800)
      # Korrelation installierte Leistung und Anteil EE
      plot(Liste[ , "Anteil_EE"], Liste[ , "powerPC"],
1080       xlab = "Anteil erneuerbarer Stromerzeugung", ylab = "installierte Leistung pro Kopf (kW)",
         main = "2012",
         cex = 2, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5)
      abline(lm(Liste[ , "powerPC"] ~ Liste[ , "Anteil_EE"]))

      # Beschriftung
1085 text_r <- round(cor.test(Liste[ , "Anteil_EE"], Liste[ , "powerPC"], method = "pearson")$estimate, 3)
      text_p_r <- round(cor.test(Liste[ , "Anteil_EE"], Liste[ , "powerPC"], method = "pearson")$p.value, 3)

      text_rho <- round(cor.test(Liste[ , "Anteil_EE"], Liste[ , "powerPC"], method = "spearman")$estimate, 3)
1090 text_p_rho <- round(cor.test(Liste[ , "Anteil_EE"], Liste[ , "powerPC"], method = "spearman")$p.value, 3)

      text <- paste("r = ", text_r, " p = ", text_p_r, "\n",
                  "rho = ", text_rho, " p = ", text_p_rho)
      legend(x = "topleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

1095 dev.off()
      rm(text_r, text_p_r, text_rho, text_p_rho, text)

      # installierte Leistung pro Kopf und Stromintensität mit BIP pro Kopf korrelieren
1100 jpeg(filename = "Output/installierte Leistung pro Kopf und Stromintensität ggü. BIP pro Kopf.jpeg", height = 700, width = 1000)
      par(mfrow = c(1, 2))

      # BIP pro Kopf und installierte Leistung
      plot(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "powerPC"],
1105       xlab = "BIP pro Kopf (Kaufkraftparität zum US-Dollar)", ylab = "installierte Leistung pro Kopf (kW)",
         main = "2012",
         cex = 2, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5)
      abline(lm(Liste[ , "powerPC"] ~ independent12[ , "gdpPC"]))

      # Beschriftung einfügen

```

```

1110 text_r <- round(cor.test(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "powerPC"], method = "pearson")$estimate, 3)
text_p_r <- round(cor.test(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "powerPC"], method = "pearson")$p.value, 3)

text_rho <- round(cor.test(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "powerPC"], method = "spearman")$estimate, 3)
text_p_rho <- round(cor.test(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "powerPC"], method = "spearman")$p.value, 3)
1115 text <- paste("r = ", text_r, " p = ", text_p_r, "\n",
              "rho = ", text_rho, " p = ", text_p_rho)
legend(x = "topleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

1120 rm(text_r, text_p_r, text_rho, text_p_rho, text)

# BIP pro Kopf und installierte Leistung
plot(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "el_intensity"],
     xlab = "BIP pro Kopf (Kaufkraftparität zum US-Dollar)", ylab = "Stromintensität (kWh pro BIP in US-Dollar)",
     main = "2012",
     cex = 2, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5)
1125 abline(lm(Liste[ , "el_intensity"] ~ independent12[ , "gdpPC"]))

# Beschriftung einfügen
1130 text_r <- round(cor.test(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "el_intensity"], method = "pearson")$estimate, 3)
text_p_r <- round(cor.test(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "el_intensity"], method = "pearson")$p.value, 3)

text_rho <- round(cor.test(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "el_intensity"], method = "spearman")$estimate, 3)
text_p_rho <- round(cor.test(independent12[ , "gdpPC"], Liste[ , "el_intensity"], method = "spearman")$p.value, 3)
1135 text <- paste("r = ", text_r, " p = ", text_p_r, "\n",
              "rho = ", text_rho, " p = ", text_p_rho)
legend(x = "topleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

1140 dev.off()
par(mfrow = c(1, 1))
rm(text_r, text_p_r, text_rho, text_p_rho, text)

# multiples Modell auf installierte Leistung pro Kopf
1145 summary(lm(independent12[ , "powerPC"] ~ Liste[ , "Anteil_EE"] + Liste[ , "el_intensity"]))
# Stromintensität nicht signifikant, korrigiertes R2 0.195

rm(Liste)

1150 # 7.3.3 Variablen des law-and-finance Ansatzes

```

```
# Korrelation SAIDIexc und interven grafisch prüfen
jpeg(filename = "Output/Korrelation SAIDIexc und interven.jpeg", width = 800, height = 800)
```

```
1155 # Grafik zeichnen
plot(SAIDIexc[, "X2012"] ~ new_independent12$interven,
     las = 1, cex = 2, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5,
     xlab = "Variable interven", ylab = "SAIDIexc 2012")
abline(lm(SAIDIexc[, "X2012"] ~ new_independent12$interven))
```

```
1160 # Text ergänzen
text(x = 10, y = 600, pos = 2, labels = "Romania", cex = 1.5)
```

```
dev.off()
```

```
1165 # haushaltspolitische Motivation für die Privatisierung überprüfen
law_fin_pearson <- rcorr(as.matrix(law_and_fin[-1]), type = "pearson")
law_fin_spearman <- rcorr(as.matrix(signif(law_and_fin[-1]), 2), type = "spearman")
law_fin_matrix <- flattenCorrMatrix(law_fin_pearson, law_fin_spearman)
```

```
1170 # als .csv speichern
write.table(law_fin_matrix, file = "Output/law_fin_matrix.csv", sep = ",", quote = F, row.names = F)
```

```
1175 # Umgebung bereinigen
rm(law_fin_pearson, law_fin_spearman, law_fin_matrix, law_and_fin)
```

```
# Variablen nach den Ergebnissen der bivariaten Korrelation ausschließen
short_independent04 <- new_independent04[ , !names(new_independent04) %in% c("elevation", "gridh", "gridm", "cable1",
1180 "cable100", "interven", "privatization",
'common law system', 'civil law system',
"other", "mixed")]
```

```
short_independent12 <- new_independent12[ , !names(new_independent12) %in% c("elevation", "gridh", "gridm", "cable1",
1185 "cable100", "interven", "privatization",
'common law system', 'civil law system',
"other", "mixed")]
```

```
# verbleibende Variablen auf Multikollinearität prüfen
# 2004
multicol_list <- rcorr(as.matrix(short_independent04[-1]), type = "pearson")
1190 multicol <- multicol_list$r
multicol <- signif(as.matrix(multicol), 2)
```

```
write.table(multicol, file = "Output/multicol2004.csv", sep = ",", quote = F, col.names = NA)
```

```

1195 # 2012
      multicol_list <- rcorr(as.matrix(short_independent12[-1]), type = "pearson")
      multicol <- multicol_list$r
      multicol <- signif(as.matrix(multicol), 2)

1200 write.table(multicol, file = "Output/multicol2012.csv", sep = ",", quote = F, col.names = NA)

      # Umgebung bereinigen
      rm(multicol_list, multicol, flatmatrix04, flatmatrix12, flattenCorrMatrix,
1205     factors_to_dummies, cor_result_pearson04, cor_result_pearson12,
      cor_result_spearman04, cor_result_spearman12, cor_data04p, cor_data04s,
      cor_data12p, cor_data12s)

      # gdpPC und POLITY aufgrund von Multikollinearität streichen
      short_independent04 <- short_independent04[ , !names(short_independent04) %in% c("gdpPC", "POLITY")]
1210 short_independent12 <- short_independent12[ , !names(short_independent12) %in% c("gdpPC", "POLITY")]

      # erklärende Variablen auf einzigartigen Informationsgehalt prüfen
      unique_information_test(short_independent04[-1])
      unique_information_test(short_independent12[-1])

1215 # auf Linearität prüfen (Ausgabe in R)
      linearity_test <- cbind(short_independent12, SAIDIexc["X2012"])
      linearity_test <- melt(linearity_test[-1], id.vars = "X2012")
      ggplot(linearity_test, aes(value, X2012))+
1220   theme_bw()+
      theme(panel.spacing = unit(2, "lines"), axis.title.x = element_blank(), strip.text.x = element_text(size = 24),
            axis.title = element_text(size=24), axis.text = element_text(size=20))+
      geom_point(size = 2)+
      geom_smooth(method = "lm", size = 2)+
1225 facet_wrap(~ variable, scales = "free_x")+
      ylim(0, 600)+
      ylab("SAIDIexc 2012")

      dev.new()

1230 # auf log-Linearität prüfen (Ausgabe in R)
      linearity_test <- cbind(short_independent12, log(SAIDIexc["X2012"] + 1 - min(SAIDIexc[, "X2012"], na.rm = T)))
      linearity_test <- melt(linearity_test[-1], id.vars = "X2012")
      ggplot(linearity_test, aes(value, X2012))+
1235   theme_bw()+

```

```

theme(panel.spacing = unit(2, "lines"), axis.title.x = element_blank(), strip.text.x = element_text(size = 24),
      axis.title = element_text(size=24), axis.text = element_text(size=20))+
geom_point(size = 2)+
geom_smooth(method = "lm", size = 2)+
1240 facet_wrap(~ variable, scales = "free_x")+
      #ylim(0, 600)+
      ylab("SAIDIexc 2012")
rm(linearity_test)

1245 dev.off()

# area und density logarithmieren
# 2004
short_independent04$area <- log(short_independent04$area)
1250 colnames(short_independent04)[colnames(short_independent04) == "area"] <- "log(area)"

short_independent04$density <- log(short_independent04$density)
colnames(short_independent04)[colnames(short_independent04) == "density"] <- "log(density)"

1255 # 2012
short_independent12$area <- log(short_independent12$area)
colnames(short_independent12)[colnames(short_independent12) == "area"] <- "log(area)"

short_independent12$density <- log(short_independent12$density)
1260 colnames(short_independent12)[colnames(short_independent12) == "density"] <- "log(density)"

# erneut auf Linearität prüfen

# Werte für 2012
1265 Jahr <- SAIDIexc["X2012"]
colnames(Jahr) <- "Jahr"
Jahr[!is.na(Jahr)] <- "2012"
linearity_test <- cbind(short_independent12[-1], SAIDIexc["X2012"], Jahr)
colnames(linearity_test)[names(linearity_test) == "X2012"] <- "SAIDI"
1270 #linearity_test <- apply(linearity_test, 2, function(x) as.numeric(x))

# Werte für 2004
# Länder, die erst 2012 in den Datensatz kamen, löschen
temp <- SAIDIexc["X2004"]
1275 temp[which(short_independent04$X2012er == "1", arr.ind = T), ] <- NA

Jahr <- temp

```

```

colnames(Jahr) <- "Jahr"
Jahr[!is.na(Jahr)] <- "2004"
1280 linearity_test04 <- cbind(short_independent04[-1], temp, Jahr)
colnames(linearity_test04)[names(linearity_test04) == "X2004"] <- "SAIDI"

# zusammenbinden
linearity_test <- melt(linearity_test, id.vars = c("SAIDI", "Jahr"))
1285 linearity_test04 <- melt(linearity_test04, id.vars = c("SAIDI", "Jahr"))
linearity_test <- rbind(linearity_test, linearity_test04)

# fehlende werte streichen
linearity_test <- subset(linearity_test, !is.na(linearity_test$SAIDI))
1290

# für die Variable X2012er die Daten für das Jahr 2004 streichen, da diese nicht sinnvoll sind
linearity_test <- linearity_test[-which(linearity_test$Jahr == "2004" & linearity_test$variable == "X2012er", arr.ind = T), ]

# grafische Ausgabe
1295 jpeg(filename = "Output/Test auf Linearität.jpeg", height = 1400, width = 2000)
ggplot(data = linearity_test, aes(x = value, y = SAIDI, group = Jahr))+
  theme_bw()+
  theme(panel.spacing = unit(2, "lines"),
1300   axis.title.x = element_blank(),
  strip.text.x = element_text(size = 24),
  axis.title = element_text(size=24),
  axis.text = element_text(size=20),
  legend.text = element_text(size=20),
  legend.title = element_text(size=20)
1305   )+
  geom_point(size = 8, alpha = 0.8, aes(shape = Jahr, colour = Jahr))+
  geom_smooth(method = "lm", size = 2, alpha = 1/8, aes(colour = Jahr), se = F)+
  facet_wrap(~ variable, scales = "free_x")+
  ylim(0, 600)+
1310   ylab("SAIDIexc")
dev.off()

rm(linearity_test, linearity_test04, temp, Jahr)

1315 #-----#
# Analytische Statistik - multiple Korrelation
# In der weiteren Analyse benötigte Objekte
# sind nicht eingerückt.
#-----#

```

```

1320 # Position der 2012er-Länder im Datensatz für 2004 ermitteln
      position_of_2012er <- which(short_independent04$X2012er == 1, arr.ind = T)

      # Daten für 2004 und 2012 zusammenbinden, area und density sind bereits logarithmiert
1325 SAIDI <- c(SAIDIexc[-position_of_2012er, "X2004"], SAIDIexc[, "X2012"])
      independent0412 <- rbind(short_independent04[-position_of_2012er, ], short_independent12)

      # Testregression
      test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
1330                               %in% c("Country")])
      beta_summary(test_reg)

      # zusätzlich imports ausnehmen
      test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
1335                               %in% c("Country", "imports")])
      beta_summary(test_reg)

      # zusätzlich competition ausnehmen
      test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
1340                               %in% c("Country", "imports", "competition")])
      beta_summary(test_reg)

      # zusätzlich europe ausnehmen
      test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
1345                               %in% c("Country", "imports", "competition", "europe")])
      beta_summary(test_reg)

      # zusätzlich debt ausnehmen
      test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
1350                               %in% c("Country", "imports", "competition", "europe", "debt")])
      beta_summary(test_reg)

      # zusätzlich log(area) ausnehmen
      test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
1355                               %in% c("Country", "imports", "competition", "europe", "debt", "log(area)")])
      beta_summary(test_reg)

      # zusätzlich log(density) ausnehmen
      test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
1360                               %in% c("Country", "imports", "competition", "europe", "debt", "log(area)",
                                         "log(density)")])

```

```

beta_summary(test_reg)

# zusätzlich powerPC ausnehmen
1365 test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
      %in% c("Country", "imports", "competition", "europe", "debt", "log(area)",
      "log(density)", "powerPC")])

beta_summary(test_reg)
# max adj. R2 --> Multiple R-squared: 0.7434,      Adjusted R-squared: 0.6846, 11 and 48 DF
1370 # höchster p-Wert 0.251

# Residuen ansehen
plot(test_reg$fitted.values, test_reg$residuals, xlab = "Vorhersagewerte", cex = 1.2,
      ylab = "absolute Residuen", las = 1, cex.lab = 1, cex.axis = 1)
1375 abline(lm(test_reg$residuals ~ test_reg$fitted.values), col = "red")
abline(h = mean(test_reg$residuals), col = "blue")

# zusätzlich ChPOLITY ausnehmen
test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
      %in% c("Country", "imports", "competition", "europe", "debt", "log(area)",
      "log(density)", "powerPC", "ChPOLITY")])
1380 beta_summary(test_reg)

# zusätzlich neighbour ausnehmen
1385 test_reg <- lm(SAIDI ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
      %in% c("Country", "imports", "competition", "europe", "debt", "log(area)",
      "log(density)", "powerPC", "ChPOLITY", "neighbour")])

beta_summary(test_reg)
# bestes vollständiges Modell --> Multiple R-squared: 0.7298,      Adjusted R-squared: 0.6811, 9 and 50 DF
1390 # Residuen ansehen
plot(test_reg$fitted.values, test_reg$residuals, xlab = "Vorhersagewerte", cex = 1.2,
      ylab = "absolute Residuen", las = 1, cex.lab = 1, cex.axis = 1)
1395 abline(lm(test_reg$residuals ~ test_reg$fitted.values), col = "red")
abline(h = mean(test_reg$residuals), col = "blue")

# standardisierte Residuen ansehen
plot(test_reg$fitted.values, rstandard(test_reg), xlab = "Vorhersagewerte", cex = 1.2,
      ylab = "standardisierte Residuen", las = 1, cex.lab = 1, cex.axis = 1)
1400 abline(lm(test_reg$residuals ~ test_reg$fitted.values), col = "red")
abline(h = mean(test_reg$residuals), col = "blue")

# studentisierte Residuen ansehen

```



```

1405 plot(test_reg$fitted.values, rstudent(test_reg), ylim = c(-5, 5), xlab = "Vorhersagewerte", cex = 1.2,
      ylab = "studentisierte Residuen", las = 1, cex.lab = 1, cex.axis = 1)
      abline(lm(test_reg$residuals ~ test_reg$fitted.values), col = "red")
      abline(h = mean(test_reg$residuals), col = "blue")

# logarithmische Transformation grafisch prüfen
1410 # Verteilung der abhängigen Variablen
      par(mfrow = c(2, 2))
      hist(SAIDIexc[, "X2004"], main = "SAIDIexc 2004", xlab = "", las = 1, cex.lab = 1.8, cex.axis = 1.8, cex.lab = 1.5)
      hist(SAIDIexc[, 48], main = "SAIDIexc 2012", xlab = "", las = 1, cex.lab = 1.8, cex.axis = 1.8, cex.lab = 1.5)
      hist(log(SAIDIexc[, "X2004"] + 1 - min(SAIDIexc[, "X2004"], na.rm = T)), main = "log(SAIDIexc 2004)",
1415       xlab = "", las = 1, cex.lab = 1.8, cex.axis = 1.8, cex.lab = 1.5)
      hist(log(SAIDIexc[, 48] + 1 - min(SAIDIexc[, 48], na.rm = T)), main = "log(SAIDIexc 2012)",
          xlab = "", las = 1, cex.lab = 1.8, cex.axis = 1.8, cex.lab = 1.5)
      par(mfrow = c(1, 1))

1420 # unlogarithmierte Daten wiederherstellen
short_independent04 <- new_independent04[ , !names(new_independent04) %in% c("elevation", "gridh", "gridm", "cable1",
      "cable100", "interven", "privatization",
      'common law system', 'civil law system',
      "other", "mixed")]
1425 short_independent12 <- new_independent12[ , !names(new_independent12) %in% c("elevation", "gridh", "gridm", "cable1",
      "cable100", "interven", "privatization",
      'common law system', 'civil law system',
      "other", "mixed")]

short_independent04 <- short_independent04[ , !names(short_independent04) %in% c("gdpPC", "POLITY")]
1430 short_independent12 <- short_independent12[ , !names(short_independent12) %in% c("gdpPC", "POLITY")]

# Verteilung von area und density gegen SAIDI log-normal und log-log
par(mfrow = c(2, 4))

1435 # 2004 log-norm
      plot(short_independent04$area, log(SAIDIexc[, "X2004"]))
      abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2004"]) ~ short_independent04$area))

      plot(short_independent04$density, log(SAIDIexc[, "X2004"]))
1440      abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2004"]) ~ short_independent04$density))

# 2012 log-norm
      plot(short_independent12$area, log(SAIDIexc[, "X2012"]))
      abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ short_independent12$area))
1445

```

```

plot(short_independent12$density, log(SAIDIexc[, "X2012"]))
abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ short_independent12$density))

# 2004 log-log
1450 plot(log(short_independent04$area), log(SAIDIexc[, "X2004"]))
abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2004"]) ~ log(short_independent04$area)))

plot(log(short_independent04$density), log(SAIDIexc[, "X2004"]))
1455 abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2004"]) ~ log(short_independent04$density)))

# 2012 log-log
plot(log(short_independent12$area), log(SAIDIexc[, "X2012"]))
abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ log(short_independent12$area)))

1460 plot(log(short_independent12$density), log(SAIDIexc[, "X2012"]))
abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ log(short_independent12$density)))

par(mfrow = c(1, 1))

1465 # area und density erneut logarithmieren

# 2004
short_independent04$area <- log(short_independent04$area)
colnames(short_independent04)[colnames(short_independent04) == "area"] <- "log(area)"

1470 short_independent04$density <- log(short_independent04$density)
colnames(short_independent04)[colnames(short_independent04) == "density"] <- "log(density)"

# 2012
1475 short_independent12$area <- log(short_independent12$area)
colnames(short_independent12)[colnames(short_independent12) == "area"] <- "log(area)"

short_independent12$density <- log(short_independent12$density)
colnames(short_independent12)[colnames(short_independent12) == "density"] <- "log(density)"

1480 # Daten für 2004 und 2012 zusammenbinden, SAIDI
SAIDI <- c(SAIDIexc[-position_of_2012er, "X2004"], SAIDIexc[, "X2012"])
independent0412 <- rbind(short_independent04[-position_of_2012er, ], short_independent12)

1485 # Modell A
model_A <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
%in% c("Country")])

```

```

beta_summary(model_A)

1490 # zusätzlich log(density) ausnehmen
model_A <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
%in% c("Country", "log(density)")])
beta_summary(model_A)

1495 # zusätzlich imports ausnehmen
model_A <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
%in% c("Country", "log(density)", "imports")])
beta_summary(model_A)

1500 # zusätzlich competition ausnehmen
model_A <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
%in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition")])
beta_summary(model_A)
# max Adjusted R-squared: 0.8245

1505 # zusätzlich crisis ausnehmen
model_A <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
%in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition",
"crisis")])

1510 beta_summary(model_A)

# zusätzlich powerPC ausnehmen
model_A <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
%in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition",
"crisis", "powerPC")])

1515 beta_summary(model_A)

# zusätzlich capital ausnehmen
model_A <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
%in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition",
"crisis", "powerPC", "capital")])

1520 beta_summary(model_A)

# zusätzlich ChPOLITY ausnehmen
model_A <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
%in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition",
"crisis", "powerPC", "capital", "ChPOLITY")])

1525 beta_summary(model_A)
## --> Multiple R-squared: 0.8441, Adjusted R-squared: 0.8084, 11 and 48 DF, p-value: 1.033e-15

```

```

1530 # Residuenanalyse

# Namensvektor aus Land+Jahr erstellen
SAIDI_names <- c(paste0(as.character(SAIDIexc[-position_of_2012er, "Country"]), "04"),
1535     paste0(as.character(SAIDIexc[, "Country"]), "12")) # as.character verhindert, dass R die Namensspalte als Faktor ausliest
# prüfen, bei welchen Fällen keine fehlenden Werte vorkommen
SAIDI_names_index <- which(!is.na(rowSums(cbind(SAIDI, independent0412[, names(independent0412)
%in% colnames(model_A$model) [-1]]))))

SAIDI_names <- SAIDI_names[SAIDI_names_index]
1540 rm(SAIDI_names_index)

# Residuen ansehen
names(model_A$residuals) <- SAIDI_names
plot(model_A$fitted.values, model_A$residuals, xlab = "Vorhersagewerte", ylab = "Residuen")
1545 abline(lm(model_A$residuals ~ model_A$fitted.values), col = "red")
abline(h = mean(model_A$residuals), col = "blue")

# standardisierte Residuen ansehen
plot(model_A$fitted.values, rstandard(model_A), xlab = "Vorhersagewerte", cex = 1.2,
1550     ylab = "standardisierte Residuen", las = 1, cex.lab = 1, cex.axis = 1)
abline(lm(model_A$residuals ~ model_A$fitted.values), col = "red")
abline(h = mean(model_A$residuals), col = "blue")

# studentisierte Residuen ansehen
1555 jpeg(filename = "Output/studentisierte Residuen log-Modell.jpeg")
par(mar=c(4.1, 4.6, 1.1, 1.1))

plot(model_A$fitted.values, rstudent(model_A), xlab = "Vorhersagewerte", cex = 1.2,
1560     ylab = "studentisierte Residuen", las = 1, cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5)
abline(lm(model_A$residuals ~ model_A$fitted.values), col = "red")
abline(h = mean(model_A$residuals), col = "blue")

dev.off()
1565 par(mar=c(5.1, 4.1, 4.1, 2.1))

# Residuen mit den Diagnosegrafiken von R anzeigen
jpeg(filename = "Output/Residuendiagnose log-Modell.jpeg", height = 800, width = 800)

par(mfrow = c(2, 2), mar = c(4.1, 4.9, 2.1, 2.1))
1570 plot(model_A, cex = 1, cex.id = 1.05, cex.main = 1.5, cex.lab = 2, cex.axis = 2)

```

```

dev.off()
par(mfrow = c(1, 1), mar = c(5.1, 4.1, 4.1, 2.1))

1575 # Residuen vs. erklärende Variablen mit ggplot2 darstellen
residual_data <- data.frame(model_A$model[, -1], model_A$residuals)
colnames(residual_data)[12] <- "residuals"
molten_residual_data <- melt(residual_data, id.vars = "residuals")

1580 jpeg(filename = "Output/Residuen vs. erklärende Variablen log-Modell.jpeg", height = 1200, width = 1000)

Grafik <- ggplot(data = molten_residual_data)+
  theme_bw()+
  theme(strip.text.x = element_text(size = 18), axis.title = element_text(size = 18), axis.text = element_text(size = 18))+
1585 geom_point(aes(value, residuals), size = 2)+
  geom_line(aes(value, mean(residuals)))+
  facet_wrap(~ variable, scales = "free_x")+
  xlab("")
Grafik

1590 dev.off()

# Umgebung bereinigen
rm(residual_data, molten_residual_data, Grafik)

1595 # Modell A für die einzelnen Jahre - 2004
model_A_2004 <- lm(log(SAIDlexc[-position_of_2012er, "X2004"]) ~ ., data = short_independent04[-position_of_2012er, !names(short_independent04)
%in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition",
"crisis", "capital", "powerPC", "ChPOLITY", "X2012er")])

1600 beta_summary(model_A_2004)
# --> Multiple R-squared: 0.934, Adjusted R-squared: 0.8739

# Namen vergeben
rownames(model_A_2004$model) <- SAIDlexc[rownames(model_A_2004$model), 1]

1605 # Modell A für die einzelnen Jahre - 2012
model_A_2012 <- lm(log(SAIDlexc[, "X2012"]) ~ ., data = short_independent12[, !names(short_independent12)
%in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition",
"crisis", "capital", "powerPC", "ChPOLITY")])

1610 beta_summary(model_A_2012)
# --> Multiple R-squared: 0.8208, Adjusted R-squared: 0.745

# Namen vergeben

```

```

1615 rownames(model_A_2012$model) <- SAIDIexc[rownames(model_A_2012$model), 1]
# Verteilung der Residuen ansehen, nach Land gruppiert
# Daten zusammenstellen
model_A_residuals_wide <- data.frame(Country = c(as.character(SAIDIexc[-position_of_2012er, "Country"]), as.character(SAIDIexc[, "Country"])),
1620   Year = c(rep("2004", nrow(SAIDIexc[-position_of_2012er, ])), rep("2012", nrow(SAIDIexc))))
# Fälle mit fehlenden Werten ausschließen
SAIDI_names_index <- which(!is.na(rowSums(cbind(SAIDI, independent0412[, names(independent0412)
1625   %in% colnames(model_A$model) [-1]]))))
model_A_residuals_wide <- model_A_residuals_wide[SAIDI_names_index, ]
rm(SAIDI_names_index)
# Residuen anfügen
model_A_residuals_wide$Residuals <- model_A$residuals
1630 # Durchschnittswerte berechnen und sortieren
avg_residuals <- aggregate(model_A_residuals_wide$Residuals, by = list(Country = model_A_residuals_wide$Country), FUN = mean)
avg_residuals <- avg_residuals[order(avg_residuals$x), ]
# factor(avg_residuals$Country, levels = unique(avg_residuals$Country)) # zur Kontrolle: Gibt die Reihenfolge der Länder aus
1635 # Länderreihenfolge in model_A_residuals_wide neu definieren
model_A_residuals_wide$Country <- factor(model_A_residuals_wide$Country, levels = unique(avg_residuals$Country))
# model_A_residuals_wide neu sortieren
1640 model_A_residuals_wide <- model_A_residuals_wide[order(model_A_residuals_wide$Country), ]
# plotten
jpeg(filename = "Output/Verteilung der Residuen nach Land 0412.jpeg", width = 1200, height = 800)
par(mar = c(10.1, 3.1, 1.1, 0.1))
1645 barplot(data = model_A_residuals_wide, Residuals ~ Year + Country, beside = TRUE,
  xaxs = "i", las = 2, cex.names = 1.3,
  xlab = NA,
  legend.text = TRUE, args.legend = list(x = "topleft", bty = "n", cex = 2))
1650 dev.off()
par(mar = c(4.1, 4.1, 4.1, 2.1)) # Standardwerte wiederherstellen
# Darstellung der Effektstärken
1655 # Die Mittelwerte und Koeffizienten aller Prädiktoren ermitteln

```

```

# Mittelwerte ermitteln
# Modellname$model listet die abhängige Variable in der ersten Spalte und die n erklärenden Variablen in den Spalten 2:n+1 auf
independent_vars <- as.matrix(model_A$model[, -1])
1660 independent_var_means <- apply(model_A$model[, -1], 2, function(x) mean(x))

# Koeffizienten auslesen
# Modellname$coefficients listet den Y-Achsenabschnitt und die Koeffizienten der erklärenden Variablen auf
1665 model_intercept <- model_A$coefficients[1]
model_coefficients <- model_A$coefficients[-1]

# Anzahl darzustellender Variablen ermitteln
nvars <- length(model_coefficients)
1670 nvars

# Vorhersagewerte errechnen
# Konstante + Variable * Koeffizient + übrige Variablen * jeweiligen Koeffizient

# Zielvariable definieren
1675 predicted_values <- matrix(data = NA, nrow = nrow(model_A$model), ncol = nvars)
colnames(predicted_values) <- colnames(independent_vars)
for (i in 1:nvars) {

  1680   predicted_values[, i] <- model_intercept + independent_vars[, i] * model_coefficients[i] + sum(independent_var_means[-i] * model_coefficients[-i])
}

# Logarithmierung rückgängig machen
1685 predicted_values <- exp(predicted_values)

# Plots zeichnen
jpeg(filename = "Output/Effektstärken 1.jpeg", width = 2000, height = 1000)

1690 par(mfrow = c(2, 3), mar = c(5.1, 5.1, 2.1, 2.1))
for (i in 1: 6) {

  1695   plot(independent_vars[, i], predicted_values[, i],
         xlab = names(independent_var_means)[i], ylab = "Vorhersagewerte SAIDIexc",
         cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 2.5)

# Effektstärke eintragen
delta_value <- round(max(predicted_values[, i]) - min(predicted_values[, i]))

```

```

1700     text <- bquote(paste(Delta, "SAIDIexc = ") * .(delta_value))
        legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 2.5, adj = c(0, -3))
    }

dev.off()

1705 jpeg(filename = "Output/Effektstärken 2.jpeg", width = 2000, height = 1000)

    par(mfrow = c(2, 3), mar = c(5.1, 5.1, 2.1, 2.1))
    for (i in 7: 11) {

1710     plot(independent_vars[, i], predicted_values[, i],
           xlab = names(independent_var_means)[i], ylab = "Vorhersagewerte SAIDIexc",
           cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 2.5)

    # Effektstärke eintragen
1715     delta_value <- round(max(predicted_values[, i]) - min(predicted_values[, i]))
        text <- bquote(paste(Delta, "SAIDIexc = ") * .(delta_value))
        legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 2.5, adj = c(0, -3))

    }

1720     dev.off()

    # Umgebung bereinigen
    rm(independent_vars, independent_var_means, model_intercept, model_coefficients, nvars, predicted_values, delta_value, i, text)

1725 # Interpretation prüfen

    # Landesfläche und CAIDI
    cor.test(short_independent04$log(area), CAIDIexc[, "X2004"], use = "complete.obs", method = "spearman")
1730 cor.test(short_independent12$log(area), CAIDIexc[, "X2012"], use = "complete.obs", method = "spearman")
    cor.test(c(short_independent04[-position_of_2012er, "log(area)"], short_independent12[, "log(area)"]),
             c(CAIDIexc[-position_of_2012er, "X2004"], CAIDIexc[, "X2012"]), use = "complete.obs", method = "spearman")

    # Interventionismus und Korruption
1735     cor.test(independent12$interven, independent12$corrupt, use = "complete.obs", method = "spearman")

    # rain und SAIDIinc
    regen0412 <- c(independent04[-position_of_2012er, "rain"], independent12[, "rain"])
    strom_inc <- c(SAIDIinc[-position_of_2012er, "X2004"], SAIDIinc[, "X2012"])

```



```

1740 cor.test(regen0412, strom_inc, use = "complete.obs", method = "spearman")

# im multiplen Modell
model_A_inc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = independent0412[, !names(independent0412)
1745 %in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition",
        "crisis", "capital", "powerPC", "ChPOLITY")])

beta_summary(model_A_inc)

rm(strom_inc, model_A_inc)

1750 #-----#
# Analytische Statistik - Vertiefung
# Sollte komplett ausgeführt werden.
#-----#

1755 # Validität der Variable rain anhand der Blitzdichte überprüfen #

# Datensatz zur Blitzhäufigkeit in hoher Auflösung
lightning_data
# Flash count units: count/km^2/year, 6 Dimensionen:
1760 # DE_By_Threshold Size:3 # Im Jahresverlauf wurde der Sensor unterschiedlich sensibel eingestellt
# DE_Local_Hour Size:24 # Der Sensor ist nachts effektiver als tagsüber
# DE_LowRes_Latitude Size:72 # Breitengrade in reduzierter Auflösung
# DE_LowRes_Longitude Size:144 # Längengrade in reduzierter Auflösung
# Latitude, Size:360
1765 # Longitude, Size:720

attributes(lightning_data$var)$names # Variablennamen (Datensätze)
attributes(lightning_data$dim)$names # Dimensionen

1770 # Variable Combined Scaled Flash Counts "HRFC_COM_FR" isolieren
lightning <- ncvr_get(lightning_data, varid = "HRFC_COM_FR")
class(lightning) # matrix
lightning[105:110, 105:110] # Ausschnitt angucken
1775 dim(lightning) # Longitude in Zeilen, Latitude in Spalten

# Longitude und Latitude isolieren
lightning_lat <- ncvr_get(lightning_data, "Latitude")
lightning_lon <- ncvr_get(lightning_data, "Longitude")

1780 # Zeilen und Spalten benennen

```

```

dimnames(lightning) <- list(lightning_lon, lightning_lat)

# Kontrolle der Struktur
1785 lightning[1:3, 1:3]

# räumliches Objekt mit den Koordinaten lightning_lon, lightning_lat und den Daten lightning bilden

# Koordinatenmatrix aus Koordinatenpaaren erstellen
1790 longitude_data <- lapply(lightning_lon, function(x) rep(x, dim(lightning_lat)))
longitude_data <- unlist(longitude_data) # Vektor erstellen

latitude_data <- rep(lightning_lat, dim(lightning_lon))

1795 coordinates <- matrix(data = c(longitude_data, latitude_data), ncol = 2)
rm(longitude_data, latitude_data)
colnames(coordinates) <- c("longitude", "latitude")

# Kontrolle
1800 # coordinates[142:150, ]
# plot(coordinates)

# lightning in das passende Format überführen

1805 # Strukturen überprüfen
head(coordinates, n = 3)
lightning[1:3, 1:3]

# --> lightning muss zeilenweise ausgelesen werden
1810 count <- as.vector(t(lightning))
count <- data.frame(strikes = count)

# räumliches Objekt erstellen
1815 lightning_strikes <- SpatialPointsDataFrame(coordinates, count, proj4string = CRS(proj4string(borders)))

# Landesgrenzen extrahieren
dim(borders) # 241 territoriale Objekte mit 71 Variablen
names(borders)
Grenzen <- borders[4] # Variable SOVEREIGNT für souveräne Territorien extrahieren

1820 # Blitzhäufigkeit und Landesgrenzen in einem räumlichen Objekt zusammenführen
Grenzen$strikes <- over(Grenzen, lightning_strikes, fn = mean, na.rm = T) # Landesmittelwerte errechnen
Grenzen$SOVEREIGNT <- as.character(Grenzen$SOVEREIGNT)

```

```

Grenzen$strikes <- unlist(Grenzen$strikes) # Format data.frame entfernen
1825
# Umgebung bereinigen
rm(lightning, lightning_data, lightning_lat, lightning_lon, coordinates, count)

# Rangfolge ansehen
1830 Werte <- as.vector(!is.na(Grenzen$strikes))
Grenzen2 <- Grenzen@data[Werte, ]
Grenzen2$strikes <- Grenzen2$strikes
Grenzen2[order(Grenzen@data[Werte, 2], decreasing = TRUE), ]

1835 # Datensatz korrigieren
# Grenzen@data beginnt mit Zeilennummer 0, Korrektur durch + 1
rownames(Grenzen@data) <- as.numeric(rownames(Grenzen@data)) + 1

# namentliche Übereinstimmung mit Population prüfen
1840 as.character(unlist(SAIDIexc[1])) %in% Grenzen$SOVEREIGNT # manche fehlen

# welche Ländernamen fehlen?
SAIDIexc[!as.character(unlist(SAIDIexc[1])) %in% Grenzen$SOVEREIGNT, 1]
# [1] Bahamas      Czech Republic  Korea          Russian Federation Serbia
1845 # [6] Slovak Republic  United States

# Namen recodieren - The Bahamas, Czechia, South Korea, Russia, Repulic of Serbia, Slovakia, United States of America
Grenzen$SOVEREIGNT[Grenzen$SOVEREIGNT == "The Bahamas"] <- "Bahamas"
Grenzen$SOVEREIGNT[Grenzen$SOVEREIGNT == "Czechia"] <- "Czech Republic"
1850 Grenzen$SOVEREIGNT[Grenzen$SOVEREIGNT == "South Korea"] <- "Korea"
Grenzen$SOVEREIGNT[Grenzen$SOVEREIGNT == "Russia"] <- "Russian Federation"
Grenzen$SOVEREIGNT[Grenzen$SOVEREIGNT == "Republic of Serbia"] <- "Serbia"
Grenzen$SOVEREIGNT[Grenzen$SOVEREIGNT == "Slovakia"] <- "Slovak Republic"
Grenzen$SOVEREIGNT[Grenzen$SOVEREIGNT == "United States of America"] <- "United States"

1855 # Blitzdichte auslesen

# mainlands isolieren
Grenzen$ADMIN <- borders@data[, "ADMIN"]
1860 Grenzen$ADMIN <- as.character(Grenzen$ADMIN)

# namentliche Übereinstimmung mit Population prüfen
as.character(SAIDIexc[, 1]) %in% Grenzen$ADMIN # manche fehlen

1865 # welche Ländernamen fehlen?

```

```

SAIDIexc[!as.character(unlist(SAIDIexc[1])) %in% Grenzen$ADMIN, 1]

# Namen recodieren - The Bahamas, Czechia, South Korea, Russia, Republic of Serbia, Slovakia, United States of America
Grenzen$ADMIN[Grenzen$ADMIN == "The Bahamas"] <- "Bahamas"
1870 Grenzen$ADMIN[Grenzen$ADMIN == "Czechia"] <- "Czech Republic"
Grenzen$ADMIN[Grenzen$ADMIN == "South Korea"] <- "Korea"
Grenzen$ADMIN[Grenzen$ADMIN == "Russia"] <- "Russian Federation"
Grenzen$ADMIN[Grenzen$ADMIN == "Republic of Serbia"] <- "Serbia"
Grenzen$ADMIN[Grenzen$ADMIN == "Slovakia"] <- "Slovak Republic"
1875 Grenzen$ADMIN[Grenzen$ADMIN == "United States of America"] <- "United States"

# Population isolieren
population <- Grenzen$ADMIN %in% as.character(unlist(SAIDIexc[1]))
# zur Kontrolle
1880 # plot(Grenzen[population, ])
# fehlende Werte löschen
strikes <- Grenzen@data[population, c(3, 2)]

# zur Kontrolle
1885 cbind(SAIDIexc[, 1], strikes) # Reihenfolge passt nicht

# alphabetische Reihenfolge herstellen
strikes <- strikes[order(strikes$ADMIN), ]

1890 # zur Kontrolle
cbind(SAIDIexc[, 1], strikes) # Reihenfolge passt, aber für Singapore, Malta, Maldives fehlen Daten - sie sind zu klein

# Puffer um die entsprechenden Länder legen, Radius = 30 km
# dafür muss die Projektion geändert werden, weil die Funktion gBuffer planare Koordinaten benötigt
1895 # EPSG-Code der Welt: 3395

# Maldives
Maldives <-Grenzen[Grenzen$SOVEREIGNT == "Maldives", ]
Maldives <- spTransform(Maldives, CRS("+init=epsg:3395")) # Projektion ändern
1900 Maldives_buffer <- gBuffer(Maldives, width = 30000) # Puffer anlegen
lightning_strikes_planar <- spTransform(lightning_strikes, CRS("+init=epsg:3395")) # Projektion ändern
Maldives_strikes <- over(Maldives_buffer, lightning_strikes_planar, fn = mean, na.rm = T) # Objekte überlappen
rownames(Maldives_strikes) <- "Maldives"

1905 # Malta
Malta <-Grenzen[Grenzen$SOVEREIGNT == "Malta", ]
Malta <- spTransform(Malta, CRS("+init=epsg:3395"))

```

```

Malta_buffer <- gBuffer(Malta, width = 30000)
lightning_strikes_planar <- spTransform(lightning_strikes, CRS("+init=epsg:3395"))
1910 Malta_strikes <- over(Malta_buffer, lightning_strikes_planar, fn = mean, na.rm = T)
rownames(Malta_strikes) <- "Malta"

# Singapore
Singapore <- Grenzen[Grenzen$SOVEREIGNT == "Singapore", ]
1915 Singapore <- spTransform(Singapore, CRS("+init=epsg:3395"))
Singapore_buffer <- gBuffer(Singapore, width = 30000)
lightning_strikes_planar <- spTransform(lightning_strikes, CRS("+init=epsg:3395"))
Singapore_strikes <- over(Singapore_buffer, lightning_strikes_planar, fn = mean, na.rm = T)
1920 rownames(Singapore_strikes) <- "Singapore"

# Zur Kontrolle
rbind(Maldives_strikes, Malta_strikes, Singapore_strikes)

# Daten ergänzen
1925 Grenzen$strikes[Grenzen$SOVEREIGNT == "Maldives"] <- as.numeric(Maldives_strikes)
Grenzen$strikes[Grenzen$SOVEREIGNT == "Malta"] <- as.numeric(Malta_strikes)
Grenzen$strikes[Grenzen$SOVEREIGNT == "Singapore"] <- as.numeric(Singapore_strikes)

strikes[strikes$ADMIN == "Maldives", "strikes"] <- as.numeric(Maldives_strikes)
1930 strikes[strikes$ADMIN == "Malta", "strikes"] <- as.numeric(Malta_strikes)
strikes[strikes$ADMIN == "Singapore", "strikes"] <- as.numeric(Singapore_strikes)

# Umgebung bereinigen
1935 rm(Werte, Grenzen2, Maldives, Malta, Singapore, Maldives_buffer, Maldives_strikes, Malta_buffer, Malta_strikes,
Singapore_buffer, Singapore_strikes, lightning_strikes_planar)

# Blitzdichte und Niederschlag abgleichen

# pearson
1940 cor.test(short_independent12[, "rain"], strikes[, 2], method = "pearson", use = "complete.obs")

# spearman
cor.test(short_independent12[, "rain"], strikes[, 2], method = "spearman", use = "complete.obs")

1945 # Länder mit außergewöhnlich vielen Blitzen
strikes[which(strikes[, 2] > 30), 1]

# Erste Annäherung an Länder mit wenig Blitzen aber viel Niederschlag
temp <- which(strikes[, 2] < 4)

```

```

1950 temp <- temp[which(short_independent12$rain > 1.1) %in% which(strikes[, 2] < 4)]
      strikes[temp, 1]
      rm(temp)

# das geht besser mit Residuen
1955 weather_model <- lm(strikes[, 2] ~ short_independent12[, "rain"])
      # Die rownames werden nicht übernommen, da eine Reihe mit NA ausgelassen wird
      weather_df <- data.frame(Country = SAIDIexc[!is.na(short_independent12["rain"]), 1],
                              Residuen = weather_model$residuals, row.names = seq(1:sum(!is.na(short_independent12["rain"]))))

1960 summary(weather_df$Residuen)
      weather_df[weather_df$Residuen > 10 | weather_df$Residuen < -10, ]
      to_be_named <- as.numeric(rownames(weather_df[weather_df$Residuen > 10 | weather_df$Residuen < -10, ]))

1965 # mit ggplot2 und ggrepel ploten (benötigt Objekt to_be_named, das zwei Absätze zuvor erzeugt wird)
      gg_data <- cbind(short_independent12["rain"], strikes[2])
      gg_data <- gg_data[!is.na(rowSums(gg_data)), ] # fehlende Werte streichen
      country_labels <- vector(mode = "character", length = length(rownames(weather_df)))
      country_labels[to_be_named] <- as.character(weather_df$Country[to_be_named])
1970 gg_data$country <- country_labels

      jpeg(filename = "Output/strikes vs. rain.jpeg", width = 700, height = 500)

      ggplot(gg_data)+
1975   theme_bw()+
      labs(x = "Niederschlag in Metern/Jahr", y = expression(jährliche ~ Blitzdichte ~ pro ~ km^{2}))+
      theme(text = element_text(size = 16))+ # Größe der Achsenbeschriftung
      theme(plot.margin=unit(c(0.5, 0.5, 0.1, 0.1), "cm"))+ # Bildrand
      geom_point(aes(rain, strikes))+
1980   geom_smooth(method = "lm", aes(rain, strikes), se = F)+
      geom_text_repel(aes(rain, strikes, label = country), segment.colour = "black", size = 5)

      dev.off()
      rm(gg_data, to_be_named, country_labels)
1985 # Datenverfügbarkeit darstellen
      jpeg(filename = "Output/data availability.jpeg", width = 1400, height = 700)
      par(mar = c(1, 1, 1, 1))

1990 population <- Grenzen$SOVEREIGNT %in% as.character(unlist(SAIDIexc[1]))
      population_no_data <- Grenzen$SOVEREIGNT %in% as.character(unlist(SAIDIexc[rowSums(SAIDIexc[, 2:50], na.rm = T) == 0, 1]))

```

```

1995 plot(Grenzen)
      plot(Grenzen[population, ], add = T, col = "lightgrey")
      plot(Grenzen[population_no_data, ], add = T, col = "darkgrey")
      legend(x = "left", legend = c("Population mit Daten", "Population ohne Daten", "sonstige Länder"),
            cex = 2, fill = c("lightgrey", "darkgrey", "white"), bty = "n")

dev.off()
rm(population_no_data)

2000 par(mar = c(4.1, 4.1, 4.1, 2.1))

# grafische Darstellung der Population nach Ländergruppe
jpeg(filename = "Output/population by 2012er.jpeg", width = 1400, height = 700)
par(mar = c(1, 1, 1, 1))

2005 population <- Grenzen$SOVEREIGNT %in% as.character(unlist(SAIDIexc[1]))
      population_2012 <- Grenzen$SOVEREIGNT %in% as.character(unlist(SAIDIexc[SAIDIexc["X2012er"] == 2012, 1]))
      plot(Grenzen)
      plot(Grenzen[population, ], add = T, col = "lightgrey")
      plot(Grenzen[population_2012, ], add = T, col = "darkgrey")
      legend(x = "left", legend = c("bis 1990", "bis 2012"), cex = 2, fill = c("lightgrey", "darkgrey"), bty = "n",
            title = "Vollversorgung der'n Bevölkerung mit Strom")

dev.off()

2010 rm(population, population_2012)
      par(mar = c(4.1, 4.1, 4.1, 2.1))

# grafische Darstellung der Blitzverteilung weltweit
jpeg(filename = "Output/lightning strikes per country global high res.jpeg", width = 1400, height = 700)

2015 population <- Grenzen$SOVEREIGNT %in% as.character(unlist(SAIDIexc[1]))
      my_blue_colors <- colorRampPalette(c("lightblue", "royalblue"))
      my_red_colors <- colorRampPalette(c("yellow", "red"))
      tm_shape(Grenzen)+
2020   tm_fill("strikes", style = "fixed", title = expression(jährliche ~ Blitzdichte ~ pro ~ km^{2}),
            breaks = c(0, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50),
            palette = c(my_blue_colors(4), # 4
                       my_red_colors(11))) + # 11
      tm_legend(legend.position = c("left", "center"), scale = 3)+
2025   tm_shape(Grenzen[population, ])+
      tm_borders(lwd = 0.5)
      rm(my_blue_colors, my_red_colors, population)

```

```
dev.off()
```

```
2030 # grafische Darstellung der Blitzverteilung in der Population  
jpeg(filename = "Output/lightning strikes per country in population high res.jpeg", width = 1400, height = 700)
```

```
population <- Grenzen$SOVEREIGNT %in% as.character(unlist(SAIDIexc[1]))  
my_blue_colors <- colorRampPalette(c("lightblue", "royalblue"))  
2035 my_red_colors <- colorRampPalette(c("yellow", "red"))  
tm_shape(Grenzen, scale = 8) +  
  tm_polygons() +  
  tm_shape(Grenzen[population, ])+  
  tm_fill("strikes", style = "fixed", title = expression(jährliche ~ Blitzdichte ~ pro ~ km^{2}),  
2040 breaks = c(0, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50),  
palette = c(my_blue_colors(4), # 4  
my_red_colors(11))) + # 11  
  tm_legend(legend.position = c("left", "center"), scale = 3)  
rm(population, my_blue_colors, my_red_colors)
```

```
2045
```

```
dev.off()
```

```
# Blitzdichte an Datensatz anbinden
```

```
2050 additional_independent04$strikes <- strikes$strikes  
additional_independent12$strikes <- strikes$strikes
```

```
# europe und EU korrelieren
```

```
2055 # 2004  
cor.test(short_independent04$europe, additional_independent04$EU, method = "pearson", use = "complete.obs")  
cor.test(short_independent04$europe, additional_independent04$EU, method = "spearman", use = "complete.obs")
```

```
2060 # 2012  
cor.test(short_independent12$europe, additional_independent12$EU, method = "pearson", use = "complete.obs")  
cor.test(short_independent12$europe, additional_independent12$EU, method = "spearman", use = "complete.obs")
```

```
# EOS-Daten
```

```
2065 # Fragen 5.12A-E, 4.12, 8.16 auf einzigartigen Informationsgehalt prüfen  
names(additional_independent04)  
round(unique_information_test(additional_independent04[c(4:10)]), 3)
```

```
# Cronbachs Alpha berechnen  
alpha(additional_independent04[c(4:10)])
```



```

2070 # Frage 5.12E mit captors korrelieren (grafisch)
jpeg(filename = "Output/Gerichtsentscheidungen vs. vereinnahmende Unternehmen.jpg", width = 700, height = 500)

plot(additional_independent04$admincorrupt512e, additional_independent04$captors,
2075   main = "Kauf von Gerichtsentscheidungen vs. vereinnahmende Unternehmen",
   xlab = "admincorrupt5.12E: favourable judicial decisions", ylab = "captors")
   # cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3

abline(lm(additional_independent04$captors ~ additional_independent04$admincorrupt512e))
2080 text <- round(cor.test(additional_independent04$captors, additional_independent04$admincorrupt512e)$estimate, 3)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 1)

dev.off()
2085 # Skala für Verwaltungskorruption bilden
additional_independent04$admincorrupt <- apply(additional_independent04[c(4:10)], 1, mean, na.rm = TRUE)
additional_independent12$admincorrupt <- apply(additional_independent12[c(4:10)], 1, mean, na.rm = TRUE)

2090 # überflüssige Spalten löschen, Reihenfolge ändern
additional_independent04 <- additional_independent04[c(1:3, 15, 11:14)]
additional_independent12 <- additional_independent12[c(1:3, 15, 11:14)]

# Histogramme erstellen
2095 # für Länder mit Daten zur abhängigen Variable SAIDIexc
jpeg(filename = "Output/Histogramm Vertiefung für Länder mit Daten für SAIDIexc.jpg", width = 600, height = 700)

ggplot_hist(additional_independent12[-1], SAIDIexc[, c(2:50)], ncol = 2)
2100 dev.off()

# für alle Länder der Population
jpeg(filename = "Output/Histogramm Vertiefung.jpg", width = 600, height = 700)
2105 ggplot_hist(additional_independent12[-1], ncol = 2)

dev.off()
2110 # Überprüfung der Annahmen des Konzepts capture economy in Bezug auf Rechtsstaatlichkeit (ruleoflaw)

```

```
jpeg(filename = "Output/ruleoflaw-EOS plots with quadrants.jpeg", width = 600, height = 700)
par(mfrow = c(2, 2))
```

```
2115 # ruleoflaw - captors

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- additional_independent12["ruleoflaw"]
yvar <- additional_independent12["captors"]

2120 # Rahmen zeichnen
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5,
2125     xlim = c(-3, 3), ylim = c(1, 7))

# Quadranten hervorheben
# oben links
rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2,
2130     ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)

# und unten rechts
rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
2135     ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)

# Daten eintragen
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
2140 text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 1.5)
rm(xvar, yvar, text)

# ruleoflaw - regcapture

2145 # Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- additional_independent12["ruleoflaw"]
yvar <- additional_independent12["regcapture"]

2150 # Rahmen zeichnen
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5,
```

```

2155     xlim = c(-3, 3), ylim = c(1, 7))
# Quadranten hervorheben
# oben links und rechts
rect(xleft = par()$usr[1], xright = par()$usr[2], ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2,
     ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)
2160
# Daten eintragen
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
2165 text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 1.5)
rm(xvar, yvar, text)

# ruleoflaw - statecapture
2170
# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- additional_independent12["ruleoflaw"]
yvar <- additional_independent12["statecapture"]

2175 # Rahmen zeichnen
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5,
     xlim = c(-3, 3), ylim = c(1, 7))
2180
# Quadranten hervorheben
# oben links
rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2,
     ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)
2185
# und unten rechts
rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
     ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)

2190 # Daten eintragen
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
2195 legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 1.5)

```

```

rm(xvar, yvar, text)

# ruleoflaw - admincorrupt

2200 # Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- additional_independent12["ruleoflaw"]
yvar <- additional_independent12["admincorrupt"]

# Rahmen zeichnen
2205 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
        xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
        cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5,
        xlim = c(-3, 3), ylim = c(1, 7))

# Quadranten hervorheben
# oben links
2210 rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2,
        ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)

# und unten rechts
2215 rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
        ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)

# Daten eintragen
2220 points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
2225 legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 1.5)
rm(xvar, yvar, text)

dev.off()

# ruleoflaw mit SoLRI und EU ploten
2230 jpeg(filename = "Output/EU und SoLRI vs ruleoflaw in Population gesamt und mit Daten zur Versorgungssicherheit.jpeg",
        width = 1000, height = 1000)
par(mfrow = c(2, 2), cex = 2, mar = c(4.1, 4.1, 3.1, 1.1))

2235 # In der Population

# EU - ruleoflaw

```

```

2240 # Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- additional_independent12["EU"]
yvar <- additional_independent12["ruleoflaw"]

# Rahmen zeichnen
2245 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
      xlab = names(xvar), ylab = names(yvar), main = "2012 Population",
      cex.main = 0.8)

# Daten eintragen

2250 # ruleoflaw ~ EU
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)), lty = 1)
text1 <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
2255 text1 <- paste("r = ", text1, "(alle)")

# ruleoflaw ~ EU nur für Mitglieder
abline(lm(unlist(yvar[xvar > 0]) ~ unlist(xvar[xvar > 0])), lty = 2)
text2 <- round(cor.test(unlist(yvar[xvar > 0]), unlist(xvar[xvar > 0]))$estimate, 2)
2260 text2 <- paste("r = ", text2, "(Mitglieder)")

# Legende
legend(x = "bottomright", legend = c(text1, text2), lty = c(1, 2), bty = "n")

2265 rm(xvar, yvar, text1, text2)

# SoLRI - ruleoflaw

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
2270 xvar <- short_independent12["SoLRI"]
yvar <- additional_independent12["ruleoflaw"]

# Rahmen zeichnen
2275 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
      xlab = names(xvar), ylab = names(yvar), main = "2012 Population",
      cex.main = 0.8)

# Daten eintragen
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))

```

```

2280 text1 <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text1 <- paste("r = ", text1)
legend(x = "bottomright", legend = text1, bty = "n")
rm(xvar, yvar, text1)

2285 # Für Länder mit Daten zur Versorgungssicherheit

# EU - ruleoflaw

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
2290 xvar <- additional_independent12[!is.na(SAIDIexc[, "X2012"]), "EU", drop = FALSE]
yvar <- additional_independent12[!is.na(SAIDIexc[, "X2012"]), "ruleoflaw", drop = FALSE]

# Rahmen zeichnen
2295 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
      xlab = names(xvar), ylab = names(yvar), main = "2012 mit Daten zur Versorgungssicherheit",
      cex.main = 0.8)

# Daten eintragen

2300 # ruleoflaw ~ EU
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)), lty = 1)
text1 <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text1 <- paste("r = ", text1, "(alle)")

2305 # ruleoflaw ~ EU nur für Mitglieder
abline(lm(unlist(yvar[xvar > 0]) ~ unlist(xvar[xvar > 0])), lty = 2)
text2 <- round(cor.test(unlist(yvar[xvar > 0]), unlist(xvar[xvar > 0]))$estimate, 2)
text2 <- paste("r = ", text2, "(Mitglieder)")

2310 # Legende
legend(x = "bottomright", legend = c(text1, text2), lty = c(1, 2), bty = "n")

rm(xvar, yvar, text1, text2)

2315 # SoLRI - ruleoflaw

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
2320 xvar <- short_independent12[!is.na(SAIDIexc["X2012"]), "SoLRI", drop = FALSE]
yvar <- additional_independent12[!is.na(SAIDIexc["X2012"]), "ruleoflaw", drop = FALSE]

```

```

# Rahmen zeichnen
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar), main = "2012 mit Daten zur Versorgungssicherheit",
2325     cex.main = 0.8)

# Daten eintragen
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
2330 text1 <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text1 <- paste("r = ", text1)
legend(x = "bottomright", legend = text1, bty = "n")
rm(xvar, yvar, text1)

2335 dev.off()

# Zusammenhänge der Capture-Economy-Variablen untereinander

jpeg(filename = "Output/Korrelation Capture-Economy-Variablen.jpeg", width = 1000, height = 1400)
2340 par(mfrow = c(3, 2), mar = c(4.1, 5.1, 3.1, 2.1))

# captors - regcapture

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
2345 xvar <- additional_independent12["captors"]
yvar <- additional_independent12["regcapture"]

# Rahmen zeichnen
2350 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
       xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
       cex.lab = 3, cex.axis = 3,
       xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))

# Quadranten hervorheben
2355 # oben rechts
rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
     ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)

# und unten links
2360 rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[1] + par()$usr[2])/2,
     ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)

# Daten eintragen

```

```

2365 points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), cex = 2)
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)

2370 # captors - state capture

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
2375 xvar <- additional_independent12["captors"]
yvar <- additional_independent12["statecapture"]

# Rahmen zeichnen
2380 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
      xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
      cex.lab = 3, cex.axis = 3,
      xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))

# Quadranten hervorheben
# oben links
2385 rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2,
      ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)

# und unten rechts
2390 rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
      ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)

# Daten eintragen
2395 points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), cex = 2)
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)

2400 # recapture - statecapture

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
2405 xvar <- additional_independent12["recapture"]
yvar <- additional_independent12["statecapture"]

```



```

# Rahmen zeichnen
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex.lab = 3, cex.axis = 3,
2410     xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))

# Quadranten hervorheben
# oben rechts
rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
     ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)
2415

# unten rechts
rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
     ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)
2420

# und unten links
rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[1] + par()$usr[2])/2,
     ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)
2425

# Daten eintragen
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), cex = 2)
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
2430 legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)

# admincorrupt - captors

2435 # Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- additional_independent12["admincorrupt"]
yvar <- additional_independent12["captors"]

2440 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar),
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 3,
     xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
2445 text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)

```

```

# admincorrupt - statecapture
2450
# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- additional_independent12["admincorrupt"]
yvar <- additional_independent12["statecapture"]

2455
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar),
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 3,
     xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
2460
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)

2465
# admincorrupt - regcapture

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- additional_independent12["admincorrupt"]
yvar <- additional_independent12["regcapture"]

2470
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar),
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 3,
     xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))
2475
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)

2480
dev.off()

# Zusammenhänge der Capture-Economy-Variablen untereinander im gesamten Datensatz

2485
# Variablen für Verwaltungskorruption auf einzigartigen Informationsgehalt prüfen
round(unique_information_test(EOS_full[c(3:9)]), 3)
# admincorrupt512a admincorrupt512b admincorrupt512c admincorrupt512d admincorrupt512e admincorrupt412 admincorrupt816
# 0.926      0.887      0.926      0.925      0.860      0.785      0.851

```

```

2490 # Cronbachs Alpha berechnen
      alpha(EOS_full[c(3:9)])

      # überflüssige Spalten entfernen
      EOS_part <- EOS_full[-c(3:9)]
2495

      # Skala für Verwaltungskorruption bilden
      EOS_part$admincorrupt <- apply(EOS_full[c(3:9)], 1, mean, na.rm = TRUE)

      # erneutes plotten
2500 jpeg(filename = "Output/Korrelation Capture-Economy-Variablen full EOS.jpeg", width = 1000, height = 1400)
      par(mfrow = c(3, 2), mar = c(4.1, 5.1, 3.1, 2.1))

      # captors - regcapture

2505 # Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
      xvar <- EOS_part["captors"]
      yvar <- EOS_part["regcapture"]

      # Rahmen zeichnen
2510 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",
        xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
        cex.lab = 3, cex.axis = 3,
        xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))

2515 # Quadranten hervorheben
      # oben rechts
      rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
        ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)

2520 # und unten links
      rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[1] + par()$usr[2])/2,
        ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)

      # Daten eintragen
2525 points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), cex = 2)
      abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
      text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
      text <- paste("r = ", text)
      legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
2530 rm(xvar, yvar, text)

```

```
# captors - state capture
```

```
2535 # Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen  
xvar <- EOS_part["captors"]  
yvar <- EOS_part["statecapture"]
```

```
2540 # Rahmen zeichnen  
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",  
      xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),  
      cex.lab = 3, cex.axis = 3,  
      xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))
```

```
2545 # Quadranten hervorheben  
# oben links  
rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2,  
      ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)
```

```
2550 # und unten rechts  
rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],  
      ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)
```

```
2555 # Daten eintragen  
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), cex = 2)  
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))  
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)  
text <- paste("r = ", text)  
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)  
rm(xvar, yvar, text)
```

```
2560 # regcapture - statecapture
```

```
2565 # Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen  
xvar <- EOS_part["regcapture"]  
yvar <- EOS_part["statecapture"]
```

```
2570 # Rahmen zeichnen  
plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), type = "n",  
      xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),  
      cex.lab = 3, cex.axis = 3,  
      xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))
```

```
# Quadranten hervorheben
```

```
2575 # oben rechts
rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
     ybottom = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, ytop = par()$usr[4], col = "lightgrey", border = NA)
```

```
2580 # unten rechts
rect(xleft = (par()$usr[2] + par()$usr[1])/2, xright = par()$usr[2],
     ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)
```

```
2585 # und unten links
rect(xleft = par()$usr[1], xright = (par()$usr[1] + par()$usr[2])/2,
     ybottom = par()$usr[3], ytop = (par()$usr[3] + par()$usr[4])/2, col = "lightgrey", border = NA)
```

```
2590 # Daten eintragen
points(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar), cex = 2)
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)
```

```
2595 # admincorrupt - captors
```

```
# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- EOS_part["admincorrupt"]
yvar <- EOS_part["captors"]
```

```
2600 plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar),
      xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
      cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 3,
      xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))
abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
2605 text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)
```

```
2610 # admincorrupt - statecapture
```

```
# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- EOS_part["admincorrupt"]
yvar <- EOS_part["statecapture"]
```

```
2615
```

```

plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar),
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 3,
     xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))
2620 abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)

2625 # admincorrupt - regcapture

# Vereinfachung der Wiederverwendung der Codezeilen
xvar <- EOS_part["admincorrupt"]
2630 yvar <- EOS_part["regcapture"]

plot(x = unlist(xvar), y = unlist(yvar),
     xlab = names(xvar), ylab = names(yvar),
     cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 3,
     xlim = c(1, 7), ylim = c(1, 7))
2635 abline(lm(unlist(yvar) ~ unlist(xvar)))
text <- round(cor.test(unlist(yvar), unlist(xvar))$estimate, 2)
text <- paste("r = ", text)
2640 legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 3)
rm(xvar, yvar, text)

dev.off()

# neuen Indikator für Korruption bilden
2645 additional_independent04$corruption <- (additional_independent04[, "admincorrupt"] + additional_independent04[, "statecapture"]) / 2
additional_independent12$corruption <- (additional_independent12[, "admincorrupt"] + additional_independent12[, "statecapture"]) / 2

# EOS-Variablen löschen
2650 additional_independent04 <- additional_independent04[, !names(additional_independent04) %in% c("captors", "admincorrupt",
"regcapture", "statecapture")]
additional_independent12 <- additional_independent12[, !names(additional_independent12) %in% c("captors", "admincorrupt",
"regcapture", "statecapture")]

# corruption mit corrupt korrelieren
2655 cor.test(additional_independent04$corruption, short_independent04$corrupt)
cor.test(additional_independent12$corruption, short_independent12$corrupt)

```

```

# beide mit ruleoflaw korrelieren
cor.test(short_independent12$corrupt, additional_independent12$ruleoflaw)
2660 cor.test(additional_independent12$corruption, additional_independent12$ruleoflaw)

# neue Variablen auf Log-Linearität gegen SAIDIexc prüfen

jpeg(filename = "Output/Log-Linearität SAIDIexc - Vertiefungsvariablen.jpg", width = 700, height = 500)
2665 par(mfrow = c(2, 2), mar = c(4.1, 5.1, 2.1, 2.1))

for (i in 2:ncol(additional_independent04)) {
  plot(additional_independent04[ , i], log(SAIDIexc[ , "X2004"]),
    xlab = names(additional_independent04[i]), ylab = "log SAIDIexc 2004",
2670     cex.lab = 1.5, cex.axis = 1.5)

  # Trendlinie ergänzen
  abline(lm(log(SAIDIexc[ , "X2004"]) ~ additional_independent04[ , i]))

2675   # r ergänzen
  text <- round(cor(log(SAIDIexc[ , "X2004"]), additional_independent04[ , i], use = "complete.obs"), 2)
  text <- paste("r = ", text)
  legend(x = "bottomright", legend = text, bty = "n", cex = 1.5)
}

2680 dev.off()

# Blitzdichte näher betrachten

2685 jpeg(filename = "Output/Blitzdichte vs. SAIDI-Indizes 2004 u. 2012.jpg", height = 1400, width = 1000)
par(mfrow = c(3, 2), mar = c(4, 6, 4, 2))

# Singapur ist ein extremer Ausreißer bei der Verteilung von SAIDI und Blitzen
# 2004
2690 plot(additional_independent04$strikes, log(SAIDIexc[ , "X2004"]),
  main = "Blitzdichte vs. log SAIDIexc 2004", xlab = "Blitzdichte/a", ylab = "log SAIDIexc 2004",
  cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
text(40, 0.4, "Singapore", cex = 2)
abline(lm(log(SAIDIexc[ , "X2004"]) ~ additional_independent04$strikes))
2695 text <- round(cor(log(SAIDIexc[ , "X2004"]), additional_independent04$strikes, use = "complete.obs"), 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

#2012

```

```

2700 plot(additional_independent12$strikes, log(SAIDIexc[, "X2012"]),
      main = "Blitzdichte vs. log SAIDIexc 2012", xlab = "Blitzdichte/a", ylab = "log SAIDIexc 2012",
      cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
      text(40, -1, "Singapore", cex = 2)
      abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ additional_independent12$strikes))
2705 text <- round(cor(log(SAIDIexc[, "X2012"]), additional_independent12$strikes, use = "complete.obs"), 2)
      text <- paste("r = ", text)
      legend(x = "bottomright", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)
      # text(additional_independent12$strikes, log(SAIDIexc[, "X2012"]), SAIDIexc[,1], cex = 0.5, pos = 1)

2710 # ohne Singapur
      # 2004
      which(SAIDIexc[, 1] == "Singapore") # 61
      plot(additional_independent04$strikes[-61], log(SAIDIexc[-61, "X2004"]),
      main = "Blitzdichte vs. log SAIDIexc 2004 ohne Singapur", xlab = "Blitzdichte/a", ylab = "log SAIDIexc 2004",
2715 cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
      abline(lm(log(SAIDIexc[-61, "X2004"]) ~ additional_independent04$strikes[-61]))
      text <- round(cor(log(SAIDIexc[-61, "X2004"]), additional_independent04$strikes[-61], use = "complete.obs"), 2)
      text <- paste("r = ", text)
      legend(x = "bottomright", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

2720 # 2012
      # ohne Singapur
      which(SAIDIexc[, 1] == "Singapore") # 61
      plot(additional_independent12$strikes[-61], log(SAIDIexc[-61, "X2012"]),
2725 main = "Blitzdichte vs. log SAIDIexc 2012 ohne Singapur", xlab = "Blitzdichte/a", ylab = "log SAIDIexc 2012",
      cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
      abline(lm(log(SAIDIexc[-61, "X2012"]) ~ additional_independent12$strikes[-61]))
      text <- round(cor(log(SAIDIexc[-61, "X2012"]), additional_independent12$strikes[-61], use = "complete.obs"), 2)
      text <- paste("r = ", text)
2730 legend(x = "bottomright", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

      # Regression auf SAIDIinc
      # 2004
      plot(additional_independent04$strikes, log(SAIDIinc[, "X2004"]),
2735 main = "Blitzdichte vs. log SAIDIinc 2004", xlab = "Blitzdichte/a", ylab = "log SAIDIinc 2004",
      cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
      abline(lm(log(SAIDIinc[, "X2004"]) ~ additional_independent04$strikes))
      text <- round(cor(log(SAIDIinc[, "X2004"]), additional_independent04$strikes, use = "complete.obs"), 2)
      text <- paste("r = ", text)
2740 legend(x = "bottomright", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

```



```

# 2012
plot(additional_independent12$strikes, log(SAIDIinc[, "X2012"]),
      main = "Blitzdichte vs. log SAIDIinc 2012", xlab = "Blitzdichte/a", ylab = "log SAIDIinc 2012",
2745      cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
abline(lm(log(SAIDIinc[, "X2012"]) ~ additional_independent12$strikes))
text <- round(cor(log(SAIDIinc[, "X2012"]), additional_independent12$strikes, use = "complete.obs"), 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomright", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

2750 dev.off()

# strikes wird von einem Ausreißer (Singapur) verzerrt, der aber bei der Blitzdichte plausibel ist
temp <- cbind(additional_independent04["Country"], scale(additional_independent04$strikes))
2755 head(temp[order(temp$`scale(additional_independent04$strikes)` , decreasing = TRUE),])
rm(temp)

# Singapur weist zwar die niedrigste Versorgungssicherheit auf, ist aber nicht außergewöhnlich
temp <- cbind(additional_independent04["Country"], scale(SAIDIexc[, "X2004"]))
2760 head(temp[order(temp$`scale(SAIDIexc[, "X2004"])` , decreasing = FALSE),])
rm(temp)

# Im linearen Modell liegt Japan04 sogar noch vor Singapur12
temp <- data.frame(Country = SAIDI_names, residuals = model_A$residuals)
2765 head(temp[order(temp$residuals),], n = 8)
rm(temp)

# bzw. es liegen nicht genügend Beobachtungen über die Variationsbreite der Variable vor Blitzdichte vor
# Singapur ist zwar in den Daten ein Ausreißer, jedoch geografisch gesehen ebenfalls
2770

# Zum Vergleich die Niederschlagsmenge
# Singapur weist auch eine hohe Niederschlagsmenge auf
temp <- cbind(additional_independent04["Country"], short_independent04$rain)
2775 head(temp[order(temp$`short_independent04$rain` , decreasing = TRUE), ])
rm(temp)

# grafisch gegen SAIDI-Indizes

2780 jpeg(filename = "Output/Niederschlag vs. SAIDI-Indizes 2004 u. 2012.jpg", height = 1400, width = 1000)
par(mfrow = c(3, 2), mar = c(4, 6, 4, 2))

# 2004
plot(short_independent04$rain, log(SAIDIexc[, "X2004"]),

```

```

2785     main = "Niederschlag vs. log SAIDIexc 2004", xlab = "Niederschlag in m/a", ylab = "log SAIDIexc 2004",
       cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
text(2.5, 1, "Singapore", cex = 2)
abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2004"]) ~ short_independent04$rain))
text <- round(cor(log(SAIDIexc[, "X2004"]), short_independent04$rain, use = "complete.obs"), 2)
text <- paste("r = ", text)
2790 legend(x = "bottomleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

#2012
plot(short_independent12$rain, log(SAIDIexc[, "X2012"]),
2795     main = "Niederschlag vs. log SAIDIexc 2012", xlab = "Niederschlag in m/a", ylab = "log SAIDIexc 2012",
       cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
text(2.5, -0.2, "Singapore", cex = 2)
abline(lm(log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ short_independent12$rain))
text <- round(cor(log(SAIDIexc[, "X2012"]), short_independent12$rain, use = "complete.obs"), 2)
text <- paste("r = ", text)
2800 legend(x = "bottomleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

# ohne Singapur
# 2004
which(SAIDIexc[, 1] == "Singapore") # 61
2805 plot(short_independent04$rain[-61], log(SAIDIexc[-61, "X2004"]),
       main = "Niederschlag vs. log SAIDIexc 2004 o. Singapur", xlab = "Niederschlag in m/a", ylab = "log SAIDIexc 2004",
       cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
abline(lm(log(SAIDIexc[-61, "X2004"]) ~ short_independent04$rain[-61]))
text <- round(cor(log(SAIDIexc[-61, "X2004"]), short_independent04$rain[-61], use = "complete.obs"), 2)
2810 text <- paste("r = ", text)
       legend(x = "bottomleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

# 2012
# ohne Singapur
2815 which(SAIDIexc[, 1] == "Singapore") # 61
plot(short_independent12$rain[-61], log(SAIDIexc[-61, "X2012"]),
       main = "Niederschlag vs. log SAIDIexc 2012 o. Singapur", xlab = "Niederschlag in m/a", ylab = "log SAIDIexc 2012",
       cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
abline(lm(log(SAIDIexc[-61, "X2012"]) ~ short_independent12$rain[-61]))
2820 text <- round(cor(log(SAIDIexc[-61, "X2012"]), short_independent12$rain[-61], use = "complete.obs"), 2)
text <- paste("r = ", text)
       legend(x = "bottomleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

# Regression auf SAIDIinc
2825 # 2004

```

```

plot(short_independent04$rain, log(SAIDIinc[, "X2004"]),
     main = "Niederschlag vs. log SAIDIinc 2004", xlab = "Niederschlag in m/a", ylab = "log SAIDIinc 2004",
     cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
abline(lm(log(SAIDIinc[, "X2004"]) ~ short_independent04$rain))
2830 text <- round(cor(log(SAIDIinc[, "X2004"]), short_independent04$rain, use = "complete.obs"), 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

# 2012
2835 plot(short_independent12$rain, log(SAIDIinc[, "X2012"]),
     main = "Niederschlag vs. log SAIDIinc 2012", xlab = "Niederschlag in m/a", ylab = "log SAIDIinc 2012",
     cex = 2, cex.main = 2.5, cex.lab = 3, cex.axis = 3)
abline(lm(log(SAIDIinc[, "X2012"]) ~ short_independent12$rain))
2840 text <- round(cor(log(SAIDIinc[, "X2012"]), short_independent12$rain, use = "complete.obs"), 2)
text <- paste("r = ", text)
legend(x = "bottomleft", inset = c(0, 0.1), legend = text, bty = "n", cex = 2)

dev.off()

2845 # Zum Vergleich eine Karte der Niederschlagsmenge

# Niederschlagsmenge als Variable an das räumliche Objekt Grenzen anfügen
Grenzen_temp <- merge(Grenzen, short_independent04[c("Country", "rain")], by.x = "ADMIN", by.y = "Country")

2850 # zur Kontrolle
head(Grenzen_temp@data, n = 16)
head(short_independent04[, c("Country", "rain")])

Grenzen <- Grenzen_temp
2855 rm(Grenzen_temp)

# Karte der Niederschlagsmenge weltweit

# namentliche Übereinstimmung der Ländernamen prüfen - Folgende fehlen
2860 rain_worldwide$Country[!rain_worldwide$Country %in% Grenzen$ADMIN]
# [1] Brunei Darussalam Channel Islands Congo, Dem. Rep.
# [4] Congo, Rep. Cote d'Ivoire Curacao
# [7] Gambia, The Gibraltar Hong Kong SAR, China
# [10] Korea, Dem. People's Rep. Lao PDR Macao SAR, China
2865 # [13] Micronesia, Fed. Sts. Sint Maarten (Dutch part) St. Kitts and Nevis
# [16] St. Lucia St. Martin (French part) St. Vincent and the Grenadines
# [19] Syrian Arab Republic Tanzania Timor-Leste

```

```

# [22] Tuvalu Virgin Islands (U.S.) West Bank and Gaza
# [25] Yemen, Rep.
2870
# In Grenzen$Admin nach Namen suchen
# grep("Suchbegriff", Grenzen@data[["ADMIN"]])

# umbenennen
2875 rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Brunei Darussalam"] <- "Brunei"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Congo, Dem. Rep."] <- "Democratic Republic of the Congo"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Cote d'Ivoire"] <- "Ivory Coast"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Gambia, The"] <- "Gambia"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Hong Kong SAR, China"] <- "Hong Kong S.A.R."
2880 rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Korea, Dem. People's Rep."] <- "North Korea"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Macao SAR, China"] <- "Macao S.A.R"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Micronesia, Fed. Sts."] <- "Federated States of Micronesia"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "St. Kitts and Nevis"] <- "Saint Kitts and Nevis"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "St. Lucia"] <- "Saint Lucia"
2885 rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "St. Martin (French part)"] <- "Saint Martin"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "St. Vincent and the Grenadines"] <- "Saint Vincent and the Grenadines"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Tanzania"] <- "United Republic of Tanzania"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Timor-Leste"] <- "East Timor"
rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Virgin Islands (U.S.)"] <- "United States Virgin Islands"
2890 rain_worldwide$Country[rain_worldwide$Country == "Yemen, Rep."] <- "Yemen"

# Niederschlagsmenge als Variable an das räumliche Objekt Grenzen anfügen
Grenzen_temp <- merge(Grenzen, rain_worldwide[c("Country", "rain_global")], by.x = "ADMIN", by.y = "Country")

2895 # zur Kontrolle
head(Grenzen_temp@data, n = 16)
head(short_independent04[, c("Country", "rain")])

Grenzen <- Grenzen_temp
2900 rm(Grenzen_temp)

# Karte der Niederschlagsmenge weltweit

jpeg(filename = "Output/Niederschlagsmenge weltweit.jpeg", width = 1400, height = 700)

population <- Grenzen$SOVEREIGNT %in% as.character(unlist(SAIDIexc[1]))
tm_shape(Grenzen)+
tm_fill("rain_global", title = expression(Niederschlagsmenge ~ 'in' ~ Meter ~ pro ~ Jahr))+
tm_legend(legend.position = c("left", "center"), scale = 3)+

```

```

      tm_shape(Grenzen[population, ])+tm_borders(lwd = 0.5)
      rm(population)
2905      dev.off()

# neues multiples Modell

# bisheriges Modell A mit EOS-basierter Variable corruption statt CPI-basierter Variable corrupt rechnen
2910      # Objekt mit den unabhängigen Variablen erstellen

      # 2004
      independent_corruption04 <- short_independent04[, !names(short_independent04) %in% c("corrupt")]
2915      independent_corruption04 <- cbind(independent_corruption04, additional_independent04["corruption"])

      # 2012
      independent_corruption12 <- short_independent12[, !names(short_independent04) %in% c("corrupt")]
2920      independent_corruption12 <- cbind(independent_corruption12, additional_independent12["corruption"])

      # zusammenbinden
      independent_corruption0412 <- rbind(independent_corruption04[-position_of_2012er, ], independent_corruption12)

2925      # das bisherige Modell A mit Variable corruption statt corrupt rechnen = Modell A (EOS)
      model_A_EOS <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
      %in% c("Country", "log(density)", "imports", "competition",
      "crisis", "powerPC", "capital", "ChPOLITY")])

      beta_summary(model_A_EOS)
2930      ## --> Multiple R-squared: 0.7604, Adjusted R-squared: 0.7044, 11 and 47 DF, p-value: 3.731e-11

      # Koeffizienten exakt ausgeben
      summary(model_A_EOS)$coefficients

2935      # neues Modell B
      model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
      %in% c("Country")])

      beta_summary(model_B)

2940      # zusätzlich capital entfernen
      model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
      %in% c("Country", "capital")])

      beta_summary(model_B)

```

```

2945 # zusätzlich PubPriv entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
%in% c("Country", "capital", "PubPriv")])
beta_summary(model_B)

2950 # zusätzlich log(area) entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
%in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)")])
beta_summary(model_B)

2955 # zusätzlich crisis entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
%in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
"crisis")])
beta_summary(model_B)

2960 # zusätzlich powerPC entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
%in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
"crisis", "powerPC")])
beta_summary(model_B)

2965 # zusätzlich debt entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
%in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
"crisis", "powerPC", "debt")])
beta_summary(model_B)
### max Adjusted R-squared: 0.7795
### Multiple R-squared: 0.8251, Adjusted R-squared: 0.7795, 12 and 46 DF, p-value: 1.503e-13

2975 # zusätzlich ChPOLITY entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
%in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
"crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY")])
beta_summary(model_B)

2980 # zusätzlich imports entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
%in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
"crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY",
"imports")])
beta_summary(model_B)

```

```

beta_summary(model_B)

# zusätzlich SoLRI entfernen
2990 model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
      %in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
            "crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY",
            "imports", "SoLRI")])

beta_summary(model_B)

2995 # zusätzlich socialist law system entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
      %in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
            "crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY",
            "imports", "SoLRI", "socialist law system")])

3000 beta_summary(model_B)

# zusätzlich X2012er entfernen
model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
      %in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
            "crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY",
            "imports", "SoLRI", "socialist law system",
            "X2012er")])

3005 beta_summary(model_B)

# zusätzlich competition entfernen
3010 model_B <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
      %in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
            "crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY",
            "imports", "SoLRI", "socialist law system",
            "X2012er", "competition")])

3015 beta_summary(model_B)
### alle Prädiktoren auf alpha = 0.05 signifikant
# Multiple R-squared: 0.7515, Adjusted R-squared: 0.7228, 6 and 52 DF, p-value: 4.147e-14

3020 # Ländernamen einfügen

# Namensvektor aus Land+Jahr erstellen
3025 SAIDI_names <- c(paste0(as.character(SAIDIexc[-position_of_2012er, "Country"]), "04"),
      paste0(as.character(SAIDIexc[, "Country"]), "12")) # as.character verhindert, dass R die Namensspalte als Faktor ausliest

# prüfen, bei welchen Fällen keine fehlenden Werte vorkommen

```

```

SAIDI_names_index <- which(!is.na(rowSums(cbind(SAIDI, independent_corruption0412[,
3030 SAIDI_names <- SAIDI_names[SAIDI_names_index]
rm(SAIDI_names_index)

# Namen vergeben
names(model_B$residuals) <- SAIDI_names
3035 rownames(model_B$model) <- SAIDI_names

# studentisierte Residuen ansehen
jpeg(filename = "Output/studentisierte Residuen Modell B.jpeg")
par(mar = c(5.1, 4.1, 2.1, 3.1))
3040
plot(model_B$fitted.values, rstudent(model_B), ylim = c(-4, 4), xlab = "Vorhersagewerte", cex = 1.2,
ylab = "studentisierte Residuen", las = 1, cex.lab = 1, cex.axis = 1)
abline(lm(model_B$residuals ~ model_B$fitted.values), col = "red")
abline(h = mean(model_B$residuals), col = "blue")
3045
dev.off()

# Residuen Modell B mit den Diagnosegrafiken von R anzeigen
jpeg(filename = "Output/Residuendiagnose Modell B.jpeg", height = 800, width = 800)
3050 par(mfrow = c(2, 2), mar = c(4.1, 4.9, 2.1, 2.1))

plot(model_B, id.n = 2, cex = 1, cex.id = 1.05, cex.main = 1.5, cex.lab = 2, cex.axis = 2)

dev.off()
3055 par(mfrow = c(1, 1))

# Residuen vs. erklärende Variablen Modell B mit ggplot2 darstellen
residual_data <- data.frame(model_B$model[, -1], model_B$residuals) # Residuen in letzter Spalte
colnames(residual_data) [ncol(residual_data)] <- "residuals" # letzte Spalte umbenennen
3060 molten_residual_data <- melt(residual_data, id.vars = "residuals")

jpeg(filename = "Output/Residuen vs. erklärende Variablen Modell B.jpeg", height = 1200, width = 1000)

3065 Grafik <- ggplot(data = molten_residual_data)+
theme_bw()+
theme(strip.text.x = element_text(size = 18), axis.title = element_text(size = 18), axis.text = element_text(size = 18))+
geom_point(aes(value, residuals), size = 2)+
geom_line(aes(value, mean(residuals)))+
facet_wrap(~ variable, scales = "free_x")+

```



```

3070     xlab("")
        Grafik

        dev.off()

3075 # Umgebung bereinigen
rm(residual_data, molten_residual_data, Grafik)

# Darstellung der Effektstärken Modell B

3080 # Die Mittelwerte und Koeffizienten aller Prädiktoren ermitteln

        # Mittelwerte ermitteln
        # Modellname$model listet die abhängige Variable in der ersten Spalte und die n erklärenden Variablen in den Spalten 2:n+1 auf
        independent_vars <- as.matrix(model_B$model[, -1])
3085 independent_var_means <- apply(model_B$model[, -1], 2, function(x) mean(x))

        # Koeffizienten auslesen
        # Modellname$coefficients listet den Y-Achsenabschnitt und die Koeffizienten der erklärenden Variablen auf
        model_intercept <- model_B$coefficients[1]
3090 model_coefficients <- model_B$coefficients[-1]

        # Anzahl darzustellender Variablen ermitteln
        nvars <- length(model_coefficients)
        nvars

3095 # Vorhersagewerte errechnen
# Konstante + Variable * Koeffizient + übrige Variablen * jeweiligen Koeffizient

        # Zielvariable definieren
3100 predicted_values <- matrix(data = NA, nrow = nrow(model_B$model), ncol = nvars)
        colnames(predicted_values) <- colnames(independent_vars)
        for (i in 1:nvars) {

            predicted_values[, i] <- model_intercept + independent_vars[, i] * model_coefficients[i] + sum(independent_var_means[-i] * model_coefficients[-i])
3105         }

        # Logarithmierung rückgängig machen
        predicted_values <- exp(predicted_values)
3110 # Plot zeichnen

```

```

jpeg(filename = "Output/Effektstärken Modell B.jpeg", width = 1500, height = 1000)

par(mfrow = c(2, 3), mar = c(5.1, 5.1, 2.1, 2.1))
3115 for (i in 1: 6) {

  plot(independent_vars[, i], predicted_values[, i],
       xlab = names(independent_var_means)[i], ylab = "Vorhersagewerte SAIDIexc",
       cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 2.5)
3120
  # Effektstärke eintragen
  delta_value <- round(max(predicted_values[, i]) - min(predicted_values[, i]))
  text <- bquote(paste(Delta, "SAIDIexc = ") * .(delta_value))
  legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 2.5, adj = c(0, -3))
3125 }

dev.off()
par(mfrow = c(1, 1), mar = c(4.1, 4.1, 4.1, 2.1))

3130 # Umgebung bereinigen
rm(independent_vars, independent_var_means, model_intercept, model_coefficients, nvars, predicted_values, delta_value, i, text)

# Modell B auf SAIDIinc rechnen
strom_inc <- c(SAIDIinc[-position_of_2012er, "X2004"], SAIDIinc[, "X2012"])
3135

model_B_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = independent_corruption0412[, !names(independent_corruption0412)
%in% c("Country", "capital", "PubPriv", "log(area)",
      "crisis", "powerPC", "debt", "ChPOLITY",
3140 "imports", "SoLRI", "socialist law system",
      "X2012er", "competition")])

beta_summary(model_B_SAIDIinc)
# R-squared: 0.7577, Adjusted R-squared: 0.7254

3145 # Modell C mit Variable EU rechnen

# Objekt mit den unabhängigen Variablen erstellen

# 2004
3150 final_independent04 <- cbind(short_independent04[!names(short_independent04) %in% c("corrupt")],
  additional_independent04[!names(additional_independent04) %in% c("Country", "strikes", "ruleoflaw")])

# 2012

```

```

3155 final_independent12 <- cbind(short_independent12[!names(short_independent12) %in% c("corrupt")],
    additional_independent12[!names(additional_independent12) %in% c("Country", "strikes", "ruleoflaw")])

# verbleibende Variablen auf Multikollinearität prüfen, ohne Ausgabe in Datei

# 2004
3160 multicol_list <- rcorr(as.matrix(final_independent04[-position_of_2012er, -1, drop = FALSE]), type = "pearson")
    multicol <- multicol_list$r
    multicol[lower.tri(multicol, diag = TRUE)] <- NA

# zur Kontrolle
3165 multicol[c(1:5), c(1:5)]

# Zeilen und Spalten ohne Werte >= 0.7 ausschließen
    multicol_01 <- abs(multicol) >= 0.7 # gibt TRUE oder FALSE zurück
    colSums(multicol_01, na.rm = TRUE)
3170 rowSums(multicol_01, na.rm = TRUE)
    signif(multicol[rowSums(multicol_01, na.rm = TRUE) > 0, colSums(multicol_01, na.rm = TRUE) > 0, drop = F], 2)
    rm(multicol_list, multicol_01, multicol)

# 2012
3175 multicol_list <- rcorr(as.matrix(final_independent12[-1]), type = "pearson")
    multicol <- multicol_list$r
    multicol[lower.tri(multicol, diag = TRUE)] <- NA

# Zeilen und Spalten ohne Werte >= 0.7 ausschließen
3180 multicol_01 <- abs(multicol) >= 0.7 # gibt TRUE oder FALSE zurück
    signif(multicol[rowSums(multicol_01, na.rm = TRUE) > 0, colSums(multicol_01, na.rm = TRUE) > 0, drop = F], 2)

    rm(multicol_list, multicol_01, multicol)

3185 # Variablen auf einzigartigen Informationsgehalt prüfen

# 2004
    round(unique_information_test(final_independent04[-position_of_2012er, -1, drop = FALSE]), 3)

3190 # 2012
    round(unique_information_test(final_independent12[-1]), 3)

# Daten von 2004 und 2012 zusammenbinden
3195 SAIDI <- c(SAIDIexc[-position_of_2012er, "X2004"], SAIDIexc[, "X2012"])
    final_independent0412 <- rbind(final_independent04[-position_of_2012er, ], final_independent12)

```

```

# Regression - vollständiges Modell
model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
3200   %in% c("Country")])
beta_summary(model_C)
# R-squared 0.8553, Adjusted R-squared: 0.7848

# zusätzlich PubPriv ausschließen
model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
3205   %in% c("Country", "PubPriv")])
beta_summary(model_C)
# R-squared: 0.8552, Adjusted R-squared: 0.7901

# zusätzlich log(area) ausschließen
model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
3210   %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)")])
beta_summary(model_C)
# R-squared: 0.8551, Adjusted R-squared: 0.7951

# zusätzlich capital ausschließen
model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
3215   %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital")])
beta_summary(model_C)
# R-squared: 0.8549, Adjusted R-squared: 0.7996

# zusätzlich powerPC ausschließen
model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
3220   %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",
           "powerPC")])
beta_summary(model_C)
3225 # R-squared: 0.8544, Adjusted R-squared: 0.8037

# zusätzlich competition ausschließen
model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
3230   %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",
           "powerPC", "competition")])
beta_summary(model_C)
# R-squared: 0.8538, Adjusted R-squared: 0.8072

# zusätzlich SoLRI ausnehmen
model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
3235   %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",

```

```

                                "powerPC", "competition", "SoLRI"]])
3240  beta_summary(model_C)
      # R-squared: 0.8505, Adjusted R-squared: 0.8073

# zusätzlich crisis ausnehmen
      model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
                                %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",
3245                                "powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis")])
      beta_summary(model_C)
      # R-squared: 0.848, Adjusted R-squared: 0.8083
      # max. adjusted R-squared

3250  # zusätzlich debt ausnehmen
      model_C <- lm(log(SAIDI) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent0412)
                                %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",
                                "powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis",
3255                                "debt")])
      beta_summary(model_C)
      # R-squared: 0.8387, Adjusted R-squared: 0.8009

      # Ländernamen einfügen

3260  # Namensvektor aus Land+Jahr erstellen
      SAIDI_names <- c(paste0(as.character(SAIDIexc[-position_of_2012er, "Country"]), "04"),
                      paste0(as.character(SAIDIexc[, "Country"]), "12")) # as.character verhindert, dass R die Namensspalte als Faktor ausliest

# prüfen, bei welchen Fällen keine fehlenden Werte vorkommen
3265  SAIDI_names_index <- which(!is.na(rowSums(cbind(SAIDI, final_independent0412[, names(final_independent0412)
                                %in% colnames(model_C$model) [-1]]))))

      SAIDI_names <- SAIDI_names[SAIDI_names_index]
      rm(SAIDI_names_index)

3270  # Namen vergeben
      names(model_C$residuals) <- SAIDI_names
      rownames(model_C$model) <- SAIDI_names

# studentisierte Residuen ansehen
3275  jpeg(filename = "Output/studentisierte Residuen Modell C.jpeg")
      par(mar = c(5.1, 4.1, 2.1, 3.1))

      plot(model_C$fitted.values, rstudent(model_C), ylim = c(-4, 4), xlab = "Vorhersagewerte", cex = 1.2,
           ylab = "studentisierte Residuen", las = 1, cex.lab = 1, cex.axis = 1)

```

```

3280     abline(lm(model_C$residuals ~ model_C$fitted.values), col = "red")
        abline(h = mean(model_C$residuals), col = "blue")

dev.off()

3285 # Residuen mit den Diagnosegrafiken von R anzeigen
jpeg(filename = "Output/Residuendiagnose Modell C.jpeg", height = 800, width = 800)
par(mfrow = c(2, 2), mar = c(4.1, 4.9, 2.1, 2.1))

    plot(model_C, id.n = 2, cex = 1, cex.id = 1.05, cex.main = 1.5, cex.lab = 2, cex.axis = 2)
3290 dev.off()
par(mfrow = c(1, 1))

# Residuen vs. erklärende Variablen mit ggplot2 darstellen
3295 residual_data <- data.frame(model_C$model[, -1], model_C$residuals) # Residuen in letzter Spalte
colnames(residual_data) [ncol(residual_data)] <- "residuals" # letzte Spalte umbenennen
molten_residual_data <- melt(residual_data, id.vars = "residuals")

jpeg(filename = "Output/Residuen vs. erklärende Variablen Modell C.jpeg", height = 1200, width = 1000)
3300 Grafik <- ggplot(data = molten_residual_data)+
    theme_bw()+
    theme(strip.text.x = element_text(size = 18), axis.title = element_text(size = 18), axis.text = element_text(size = 18))+
    geom_point(aes(value, residuals), size = 2)+
3305 geom_line(aes(value, mean(residuals)))+
    facet_wrap(~ variable, scales = "free_x")+
    xlab("")
    Grafik

3310 dev.off()

# Umgebung bereinigen
rm( residual_data, molten_residual_data, Grafik)

3315 # Darstellung der Effektstärken

# Die Mittelwerte und Koeffizienten aller Prädiktoren ermitteln

# Mittelwerte ermitteln
3320 # Modellname$model listet die abhängige Variable in der ersten Spalte und die n erklärenden Variablen in den Spalten 2:n+1 auf
independent_vars <- as.matrix(model_C$model[, -1])

```

```

independent_var_means <- apply(model_C$model[, -1], 2, function(x) mean(x))

# Koeffizienten auslesen
3325 # Modellname$coefficients listet den Y-Achsenschnittpunkt und die Koeffizienten der erklärenden Variablen auf
model_intercept <- model_C$coefficients[1]
model_coefficients <- model_C$coefficients[-1]

# Anzahl darzustellender Variablen ermitteln
3330 nvars <- length(model_coefficients)
nvars

# Vorhersagewerte errechnen
# Konstante + Variable * Koeffizient + übrige Variablen * jeweiligen Koeffizient
3335

# Zielvariable definieren
predicted_values <- matrix(data = NA, nrow = nrow(model_C$model), ncol = nvars)
colnames(predicted_values) <- colnames(independent_vars)
for (i in 1:nvars) {
3340   predicted_values[, i] <- model_intercept + independent_vars[, i] * model_coefficients[i] + sum(independent_var_means[-i] * model_coefficients[-i])
}

# Logarithmierung rückgängig machen
3345 predicted_values <- exp(predicted_values)

# Plots zeichnen
jpeg(filename = "Output/Effektstärken Modell C 1v2.jpeg", width = 1500, height = 1000)
3350
par(mfrow = c(2, 3), mar = c(5.1, 5.1, 2.1, 2.1))
for (i in 1: 6) {

3355   plot(independent_vars[, i], predicted_values[, i],
        xlab = names(independent_var_means)[i], ylab = "Vorhersagewerte SAIDIexc",
        cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 2.5)

# Effektstärke eintragen
3360 delta_value <- round(max(predicted_values[, i]) - min(predicted_values[, i]))
text <- bquote(paste(Delta, "SAIDIexc = ") * .(delta_value))
legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 2.5, adj = c(0, -3))
}

```

```

dev.off()
3365 jpeg(filename = "Output/Effektstärken Modell C 2v2.jpeg", width = 1500, height = 1000)

par(mfrow = c(2, 3), mar = c(5.1, 5.1, 2.1, 2.1))
for (i in 7: 11) {
3370   plot(independent_vars[, i], predicted_values[, i],
        xlab = names(independent_var_means)[i], ylab = "Vorhersagewerte SAIDIexc",
        cex = 2, cex.lab = 3, cex.axis = 2.5)

3375   # Effektstärke eintragen
   delta_value <- round(max(predicted_values[, i]) - min(predicted_values[, i]))
   text <- bquote(paste(Delta, "SAIDIexc = ") * .(delta_value))
   legend(x = "bottomleft", legend = text, bty = "n", cex = 2.5, adj = c(0, -3))
   }
3380 dev.off()

# Umgebung bereinigen
rm(independent_vars, independent_var_means, model_intercept, model_coefficients, nvars, predicted_values, delta_value, text, i)
3385

# Regression Modell C für die einzelnen Jahre

# 2004 vollständiges Modell
model_C_2004 <- lm(log(SAIDIexc[, "X2004"]) ~ ., data = final_independent04[, !names(final_independent04)
3390   %in% c("Country", "X2012er", "ruleoflaw")])
beta_summary(model_C_2004)
# R-squared: 0.9188, Adjusted R-squared: 0.7099

3395 # 2004 Modell C
model_C_2004 <- lm(log(SAIDIexc[, "X2004"]) ~ ., data = final_independent04[, !names(final_independent04)
   %in% c("Country", "X2012er", "PubPriv", "log(area)", "capital",
   "powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis",
   "debt")])
3400 beta_summary(model_C_2004)
# R-squared: 0.7692, Adjusted R-squared: 0.6153

# 2012 vollständiges Modell
model_C_2012 <- lm(log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ ., data = final_independent12[, !names(final_independent12)
3405   %in% c("Country", "ruleoflaw")])

```



```

beta_summary(model_C_2012)
# R-squared: 0.8891, Adjusted R-squared: 0.7651

# 2012 Modell C
3410 model_C_2012 <- lm(log(SAIDIexc[, "X2012"]) ~ ., data = final_independent12[, !names(final_independent12)
      %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",
            "powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis",
            "debt")])

beta_summary(model_C_2012)
3415 # R-squared: 0.8641, Adjusted R-squared: 0.8043

# Regression auf SAIDIinc
strom_inc <- c(SAIDIinc[-position_of_2012er, "X2004"], SAIDIinc[, "X2012"])

3420 # mit dem spezifizierten multiplen Modell
model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12)
      %in% c("Country", "PubPriv", "log(area)", "capital",
            "powerPC", "competition", "SoLRI", "crisis",
            "debt")])

3425 beta_summary(model_C_SAIDIinc)
# R-squared: 0.7953, Adjusted R-squared: 0.7376

# mit einem neuen Modell
3430 model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12) %in% c("Country")])

beta_summary(model_C_SAIDIinc)

# zusätzlich X2012er ausschließen
3435 model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12) %in% c("Country", "X2012er")])

beta_summary(model_C_SAIDIinc)

# zusätzlich rain ausschließen
3440 model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12) %in% c("Country", "X2012er", "rain")])

beta_summary(model_C_SAIDIinc)

# zusätzlich crisis ausschließen
3445 model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12) %in% c("Country", "X2012er", "rain",
      "crisis")])

beta_summary(model_C_SAIDIinc)

```

```

# zusätzlich PubPriv ausschließen
3450 model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12) %in% c("Country", "X2012er", "rain",
"crisis", "PubPriv")])

beta_summary(model_C_SAIDIinc)
# max. adj. R2: R-squared: 0.9006, Adjusted R-squared: 0.8567
3455

# zusätzlich capital ausschließen
model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12) %in% c("Country", "X2012er", "rain",
"crisis", "PubPriv", "capital")])

3460 beta_summary(model_C_SAIDIinc)

# zusätzlich urban ausschließen
model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12) %in% c("Country", "X2012er", "rain",
3465 "crisis", "PubPriv", "capital",
"urban")])

beta_summary(model_C_SAIDIinc)

# zusätzlich log(area) ausschließen
3470 model_C_SAIDIinc <- lm(log(strom_inc) ~ ., data = final_independent0412[, !names(final_independent12) %in% c("Country", "X2012er", "rain",
"crisis", "PubPriv", "capital",
"urban", "log(area)")])

beta_summary(model_C_SAIDIinc)
3475 # R-squared: 0.8862, Adjusted R-squared: 0.8493, alle Prädiktoren auf alpha 5 % signifikant

# Umgebung bereinigen
rm(strom_inc, model_C_SAIDIinc)

3480 # Speichern des Arbeitsverlaufs
save.image(file = "RdissMP.Rexc")

```

## **12. Anhänge entsprechend der Promotionsordnung**

In diesem Abschnitt fasse ich die Ergebnisse meiner Arbeit in englischer und deutscher Sprache zusammen, weise aus der Dissertation hervorgegangene Vorveröffentlichungen aus und gebe meinen Lebenslauf wieder.

### **12.1 Abstract**

With the goal of theory formation I'm following the research question to what extent does political governance influence the reliability of electricity supply. I want to estimate the effects of utility privatization and the liberalization of electricity markets. I'm using multiple regression to isolate the effects of utilities and infrastructure policy from the physical electricity infrastructure's technical properties, basic socioeconomic conditions, as well as structural and procedural characteristics of the political system.

Reliability of electricity supply is generally improving. The physical infrastructure's robustness against disruptive events is constant in the long-term. Changes in the average interruption duration SAIDI result mostly from changes in the time needed until resupply after a blackout CAIDI. This suggests an one-off effect of the long-lived basic component's age and a high relevance of investment decisions in short-lived components such as instrumentation and control systems.

Neither the costs imposed by natural adversities, long-term economic or political stability, availability of capital, nor the instrumental utilities and infrastructure policy explain the international differences in the reliability of electricity supply. Rather, the perception of corruption explains almost half of the observed variability.

Following the Capture Theory of Economic Regulation I frame the energy system as a self-regulating socio-technical system, that is shaped by competing interests. Depending on the spread of corruption the power supply is either provided as a public good near the social optimum between affordability and reliability or it becomes a private good if interest groups capture the state illegally. In the latter case, the social dilemma of corruption and the erosion of the state deteriorate service quality, even if these groups advocate for a higher reliability of electricity supply. Given the importance of politics, I conclude that political governance is very important for ensuring the reliability of electricity supply even though the instrumental utilities and infrastructure policy proved uninfluential.

I'm predicting that the effects of utility privatization and the liberalization of the electricity market will have no measurable impact on the reliability of electricity supply. Firstly, given the poor quality of available data to quantify the reliability of electricity supply, only large effects can be identified. Since my international comparison showed no effect of the instrumental utilities policy, I see no evidence to support a large effect of such reforms. Secondly, the conceptualisation of the energy system as a self-regulating socio-technical system implies, that if there was a substantial effect, it would be compensated through the system of interest representation. Thirdly, regarding the reliability of electricity supply neither privatization nor liberalization change the structure of interest groups much. Given their natural monopoly in the area of grid operations, utilities have little incentive to serve the social demand for affordable and reliable electricity supply. Thus, regardless of public or private ownership the incentive structures of utilities must be altered by the state. Even with the unbundling of generation, supply and grid operations strategies of coexistence are the most cost-efficient way to preserve the interests of independent power providers and utilities. Their aim is to encourage investment from the grid operator, while passing on the costs onto unorganized societal groups.

## **12.2 Zusammenfassung**

Mit dem Ziel der Theoriebildung gehe ich der Fragestellung nach, welchen Einfluss politische Steuerung auf die Versorgungssicherheit mit Strom hat, um die Auswirkungen der Privatisierung und Liberalisierung der Elektrizitätswirtschaft abzuschätzen. Mittels multipler Regression kontrolliere ich auf die Bedeutung technischer Merkmale der physischen Elektrizitätsinfrastruktur, sozioökonomischer Rahmenbedingungen, struktureller und prozeduraler Merkmale des politischen Systems, um den Effekt der Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik zu isolieren.

Die Versorgungssicherheit mit Strom steigt allgemein an. Die Widerstandsfähigkeit der Elektrizitätsinfrastruktur gegen Störereignisse ist langfristig konstant. Veränderungen der durchschnittlichen Unterbrechungsdauer SAIDI gehen meist auf die Zeit bis zur Wiederversorgung nach einem Stromausfall CAIDI zurück. Dies deutet auf einen Einmaleffekt des Alters der langlebigen Basiskomponenten und einen hohen Einfluss von Investitionsentscheidungen in kurzlebige Komponenten wie die Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik hin.

Weder die durch natürliche Widrigkeiten bedingten Versorgungskosten, die langfristige Stabilität der wirtschaftlichen oder politischen Rahmenbedingungen, die Kapitalverfügbarkeit noch die instrumentelle Energiewirtschafts- oder Infrastrukturpolitik erklären die internationalen

Unterschiede bei der Versorgungssicherheit mit Strom. Vielmehr erklärt die Korruptionswahrnehmung knapp die Hälfte der international zu beobachtenden Varianz.

Mit der Theorie der Determinanten der Versorgungssicherheit mit Strom interpretiere ich anschließend an die Capture-Theorie zur Regulierungsgenese in konzentrierten Wirtschaftssektoren das Energiesystem als ein von konkurrierenden Interessen geprägtes, selbstregelndes soziotechnisches System. Die Verbreitung von Korruption bestimmt, ob die Stromversorgung als öffentliches Gut im Bereich des gesellschaftlichen Optimums zwischen Preisgünstigkeit und Zuverlässigkeit oder als privates Gut erbracht wird. Vereinnahmen Interessengruppen die Energiewirtschaftspolitik illegal als privates Gut, sinkt die Versorgungssicherheit mit Strom durch das soziale Dilemma der Korruption und die Erosion des Staatswesens, selbst wenn diese Gruppen sich für eine höhere Versorgungssicherheit mit Strom einsetzen. Aufgrund der Bedeutung der prozessualen Dimension von Politik bewerte ich den Einfluss politischer Steuerung trotz der fehlenden Effekte der instrumentellen Energiewirtschafts- und Infrastrukturpolitik auf die Versorgungssicherheit mit Strom als sehr hoch.

Ich prognostiziere, dass die Privatisierung und Liberalisierung der Energiewirtschaft keinen feststellbaren Effekt auf die Versorgungssicherheit mit Strom haben werden. Erstens können angesichts der schlechten Qualität der Daten zur Quantifizierung der Versorgungssicherheit mit Strom nur große Effekte identifiziert werden. Auf einen substantiellen Effekt dieser Reformen gibt der im internationalen Vergleich fehlende Effekt der instrumentellen Energiewirtschaftspolitik aber keinen Hinweis. Zweitens erwarte ich aus der prozeduralen Konzeption des Energiesystems als selbstregelndes soziotechnisches System, dass mögliche substanzielle Effekte auf die Versorgungssicherheit mit Strom anderweitig über das System der Interessenvermittlung kompensiert würden. Drittens sehe ich keine wesentliche Veränderung der Interessengruppenstruktur durch die Privatisierung und Liberalisierung vormals staatlicher EVU unter dem Gesichtspunkt der Versorgungssicherheit mit Strom. Energieversorgungsunternehmen haben durch ihr natürliches Monopol im Bereich der Stromnetze geringe Anreize, der gesellschaftlichen Nachfrage nach einer preisgünstigen und zuverlässigen Stromversorgung zu entsprechen. Auch bei einer Entflechtung der Bereiche Stromerzeugung, -vertrieb und Netzbetrieb sind Strategien der Koexistenz die kosteneffizienteste Art der Interessenwahrnehmung, die auf einen Regulierungsrahmen hinwirken, der zuverlässigkeitssteigernde Investitionen des Netzbetreibers anregt und damit verbundene Kosten auf unorganisierte gesellschaftliche Gruppen abwälzt. Deshalb bedarf es unabhängig vom eigentumsrechtlichen Status der Elektrizitätswirtschaft einer staatlichen Korrektur der Anreizstrukturen.

### **12.3 Vorveröffentlichungen aus der Dissertation**

keine

### **12.4 Lebenslauf**

Der Lebenslauf ist in der Online-Version aus Gründen des Datenschutzes nicht enthalten.

## **Ausgewählte Publikationen**

- Revermann, Christoph/Petermann, Thomas/Poetzsch, Maik 2014: Chancen und Kriterien eines allgemeinen Nachhaltigkeits Siegels. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) Arbeitsbericht Nr. 163. Berlin.
- Petermann, Thomas/Poetzsch, Maik 2012: Nachhaltigkeit und Parlamente - Bilanz und Perspektiven Rio+20. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) Arbeitsbericht Nr. 155. Berlin.
- Petermann, Thomas/Bradke, Harald/Lüllmann, Arne/Poetzsch, Maik/Riehm, Ulrich 2011: What happens during a blackout. Consequences of a prolonged and wide-ranging power outage. Technology Assessment Studies Series No. 4. Berlin.
- Petermann, Thomas/Bradke, Harald/Lüllmann, Arne/Poetzsch, Maik/Riehm, Ulrich 2010: Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften - am Beispiel eines großräumigen und langandauernden Ausfalls der Stromversorgung. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) Arbeitsbericht Nr. 141. Berlin.

## **Ausgewählte Vorträge**

- Poetzsch, Maik 2019: Das passiert, wenn das Stromnetz zusammenbricht. Interview mit WELT N24 GmbH. Berlin. 18.01.2019. <https://www.welt.de/videos/video188239649/Stromausfall-Die-Folgen-eines-Blackouts.html>
- Poetzsch, Maik 2018: Mögliche Auswirkungen eines länger andauernden und großflächigen Stromausfalls in Deutschland. Landratsamt Augsburg. 05.11.2018 Augsburg
- Poetzsch, Maik 2017: Mögliche Auswirkungen eines länger andauernden, großflächigen Stromausfalls. Vortrag auf dem Cluster-Forum Stromausfall - Versorgungssicherheit im Inselnetzbetrieb mit dezentraler Einspeisung. 07.11.2017 Augsburg
- Poetzsch, Maik 2017: Stromausfall: Folgenanalysen ausgewählter Sektoren. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft. 19.10.2017 Linz.
- Poetzsch, Maik 2017: Die Folgen eines langandauernden Stromausfalls in Deutschland. 3. Regensburger Energiekongress – Fokus: Blackout. 08.03.2017 Regensburg.
- Poetzsch, Maik 2015: Was bei einem Blackout geschieht. Die Folgen eines langandauernden und großflächigen Stromausfalls. Vortrag auf der Veranstaltung „Gefahren des Hackings für die Kritische Infrastruktur in Deutschland“ der Hochschulgruppe CreatING. Karlsruhe. 30.11.2015. <https://www.youtube.com/watch?v=zDKf56270bE>

### 13. Quellenverzeichnis

- Ab-Kadir, Mohd Zainal Abidin 2016: Lightning Severity in Malaysia and Some Parameters of Interest for Engineering Applications. In: *Thermal Science* 20(2). S. 437-450.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/7326/6cbb16f0985a0d0307dc119f6e205ebdec4a.pdf> 12.03.2018 15:20
- Abbott, Malcolm/Cohen, Bruce 2011: Utility regulation—The scope and structure of electrical safety regulation. In: *Energy Policy*, Vol. 39. S. 4956-4961.
- AER (Australian Energy Regulator) 2007: STATE OF THE ENERGY MARKET 2007.  
<https://www.aer.gov.au/system/files/State%20of%20the%20energy%20market%202007.pdf> 30.09.2015 11:00
- AERS (Energy Agency of the Republic of Serbia) 2012: Energy Agency Report 2011.  
<http://www.aers.rs/Files/Izvestaji/Godisnji/Eng/AERS%20Annual%20Report%202011.pdf> 22.10.2015 20:00
- Agencija RS (Javna agencija RS za energijo) 2013: Report on the Energy Sector in Slovenia for 2012. <https://www.agencija-rs.si/documents/54870/68629/Annual-Report-2012/a8defcfb-1ec6-4398-af1a-ac8a6645de99> 30.04.2019 15:33
- Ahlfeld, Sebastian 2007: Kleine Staaten, große Probleme? Zum Einfluss der Staatsgröße auf den Entwicklungsprozess. <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2007/4799/pdf/AhlfeldSebastian-2007-05-15.pdf> 24.10.2016 15:22
- Ajodhia, Virendra/Hakvoort, Rudi 2005: Economic regulation of quality in electricity distribution networks. In: *Utilities Policy* 13. S. 211-221.
- Ajodhia, Virendra/Petrov, Konstantin/Scarsi, Gian Carlo 2004: Quality, Regulation and Benchmarking – An Application to Electricity Distribution Networks. In: *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 29(2). S. 107-120.
- Amprion 2016: Primärregelung, Sekundärregelung, Minutenreserve. <http://www.amprion.net/primaerregelung-sekundaerregelung-minutenreserve> 05.07.2016 15:20
- ANRE RM (National Agency for Energy Regulation Republica Moldova) 2011: Activity Performance Indicators of Electricity Distribution Operators. [http://www.naruc.org/international/Documents/Barcaru\\_Indici%20de%20performanta\\_engl.pdf](http://www.naruc.org/international/Documents/Barcaru_Indici%20de%20performanta_engl.pdf) 14.10.2015 15:45
- APPA (American Public Power Association) 2014: Evaluation of Data Submitted in APPA's 2013 Distribution System Reliability & Operations Survey.  
[http://www.publicpower.org/files/PDFs/2013DSReliabilityAndOperationsReport\\_FINAL.pdf](http://www.publicpower.org/files/PDFs/2013DSReliabilityAndOperationsReport_FINAL.pdf) 05.10.2015 13:50
- Aundrup, Thomas/Benz, Thomas/Dörnemann, Christoph/Fischer, Wilfried/Gehlen, Christoph/Glaunsinger, Wolfgang/Hellmuth, Hans/Kreusel, Jochen/Menke, Peter/Neumaier, Rolf/Rehtanz, Christian/Schomberg, Axel/Schwippe, Johannes 2010: Übertragung elektrischer Energie. Positionspapier der Energietechnischen Gesellschaft im VDE (ETG). o. O.
- Auriol, Emmanuelle/Blanc, Aymeric 2009: Capture and corruption in public utilities: The cases of water and electricity in Sub-Saharan Africa. In *Utilities Policy* 17. S. 203-216.
- Averch, Harvey/Johnson, Leland L. 1962: Behavior of the Firm under Regulatory Constraint. In: *The American Economic Review*. S. 1052-1069. [http://pascal.iseg.utl.pt/~carlosfr/ses/averch\\_johnson.pdf](http://pascal.iseg.utl.pt/~carlosfr/ses/averch_johnson.pdf) 13.03.2015, 10:20
- Backes, Jürgen 1998: Bewertung der Versorgungszuverlässigkeit. Neue Ansätze zur Verwendung probabilistischer Zuverlässigkeitskenngrößen in der Netzplanung und -optimierung. Herbert Utz Verlag, München.
- Backhaus, Klaus/Erichson, Bernd/Plinke, Wulff/Weiber, Rolf 2008: *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Zwölfte Auflage.* Springer, Berlin/Heidelberg.
- Bacon, R.W./Besant-Jones, J. 2002: Global Electric Power Reform, Privatization and Liberalization of the Electric Power Industry in Developing Countries.  
[http://apps.americanbar.org/intlaw/committees/industries/energy\\_natural\\_resources/globalreform.pdf](http://apps.americanbar.org/intlaw/committees/industries/energy_natural_resources/globalreform.pdf) 24.03.2015 11:15



- Bandelow, Nils C. 2003: Lerntheoretische Ansätze in der Policy-Forschung. [http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/Lerntheoretische\\_Ansaetze\\_in\\_der\\_Policy\\_Forschung\\_bandelow.pdf](http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/Lerntheoretische_Ansaetze_in_der_Policy_Forschung_bandelow.pdf) 24.03.2015
- Banks, Gary 2007: Structural reform Australian-style: lessons for others?. <http://www.oecd.org/australia/39218531.pdf> 06.09.2016 15:45
- Battle, C./Rodilla, P. 2012: Security of electricity supply at the generation level: Problem analysis. In: Energy Policy Vol. 40. S. 177-185.
- Batra, Geeta/Kaufmann, Daniel/Stone, Andrew H. W. 2003a: Investment Climate Around the World. Voices of the Firms from the World Business Environment Survey. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/15143/multi0page.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 21.05.2021 11:00
- Batra, Geeta/Kaufmann, Daniel/Stone, Andrew H. W. 2003b: The Investment Climate Around the World. Voices of the Firms from the World Business Environment Survey. Präsentationsfolien. <https://web.worldbank.org/archive/website00818/WEB/PDF/WBES.PDF> 16.05.2021 11:27
- Beckers, Thorsten/Klatt, Jan Peter/Lenz, Ann-Katrin/Becker, Tim: Regulierung der Eisenbahninfrastruktur in Deutschland. Eine theoriegeleitete Diskussion unter besonderer Berücksichtigung der Regulierung der DB Netz. Präsentationsfolien. [https://www.wip.tu-berlin.de/fileadmin/fg280/forschung/publikationen/2013/2013\\_01\\_17-vortrag\\_beckers-regulierung\\_eisenbahninfrastruktur\\_deutschland.pdf](https://www.wip.tu-berlin.de/fileadmin/fg280/forschung/publikationen/2013/2013_01_17-vortrag_beckers-regulierung_eisenbahninfrastruktur_deutschland.pdf) 26.03.2015 11:10
- Beder, Sharon 2006: New conclusion for the Japanese edition of Power Play: The Fight to Control the World's Electricity. Soshisha Ltd. <https://www.uow.edu.au/~sharonb/japan.html> 14.07.2016 12:25
- BEEPS 2021 (Business Environment and Enterprise Performance Survey): Data. <https://www.beeps-ebd.com/data/> 20.05.2021 11:42
- Benoit, Kenneth 2011: Linear Regression Models with Logarithmic Transformations. <https://kenbenoit.net/assets/courses/ME104/logmodels2.pdf> 02.05.2017 18:22
- Bergara, Mario E./Henisz, Witold J./Spiller, Pablo T. 1998: Political Institutions and Electric Utility Investment: A Cross-Nation Analysis. In: California Management Review 40(2). <https://mgmt.wharton.upenn.edu/files/?whdmsaction=public:main.file&fileID=3781> 25.03.2015 19:20
- BFE (Bundesamt für Energie) 2003: Versorgungssicherheit im Bereich der Elektrizität. o. O.
- Birkmann, Jörn/Bach, Claudia/Guhl, Silvie/Witting, Maximilian/Welle, Torsten/Schmude, Miron 2010: State of the Art der Forschung zur Verwundbarkeit Kritischer Infrastrukturen am Beispiel Strom/Stromausfall. Schriftenreihe Forschungsforum Öffentliche Sicherheit. o. O.
- Bivand, Roger S./Keitt, Tim/Rowlingson, Barry 2017: rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library. R package version 1.2-16. <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
- Bivand, Roger S./Pebesma, Edzer J./Virgilio, Gomez-Rubio 2013: Applied spatial data analysis with R, Second edition. Springer. NY. <http://www.asdar-book.org/>
- Bivand, Roger S./Rundel, Colin 2017: rgeos: Interface to Geometry Engine - Open Source ('GEOS'). R package version 0.3-26. <https://CRAN.R-project.org/package=rgeos>
- Bliem, Markus 2005: Eine makroökonomische Bewertung zu den Kosten eines Stromausfalls im österreichischen Versorgungsnetz. IHSK Discussion Paper 02/2005. o. O.
- BMI (Bundesministerium des Innern) 2008: Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin.
- BMI/BBK (Bundesministerium des Innern/Bundesamt für Bevölkerungsschutz) 2007: Schutz der Elektrizitätsversorgung in Deutschland. Studie und Handlungsempfehlungen. Management Summary.

- Boffey, Daniel 2012: State schools hover on the brink of huge private sector revolution. <https://www.theguardian.com/education/2012/jan/28/state-schools-private-sector-revolution> 15.07.2016 11:25
- Bortolotti, Bernardo/Fantini, Marcella/Siniscalco, Domenico 2003: Privatisation around the world: evidence from panel data. In: *Journal of Public Economics* 88. S. 305-332. <http://www.bernardobortolotti.com/wp-content/uploads/2013/03/20107281615184Privatization-around-the-world.pdf> 04.08.2016 14:20
- Böske, Johannes 2007: *Zur Ökonomie der Versorgungssicherheit in der Energiewirtschaft*. LIT Verlag Dr. W. Hopf. Berlin.
- Bothe, David/Riechmann, Christoph 2008: Hohe Versorgungszuverlässigkeit bei Strom wertvoller Standortfaktor für Deutschland. In: Sonderdruck aus *ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE TAGESFRAGEN*. Nr. 58, Heft 10. S. 31-36.
- Brakelmann, Heinrich 2004: *Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel?*. Studie im Auftrag des Bundesverband WindEnergie e.V. Rheinberg.
- Bramböck, Günter EVN AG (Energieversorgung Niederösterreich), Business Unit South East Europe, Vice President for Regulatory Affairs 2017: persönlicher E-Mail-Verkehr vom 14.03.2017.
- Brown, Sophie WEF (World Economic Forum), Community Specialist, Future of Economic Progress 2018: persönlicher E-Mail-Verkehr vom 02.07.2018.
- Brune, Nancy/Garrett, Geoffrey/Kogut, Bruce 2004: The IMF and the Global Spread of Privatization. In: *IMF Staff Papers* 51(2). S. 195-219. [http://www.elibrary.imf.org/doc/IMF024/03380-9781589063235/03380-9781589063235/Other\\_formats/Source\\_PDF/03380-9781462385850.pdf](http://www.elibrary.imf.org/doc/IMF024/03380-9781589063235/03380-9781589063235/Other_formats/Source_PDF/03380-9781462385850.pdf) 08.08.2016 11:10
- Bundesregierung 2021: Erneuerbare Energien. Ein neues Zeitalter hat begonnen. <https://www.bundesregierung.de/bregde/themen/energiewende/energie-erzeugen/erneuerbare-energien-317608> 14.03.2021 16:47
- Büscher, Christian/Schippl, Jens 2013: Die Transformation der Energieversorgung: Einheit und Differenz soziotechnischer Systeme. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 22, Heft 2. S. 11-19.
- Campbell, Richard J. 2012: Weather-Related Power Outages and Electric System Resiliency. <http://www.fas.org/sgp/crs/misc/R42696.pdf> 16.09.2015 17:50
- Carlsson, Fredrik/Martinsson, Peter 2007: Willingness to Pay among Swedish Households to Avoid Power Outages: A Random Parameter Tobit Model Approach. In: *The Energy Journal* Vol. 28, No. 1. S. 75-89.
- CCInfo 2011: Elektrischer Strom. <http://www.elektronikinfo.de/strom/strom.htm> 25.04.2011, 19:20
- CEB (Central Electricity Board) 2009: Taking the Lead in Energy Conversation. 2008 Annual Report. <http://ceb.intnet.mu/CorporateInfo/CEB%20Annual%20Report%202008.zip> (zip-Archiv) 14.10.2015 11:30
- CEB (Central Electricity Board) 2011: ENERGY with ViSiON. Annual Report 2009. <http://ceb.intnet.mu/CorporateInfo/ar2009.zip> (zip-Archiv) 14.10.2015 11:20
- CEB (Central Electricity Board) 2014: Powering a Sustainable Energy Future. Annual Report 2011. <http://ceb.intnet.mu/CorporateInfo/ar2011.pdf> 13.10.2015 19:00
- CEB (Central Electricity Board) 2015: Building Up Our Generation Capacity. Annual Report 2012. <http://ceb.intnet.mu/CorporateInfo/ar2012.pdf> 14.10.2015 10:50
- Cecil, Daniel J. 2001: LIS/OTD 0.5 Degree High Resolution Full Climatology (HRFC) [HRFC\_COM\_FR]. Dataset available online from the NASA Global Hydrology Center DAAC, Huntsville, Alabama, U.S.A. Zugriff via: <https://ghrc.nsstc.nasa.gov/hydro/details/lohrfc>  
Download link: [https://ghrc.nsstc.nasa.gov/pub/lis/climatology/LIS-OTD/HRFC/data/nc/LISOTD\\_HRFC\\_V2.3.2015.nc](https://ghrc.nsstc.nasa.gov/pub/lis/climatology/LIS-OTD/HRFC/data/nc/LISOTD_HRFC_V2.3.2015.nc) 08.03.2018 12:36 [kostenlose Registrierung erforderlich]

- Cecil, Daniel J. 2015: LIS/OTD Gridded Lightning Climatology Data Collection, Version 2.3.2015. [HRFC\_COM\_FR]. Dataset available online from the NASA EOSDIS Global Hydrology Resource Center Distributed Active Archive Center, Huntsville, Alabama, U.S.A. doi: <http://dx.doi.org/10.5067/LIS/LIS-OTD/DATA311> 24.05.2021 10:25
- CEER (Council of European Energy Regulators) 2003: Second Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply 2003.
- CEER (Council of European Energy Regulators) 2005: Third Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply 2005. o. O.
- CEER (Council of European Energy Regulators) 2008: 4th Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply 2008. o. O.
- CEER (Council of European Energy Regulators) 2012: 5th CEER Benchmarking Report on the Quality of Electricity Supply 2011. o. O.
- CEER (Council of European Energy Regulators) 2014: CEER Benchmarking Report 5.1 on the Continuity of Electricity Supply. Data Update. o. O.
- CEER (Council of European Energy Regulators) 2015: CEER Benchmarking Report 5.2 on the Continuity of Electricity Supply. Data update.  
[http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER\\_HOME/EER\\_PUBLICATIONS/CEER\\_PAPERS/Electricity/Tab4/C14-EQS-62-03\\_BMR-5-2\\_Continuity%20of%20Supply\\_20150127.pdf](http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_PUBLICATIONS/CEER_PAPERS/Electricity/Tab4/C14-EQS-62-03_BMR-5-2_Continuity%20of%20Supply_20150127.pdf) 17:09.2015 09:40
- CEER (Council of European Energy Regulators) 2016: 6th CEER Benchmarking Report on the Quality of Electricity and Gas Supply. [https://www.nve.no/Media/4862/1-c16-eqs-72-03\\_ceer-6thbr\\_intro-ch1-2-2.pdf](https://www.nve.no/Media/4862/1-c16-eqs-72-03_ceer-6thbr_intro-ch1-2-2.pdf) 08.02.2017 17:11  
Annex A Electricity Continuity of Supply. [http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER\\_HOME/EER\\_PUBLICATIONS/CEER\\_PAPERS/Cross-Sectoral/2016/4-C16-EQS-72-03\\_CEER-6thBR\\_Annexes-Lists.pdf](http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_PUBLICATIONS/CEER_PAPERS/Cross-Sectoral/2016/4-C16-EQS-72-03_CEER-6thBR_Annexes-Lists.pdf) 08.03.2017 09:30
- CESifo 2013: Corruption Perceptions Index, 1995-2013. <https://www.cesifo-group.de/ifoHome/facts/DICE/Public-Sector/Public-Governance-and-Law/Corruption/Corruption-Perceptions-Index/fileBinary/Corruption-Perceptions-Index.xls> 17.11.2016 16:36
- Chane-Kune, Bernard/Fukasaku, Kiichiro/Maur, Jean-Christophe/Rajan, Ramkishen S. 2003: Liberalisation and Competition in the Service Sectors: Experiences from Europe and Asia. In: OECD: Asia and Europe. SERVICES LIBERALISATION. <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/4103051e.pdf?expires=1473263632&id=id&accname=ocid54016459&checksum=49DD7D81606F49B52A7E5AEC76269F9F> 07.09.2016 17:30
- Chester, Lynne 2010: Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature. In: Energy Policy, Vol. 38. S. 887-895.
- CIA (Central Intelligence Factbook) 2016: The World Factbook. Legal System. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2100.html#LowBand> 05.08.2016 12:25
- CIA (Central Intelligence Factbook) o. J.: About: History. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/docs/history.html> 08.03.2017 09:30
- Clifton, J./Comin, F./Fuentes, D. D. 2006: Privatising public enterprises in the European Union 1960-2002. Journal of European Public Policy 13(5). Pp. 736-756. <http://dx.doi.org/10.1080/13501760600808857> 08.07.2016 10:50
- CoA (Commonwealth of Australia) 2006: Liberalisation of the telecommunications sector - Australia's experience. <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/APCITY/UNPAN024136.pdf> 06.09.2016 11:50
- Cohen, Jacob 1992: Quantitative Methods in Psychology. A Power Primer. In: Psychological Bulletin Vol. 112, Issue 1. S. 155-159. <http://www.bwgriffin.com/workshop/Sampling%20A%20Cohen%20tables.pdf> 06.02.2017 12:41
- Consentec 2010: Konzeptionierung und Ausgestaltung des Qualitäts-Elements (Q-Element) im Bereich Netzuverlässigkeit Strom sowie dessen Integration in die Erlösbergrenze. Untersuchung im Auftrag der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. <http://www.consentec.de/wp-content/uploads/2011/12/ConsentecGutachten602f22112010pdf.pdf> 09.11.2017 13:51

- Crawford, Seth 2012: What is the energy policy-planning network and who dominates it?: A network and QCA analysis of leading energy firms and organizations. In: *Energy Policy*, Vol. 45. S. 430-439.
- CSP (Center for Systemic Peace) 2014: Polity IV: Regime Authority Characteristics and Transitions Datasets. <http://www.systemicpeace.org/inscr/p4v2014.xls> 05.01.2016 19:25
- Cubbin, J./Stern, J. 2004: Regulatory effectiveness: the impact of good regulatory governance on electricity industry capacity and efficiency in developing countries. [http://openaccess.city.ac.uk/1429/1/0404\\_cubbin-stern.pdf](http://openaccess.city.ac.uk/1429/1/0404_cubbin-stern.pdf) 31.03.2015 14:25
- CUPA (College of Urban & Public Affairs Portland State University) 2016: Physical geography. [https://www.pdx.edu/sites/www.pdx.edu/econ/files/phys\\_geo.zip](https://www.pdx.edu/sites/www.pdx.edu/econ/files/phys_geo.zip) 20.10.2016 19:45
- Damigos, D./Tourkolias, C./Diakoulaki, D. 2009: Households' willingness to pay for safeguarding security of natural gas supply in electricity generation. In: *Energy Policy* 37. S. 2008-2017.
- Dansie, G./Lanteigne, M./Overland, I. 2010: Reducing energy subsidies in China, India and Russia: dilemmas for decision makers. In: *Sustainability* Vol. 2. S. 475-493.
- Dassler, Thoralf 2006: Combining theories of regulation - Proposing a framework for analysing regulatory systems worldwide. In: *Utilities Policy* 14. S. 31-43.
- dena (Deutsche Energie-Agentur) 2010: dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015-2020 mit Ausblick 2025. <http://www.dena.de/publikationen/energiesysteme/dena-netzstudie-ii.html> 18.03.2015 16:00
- DER SPIEGEL 1959: Bonbon des Jahrhunderts. Ausgabe vom 18. Februar 1959. S. 16-25. <http://magazin.spiegel.de/EpubDelivery/spiegel/pdf/42624522> 09.08.2016 10:00
- Devine-Wright, H./Devine-Wright, P./Sherry-Brennan, F. 2010: Applying social representations theory to electricity supply failure. Fundort unbekannt, auf Anfrage beim Autor einsehbar.
- DG Competition (European Commission Directorate Generale Competition) 2007: DG Competition Report on Energy Sector Inquiry. o. O.
- Dieckhoff, Christian 2015: Modellerte Zukunft – Zur Theorie und Praxis von Energieszenarien im Kontext wissenschaftlicher Politikberatung. Im Druck.
- DISQUAL (Distribution Study Committee Group of Experts: Service Quality) 1997: Availability of Supply Indices. o. O.
- Droste-Franke, Bert/Carrier, Martin/Kaiser, Matthias/Schreuers, Miranda/Weber, Christoph/Ziesemer, Thomas 2015: Improving Energy Decisions. Towards Better Scientific Policy Advice for a Safe and Secure Future Energy System. Ethics of Science and Technology Assessment Volume 42. Springer. Heidelberg/New York/Dordrecht/London.
- Durakoğlu, Mustafa S. 2011: Political institutions of electricity regulation: The case of Turkey. In: *Energy Policy* Vol. 39. S. 5578-5587.
- E-Control 2014: Ausfall- und Störungsstatistik für Österreich. Ergebnisse 2013. <https://www.e-control.at/documents/20903/-/-/fbf0a5e3-73d4-4b23-86cb-98631c108806> 17.09.2015 15:30
- E-Control 2015: Ausfall- und Störungsstatistik für Österreich. Ergebnisse 2014. [http://www.e-control.at/documents/20903/388512/2015\\_08\\_25\\_AuSD\\_Ver%C3%B6ffentlichung2015\\_v1.0.pdf/2f65dc6e-d1e0-446a-9607-d6472dd12650](http://www.e-control.at/documents/20903/388512/2015_08_25_AuSD_Ver%C3%B6ffentlichung2015_v1.0.pdf/2f65dc6e-d1e0-446a-9607-d6472dd12650) 17.09.2015 16:30
- EBRD/Worldbank (European Bank for Reconstruction and Development/The Worldbank Group) 1999: WORLD BUSINESS ENVIRONMENT SURVEY SCREENER QUESTIONNAIRE 1999. <http://ebrd-beeps.com/wp-content/uploads/2013/09/beeps1999q.pdf> 28.09.2017 19:22
- Eckstein, Harry 1975: Case Study and Theory in Political Science. In: Greenstein, Fred I./Polsby Nelson W. (eds.): *Handbook of Political Science*. Addison-Wesley. Reading. S. 79-138.

Ecofys/FISI (Ecofys/ Fraunhofer ISI 2015: Strommärkte im internationalen Vergleich. [http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/projekte/Strompreiswirkung\\_330639/Industriestrompreise\\_Strommaerkte.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/x/de/projekte/Strompreiswirkung_330639/Industriestrompreise_Strommaerkte.pdf) 19.12.2017 15:56

eia (U.S. Department of Energy's Energy Information Administration) o. J.  
a: Electricity. [http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/XMLinclude\\_3.cfm?tid=2&pid=2&pdid=&aid=23&cid=regions&syid=1980&eyid=2013&form=&defaultid=3&typeOfUnit=STDUNIT&unit=BKWH&products=](http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/XMLinclude_3.cfm?tid=2&pid=2&pdid=&aid=23&cid=regions&syid=1980&eyid=2013&form=&defaultid=3&typeOfUnit=STDUNIT&unit=BKWH&products=) 08.11.2016 12:59  
b: International Energy Statistics. <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=2&pid=2&aid=7&cid=regions&syid=1980&eyid=2012&unit=MK> 08.11.2016 13:01

ElCom (Eidgenössische Elektrizitätskommission) 2012: Stromversorgungsqualität 2010: Auswertung der bei der ElCom eingereichten Versorgungsunterbrechungen. <https://www.elcom.admin.ch/dam/elcom/de/dokumente/2012/01/stromversorgungsqualitaet2010.pdf.download.pdf/stromversorgungsqualitaet2010.pdf> 30.04.2019 16:09

Elektronik Kompendium o. J.  
a: Elektrische Spannung U. <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/grd/0201101.htm> 25.04.2011, 19:40  
b: Elektrischer Strom / Elektrische Stromstärke I. <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/grd/0110203.htm> 25.04.2011, 19:45

EnBW (Energie Baden-Württemberg AG) 2005: Elektrische Energieversorgung. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe 2. o. O.

energievergleich.de o. J.: Elektrische Energie. <http://www.energievergleich.de/energie-lexikon/elektrische-energie.htm> 25.04.2011, 20:10

ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) 2008: Statistical Yearbook 2008. o. O.

EPPO (Energy Policy and Planning Office) o. J.: Chapter 6 Outage Cost Evaluation. <http://www.eppo.go.th/power/ERI-study-E/ERI-EOCS-6-E.html> 29.10.2015 19:10

EPRI (Electric Power Research Institute) 1982: Transmission Line Reference Book. 345kV and Above/Second Edition. Palo Alto. <http://www.cpdee.ufmg.br/~memefreitas/Transmission%20-%20Line.Reference.Book.345kV.pdf> 12.10.2016 19:12

EPRI (Electric Power Research Institute) 2003: Distribution Reliability Indices Tracking Within the United States. Technical Report. <https://publicdownload.epri.com/PublicDownload.svc/product=000000000001008459?errorpage=http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx> 02.10.2015 18:00

Erdogdu, Erkan 2011: What happened to efficiency in electricity industries after reforms?. In: Energy Policy 39. S. 6551-6560.

ERG (Economic Reconstruction Group) 1977: Final Report of the Nationalised Industries Policy Group. <http://fc95d419f4478b3b6e5f-3f71d0fe2b653c4f00f32175760e96e7.r87.cf1.rackcdn.com/FABEA1F4BFA64CB398DFA20D8B8B6C98.pdf> 14.07.2016 16:30

eRS (Javna agencija Republike Slovenije za energijo) 2007: Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo v letu 2006. Maribor.

Estache, Antonio/Goicoechea, Ana/Trujillo, Lourdes 2009: Utilities reforms and corruption in developing countries. In: Utilities Policy 17. S. 191-202.

Eto, Joseph H./Hamachi LaCommare, Kristina/Larsen, Peter/Todd, Annika/Fisher, Emily 2012: An Examination of Temporal Trends in Electricity Reliability Based on Reports from U.S. Electric Utilities. <https://emp.lbl.gov/sites/all/files/lbnl-5268e.pdf> 05.10.2015 17:30

eurelectric (Union of the Electricity Industry) 2006: EURELECTRIC's Views on Quality of Electricity Distribution Network Services. o. O.

- eurelectric 2013: Power Distribution in Europe. Facts & Figures. [http://www.eurelectric.org/media/113155/dso\\_report-web\\_final-2013-030-0764-01-e.pdf](http://www.eurelectric.org/media/113155/dso_report-web_final-2013-030-0764-01-e.pdf) 27.10.2016 16:55
- European Commission 2014: Country Report: The Netherlands. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014\\_countryreports\\_netherlands.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_countryreports_netherlands.pdf) 08.03.2017 09:30
- ewi/IAEW/CONSenTEC (Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln/Institut für Elektrische Anlagen und Energie der RWTH Aachen/Consulting für Energiewirtschaft und -technik GmbH) 2008: Analyse und Bewertung der Versorgungssicherheit in der Elektrizitätsversorgung. Untersuchung im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). o. O.
- Fickert, L./Malleck, H. 2008: Herausforderungen durch Abhängigkeiten der Telekommunikationsinfrastruktur vom öffentlichen Stromnetz. In: *Elektrotechnik & Informationstechnik* 125/7/8. S. 274-278.
- Finger, Matthias [Hrsg.] 2011: *International Handbook of Network Industries. The Liberalization of Infrastructure*. Elgar. Cheltenham u. a.
- Fischer, Thomas 2013: Der Staat in Portugal verkauft weiter. EDP jetzt ganz privatisiert. [http://www.nzz.ch/finanzen/uebersicht/boersen\\_und\\_maerkte/edp-jetzt-ganz-privatisiert-1.18004437](http://www.nzz.ch/finanzen/uebersicht/boersen_und_maerkte/edp-jetzt-ganz-privatisiert-1.18004437) 08.03.2017 09:30
- Fodor, Attila 2009: Rechtsreform durch Normtransplantation in Mittel- und Osteuropa: eine vergleichende Analyse der Rezeption von neuen Pfandregistervorschriften in Ungarn und in Russland. Abgerufen über Google Books: <https://books.google.de/books?id=pgoiBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=de> 15.09.2016 18:34
- Fraser, Rob 1994: Price, Quality and Regulation: An Analysis of Price-Capping and the Reliability of Electricity Supply. In: *Energy Economics* 16(3). S.175-83. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/148211/1/1994-05-17-19.pdf> 27.03.2015 12:30
- Frese, Alfons 2010: Thyssen-Krupp baut gigantische Fabrik in Alabama. Showtime im Stahlwerk. <http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/thyssen-krupp-baut-gigantische-fabrik-in-alabama/3620672.html> 04.05.2011, 20:15
- Fujita, Kyoko 2016: Japan's Electricity Deregulation Gets Underway. <http://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/news/editors/3/20160401/> 09.09.2016 11:50
- Fumagalli, Elena/Garrone, Paola/Grilli, Luca 2006: Ownership structure, corporate governance and service quality in the electricity industry. Preliminary Version. Milan.
- Gabler Wirtschaftslexikon o. J.: Neue Institutionenökonomik. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1470/neue-institutionenoekonomik-v12.html> 26.03.2015
- Geddes, Barbara 2003: *Paradigms and Sand Castles. Theory Building and Research Design in Comparative Politics*. The University of Michigan Press. USA.
- Geels, Frank W. 2004: From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. In: *Research Policy* 33 (2004). S. 897–920.
- Gehring, Uwe W./Weins, Cornelia 2004: *Grundkurs Statistik für Politologen*. 4. überarbeitete Auflage. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden.
- Gerbaulet, Clemens/Kunz, Friedrich/Hirschhausen, Christian von/Zerrahn, Alexander 2013: Netzsituation in Deutschland bleibt stabil. In: *Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Netzbau kein Engpass für die Energiewende*. DIW Wochenbericht 20+21. S. 3-12. [http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.421217.de/13-20.pdf](http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.421217.de/13-20.pdf) 18.03.2015 15:35
- Gerlinger, Katrin 2004: *Muster globaler anthropogener CO2-Emissionen: Sozio-ökonomische Determinanten und ihre Wirkung*. Dissertation an der Universität Potsdam. <https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/files/162/GERLING.PDF> 03.03.2016 15:55
- Goldthau, Andreas/Sovacool, Benjamin K. 2012: The uniqueness of the energy security, justice, and governance problem. In: *Energy Policy*, Vol. 41. S. 232-240.

- Gönenç, Rauf/Maher, Maria/Nicoletti, Giuseppe 2001: The Implementation and the Effects of Regulatory Reform: Past Experience and Current Issues. <http://www.oecd.org/eeco/reform/2731922.pdf> 04.02.2015, 14:25
- Götz, Georg/Heim, Sven/Schober, Dominik 2014: Ökonomische Aspekte von Stromleitungsnetzen. In: Böttcher, Jörg: Stromleitungsnetze , Rechtliche und wirtschaftliche Aspekte. S. 287-330. Online verfügbar ohne Seitenzahlen. [http://www.uni-giessen.de/fbz/fb02/fb/professuren/vwl/goetz/forschung/publikationenordner/beitraegezeitschriften/Gtz\\_Heim\\_Schober\\_Stromleitungsnetze\\_201406.pdf/at\\_download/file](http://www.uni-giessen.de/fbz/fb02/fb/professuren/vwl/goetz/forschung/publikationenordner/beitraegezeitschriften/Gtz_Heim_Schober_Stromleitungsnetze_201406.pdf/at_download/file) 16.11.2019 16:45
- Graf Lambsdorff, Johann 2001: Framework Document. Background Paper to the 2001 Corruption Perceptions Index. [https://www.transparency.org/files/content/tool/2001\\_CPI\\_Framework\\_EN.pdf](https://www.transparency.org/files/content/tool/2001_CPI_Framework_EN.pdf) 02.02.2019 14:49
- Green, Richard/Pardina, Martin Rodriguez 1999: Resetting Price Controls for Privatized Utilities: A Manual for Regulators. The World Bank. Washington D.C. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/836641468769304391/pdf/multi-page.pdf> 29.07.2021 11:27
- Gründinger, Wolfgang 2015: Lobbyisten als Politiker – und andersherum. <https://www.bpb.de/dialog/netzdebatte/212523/lobbyisten-als-politiker-und-andersherum> 09.11.2020 17:29
- Grunwald, Armin 2002: Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. edition sigma. Berlin.
- Grunwald, Armin 2014: Warum ist die Energiewende so schwer?. Präsentationsfolien. [http://www.zak.kit.edu/downloads/Prof.\\_Grunwald\\_Praesentationsfolien.pdf](http://www.zak.kit.edu/downloads/Prof._Grunwald_Praesentationsfolien.pdf) 20.11.2014, 11:45
- Gwartney, James/Lawson, Robert/Block, Walter 1996: Economic Freedom of the World: 1975-1995. Fraser Institute. Toronto. <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/EconomicFreedomoftheWorld1975-1995.pdf> 08.08.2016 11:10
- Haber, Alfons/Rodgarkia-Dara, Aria 2005: Qualitätsregulierung – Theorie und internationale Erfahrung. E-Control Working Paper Nr. 16. o. O.
- Haney, Aoife Brophy/Pollitt, Michael G. 2009: Efficiency analysis of energy networks: An international survey of regulators. In: Energy Policy 37. S. 5814-5830.
- Haney, Aoife Brophy/Pollitt, Michael G. 2011: Exploring the determinants of „best practice“ benchmarking in electricity network regulation. In: Energy Policy 39. S. 7739-7746.
- Harrell, Frank E. Jr. 2017: Hmisc: Harrell Miscellaneous. R package version 4.0-3. With contributions from Charles Dupont and many others. <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>
- Heddenhausen, Matthias 2007: Privatisations in Europe's liberalised electricity markets - the cases of the United Kingdom, Sweden, Germany, and France. [http://swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/projekt\\_papiere/Electricity\\_paper\\_KS\\_IIformatiert.pdf](http://swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/projekt_papiere/Electricity_paper_KS_IIformatiert.pdf) 20.07.2016 11:20
- Hellman, Joel S./Jones, Geraint/Kaufmann, Daniel 2000: "Seize the State, Seize the Day". State Capture, Corruption, and Influence in Transition. <http://documents.worldbank.org/curated/en/537461468766474836/pdf/multi-page.pdf> 16.07.2017 16:44
- Heng, Stefan 2008: Telekom-Regulierung in der EU vor neuer Weichenstellung. Wettbewerb baut auf eine klare Linie der Politik. Deutsche Bank Research economics 66. [https://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_DE-PROD/PROD0000000000225855/Telekom-Regulierung+in+der+EU+vor+neuer+Weichenste.PDF](https://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000225855/Telekom-Regulierung+in+der+EU+vor+neuer+Weichenste.PDF) 26.03.2015 11:20
- HERA (Croatian Energy Regulatory Agency) 2014: Annual Report 2013. [http://www.hera.hr/en/docs/HERA\\_Annual\\_Report\\_2013.pdf](http://www.hera.hr/en/docs/HERA_Annual_Report_2013.pdf) 21.09.2015 14:20
- Hesmondhalgh, Serena/Zarakas, William/Brown, Toby 2012: Approaches to setting electric distribution reliability standards and outcomes. [https://brattlefiles.blob.core.windows.net/files/6384\\_approaches\\_to\\_setting\\_electric\\_distribution\\_reliability\\_standards\\_and\\_outcomes\\_hesmondhalgh\\_zarakas\\_brown\\_jan\\_2012.pdf](https://brattlefiles.blob.core.windows.net/files/6384_approaches_to_setting_electric_distribution_reliability_standards_and_outcomes_hesmondhalgh_zarakas_brown_jan_2012.pdf) 10.04.2021 14:24

- Hines, Paul/Apt, Jay/Talukdar, Sarosh 2009: Large blackouts in North America: Historical trends and policy implications. In: Energy Policy 37. S. 5249-5259.
- Hinrichsen, Volker 2009: Hochspannungstechnik.  
[http://www.hst.tu-darmstadt.de/fileadmin/lehre/hauptstudium/WS0910/HST\\_1/Skript/hst\\_v\\_01.pdf](http://www.hst.tu-darmstadt.de/fileadmin/lehre/hauptstudium/WS0910/HST_1/Skript/hst_v_01.pdf) 30.06.2016, 11:15
- Hirschhausen, Christian von 2001: Infrastructure Policies in the East European Transformation Countries – Paving the Way to European Enlargement. Berlin.
- Hirschhausen, Christian von 2002: Modernizing Infrastructure in Transformation Economies. Paving the Way to European Enlargement. Edward Elgar. Cheltenham/Northampton.
- Hirschhausen, Christian von 2006: Infrastrukturpolitik: Mehr Wachstum durch Wettbewerb, Regulierung und Privatbeteiligung. Public Sector Management and Regulation Working Papers, WP-PSM-11. Nachdruck aus: Zimmermann, Klaus F. (Hrsg.) 2006: Deutschland - was nun? Reformen für Wirtschaft und Gesellschaft. Beck im dtv. München. S. 251-269.
- Hirschhausen, Christian von/Opitz, Petra 2001: Power Utility Re-Regulation in East European and CIS Transformation Countries (1990-1999). An Institutional Interpretation. DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) Discussion Paper No. 246. Berlin.
- Homepage Vattenfall  
[http://www.vattenfall.de/de/distribution/file/Weitergehenden\\_Informationen\\_zur\\_Versorgungszuver\\_14427545.pdf](http://www.vattenfall.de/de/distribution/file/Weitergehenden_Informationen_zur_Versorgungszuver_14427545.pdf)  
 27.10.2010, 16:35
- Hooghe, Liesbet/Marks, Gary 2001: Multilevel Governance in the European Union. In: Dies.: Multilevel Governance and European Integration. Rowman & Littlefield. Lanham. S. 1-32.
- Hornberg, Matthias 2004: Corporate Governance. The Combined Code 1998 as a Standard for Director's Duties. In: Beiträge zum Transnationalen Wirtschaftsrecht Heft 25. <http://www2.jura.uni-halle.de/INSTITUT/Heft25.pdf>  
 08.07.2016 16.55
- Hughes, Larry 2012 A generic framework for the description and analysis of energy security in an energy system. In: Energy Policy, Vol. 42. S. 221-231.
- Hujber, András 2002: Strukturen und Mechanismen des liberalisierten Strommarktes. E-Control Working Paper Nr. 6. o. O.
- Huter, Mathias/Polfliet, Alex/Cummins-Tripodi, Patrick/Kopečný, Ondřej/Gandalovičová, Linda/Lecerf, Cyril/Müller, Julian/Fülöp, Orsolya/Zagarella, Alessandro/Szulecki, Kacper/Reyes, Óscar/Selling, Niels/Rowell, Andy 2018: Revolving Doors and the Fossil Fuel Industry: Time to tackle conflicts of interest in climate policy-making. Commissioned by The Greens/EFA Group in the European Parliament. [https://rebecca-harms.de/files/1/5/15dbxquaiips/atc\\_cUdv4ujEvni8Pzx6.pdf](https://rebecca-harms.de/files/1/5/15dbxquaiips/atc_cUdv4ujEvni8Pzx6.pdf) 09.11.2020 18:17
- ICER (International Confederation of Energy Regulators) 2012: REPORT on Role of Energy Regulators in Guaranteeing Reliability and Security of Supply. The National, Regional and Global Dimensions. [http://agnatural.pt/documentos/ver/icer-report-a\\_fac6af8b36ca79f390183d194cab8fcdec91b027.pdf](http://agnatural.pt/documentos/ver/icer-report-a_fac6af8b36ca79f390183d194cab8fcdec91b027.pdf) 08.03.2017 09:30
- ICF Consulting 2003: The Economic Cost of the Blackout. An issue paper on the Northeastern Blackout, August 14, 2003. Fairfax.
- IEA (International Energy Agency) 2008: Energy Policies of IEA Countries. Japan. 2008 Review. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Japan2008.pdf> 15.09.2015 15:20
- IEA (International Energy Agency) 2012: Energy Policies of IEA Countries. The Republic of Korea. 2012 Review. [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Korea2012\\_free.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Korea2012_free.pdf) 15.09.2015 20:00
- IEA (International Energy Agency)/OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 1999: Electricity Market Reform. An IEA Handbook. <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/6198241e.pdf?expires=1470843772&id=id&accname=ocid54016459&checksum=99BB1E1891F7854B2C13144E0EB56086>  
 10.08.2016 18:15



- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 2013 IEEE Benchmark Year. Results for 2012 Data. Präsentationsfolien. <http://grouper.ieee.org/groups/td/dist/sd/doc/2013-07%20IEEE%20Benchmarking%20Results%20for%202012%20Data.pdf> 16.09.2015 19:00
- IMF (International Monetary Fund) 2012: Historical Public Debt Database. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2010/Data/wp10245.zip> 23.11.2016 15:48
- IVO (Imatran Voima) Group: 1997 Annual Report 1996. [http://web.lib.hse.fi/FI/yrityspalvelin/pdf/1996/eivo\\_yht.pdf](http://web.lib.hse.fi/FI/yrityspalvelin/pdf/1996/eivo_yht.pdf) 09.08.2016 17:20
- Jackson, Raymond 1969: Regulation and Electric Utility Rate Levels. In: Land Economics Vol. XLV. S. 372-376. [https://www.jstor.org/stable/3145025?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/3145025?seq=1#metadata_info_tab_contents) 21.07.2021 18:27
- Jänicke, Martin/Kunig, Philip/Stitzel, Michael 2003: Lern- und Arbeitsbuch: Politik, Recht und Management des Umweltschutzes in Staat und Unternehmen. Dietz. Bonn.
- Joseph, Kelli L. 2010: The politics of power: Electricity reform in India. In: Energy Policy 38. S. 503-511.
- Joskow, Paul L. 2009: The U.S. Energy Sector: Progress and Challenges, 1972–2009. Dialogue 17 (2). <https://economics.mit.edu/files/4376> 23.07.2021 10:11
- Joskow, Paul L./Noll, Roger G. 1981: Regulation in Theory and Practice: An Overview. In: Fromm, Gary (ed.): Studies in Public Regulation. S. 1-78. <http://www.nber.org/chapters/c11429.pdf> 11.02.2015, 14:00
- Kadin Indonesia (Kamar Dagang dan Industri Indonesia) o. J.: Executive Opinion Survey 2008. Global Competitiveness Report 2008-2009 of the World Economic Forum. <http://www.kadin-indonesia.or.id/enm/images/dokumen/KADIN-117-2573-29022008.pdf> 15.12.2017 13:16
- Kaufmann, Daniel/Stone, Andrew H. W. o. J.: Final WBES dataset. <http://siteresources.worldbank.org/INTRES/Resources/469232-1107449512766/FINALWBES.xls> 29.09.2017 18:44
- Kaufmann, Daniel/Stone, Andrew H. W. 2003: Definition of variables. [http://siteresources.worldbank.org/INTRES/Resources/469232-1107449512766/WBES\\_variable\\_descriptions\\_jan2003.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTRES/Resources/469232-1107449512766/WBES_variable_descriptions_jan2003.pdf) 29.09.2017 18:30
- Kaufmann, Daniel/Vicente, Pedro C. 2011: Legal Corruption. <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1468-0343.2010.00377.x/asset/j.1468-0343.2010.00377.x.pdf?v=1&t=jaiddeg3&s=9d8e33010d0075137921292ec2ff45f716e16eba> 27.11.2017 16:55
- Kim, Brommae 2015: Understanding Diagnostic Plots for Linear Regression Analysis. <http://data.library.virginia.edu/diagnostic-plots/> 03.07.2017 16:06
- King, Lawrence Peter 2001: The Basic Features of Postcommunist Capitalism in Eastern Europe. Firms in Hungary, The Czech Republic, and Slovakia. Praeger Publishers. Westport/London.
- Kopsakangas-Savolainen, Maria/Svento, Rauli 2010: Comparing welfare effects of different regulation schemes: An application to the electricity distribution industry. In: Energy Policy 38. S. 7370-7377.
- Koske, I./Wanner, I./Bitetti, R./Barbiero, O. 2014: The 2013 update of the OECD product market regulation indicators: policy insights for OECD and non-OECD countries. <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5js3f5d3n2v1.pdf?expires=1470825160&id=id&accname=guest&checksum=AEE5F8AAEE035F90778E7D46CA7F8104> 10.08.2016 12:25
- KOSTT 2007: Technical Performance Indicators. <http://www.kostt.com/kosttcms/images/kodirjetit/technical%20performance%20indicators.pdf> 27.09.2015 16:55
- Kraay, Aart C. 2017: Data Sources Used in 2017 Update of Worldwide Governance Indicators. <http://info.worldbank.org/governance/WGI/?fileName=Table1.pdf> 27.07.2018 17:06

- Kübler, Knut 2015: Strompreise, Einkommensentwicklung und Akzeptanz der Energiepolitik. In: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 65. S. 27-29.  
[http://www.et-energie-online.de/Portals/0/PDF/zukunftsfragen\\_2015\\_03\\_kuebler.pdf](http://www.et-energie-online.de/Portals/0/PDF/zukunftsfragen_2015_03_kuebler.pdf) 23.03.2015 18:50
- Kumbhakar, S.C./Hjalmarsson, L. 1998: Relative performance of public and private ownership under yardstick competition: electricity retail distribution. In: *European Economic Review* 42(1). S. 97–122.
- Kurth, Matthias 2006: Ist Wettbewerb möglich und wie?. In: Schwanhold, Ernst/Kummer, Beate (Hrsg.): *Nachhaltige Energiepolitik. Herausforderungen der Zukunft*. Honnefer Verlagsgesellschaft mbH. Bad Honnef. S. 412-423.
- La Porta, Rafael/Lopez-de-Silanes, Florencio/Shleifer, Andrei 1998: Law and Finance. In: *Journal of Political Economy* 106(6 ). S. 1113-1155. <https://www.jstor.org/stable/10.1086/250042?seq=1> 27.03.2021 11:40
- La Porta, Rafael/Lopez-de-Silanes, Florencio/Shleifer, Andrei/Vishny, Robert 1999: The Quality of Government. In: *Journal of Law, Economics, & Organization* 15(1). S. 222-279. <http://www.jstor.org/stable/3554950> 20.09.2016 17:19
- Leka, Bujar 2004: TARIFF REFORMS AND THE AFFORDABILITY ISSUE. Achievement of Albania regarding increasing collections, reduction of losses, electricity tariffs, protection of family in needs and reforming power sector in line with Athens Process. [http://ec.europa.eu/enlargement/archives/seerecon/infrastructure/sectors/energy/documents/4ew/Albania\\_Bujar\\_Leka\\_Presentation\\_Athens\\_October%2004.ppt](http://ec.europa.eu/enlargement/archives/seerecon/infrastructure/sectors/energy/documents/4ew/Albania_Bujar_Leka_Presentation_Athens_October%2004.ppt) 08.03.2017 09:30
- Liebowitz, S. J./Margolis, Stephen E. 1990: „The Fable of the Keys“. In: *Journal of Law and Economics* 22. S. 1-26.
- Liebowitz, S. J./Margolis, Stephen E. 1995: Path Dependence, Lock-In and History. In: *Journal of Law, Economics and Organization* 11(1). S. 205-226.
- Lorenz, Daniel F. 2010: Kritische Infrastrukturen aus Sicht der Bevölkerung. Langfassung. Schriftenreihe Forschungsforum Öffentliche Sicherheit. o. O.
- Lowry, Mark Newton/Getachew, Lullit 2009: Statistical benchmarking in utility regulation: Role, standards and methods. In: *Energy Policy* 37. S. 1323-1330.
- MAI (Maintenance Assistant Inc) 2016: Reactive Maintenance. <https://www.maintenanceassistant.com/reactive-maintenance/> 25.04.2016 20:20
- Marsh, David/Furlong, Paul 2002: A Skin not a Sweater: Ontology and Epistemology in Political Science. In: Marsh, David/Stoker, Gerry: *Theory and Methods in Political Science*. Second Edition. PALGRAVE MACMILLAN. Houndmills/Basingstoke/Hampshire/New York. S. 17-44.
- Marshall, Monty G./Jagers, Keith 2002: POLITY™ IV PROJECT. Political Regime Characteristics and Transitions, 1800-2012. Dataset Users' Manual. <http://www3.nd.edu/~mccoppedg/crd/PolityIVUsersManualv2002.pdf> 17.11.2016 10:37
- Matavalam, Roop Kishore R. 2004: POWER DISTRIBUTION RELIABILITY AS A FUNCTION OF WEATHER. Master Thesis University of Florida. [http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/00/66/68/00001/matavalam\\_r.pdf](http://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/00/66/68/00001/matavalam_r.pdf) 19.10.2015 14:10
- Mayntz, Renate 2004: Governance Theory als fortentwickelte Steuerungstheorie? <http://www.mpifg.de/pu/workpap/wp04-1/wp04-1.html> 19.03.2015 13:30
- Mayntz, Renate 2009: The Changing Governance of Large Technical Infrastructure Systems. In: *Über Governance. Institutionen und Prozesse politischer Regelung*. Schriften aus dem Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Bd. 62. Campus. Frankfurt a. M. S. 121–150.
- Mehairjan, Ravish Preshant Yashraj 2017: *Risk-Based Maintenance for Electricity Network Organizations*. Springer. Rotterdam.
- Merkhofer, Miley M. 1987: *Decision Science and Social Risk Management. A Comparative Evaluation of Cost-Benefit Analysis, Decision Analysis, and Other Formal Decision-Aiding Approaches*. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht/Boston/Lancaster/Tokyo.

- Moore, Charles Guy 1975: Has Electricity Regulation Resulted in Higher Prices? An Econometric Evaluation Using a Calibrated Regulatory Input Variable. In: *Economic Inquiry* Vol. XIII, No. 2.
- Moore, Thomas Gale 1970: The Effectiveness of Regulation of Electric Utility Prices. In: *Southern Economic Journal*. S. 365-375. [https://www.jstor.org/stable/1056848?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1056848?seq=1#metadata_info_tab_contents) 21.07.2021 18:28
- Moravcsik, Andrew 1993: Preferences and Power in the European Community: A Liberal Intergovernmentalist Approach. In: *Journal of Common Market Studies* 31 (4). S. 473-524.
- Morey, Mathew J./Kirsch, Laurence D. 2016: RETAIL CHOICE IN ELECTRICITY: WHAT HAVE WE LEARNED IN 20 YEARS?. <https://www.hks.harvard.edu/hepg/Papers/2016/Retail%20Choice%20in%20Electricity%20for%20EMRF%20Final.pdf> 13.12.2016 14:39
- MOSTec o. J.: Netzformen der Stromverteilungen. Netzformen für Drehstromsysteme nach VDE 0100 Teil 310. <http://www.mostec.de/03Mostec2000/Mostec2000/Anhang/Netzformen.html> 23.11.2014
- MTI (Ministry of Trade and Industry) 2005: Electricity Market Act (386/1995). Unofficial translation. <http://www.finlex.fi/sv/laki/kaannokset/1995/en19950386.pdf> 04.01.2018 14:37
- Müller, Wolfgang 2008: Weg vom großen Versorger. [http://www.focus.de/wissen/klima/erneuerbare-energien/tid-11992/energie-auslaufende-konzessionsvertraege-loesen-trend-aus\\_aid\\_336952.html](http://www.focus.de/wissen/klima/erneuerbare-energien/tid-11992/energie-auslaufende-konzessionsvertraege-loesen-trend-aus_aid_336952.html) 04.07.2015, 17:50
- Munich RE 2013: Standard for an Electrical Preventive Maintenance (EPM) Program. Recommended Maintenance Practices for Electrical Distribution System Equipment. [https://www.munichre.com/site/hsb/get/documents\\_E-1174530725/hsb/assets.hsb.group/Documents/Knowledge%20Center/Equipment%20Care/Preventative%20Maintenance/electrical-preventive-maintenance.pdf](https://www.munichre.com/site/hsb/get/documents_E-1174530725/hsb/assets.hsb.group/Documents/Knowledge%20Center/Equipment%20Care/Preventative%20Maintenance/electrical-preventive-maintenance.pdf) 04.04.16 10:30
- Nagayama, Hiroaki 2010: Impacts on investments, and transmission/distribution loss through power sector reforms. In: *Energy Policy* 38. S. 3453-3467.
- Naito, Junichi 2003: Liberalization of the Electric Power Sector in Japan. Präsentationsfolien. [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/ppt/Pres\\_06\\_\(Junichi\\_Naito\)\\_22.09.ppt](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/ppt/Pres_06_(Junichi_Naito)_22.09.ppt) 14.07.2016 12:00
- NE (Natural Earth) 2018: Admin 0 – Countries. [http://naciscdn.org/naturalearth/50m/cultural/ne\\_50m\\_admin\\_0\\_countries.zip](http://naciscdn.org/naturalearth/50m/cultural/ne_50m_admin_0_countries.zip) 01.03.2018 10:18
- Nepal, Rabindra/Menezes, Flavio/Jamasb, Tooraj 2014: Network Regulation and Regulatory Institutional Reform: Revisiting the Case of Australia. <http://www.uq.edu.au/economics/abstract/510.pdf> 08.09.2016 15:50
- Neuhäuser, Markus/Ruxton, Graeme D. 2009: Round your numbers in rank tests: exact and asymptotic inference and ties. In: *Behavioral Ecology and Sociobiology* 64(2). S. 297–303
- Noll, Roger G. 1996: The Economics and Politics of the Slowdown in Regulatory Reform. <http://www.brookings.edu/~media/research/files/papers/1996/4/useconomics-noll/bdp001.pdf> 13.03.2015, 10:35
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 1999: Relationship Between Regulators and Competition Authorities, Competition Policy Roundtables No. 22. <http://www.oecd.org/competition/sectors/1920556.pdf> 25.03.2015, 17:00
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development) 2006: Report on Experiences with Structural Separation. o. O.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 2014: Lobbyists, Governments and Public Trust. Implementing the OECD Principles for Transparency and Integrity in Lobbying. Volume 3. [http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/governance/lobbyists-governments-and-public-trust-volume-3\\_9789264214224-en#page1](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/governance/lobbyists-governments-and-public-trust-volume-3_9789264214224-en#page1) 06.09.2017 19:25
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 2015: Indicators of Product Market Regulation Homepage. Sector regulators (Regulatory management practice). <http://www.oecd.org/eco/reform/Sector-regulation-indicators.xlsx> 12.12.2016 18:00

- Ofgem (Office of Gas and Electricity Markets) 2015: Who we are. <https://www.ofgem.gov.uk/about-us/who-we-are> 22.04.2015, 11:00
- Ohlhorst, Dörte/Tews, Kerstin/Schreuers, Miranda 2013: Energiewende als Herausforderung der Koordination im Mehrebenensystem. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 22. Jg., Heft 2. [http://www.tatup-journal.de/downloads/2013/tatup132\\_ohua13a.pdf](http://www.tatup-journal.de/downloads/2013/tatup132_ohua13a.pdf) 19.03.2015, 14:00
- Olson, Mancur 1965: The Logic of Collective Action. Harvard University Press. Cambridge.
- Olson, Mancur 1971: The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups. Second Edition. Harvard University Press. Cambridge (MA).
- Osman, Halim/Abdul Majeed, Jazimah/Yusof, Sallehudin 2009: Development of distribution outage and interruption reporting system on the intranet to facilitate asset management. In: 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 2009). [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=5255705&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D5255705](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=5255705&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5255705) 07.12.2015 13:40 (nur Abstract)
- Oswald, Bernd R. 2005  
a: Vorlesung Elektrische Energieversorgung I. Skript Freileitungen (korrigierte Ausgabe 2005). o. O.  
b: Vergleichende Studie zu Stromübertragungstechniken im Höchstspannungsnetz. Technische, betriebswirtschaftliche und umweltfachliche Beurteilung von Freileitungen, VPE-Kabel und GIL am Beispiel der 380-kV-Trasse Ganderkesee – St. Hülfe. Kurzfassung. Hannover/Oldenburg.
- Oswald, Bernd R. 2009: Optionen im Stromnetz für Hoch- und Höchstspannung: Freileitung/Erdkabel Drehstrom/Gleichstrom. Präsentationsfolien.
- Pebesma, E. J./Bivand, Roger S. 2005: Classes and methods for spatial data in R. R News 5 (2). <https://cran.r-project.org/doc/Rnews/>
- Peltzman, Sam 1981: Current Developments in the Economics of Regulation. In: Fromm, Gary (ed.): Studies in Public Regulation. S. 371-384. <http://www.nber.org/chapters/c11436.pdf> 11.02.2015, 14:00
- Peltzman, Sam 1989: The Economic Theory of Regulation after a Decade of Deregulation. [http://www.brookings.edu/~media/Projects/BPEA/1989-micro/1989\\_bpeamicro\\_peltzman.PDF](http://www.brookings.edu/~media/Projects/BPEA/1989-micro/1989_bpeamicro_peltzman.PDF) 23.03.2015 15:25
- Pepermans, Guido 2011: The value of continuous power supply for Flemish households. In: Energy Policy Vol. 39. S. 7853-7864.
- Pera, Alberto 1989: Deregulation and Privatisation in an Economy-wide Context. In: OECD: OECD Economic Studies 12. S. 159-204. <https://www.oecd.org/eeco/reform/35381774.pdf> 05.09.2016 19:45
- Petermann, Thomas/Bradke, Harald/Lüllmann, Arne/Poetzsch, Maik/Riehm, Ulrich 2010: Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung. Endbericht zum TA-Projekt. Berlin.
- Pierce, David 2017: ncdf4: Interface to Unidata netCDF (Version 4 or Earlier) Format Data Files. R package version 1.16. <https://CRAN.R-project.org/package=ncdf4>
- Pierson, Paul 1997: Increasing Returns, Path Dependence and the Study of Politics. Jean Monnet Chair Papers. o. O.
- Pineau, Pierre-Olivier/Hämäläinen, Raimo P. 1999: A perspective on the restructuring of the Finnish electricity market. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.16.5000&rep=rep1&type=pdf> 28.07.2016 10:15
- Poetzsch, Maik 2011: Die Versorgungssicherheit elektrischer Netze im internationalen Vergleich. Beeinflussen soziale Faktoren die Versorgungssicherheit mit Strom?. Berlin.
- Posner, Richard A. 1974: Theories of Economic Regulation. <http://www.nber.org/papers/w0041.pdf> 11.02.2015, 14:00
- Primeaux, Walter J. Jr. 1975: A Reexamination of the Monopoly Market Structure for Electric Utilities. In: Phillips, Almarin (ed.) Promoting Competition in Regulated Markets. Brookings Institution. Washington. S. 175-176

- Primeaux, Walter J. Jr. 1979: Some Problems with Natural Monopoly. In: The Antitrust Bulletin vol. XXIV, No. 1.
- Primeaux, Walter J. Jr. 1980: What can Regulators Regulate: The Case of Electric Utility Rates of Return. <https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/27657/whatcanregulator692prim.pdf?sequence=1> 13.03.2015, 12:25
- Public Safety Canada 2006: Ontario-U.S. power outage – Impacts on critical infrastructure. Incident analysis IA06-002. Ottawa [www.publicsafety.gc.ca/prg/em/\\_fl/ont-us-power-e.pdf](http://www.publicsafety.gc.ca/prg/em/_fl/ont-us-power-e.pdf) 06.10.2009
- Putnam, Robert D. 1988: Diplomacy and Domestic Politics: The Logic of Two-Level Games. In: International Organization Vol. 42, No. 3. Cambridge University Press. pp. 427-460.
- R Core Team (2018): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- RAE (Regulatory Authority for Energy) 2005: Annual Report 2005. To the European Commission. [http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER\\_HOME/EER\\_PUBLICATIONS/NATIONAL\\_REPORTS/NR\\_2005/NR/E05-REP-01-03J\\_NATIONAL%20REPORTS\\_QU-GR.PDF](http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_PUBLICATIONS/NATIONAL_REPORTS/NR_2005/NR/E05-REP-01-03J_NATIONAL%20REPORTS_QU-GR.PDF) 22.09.2015 19:45
- Rajan, Raghuran G./Zingales, Luigi 2003: Saving Capitalism from the Capitalists. Unleashing the Power of Financial Markets to Create Wealth and Spread Opportunity. New York.
- Rammert, Werner/Schulz-Schaeffer, Ingo 2002: Technik und Handeln: Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. TUTS - Working Papers, 4-2002. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-11076> 21.03.2021 18:09
- Reichenbach, G./Göbel, R./Wolff, H./Stokar von Neuforn, S. 2008: Risiken und Herausforderungen für die Öffentliche Sicherheit in Deutschland. Szenarien und Leitfragen. Grünbuch des Zukunftsforums Öffentliche Sicherheit. Berlin.
- Reichl, Johannes/Kollmann, Andrea/Tichler, Robert/Schneider, Friedrich 2008: The importance of incorporating reliability of supply criteria in a regulatory system of electricity distribution: An empirical analysis for Austria. In: Energy Policy 36. S. 3862-3871.
- Reuters 2014: Portugal gives go-ahead for sale of remaining REN stake. <http://www.reuters.com/article/portugal-ren-privatisation-idUSL6N0N942H20140417> 08.03.2017 09:30
- Revelle, W. (2018): psych: Procedures for Personality and Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.8.12.
- RStudio Team 2016: RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc. Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- Ručinská, Silvia 2010: Slowakische Wirtschaft – Wunder dank Reformen?. Erfolge und Misserfolge des Transformationsprozesses. Verlag Dr. Kovač. Hamburg.
- Ruostetsaari, Ilkka 2009: Governance and political consumerism in Finnish energy policy-making. In: Energy Policy 37. S. 102-110.
- Scherer, Ulrich 2008: Qualitätsregulierung aus der Sicht eines Netzbetreibers. [http://lms.ee.hm.edu/~seck/AlleDateien/Allgemeines/VDE2008/Proceedings/ETG\\_1\\_3\\_3\\_Scherer.pdf](http://lms.ee.hm.edu/~seck/AlleDateien/Allgemeines/VDE2008/Proceedings/ETG_1_3_3_Scherer.pdf) 10.11.2017 16:21
- Schimmelfennig, Frank 2009: Europeanization beyond Europe. In: Living Reviews in European Governance 2 (1).
- Schneider Electric 2015: Electrical Distribution Maintenance Services Guide. <http://www.schneider-electric.be/documents/services/distribution-electrique/maintenance/32VP350EN.pdf> 23.03.2016 19:40
- Schneider, Friedrich 2015: Schwarzarbeit, Steuerhinterziehung und Korruption: Was ökonomische und nicht-ökonomische Faktoren zur Erklärung beitragen. In: Perspektiven der Wirtschaftspolitik 16(4). <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/pwp.2015.16.issue-4/pwp-2015-0026/pwp-2015-0026.pdf> 28.06.2017 19:24

- Schneider, Friedrich/Kollmann, Andrea/Tichler, Robert 2005: *Netztarife in Österreich: Bestandsaufnahme und internationaler Vergleich*. Pressefassung, Linz.
- Schneider, Friedrich/Steinmüller, Horst 2005: *Stromnetztarife im internationalen Vergleich Direkter Zusammenhang zwischen Netztarifen und Versorgungssicherheit*. Präsentationsfolien.
- Schulz-Schaeffer, Ingo 2000: *Sozialtheorie der Technik*. Campus Verlag, Frankfurt/New York.
- Schumann, Diana 2005: *Interessenvermittlung im europäischen Mehrebenensystem. Strategien großer Elektrizitätsunternehmen im Vergleich*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- Scobie, Grant M./Janssen, John 1993: *Liberalising New Zealand's Economy: Rehabilitation and Recovery*. <https://www.cis.org.au/app/uploads/2015/04/images/stories/policy-magazine/1993-spring/1993-9-3-grant-m-scobie-and-john-janssen.pdf> 06.09.2016 13:00
- SE4all (Sustainable Energy for all) 2014: *Tajikistan. Rapid assessment and gap analysis*. [http://www.se4all.org/wp-content/uploads/2014/01/Tajikistan-Rapid-Assessment\\_Gap-Analysis-v5-eng.pdf](http://www.se4all.org/wp-content/uploads/2014/01/Tajikistan-Rapid-Assessment_Gap-Analysis-v5-eng.pdf) 28.10.2015, 18:00
- Seawright, Jason/Gerring, John 2008: *Case Selection Techniques in Case Study Research: A Menu of Qualitative and Quantitative Options*. In: *Political Research Quarterly* 61/2. S. 294-308.
- Seim, Line Tøndel/Søreide, Tina 2009: *Bureaucratic complexity and impacts of corruption in utilities*. In: *Utilities Policy* 17. S. 176-184.
- Sengbusch, Klaus von/Engels, Klaus/Krane, Christian 2004: *Bewertung der Netzstrukturgüte des Transportnetzes*. In: *ETG-Fachtagsbericht VDE Kongress Berlin 18.-20.10.2004*. S. 315-320.
- Shen, Daisy/Yang, Qing 2012: *Electricity Market Regulatory Reform and Competition - Case Study of the New Zealand Electricity Market*. In: Wu, Y./Shi, X./Kimura, F. (eds.): *Energy Market Integration in East Asia: Theories, Electricity Sector and Subsidies*. S. 103-139. <http://www.eria.org/Chapter%206-Electricity%20Market%20Regulatory%20Reform%20and%20Competition-Case%20Study%20of%20the%20New%20Zealand%20Electricity%20Market.pdf> 02.08.2016 18:10
- Sheshinski, E. 1976: *Price, Quality and Quantity Regulation in Monopoly Situations*. In: *Economica* 43. S. 127-137.
- Silvast, A. 2006: *Keskeytyksestä kritiikkeihin: sähköjakelun häiriöiden kokemuksia ja kohtaamisia (From cut to criticisms: Facing electricity distribution interruptions)*. Master Arbeit Universität Helsinki.
- Simmonds, Gillian 2002: *REGULATION OF THE UK ELECTRICITY INDUSTRY 2002 edition*. [http://www.bath.ac.uk/management/cri/pubpdf/Industry\\_Briefs/Electricity\\_Gillian\\_Simmonds.pdf](http://www.bath.ac.uk/management/cri/pubpdf/Industry_Briefs/Electricity_Gillian_Simmonds.pdf) 12.08.2016 15:20
- Slovic, P. 1992: *Perceptions of risk: Reflections on the psychometric paradigm*. In: Krimsky, S./Golding, D. (Hrsg.): *Social theories of risk*. S. 117–152. Praeger, Westport.
- Slowikowski, Kamil 2017: *ggrepel: Repulsive Text and Label Geoms for 'ggplot2'*. R package version 0.7.0. <https://CRAN.R-project.org/package=ggrepel>
- Soula, S. 2009: *Lightning and Precipitation*. In: Betz, H. D./Schumann, U./Laroche, P. (eds): *Lightning: Principles, Instruments and Applications*. S. 447-463. Springer, Dordrecht
- Spence, A. M. 1975: *Monopoly, Quality and Regulation*. In: *Bell Journal of Economics* 6. S. 417-429
- Staniford, Stuart 2013: *International Power Outage Comparisons*. <http://earlywarn.blogspot.de/2013/05/international-power-outage-comparisons.html>
- Steetskamp, Ineke/van Wijk, D. 1994: *Stromausfall. Die Verletzlichkeit der Gesellschaft; Die Folgen von Störungen der Elektrizitätsversorgung*. Den Haag.
- Steger, Ulrich/Büdenbender, Ulrich/Feess, Eberhard/Nelles, Dieter 2008: *Die Regulierung elektrischer Netze. Offene Fragen und Lösungsansätze*. Springer, Berlin/Heidelberg.

- Steiner, Faye 2001: Regulation, Industry Structure and Performance in the Electricity Supply Industry. <http://www.oecd.org/eco/outlook/2731965.pdf> 04.02.2015, 15:25
- Stern, Jon/Holder, Stuart 1999: Regulatory governance: criteria for assessing the performance of regulatory systems. An application to infrastructure industries in the developing countries of Asia. In: Utilities Policy 8. S. 33-50.
- Stiftung Risiko-Dialog 2007: Risikowahrnehmung Versorgungsqualität. Analyse und Empfehlungen aufgrund von Fokusgruppen-Gesprächen und Einzelinterviews zum Thema Stromausfall. St. Gallen.
- Stigler, George J. 1971: The theory of economic regulation. <http://www.ppge.ufrgs.br/giacomo/arquivos/regulacao2/stigler-1971.pdf> 11.02.2015, 14:00
- Stigler, George J./Friedland, Claire 1962: What Can Regulators Regulate? The Case of Electricity. In: The Journal of Law and Economics Vol. 5. S. 1-16. <http://hsecon.tripod.com/Stigler62.pdf> 12.03.2015 11:35
- Stone, Jon 2015: NHS hospital's 'unsustainable' privatisation deal collapses amid concerns over poor care. Hinchingsbrooke Hospital has been run by Circle Health since 2012. <http://www.independent.co.uk/news/uk/politics/nhs-hospital-s-unsustainable-privatisation-deal-collapses-amid-concerns-over-poor-care-9967479.html> 15.07.2016 11:25
- Strebel, Felix 2011: Inter-governmental institutions as promoters of energy policy diffusion in a federal setting. In: Energy Policy, Vol. 39. S. 467-476.
- Sunde, Uwe 2006: Wirtschaftliche Entwicklung und Demokratie: Ist Demokratie ein Wohlstandsmotor oder ein Wohlstandsprodukt?. IZA DP No. 2244. <http://ftp.iza.org/dp2244.pdf> 19.04.2017 20:34
- Suruhanjaya Tenaga 2012: ELECTRICITY SUPPLY INDUSTRY IN MALAYSIA PERFORMANCE AND STATISTICAL INFORMATION 2010. <http://meih.st.gov.my/documents/10620/e92bbc28-ff35-4e80-8981-a849b2fce14b> 13.10.2015 15:20
- Tahvanainen, Kaisa/Honkapuro, Samuli/Partanen, Jarmo/Viljainen, Satu 2010: Experiences of modern rate of return regulation in Finland. In: Utilities Policy 21. S. 32-39.
- tec.Lehrerfreund 2009: Elektrische Leistung (1). <http://www.lehrerfreund.de/in/technik/1s/elektrische-leistung/> 25.04.2011, 20:00
- Tennekes, Martijn 2018: tmap: Thematic Maps. R package version 1.11-1. <https://CRAN.R-project.org/package=tmap>
- TenneT 2014: Netzentwicklungsplan 2014: Netzausbau für die Energiewende. <http://www.tennet.eu/de/news-presse/article/netzentwicklungsplan-2014-netzausbau-fuer-die-energiewende.html> 18.03.2015 15:00
- TEPCO (The Tokyo Electric Power Company, Incorporated) 2015: Electric Power Supply in Tokyo Metropolitan Area. Präsentationsfolien. <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2015/03/5-tepco.pdf> 10.04.2021 14:28
- TEPCO (The Tokyo Electric Power Company, Incorporated) 2016: Corporate Information. Power Facilities/ Transmission Network. <http://www.tepco.co.jp/en/corpinfo/consultant/facilities/2-plan-e.html> 15.01.2018 18:02
- Ter-Martirosyan, Anna 2003: The Effects of Incentive Regulation on Quality of Service in Electricity Markets. <http://www.krannert.purdue.edu/faculty/smartin/ios/ATM.pdf> 14.12.2014, 18:25
- TI (Transparency International) 2015: Corruption Perceptions Index 2014. <http://www.transparency.org/cpi2014/results> 17.11.2016 16:36
- TI (Transparency International) 2017  
a: Corruption Perceptions Index 2016: Full Source Description. [http://files.transparency.org/content/download/2056/13236/file/CPI\\_2016\\_SourceDescriptionDocument\\_EN.pdf](http://files.transparency.org/content/download/2056/13236/file/CPI_2016_SourceDescriptionDocument_EN.pdf) 02.02.2019 14:51  
b: Corruption Perceptions Index 2016: Technical Methodology Note. [http://files.transparency.org/content/download/2055/13232/file/CPI\\_2016\\_TechnicalMethodologyNote\\_EN.pdf](http://files.transparency.org/content/download/2055/13232/file/CPI_2016_TechnicalMethodologyNote_EN.pdf) 02.02.2019 15:03

- c: Verwendete Quellen. <https://www.transparency.de/korruptionsindizes/cpi-2015/verwendete-quellen/?L=0> 07.12.2017 15:36
- TI (Transparency International) 2018: FAQs on corruption. [https://www.transparency.org/whoweare/organisation/faqs\\_on\\_corruption](https://www.transparency.org/whoweare/organisation/faqs_on_corruption) 18.01.2018 15:48
- Trebing, Harry M. 1987: Regulation of Industry: An Institutionalist Approach. In: Journal of Economic Issues XXI(4). S. 1707-1737.
- Trengereid, Frode 2003: Quality of supply regulation in Norway. Präsentationsfolien. [http://www.cired.be/CIREDO3/data/session6\\_alpha/RT2-6%20Trengereid.pdf](http://www.cired.be/CIREDO3/data/session6_alpha/RT2-6%20Trengereid.pdf) 09.06.2011, 14:20
- Tsarenko, Anna 2007: Overview of Electricity Market in Ukraine. <https://case-ukraine.com.ua/content/uploads/2020/09/Overview-of-Electricity-Market-in-Ukraine-2.pdf> 19.12.2017 16:35
- UCTE (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity) 2003: FINAL REPORT of the Investigation Committee on the 28 September 2003 Blackout in Italy. [https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/pre2015/publications/ce/otherreports/20040427\\_UCTE\\_IC\\_Final\\_report.pdf](https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/pre2015/publications/ce/otherreports/20040427_UCTE_IC_Final_report.pdf) 21.03.2021 11:39
- UCTE (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity) 2007: Final Report. System Disturbance on 4 November 2006. [https://www.entsoe.eu/fileadmin/user\\_upload/\\_library/publications/ce/otherreports/Final-Report-20070130.pdf](https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/ce/otherreports/Final-Report-20070130.pdf) 24.03.2015 10:20
- USCA (U.S.-Canada Power System Outage Task Force) 2003: Interim Report: Causes of the August 14th Blackout in the United States and Canada. <https://emp.lbl.gov/sites/all/files/interim-rpt-Aug-14-blkout-03.pdf> 04.11.2015 16:25
- USCA (U.S.-Canada Power System Outage Task Force) 2004: Final Report on the August, 14 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations. <http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/BlackoutFinal-Web.pdf> 24.03.2015 10:00
- Ushey, Kevin/McPherson, Jonathan/Cheng, Joe/Atkins, Aron/Allaire, JJ 2018: packrat: A Dependency Management System for Projects and their R Package Dependencies. R package version 0.5.0. <https://CRAN.R-project.org/package=packrat>
- Utterwedde, Henrik 1996: Privatisierungspolitik in Frankreich. Eine Zwischenbilanz. In: frankreich analysen Nr. 4. <http://www.dfi.de/pdf-Dateien/Veroeffentlichungen/afa/afa4.pdf> 14.07.2016 18:40
- Van Evera, Stephen 1997: Guide to Methods for Students of Political Science. Cornell University Press. Ithaca/London.
- Vickers, John/Yarrow, George 1988: Privatisation: An Economic Analysis. MIT Press, Cambridge.
- Vickers, John/Yarrow, George 1991: Economic Perspectives on Privatization. In: The Journal of Economic Perspectives, Vol. 5, No. 2. S. 111-132. <https://www.jstor.org/stable/pdf/1942688.pdf> 30.07.2021 11:04
- Vollmer, Uwe 2007: Sind Finanzmärkte in "Common-law-Ländern" besser entwickelt als in "Civil-law-Ländern"?. In: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik 2007(1). S. 3-24. [http://www.digizeitschriften.de/download/PPN365362204\\_0056/PPN365362204\\_0056\\_\\_LOG\\_0011.pdf](http://www.digizeitschriften.de/download/PPN365362204_0056/PPN365362204_0056__LOG_0011.pdf) 16.09.2016 10:32
- Wakahama, Gorow/Kuroiwa, Daisuke 1977: Snow Accretion on Electric Wires and its Prevention. [http://www.igsoc.org:8080/journal/19/81/igs\\_journal\\_vol19\\_issue081\\_pg479-487.pdf](http://www.igsoc.org:8080/journal/19/81/igs_journal_vol19_issue081_pg479-487.pdf) 15.03.2016 15:40
- Watt, Nicholas 2012: David Cameron pledges era of 'popular capitalism'. theguardian vom 19. Januar 2012. <http://www.theguardian.com/politics/2012/jan/19/david-cameron-pledges-popular-capitalism> 09.08.2016 10:35
- WEF (World Economic Forum) 2005: Executive Opinion Survey. Global Competitiveness Report 2005-2006 of the World Economic Forum. Source: Global Competitiveness Report, World Economic Forum, Switzerland, from 2005 until 2017.



WEF (World Economic Forum) 2006: Executive Opinion Survey. Global Competitiveness Report 2006-2007 of the World Economic Forum. Source: Global Competitiveness Report, World Economic Forum, Switzerland, from 2005 until 2017.

WEF (World Economic Forum) 2015: Executive Opinion Survey 2016. The Global Competitiveness Report 2016–2017 of the World Economic Forum. Source: Global Competitiveness Report, World Economic Forum, Switzerland, from 2005 until 2017.

WEF (World Economic Forum) 2016

a: Appendix C: The Executive Opinion Survey 2016: Views of the Business Community on the Global Risks of Highest Concern for Doing Business. <http://reports.weforum.org/global-risks-2017/appendix-c-the-executive-opinion-survey-2016-views-of-the-business-community-on-the-global-risks-of-highest-concern-for-doing-business/> 07.12.2017 14:56  
b: Survey structure, administration, and methodology. <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2015-2016/survey-structure-administration-and-methodology/> 11.12.2017 11:27 Quellennachweis

WEF (World Economic Forum) 2017

a: Executive Opinion Survey 2017. The Global Competitiveness Report 2017–2018. Source: Global Competitiveness Report, World Economic Forum, Switzerland, from 2005 until 2017.

b: Global Competitiveness Index. <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/datascope-datasets-nov9/datasets/53/data.csv> 13.11.2017 17:30

c: The Global Competitiveness Report 2017–2018.

<http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf> 24.11.2017 17:55

WEF (World Economic Forum) 2018: EOS - moving averages 2005 & 2017 request. Source: Global Competitiveness Report, World Economic Forum, Switzerland, from 2005 until 2017.

WEF (World Economic Forum) o. J.

a: BUSINESS ENVIRONMENT AND ENTERPRISE PERFORMANCE SURVEY SCREENER QUESTIONNAIRE 2002 (Telephone Interview).

b: BUSINESS ENVIRONMENT AND ENTERPRISE PERFORMANCE SURVEY SCREENER QUESTIONNAIRE. 2004 – Germany, Greece, Portugal, South Korea, Vietnam.

Weltbank (The Worldbank Group) 2015

a: Land area (sq. km). <http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.TOTL.K2> 13.03.2017 20:50

b: GDP per capita, PPP (current international \$). <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD> 08.11.2016 13:22

c: Worldwide Governance Indicators. [http://databank.worldbank.org/data/download/WGI\\_excel.zip](http://databank.worldbank.org/data/download/WGI_excel.zip) 20.01.2016 12:06

d: Strength of legal rights index (0=weak to 12=strong).

<http://data.worldbank.org/indicator/IC.LGL.CRED.XQ08> 11.2016 17:12

e: Urban population (% of total). <http://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS> 13.03.2017 20:50

f: Population density (people per sq. km of land area). <http://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST> 13.03.2017 20:50

g: World Development Indicators. Access to electricity (% of population). Indicator Code EG.ELC.ACCS.ZS.

<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators> 20.07.2021 18:10

Weltbank (The Worldbank Group) 2016

a: Market capitalization of listed domestic companies (% of GDP).

<http://api.worldbank.org/v2/en/indicator/CM.MKT.LCAP.GD.ZS?downloadformat=excel> 10.11.2016 11:31

b: GDP (current US\$). <http://api.worldbank.org/v2/en/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?downloadformat=excel> 03.11.2016 17:27

c: Key Features of Common Law or Civil Law Systems.

<http://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/legislation-regulation/framework-assessment/legal-systems/common-vs-civil-law> 05.08.2016 10:00

d: Average precipitation in depth (mm per year). <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=AG.LND.PRCP.MM&country=> 18.10.2016 16:57

WBES: World Business Environment Survey (WBES). <http://go.worldbank.org/RV060VBJU0> 04.12.2017 11:52

Weltbank (The Worldbank Group) 2021

a: <https://www.enterprisesurveys.org/content/dam/enterprisesurveys/documents/DataDetails.xls> 20.05.2021 11:39

b: Frequently Asked Questions. <https://www.enterprisesurveys.org/en/about-us/frequently-asked-questions> 19.05.2021

11:54

c: THE WORLD BANK ENTERPRISE SURVEY. Manufacturing Module (2021):

<https://www.enterprisesurveys.org/content/dam/enterprisesurveys/documents/methodology/ES-Manufacturing.pdf>  
20.05.2021 12:51

White, Matthew W./Joskow, Paul L./Hausmann, Jerry 1996: Power Struggles: Explaining Deregulatory Reforms in Electricity Markets. Brookings Papers on Economic Activity. Microeconomics, Vol. 1996. S. 201-267.

<https://www.jstor.org/stable/pdf/2534749.pdf?refreqid=excelsior%3A4ea3ce0663e2c18fb2af7d460eee3d81> 02.06.2021  
13:10

Wickham, Hadley 2007: Reshaping Data with the reshape Package. Journal of Statistical Software, 21(12). S. 1-20.  
<http://www.jstatsoft.org/v21/i12/>

Wickham, Hadley 2009: ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag. New York.

Winzer, Christian 2012: Conceptualizing energy security. In: Energy Policy 46.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.067> 24.05.2012

Wirtschaftslexikon24.com 2015: Infrastrukturpolitik.

<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/infrastrukturpolitik/infrastrukturpolitik.htm> 19.03.2015

Woo, Chi-Keung/Lloyd, Debra/Tishler, Asher 2003: Electricity market reform failures: UK, Norway, Alberta and

California. In: Energy Policy 31. S. 1103-1115. <http://econ.tu.ac.th/archan/chalotorn/on%20mkt%20failure/woo%20et%20al.pdf> 31.07.2016 16:25