

PolRess AP3 – Quantitative Szenarien

Bestandsaufnahme ressourcenrelevanter Modelle, Methoden und Datensätzen

Arbeitspapier AS 3.1

Klaus Jacob, Lisa Münch
Forschungszentrum für Umweltpolitik



Unter Mitarbeit von:

Mark Meyer, Martin Distelkamp

Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (GWS)



Ressourcen Politik

PolRes – Ressourcenpolitik

Ein Projekt im Auftrag des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes

Laufzeit 01/2012 – 05/2015

FKZ: 3711 93 103



Fachbegleitung UBA

Judit Kanthak

Umweltbundesamt

E-Mail: judit.kanthak@uba.de

Tel.: 0340 – 2103 – 2072

Ansprechpartner Projektteam

Dr. Klaus Jacob

Freie Universität Berlin

E-Mail: klaus.jacob@fu-berlin.de

Tel.: 030 – 838 54492

Projektpartner:



Die veröffentlichten Papiere sind Zwischen- bzw. Arbeitsergebnisse der Forschungsnehmer. Sie spiegeln nicht notwendig Positionen der Auftraggeber oder der Ressorts der Bundesregierung wider. Sie stellen Beiträge zur Weiterentwicklung der Debatte dar.

Zitationsweise: Jacob, K./ Münch, L. (2013): Bestandsaufnahme ressourcenrelevanter Modelle, Methoden und Datensätzen . Arbeitspapier AS 3.1 im Projekt Ressourcenpolitik: Analyse der ressourcenpolitischen Debatte und Entwicklung von Politikoptionen (PolRess).

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Einleitung: Hintergrund und Ziel	1
1. Definition: Modelle, Methoden, Datensätze	2
2. LIAISE Toolbox: Beschreibung der Modelle.....	3
3. Vorgehen bei der Bestandsaufnahme.....	3
4. Befunde der Bestandsaufnahme.....	4
4.1. In der LIAISE Toolbox bereits vorhandene Modelle.....	4
4.2. Weitere identifizierte ressourcenrelevante Modelle.....	5
4.3. In Entwicklung befindliche Modelle	8
4.4. Methoden zur Erfassung und Zurechnung (Produktion / Konsum) von direkten und indirekten Ressourcenflüssen	9
4.4.1. Analyse von Produkten.....	9
4.4.2. Analyse von Materialflüssen	9
4.4.3. Ökologische Fußabdrücke	11
4.5. Ressourcenökonomisch relevante Datensätze	11
4.5.1. Physische Daten.....	11
4.5.2. Monetäre Daten	12
5. Ausgewertete Literatur/Literaturverzeichnis.....	14

Abstract

In dem Papier wird das Vorgehen und die Ergebnisse bei einer Inventarisierung und der Beschreibung von Modellen, Methoden und Datensätzen berichtet, die für Politikfolgenabschätzungen im Bereich der Ressourceneffizienzpolitik geeignet wären. Ausgehend von Taxonomien für die Beschreibung von Wissensbeständen zur Politikfolgenabschätzung, wie sie im EU Exzellenznetzwerk LIAISE entwickelt worden sind, werden aus der Literatur Modelle, Methoden und Datensätze identifiziert und in einer standardisierten Weise beschrieben.

Diese Bestandsaufnahme ermöglicht:

- die zielgerichtete Ansprache der Entwickler,
- die Weiterentwicklung einer Werkzeugkiste für die Politikfolgenabschätzung in diesem Politikfeld,
- die Identifikation von Komplementaritäten zwischen unterschiedlichen Modellen, Datensätzen und Methoden.

Im weiteren Projektverlauf werden dann in Workshops mit Modellentwicklern insbesondere Kombinationsmöglichkeiten von Modellen erkundet.

Die Bestandsaufnahme kann angesichts der raschen Entwicklungen in dem Feld auch nicht als abgeschlossen angesehen werden, sondern wird im Laufe des Projekts laufend ergänzt. Dazu werden die geplanten Modellierer-Workshops, die Vernetzungsworkshops mit anderen Projekten dienen, sowie die laufende Beobachtung der Literatur.

Einleitung: Hintergrund und Ziel

Im Rahmen von PolRes, aber auch darüber hinaus in der sich entwickelnden Ressourcenpolitik, werden politische Instrumente analysiert und diskutiert, um die Ressourceneffizienz zu verbessern. In der politischen Diskussion geht es dabei vor allem darum, welche Kosten und welcher Nutzen (in einem weiten Sinne) aus solchen Instrumenten zu erwarten ist. Um dies zu beurteilen, werden nicht nur in Deutschland, sondern auch in der Europäischen Kommission und in anderen Ländern Modelle genutzt, die die erwarteten Auswirkungen politischer Maßnahmen auf verschiedenen Dimensionen analysieren. Viele Forschungseinrichtungen engagieren sich derzeit in der Entwicklung von solchen Modellen.

Diese Expertise soll im Rahmen des PolRes Projekts identifiziert und ggf. auch genutzt werden. Dazu wird in diesem Arbeitspapier zunächst eine Bestandserhebung von bestehenden Modellen, Datensätzen und weiteren Methoden durchgeführt, die für Politikfolgenabschätzungen genutzt werden können.

Die Fragen, die sich aus einer umfassenden Politikfolgenabschätzung ergeben, können häufig nicht mit einer einzelnen Methode, einem einzelnen Modell oder einer Disziplin beantwortet werden. Wenn man beispielsweise eine Pfandpflicht für elektronische Geräte vorstellt, dann verursacht diese Kosten bei Herstellern, Konsumenten sowie im Handel, während in der Recyclingwirtschaft zusätzliche Umsätze und Beschäftigung erwartet werden können. Von der Pfandpflicht wär eine Reihe von Rohstoffflüssen betroffen, es würden Emissionen aus der Rohstoffextraktion und dem Recycling zu betrachten sein, usw. Eine Politikfolgenabschätzung müsste die Vor- und Nachteile einer solchen Maßnahme umfassend analysieren.

Es gibt kein einzelnes Modell, das dafür geeignet ist, all diese Anforderungen zu erfüllen. Modelle repräsentieren immer nur einen Ausschnitt aus einem Gesamtsystem und fokussieren z.B. auf bestimmte Umweltmedien, auf Ressourcen und Rohstoffe, Sektoren, Märkte oder Länder. Zudem verwenden Modelle unterschiedliche Modellierungstechniken, Indikatoren und Daten und treffen unterschiedliche Annahmen. Für die Nutzer von solchen Modellen oder für die Interpretation der Modellierungsergebnisse ist es notwendig, die Fokussierung und die zugrundeliegenden Annahmen eines Modells zu verstehen um die Nutzbarkeit für ein spezifisches Anliegen beurteilen zu können.

Um die Nutzbarkeit von Modellen für bestimmte Fragestellungen im Rahmen von Politikfolgenabschätzungen zu beurteilen, wurde im Rahmen des EU geförderten Exzellenznetzwerk LIAISE (www.liaise-noe.eu) eine Referenz entwickelt, um Modelle und weitere Wissensbestände in einer standardisierten Weise zu beschreiben. Diese Meta-Beschreibungen modellieren nicht nur die Wissensbestände, sondern auch den Prozess der Politikfolgenabschätzung. Mit diesen Informationen können Modelle zielgerichtet ausgewählt werden, entsprechend den Anforderungen, die sich aus einem bestimmten Politikvorhaben ergeben. Auf dieser Basis wurde eine erste Version einer Toolbox implementiert (<http://alpha.liaise-toolbox.eu>).

Während die LIAISE Referenz und die damit verbundenen Taxonomien ein generisches Metamodell anbieten, sind die spezifischen Aspekte, die sich aus der Ressourcenpolitik ergeben, dort noch nicht abgedeckt. Es fehlen insbesondere Taxonomien, die die Leistungsfähigkeit von Modellen im Hinblick auf verschiedene Ressourcenarten aufzeigen. Für die Beschreibung und Klassifizierung der Modelle, die für das Projekt PolRes und die Ressourceneffizienzpolitik genutzt werden sollen, ist daher eine Ergänzung der Beschreibungen notwendig.

Auf der Basis der Bestandserhebung und der Klassifizierung von Modellen ist es das Ziel von PolRes eine Diskussions- und Kommunikationsplattform für die Entwickler und Nutzer verschiedener ressourcenbezogener Modelle aufzubauen. Damit sollen Modelle, Datensätze, Methoden und Kombinationsmöglichkeiten identifiziert und bereitgestellt werden, mit denen die verschiedenen ressourcenpolitisch relevanten Fragestellungen bearbeitet werden können. Im Rahmen dieser Diskussionsplattform wird dann insbesondere zu analysieren sein, welche Modelle und Methoden kombinierbar sind. Um dies zu erörtern, werden Entwickler der hier identifizierten Modelle in der zweiten Jahreshälfte 2012 zu Workshops eingeladen.

1. Definition: Modelle, Methoden, Datensätze

Für die Abschätzung der Auswirkungen von ressourcenpolitischen Instrumenten können Modelle, Methoden und Datensätze herangezogen werden. Diese Wissensbestände werden im Sinne des PolRes Projekts wie folgt definiert:

Modelle sind Computerprogramme, d.h. Algorithmen¹ und Daten, die bestimmte Teile von Ökonomien (z.B. Märkte, Branchen), Regionen (Länder oder andere Einheiten), Ressourcen oder Ressourcenströmen repräsentieren und Szenarien entwickeln, wie sich die dargestellten Systeme oder relevante Indikatoren in Zukunft entwickeln. Dabei können sowohl die Wechselwirkungen der Teilsysteme untereinander analysiert, als auch die Wirkung von exogenen Variablen (z.B. Politik) betrachtet werden (Simulationsfähigkeit). Modelle sind Vereinfachungen von Systemen mit dem Ziel deren Funktionsweisen zu simulieren und zu analysieren. Mit dieser Vereinfachung sind in der Regel Annahmen über Kausalbeziehungen verbunden.

¹ = empirisch fundierte Systemzusammenhänge (definitorisch, Verhaltensgleichungen)

Methoden zur Politikfolgenabschätzung von ressourcenpolitischen Instrumenten zielen auf die Erfassung und Zurechnung (Produktion / Konsum) von direkten und indirekten Ressourcenströmen und haben zum Ziel, ein besseres Verständnis zu der durch wirtschaftliche Aktivitäten einzelner bzw. aller Produzenten oder Nachfrager induzierten Ressourceninanspruchnahme zu erlangen. Die Anwendung dieser Methoden ist in der Regel auf den historischen Zeitraum beschränkt (ex-post), es sei denn, die für Anwendung der Methodik notwendigen Datensätze sind auf Grundlage von Modellen auch für die Zukunft (ex-ante) verfügbar.

Darüber hinaus sollen auch **Datensätze** betrachtet werden. Datensätze sind Indikatoren und dazugehörige Daten, die benötigt werden um die Methoden und Modelle anwenden zu können. Für dieses Vorhaben sind vor allem Datensätze zu Ressourcen, zu relevanten Technologien und Märkten von Interesse.

Modelle, Methoden und Datensätze werden mit denselben Taxonomien beschrieben, die auch z.B. für die Beschreibung der verschiedenen Bereiche, in denen Auswirkungen analysiert werden (Impact Areas), verwendet werden oder für die sektorale und regionale Auflösung, usw. Auf diese Weise können verwandte Wissensbestände identifiziert werden.

2. LIAISE Toolbox: Beschreibung der Modelle

Die Beschreibung der Modelle erfolgt im Rahmen der LIAISE Toolbox. Die gegenwärtige Version enthält insgesamt 85 Beschreibungen von Modellen, die für die Politikfolgenabschätzung genutzt werden können und insbesondere umweltökonomische Fragestellungen bearbeiten. Die Toolbox erlaubt die Suche auf der Grundlage von definierten Taxonomien, die die Modelle beschreiben. Durch die Kombination von unterschiedlichen Taxonomien können Modelle identifiziert werden, die für die spezifische Fragestellung geeignet sind. Darüber hinaus enthält die Toolbox anderes relevantes Wissen, um den gesamten Prozess eines Impact Assessments zu unterstützen, z.B. eine Datenbank mit ausgewiesenen IA-Experten, Beispiele Guter Praxis, Hintergrundinformationen zu den Impact Areas und zu generischen Methoden, die in einem IA genutzt werden können.

Für die Zwecke des Projektes PolRes wurden die Taxonomien der LIAISE Toolbox von den Partnern des Konsortiums begutachtet und Änderungen vorgeschlagen.

In diesem Rahmen wurde eine Präzisierung der Taxonomien zu „Model's Thematic Focus“, „Modelling Techniques“ und „Impact Areas“ vorgeschlagen. Darüber hinaus wurden Spalten zu „Scientific Origin“ eingeführt, um die Herkunft der Modelle aus den unterschiedlichen Wissenschaftsbereichen aufzuzeigen. Desweiteren wurde die Spalte „Spatial Resolution“ um „Spatial Coverage“ ergänzt sowie eine neue Rubrik „Time Scale“ ausgewiesen, d.h. Zeithorizont der Modellierung sowie Frequenz der Ergebnisse. Diese Erweiterungen wurden in den Datenbestand der LIAISE Toolbox aufgenommen.

Darüber hinaus wurde eine neue Taxonomie ergänzt, um die verschiedenen Materialtypen abzudecken, die in ProgRes adressiert werden und somit auch für PolRes relevant sind. Da die in ProgRes angesprochenen Ressourcen nicht in der LIAISE Referenz enthalten sind (bei „Thematic Focus“ bislang lediglich „Waste and Material Flows“ als Kategorie), wurde eine neue Taxonomie speziell für Ressourcen entwickelt, um eine detaillierte Beschreibung der Modelle zu erlauben.

3. Vorgehen bei der Bestandsaufnahme

Um die ressourcenrelevanten Modelle, Methoden und Datensätze in Europa zu identifizieren, wurde eine Recherche durchgeführt, die von drei Ansatzpunkten ausging:

1. Zunächst wurde eine Auswertung der einschlägigen Literatur vorgenommen (u.a. Meta-Studien von Cambridge Econometrics und SERI) (Pollitt, Barker, Ce, Pirgmaier, Polzin, Lutter, and Hinterberger 2010a)
2. Darüber hinaus wurde gezielte nach konkreten Studien und Projekten gesucht, die sich mit Fragestellungen zu Ressourcen, Ressourceneffizienz und –politik befassen (u.a. MaRes, MACMOD, PetrE, MOSUS, POLINARES, Exiopol) sowie
3. ein Screening der einschlägigen Institute bzw. Experten vorgenommen und deren Modelle und Aktivitäten analysiert (SERI, GWS, Wuppertal Institut, TNO, Uni Klagenfurt, SEI).

Auf Grund der relativen Neuheit des Themas können mit diesen drei Ansatzpunkten und dem „Schneeballprinzip“, d.h. des stetigen Weiterverfolgen genannter Namen, Publikationen, Modelle, auch aktuellste Entwicklungen in die Auswertung mit einfließen und somit eine relativ flächendeckende Analyse gewährleistet werden.

Bei der Erhebung ging es vor allem um die Identifikation von:

- Modellen, die eine Analyse der Materialflüsse in der Wertschöpfungskette erlauben sowie
- Datensätze für Rohstoffe, die über die offiziellen Statistiken hinausgehen

4. Befunde der Bestandsaufnahme

Die identifizierten Modelle werden in drei Kategorien unterteilt: 1) solche, die bereits in der LIAISE Toolbox enthalten sind, 2) solche, die sich aus der Literaturlauswertung ergeben haben und neu in den Datenbestand der LIAISE Toolbox aufgenommen wurden und 3) solche Modelle, die sich derzeit noch in der Entwicklung befinden. Letztere werden entsprechend nach Fertigstellung ebenfalls im Rahmen der LIAISE Toolbox beschrieben.

Da die Beschreibung der Modelle in der LIAISE Toolbox auf Englisch ist, sind auch die nachfolgenden Texte auf Englisch.

4.1. In der LIAISE Toolbox bereits vorhandene Modelle

In der LIAISE Toolbox enthalten waren bereits drei ressourcenrelevante Modelle.

Model name	Short description of the model
E3ME Energy-environment-economy model of Europe By Cambridge Econometrics	E3ME is an econometric, dynamic, simulation model estimated using econometric panel-data techniques on cross-section and annual time-series data 1970-1995. It covers the EU-27 plus Norway and Switzerland. E3ME provides an econometric one-model approach in which the detailed industry analysis is consistent with the macro analysis (i.e. the aggregate European results are obtained by summing the countries and sectors). The model is mainly used for: <ul style="list-style-type: none"> • general macro and sectoral economic analysis – for example to assess detailed economic impacts (including impacts on international competitiveness and on the labour market) of R&D spending; • more focused analysis of policies relating to greenhouse gas mitigation – for example to assess detailed energy, environmental and economic impacts of energy and carbon taxation and the emission trading scheme; • assessing incentives for industrial energy efficiency – for example the impacts of extra investment in new technologies;

Model name	Short description of the model
	<ul style="list-style-type: none"> analysing sustainable household consumption – for example to assess impacts of raw material taxation on household consumption patterns and other economic variables. <p>The econometric techniques used in E3ME are based on the concepts of cointegration and error-correction methodology. This technique allows E3ME to be used for assessing short and medium-term effects as well as long-term impacts of E3 policies.</p>
GINFORS Global INterindustry FORecasting System By GWS	<p>GINFORS is an econometric multi-country multi-sector model with global coverage. GINFORS is based on a series of closely-linked modules which are solved simultaneously. The bilateral trade model is the heart of the system. This guarantees consistent linkage of trade volumes and prices for 50 countries and 25 commodities and a service sector. Exports of one country have to be imports of another country and so at the global level the trade system is closed. Within each country, the economies are modelled using either a macro model (MM) or an integrated module consisting of a macro model and an input-output model (IOM). The difference is the sectoral coverage, which is missing if the economy of a country is only represented by a macro model; where possible the IOM is used but due to data limitations this is restricted to 32 countries. The IO models describe the production technology in the countries as reflected in the input structures for 48 sectors. For all European countries a material module has been established, which calculates TMR indicators for 10 material categories. Their development is either driven by economic activity or energy demand for fossil fuels.</p>
REAP: Resource and Analysis Programme By Stockholm Environment Institute and Centre for Urban and Regional Ecology [nationaler Fokus: UK]	<p>REAP provides scenario and modelling and policy assessment on the issue of Sustainable Consumption and Production. REAP uses a sophisticated modelling approach to understand the material flows, carbon dioxide emissions, greenhouse gas emissions and Ecological Footprint of the UK, regions and local authorities. REAP is a database of all the footprint data in the UK, updated as new data is released and also a highly sophisticated model for policy and scenario analysis. Using the baseline data the tool provides the following functions (for all local authorities and regions in the UK):</p> <ul style="list-style-type: none"> Footprint data by production sector Footprint by household consumption category Time series emissions data from 1992-2004 by region A comparison tool to compare data across geographies A composite region function to join local authorities or regions Update data function where baseline data can be changed Future scenario creation and analysis Evaluation of scenarios and results display <p>All results are available as per capita or total values.</p>

4.2. Weitere identifizierte ressourcenrelevante Modelle

Insgesamt wurden acht weitere ressourcenrelevante Modelle bei der Literatur-Auswertung identifiziert, die bislang noch nicht in der LIAISE Toolbox enthalten waren.

Model name	Short description of the model
EUREAPA²	EUREAPA is a decision making support tool aimed at EU and national government

² <https://www.eureapa.net/>

Model name	Short description of the model
<p>EU Resource and Energy Analysis Programme Application By Stockholm Environment Institute and SERI</p>	<p>policy makers, NGOs and academics. It is based on the integration of the Footprint Family of indicators with an economic model so that the impact of the EU's trade on the environment can be demonstrated.</p> <p>The tool can be used to help inform policy making across several of the policy areas identified as key components of the framework for delivering the Flagship Initiative for a Resource-efficient Europe under the Europe 2020 Strategy, such as agriculture, climate and energy, sustainable consumption and production, transport and water.</p>
<p>E3.at³ Environment - Energy - Economy – Austria By GWS und SERI [nationaler Fokus: Österreich]</p>	<p>The model depicts the Austrian economy in every essential aspects (labour market, net lending, 57 branches, market actors) for Austria as a whole as well as for the federal state level. Moreover it displays the interaction between economic development and energy and material consumption as well as CO2 emissions. In the material module of the model 12 different material groups are assigned to the economic sectors extracting or importing them. Thereby it can be shown how material abstraction and material imports react to economic developments.</p> <p>The model e3.at is used to analyze economic and energy political strategies and measures, in order to facilitate findings on economic dynamics, social balance and ecological advantages to decision makers and companies.</p>
<p>HEAT⁴ Household Energy and Appliances modelling Tool By Wuppertal Institut</p>	<p>HEAT is a bottom-up impact analysis model, which allows for modeling the demand side. The computing system HEAT (Household Energy and Appliances modelling Tool) serves as accounting and monitoring tool for energy and emissions accounting in the domestic sector. It also contains a specific modeling on building elements of the building stock in Germany. Within this technology model different scenarios up to 2050 for energy demand in the housing sector are modeled. At the same time direct demand for insulant is calculated. The whole building stock of Germany is considered for the years 2005, 2010, 2020, 2030, 2040 und 2050.</p>
<p>MAKRAL MATTER 1.0⁵ MATerials Technologies for GHG Emission Reduction</p>	<p>The MATTER 1.0 model, a MARKAL systems engineering model for Western Europe, can be used for development of energy and materials strategies for greenhouse gas emission reduction in the framework of the MATTER study and the BRED study. The following options to decrease greenhouse gas emissions related to the life cycle of materials are considered in the model calculations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Increased energy efficiency: alternative materials production processes, based on new technology. • Increased materials efficiency: increased materials quality. • Increased materials efficiency: product re-design. • New recycling technologies. • Waste separation and product re-use. • New energy recovery technologies. • Substitution of energy carriers. • Substitution of natural resources. • Substitution of materials. • End-of-pipe technology.

³ http://www.gws-os.com/de/index.php?option=com_content&task=view&id=624&Itemid=303, <http://www.energiemodell.at/umwelt-energie-wirtschaft-modell/> (Stocker et al. 2007)(Großmann, Wolter, and Stocker 2011)(nur in Deutsch)

⁴ (MaRes 2010)

⁵ (Gielen et al., 1998)

Model name	Short description of the model
MEFASPACE⁶: Model Predicting Freight Transport from Materials Flows, and Transport Activity in Europe By Institute of Social Ecology, Klagenfurt University	The model seeks to predict the scale of freight transport from material flows. It is a linear and static ("mechanistic") model linking biophysical variables by defined causalities ("white box"). The key prediction is that transport volume (TV in metric tons) relates to direct material input (DMI) by a reloading factor, which, for thermodynamic reasons, varies very little. Transport work (TW in metric ton kilometers), the most common indicator for transport activity, depends on TV and distance per haul.
Panta Rhei⁷ By GWS [nationaler Fokus: D]	PANTA RHEI (greek philosopher Heraklit: "all things flow") is an ecologically extended version of the 59 sector econometric simulation and forecasting model INFORGE. PANTA RHEI additionally is equipped with a deeply disaggregated energy - and air-pollution-model, which distinguishes 29 energy carriers and their inputs in 59 production sectors and households as well as 8 air pollutants (CO ₂ , SO ₂ , NO _x , NMVOC, CH ₄ , CO, N ₂ O) and their relations to the 29 energy carriers. Besides that in PANTA RHEI detailed modules for land use and traffic are implemented with respect to the various economic-environmental relations. In the context of the MaResS-project the PANTA RHEI was extended with a material modul, which depicts the interdependencies between economy and resource use. Detailed spreadsheets on resource use (TMR-concept) in Germany, divided after material categories and product sectors of the Wuppertal Institute for the years 1995-2004, have been used as historical data base for this module ⁸ (SERI, WI, and Econometrics 2011).
WEEE Mass balance model⁹ By WRAP [nationaler Fokus: UK]	The Excel-based WEEE flows mass balance model has been developed to enable collection, treatment and reprocessing businesses to understand the flow of Electrical and Electronic Equipment (EEE) products from end of use and point of disposal through treatment and on to material recovery. This model can be flexed to assess the likely impact of changes to the assumptions about where and how WEEE is treated and the likely impact of future changes in the composition of the WEEE stream as purchasing and disposal habits change. (WRAP and Axion Consulting 2011).
WEEE chain model¹⁰ By UNU-ISP [Nationaler Fokus: NL]	The WEEE chain model links all information of the Dutch WEEE flows together, allocates the amounts to the individual collection categories and thus allows for a complete picture per collection category. Moreover it prevents double counting on various levels. <i>[Technical report not available – establish contact to modellers]</i>

⁶ (Marina Fischer-Kowalski, Gaube, and Rainer 2006)

⁷ http://www.gws-os.com/de/index.php?option=com_content&task=view&id=52&Itemid=40, (Distelkamp et al. 2004)

⁸ Während die historische Datenbasis sowie die hierauf getesteten Verhaltensgleichungen von Panta Rhei jährlich aktualisiert werden, wurden die TMR-Daten vom Wuppertal Institut einmalig im Rahmen des MaResS-Projekts zur Verfügung gestellt. Die aktuell verfügbare PANTA RHEI-Version basiert daher auf einer wesentlich vereinfachten (nicht TMR-basierten) Materialmodellierung.

⁹ <http://www.wrap.org.uk/content/model-market-flows-electrical-products> (nur nach Eintragen in das Formular ist der Download möglich)

¹⁰ <http://www.vie.unu.edu/file/get/9654>

4.3. In Entwicklung befindliche Modelle

Derzeit konnten vier Projekte identifiziert werden, in denen ressourcenrelevante Modelle entwickelt bzw. bestehende Modelle um ein Ressourcenmodul ergänzt werden. Diese werden hier kurz dargestellt und ggf. nach Fertigstellung in den LIAISE Datenbestand eingepflegt.

Model name	Short description of the model
Global copper flow model¹¹ By FHG-ISI and International Copper Association	The model is planned as a simple and flexible model filled with the main global material flows for one base year. With a comprehensive overview of copper flows worldwide it should be possible to determine in which material flows copper is present, where the streams are going and where copper might accumulate. The resulting model will provide an overview of copper flows for each end-use, with the corresponding flows of secondary raw material. Based on these flows, a variety of recycling indicators can be calculated. An evaluation of which of the many possible combinations/recycling rates are most useful for assessing copper recycling activities will be given, taking into consideration (a) their conceptual appeal and (b) the robustness of the underlying data. At the end of the project, it should be possible to estimate the work needed to expand the model in terms of detail, regionalization (North America, Asia, Europe and the rest of the world) and time frame. There are currently five major parts to the draft model: 1. Mining, 2. Production, 3. Use, 4. Waste management and 5. Environment.
MFEE¹² Material Flows and Economic Exchanges Model By Michigan Technological University [nationaler Fokus: US ¹³]	The model is a simulation model for material flows and economic exchanges within the U.S. automotive material life cycle chain and can be employed to examine the effect of future changes in vehicle material composition on the automotive recycling infrastructure. The model tracks the vehicle weight as well as the flows of five basic materials (ferrous, aluminum, other nonferrous, plastics, and miscellaneous). The fraction of materials used in new cars and the average weight of new cars are inputs, and the actual weights of the materials in the cars are calculated from the number of automobiles and the average weight fraction of each material at every stage.
Partial Equilibrium Model for Mineral Resources¹⁴ By ZEW	This project aims to develop a partial equilibrium model for mineral resources. It is designed to quantify possible developments of prices and quantities, given appropriate scenarios about the development of demand, energy prices, regulation or trade restrictions. Furthermore it is planned to model recycling explicitly, which is vitally important for metals and enters as an additional source of supply. The model will be calibrated and tested for the case of a metal.
Modell in POLINARES-Projekt¹⁵	The modeling capacity on the World energy model POLES (ENERDATA) with detailed regional coverage on a yearly basis up to 2040 will be applied in close coordination with quantitative assessment of future prospects for raw materials

¹¹ <http://isi.fraunhofer.de/isi-de/n/projekte/GlobalCopperFlowModel-DE.php>

¹² http://www.me.mtu.edu/~jwsuther/Publications/52_Bandivadekar_JMS_04.pdf

¹³ Eigentlich nur Europäische Modelle, aber auf Grund der guten Übertragbarkeit, sollte die Entwicklung dieses Modells weiter beobachtet werden.

¹⁴ <http://www.zew.de/de/forschung/projekte.php3?action=detail&nr=1067>

¹⁵ <http://www.polinares.eu/>, <http://www.enerdata.net/enerdatauk/solutions/energy-models/poles-model.php>, within WP 2 Future availability & use for oil, gas and key minerals.

Model name	Short description of the model
	related to the non-energy sectors.

4.4. Methoden zur Erfassung und Zurechnung (Produktion / Konsum) von direkten und indirekten Ressourcenflüssen

4.4.1. Analyse von Produkten

Die Lebenszyklusanalyse („Life Cycle Analysis“, LCA) sowie die Material-Input pro Serviceeinheit („Material Input per Service Unit“, MIPS) sind Methoden die auf die Produktebene fokussieren und werden nachfolgend kurz dargestellt.

Methode	Kurzbeschreibung der Methode
Life Cycle Analysis (LCA)¹⁶	LCA ist eine Methode, um die Umweltauswirkungen eines Produktes von „cradle to grave“ abzuschätzen, d.h. von der Ressourcenextraktion, über die Herstellung des Materials und der benötigten Energie, der Herstellung des Produktes, der Nutzung, Instandhaltung, bis hin zur Abfallentsorgung (ISO 1996). Mit einer LCA sollen Möglichkeiten evaluiert werden, an welcher Stelle im Prozess Umweltverbesserungen erreicht werden können.
Material-Input pro Serviceeinheit (MIPS)¹⁷	MIPS ist eine Variante der LCA, mit einem Fokus auf die Input-Seite und einer umfassenden Erhebung der Entnahme von Primärmaterial. Der Hauptindikator des MIPS-Konzeptes ist TMR (Total Material Requirement). MIPS zielt darauf ab, die Ressourcennutzung (Material, Wasser, Luft) entlang des Lebenszyklus eines Produktes aufzuzeigen. Der Unterschied zur LCA ist, dass bei MIPS auf allen Stufen des Lebenszyklus nicht nur die direkte Materialnutzung einbezogen wird, sondern auch die Äquivalente des Primärmaterials.

4.4.2. Analyse von Materialflüssen

Methode	Kurzbeschreibung der Methode
Material Flow Accounting (MFA)¹⁸	Im Gegensatz zu LCA und MIPS ist die Materialflussanalyse ein quantitatives Instrument für die Makro-Ebene, um Materialflüsse über Industrien und Sektoren hinweg, innerhalb einer spezifizierten Region und einer bestimmten Zeit, abzubilden (zum Beispiel das Copper Flow Model ¹⁹). Mit einer MFA kann ein quantitatives Bild des industriellen Metabolismus gezeichnet werden, indem die physischen Inputs und Outputs einer Ökonomie auf einer hoch aggregierten Ebene quantifiziert werden. Darüber hinaus wird eine MFA typischerweise

¹⁶Weiterführende Literatur: (Bouman 2000) (Tisdale 2002) (Pothen 2010, S. 2) + LIAISE Toolbox

¹⁷ (Ritthoff, Rohn, and Liedtke 2002)

¹⁸ (Pothen 2010) (Bouman 2000)

¹⁹ http://www.icsg.org/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=50

Methode	Kurzbeschreibung der Methode
	<p>genutzt, um ein bestehendes Materialsystem zu beschreiben und Gebiete zu identifizieren, wo Systemverbesserungen eine höhere Materialeffizienz bewirken, Abfall vermindern oder andere Materialmanagement-Verbesserungen erwirken würden.</p> <p>Da der Fokus bei einer MFA auf einem spezifischen Material liegt, werden auch nur die Sektoren, Industrien und Prozesse betrachtet, die direkt am Lebenszyklus des Materials involviert sind. Daher sind die Systemgrenzen und letztlich die Anzahl der Industrien, die in einer MFA repräsentiert sind, stark von der Verbreitung des Material innerhalb der Wirtschaft abhängig.</p> <p>Die Schwächen einer MFA sind die aggregierten Stoffströme, die basierend auf Gewicht, keine direkte Korrelation zu Umweltproblemen aufweisen. Indikatoren können als Proxy genutzt werden. Um tiefere Einblicke zu erhalten sind aber physische I-O Tabellen nötig.</p>
<p>Environmentally Extended (national) I-O Analysis²⁰ (EEIO)</p>	<p>Bei nationalen EEIOs werden die regulären, monetären Input-Output-Tabellen (die einen Überblick über die ökonomischen Transaktionen zwischen verschiedenen Wirtschaftssektoren einer Ökonomie aufzeigen) mit Umweltinformationen für jeden Sektor ergänzt, z.B. Emissionen, Ressourcenverbrauch, Landnutzung und andere externe Effekte. EEIOs können die wechselseitigen Ströme zwischen Sektoren monetär (MIOT) oder in physischen Daten (PIOT) beschreiben. I-O-Modelle bieten einen aggregierteren und umfassenderen Blick auf die Materialflüsse in der Wirtschaft als MFA und LCA. Anders als bei MFA und LCA, bei denen die Systemgrenzen durch die Natur des Materials oder Produktes festgelegt sind, kann in einem I-O Modell wenige oder alle Industrien einer Region abgebildet werden. Jedoch beschreiben I-O Modelle typischerweise jede Industrie oder Sektor mit lediglich einem Prozess, was in einem hoch aggregierten Darstellung der Materialflüsse resultiert. Wesentliche Restriktion bzw. Fehlerquelle der I-O Methode ist die <i>Domestic Technology Assumption</i>, d.h. die Annahme, dass Importe mit heimischer Technologie erstellt wurden.</p>
<p>Environmentally Extended Multiregional I-O Analysis (EE-MRIO)²¹</p>	<p>Bei einer MRIO Analysis wird im Gegensatz zur EEIO die Verwobenheit verschiedener Industrien in unterschiedlichen geographischen Regionen, d.h. auch zwischen Ländern, aufgezeigt. Als eine MRIO-Methode zur Datenerfassung kann beispielsweise der GRAM-Ansatz angesehen werden („Global Resource Accounting Model“²²). Ziel ist dabei die indirekten Materialflüsse der gehandelten Güter (gemessen</p>

²⁰(Tukker et al., 2006)

²¹ (Wiebe et al., 2012), Wiedmann, T. 2009. A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecological Economics* 69(2): 211-222.

²² http://www.gws-os.com/de/index.php?option=com_content&task=view&id=627&Itemid=38

Methode	Kurzbeschreibung der Methode
	in Rohstoffäquivalenten) zu schätzen und so materialflussbasierte Indikatoren in einer globalen Perspektive zu berechnen.

4.4.3. Ökologische Fußabdrücke

Footprint Family	Mit der Fußabdruck-Methode wird insbesondere die indirekte Nutzung von Fläche (ökologischer Fußabdruck), Emissionen (CO ₂ -Fußabdruck) und Wasser (Wasserfußabdruck) aufgezeigt. Dies kann auf Produktebene, aber auch für Konsumenten, Konsumentengruppen, Städte, Regionen, Länder oder für den globalen Verbrauch errechnet werden. Die Fußabdruck-Methode ist keine eigenständige Methode, sondern eine Kombination verschiedener Ansätze. Der ökologische Fußabdruck sowie der Wasserfußabdruck werden mit prozessbasierter LCA und unter Berücksichtigung der Handelsströme errechnet.
-------------------------	---

4.5. Ressourcenökonomisch relevante Datensätze

Bei den ressourcenökonomisch relevanten Datensätzen kann unterteilt werden in physische Daten und in monetäre Daten. Weitere Datensätze, z.B. zu der Verfügbarkeit und Anwendbarkeit von bspw. physischen Recyclingdaten werden im Projektverlauf, u.a. bei den geplanten Workshops, ergänzt.

4.5.1. Physische Daten

- Umweltökonomische Gesamtrechnung²³ (Statistisches Bundesamt)
Die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR), die die Wechselwirkung zwischen Wirtschaft und Natur aufzeigt, werden durch das Statistische Bundesamt und die Statistischen Ämter der Länder veröffentlicht. Aufgezeigt werden die Materialströme in physischen Einheiten aus der Umwelt in die inländische Wirtschaft sowie die Materialströme aus der Wirtschaft in die Natur. Daten sind derzeit verfügbar für die Jahre 1994 bis 2009.
- Materialflussrechnung²⁴ (Eurostat)
Datensätze für die Kalkulation der DMC sind für alle EU Mitgliedsstaaten von 2000-2007 vorhanden, sowie für die Türkei, die Schweiz und Norwegen. Inländische Entnahme von Materialien wird in 4 Kategorien geführt: Biomasse, Metalle, nicht-metallische Mineralien und fossile Energieträger. Für Importe und Exporte von Produkten werden sechs Kategorien aufgemacht: Biomass and biomass products, Metal ores and concentrates, primary and processed, Non metallic minerals, primary and processed, Fossil energy materials/carriers, primary and processed, Other products and Waste imported for final treatment and disposal.
- www.materialflows.net²⁵ (SERI)
Materialflows.net ist ein Onlineportal mit Daten für Materialflüsse auf nationalstaatlicher Ebene. Die Website basiert auf der international ersten umfassenden Datenbank zu globaler Ressourcenextraktion, die im Rahmen des MOSUS-Projektes vom SERI in Kooperation mit

²³ <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen.html>

²⁴ http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_ac_mfa&lang=de

²⁵ <http://www.materialflows.net/>

dem Wuppertal Institut aufgebaut und verwaltet wird. Die Datenbank umfasst Daten von über 200 Ländern für die Zeit von 1980 bis 2008, aggregiert in 12 Materialfluss-Kategorien.

- Globaler Materialaufwand Deutschlands (TMR) (Wuppertal Institut)
TMR-Datensätze für Deutschland (und auch für Frankreich und Italien) liegen derzeit für die Jahre 1995 bis 2004 (MaRes-Projekt) und für die Jahre 1995, 2000 und 2005 (MACMOD-Projekt) vor.
- Außenhandelsstatistik (Statistisches Bundesamt, Eurostat, UN Comtrade)
Nationale und internationale Außenhandelsstatistiken berichten neben den monetären Werten in der Regel auch über Ausfuhr und Einfuhr in Gewichtseinheiten, differenziert nach dem Warenverzeichnis der Außenhandelsstatistik (bis zu 8-Steller-Systematik) und nach Herkunfts- bzw. Zielland.
- EXIOBASE System²⁶
Mit dem Exiobase System, das im Projekt EXIOPOL, gefördert von der EU Kommission unter dem 6. Forschungsrahmenprogramm, können supply – use tables einzelner Länder in eine international I-O Tabelle zur Analyse der Umweltauswirkungen des finalen Konsums einer Produktgruppe genutzt werden. Fragen wie „wie viel CO₂-Emissionen entstehen in Indien vom Stahlkonsum in den NL“ oder „welche Produktgruppe hat den höchsten Wasserverbrauch in UK“ können damit beantwortet werden. Die Nutzung der Datenbank ist kostenpflichtig. (EXIOPOL 2011)
- Comprehensive Environmental Data Archive for the EU25²⁷ (CEDA EU25)
In CEDA 3.0 werden 280 Produktgruppen unterschieden, für die die gesamtwirtschaftlichen Umweltinterventionen kalkuliert werden können, die durch die Produktion eines bestimmten Produktes oder einer Dienstleistung entstanden sind, indem der Name des Produktes und der Preis eingegeben wird. (vgl. Suh, 2004a)
- ecoinvent-Datenbank²⁸ (Swiss Centre for Life Cycle Inventories)
Diese kostenpflichtige Datenbank enthält LCA-Daten u.a. zu Ressourcenextraktion und Materialnutzung. Die Daten wurden bspw. seitens des IFEU genutzt, um Koeffizienten zum Rohstoffeinsatz bei Importgütern zu ermitteln. Diese waren u.a. Grundlage für die Ermittlung des DMI in Rohstoffäquivalenten durch das Statistische Bundesamt im Auftrag des UBA (Buyny, Klink, and Lauber 2009).

4.5.2. Monetäre Daten

- Nationale Input-Output-Tabellen: (Statistisches Bundesamt, Eurostat, OECD)
Nationale Input-Output-Tabellen geben einen detaillierten Einblick in die interindustriellen Produktionsverflechtungen einer Volkswirtschaft. Im Hinblick auf ressourcenökonomische Fragestellungen zeigen sie insbesondere den Vorleistungseinsatz von Rohstoff-Gütergruppen (CPA-Code 01 bis 14) in den Produktionsbereichen in monetären Einheiten. Als wesentliche Restriktion für Modelle und Methoden auf Grundlage dieser Datensätze erweisen sich jedoch die den Input-Output-Tabellen zugrunde liegende Gliederungssystematik (in Deutschland 71 Gütergruppen, 71 Produktionsbereiche). Für detailliertere Analysen muss auf Gütermatrizen, die die Verwendungsstrukturen der Güter in der Volkswirtschaft sehr detailliert gegliedert darstellen (im Statistischen Bundesamt rund 3.000 Güter zugeordnet zu 120 Produktionsbereichen) zurückgegriffen werden. Diese werden jedoch nicht veröffentlicht.

²⁶ <http://www.feem-project.net/exiopool/>

²⁷ <http://www.cedainformation.net/>

²⁸ <http://www.ecoinvent.org/home/>

- World Input Output Database (WIOD)²⁹:
Kern der WIOD-Datenbank (seit April 2012) ist ein harmonisiertes Set an supply und use tables, mit Daten zu internationalem Waren- und Dienstleistungshandel. Beide Datensätze sind integriert in intercountry input-output tables (40 Länder plus der Rest der Welt). Ergänzt durch extensive Satelliten-Accounts mit Umwelt und sozio-ökonomischen Indikatoren, können diese Daten auf Industrieebene Input für verschiedene Modelltypen sein, die darauf abzielen, Politiken hinsichtlich der Gewichtung zwischen Wachstum, Umweltbelastung und Ungleichheit zu evaluieren. Die WIOD-Datenbank deckt den Zeitraum von 1995 bis 2009 ab.
- Außenhandelsstatistik: (Statistisches Bundesamt, Eurostat, UN Comtrade)
Nationale und internationale Außenhandelsstatistiken berichten über Ausfuhr und Einfuhr in monetären Einheiten, differenziert nach dem Warenverzeichnis der Außenhandelsstatistik (bis zu 8-Steller-Systematik) und nach Herkunfts- bzw. Zielland.

²⁹ <http://www.wiod.org/index.htm>

5. Ausgewertete Literatur/Literaturverzeichnis

- Bouman, Mathijs. 2000. "Material flows and economic models: an analytical comparison of SFA, LCA and partial equilibrium models." *Ecological Economics* 13(2): 125-216.
- Buyny, Šárka, Steffen Klink, and Ursula Lauber. 2009. "Verbesserung von Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung. Weiterentwicklung des direkten Materialinputindikators." <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3781.pdf>.
- Distelkamp, Martin et al. 2004. 49 *Schätzung der Wirkung umweltpolitischer Maßnahmen im Verkehrssektor unter Nutzung der Datenbasis der Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamtes. GWS Diskussion Paper 2004/5.*
- EEA. 2010. European Environment *THE EUROPEAN ENVIRONMENT. STATE AND OUTLOOK 2010. Material Resources and Waste.*
- EXIOPOL. 2011. Framework *TECHNICAL REPORT : Full EXIOBASE database management system including agreed scripts operational.*
- Ekins, Paul. 2009. Europe *pETR Projekt - Final Report.*
- Fischer-Kowalski, M. et al. 2011. "Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting." *Journal of Industrial Ecology* 15(6): 855-876. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1530-9290.2011.00366.x> (Accessed March 15, 2012).
- Fischer-Kowalski, Marina, Veronika Gaube, and Gerhard Rainer. 2006. "MEFASPACE A Model Predicting Freight Transport from Materials Flows , and Transport Activity in Europe." *Journal of Industrial Ecology* 10(4): 15-35.
- Giljum, Stefan et al. 2011. "A comprehensive set of resource use indicators from the micro to the macro level." *Resources, Conservation and Recycling* 55(3): 300-308. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344910002107> (Accessed March 15, 2012).
- Giljum, Stefan, and Et al. 2009. "How to measure Europe ' s resource use. An analysis for Friends of the Earth Europe." *Europe* (June).
- Giljum, Stefan, Christian Lutz, and Ariane Jungnitz. 2008. "SERI STUDIES The Global Resource Accounting Model (GRAM) A methodological concept paper." (8): 1-40.
- Großmann, Anett, Marc Ingo Wolter, and Andrea Stocker. 2011. *Das integrierte Umwelt-Energie-Wirtschaft-Modell e3.at. Modelldokumentation. Working Paper Nr. 2 des Projekts KONSENS.*
- Guiljum, Stefan et al. 2008. "Modelling Scenarios towards a resource efficient europe." *Environmental Science & Policy* 11(3): 195-284.
- MaRess. 2010. *Indikatoren / Bottom-up-Modelle und Szenarien: Zusammenfassung AP6.5.*
- OECD. 2008. *III Measuring material flows and resource productivity. Volume III. Inventory of Country Activities.*
- Peters, Glen P, and Edgar G Hertwich. 2006. "The Importance of Imports for Household Environmental Impacts." *Journal of Industrial Ecology* 10(3): 89-109.
- Pollitt, Hector, Anthony Barker, Jennifer Barton Ce, Elke Pirgmaier, Christine Polzin, Stephan Lutter, and Friedrich Hinterberger. 2010a. "A Scoping Study on the Macroeconomic View of Sustainability Final report for the European Commission , DG." *Environment.*
- . 2010b. *Environment A Scoping Study on the Macroeconomic View of Sustainability Final report for the European Commission , DG.*
- Pollitt, Hector. 2007. 0760 *Analysis 1-15 Resource productivity , environmental tax reform and sustainable growth in Europe. Extending E3ME to include analysis of material flows. A scoping WP3 report for the Anglo-German Foundation.*
- Pollitt, Hector, and Unnada Chewpreecha. 2009. *Revision of the IA Tools Model Inventory. Final Report.*

- Pothen, Frank. 2010. *Industrial Ecology in Policy Making : What is Achievable and what is not ? Discussion Paper No. 10-067.*
- Ritthoff, Michael, Holger Rohn, and Christa Liedtke. 2002. *MIPS berechnen. Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen.*
- SERI, FoE, and Global 2000. 2011. *Water Under pressure. How our material consumption threatens the planet's water resources.*
- SERI, WI, and Cambridge econometrics. 2011. *Energy Sustainability Scenarios for a Resource Efficient Europe Final Report for the European Commission (DG Environment).*
- SERI, WI, and Cambridge Econometrics. 2011. *Sustainability Scenarios for a Resource Efficient Europe Appendix D.*
- Skovgaard, Mette et al. 2005. *Biomass Outlook for waste and material flows. Baseline and alternative scenarios.*
- Stocker, Andrea et al. 2007. "Umweltwirkungen von Ressourcen- einsparungen in Österreich." (7).
- Suh, Sangwon. 2004a. *Analysis Ceda 3.0 User's Guide. A Comprehensive Environmental Data Archive for Economic and Environmental System Analysis.*
- . 2004b. *Analysis Ceda 3.0 User's Guide. A Comprehensive Environmental Data Archive for Economic and Environmental System Analysis.*
- Tisdale, Maggie. 2002. *Analysis Modelling Inter-Industry Material Flows : A review of methodologies.*
- Voet, Ester Van Der et al. "Policy Review on Decoupling : Development of indicators to assess decoupling of economic development and environmental pressure in the EU-25 and AC-3 countries." *Energy (Cml).*
- WRAP, and Axion Consulting. 2011. *Market flows of WEEE materials.*