



Berichte des Deutschen Wetterdienstes

238

**Vergleich der Referenzmessungen des Deutschen Wetterdienstes
mit automatisch gewonnenen Messwerten**

von
Gisela Augter

2., korrigierte Auflage



Zitationsvorschlag:

Augter, Gisela (Hrsg.: Deutscher Wetterdienst): Vergleich der Referenzmessungen des Deutschen Wetterdienstes mit automatisch gewonnenen Messwerten. – 2., korr. Aufl. - Offenbach am Main: Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, 2013.
(Berichte des Deutschen Wetterdienstes ; 238)
ISBN 978-3-88148-455-8

ISSN der Onlineausgabe: 2194-5969

ISSN der Druckausgabe: 0072-4130

ISBN 978-3-88148-455-8

Nutzungsbedingungen



Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz

Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokumentes erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Die in den DWD-Berichten veröffentlichten Texte werden allein von ihren jeweiligen Autoren verantwortet; die darin zum Ausdruck gebrachte Meinung entspricht nicht notwendig der Meinung des Herausgebers (Deutscher Wetterdienst).

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Frankfurter Straße 135
D- 63067 Offenbach am Main
Internet: www.dwd.de
Mail: bibliothek@dwd.de

Anschrift der Autorin:

Gisela Augter
Ostendstraße 3
D- 63303 Dreieich

Inhalt	Seite
Tabellenverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	5
Abstract.....	6
Zusammenfassung.....	7
1 Einleitung	9
2 Methode	10
3 Referenzmessstationen.....	11
4 Manuelle und automatische Messungen.....	13
4.1 Lufttemperatur und Temperaturen im Erdboden.....	13
4.2 Luftfeuchte	13
4.3 Luftdruck	13
4.4 Sonnenscheindauer	13
4.5 Niederschlagshöhe.....	14
5 Vergleich von Terminwerten.....	15
5.1 Klimatermine	15
5.1.1 Lufttemperatur (TK10).....	16
5.1.2 Luftfeuchte (UP10).....	18
5.1.3 Luftdruck (P010).....	21
5.1.4 Erdbodentemperaturen (TExx).....	23
5.1.5 Niederschlagshöhe (RK10).....	28
6 Stundenwerte	32
6.1 Sonnenscheindauer	32
7 Tageswerte	34
7.1 Lufttemperatur	34
7.1.1 Tagesmittel (TMK)	34
7.1.2 Tagesmaximum (TX10 und TXK)	36
7.1.3 Tagesminimum (TN10 und TNK).....	39
7.1.4 Minimum am Erdboden (TG10 und TGK).....	42
7.2 Luftdruck (PM)	46
7.3 Luftfeuchte (UPM und VPM).....	46
7.3.1 Jahresgang.....	47
7.4 Niederschlagshöhe (RSK).....	48
7.5 Sonnenscheindauer (SD10 und SDK)	49
7.5.1 Jahresgang.....	50
7.5.2 Kenngrößen für einzelne Stationen	51

8	Klimatologische Relevanz	53
8.1	Jahreswerte.....	53
8.1.1	Lufttemperatur.....	53
8.1.2	Niederschlagshöhe	55
8.1.3	Sonnenscheindauer	56
8.1.4	Extremtemperaturen	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Referenzmessstationen und Messzeiträume.....	11
Tabelle 2	Erläuterung der Spaltenbezeichnungen für die Tabelle mit statistischen Kennwerten ...	15
Tabelle 3	TK10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	16
Tabelle 4	TK10: monatliche Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	16
Tabelle 5	TK10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in K.....	18
Tabelle 6	UP10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, Angaben in %.....	alle 18
Tabelle 7	UP10: monatliche Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in %	19
Tabelle 8	UP10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in %	21
Tabelle 9	P010: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, Angaben in hPa.....	alle 21
Tabelle 10	P010: monatliche Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in hPa	22
Tabelle 11	P010: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in hPa	23
Tabelle 12	TE: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	24
Tabelle 13	TE05: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, Angaben in K.....	alle 25
Tabelle 14	TE05: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in K.....	28
Tabelle 15	RK10: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in mm28	
Tabelle 16	RK10: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in mm.....	29
Tabelle 17	RK10: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in mm.....	30
Tabelle 18	statistische Kennwerte der Differenz (Referenzwert – Vergleichswert) in Abhängigkeit vom Referenzwert, Angaben in Minuten.....	33
Tabelle 19	TMK: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K....	34
Tabelle 20	TMK: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	35

Tabelle 21	TX: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	36
Tabelle 22	TX10: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	37
Tabelle 23	TX10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für die Referenzmessstationen, alle Angaben in K.....	38
Tabelle 24	TN: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	39
Tabelle 25	TN10: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	40
Tabelle 26	TN10: Kenngrößen zur Beurteilung der Übereinstimmung für einzelne Standorte, alle Angaben in K.....	41
Tabelle 27	TG: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K.....	42
Tabelle 28	TG10: Kenngrößen zur Beurteilung der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in K.....	45
Tabelle 29	PM: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in hPa..	46
Tabelle 30	UPM und VPM: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in %	46
Tabelle 31	UPM und VPM: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, Angaben in % (UPM) und hPa (VPM)	47
Tabelle 32	RSK: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in mm	48
Tabelle 33	RSK: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, nach Korrektur der Werte für den Brocken, alle Angaben in mm	48
Tabelle 34	SD: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, Angaben in Stunden..	49
Tabelle 35	SD: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen und Messnetz_Ids, Angaben in Stunden, gelb hinterlegt: Differenzen für VGNETZ=320 viel größer als für VGNETZ=5	49
Tabelle 36	SD10: monatliche Kennwerte der Güte der Übereinstimmung, Angaben in Stunden.....	50
Tabelle 37	SD10: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für die Referenzmessstationen, Angaben in Stunden.....	51
Tabelle 38	Vergleich von Jahresmittelwerten der Temperatur	54
Tabelle 39	Jahreshöhen des Niederschlags in mm, Differenz ist auf den Referenzwert bezogen ...	56
Tabelle 40	Jahressummen der Sonnenscheindauer (Stunden).....	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Karte der Referenzmessstationen, "ja" unter dem Stationskreuz: Station ist nicht mehr Referenzmessstation.....	12
Abbildung 2	Terminwerte der Temperatur in 5 cm Tiefe, Januar 2010	26
Abbildung 3	Terminwerte der Temperatur in 5 cm Tiefe, Dezember 2009.....	26
Abbildung 6	Häufigkeitsverteilungen der Differenzen der Tagesmitteltemperatur, VG_SV: Struktur-Version der Vergleichswerte	35
Abbildung 7	Häufigkeitsverteilung der Differenzen der Minimumtemperatur, VG_SV: Struktur-Version der Vergleichsdaten	40
Abbildung 8	TG10: Korrelation der Minimumtemperatur am Erdboden für Fälle mit und ohne Schnee.....	44
Abbildung 9	TG10: Zusammenhang zwischen Referenzmessung und Differenz zum operationellen Wert für Fälle mit und ohne Schnee.....	44

Abstract

The comparison of manually measured data and automatically recorded data by AMDA (Automatische Meteorologische Datenerfassungsanlage = automatic meteorological data recording unit) at the Reference Climatological Stations of the Deutscher Wetterdienst showed, that the differences of these data observed at the same time in most cases are marginal. So time series stay homogeneously independent of the measuring methods. This applies to observations of air pressure, temperature and with reductions of humidity and precipitation. Humidity beyond 95 % was measured more often by AMDA with an own cabin than conventionally. The precipitation height seemed to be higher by manual measurement. But the average difference was lower than 0.1 mm.

If there were significant differences between the data there were also significant differences between the measuring methods:

- The conventional measurement of the sunshine duration is based on the absorbance of a paper strip. But the intensity of the radiation is measured automatically. Often the observer registered higher values of sunshine duration than AMDA. So the annual total amount of sunshine duration could differ about 100 hours.
- The temperatures recorded in the ground in the depth of 5, 10 and 20 cm were 0.1 K to 0.2 K higher than the manual measured data. These differences have a maximum in winter. By snow cover the automatically recorded temperatures were significant higher than the manual measured.

The comparison of the extreme temperatures showed, that AMDA delivered higher temperatures by extreme maximum temperatures and lower temperatures by extreme minimum temperatures than the conventional measuring method. The basic cause is, that the AMDA cabin is not enough shielded against wind and radiation. However the average differences of these two parameters were very small (0,01 K maximum temperature; 0,04 K minimum temperature).

Remarkable is the new method to calculate daily mean values. Since April 2001 daily mean temperatures are calculated by hourly values and no longer traditionally like: $TM = (T_{6:30 \text{ UTC}} + T_{13:30 \text{ UTC}} + 2T_{20:30 \text{ UTC}}) / 4$. The differences between these new and traditionally calculated mean values are so significant, that time series become inhomogeneous. So it seems to be better for climate research to use time series with traditionally calculated mean values.

Zusammenfassung

Der Vergleich manuell gewonnener Referenzmesswerte mit den Werten, die automatisch ermittelt werden, hat ergeben, dass die Differenzen der Terminwerte in den meisten Fällen so gering sind, dass die Homogenität einer Messreihe beim Wechsel des Messverfahrens nicht gestört wird. Das gilt für die Messungen des Luftdrucks, der Lufttemperatur und mit Einschränkungen für die Messungen der Luftfeuchte und der Niederschlagshöhe: Luftfeuchten oberhalb von 95% werden von AMDA-Automaten, die eine eigene Hütte haben, viel seltener gemessen als manuell, was sich insbesondere in den Wintermonaten bemerkbar macht, und die Terminwerte der Niederschlagshöhe sind bei der manuellen Messung im Mittel durchweg größer als bei der automatischen Messung, die mittlere Differenz der Terminwerte ist aber immer kleiner als 0.1 mm.

Wenn es größere Differenzen der Messwerte gibt, dann gibt es auch größere Unterschiede hinsichtlich der Messverfahren:

- Die Sonnenscheindauer wird manuell anhand der Schwärzung eines Papierstreifens bestimmt, automatisch anhand der direkten Bestrahlungsstärke. Bei diesem Element, für das Stundenwerte verglichen wurden, melden die Beobachter insbesondere dann größere Sonnenscheindauern, wenn die Automaten Werte zwischen 30 und 54 Minuten messen. In der Jahressumme kommen so in Einzelfällen Unterschiede von mehr als 100 Stunden zusammen.
- Die Temperaturen im Erdboden, die von den Automaten gemessen werden, sind in den Tiefen 5, 10 und 20 cm um 0.2 bis 0.1 K größer als die manuell gemessenen. Diese Differenz hat einen Jahresgang mit einem Maximum im Winter: wenn Schnee liegt, sind die automatisch gemessenen Werte deutlich höher und variieren von Termin zu Termin weniger als die Referenzwerte. Das ist eventuell durch die unterschiedliche Art der Aufstellung bedingt.

Der Vergleich der Extremtemperaturen zeigt, dass die AMDA-Automaten bei hohen Maxima etwas größere Werte liefern als die manuellen Messungen und bei niedrigen Minima etwas niedrigere Messwerte. Das zeigt, dass die AMDA-Wetterhütte Strahlung und Wind etwas weniger gut abschirmt als die Standardhütte. Die mittleren Differenzen der Tageswerte sind bei diesen beiden Elementen mit 0,01 K (Maximum) und 0,04 K (Minimum) aber sehr gering.

In der Klimaroutine ist der Zeitbezug für die Berechnung von Tageswerten am 1.4.2001 geändert worden: Bis zum 31.3.2001 galten die Zeitbezüge der klassischen Klimamessungen, ab dem 1.4.2001 werden die Tageswerte anhand der Terminwerte eines Kalendertages bestimmt. Diese Umstellung bewirkt Veränderungen des Tagesmittels der Lufttemperatur (Berechnung bis 31.03.2001. $TM=(T\ 6:30\ UTC + T\ 13:30\ UTC+2T\ 20:30\ UTC)/4$), der Minimumtemperatur und des Minimums am

Erboden, die so groß sind, dass sie die Zeitreihen dieser Elemente inhomogen machen: Für das Tagesmittel beträgt die mittlere Differenz, berechnet für alle Referenzmessstationen, 0,1 K, für die Minimumtemperatur 0,2 K und für das Minimum am Erdboden 0,5 K. Diese Differenzen sind außerdem vom Stationsstandort abhängig und umso größer, je ausgeprägter der Tagesgang der Lufttemperatur ist. Bei der Bearbeitung langer Reihen sollte man daher ab dem 1.4.2001 nicht die Tageswerte benutzen, die in MIRAKEL vorgehalten werden, sondern diese Werte anhand von Terminwerten gemäß der klassischen Klimaroutine neu berechnen.

1 Einleitung

"Eine Klimareferenzstation ist eine mit Personal besetzte Station des hauptamtlichen Messnetzes des DWD, die jahrzehntelange und ununterbrochene Klimabeobachtungen vorweisen kann. Der DWD betreibt 12 Klimareferenzstationen, die über einen langen Zeitraum (möglichst in den kommenden 100 Jahren) mit einheitlicher überwiegend konventioneller Messtechnik die Klimaveränderung erfassen sollen. Die Messungen an Klimareferenzstationen dienen auch dem Vergleich zwischen herkömmlicher, konventioneller Messtechnik und den neuartigen, für die Automation im DWD eingesetzten Sensoren. Das ist wichtig, um die Qualität der klimatologischen Beobachtungsreihen des DWD sicherzustellen und die Auswirkungen neuer Messtechniken auf klimatologische Fragestellungen verifizieren zu können. Zu den Klimareferenzstationen gehören Wetterwarten, Flugwetterwarten und Bergwetterwarten, die repräsentativ für ihr landschaftliches und klimatologisches Umfeld sind." (aus dem Wetterlexikon unter www.dwd.de)

Das Personal an den 12 Klimareferenzstationen führt seit Mai 2008 klimatologische Beobachtungen nach der BAK (Anleitung für die Beobachter an Klimahauptstationen des Deutschen Wetterdienstes) durch, allerdings ein eingeschränktes Programm, das keine Augenbeobachtungen umfasst. Entsprechende Beobachtungen sind an 5 der 12 Stationen sowie an 5 weiteren Stationen bereits seit Beginn der 1990er Jahre, d.h. seit Beginn der automatischen Messungen, durchgeführt worden (Tab. 1). Die Beobachtungswerte werden – mit einer eigenen Messnetz_ID versehen – in der Datenbank MIRAKEL archiviert. Der o.a. systematische Vergleich zwischen den Beobachtungswerten, die mit konventioneller Messtechnik gewonnen werden, und denjenigen, die die Sensoren in den Automaten des DWD liefern, ist bisher nicht durchgeführt worden. Zudem haben die Referenzwerte in den Tabellen mit Tages- und Terminwerten nur eine grobe visuelle Prüfung durchlaufen.

Im Rahmen des BVB-Vertrags "Auswertung Referenzmessungen" sind Methoden zur Prüfung der Referenzmessungen auf Ausreißer und zur Prüfung der Homogenität der Messreihen anhand der Differenzen zwischen den konventionell und den automatisch gewonnenen Messwerten erarbeitet worden. Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse des Vergleichs der Beobachtungswerte und beurteilt sie in Hinblick auf klimatologische Fragestellungen. Dabei geht es auch um die Frage, welchen Einfluss die Umstellungen hinsichtlich der Zeitbezüge bei den Tageswerten, die seit der Automatisierung und der operationellen Erzeugung von "Klimabeobachtungen" vorgenommen worden sind, haben.

2 Methode

Die Vergleichsdaten bestehen jeweils aus einem Datenpaar von Referenzwert und operationellem Wert. Es handelt sich hier um Werte, die am gleichen Ort zur gleichen Zeit gemessen oder beobachtet werden oder aber um Werte vom gleichen Ort, die sich auf denselben Zeitraum beziehen (Tageswerte). Im Idealfall bestehen diese Datenpaare aus identischen Werten. Die Verteilung der Differenzen (Referenzwert – operationeller Wert) hat dann nur den Wert Null, der Mittelwert, Median und Modus ist. Außerdem würden die Datenpaare im Idealfall mit dem Bestimmtheitsmaß 1 korrelieren, die Regressionsgleichung hätte die Parameter Konstante=0 und Koeffizient=1.

Dieser Idealfall tritt natürlich nicht ein. Er ist aber das Maß, an dem die Güte der Übereinstimmung zwischen den Referenzwerten und den operationellen Werten gemessen werden kann. Daraus ergeben sich auch die statistischen Größen zur Beurteilung dieser Güte:

- Parameter aus der Verteilung der Differenzen:
 - Mittelwert
 - häufigster Wert (Modus)
 - Quantile (25%, 50% oder Median und 75%)
 - Standardabweichung
 - Schiefe
- Parameter aus der linearen Regression
 - Regressionskonstante
 - Regressionskoeffizient
 - Bestimmtheitsmaß

Zusätzlich muss bei der Beurteilung der Güte untersucht werden, ob die Verteilung der Differenzen einen Jahresgang aufweist. Das geschieht anhand der monatlichen Verteilungen.

Der Vergleich der manuellen und automatisch gewonnenen Messwerte erfolgt unter der Annahme, dass diese Daten der Referenzmessstationen repräsentativ für manuelle und automatische Messungen sind, denn nur unter dieser Voraussetzung lassen sich die Ergebnisse verallgemeinern. Aus diesem Grund werden auch die Wertepaare aller Stationen für die Auswertung zusammengefasst. Vor der Auswertung werden allerdings Wertepaare, von denen einer fehlerhaft ist, ausgesondert. Eine Beschreibung dieser Ausreißerprüfung findet sich im anwenderbezogenen technischen Teil unter 4.1 Prüfung auf Ausreißer.

Zeitreihen der Differenzen werden nicht dargestellt, da die Zahl der Vergleichswerte in der Vergangenheit doch recht gering war – erst seit 2009 gibt es hier belastbares Material, für eine Betrachtung einzelner Jahre ist das jedoch noch zu wenig.

3 Referenzmessstationen

Referenzmessungen werden seit 1993 durchgeführt. Im Mai 2008 ist dann das jetzt bestehende Messnetz aus 12 Stationen eingerichtet worden. Im Zuge dieser Maßnahme sind einige der "alten" Referenzmessstationen aufgelöst worden und neue hinzugekommen. Außerdem ist das Messprogramm erweitert worden: Es werden seit 2008 auch Temperaturen im Erdboden gemessen und die Sonnenscheindauer sowie die Niederschlagshöhe stündlich ausgewertet. Die folgende Tabelle listet die Stationen und den Zeitraum der Referenzmessungen auf.

Tabelle 1 Referenzmessstationen und Messzeiträume

ID	Name	von	bis	Miriam/AFMS2 bis	Anteil in %	AMDA ab	Anteil in %
3	Aachen	01.05.2008	heute	07.10.08	0.5	08.10.08	6.2
232	Augsburg	01.01.1997	31.12.2005	14.12.06	9.2	15.12.06	0.0
722	Brocken	01.01.1998	heute	01.08.07	4.1	07.08.07	8.3
1358	Fichtelberg	01.05.2008	heute	29.09.06	0.0	29.09.06	8.0
1420	Frankfurt/Main	09.05.2008	heute	27.06.08	0.0	08.05.08	7.9
1639	Gießen/Wettenberg	01.11.1996	30.11.2005	06.07.06	9.3	11.11.05	0.0
1684	Görlitz	01.05.2008	heute	30.03.07	0.0	26.03.07	8.0
1975	HH-Fuhlsbüttel	01.05.2008	heute	16.06.08	0.0	28.04.08	7.7
2115	Helgoland	01.01.2001	heute	26.07.06	5.8	27.07.06	13.1
2290	Hohenpeißenberg	01.04.1994	heute	16.10.08	14.4	14.10.08	6.6
2522	Karlsruhe	01.08.1996	31.07.2008	01.11.08	9.5		0.0
2712	Konstanz	01.09.1993	heute	06.07.07	13.5	05.07.07	10.0
3015	Lindenberg	01.05.2008	heute	22.09.08	0.4	15.09.08	6.8
3987	Potsdam	01.05.2008	heute	11.03.09	0.8	20.10.06	4.0
4466	Schleswig	01.03.1993	heute	22.07.06	13.1	19.06.06	13.4
4745	Soltau	01.03.1993	31.07.2001	23.08.07	8.3	14.08.07	0.0
5792	Zugspitze	01.10.1994	31.12.2005	16.10.07	11.2	17.10.07	0.0

Die Auswertungen der Referenzmesswerte und ihrer operationellen Vergleichswerte erfolgt für die Messnetze 5 (MIRIAM/AFMS2) und 320 (AMDA) getrennt. Betrachtet wird der Zeitraum vom Beginn der Referenzmessung (Tab. 1) bis zum 31.12.2010. In den Spalten "Anteil in %" ist angegeben,

welchen prozentualen Anteil die Messwerte der jeweiligen Station an allen Referenzmessungen für das Messnetz 5 und das Messnetz 320 haben. Diese Anteile schwanken für die Referenzmessungen, die parallel zu Messungen mit MIRIAM/AFMS2-Automaten durchgeführt wurden, stark. Die Ergebnisse des Vergleichs der beiden Messungen – die Güte der Übereinstimmung – wird für das Messnetz 5 daher stark von einzelnen Stationen geprägt und lässt sich nicht gut verallgemeinern. Bei dem Messnetz 320 hingegen sind die Anteile einigermaßen ausgeglichen, sodass man die Aussagen, die sich aus dem Vergleich ergeben, generell auf die AMDA-Messungen beziehen kann.

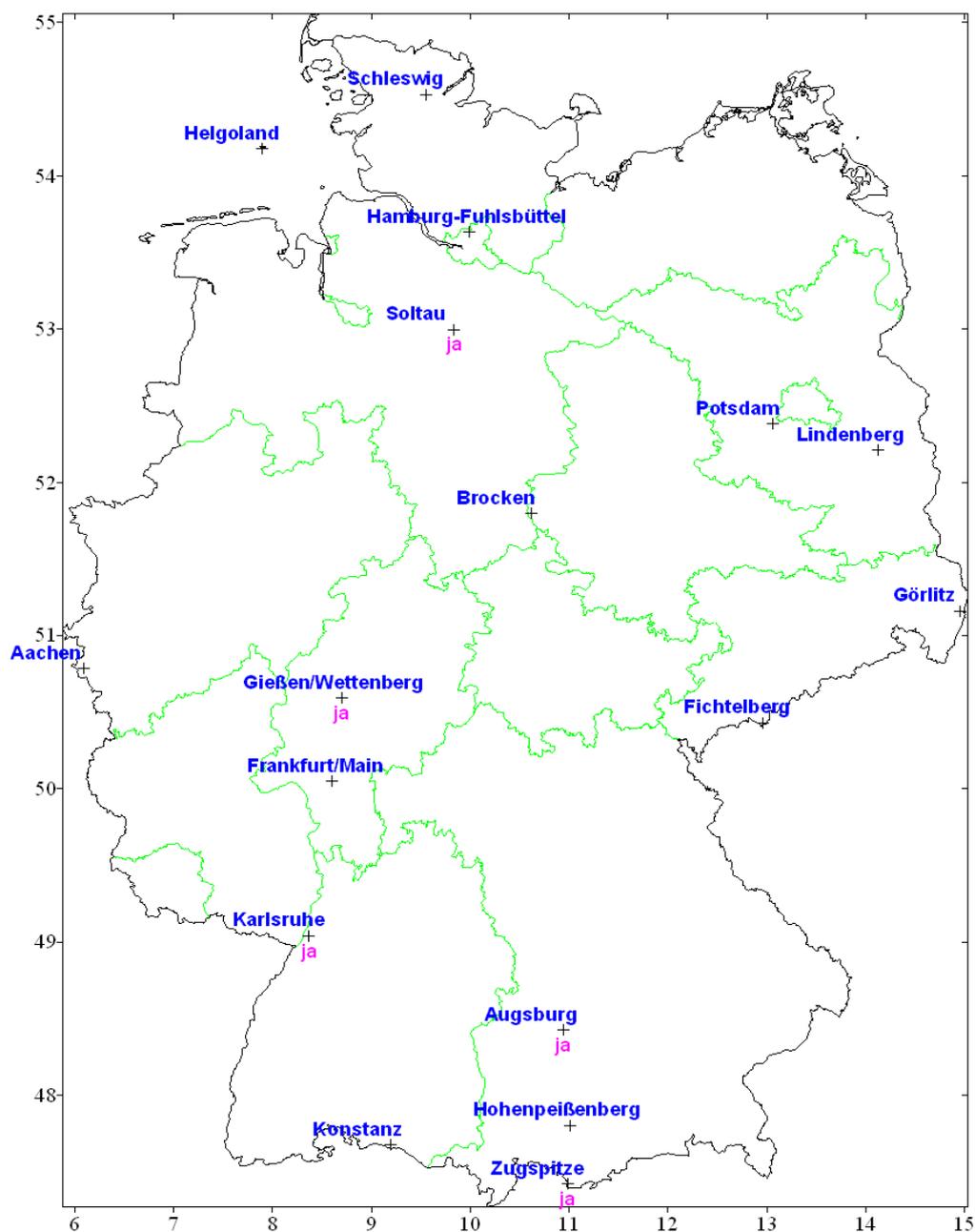


Abbildung 1 Karte der Referenzmessstationen, "ja" unter dem Stationskreuz: Station ist nicht mehr Referenzmessstation

4 Manuelle und automatische Messungen

4.1 Lufttemperatur und Temperaturen im Erdboden

Die Lufttemperaturen sind, solange MIRIAM bzw. AFMS2-Automaten im Einsatz waren (Messnetz=5), zusammen mit den Referenzmessungen in einer Englischen Hütte gemessen worden. Hier gibt es demnach keine systematischen Unterschiede wegen unterschiedlicher Messorte. Mit der Einführung der AMDA-Automaten (Messnetz=320) haben die operationellen Messungen ihre eigene Hütte. Dadurch könnten solche Unterschiede auftreten.

Die Referenzmessungen der Lufttemperatur werden mit Quecksilberthermometern durchgeführt. Die Automaten arbeiten mit einem Widerstandsthermometer nach DIN EN 60751, das eine Toleranz von ± 0.1 K hat ("Pt100"). Seine Trägheit soll der eines Quecksilberthermometers entsprechen. Diese Thermometer werden auch für die Messung der Extremtemperaturen und der Temperaturen im Erdboden benutzt.

4.2 Luftfeuchte

Bei den Referenzmessungen wird die Feuchttemperatur mit einem Aßmann-Psychrometer gemessen und die relative Luftfeuchte aus der Feucht- und der Trockentemperatur errechnet. Diese Berechnung erfolgt im Rahmen der Datenerfassung, sie wird also nicht manuell ausgeführt. Die Automaten messen die Luftfeuchte mit einem Polymersensor, dessen Wassergehalt ein Maß für die relative Luftfeuchtigkeit ist. Die Messgüte wird mit 3% angegeben.

4.3 Luftdruck

Der Luftdruck wird operationell und "klassisch" in der Station gemessen. Für die Referenzmessung wird ein Quecksilberbarometer benutzt. Der operationelle Sensor besteht aus einer Membrandose, deren Kapazität sich mit dem Druck ändert.

4.4 Sonnenscheindauer

Die Referenzmessungen der Sonnenscheindauer werden mit einem Sonnenscheinautographen nach Campbell-Stokes gemessen: Er bündelt das Sonnenlicht und brennt eine Spur in einen hinter der Linse angebrachten Registrierstreifen, der täglich gewechselt wird. Anhand der Schwärzung dieses Streifens können Stundenwerte – in 6-Minuten-Einheiten – und Tageswerte der Sonnenscheindauer bestimmt werden.

Die Automaten arbeiten mit zwei unterschiedlichen Geräten (Sonie und SCAPP), die die Strahlung messen und die Sonnenscheindauer aus der direkten Bestrahlungsstärke ableiten: Alle Zeiten, zu

denen die direkte Bestrahlungsstärke $\geq 120 \text{ W/m}^2$ ist, addieren sich zur täglichen oder stündlichen Sonnenscheindauer.

Sowohl der Campbell-Stokes als auch die automatischen Geräte arbeiten nur zuverlässig, wenn sie regelmäßig gereinigt werden.

4.5 Niederschlagshöhe

Die Referenzmessungen erfolgen mit einem Niederschlagsmesser nach Hellmann, der zu den Klimaterminen geleert wird.

Die Automaten sind mit dem Sensor Pluvio der Firma Ott ausgestattet. Hier wird die Niederschlagshöhe durch eine Wägemessung (Widerstandsmessung mit Dehnungsmessstreifen) bestimmt. Da die Wägemessung kontinuierlich erfolgt, die manuelle Messung aber nur dreimal täglich, kann es bei der manuellen Messung zwischen den Klimaterminen zu Verdunstungsverlusten kommen.

5 Vergleich von Terminwerten

Es werden Beobachtungspaare verglichen, bei denen es sich um momentane Werte handelt. Die Vergleichswerte stammen immer aus der MIRAKEL-Tabelle "zehn_min_werte".

5.1 Klimatermine

Die Referenzmessungen werden um 06:30, 13:30 und 20:30 UTC durchgeführt. Sie werden mit den Zehn-Minuten-Werten desselben Messdatums verglichen. Für die Spalten aller Tabellen in diesem Kapitel, die Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung enthalten, gilt:

Tabelle 2 Erläuterung der Spaltenbezeichnungen für die Tabelle mit statistischen Kennwerten

ID	Stations-ID
ZDF	Zahl der Fälle
MiDiff	mittlere Differenz
Modus	häufigster Wert der Differenzen
Diff25	25%-Wert der Summenhäufigkeitsverteilung der Differenzen (erstes Quartil)
MeDiff	Medianwert der Differenzen
Diff75	75%-Wert der Summenhäufigkeitsverteilung der Differenzen (drittes Quartil)
Std	Standardabweichung der Differenzen
RKon	Regressionskonstante
RKoeff	Regressionskoeffizient
BMass	Bestimmtheitsmaß

Der Vergleich erfolgt für alle Datenpaare vom Beginn der Vergleichsmessungen bis zum 31.12.2010. Da die Referenzwerte bisher nur visuell geprüft wurden und somit Qualitätsbytes nicht systematisch gesetzt wurden, wurde beim Vergleich der Datenpaare auch auf die Berücksichtigung der Qualitätsbytes der automatisch gewonnenen Messwerte verzichtet.

5.1.1 Lufttemperatur (TK10)

Fasst man die Wertepaare aller Stationen und des gesamten Zeitraumes, für den Vergleichsmessungen vorliegen, zusammen, dann erhält man folgende Größen zur Beurteilung der Übereinstimmung:

Tabelle 3 TK10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TK10	5	alle	104568	0.07	0.10	0.00	0.10	0.20	0.22	-0.07	1.00	1.00
alle	TK10	320	alle	35494	0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.27	0.00	1.00	1.00

Die Lufttemperatur, die operationell gemessen wird, stimmt also mit der Referenzmessung sehr gut überein. Das gilt insbesondere für die AMDA-Messungen: Modus und Median der Differenzen sind Null, die Verteilung der Differenzen ist symmetrisch um den Wert Null und die mittlere Differenz, die trotz allem verbleibt, so klein, dass sie deutlich unterhalb der Messgenauigkeit liegt. Auch die Ergebnisse der linearen Regression der Messwerte zeigen, dass die Übereinstimmung sehr gut ist.

Bei den MIRIAM-Messungen (Netz=5) fällt allerdings auf, dass der Median und auch der Modus nicht Null, sondern 0.1 K sind.

5.1.1.1 Jahresgang

Berechnet man die Kenngrößen der Lufttemperatur monatsweise, dann findet man sowohl für die Messungen mit MIRIAM als auch für die mit AMDA keinen Hinweis auf einen Jahresgang der Differenzen: Die Medianwerte sind in allen Monaten gleich, für die AMDA-Messungen gilt das auch hinsichtlich der Modi und der Quartile, während sich bei den MIRIAM-Messungen diese Werte in den einzelnen Monaten um 0.1 K unterscheiden.

Tabelle 4 TK10: monatliche Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TK10	5	01	8626	0.07	0.10	0.00	0.10	0.20	0.17	-0.07	1.00	1.00
alle	TK10	5	02	7791	0.07	0.10	0.00	0.10	0.20	0.19	-0.07	1.00	1.00
alle	TK10	5	03	8620	0.08	0.10	0.00	0.10	0.20	0.21	-0.09	1.00	1.00
alle	TK10	5	04	8158	0.09	0.10	0.00	0.10	0.20	0.23	-0.10	1.00	1.00
alle	TK10	5	05	8941	0.08	0.00	0.00	0.10	0.20	0.33	-0.10	1.00	1.00
alle	TK10	5	06	9116	0.07	0.10	0.00	0.10	0.20	0.23	-0.09	1.00	1.00
alle	TK10	5	07	9171	0.06	0.00	0.00	0.10	0.20	0.24	-0.05	1.00	1.00
alle	TK10	5	08	9051	0.06	0.00	0.00	0.10	0.20	0.22	-0.06	1.00	1.00

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TK10	5	09	8592	0.06	0.00	0.00	0.10	0.10	0.21	-0.07	1.00	1.00
alle	TK10	5	10	8932	0.07	0.00	0.00	0.10	0.20	0.19	-0.08	1.00	1.00
alle	TK10	5	11	8590	0.07	0.00	0.00	0.10	0.10	0.17	-0.06	1.00	1.00
alle	TK10	5	12	8980	0.07	0.10	0.00	0.10	0.20	0.18	-0.07	1.00	1.00
alle	TK10	320	01	2498	0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.23	-0.02	0.99	1.00
alle	TK10	320	02	2259	0.02	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.23	-0.02	1.00	1.00
alle	TK10	320	03	2588	0.02	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.25	-0.02	1.00	1.00
alle	TK10	320	04	2504	0.02	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.31	0.00	1.00	1.00
alle	TK10	320	05	3036	0.02	0.00	-0.10	0.00	0.13	0.29	-0.03	1.00	1.00
alle	TK10	320	06	2978	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.30	-0.05	1.00	1.00
alle	TK10	320	07	3250	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.32	-0.06	1.00	1.00
alle	TK10	320	08	3373	0.02	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.28	-0.01	1.00	1.00
alle	TK10	320	09	3296	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.25	0.03	1.00	1.00
alle	TK10	320	10	3565	0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.25	0.04	1.00	1.00
alle	TK10	320	11	3428	-0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.23	0.01	1.00	1.00
alle	TK10	320	12	3719	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.23	0.00	1.00	1.00

5.1.1.2 Kenngrößen für einzelne Referenzmessstationen

Die Kenngrößen in den obigen Tabellen sind mit den Wertepaaren aller Referenzmessstationen berechnet worden. Sie zeigen, wie man sich die Veränderung der Lufttemperaturmessungen infolge der Änderung der Messmethode im Mittel über ganz Deutschland vorstellen muss. Im folgenden sollen dieselben Kennwerte für die einzelnen Stationen gezeigt werden – und zwar für die 12 Stationen, die derzeit in Betrieb sind und an denen die operationellen Werte mit AMDA erzeugt werden.

Tabelle 5 TK10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in K

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	TK10	320	alle	2433	-0.04	-0.10	-0.10	0.00	0.10	0.26	0.04	1.00	1.00
722	TK10	320	alle	2993	0.06	0.10	0.00	0.10	0.10	0.21	-0.05	1.00	1.00
1358	TK10	320	alle	2905	-0.02	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.14	0.02	1.00	1.00
1420	TK10	320	alle	2864	-0.04	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.23	0.00	1.00	1.00
1684	TK10	320	alle	2911	-0.04	0.00	-0.10	0.00	0.00	0.19	0.03	1.00	1.00
1975	TK10	320	alle	2802	-0.10	-0.10	-0.20	-0.10	0.00	0.25	0.12	1.00	1.00
2115	TK10	320	alle	4766	0.05	0.00	0.00	0.00	0.10	0.18	-0.07	1.00	1.00
2290	TK10	320	alle	2407	0.04	0.10	-0.10	0.00	0.10	0.23	-0.04	1.00	1.00
2712	TK10	320	alle	3635	0.12	0.10	0.00	0.10	0.20	0.28	-0.10	1.00	1.00
3015	TK10	320	alle	2466	-0.35	-0.40	-0.50	-0.40	-0.30	0.20	0.37	1.00	1.00
3987	TK10	320	alle	1460	-0.09	-0.10	-0.20	-0.10	0.00	0.22	0.09	1.00	1.00
4466	TK10	320	alle	4852	0.20	0.20	0.10	0.20	0.30	0.31	-0.21	1.00	1.00

Die Werte in der Tabelle 5 zeigen, dass die einzelnen Stationen hinsichtlich der mittleren Differenz, ihres Modus oder der Quartile schlechter abschneiden als die Stationen insgesamt. Dies ist ein Ergebnis, das man erwartet, wenn man davon ausgeht, dass die Differenzen, die bei den Referenzmessungen auftreten, zufällig sind – und es zeigt, dass man die Ergebnisse auch gemeinsam auswerten darf. Trotzdem gibt es einzelne Stationen, die aus dem Rahmen fallen: In Lindenberg (ID=3015) und Schleswig (ID=4466) ist die Differenz zwischen den beiden Messungen zu groß. Das gilt für den gesamten Zeitraum der Messungen und da der Regressionskoeffizient auch für diese beiden Stationen 1 ist, handelt es sich hier um eine konstante Differenz und nicht um einen grundsätzlichen Unterschied der Messmethoden. Eine Ursache für diese konstante Differenz konnte bisher nicht gefunden werden.

5.1.2 Luftfeuchte (UP10)

Tabelle 6 UP10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in %

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	UP10	5	alle	103103	-0.42	0.00	-2.00	0.00	1.00	3.03	-0.04	1.01	0.98
alle	UP10	320	alle	34449	0.33	0.00	-1.20	0.20	1.80	2.68	-0.15	1.00	0.98

Die Regressionsgleichung für die Terminwerte der relativen Luftfeuchtigkeit kommt der Idealgleichung sehr nah – und das Bestimmtheitsmaß von 0.98 ist auch fast ideal, denn die Eingrenzung der Feuchtwerte auf den Bereich von 0 bis 100 führt (das ist ein numerischer Effekt) zu einem kleineren

Bestimmtheitsmaß. Der Bereich vom 25%-Wert bis zum 75%-Wert der Häufigkeitsverteilung hat für beide Messnetze eine Breite von 3% - liegt also im Bereich der Güte der automatischen Messwerte. Die mittleren Differenzen sowie die Medianwerte sind deutlich kleiner. Auch im Fall der Luftfeuchte kann man daher von einer sehr guten Übereinstimmung zwischen manueller und automatischer Messung sprechen. Das gilt im Messnetz 5 auch für manuelle Messungen bei Lufttemperaturen unter dem Gefrierpunkt, bei denen die Messung mit dem Aßmann-Psychrometer etwas problematisch ist. Bei den AMDA-Messungen ist das Bestimmtheitsmaß für die Termine, zu denen die Lufttemperatur unterhalb von 0.2 °C liegt, allerdings mit 0.92 deutlich kleiner als für die höheren Lufttemperaturen. Das muss aber nicht an den Referenzmessungen liegen (s.u.).

5.1.2.1 Jahresgang

Für das Messnetz 5 gibt es keinen Jahresgang: Modus und Quartile sind in allen Monaten gleich. Die AMDA-Messungen passen aber in den Wintermonaten schlechter zu den Referenzmessungen als im Rest des Jahres: Median und 75%-Wert sind von Dezember bis Februar größer, die Bestimmtheitsmaße kleiner als im Rest des Jahres. Diese Unterschiede kommen wahrscheinlich dadurch zustande, dass die AMDA-Automaten eine eigene "Hütte" haben. In dieser Hütte werden Luftfeuchten > 95% seltener gemessen als bei den Referenzmessungen, die in der "klassischen" Hütte erfolgen.

Tabelle 7 UP10: monatliche Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in %

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	UP10	5	01	8498	-0.44	0.00	-2.00	0.00	1.00	3.15	-0.30	1.01	0.97
alle	UP10	5	02	7655	-0.34	0.00	-2.00	0.00	1.00	3.05	0.79	0.99	0.97
alle	UP10	5	03	8478	-0.40	0.00	-2.00	0.00	1.00	2.98	0.74	1.00	0.98
alle	UP10	5	04	7920	-0.49	0.00	-2.00	0.00	1.00	3.13	0.12	1.01	0.98
alle	UP10	5	05	8817	-0.42	0.00	-2.00	0.00	1.00	3.49	-0.22	1.01	0.97
alle	UP10	5	06	9006	-0.34	0.00	-2.00	0.00	1.00	2.88	0.06	1.00	0.98
alle	UP10	5	07	9064	-0.29	0.00	-2.00	0.00	1.00	2.86	-0.17	1.01	0.98
alle	UP10	5	08	8987	-0.36	0.00	-2.00	0.00	1.00	2.85	-0.53	1.01	0.98
alle	UP10	5	09	8528	-0.43	0.00	-2.00	0.00	1.00	2.88	0.06	1.01	0.98
alle	UP10	5	10	8825	-0.49	0.00	-2.00	0.00	1.00	2.97	-0.15	1.01	0.97
alle	UP10	5	11	8479	-0.55	0.00	-2.00	0.00	1.00	3.00	-0.23	1.01	0.96
alle	UP10	5	12	8846	-0.49	0.00	-2.00	0.00	1.00	3.08	-0.49	1.01	0.96
alle	UP10	320	01	2083	1.28	0.00	-0.90	1.10	3.30	3.29	3.05	0.95	0.94

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	UP10	320	02	1995	0.72	0.00	-1.05	0.50	2.40	2.95	2.82	0.96	0.95
alle	UP10	320	03	2419	0.33	0.00	-1.30	0.10	1.80	2.71	0.74	0.99	0.97
alle	UP10	320	04	2382	0.70	0.00	-1.00	0.50	2.20	2.74	-2.02	1.02	0.98
alle	UP10	320	05	2972	0.03	0.00	-1.30	0.00	1.30	2.51	-0.35	1.00	0.98
alle	UP10	320	06	2912	0.26	0.00	-1.10	0.20	1.60	2.54	-1.63	1.02	0.98
alle	UP10	320	07	3180	0.37	0.00	-1.10	0.30	1.80	2.61	-2.04	1.02	0.98
alle	UP10	320	08	3316	0.09	0.00	-1.30	0.10	1.40	2.51	-0.60	1.01	0.98
alle	UP10	320	09	3234	0.07	0.00	-1.20	0.00	1.30	2.49	-0.01	1.00	0.97
alle	UP10	320	10	3465	-0.07	0.00	-1.30	0.00	1.20	2.39	0.81	0.99	0.97
alle	UP10	320	11	3284	0.11	0.00	-1.10	0.00	1.30	2.38	1.41	0.98	0.96
alle	UP10	320	12	3207	0.65	0.00	-1.20	0.40	2.30	2.98	2.45	0.97	0.94

5.1.2.2 Kenngrößen für einzelne Referenzmessstationen

Tabelle 8 UP10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in %

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	UP10	320	0	2398	1.71	2.40	0.30	1.60	2.90	2.19	0.02	0.98	0.98
722	UP10	320	0	2490	-0.48	0.00	-1.60	0.00	0.50	2.84	2.77	0.97	0.98
1358	UP10	320	0	2414	-0.08	0.00	-1.10	0.00	0.80	2.14	2.87	0.97	0.99
1420	UP10	320	0	2698	1.00	-0.10	-0.80	0.70	2.30	2.89	-1.59	1.01	0.97
1684	UP10	320	0	2792	0.77	0.00	-0.60	0.60	1.90	2.23	-1.09	1.00	0.98
1975	UP10	320	0	2631	0.39	-0.10	-1.20	0.30	2.10	2.96	2.36	0.97	0.97
2115	UP10	320	0	4731	0.04	-0.40	-1.20	-0.10	1.20	2.16	2.21	0.97	0.95
2290	UP10	320	0	2237	0.60	0.00	-1.30	0.20	2.40	3.02	-2.57	1.03	0.98
2712	UP10	320	0	3512	0.04	-3.00	-2.30	-0.20	2.20	3.33	-0.27	1.00	0.97
3015	UP10	320	0	2382	1.08	0.80	-0.20	0.80	2.20	2.27	-1.15	1.00	0.98
3987	UP10	320	0	1416	0.77	-0.20	-0.70	0.60	2.10	2.60	-1.57	1.01	0.98
4466	UP10	320	0	4748	-0.53	-0.50	-2.00	-0.60	0.80	2.39	0.74	1.00	0.98

An den einzelnen Stationen gibt es mittlere Differenzen und auch Medianwerte, die größer als 1% sind. Dabei fallen diese Stationen nicht durch niedrige Bestimmtheitsmaße oder Regressionskoeffizienten, die sehr von 1 abweichen, auf. Berechnet man jeweils aus den Referenzwerten und den Vergleichswerten eine Häufigkeitsverteilung der Terminwerte der relativen Feuchte, dann sind es diese Stationen, bei denen relative Feuchten $\geq 95\%$ manuell sehr viel häufiger gemessen werden als automatisch: In Aachen (ID=3) und Frankfurt (ID=1420) etwa doppelt so oft, in Lindenberg (ID=3015) ist der Anteil das 1.4-fache des automatischen Anteils. Und der Brocken (ID=722) und Schleswig (ID=4466) sind die einzigen Stationen, an denen relative Feuchten $\geq 95\%$ manuell seltener gemessen werden als automatisch.

5.1.3 Luftdruck (P010)

Tabelle 9 P010: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in hPa

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	P010	5	alle	104988	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.62	-0.04	1.00	1.00
alle	P010	320	alle	36136	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.26	0.81	1.00	1.00

Die Übereinstimmung der manuellen und automatischen Messwerte ist für den Luftdruck noch etwas besser als für die anderen Größen, die direkt gemessen werden. Das liegt sicherlich auch daran,

dass das Stationspersonal angehalten ist, die automatischen Messungen mit denen des Quecksilberbarometers zu überprüfen und bei Abweichungen ab 0.5 hPa eine Störungsmeldung abzusetzen. Die Differenzen liegen dann – sowohl hinsichtlich der Mittelwerte als auch der drei Quartile – unter diesem Wert.

Die mittlere Differenz ist aber nicht Null, sondern immer etwas kleiner als Null: Der operative Messwert ist im Mittel etwas höher als der Referenzwert. Außerdem sind die Verteilungen nicht ganz symmetrisch: Das erste und das dritte Quartil sind nicht gleich weit vom Median entfernt. Diese geringen Abweichungen haben klimatologisch gesehen keine Bedeutung.

5.1.3.1 Jahresgang

Die Kenngrößen weisen auch für dieses Element keinen Jahresgang auf:

Tabelle 10 P010: monatliche Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in hPa

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	P010		5 01	8663	-0.03	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.61	-0.34	1.00	1.00
alle	P010		5 02	7778	-0.03	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.53	-0.16	1.00	1.00
alle	P010		5 03	8634	-0.03	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.66	-0.13	1.00	1.00
alle	P010		5 04	8139	-0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.59	0.09	1.00	1.00
alle	P010		5 05	8956	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.56	0.11	1.00	1.00
alle	P010		5 06	9171	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.58	0.24	1.00	1.00
alle	P010		5 07	9222	-0.04	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.49	0.21	1.00	1.00
alle	P010		5 08	9172	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.59	0.18	1.00	1.00
alle	P010		5 09	8664	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.71	-0.06	1.00	1.00
alle	P010		5 10	9016	-0.02	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.75	-0.06	1.00	1.00
alle	P010		5 11	8611	-0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.60	-0.19	1.00	1.00
alle	P010		5 12	8962	-0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.69	-0.25	1.00	1.00
alle	P010		320 01	2468	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.28	0.48	1.00	1.00
alle	P010		320 02	2246	-0.01	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.24	0.50	1.00	1.00
alle	P010		320 03	2572	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.24	0.35	1.00	1.00
alle	P010		320 04	2502	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.25	0.51	1.00	1.00
alle	P010		320 05	3026	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.27	0.26	1.00	1.00
alle	P010		320 06	2978	-0.07	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.24	0.83	1.00	1.00
alle	P010		320 07	3236	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.25	0.67	1.00	1.00
alle	P010		320 08	3273	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.26	1.22	1.00	1.00

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	P010	320	09	3255	-0.06	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.26	1.30	1.00	1.00
alle	P010	320	10	3525	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.27	1.14	1.00	1.00
alle	P010	320	11	3381	-0.05	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.27	1.12	1.00	1.00
alle	P010	320	12	3674	-0.06	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.28	0.97	1.00	1.00

5.1.3.2 Kenngrößen für die einzelnen Referenzmessstationen

Tabelle 11 P010: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in hPa

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	P010	320	0	2427	-0.21	-0.20	-0.30	-0.20	-0.10	0.18	-4.44	1.01	1.00
722	P010	320	0	2834	-0.33	-0.40	-0.50	-0.40	-0.20	0.25	0.21	1.00	1.00
1358	P010	320	0	2916	0.03	0.10	-0.10	0.00	0.10	0.19	-0.81	1.00	1.00
1420	P010	320	0	2855	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	-0.30	1.00	1.00
1684	P010	320	0	2852	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.24	-0.74	1.00	1.00
1975	P010	320	0	2787	-0.13	-0.20	-0.20	-0.10	0.00	0.19	-0.82	1.00	1.00
2115	P010	320	0	4731	0.11	0.20	0.00	0.10	0.30	0.23	-3.74	1.00	1.00
2290	P010	320	0	2399	-0.04	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.20	-0.66	1.00	1.00
2712	P010	320	0	3614	-0.08	-0.10	-0.30	-0.10	0.20	0.36	-15.01	1.02	1.00
3015	P010	320	0	2457	-0.20	-0.20	-0.30	-0.20	-0.10	0.21	-1.29	1.00	1.00
3987	P010	320	0	1458	0.11	0.10	0.00	0.10	0.20	0.17	-1.59	1.00	1.00
4466	P010	320	0	4806	0.05	0.00	0.00	0.00	0.10	0.21	-2.06	1.00	1.00

Hinsichtlich der Güte der Übereinstimmung fällt lediglich der Brocken (ID=722) etwas aus dem Rahmen, hier wird das automatische Messgerät ggf. nicht so eng mit den Werten des Quecksilberbarometers überwacht wie an den anderen Stationen.

5.1.4 Erdbodentemperaturen (TE_{xx})

Die Temperaturen im Erdboden werden in Tiefen von 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm und 1 m gemessen (TE₀₅, TE₁₀, TE₂₀, TE₅₀ und TE₁₀₀). Referenzmessungen gibt es für diese Größe vor dem Mai 2008 kaum. Deshalb werden hier nur Wertepaare betrachtet, für die die Vergleichsmessungen aus dem Messnetz 320 (AMDA) stammen.

Tabelle 12 TE: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TE05	320	alle	23512	-0.19	0.00	-0.50	-0.10	0.20	0.85	0.12	1.01	0.99
alle	TE10	320	alle	23866	-0.14	0.00	-0.40	-0.10	0.10	0.61	0.23	0.99	1.00
alle	TE20	320	alle	23861	-0.10	0.00	-0.30	-0.10	0.10	0.47	0.14	1.00	1.00
alle	TE50	320	alle	23395	0.01	0.00	-0.20	0.00	0.20	0.38	-0.09	1.01	1.00
alle	TE100	320	alle	7446	-0.01	0.00	-0.20	0.00	0.20	0.30	0.07	1.00	1.00

Die Regressionskoeffizienten und die Bestimmtheitsmaße liegen auch für die Erdbodentemperaturen nahe an den Idealwerten. Für die Medianwerte und die mittleren Differenzen bei Messtiefen zwischen 5 und 20 cm gilt das allerdings nicht: Die mittleren Differenzen sind größer als die Messgüte der Thermometer, außerdem sind die automatisch gemessenen Werte systematisch größer als die manuell gemessenen. Betrachtet man die Kennwerte monatsweise, dann stellt man fest, dass die Übereinstimmung vor allem in den Wintermonaten verhältnismäßig schlecht ist – das zeigen die Bestimmtheitsmaße.

5.1.4.1 Jahresgang

Hinsichtlich des Jahresgangs und der Werte für einzelne Stationen (siehe nächsten Abschnitt) werden die Temperaturen in 5 cm Tiefe betrachtet, denn hier ist die Güte der Übereinstimmung geringer als für die anderen Erdbodentemperaturen.

Tabelle 13 TE05: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TE05	320	01	1623	-0.36	-0.50	-0.60	-0.40	-0.10	0.59	0.23	0.74	0.71
alle	TE05	320	02	1462	-0.26	-0.40	-0.50	-0.30	0.00	0.47	0.28	0.97	0.95
alle	TE05	320	03	1573	-0.15	0.00	-0.30	-0.10	0.10	0.68	0.02	1.03	0.98
alle	TE05	320	04	1510	-0.20	0.00	-0.60	-0.10	0.40	1.08	-0.22	1.04	0.97
alle	TE05	320	05	1923	-0.20	0.00	-0.70	-0.10	0.30	1.07	-0.10	1.02	0.97
alle	TE05	320	06	1847	-0.19	-0.10	-0.70	-0.10	0.40	1.17	-0.18	1.02	0.96
alle	TE05	320	07	2060	-0.23	0.10	-0.70	-0.10	0.33	1.15	-0.80	1.05	0.97
alle	TE05	320	08	2138	-0.22	0.00	-0.60	-0.10	0.30	0.97	-0.90	1.06	0.97
alle	TE05	320	09	2163	-0.15	-0.10	-0.50	-0.10	0.30	0.89	-0.62	1.05	0.97
alle	TE05	320	10	2409	-0.09	0.00	-0.40	-0.10	0.30	0.69	-0.14	1.03	0.98
alle	TE05	320	11	2319	-0.10	0.00	-0.30	-0.10	0.10	0.49	0.19	0.98	0.98
alle	TE05	320	12	2485	-0.22	-0.10	-0.40	-0.20	0.00	0.47	0.27	0.94	0.95

Die Bestimmtheitsmaße in der Tabelle 13 sind über alle Monate und alle Stationen berechnet worden. Betrachtet man einzelne Wintermonate einzelner Stationen, dann kommt es vor, dass das Bestimmtheitsmaß Werte zwischen 0 und 0.5 annimmt. In diesen Fällen haben die Messwerte des Automaten eine viel geringere Varianz als die Werte, die manuell gemessen werden. Das passiert vorwiegend bei Temperaturen nahe dem Gefrierpunkt und den Tiefen 5 und 10 cm. Die nachfolgende Abbildung zeigt die unterschiedlichen Temperaturen, die im Januar 2010 auf dem Frankfurter Flughafen gemessen wurden. Sie ist typisch für Zeiten, in denen die Erdbodenthermometer von Schnee bedeckt sind. Wenn kein Schnee liegt, gibt es auch keinen Unterschied hinsichtlich der Varianz. Das kann man der entsprechenden Abbildung für den Dezember 2009 entnehmen.

Frankfurt-Flughafen, Januar 2010

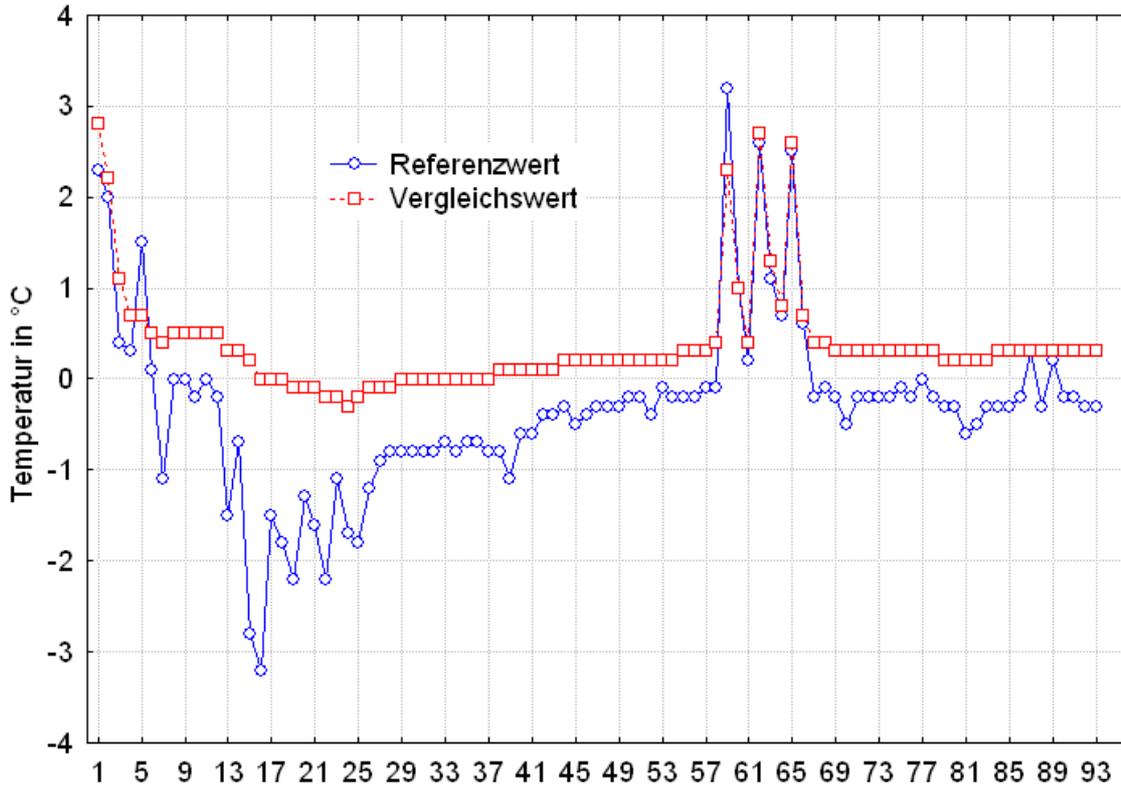


Abbildung 2 Terminwerte der Temperatur in 5 cm Tiefe, Januar 2010

Frankfurt-Flughafen, Dezember 2009

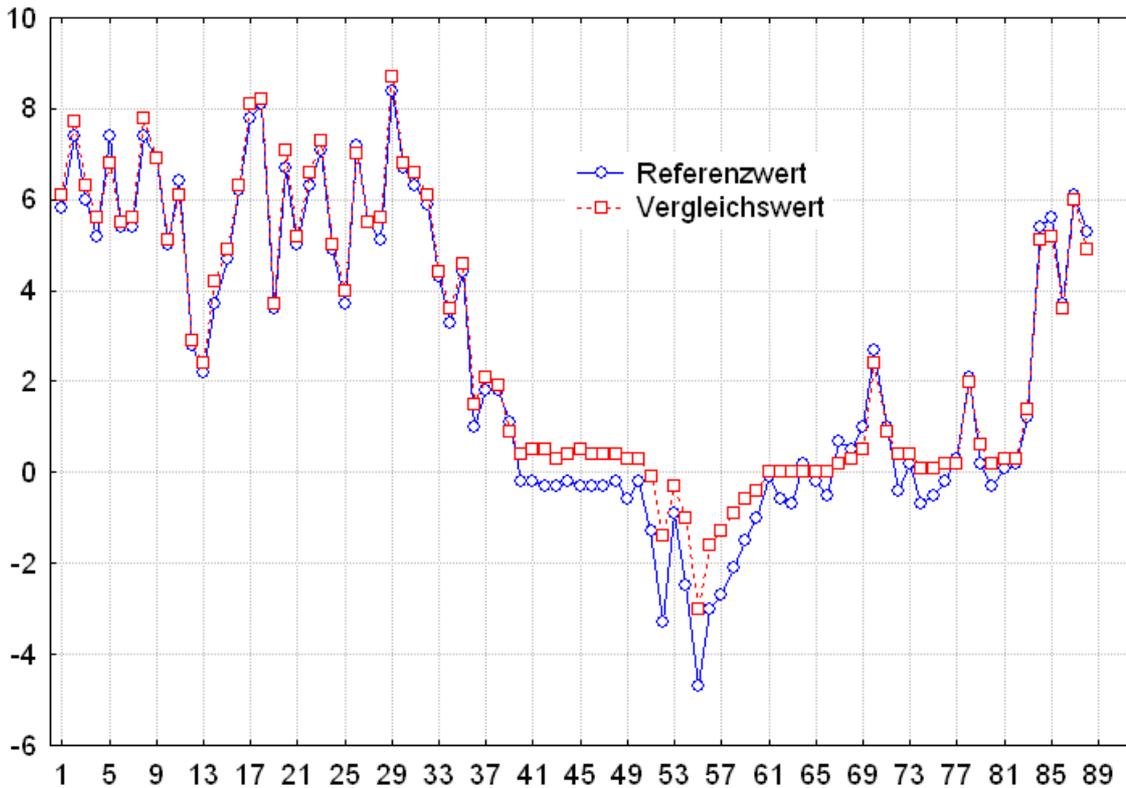


Abbildung 3 Terminwerte der Temperatur in 5 cm Tiefe, Dezember 2009

Aufgrund dieses Verhaltens der Automaten bei Schnee hat die Güte der Übereinstimmung für die Erdbodentemperaturen bis 20 cm Tiefe einen Jahresgang: In den Wintermonaten (Dezember bis Februar) ist die Güte wesentlich niedriger als im Rest des Jahres. Das gilt für die Bestimmtheitsmaße und die mittleren Differenzen sowie ihre Medianwerte.

Die Temperaturen im Erdboden werden vor allem in der Agrarklimatologie betrachtet. Es bleibt unklar, welche Messung für den Temperaturverlauf im schneebedeckten Boden zutreffend ist. Man kann sich allerdings nur schlecht vorstellen, dass die Temperaturen tatsächlich über Tage hinweg um weniger als 0.1 K variieren, zumal es sich hier um Momentanwerte handelt.

5.1.4.2 Kenngrößen einzelner Referenzmessstationen

Temperaturen um den Gefrierpunkt bei schneebedecktem Erdboden sind nicht so häufig, als dass sie das Ergebnis für die einzelnen Stationen stark beeinflussen würden. Große mittlere Differenzen gibt es in Konstanz (ID=2712), Potsdam (ID=3987) und Schleswig (ID=4466). In Potsdam und Konstanz dürfte es sich wieder um unterschiedlich geeichte Thermometer handeln, denn das Bestimmtheitsmaß ist ~ 1 , allerdings ist die Steigung größer als 1 und die Konstante kleiner als die mittlere Differenz, die Differenz zwischen den beiden Messungen ist also nicht über den gesamten Temperaturbereich konstant.

Tabelle 14 TE05: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in K

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	TE05	320	0	2358	-0.04	0.10	-0.20	0.10	0.40	0.70	-0.31	1.03	1.00
1358	TE05	320	0	2613	-0.08	-0.10	-0.40	0.00	0.20	0.78	0.03	1.01	0.99
1420	TE05	320	0	2821	0.08	-0.10	-0.30	0.00	0.50	0.72	0.27	0.97	1.00
1684	TE05	320	0	2893	-0.17	-0.20	-0.60	-0.20	0.20	0.67	0.54	0.97	1.00
1975	TE05	320	0	1582	-0.14	0.00	-0.40	-0.10	0.10	0.50	0.30	0.99	1.00
2290	TE05	320	0	2214	-0.22	0.00	-0.70	-0.20	0.10	0.89	0.42	0.98	0.99
2712	TE05	320	0	2594	-0.39	-0.20	-0.60	-0.20	0.10	0.94	0.12	1.02	0.99
3015	TE05	320	0	2375	-0.20	0.00	-0.40	-0.10	0.10	0.73	-0.31	1.05	1.00
3987	TE05	320	0	1964	-0.44	-0.20	-0.70	-0.30	-0.10	0.54	0.17	1.02	1.00
4466	TE05	320	0	2098	-0.42	0.00	-0.80	-0.10	0.20	1.47	-0.06	1.05	0.97

In Schleswig sind die Temperaturen, die mit AMDA gemessen werden, bei Temperaturen ab 25°C deutlich höher als die manuell gemessenen Werte, die Differenz beträgt hier etwa 5 K. Das deutet darauf hin, dass die Albedo der beiden Messfelder sehr unterschiedlich ist. Auch hier wäre zu klären, welche der beiden Messungen zutreffender ist.

5.1.5 Niederschlagshöhe (RK10)

Bei den Referenzwerten der Niederschlagshöhe, die zu den Klimaterminen beobachtet wird, handelt es sich um die Menge, die seit dem vorangegangenen Termin gefallen ist. Diese wird mit der entsprechenden Summe aus den 10-Minuten-Werten verglichen. Dabei werden nur solche Termine betrachtet, für die mindestens einer der beiden Werte größer als Null ist.

Tabelle 15 RK10: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in mm

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	RK10	5	alle	28586	0.09	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.46	-0.03	0.98	0.99
alle	RK10	320	alle	11954	0.06	0.10	-0.06	0.02	0.13	0.40	0.00	0.97	0.99

Das Bestimmtheitsmaß und der Regressionskoeffizient sind bei diesem Parameter etwas kleiner als 1, die Güte der Übereinstimmung ist also – wenn man sie über alle Stationen und Zeiträume betrachtet – etwas schlechter als bei den bisher betrachteten Größen. Für die Daten aus dem Messnetz 5 sind die Differenzen symmetrisch um den Medianwert Null verteilt, bei den AMDA-Werten ist der Median etwas größer als Null und das erste und dritte Quartil nicht gleich weit vom Median entfernt.

Trotzdem gibt es keinen Unterschied hinsichtlich dieser Ergebnisse, denn die Niederschlagshöhe, die von den Automaten gemessen wird, wird seit der Einführung von AMDA auf 0.01 mm genau in die Datenbank eingebracht, vorher sind die Werte nur auf 1/10 mm genau angegeben worden. Und wenn man die Quartile in der Tabelle 15 entsprechend rundet, verschwindet der Unterschied.

Die mittleren Differenzen sind mit weniger als 0.1 mm zwar nicht sehr groß, die Messgenauigkeit der Automaten wird allerdings mit 0.01 mm angegeben – aber das gilt mit Sicherheit nicht für die manuellen Messungen.

5.1.5.1 Jahrgang

Die monatlichen Kennwerte (Tabelle 16) zeigen für das Messnetz 320 einen schwach ausgeprägten Jahrgang hinsichtlich der mittleren Differenzen bzw. ihrer Medianwerte, für das Messnetz 5 trifft das nicht zu.

Tabelle 16 RK10: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in mm

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	RK10		5 01	2471	0.09	0.10	-0.10	0.10	0.20	0.44	-0.03	0.97	0.97
alle	RK10		5 02	2344	0.10	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.44	-0.04	0.97	0.97
alle	RK10		5 03	2424	0.08	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.54	-0.01	0.97	0.97
alle	RK10		5 04	2149	0.07	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.49	-0.01	0.97	0.97
alle	RK10		5 05	2212	0.08	0.00	0.00	0.00	0.10	0.43	-0.02	0.98	0.99
alle	RK10		5 06	2310	0.09	0.00	0.00	0.00	0.10	0.46	-0.03	0.98	0.99
alle	RK10		5 07	2467	0.09	0.00	0.00	0.00	0.10	0.43	-0.02	0.98	0.99
alle	RK10		5 08	2160	0.09	0.00	0.00	0.00	0.10	0.43	-0.04	0.98	0.99
alle	RK10		5 09	2110	0.07	0.00	0.00	0.00	0.10	0.44	0.00	0.98	0.99
alle	RK10		5 10	2502	0.07	0.00	0.00	0.00	0.10	0.38	-0.02	0.98	0.99
alle	RK10		5 11	2562	0.07	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.46	0.00	0.96	0.97
alle	RK10		5 12	2875	0.12	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.52	-0.01	0.94	0.96
alle	RK10		320 01	854	0.03	-0.03	-0.10	0.00	0.10	0.40	-0.01	0.98	0.97
alle	RK10		320 02	923	0.03	0.10	-0.11	0.00	0.10	0.51	0.05	0.94	0.92
alle	RK10		320 03	1001	0.03	0.10	-0.08	0.00	0.10	0.39	0.03	0.97	0.97
alle	RK10		320 04	376	0.03	-0.03	-0.06	-0.01	0.08	0.35	0.06	0.95	0.99
alle	RK10		320 05	931	0.08	0.10	-0.04	0.04	0.15	0.34	-0.03	0.98	0.99
alle	RK10		320 06	782	0.08	-0.03	-0.04	0.04	0.15	0.40	-0.01	0.98	0.99
alle	RK10		320 07	1003	0.09	-0.04	-0.04	0.04	0.16	0.48	-0.02	0.98	0.99

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	RK10	320	08	1087	0.09	0.10	-0.04	0.04	0.14	0.40	0.02	0.97	1.00
alle	RK10	320	09	905	0.06	-0.04	-0.04	0.03	0.13	0.29	-0.02	0.99	1.00
alle	RK10	320	10	1151	0.07	0.10	-0.04	0.03	0.14	0.39	-0.01	0.97	0.98
alle	RK10	320	11	1378	0.05	0.10	-0.05	0.03	0.13	0.33	0.00	0.97	0.99
alle	RK10	320	12	1563	0.05	0.10	-0.09	0.01	0.13	0.42	0.00	0.97	0.97

In beiden Netzen zeigt sich aber an der mittleren Differenz, dass die manuell gemessenen Niederschlagshöhen systematisch etwas größer sind als die automatisch gemessenen. Die Relevanz dieses systematischen Unterschieds lässt sich schwer einschätzen, da es sich hier um Terminwerte handelt. Multipliziert man die mittlere Differenz mit der Zahl der Termine, dann wurde manuell an allen Stationen zusammen im Jahr 2009 254 mm mehr Niederschlag gemessen als automatisch, im Jahr 2010 waren es 226 mm. Dieses Ergebnis erstaunt insofern, als man annehmen könnte, dass zwischen den Klimaterminen etwas Wasser aus dem Sammelgerät verdunstet und die manuellen Werte daher geringfügig niedriger sind als die automatisch gemessenen. Es zeigt sich bei der Niederschlagshöhe aber etwas, das man auch schon bei der Lufttemperatur beobachten konnte und das auch bei der Sonnenscheindauer auftritt: Bei der manuellen Messung neigen die Beobachter offensichtlich dazu, sich im Zweifelsfall für den größeren Wert zu entscheiden. Und dabei ist die Überschätzung an den Stationen nicht gleich – es gibt also Unterschiede zwischen den Stationen, die nichts mit der Stationslage oder der Witterung zu tun haben, sondern auf den Beobachter bezogen sind – und die sich bei einem Beobachterwechsel auch ändern. In dieser Hinsicht sind die automatischen Messungen den manuellen überlegen.

5.1.5.2 Kenngrößen für einzelne Referenzmessstationen

Tabelle 17 RK10: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in mm

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	RK10	320	0	855	0.02	-0.03	-0.06	0.00	0.09	0.26	0.05	0.96	0.99
1358	RK10	320	0	1305	0.14	0.00	-0.06	0.05	0.29	0.68	-0.06	0.97	0.97
1420	RK10	320	0	877	0.01	-0.04	-0.07	0.00	0.10	0.30	0.04	0.97	0.99
1684	RK10	320	0	974	0.05	-0.03	-0.08	0.00	0.11	0.43	0.00	0.98	0.99
1975	RK10	320	0	961	0.08	0.10	-0.04	0.04	0.13	0.34	-0.02	0.97	0.99
2115	RK10	320	0	1677	0.01	-0.04	-0.07	0.00	0.10	0.33	0.03	0.98	0.99
2290	RK10	320	0	908	0.18	0.10	-0.03	0.10	0.26	0.44	-0.09	0.97	0.99
2712	RK10	320	0	1171	0.07	0.10	-0.03	0.05	0.15	0.29	0.01	0.97	1.00

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3015	RK10	320	0	785	0.07	0.10	-0.05	0.04	0.13	0.35	-0.02	0.98	0.99
3987	RK10	320	0	516	0.08	0.10	-0.03	0.07	0.15	0.22	-0.02	0.97	1.00
4466	RK10	320	0	1925	0.00	0.10	-0.09	-0.01	0.10	0.36	0.03	0.98	0.99

Bei der Niederschlagshöhe ist die mittlere Differenz an den einzelnen Stationen betragsmäßig nicht durchweg größer als der Wert, der über alle Stationen ermittelt wird. Das liegt daran, dass hier die mittleren Differenzen alle positiv sind.

Mittlere Differenz und Medianwert sind für die beiden Bergstationen (Fichtelberg, ID=1358 und Hohenpeißenberg, ID=2290) etwa doppelt so groß wie für den Rest der Stationen. Allerdings ist die Übereinstimmung am Standort Fichtelberg im Jahre 2010 deutlich besser als 2008 und 2009: Das zeigt ggf., dass an der automatischen Messung der Niederschlagshöhe Veränderungen vorgenommen worden sind. Klimatologisch muss das Ergebnis für die einzelnen Standorte anhand der Jahreshöhen beurteilt werden. Das geschieht im Kapitel 8.

6 Stundenwerte

Stundenwerte werden an den Referenzstationen anhand von Registrierstreifen für die Sonnenscheindauer und die Niederschlagshöhe ermittelt. Die Werte der Niederschlagshöhe sind bisher nicht in die Datenbank MIRAKEL eingebracht worden und können daher auch nicht ausgewertet werden.

6.1 Sonnenscheindauer

Referenzmessungen der stündlichen Sonnenscheindauer liegen zum Zeitpunkt dieser Auswertung (18. März 2011) vom 01.05.2008 bis Ende 2009 in der Datenbank MIRAKEL vor.

Die stündliche Sonnenscheindauer, die aus dem Registrierstreifen des Campbell-Stokes-Geräts abgelesen wird, ist keine reelle Zahl, denn die Angaben erfolgen in Schritten von 6 Minuten Länge. Die stündlichen Sonnenscheindauern werden auf der Tabelle Terminwerte_Sonnenscheindauer abgelegt, die außerdem stündliche Werte der automatischen Messungen enthält. Vergleicht man diese Stundenwerte direkt, dann macht man einen gewissen Fehler, denn die Zeitangaben, die sich aus der Campbell-Stokes-Messung ableiten, sind wahre Ortszeiten, während sich die Sonnenscheindauern aus den automatischen Messungen auf UTC beziehen. Die Differenz zwischen diesen beiden Angaben beträgt für Görlitz, die Station, die am weitesten im Osten liegt, ungefähr eine Stunde, für Aachen, ganz im Westen Deutschlands gelegen, sind es ca. 35 Minuten. Die operationellen Werte sind wegen dieser Diskrepanz aus der Tabelle zehn_min_werte bezogen worden und dabei wurde die Differenz zwischen der mittleren Ortszeit (MOZ) und UTC berücksichtigt – die Zeitgleichung, mit der die Differenz zwischen der mittleren und der wahren Ortszeit berechnet werden kann, wurde nicht benutzt.

Die Terminwerte der Sonnenscheindauer wurden nicht auf Ausreißer geprüft, da die Differenz maximal 60 Minuten beträgt und man eine solche Differenz nicht unbedingt als Ausreißer ansehen kann. Da die Referenzwerte klassiert sind, liegt es nahe, sich die Häufigkeitsverteilung der Differenzen für jede dieser Klassen anzuschauen:

Tabelle 18 statistische Kennwerte der Differenz (Referenzwert – Vergleichswert) in Abhängigkeit vom Referenzwert, Angaben in Minuten

Referenzwert	Mittelwert	ZdF	Std.	Q25	Median	Q75
0	-11.47	4313	14.93	-15	-5	-2
6	-0.91	4361	9.29	-3	2	5
12	-0.40	3157	11.26	-5	3	7
18	0.19	2846	13.12	-6	3	9
24	1.57	2265	13.08	-6	4	11
30	3.41	2221	13.33	-5	5	13
36	4.59	2444	13.02	-4	5	14
42	5.48	2748	13.35	-4	6	15
48	6.62	3207	12.23	-3	6	15
54	6.62	3673	11.15	-3	5	14
60	2.91	18972	6.49	0	0	2

Die mit Abstand häufigste Sonnenscheindauer ist 60 Minuten – das gilt auch für die operationellen Werte. Der Referenzwert 0 ist allerdings nur deshalb seltener, weil alle Stunden, in denen keines der beiden Messegeräte Sonnenschein angezeigt hat, aus der Betrachtung ausgeschlossen wurden. Auch die große negative Differenz für diesen Referenzwert lässt sich so erklären.

Die Werte in der obigen Tabelle zeigen, dass die mittleren Differenzen bei Referenzwerten ab 18 Minuten immer positiv sind und dass die größten Diskrepanzen bei Referenzwerten von 30 bis 54 Minuten auftreten. Die Medianwerte der Differenzen liegen bei diesen Referenzwerten bei 5 oder 6 Minuten. Die Ursache hierfür konnte bisher noch nicht gefunden werden.

Die Ergebnisse für einzelne Stationen werden im Rahmen der Betrachtung der täglichen Sonnenscheindauer (Abschnitt 7.5) behandelt.

7 Tageswerte

Die operationellen Tageswerte, die hier betrachtet werden, stammen von den MIRAKEL-Tabellen zehn_min_werte sowie tageswerte_mittelwerte, tageswerte_summen und tageswerte_extrema.

Die operationellen Werte in den Tabellen tageswerte_xx haben die Struktur-Versionen 11 oder 35. Struktur-Version 11 bedeutet, dass die Tageswerte so berechnet worden sind, wie es die Anleitung für Beobachter an Klimastationen vorsieht. Ab dem 1.4.2001 allerdings sind alle Tageswerte aus den stündlichen Beobachtungen des Betrachtungstages berechnet worden. Diese Werte haben die Struktur-Version 35.

7.1 Lufttemperatur

Es werden das Tagesmittel der Lufttemperatur sowie die Extremtemperaturen betrachtet.

Die Extremtemperaturen werden sowohl anhand der Werte aus der Tabelle "zehn_min_werte" als auch anhand der Werte aus der Tabelle tageswerte_extrema verglichen. Der Vergleich mit den 10-Minuten-Werten erlaubt es, den Zeitbezug auch nach dem 1.4.2001 so zu wählen, wie es den Referenzmessungen, die immer die Struktur-Version 11 haben, entspricht. Ein entsprechender Vergleich wäre auch für die Tagesmitteltemperatur möglich. Er erübrigt sich aber, weil schon die Terminwerte gezeigt haben, dass die Referenzmessungen und die operationellen Messungen der Lufttemperatur sehr gut zusammenpassen. Für die Extremtemperaturen steht dieser Vergleich aber noch aus.

7.1.1 Tagesmittel (TMK)

Tabelle 19 TMK: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TMK	35	alle	27847	0.10	0.00	-0.30	0.10	0.50	0.60	-0.03	0.99	1.00
alle	TMK	11	alle	17582	0.07	0.00	0.00	0.10	0.10	0.14	-0.07	1.00	1.00

Die Tagesmitteltemperaturen, die aus den 24 Terminwerten eines Tages berechnet werden (SV=35), stimmen mit den Referenzwerten nicht so gut überein wie die Terminwerte. Das macht sich bei der mittleren Differenz und dem Quartilabstand bemerkbar: Die operationellen Werte sind im Mittel um 0.1 K kleiner als die Referenzwerte und die Differenzen sind breiter gestreut. Dementsprechend sind die Häufigkeitsverteilungen der Differenzen sehr unterschiedlich, wie die Abbildung 6 zeigt.

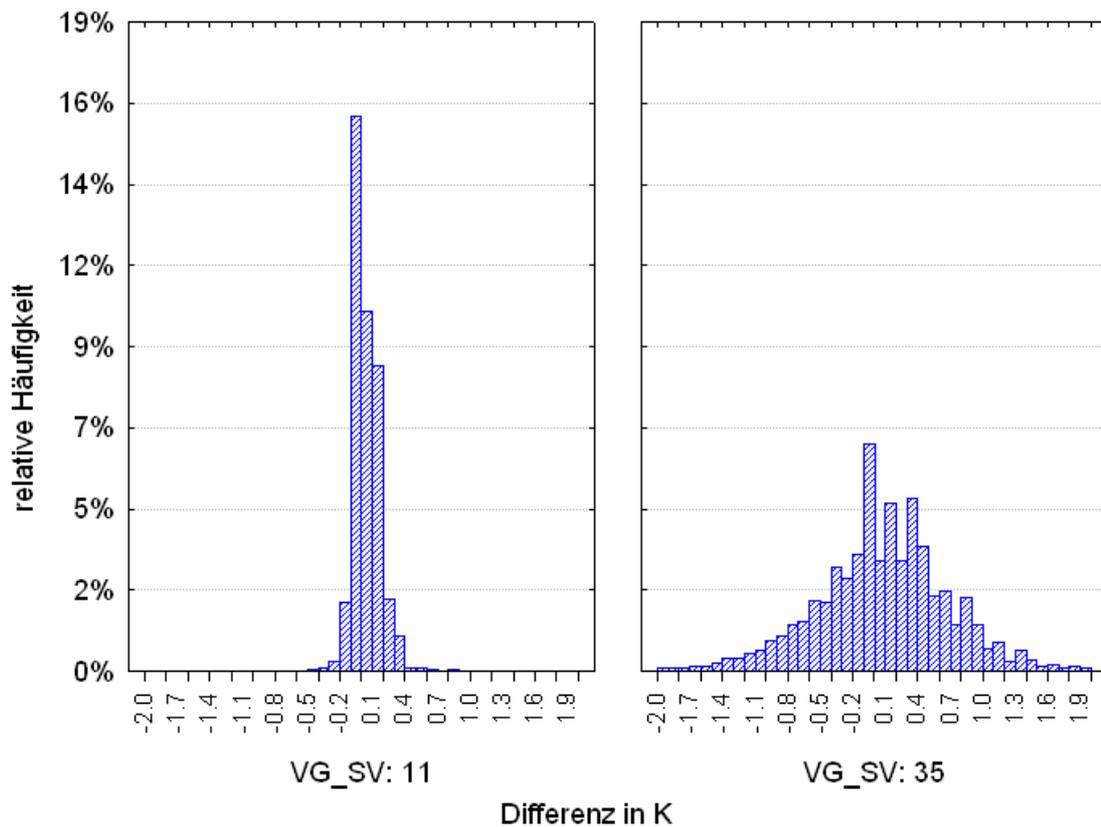


Abbildung 4 Häufigkeitsverteilungen der Differenzen der Tagesmitteltemperatur,
VG_SV: Struktur-Version der Vergleichswerte

7.1.1.1 Jahrgang

Infolge des unterschiedlichen Zeitbezugs sind die Differenzen zwischen den Tagesmittelwerten umso größer, je geringer die Windgeschwindigkeit und je größer die Ausstrahlung. Daher haben die mittleren Differenzen für diese Struktur-Version auch einen leichten Jahrgang mit einem Maximum in den Sommermonaten:

Tabelle 20 TMK: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TMK	35	01	2049	0.11	-0.10	-0.30	0.10	0.50	0.64	-0.12	0.99	0.99
alle	TMK	35	02	1844	0.11	0.10	-0.20	0.10	0.43	0.60	-0.11	0.99	0.99
alle	TMK	35	03	2030	0.10	0.00	-0.30	0.10	0.50	0.60	-0.07	0.99	0.99
alle	TMK	35	04	2202	0.14	0.10	-0.20	0.20	0.50	0.61	0.00	0.98	0.99
alle	TMK	35	05	2516	0.17	0.20	-0.20	0.20	0.60	0.60	0.11	0.98	0.99
alle	TMK	35	06	2446	0.20	0.20	-0.20	0.20	0.60	0.61	0.19	0.97	0.99

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TMK	35	07	2542	0.12	0.00	-0.20	0.10	0.50	0.61	0.29	0.98	0.99
alle	TMK	35	08	2450	0.05	0.10	-0.30	0.10	0.40	0.56	0.34	0.98	0.99
alle	TMK	35	09	2414	0.01	0.10	-0.30	0.00	0.30	0.53	0.14	0.99	0.99
alle	TMK	35	10	2468	0.04	0.00	-0.30	0.00	0.40	0.62	0.10	0.99	0.99
alle	TMK	35	11	2378	0.03	0.20	-0.30	0.00	0.40	0.61	0.03	0.99	0.99
alle	TMK	35	12	2508	0.08	0.00	-0.30	0.10	0.50	0.62	-0.08	0.98	0.99

Die Werte in der obigen Tabelle zeigen, dass die Verschiebung des Bezugszeitraumes zu einer Veränderung der Mittelwerte geführt hat, die durchaus klimarelevant ist und die dazu führt, dass die Zeitreihen, die anhand von Tagesmittelwerten der Temperatur berechnet werden, durch diese Umstellung inhomogen geworden sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Effekt nicht an allen Standorten gleich groß ist, sondern umso größer, je häufiger windschwache Strahlungswetterlagen auftreten. Da dieses Phänomen nichts mit den Referenzmessungen zu tun hat, sollte eine räumliche Analyse aufgrund der operationellen Messwerte in der Datenbank MIRAKEL erfolgen. Und bei der Auswertung langer Reihen ist darauf zu achten, dass die Tagesmittelwerte mit der Struktur-Version 35 nicht benutzt, sondern neu berechnet werden.

7.1.2 Tagesmaximum (TX10 und TXK)

Tabelle 21 TX: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TX10	5	alle	28671	0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.27	-0.07	1.01	1.00
alle	TX10	320	alle	11984	0.01	0.00	-0.20	0.00	0.20	0.34	-0.10	1.01	1.00
alle	TXK	11	alle	16059	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.19	-0.07	1.01	1.00
alle	TXK	35	alle	27193	0.05	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.39	-0.13	1.01	1.00

Der Vergleich mit den Extremtemperaturen, die aus den 10-Minuten-Werten stammen (TX10), zeigt, dass die Übereinstimmung bei den MIRIAM-Messungen (Netz=5) noch etwas besser war als bei den AMDA-Messungen (Netz=320), denn hier sind die Quartilabstände etwas kleiner: 50% aller Differenzen liegen im Bereich von ± 0.1 K, bei den AMDA-Messungen ist dieser Bereich ± 0.2 K. Das könnte an der veränderten Wetterhütte liegen. Insgesamt zeigen die Kennwerte aber, dass die Übereinstimmung in beiden Fällen sehr gut ist – und das gilt auch für die Werte aus der Tabelle "tageswerte_extrema" (TMK, SV=11 und 35), denn die Verschiebung des Bezugszeitraumes von 20:20 bis 20:30 UTC zu 0:0 bis 24:00 UTC hat auf die Maximumtemperatur keinen Einfluss.

7.1.2.1 Jahrgang

Betrachtet man die mittleren Differenzen monatsweise für die AMDA-Messungen, dann erkennt man einen Jahrgang mit größeren Differenzen in den Wintermonaten:

Tabelle 22 TX10: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TX10	320	01	825	0.11	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.35	-0.10	1.00	1.00
alle	TX10	320	02	744	0.08	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.32	-0.08	1.00	1.00
alle	TX10	320	03	852	0.03	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.34	-0.05	1.00	1.00
alle	TX10	320	04	832	-0.05	0.00	-0.20	-0.10	0.10	0.32	-0.03	1.01	1.00
alle	TX10	320	05	1000	-0.05	0.00	-0.20	-0.10	0.10	0.31	-0.07	1.01	1.00
alle	TX10	320	06	984	-0.09	-0.20	-0.30	-0.10	0.10	0.32	-0.06	1.01	1.00
alle	TX10	320	07	1074	-0.08	-0.20	-0.30	-0.10	0.10	0.34	-0.22	1.01	1.00
alle	TX10	320	08	1094	-0.03	-0.10	-0.20	-0.10	0.10	0.33	-0.16	1.01	1.00
alle	TX10	320	09	1078	-0.01	-0.10	-0.20	0.00	0.10	0.29	-0.06	1.00	1.00
alle	TX10	320	10	1163	0.07	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.34	-0.04	1.00	1.00
alle	TX10	320	11	1124	0.07	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.34	-0.08	1.00	1.00
alle	TX10	320	12	1214	0.09	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.37	-0.09	1.00	1.00

Im Winter sind die Extremtemperaturen, die mit AMDA gemessen werden, im Mittel also etwas kleiner als die Referenzwerte und im Sommer etwas größer. Auch das könnte durch den Wechsel der Wetterhütte bedingt sein, denn die monatlichen Differenzen sind für die MIRIAM-Messungen nur etwa halb so groß wie die Werte in der Tabelle 22, allerdings auch im Winter positiv und im Sommer negativ. Es fällt auch auf, dass die Regressionskoeffizienten immer größer als 1 sind. Das heißt, dass niedrige Maximumtemperaturen systematisch bei den operationellen Messungen kleiner ausfallen als bei den Referenzmessungen, hohe Temperaturen größer. Auch das weist darauf hin, dass die AMDA-Wetterhütte Strahlung und Wind etwas weniger gut abschirmt als die Standardhütte, bzw. eine geringere thermische Trägheit hat.

7.1.2.2 Kenngrößen für die einzelnen Stationen

Tabelle 23 TX10: Kenngrößen zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für die Referenzmessstationen, alle Angaben in K

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	TX10	320	0	807	0.07	0.10	-0.10	0.10	0.20	0.30	-0.22	1.01	1.00
722	TX10	320	0	943	0.10	0.10	0.00	0.10	0.20	0.30	-0.13	1.01	1.00
1358	TX10	320	0	967	0.12	0.10	0.00	0.10	0.30	0.26	-0.08	0.99	1.00
1420	TX10	320	0	947	-0.08	0.00	-0.20	-0.10	0.00	0.20	0.00	1.01	1.00
1684	TX10	320	0	961	-0.07	-0.10	-0.20	-0.10	0.00	0.25	-0.10	1.01	1.00
1975	TX10	320	0	914	-0.07	0.00	-0.20	-0.10	0.00	0.31	0.00	1.01	1.00
2115	TX10	320	0	1587	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.25	-0.14	1.01	1.00
2290	TX10	320	0	794	-0.14	-0.10	-0.30	-0.10	0.00	0.35	0.04	1.01	1.00
2712	TX10	320	0	1189	0.18	0.10	0.00	0.10	0.30	0.32	-0.29	1.01	1.00
3015	TX10	320	0	826	-0.25	-0.20	-0.40	-0.30	-0.20	0.24	0.16	1.01	1.00
3987	TX10	320	0	487	-0.12	-0.10	-0.30	-0.10	0.00	0.23	-0.02	1.01	1.00
4466	TX10	320	0	1562	0.19	0.00	-0.10	0.10	0.30	0.49	-0.28	1.01	1.00

Das Bestimmtheitsmaß ist an allen Standorten ideal, der Regressionskoeffizient ist – wie auch schon bei der Auswertung über alle Stationen- durchgängig etwas größer als 1. In dieser Hinsicht unterscheiden sich die einzelnen Stationen also nicht vom Gesamtergebnis. Und auch die Medianwerte der Differenzen bewegen sich fast immer im Bereich von ± 0.1 K – es fällt nur die Station Lindenberg (ID=3015) aus dem Rahmen: Hier ist der Medianwert -0.3 K und damit zu groß. Dieser Standort war auch schon hinsichtlich zu großer negativer Differenz bei den Terminwerten der Lufttemperatur aufgefallen. In Lindenberg müsste daher die Ursache für die unterschiedlichen Temperaturmesswerte (für die Minimumtemperatur und das Minimum am Erdboden gilt das so nicht) ergründet und beseitigt werden.

Betrachtet man die Jahressgänge für die einzelnen Stationen, dann bewegen sich die mittleren Differenzen zwischen -0.30 K in den Sommermonaten und +0.35 K im Winter. Das sind durchaus Veränderungen, die bei einer klimatologischen Auswertung berücksichtigt werden müssten.

7.1.3 Tagesminimum (TN10 und TNK)

Tabelle 24 TN: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TN10	5	alle	27958	0.11	0.20	0.00	0.10	0.20	0.29	-0.11	1.00	1.00
alle	TN10	320	alle	11625	0.04	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.31	0.00	0.99	1.00
alle	TNK	11	alle	16068	0.13	0.00	0.00	0.10	0.20	0.20	-0.13	1.00	1.00
alle	TNK	35	alle	26744	0.22	0.10	0.00	0.10	0.30	0.57	-0.16	0.99	0.99

Bei der Minimumtemperatur ist die Übereinstimmung zwischen Referenz- und operationellem Wert für die AMDA-Messungen sehr gut. Bei den MIRIAM-Messungen sind hier – wie auch schon bei der Lufttemperatur – Modus und Median größer als Null, die operativen Werte sind also systematisch niedriger als die Referenzwerte. Das gilt auch für die Werte des Messnetzes 4. Hier ist die mittlere Differenz für SV=35 (Bezugszeitraum 0 bis 24 UTC) deutlich größer als für SV=11 (Bezugszeitraum 20:30 bis 20:30 UTC) und auch die Häufigkeitsverteilungen der Differenzen unterscheiden sich deutlich (siehe Abbildung 7).

Die Verschiebung des Referenzzeitraumes hat also nicht nur auf die Tagesmitteltemperatur sondern auch auf das Minimum der Temperatur einen signifikanten Einfluss, der so groß ist, dass er zu Inhomogenitäten führt und klimatologische Analysen verfälscht. Es ist leicht verständlich, dass die Beträge der Differenzen größer werden, wenn man den Bezugszeitraum ändert, aber nicht, dass die größeren positiven Differenzen dabei überwiegen (siehe Abbildung 7).

Dafür gibt es folgende Erklärung:

- Das Minimum für 20:30 bis 20:30 ist dann niedriger als das Minimum 0:00 bis 24:00, wenn es zwischen 20:30 und 24:00 kälter war als am ganzen nächsten Kalendertag. Diese Bedingungen sind typisch für das Ende einer Strahlungswetterlage.
- Das Minimum 0:00 bis 24:00 ist dann niedriger als das Minimum 20:30 bis 20:30, wenn es zwischen 20:30 und 24:00 kälter war als in der Zeit von 20:30 Vortag bis 20:30. Diese Bedingungen sind typisch für den Beginn einer Strahlungswetterlage.

Und da der Tagesgang zu Beginn einer Strahlungswetterlage ausgeprägter ist als zum Ende, ist im Mittel der Effekt stärker und die Minimumtemperatur 0:00 bis 24:00 im Mittel niedriger als die für 20:30 bis 20:30. Dieser Effekt ist an einer Station umso ausgeprägter, je stärker die Lufttemperatur von der Strahlung geprägt wird. So ist die mittlere Differenz der beiden Minimumtemperaturen am Frankfurter Flughafen, berechnet für den Zeitraum Mai 2008 bis Juni 2010, 0.3 K. Dieser Wert ist allein mit den AMDA-Messwerten berechnet worden. Der Unterschied zwischen den Tageswerten hat nichts mit den Referenzmessungen zu tun.

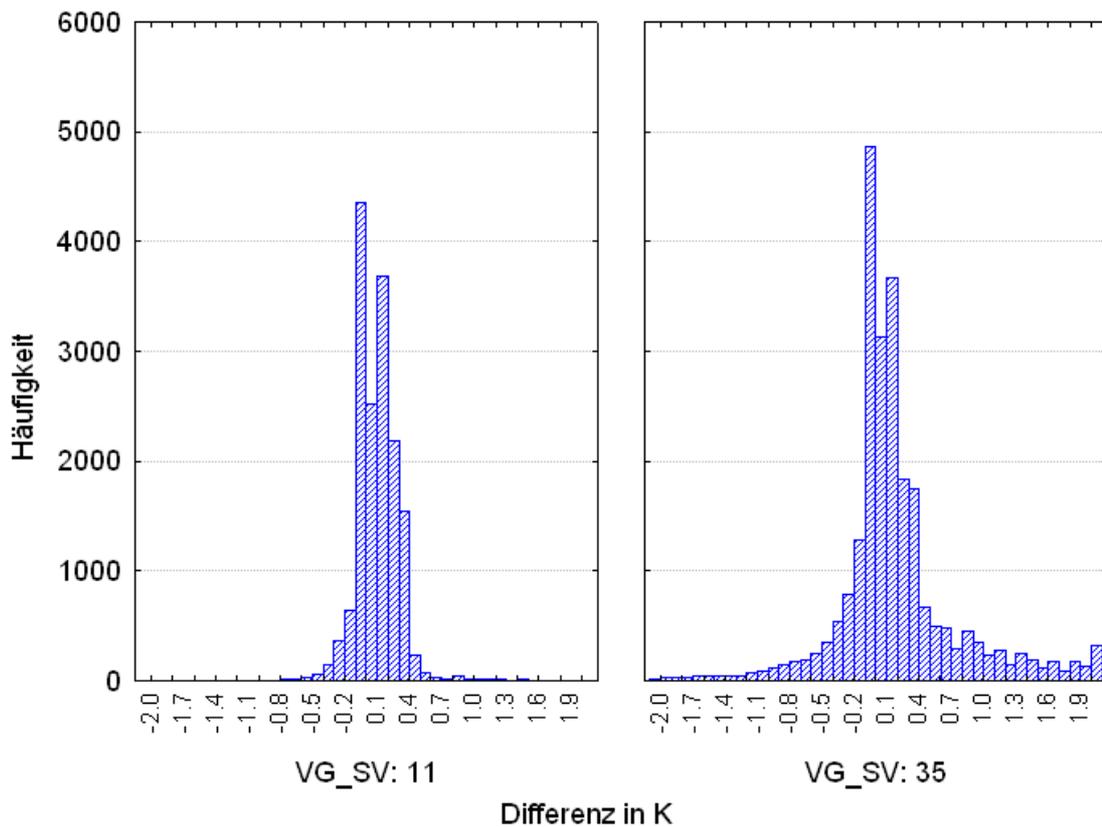


Abbildung 5 Häufigkeitsverteilung der Differenzen der Minimumtemperatur,
VG_SV: Struktur-Version der Vergleichsdaten

7.1.3.1 Jahrgang

Tabelle 25 TN10: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TN10	320	01	790	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.33	0.01	1.00	1.00
alle	TN10	320	02	716	-0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.29	-0.01	0.99	1.00
alle	TN10	320	03	821	0.01	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.28	0.00	0.99	1.00
alle	TN10	320	04	795	0.03	0.10	-0.10	0.10	0.20	0.35	0.02	0.99	0.99
alle	TN10	320	05	956	0.05	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.31	0.02	0.99	0.99
alle	TN10	320	06	936	0.08	0.10	-0.10	0.10	0.20	0.32	-0.01	0.99	0.99
alle	TN10	320	07	1032	0.08	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.31	0.07	0.99	0.99
alle	TN10	320	08	1098	0.07	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.30	-0.01	1.00	0.99
alle	TN10	320	09	1065	0.07	0.00	-0.10	0.10	0.20	0.28	-0.06	1.00	0.99
alle	TN10	320	10	1137	0.05	0.10	-0.10	0.10	0.20	0.31	-0.02	1.00	1.00

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TN10	320	11	1093	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.29	0.00	1.00	1.00
alle	TN10	320	12	1186	-0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.31	0.01	1.00	1.00

Die Werte in der Tabelle 25 zeigen, dass die Differenzen der Minimumtemperatur einen ganz schwach ausgeprägten Jahresgang haben, der invers zu dem der Maximumtemperatur verläuft: Im Winter sind die Minimumtemperaturen, die mit AMDA gemessen werden, etwas höher als die Referenzwerte, im Sommer etwas niedriger. Damit ist der Tagesgang der Temperatur, der mit AMDA gemessen wird, im Sommer etwas ausgeprägter und im Winter etwas weniger ausgeprägt als der Tagesgang, der sich aus den Referenzmessungen ergibt.

7.1.3.2 Kennwerte für die einzelnen Referenzmessstationen

Tabelle 26 TN10: Kenngrößen zur Beurteilung der Übereinstimmung für einzelne Standorte, alle Angaben in K

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	TN10	320	0	804	0.03	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.21	-0.01	1.00	1.00
722	TN10	320	0	943	0.07	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.29	-0.06	0.99	1.00
1358	TN10	320	0	969	-0.07	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.35	0.07	1.00	1.00
1420	TN10	320	0	943	0.08	0.10	0.00	0.10	0.20	0.23	-0.08	1.00	1.00
1684	TN10	320	0	920	-0.09	-0.30	-0.30	-0.10	0.10	0.40	0.12	0.99	1.00
1975	TN10	320	0	906	0.03	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.32	-0.01	1.00	1.00
2115	TN10	320	0	1587	0.05	0.10	0.00	0.10	0.20	0.28	0.03	0.99	1.00
2290	TN10	320	0	793	0.06	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.28	-0.05	1.00	1.00
2712	TN10	320	0	1183	0.15	0.20	0.00	0.20	0.30	0.24	-0.08	0.99	1.00
3015	TN10	320	0	512	-0.09	0.00	-0.20	-0.10	0.00	0.26	0.11	1.00	1.00
3987	TN10	320	0	487	0.04	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.23	0.03	0.99	1.00
4466	TN10	320	0	1578	0.06	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.37	-0.06	1.00	1.00

Von den 12 Referenzmessstationen hat lediglich Konstanz (ID=2712) ein Ergebnis, das nicht ganz zufriedenstellend ist, weil die mittlere Differenz und auch der Medianwert größer als die Messgenauigkeit sind. Hier ist schon seit 2007 ein AMDA-Automat in Betrieb und die Differenzen zwischen den Referenzmessungen und den automatischen Messungen sind im Laufe der Zeit kleiner geworden, im Jahre 2010 beträgt der Medianwert nur noch 0.1 K und die mittlere Differenz 0.13 K – das ist immer

noch nicht ideal, doch die Diskrepanz zwischen den Messwerten wurde offensichtlich bemerkt und etwas dagegen getan.

7.1.4 Minimum am Erdboden (TG10 und TGK)

Tabelle 27 TG: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in K

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	TG10	5	alle	26761	0.03	0.00	-0.20	0.00	0.20	0.56	-0.02	1.00	0.99
alle	TG10	320	alle	11780	-0.04	0.00	-0.20	0.00	0.20	0.42	0.07	0.99	1.00
alle	TGK	11	alle	12613	0.00	0.00	-0.20	0.00	0.10	0.34	0.01	1.00	1.00
alle	TGK	35	alle	26525	0.50	0.00	-0.20	0.10	0.90	1.36	-0.37	0.97	0.96

Auch für die Minimumtemperatur am Erdboden ist die Übereinstimmung zwischen manueller und operativer Messung sehr gut, solange die Integrationszeit dieselbe ist: Das Bestimmtheitsmaß und der Regressionskoeffizient sind für TG10 und TGK mit SV=11 fast 1, die Differenzen symmetrisch um den Wert Null verteilt. Die Ergebnisse für das Minimum am Erdboden, das mit der Struktur-Version 35 in MIRAKEL abgelegt ist, passt allerdings nur sehr schlecht zu den Referenzmessungen (Tabelle 27): Hier ist die mittlere Differenz 0.5 K. Das liegt daran, dass das Minimum am Erdboden manuell nur in der Zeit von 20:30 UTC bis 6:30 UTC gemessen wird, sich die Werte mit Struktur-Version 35 aber auf die Zeit von 0 bis 24 UTC beziehen. Auch hier führt die veränderte Berechnung des Tageswertes dazu, dass lange Reihen, wenn sie mit den Tageswerten erstellt werden, inhomogen werden.

Es gibt immer wieder Klagen darüber, dass die Automaten unzureichende Werte liefern, wenn Schnee liegt, weil in diesem Fall das Minimumthermometer des Automaten eingeschneit wird, während die Beobachter bei der manuellen Messung angehalten sind, das Thermometer immer 5 cm oberhalb der Schneedecke zu positionieren.

Wenn man die Messwerte in Abhängigkeit von der Schneehöhe betrachtet und dabei für die Monate November bis März zwischen Schneehöhen ≤ 5 cm und Schneehöhen > 5 cm unterscheidet, dann ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 8 und Abbildung 9): Der Zusammenhang zwischen den beiden Messwerte ist für die Fälle, in denen die Schneehöhe größer als 5 cm ist (Schnee=1) etwas schlechter, und man kann erkennen, dass es mehr Wertepaare oberhalb der Ideallinie ($Y=X$) gibt. Die Darstellung, die die Differenz der Messwerte in Abhängigkeit vom Referenzwert zeigt, macht dann auch deutlich, dass Fälle, in denen der operationelle Wert um mehr als 2 K größer ist als der Referenzwert (d.h. die Differenz < -2 K) bei einer Schneedecke häufiger vorkommen. Betrachtet man die Ergebnisse für die einzelnen Stationen, dann bekommt man ein völlig uneinheitliches Bild: Nicht an allen Stationen sind die operationell gemessenen Temperaturen im Mittel höher als die Referenzwerte, wenn Schnee liegt. Für 6 der 12 Stationen sind die Unterschiede der mittleren

Differenz für Fälle mit und ohne Schnee geringer als 0.2 K. Eventuell ist es so, dass das Personal an manchen Stationen darauf achtet, dass auch das Thermometer des Automaten oberhalb der Schneedecke bleibt und sich daher der Einfluss, den eine Schneebedeckung im Mittel auf die operationellen Messungen hat, mit diesen Daten gar nicht ermitteln lässt.

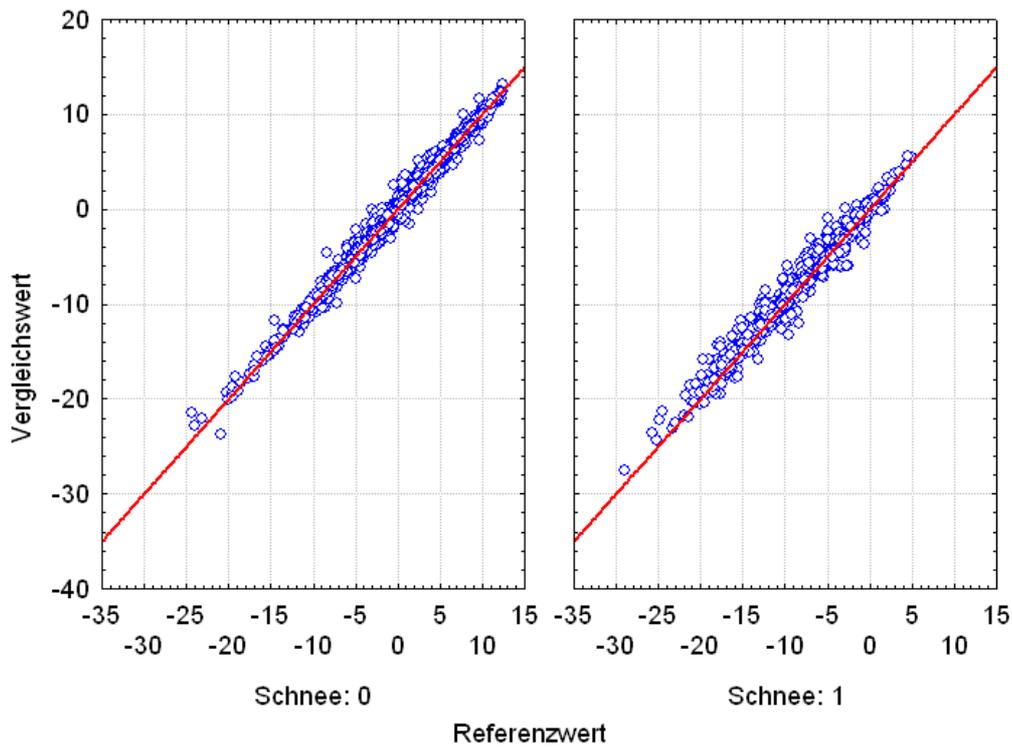


Abbildung 6 TG10: Korrelation der Minimumtemperatur am Erdboden für Fälle mit und ohne Schnee

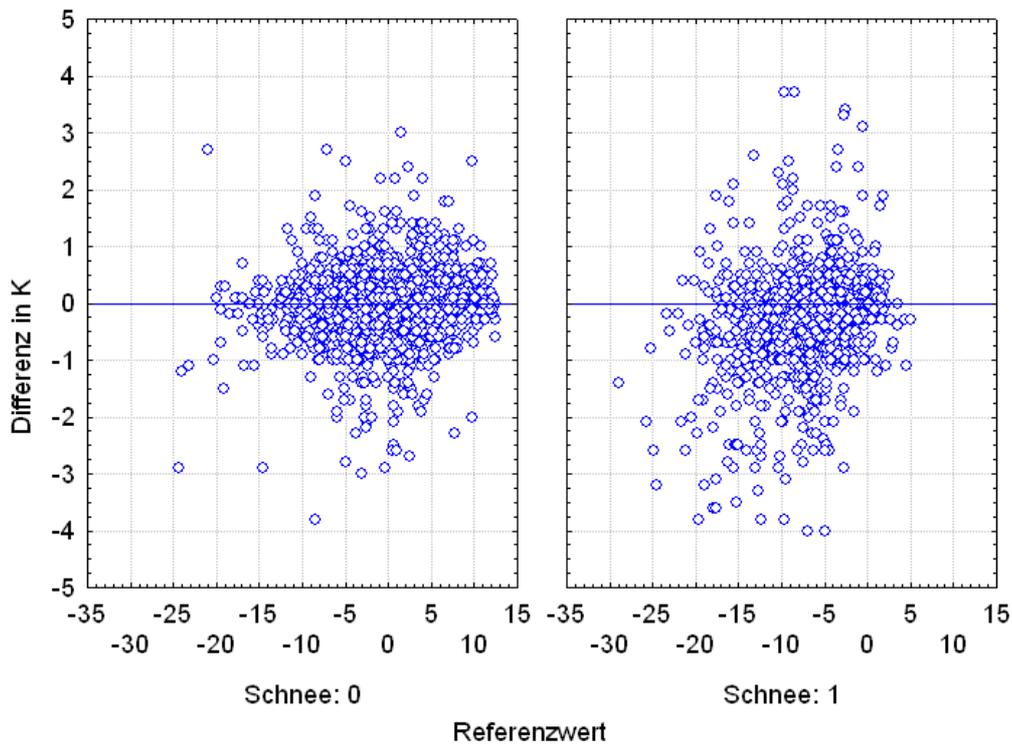


Abbildung 7 TG10: Zusammenhang zwischen Referenzmessung und Differenz zum operationellen Wert für Fälle mit und ohne Schnee

7.1.4.1 Kenngrößen für einzelne Stationen

Tabelle 28 TG10: Kenngrößen zur Beurteilung der Übereinstimmung für einzelne Stationen, alle Angaben in K

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	TG10	320	0	809	-0.03	-0.10	-0.20	0.00	0.10	0.27	0.02	1.00	1.00
722	TG10	320	0	920	-0.31	-0.30	-0.50	-0.30	-0.10	0.42	0.32	0.99	1.00
1358	TG10	320	0	889	-0.24	-0.20	-0.50	-0.20	0.00	0.57	0.27	0.98	0.99
1420	TG10	320	0	937	0.04	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.30	-0.03	1.00	1.00
1684	TG10	320	0	930	0.22	0.30	0.10	0.30	0.40	0.39	-0.17	0.99	1.00
1975	TG10	320	0	908	-0.02	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.34	0.04	0.99	1.00
2115	TG10	320	0	1580	0.04	0.10	-0.10	0.00	0.20	0.30	-0.09	1.01	1.00
2290	TG10	320	0	787	-0.02	0.10	-0.20	0.00	0.20	0.38	0.01	1.00	1.00
2712	TG10	320	0	1187	-0.23	-0.20	-0.40	-0.20	-0.10	0.32	0.21	1.00	1.00
3015	TG10	320	0	798	-0.10	0.10	-0.40	0.00	0.20	0.48	0.18	0.98	1.00
3987	TG10	320	0	463	0.22	0.40	0.00	0.30	0.50	0.52	-0.14	0.98	1.00
4466	TG10	320	0	1572	0.06	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.41	-0.06	1.00	1.00

Bestimmtheitsmaß und Regressionskoeffizient sind auch für die einzelnen Stationen nahe am Idealwert, auf die Medianwerte und die Mittelwerte der Differenzen trifft das aber nicht zu. Betragsmäßig große negative Differenzen gibt es an den Stationen, an denen häufiger Schnee liegt – auf dem Brocken (722), auf dem Fichtelberg (1358) sowie in Lindenberg (3015), auch hier hat häufiger Schnee gelegen – und in Konstanz (2712). In Konstanz ist der monatliche Medianwert der Differenz seit März 2007 fast durchweg -0.2 K und kleiner – das muss überprüft werden, denn mit Schneefall lässt es sich nicht erklären.

Zu große positive Differenzen, wie sie in Görlitz (1684) und Potsdam (3987) auftreten, weisen auch auf Messfehler hin. In Potsdam liegen die manuell gemessenen Werte – wenn kein Schnee liegt – im Monatsmittel immer um 0.3 bis 0.5 K über den automatisch gemessenen. Hier müssten beide Thermometer überprüft werden. Eventuell entstehen diese Differenzen auch durch die unterschiedliche Aufstellung der Thermometer.

Auch in Görlitz (ID=1684) ist der Medianwert der Differenz nicht nur über alle Monate betrachtet, sondern auch in den Einzelmonaten 0.3 K – auch hier gibt es also eine systematische Differenz zwischen den Messwerten, deren Ursache ergründet und beseitigt werden muss.

7.2 Luftdruck (PM)

Tabelle 29 PM: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in hPa

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	PM	11	alle	19569	-0.03	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.85	-0.04	1.00	1.00
alle	PM	35	alle	27213	0.00	0.00	-0.37	0.00	0.30	0.65	0.05	1.00	1.00

Beim Luftdruck hat der veränderte Integrationszeitraum kaum einen Einfluss auf die Güte der Übereinstimmung: Die mittlere Differenz ist Null für die Struktur-Version 35, der Abstand von 1. und 3. Quartil etwas größer als für die Struktur-Version 11. Hier erhält man also keine inhomogene Reihe, wenn man einen Zeitraum betrachtet, in dem die Struktur-Version der Daten von 11 zu 35 wechselt. Allerdings werden lange Reihen des Luftdrucks auch kaum für klimatologische Analysen benutzt. Einen Jahresgang der Kennwerte gibt es nicht. Der Vergleich für einzelne Stationen ist auf der Grundlage der Kennung P010 erfolgt (siehe 5.1.3.2).

7.3 Luftfeuchte (UPM und VPM)

Tabelle 30 UPM und VPM: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in %

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	UPM	11	alle	17349	-0.43	0.00	-1.00	0.00	1.00	2.14	0.56	1.00	0.98
alle	UPM	35	alle	26820	-1.10	-1.00	-3.00	-1.00	1.00	3.58	4.65	0.96	0.94
alle	VPM	11	alle	17365	-0.01	0.00	-0.10	0.00	0.10	0.25	-0.03	1.01	1.00
alle	VPM	35	alle	27251	0.05	0.00	-0.20	0.00	0.30	0.42	0.08	0.99	0.99

Beim Tagesmittel der relativen Luftfeuchte (UPM) macht sich die Veränderung der Integrationszeit wieder sehr deutlich bemerkbar: Die mittlere Differenz für die Strukturversion 35 beträgt in etwa das Dreifache des Wertes für die Strukturversion 11, Bestimmtheitsmaß und Regressionskoeffizient weichen stärker von 1 ab. Das Tagesmittel des Dampfdrucks (VPM) reagiert nicht ganz so empfindlich auf den veränderten Bezugszeitraum, aber auch hier sind die Kennwerte für die Strukturversion 11 besser als für die Strukturversion 35.

7.3.1 Jahresgang

Tabelle 31 UPM und VPM: monatliche Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, Angaben in % (UPM) und hPa (VPM)

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	UPM	35	01	1841	-0.78	-2.00	-3.00	-1.00	1.17	4.00	1.91	0.99	0.92
alle	UPM	35	02	1709	-0.90	0.00	-3.00	-1.00	1.12	3.72	4.84	0.95	0.92
alle	UPM	35	03	1951	-0.90	-1.00	-3.00	-1.00	1.00	3.66	3.13	0.97	0.93
alle	UPM	35	04	2114	-0.94	-1.00	-3.00	-1.00	1.00	3.53	3.55	0.96	0.95
alle	UPM	35	05	2476	-1.61	-2.00	-4.00	-2.00	0.50	3.61	6.62	0.93	0.94
alle	UPM	35	06	2401	-1.66	-3.00	-4.00	-1.88	0.37	3.58	8.21	0.91	0.93
alle	UPM	35	07	2517	-1.30	-1.00	-3.42	-1.00	1.00	3.45	7.04	0.92	0.94
alle	UPM	35	08	2427	-1.00	0.00	-3.00	-1.00	1.00	3.26	6.11	0.93	0.93
alle	UPM	35	09	2389	-0.89	0.00	-3.00	-1.00	1.00	3.28	4.44	0.96	0.91
alle	UPM	35	10	2408	-1.20	-1.00	-3.00	-1.00	0.96	3.47	2.73	0.98	0.92
alle	UPM	35	11	2304	-1.00	0.00	-3.00	-1.00	1.00	3.61	2.27	0.99	0.91
alle	UPM	35	12	2283	-0.78	-1.00	-3.00	-1.00	1.17	3.71	2.21	0.98	0.92
alle	VPM	35	01	2043	0.02	0.10	-0.10	0.00	0.20	0.29	-0.10	1.02	0.98
alle	VPM	35	02	1820	0.01	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.27	-0.03	1.00	0.98
alle	VPM	35	03	2025	0.00	0.00	-0.20	0.00	0.20	0.32	0.01	1.00	0.98
alle	VPM	35	04	2120	0.08	0.00	-0.10	0.10	0.30	0.37	0.10	0.98	0.97
alle	VPM	35	05	2451	0.09	0.10	-0.20	0.10	0.40	0.47	0.13	0.98	0.97
alle	VPM	35	06	2335	0.15	0.10	-0.20	0.10	0.50	0.51	0.18	0.97	0.98
alle	VPM	35	07	2421	0.16	0.00	-0.20	0.10	0.50	0.56	0.26	0.97	0.97
alle	VPM	35	08	2369	0.10	0.00	-0.20	0.10	0.40	0.53	0.22	0.98	0.97
alle	VPM	35	09	2360	0.01	0.00	-0.30	0.00	0.30	0.45	0.16	0.99	0.98
alle	VPM	35	10	2430	-0.04	-0.10	-0.30	0.00	0.20	0.41	-0.01	1.01	0.98
alle	VPM	35	11	2374	-0.03	0.00	-0.20	0.00	0.20	0.33	0.00	1.00	0.98
alle	VPM	35	12	2503	0.01	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.28	-0.06	1.01	0.98

Die mittleren Differenzen und ihre Medianwerte weisen für beide Feuchtegrößen einen Jahresgang auf, der dem Jahresgang der Temperatur folgt: Im Frühsommer sind die Unterschiede am größten. Da es aber auch hier wieder um eine Differenz geht, die weniger durch die Art der Messung als vielmehr durch die Art der Mittelbildung hervorgerufen wird, sollte man weitere Untersuchungen auf der Grundlage der operationellen Messwerte durchführen. Das gilt auch für die Auswirkungen auf unterschiedliche Standorte.

7.4 Niederschlagshöhe (RSK)

Tabelle 32 RSK: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, alle Angaben in mm

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	RSK	11	alle	8483	0.11	0.00	0.00	0.00	0.20	0.47	-0.02	0.98	1.00
alle	RSK	35	alle	15024	-0.03	0.00	-0.10	0.00	0.20	1.23	0.21	0.96	0.96

Die Tageshöhe des Niederschlags bezieht sich bei den Referenzmessungen und der Strukturversion 11 auf die Zeit von 6:30 bis 6:30 UTC, bei den operationellen Werten mit der Strukturversion 35 wieder auf den Zeitraum 0 bis 24 UTC. Auf die mittleren Differenzen wirkt sich das nicht aus, weil die Summen durch die Zeitverschiebung insgesamt nicht verändert werden.

Die mittlere Differenz, die bei dem Vergleich der Terminwerte immer größer als Null war, ist jetzt für die Struktur-Version 35 kleiner als Null. Das kann eigentlich nicht sein. Wenn man sich die Differenzen in Abhängigkeit vom Referenzwert ansieht, dann fällt auf, dass es viele Fälle gibt, in denen der Referenzwert Null ist und der Vergleichswert größer als Null. Für die Struktur-Version 35 sind es insgesamt 859 Fälle, 410 dieser Fälle entfallen auf die Station Brocken. Diese Station hat keine Referenzmessungen mit Terminwerten der Niederschlagshöhe und hier gibt es hinsichtlich der Erfassung der Tageswerte offensichtlich ein Problem. Es betrifft die Jahre 1998 bis 2002, ab 2008 sind die Referenzwerte der täglichen Niederschlagshöhe dann richtig erfasst. Wenn man diesen Fehler korrigiert, wird die Güte der Übereinstimmung für die Daten mit der Struktur-Version 35 hinsichtlich der Regressionsergebnisse erkennbar besser, die mittlere Differenz ist wieder größer als Null:

Tabelle 33 RSK: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, nach Korrektur der Werte für den Brocken, alle Angaben in mm

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	RSK	11	alle	8483	0.11	0.00	0.00	0.00	0.20	0.47	-0.02	0.98	1.00
alle	RSK	35	alle	14618	0.08	0.00	-0.10	0.00	0.20	0.78	0.04	0.97	0.99

Da es keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen den Terminwerten und den Tagessummen der

Niederschlagshöhe gibt, erübrigt sich die Betrachtung des Jahresganges und der Ergebnisse für einzelne Standorte an dieser Stelle, es wird auf die Abschnitte 5.1.5.1 und 5.1.5.2 verwiesen.

7.5 Sonnenscheindauer (SD10 und SDK)

Der Vergleich der Stundenwerte (siehe 6.1) hat schon gezeigt, dass die manuell ermittelte Sonnenscheindauer systematisch größer ist als die Dauer, die die Automaten messen.

Das gilt auch für die Tageswerte, die hinsichtlich der automatischen Messungen hier zum einen aus den Zehn-Minuten-Summen errechnet wurden (SD10) und zum anderen aus der Tabelle "Tageswerte_summen" stammen (SDK):

Tabelle 34 SD: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung, Angaben in Stunden

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	SD10	5	alle	29588	0.10	0.00	-0.19	0.00	0.36	0.67	-0.09	1.00	0.98
alle	SD10	320	alle	9362	0.25	0.00	-0.17	0.10	0.63	0.79	-0.22	0.99	0.97
alle	SDK	11	alle	15299	0.14	0.00	-0.10	0.00	0.40	0.65	-0.07	0.99	0.98
alle	SDK	35	alle	26396	0.16	0.00	-0.20	0.00	0.45	0.69	-0.13	1.00	0.98

Die Ergebnisse für die beiden Kennungen und die unterschiedlichen Netze bzw. Struktur-Versionen sind doch recht unterschiedlich. Für die Messungen, die operationell mit AMDA durchgeführt wurden (Netz=320) ist das Bestimmtheitsmaß etwas kleiner als in den anderen Fällen und die mittlere Differenz (es handelt sich um Stunden, d.h. im Mittel sind es pro Tag 15 Minuten) deutlich größer, dieser Wert ist aber in allen Fällen inakzeptabel hoch. Der Unterschied zwischen den Messnetzen 5 (MI-RIAM) und 320 (AMDA) ist nur schwer zu verstehen, denn mit dem Wechsel des Automaten war kein Wechsel des Strahlungsmessgeräts verbunden. Trotzdem treten vergleichbare Unterschiede für einzelne Stationen, die Referenzmessungen aus beiden Zeiträumen haben, auf – aber eben nicht für alle:

Tabelle 35 SD: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für einzelne Stationen und Messnetz_Ids, Angaben in Stunden, gelb hinterlegt: Differenzen für VGNETZ=320 viel größer als für VGNETZ=5

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	SD10	5	0	135	0.26	0.00	-0.15	0.23	0.73	0.75	-0.27	1.00	0.97
3	SD10	320	0	661	0.11	0.05	-0.34	0.05	0.58	0.77	-0.15	1.01	0.97
2115	SD10	5	0	1768	0.07	0.00	-0.20	0.00	0.32	0.57	-0.10	1.01	0.99
2115	SD10	320	0	1418	0.39	0.00	0.00	0.23	0.71	0.63	-0.24	0.97	0.98

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
2290	SD10	5	0	4754	0.07	0.00	-0.19	0.00	0.29	0.56	-0.08	1.00	0.99
2290	SD10	320	0	602	0.17	0.00	-0.21	0.03	0.50	0.65	-0.21	1.01	0.98
2712	SD10	5	0	3669	-0.01	0.00	-0.29	0.00	0.23	0.60	-0.09	1.02	0.98
2712	SD10	320	0	974	0.12	0.00	-0.24	0.05	0.40	0.64	-0.32	1.03	0.98
3015	SD10	5	0	117	0.25	0.00	-0.26	0.27	0.78	1.08	-0.37	1.02	0.95
3015	SD10	320	0	613	0.20	0.05	-0.32	0.10	0.67	0.86	-0.20	1.00	0.96
3987	SD10	5	0	260	0.03	0.00	-0.28	0.00	0.26	0.56	-0.07	1.01	0.99
3987	SD10	320	0	349	0.06	0.02	-0.32	0.02	0.40	0.63	-0.16	1.02	0.98
4466	SD10	5	0	3288	0.32	0.00	-0.02	0.05	0.67	0.78	-0.15	0.96	0.97
4466	SD10	320	0	1428	0.33	0.00	-0.06	0.04	0.70	0.82	-0.19	0.97	0.97

Wenn man dann für die gelb hinterlegten Stationen noch die Differenzen der einzelnen Jahre betrachtet, dann fällt der Unterschied bei der mittleren Differenz für Konstanz (ID=2712) nicht mit dem Wechsel des Messgeräts zusammen – offensichtlich hat die größere mittlere Differenz bei den Messungen im Netz 320 also nichts mit diesem Wechsel zu tun. Sie wird eher dadurch hervorgerufen, dass mit der Einrichtung der 12 Referenzstationen im Mai 2008 Stationen dazugekommen sind, die durch besonders große Differenzen auffallen: Der Brocken, Hamburg-Fuhlsbüttel und Frankfurt.

7.5.1 Jahresgang

Die Güte der Übereinstimmung zwischen den Referenzwerten und den Vergleichswerten der täglichen Sonnenscheindauer hat für alle Vergleichsnetze bzw. Strukturversionen einen deutlichen Jahresgang, der hier für die AMDA-Messungen tabelliert ist:

Tabelle 36 SD10: monatliche Kennwerte der Güte der Übereinstimmung, Angaben in Stunden

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	SD10	320	01	467	-0.01	0.00	-0.14	0.00	0.15	0.56	0.00	1.00	0.96
alle	SD10	320	02	450	0.10	0.00	-0.09	0.03	0.29	0.57	-0.06	0.99	0.96
alle	SD10	320	03	705	0.20	0.00	-0.18	0.12	0.56	0.70	-0.28	1.02	0.96
alle	SD10	320	04	791	0.15	-0.37	-0.36	0.01	0.55	0.80	-0.44	1.04	0.97
alle	SD10	320	05	850	0.35	0.00	-0.18	0.21	0.79	0.85	-0.38	1.00	0.97
alle	SD10	320	06	879	0.44	0.00	-0.18	0.28	1.01	0.97	-0.57	1.02	0.96
alle	SD10	320	07	978	0.45	0.03	-0.14	0.38	1.01	0.90	-0.64	1.02	0.96
alle	SD10	320	08	975	0.52	0.00	-0.08	0.40	1.11	0.87	-0.58	1.01	0.96

ID	Kennung	NETZ/SV	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
alle	SD10	320	09	929	0.29	0.00	-0.20	0.20	0.76	0.83	-0.44	1.03	0.95
alle	SD10	320	10	930	0.14	0.00	-0.19	0.05	0.47	0.67	-0.24	1.02	0.96
alle	SD10	320	11	749	0.06	0.00	-0.11	0.02	0.25	0.51	-0.05	1.00	0.96
alle	SD10	320	12	659	-0.01	0.00	-0.13	0.00	0.15	0.51	0.02	1.00	0.96

Im Dezember und Januar ist die manuell ermittelte Dauer geringfügig kleiner als die aus der Strahlungsmessung abgeleitete, im Sommer ist sie größer. Das deutliche Maximum im August (hier wird im Mittel manuell täglich eine halbe Stunde mehr Sonnenschein gemessen (bzw. aus den Registrierstreifen abgelesen) als automatisch) tritt allerdings bei den Vergleichen für die Tageswerte aus den anderen Quellen und auch für die Stundenwerte nicht auf – hier hat der Monat Juli die größte Differenz und die Unterschiede zwischen Juni, Juli und August sind nicht sehr groß.

7.5.2 Kenngrößen für einzelne Stationen

Tabelle 37 SD10: Kennwerte zur Beurteilung der Güte der Übereinstimmung für die Referenzmessstationen, Angaben in Stunden

ID	Kennung	VGNETZ	Monat	ZDF	MiDiff	Modus	Diff25	MeDiff	Diff75	Std	RKon	RKoeff	BMass
3	SD10	320	0	661	0.11	0.05	-0.34	0.05	0.58	0.77	-0.15	1.01	0.97
722	SD10	320	0	660	0.68	0.08	0.01	0.37	1.21	0.93	-0.56	0.98	0.95
1358	SD10	320	0	674	0.15	0.02	-0.28	0.02	0.54	0.79	0.02	0.97	0.96
1420	SD10	320	0	741	0.31	0.08	-0.23	0.23	0.77	0.87	-0.43	1.02	0.96
1684	SD10	320	0	752	-0.04	0.00	-0.36	-0.02	0.28	0.63	0.00	1.01	0.98
1975	SD10	320	0	490	0.34	-0.10	-0.21	0.15	0.90	1.01	-0.22	0.98	0.95
2115	SD10	320	0	1418	0.39	0.00	0.00	0.23	0.71	0.63	-0.24	0.97	0.98
2290	SD10	320	0	602	0.17	0.00	-0.21	0.03	0.50	0.65	-0.21	1.01	0.98
2712	SD10	320	0	974	0.12	0.00	-0.24	0.05	0.40	0.64	-0.32	1.03	0.98
3015	SD10	320	0	613	0.20	0.05	-0.32	0.10	0.67	0.86	-0.20	1.00	0.96
3987	SD10	320	0	349	0.06	0.02	-0.32	0.02	0.40	0.63	-0.16	1.02	0.98
4466	SD10	320	0	1428	0.33	0.00	-0.06	0.04	0.70	0.82	-0.19	0.97	0.97

Für die tägliche Sonnenscheindauer ist die Güte der Übereinstimmung an den Stationen sehr unterschiedlich. Sowohl die Bestimmtheitsmaße, die für die Sonnenscheindauer niedriger sind als für alle anderen Größen, die sich direkt mit 10-Minuten-Werten vergleichen lassen, als auch die mittleren Differenzen weisen größere Schwankungen auf als für die anderen Kennungen. Das liegt daran, dass

es sich hier nicht um einen Messwert handelt, den der Beobachter direkt ablesen kann, sondern um die Auswertung eines Registrierstreifens. Zum einen ist diese Auswertung mühevoller und zum anderen bedarf es einer gewissen Übung, die Schwärzung des Streifens richtig in die Dauer umzusetzen. Beides mindert die Qualität der Messung, und zwar bei jedem Beobachter in unterschiedlichem Maße. Die Automaten liefern hingegen Werte, deren Qualität nicht vom Standort abhängen dürfte, solange die Messungen nicht durch Verschmutzung verfälscht werden – aber auch die Sonnenscheinautographen verschmutzen.

Dies ist der einzige Referenzwert, der aus einer Registrierung gewonnen wird – denn die Stundenwerte für den Niederschlag liegen noch nicht vor. Die Auswertung zeigt, dass die Differenzen zwischen manueller und automatischer Messung besonders groß sind, wenn der Beobachter einen Registrierstreifen auswerten muss. Daher sollten unbedingt im Rahmen der Referenzmessungen auch Registrierungen von Windgeschwindigkeit und Windrichtung erfolgen, denn auch hier – insbesondere in Hinblick auf die täglichen Windspitzen – sind größere Unterschiede zu erwarten.

8 Klimatologische Relevanz

Die klimatologische Relevanz der Unterschiede zwischen den Referenzwerten und den Vergleichswerten soll anhand von Jahresmittel bzw. Jahressummen und von Monatswerten beurteilt werden. Bezüglich der Summen ist das allerdings etwas heikel, da die Wertepaare ja nie vollständig sind: Für den Vergleich werden zum einen nur Termin- bzw. Tageswerte herangezogen, für die es einen Referenz- und einen Vergleichswert gibt und zum anderen alle Wertepaare nicht betrachtet, bei denen einer der Werte zweifellos falsch ist. Daher ist immer die Zahl der Fälle, aus denen die Jahres- und Monatswerte berechnet wurden, mit in Betracht zu ziehen.

Es werden hier nur Werte betrachtet, die üblicherweise zur Beschreibung des Klimas herangezogen werden. Außerdem beschränkt sich die Betrachtung auf die Jahre, für die es mindestens 100 Tage mit Beobachtungswerten gibt. Das sind insgesamt pro Kennung etwa 150 Fälle. Tabellarisch werden Ergebnisse von Vergleichen mit AMDA-Messungen gezeigt.

8.1 Jahreswerte

8.1.1 Lufttemperatur

Die Jahresmittelwerte der Lufttemperatur unterscheiden sich in 126 der 147 ausgewerteten Jahre um maximal ± 0.1 K. Permanent größere Unterschiede gibt es in Lindenberg und in Schleswig, hier handelt es sich offenbar um unterschiedlich geeichte Thermometer. Ansonsten kommen Differenzen von $+0.2$ K Anfang der 1990er Jahre vor, es handelt sich um 2 Jahre in Soltau und 2 in Konstanz.

Die Auswertung aller Datensätze, bei denen die Lufttemperatur operationell mit MIRIAM gemessen wurde, ergab eine mittlere Differenz von 0.07 K mit einem Medianwert von 0.1 K. Vergleicht man die 109 Jahresmittelwerte, die aus diesen Messungen berechnet werden, dann stellt man fest, dass sich die Differenzen der Jahresmittelwerte, die zwischen -0.1 K und $+0.3$ K bewegen, nicht zufällig auf die 13 Stationen verteilen. In Augsburg und Helgoland ist das Jahresmittel der Referenzmessungen grundsätzlich um 0.1 K höher als das der automatischen Messungen, in Schleswig um mehr als 0.1 K und auf der Zugspitze sowie in Soltau haben die Jahre, in denen die Differenz $+0.1$ K beträgt, einen Anteil von mehr als 75%. An den anderen vier Standorten treten Differenzen der Jahresmitteltemperatur von mehr oder weniger als 0.0 K nur vereinzelt auf. Man kann also nicht davon ausgehen, dass eine Jahresmitteltemperatur, die mit MIRIAM gemessen wurde, generell um 0.1 K höher ist als ein manuell gemessener Wert, das betrifft offenbar nur einzelne Stationen.

Tabelle 38 Vergleich von Jahresmittelwerten der Temperatur

ID	Kennung	Name	Jahr	Referenz	AMDA	Differenz
3	TK10	Aachen	2009	10.70	10.72	-0.02
3	TK10	Aachen	2010	9.32	9.35	-0.03
722	TK10	Brocken	2009	3.91	3.84	0.07
722	TK10	Brocken	2010	2.46	2.44	0.02
1358	TK10	Fichtelberg	2009	4.05	4.06	-0.01
1358	TK10	Fichtelberg	2010	2.52	2.54	-0.02
1420	TK10	Frankfurt/Main	2009	11.23	11.25	-0.02
1420	TK10	Frankfurt/Main	2010	9.96	10.01	-0.05
1684	TK10	Görlitz	2009	9.12	9.16	-0.04
1684	TK10	Görlitz	2010	7.84	7.90	-0.06
1975	TK10	Hamburg-Fuhlsbüttel	2009	9.75	9.83	-0.08
1975	TK10	Hamburg-Fuhlsbüttel	2010	8.22	8.30	-0.08
2115	TK10	Helgoland	2009	10.37	10.28	0.09
2115	TK10	Helgoland	2010	8.63	8.53	0.10
2290	TK10	Hohenpeißenberg	2009	7.84	7.79	0.05
2290	TK10	Hohenpeißenberg	2010	6.43	6.40	0.03
2712	TK10	Konstanz	2009	10.64	10.52	0.11
2712	TK10	Konstanz	2010	9.58	9.45	0.13
3015	TK10	Lindenberg	2009	9.47	9.83	-0.36
3015	TK10	Lindenberg	2010	8.39	8.69	-0.30
3987	TK10	Potsdam	2009	7.41	7.49	-0.08
3987	TK10	Potsdam	2010	8.31	8.39	-0.08
4466	TK10	Schleswig	2009	9.25	9.02	0.23
4466	TK10	Schleswig	2010	7.67	7.43	0.24

Bei den Jahresmittelwerten, die mit AMDA-Automaten gemessen wurden (siehe Tabelle 38) gibt es systematische Differenzen zu den manuell gemessenen Jahresmitteln an den Stationen Hamburg-Fuhlsbüttel und Potsdam (-0.1 K), Konstanz (+0.1 K) sowie Lindenberg und Schleswig. Hier stehen allerdings bisher nur wenige Jahreswerte zum Vergleich zur Verfügung, sodass man lediglich in Lindenberg und in Schleswig überprüfen muss, woher die Differenzen stammen. Generell scheint sich die Messmethode nicht auf den Jahresmittelwert auszuwirken, wenn dieser allein anhand der Lufttemperaturen der Klimatermine berechnet wird. Die Werte in der Tabelle 38 wurden aus Tageswerten, die mit dem Kämtz'schen Mittel berechnet wurden, errechnet.

8.1.2 Niederschlagshöhe

Die Unterschiede der jährlichen Niederschlagshöhen werden in % angegeben, weil die Daten eines Jahres nie vollständig sind.

Bei den MIRIAM-Messungen, die zwar auf Ausreißer geprüft, aber ansonsten nicht näher betrachtet wurden, bewegen sich die Differenzen zwischen -2% und +73%, dabei sind 76% der Differenzen der Jahressummen im Bereich von $\pm 5\%$ des Referenzwertes und es gibt nur 6 Fälle, in denen der Referenzwert kleiner als der Vergleichswert ist. Die großen positiven Differenzen gehören wahrscheinlich zu Datensätzen, bei denen die automatische Messung ausgefallen ist – diese Werte sind immer noch ungeprüft in der Datenbank MIRAKEL.

Bei den AMDA-Messungen ist das Ergebnis besser: Die Differenzen der Jahreshöhen bewegen sich im Bereich von 0.03% bis 8% des Referenzwertes. Dabei fallen die Ergebnisse an den Stationen in den Jahren durchaus unterschiedlich aus: Auf dem Fichtelberg haben sich die Niederschlagshöhen im Jahre 2009 um 5.7% unterschieden, im Jahre 2010 waren es – bei deutlich größerer Jahreshöhe – nur 0.2%. Sieht man sich die Differenzen für die Station Fichtelberg auf monatlicher Basis an, dann stellt man fest, dass von September 2008 bis Juli 2009 ungewöhnlich große positive Differenzen auftreten, davor und danach nicht mehr. Somit ist es wahrscheinlich, dass diese Differenzen beobachterspezifisch waren – entweder ist die manuelle Messung in dieser Zeit unsachgemäß ausgeführt worden oder aber die Handhabung des automatischen Regenmessers.

Tabelle 39 Jahreshöhen des Niederschlags in mm, Differenz ist auf den Referenzwert bezogen

ID	Kennung	Name	Jahr	ZdF	Referenzwert	Vergleichswert	Differenz
3	RK10	Aachen	2009	1094	738.60	729.35	1.27%
3	RK10	Aachen	2010	1090	774.90	767.07	1.02%
1358	RK10	Fichtelberg	2009	1081	1275.40	1206.80	5.68%
1358	RK10	Fichtelberg	2010	1091	1593.70	1590.09	0.23%
1420	RK10	Frankfurt/Main	2009	1092	668.90	662.24	1.01%
1420	RK10	Frankfurt/Main	2010	1095	667.30	668.16	-0.13%
1684	RK10	Görlitz	2009	1091	699.10	674.10	3.71%
1684	RK10	Görlitz	2010	1093	861.50	854.69	0.80%
1975	RK10	Hamburg-Fuhlsbüttel	2009	1093	768.90	753.41	2.06%
1975	RK10	Hamburg-Fuhlsbüttel	2010	1093	744.30	699.35	6.43%
2115	RK10	Helgoland	2009	1008	579.50	585.15	-0.97%
2115	RK10	Helgoland	2010	1093	714.50	702.27	1.74%
2290	RK10	Hohenpeißenberg	2009	1085	1076.20	997.07	7.94%
2290	RK10	Hohenpeißenberg	2010	1092	1204.50	1136.70	5.96%
2712	RK10	Konstanz	2009	1081	762.80	741.27	2.90%
2712	RK10	Konstanz	2010	1085	905.10	876.70	3.24%
3015	RK10	Lindenberg	2009	1093	595.40	576.87	3.21%
3015	RK10	Lindenberg	2010	1081	819.10	788.78	3.84%
3987	RK10	Potsdam	2010	1089	674.10	648.20	4.00%
4466	RK10	Schleswig	2009	1088	773.30	772.42	0.11%
4466	RK10	Schleswig	2010	1095	930.50	930.19	0.03%

Differenzen von mehr als 5% – das bedeutet meist auch mehr als 50 mm – sind durchaus als klima-relevant einzustufen. Auf dem Hohenpeißenberg treten diese Differenzen in beiden Jahren auf. Hier sollten die Referenzmessung und auch die automatische Messung überprüft werden.

8.1.3 Sonnenscheindauer

Betrachtet man bei der Sonnenscheindauer nur Jahre mit wenigstens 300 Tageswerten, dann erhält man Ergebnisse von 76 Stationsjahren (eigentlich wären es 140) und davon sind lediglich 2 aus dem Jahre 2009 und gar kein Ergebnis aus dem Jahre 2010: Die Beobachtungen der Sonnenscheindauer

an den Referenzmessstationen, die im Mai 2008 installiert worden sind, sind sehr lückenhaft und erlauben eigentlich keinen klimatologischen Vergleich der Ergebnisse. Da die Differenzen zwischen den Referenz- und den Vergleichswerten einen ausgeprägten Jahrgang haben, ist man nämlich für den klimatologischen Vergleich auf möglichst vollständige Daten angewiesen.

Der Vergleich der Differenzen für alle Stationen hatte gezeigt, dass diese für den Zeitraum, an dem die Stationen die automatischen Messungen mit AMDA durchgeführt haben, deutlich größer sind als für die Zeit zuvor. Diese großen Differenzen fallen also bei der folgenden Betrachtung wegen der unvollständigen Beobachtungen fort, es werden nur Jahre mit der Strukturversion 31 oder 33 betrachtet.

In 46 der verbleibenden 69 Jahre beträgt die Differenz zwischen dem Referenzwert und dem Vergleichswert weniger als $\pm 3\%$ des Referenzwertes – solche Differenzen treten vermutlich auch dann auf, wenn man parallel manuelle Messungen durchführt. Differenzen unter -3% gibt es nicht – in 23 Jahren unterschreitet die automatisch gemessene Dauer den Referenzwert also um mehr als 3% und zwar um bis zu 13% - dabei sind es wieder die Stationen Schleswig und Soltau, die durch besonders große Differenzen auffallen. An diesen beiden Stationen beträgt die Differenz der Jahressumme meist mehr als 100 Stunden.

Tabelle 40 Jahressummen der Sonnenscheindauer (Stunden)

ID	Kennung	Name	Jahr	vgSV	ZdF	Referenzw	Verglwert	Differenz absolut
1639	SD10	Gießen/Wettenberg	2003	31	349	2013.30	2075.38	-62.08
2712	SD10	Konstanz	1999	33	341	1437.30	1480.06	-42.76
5792	SD10	Zugspitze	2000	31	349	1718.60	1756.28	-37.68
2712	SD10	Konstanz	2000	31	346	1579.60	1612.97	-33.37
2712	SD10	Konstanz	1997	33	324	1553.00	1585.12	-32.12
5792	SD10	Zugspitze	2004	31	347	1661.60	1690.63	-29.03
5792	SD10	Zugspitze	1999	33	321	1429.50	1458.07	-28.57
5792	SD10	Zugspitze	1998	33	342	1682.30	1708.36	-26.06
5792	SD10	Zugspitze	1996	33	336	1713.20	1737.88	-24.68
2290	SD10	Hohenpeißenberg	1999	33	336	1574.00	1596.58	-22.58
5792	SD10	Zugspitze	2001	31	342	1625.10	1642.69	-17.59
5792	SD10	Zugspitze	2005	31	352	1805.20	1817.51	-12.31
2115	SD10	Helgoland	2005	31	349	1766.90	1778.02	-11.12
232	SD10	Augsburg	1997	33	316	1557.60	1568.68	-11.08
2712	SD10	Konstanz	2006	31	337	1684.10	1691.55	-7.45

ID	Kennung	Name	Jahr	vgSV	ZdF	Referenzw	Verglwert	Differenz absolut
232	SD10	Augsburg	2005	31	345	1613.20	1619.55	-6.35
232	SD10	Augsburg	1999	33	341	1606.20	1612.48	-6.28
2712	SD10	Konstanz	2005	31	312	1511.50	1517.28	-5.78
2712	SD10	Konstanz	2001	31	322	1416.60	1421.26	-4.66
5792	SD10	Zugspitze	2002	31	342	1723.70	1727.03	-3.33
5792	SD10	Zugspitze	2003	31	355	2124.70	2126.77	-2.07
2290	SD10	Hohenpeißenberg	2005	31	351	1812.60	1813.28	-0.68
2290	SD10	Hohenpeißenberg	2003	31	360	2197.20	2192.83	4.37
2290	SD10	Hohenpeißenberg	2002	31	354	1783.60	1778.74	4.86
2115	SD10	Helgoland	2004	31	322	1640.60	1629.77	10.83
2290	SD10	Hohenpeißenberg	2006	31	348	2024.70	2013.46	11.24
2290	SD10	Hohenpeißenberg	2004	31	355	1826.20	1807.58	18.62
2712	SD10	Konstanz	2004	31	334	1609.40	1587.21	22.19
1639	SD10	Gießen/Wettenberg	2001	31	327	1448.10	1425.41	22.69
232	SD10	Augsburg	2002	31	355	1693.40	1667.85	25.55
2290	SD10	Hohenpeißenberg	1998	33	334	1585.40	1559.05	26.35
2115	SD10	Helgoland	2002	31	353	1643.60	1616.95	26.65
232	SD10	Augsburg	2000	31	335	1494.40	1466.73	27.67
2290	SD10	Hohenpeißenberg	1997	33	350	1771.00	1742.91	28.09
2290	SD10	Hohenpeißenberg	2000	31	348	1788.90	1760.70	28.20
4745	SD10	Soltau	1994	33	301	1389.10	1358.66	30.44
232	SD10	Augsburg	2004	31	352	1676.90	1643.81	33.09
2712	SD10	Konstanz	2003	31	352	2001.50	1967.88	33.62
2522	SD10	Karlsruhe	1999	33	334	1666.80	1632.99	33.81
2712	SD10	Konstanz	2002	31	354	1661.70	1627.29	34.41
4466	SD10	Schleswig	2005	31	345	1714.70	1678.17	36.53
232	SD10	Augsburg	2001	31	314	1561.60	1522.50	39.10
2522	SD10	Karlsruhe	2003	31	361	2326.20	2285.32	40.88
2522	SD10	Karlsruhe	1997	33	341	1829.60	1787.26	42.34
1639	SD10	Gießen/Wettenberg	2002	31	332	1367.80	1323.29	44.51
2522	SD10	Karlsruhe	2005	31	356	1931.10	1886.00	45.10

ID	Kennung	Name	Jahr	vgSV	ZdF	Referenzw	Verglwert	Differenz absolut
1639	SD10	Gießen/Wettenberg	2000	31	333	1422.90	1377.34	45.56
2522	SD10	Karlsruhe	2002	31	349	1705.80	1658.93	46.87
1639	SD10	Gießen/Wettenberg	2005	31	303	1566.90	1516.09	50.81
1639	SD10	Gießen/Wettenberg	1998	33	300	1151.00	1096.31	54.69
1639	SD10	Gießen/Wettenberg	1999	33	324	1554.70	1499.32	55.38
2290	SD10	Hohenpeißenberg	1996	33	337	1566.50	1510.99	55.51
1639	SD10	Gießen/Wettenberg	2004	31	352	1584.80	1528.96	55.84
2522	SD10	Karlsruhe	2007	31	347	1895.80	1838.00	57.80
2522	SD10	Karlsruhe	2004	31	358	1856.40	1797.70	58.70
2522	SD10	Karlsruhe	2000	31	360	1802.40	1743.15	59.25
2522	SD10	Karlsruhe	1998	33	330	1491.40	1428.07	63.33
2290	SD10	Hohenpeißenberg	2007	31	355	2053.00	1989.11	63.89
2522	SD10	Karlsruhe	2006	31	354	1891.20	1820.78	70.42
232	SD10	Augsburg	2003	31	341	1957.40	1885.58	71.82
2522	SD10	Karlsruhe	2001	31	341	1749.30	1676.61	72.69
4745	SD10	Soltau	2000	31	342	1342.90	1255.19	87.71
4745	SD10	Soltau	1998	33	336	1180.80	1093.07	87.73
4466	SD10	Schleswig	1999	33	332	1576.20	1479.94	96.26
4466	SD10	Schleswig	2004	31	355	1608.20	1508.94	99.26
4466	SD10	Schleswig	2003	31	328	1763.00	1659.44	103.56
4745	SD10	Soltau	1999	33	340	1626.50	1522.58	103.92
4745	SD10	Soltau	1997	33	351	1667.80	1558.71	109.09
4466	SD10	Schleswig	2000	31	340	1376.40	1266.06	110.34
4466	SD10	Schleswig	1998	33	321	1247.40	1107.54	139.86

Betrachtet man allerdings die Differenzen der Jahre 2008 bis 2010 ungeachtet der vielen fehlenden Werte, dann gibt es auch hier in 11 der 40 Fälle Differenzen von mehr als 100 Stunden – auf dem Brocken kommen bei nur 170 Tageswerten im Jahre 2008 schon 127 Stunden zusammen. Hinsichtlich der Ursachen für diese großen Differenzen müssen noch weitergehende Untersuchungen angestellt werden.

8.1.4 Extremtemperaturen

Für Klimabeschreibungen werden nicht die Mittelwerte der Extremtemperaturen herangezogen, sondern die Häufigkeit, mit der Temperaturen an den beiden Enden der Verteilung dieser Werte auftreten: Mit diesen Werten wird die Zahl der Tage bestimmt, die besonders warm (Sommertage und heiße Tage sowie Tropennächte) oder kalt (Frost- und Eistage) sind.

8.1.4.1 Eistage

Jeder Tag, an dem die Maximumtemperatur unter dem Gefrierpunkt liegt, ist ein Eistag. Die Differenzen der jährlichen Zahlen der Eistage, die aus den Referenzmessungen und den automatischen Messungen der Maximumtemperatur ergeben, liegen in 95% aller Fälle zwischen -2 und +2 Tagen, dabei überwiegen die negativen Differenzen, ist also die Zahl der Eistage, die sich aus den automatischen Messungen ergibt, häufig etwas größer als die entsprechende Zahl aus den Referenzmessungen. Einen Zusammenhang zwischen der Differenz und der jährlichen Zahl der Eistage, die bei den hier betrachteten 128 Stationsjahren zwischen 0 und 117 liegt, gibt es nicht. Und als klimarelevant kann man die Differenz von ± 2 Tagen wohl auch nicht einstufen – insbesondere nicht, da es keinen Standort gibt, bei dem die Differenz systematisch kleiner oder größer als Null ist. Auffällig ist lediglich das Ergebnis für Schleswig: Hier gibt es 2 Jahre mit Differenzen von -6 und -8 Tagen, das sind ganz offensichtlich Ausreißer. Es handelt sich allerdings fast immer um Fälle, bei denen der Referenzwert 0°C oder nur ganz wenig größer und der Vergleichswert nur wenig kleiner als 0°C ist. An diesem Ergebnis zeigt sich, dass es problematisch ist, die Frage, ob eine Differenz in der Verteilung der Messwerte klimarelevant ist, anhand von Kenntagen zu entscheiden, denn hier können schon kleine Differenzen der Messwerte große Differenzen bei der Zahl der Tage verursachen – wenn sie denn gerade im Bereich der Grenze, die den betrachteten Tag definiert, auftreten.

8.1.4.2 Frosttage

Während bei einem Eistag die Maximumtemperatur kleiner als Null $^{\circ}\text{C}$ ist, ist es bei einem Frosttag die Minimumtemperatur. Differenzen von mehr als ± 2 Tage treten bei dieser Größe in 26% aller betrachteten Stationsjahre auf und auch hier überwiegen – wie bei den Eistagen – die negativen Differenzen. Bei den Stationen, die Referenzmessungen über einen längeren Zeitraum haben, gibt es wieder keine, bei der alle jährlichen Differenzen negativ oder positiv sind – auf dem Hohenpeißenberg sind allerdings 12 der 17 Differenzen kleiner als Null und nur 2 größer: Hier ergeben sich anhand der automatischen Messungen über die Jahre deutlich mehr Frosttage als anhand der manuellen Messungen. Ähnlich ist es in Konstanz, Schleswig und Soltau, wo es auch deutlich mehr Jahre mit negativen als mit positiven Differenzen gibt.

8.1.4.3 Sommertage, Tropentage und Tropennächte

Bei den Sommertagen – bei den Tagen mit einer Maximumtemperatur $\geq 25\text{ °C}$ – sind es 8% aller Fälle, in denen die jährliche Summe, die sich aus den unterschiedlichen Messwerten berechnet, um mehr als 2 Tage differiert, und negative Differenzen sind in diesen Fällen wieder häufiger als positive. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Heißen Tagen (Maximumtemperatur $\geq 30\text{ °C}$), allerdings gibt es hier nur 2 Jahre mit einer Differenz von mehr als -2 Tagen, positive Differenzen von mehr als einem Tag treten gar nicht auf.

Bei den Tropennächten (Minimumtemperatur $\geq 20\text{ °C}$) ist es umgekehrt: Hier überwiegen die Fälle mit positiven Differenzen, allerdings gibt es nur einen Fall, in dem die Differenz der jährlichen Zahl der Tage größer als 2 ist.

8.1.4.4 Zusammenfassung

Insgesamt zeigt der Vergleich der Jahreswerte, was auch schon der Vergleich der einzelnen Messwerte erbrachte: Für Jahreswerte, die aus Messungen der Lufttemperatur resultieren, gibt es kaum klimatologisch relevante Unterschiede. Größere Differenzen bei der Zahl besonders kalter oder warmer Tage sind durch nur geringe Differenzen der beiden Messwerte oder aber unterschiedliche Eichung der Thermometer bedingt – es gibt also auch an den "Enden" der Verteilungen der Messwerte keine auffälligen Unterschiede.

Bei der jährlichen Niederschlagshöhe ergibt sich ein sehr uneinheitliches Bild: Hier sind die Differenzen nicht nur von Station zu Station sondern in Einzelfällen auch von Jahr zu Jahr an derselben Station sehr unterschiedlich. Wahrscheinlich sind diese Unterschiede durch unterschiedlich große Sorgfalt bei den Messungen bedingt. Die manuellen Messungen ergeben aber fast immer einen höheren Jahreswert als die automatischen – warum, das lässt sich allein anhand der Messwerte nicht erklären.

Bei der Sonnenscheindauer halten sich die Unterschiede hinsichtlich der Jahressummen bis zum Jahre 2006 und an Standorten, die pro Jahr mehr als 300 Tageswerte bei den Referenzmessungen aufweisen, in Grenzen. Das ändert sich allerdings dramatisch mit dem Beginn der Messungen im Mai 2008 – ab diesem Zeitpunkt sind die Referenzmessungen ziemlich unvollständig (mehr als 300 Werte pro Jahr kommen in 2009 nur noch an 2 Stationen vor, im Jahre 2010 an gar keiner Station) und die manuell ermittelte Sonnenscheindauer ist an einigen der 12 Stationen deutlich größer als die Werte, die die Automaten liefern. In der Hälfte der Stationsjahre kommen Differenzen von 50 Stunden und mehr zusammen – und das, obwohl es nur 146 bis 309 Tageswerte bei den Referenzmessungen gibt. Da die manuell gemessenen Sonnenscheindauern systematisch größer sind als die Werte, die die Automaten liefern, wären bei vollständigen Reihen die Unterschiede wohl noch größer.

Berichte des Deutschen Wetterdienstes

- Nr. 237 B. Frühauf, M. Koßmann, M. Roos:
Frankfurt am Main im Klimawandel – Eine Untersuchung zur städtischen Wärmebelastung
- Nr. 236 G. Augter, M. Roos:
Berechnung von Sturmintensitäten für Deutschland
- Nr. 235 U. Maier, G. Müller-Westermeier:
Verifikation klimatologischer Rasterfelder
- Nr. 234 W. Riecke, G. Rosenhagen:
Das Klima in Hamburg : Entwicklung in Hamburg und der Metropolregion
- Nr. 233 P. Winkler:
Wissenschaftshistorische Untersuchungen zur Geschichte und insbesondere zur Datenqualität der langen meteorologischen Reihen des Observatoriums Hohenpeißenberg
- Nr. 232 H.-J. Heinemann:
Eine Winterchronik : die Kälte der Winter von 1960/61 bis 2007/08
- Nr. 231 A. Kolodziej:
Klimawandel in Sachsen-Anhalt: Auswirkungen auf die phänologischen Phasen wildwachsender Pflanzen
- Nr. 230 F. Beyrich, W. K. Adam:
Site and Data Report for the Lindenberg Reference Site in CEOP-Phase I
- Nr. 229 U. Maier u.a.:
Klimatologische Auswertungen von Zeitreihen der Monatsmittel von Temperaturminima und Temperaturmaxima im 20. Jahrhundert
- Nr. 228 B. Tinz, P. Hupfer:
Die thermischen Verhältnisse im Bereich der deutschen Ostseeküste unter besonderer Berücksichtigung des Bioklimas und der Eisverhältnisse
- Nr. 227 U. Sievers:
Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21 : theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells
- Nr. 226 C. Koppe:
Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse
- Nr. 225 S. Trepte, P. Winkler:
Rekonstruktion der UV-Strahlung am Hohen Peißenberg und in Würzburg ab 1968 unter Berücksichtigung der langfristigen Veränderungen von Gesamt ozon, Bewölkung und atmosphärischer Trübung
- Nr. 224 C. Leifeld:
Weiterentwicklung des Nowcastingsystems ADWICE zur Erkennung vereisungsgefährdeter Lufträume
- Nr. 223 U. Maier u.a.:
Klimatologische Auswertungen von Zeitreihen des Monatsmittels der Lufttemperatur und der monatlichen Niederschlagshöhe im 20. Jahrhundert
- Nr. 222 P. Lange u.a.:
KONRAD – Ein operationelles Verfahren zur Analyse von Gewitterzellen und deren Zugbahnen, basierend auf Wetterradarprodukten
- Nr. 221 Gaßmann, A.:
Numerische Verfahren in der nichthydrostatischen Modellierung und ihr Einfluß auf die Güte der Niederschlagsvorhersage
- Nr. 220 Kurz, M.:
Die Dezemberstürme 1999
- Nr. 219 K. Blümel u.a.:
Hydrometeorologische Untersuchungen zum Problem der Klimaveränderungen
- Nr. 218 A. Walter:
Zur Anwendung neuronaler Netze in der Klimatologie
- Nr. 217 J. Ballach:
Entwicklung und Absicherung leistungsfähiger Analyseverfahren zur Bestimmung von Benzol und Ruß in der Lufthygiene
- Nr. 216 W. Janssen, R. Sedlatschek:
Ablauf der Datenprüfung und –vervollständigung im Geschäftsfeld Landwirtschaft
- Nr. 215 U. Kaminski u.a.:
Qualitätssicherung von Meßreihen, Untersuchungen zu Sammelverlusten eines Berner Niederdruck-Impaktors
- Nr. 214 P. Winkler u.a.:
Beobachtungen am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg während der Sonnenfinsternis vom 11.8.1999
- Nr. 213 G. Kluge, G. Müller-Westermeier:
Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland: Jena
- Nr. 212 J. Rapp:
Konzeption, Problematik und Ergebnisse klimatologischer Trendanalysen für Europa und Deutschland
- Nr. 211 F. Fricke u.a.:
Filterung luftchemischer Meßreihen im Alpenraum zur Charakterisierung ihrer Repräsentanz. GAW-DACH-Projekt
- Nr. 210 W. Steinbrecht, P. Winkler:
Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Ozon und Temperatur in der Stratosphäre
- Nr. 209 U. Görsdorf:
Genauigkeit und Verfügbarkeit von Windprofiler/RASS-Messungen
- Nr. 208 W. Höhne:
Komponenten automatischer meteorologischer Meßsysteme
- Nr. 207 S. Tilmes:
Verfahren zur Analyse von Messungen atmosphärischer Spurengase mit dem Ziel der Assimilation in Chemie-Transportmodellen
- Nr. 206 D. Spänkuch:
Climatology of Total Ozone Measurements 1964 – 1997 at Potsdam, Based on Re-evaluated Dobson Series
- Nr. 205 H. Berresheim:
Beiträge zur Rolle des natürlichen Schwefelkreislaufs in der Atmosphäre
- Nr. 204 U. Kohler u.a.:
Spectral and Integral Observations of UV-B-Radiation and Ozone Measurements