

Analyse zur Bewertung und Fehlerabschätzung der globalen Daten für Temperatur und Meeresspiegel und deren Bestimmungsprobleme

Der Fakultät für Physik und Geowissenschaften

der Universität Leipzig
eingereichte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Naturwissenschaften

Dr. rer. nat.

Von Dipl. Ing. Michael Limburg

geboren am 11.02.1940 in Berlin

Leipzig den (Einreichungsdatum)

INHALTSVERZEICHNIS

1. ZUSAMMENFASSUNG	5
1.1. ARBEITSTHESE 1-1:	5
1.1.1. Zur Globaltemperatur	5
1.2. ARBEITSTHESE 1-2	9
1.2.1. Klimamodelle und die Bestimmung der Globaltemperatur	9
1.3. DER MITTLERE GLOBALE MEERESSPIEGEL GMSL	10
1.3.1. Arbeitsthese 2-1	10
1.3.2. Der mittlere globale Meeresspiegel GMSL (Global Mean Sea Level)	10
1.3.3. Arbeitsthese 2-2	11
1.3.4. Zuordnung der Ursachen des Anstiegs	11
2. EINLEITUNG: DIE PROBLEMSTELLUNG UND ZIELE DER ARBEIT.....	13
2.1. ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	13
2.2. PROBLEME BEI DER MESSUNG UND BERECHNUNG DER ZEITREIHE DER „ MITTLEREN GLOBALTEMPERATUR“, DEREN ÄNDERUNGEN UND MESSFEHLER, SOWIE DES EINSATZES VON KLIMA- MODELLEN FÜR DIESEN ZWECK	13
2.3. DIE BERECHNUNG DES GLOBALEN MEERESSPIEGELS, DESSEN ÄNDERUNGEN UND MESSGENAUIGKEITEN UND DIE DAMIT VERBUNDENEN PROBLEME	16
2.3.1. Mögliche Ursachen der Meeresspiegeländerungen.....	17
2.3.2. Probleme der Messgenauigkeit.....	18
2.4. ARBEITSTHESE 1-1	22
2.5. ARBEITSTHESE 1-2	22
2.6. ARBEITSTHESE 2-1	23
2.7. ARBEITSTHESE 2-2	23
3. ZU ARBEITSTHESE 1-1 UND 1-2 : DEFINITION DER TEMPERATUR	23
3.1. DER PHYSIKALISCHER BEGRIFF DER (LUFT-)TEMPERATUR	23
3.2. DER KLIMATOLOGISCHE BEGRIFF DER LUFTTEMPERATUR UND DIE MESSMETHODEN.....	24
3.2.1. Die Messmethoden.....	26
3.3. GESCHICHTLICHES ZUR TEMPERATURBESTIMMUNG	28
3.4. DIE BESTIMMUNG DER TEMPERATURDATEN ÜBER LAND	31
3.4.1. Messstationen und Instrumente	31
3.4.2. Eingesetzte Messstationen, Wetterhütten oder Screens	32
3.4.3. Thermometer - Messfehler	36
3.4.4. Screen(Hütten)fehler und Aufstelleinflüsse.....	38
3.4.5. Der Einfluss des Bodens und der Umgebung auf die Lufttemperatur.....	43
3.4.6. Beispiele: Beobachtungsergebnisse zur Überprüfung von Messstationen in den USA	44
3.4.7. Der Einfluss der Algorithmen zur Mittelwertbildung	49
3.4.8. Max/Min-bestimmung zur Mittelwertbildung, lückenhafte Datensätze	53
3.4.9. Die Flächenabdeckung der Messstationen über Land, früher und heute	55

3.5.	BESTIMMUNG DER TEMPERATURDATEN AUF DEM MEER.....	58
3.5.1.	<i>Die Messmethoden und lokalen Messorte.....</i>	59
3.5.2.	<i>Die Ursachen der wichtigsten Messfehlerquellen.....</i>	61
3.6.	ANWENDUNG DER FEHLERTHEORIE AUF ROHDATEN UND MITTEL WERTE DER LUFTTEMPERATUR	68
3.6.1.	<i>Grobe Fehler.....</i>	68
3.6.2.	<i>Zufällige Fehler.....</i>	68
3.6.3.	<i>Systematische Fehler.....</i>	69
3.7.	URSACHEN, GRÖÖE UND EVENTUELLE KORREKTUR DER FEHLER	69
3.8.	METHODEN ZUR TEMPERATURKORREKTUR, KORREKTURVERSUCHE SYSTEMATISCHER FEHLER	71
3.8.1.	<i>Lufttemperaturen über Land (LAT).....</i>	71
3.8.2.	<i>Seewassertemperaturen SST und Seelufttemperaturen MAT.....</i>	76
3.9.	ANDERE MÖGLICHE URSACHEN DES GLOBALEN TEMPERATUR-ANSTIEGS	81
3.10.	SCHLUSSFOLGERUNGEN ZUR ARBEITSTHESE 1-1	84
3.10.1.	<i>Zusammenfassung zu Arbeitsthese 1-1</i>	86
3.11.	ZU ARBEITSTHESE 1-2	87
3.11.1.	<i>Zur Berechnung der Globaltemperatur mittels globaler Klimamodelle.....</i>	87
3.11.2.	<i>Können Klimamodelle das Experiment ersetzen?</i>	88
3.11.3.	<i>Die Physik der Modelle und deren Ergebnisse</i>	89
3.11.4.	<i>Klimaantriebe – (Climate) oder Radiative Forcings RF</i>	91
3.11.5.	<i>Die Modellergebnisse und ihr Bezug auf die Globaltemperatur.....</i>	97
3.12.	ZUSAMMENFASSUNG ZUR ARBEITSTHESE 1-2	100
4.	DIE BESTIMMUNG DES GLOBALEN MEERESSPIEGELS GMSL (GLOBAL MEAN SEA LEVEL)	101
4.1.	BEGRIFFSBESTIMMUNG DES GLOBALEN MEERESSPIEGELS „GLOBAL MEAN SEA LEVEL“ (GMSL)	101
4.2.	DER RELATIVE (LOKALE) MEERESSPIEGEL RSL UND SEINE MESSUNG	104
4.2.1.	<i>Die Bestimmung der lokalen relativen Pegel früher und heute.....</i>	107
4.2.2.	<i>Bestimmung des GMSL mittels Satelliten</i>	108
4.2.3.	<i>Die erzielbare Messgenauigkeit früher und heute.....</i>	109
4.2.4.	<i>Trendverläufe des relativen Meeresspiegels RSL anhand von Beispielen.....</i>	110
4.3.	DIE WESENTLICHEN EINFLUSSGRÖÖEN FÜR DEN MEERESSPIEGEL.....	114
4.4.	DIE WESENTLICHEN KOMPONENTEN FÜR DIE VERÄNDERUNG DES MEERESSPIEGELS	116
4.4.1.	<i>Sterische und eustatische Einflüsse: d.h. thermisch bedingte Ausdehnung sowie Eisschmelze und erhöhte Verdunstung.....</i>	116
4.4.2.	<i>Dichte des Wassers bedingt durch Temperatur und Salinität</i>	118
4.4.3.	<i>Isostatische Einflüsse: Der Nacheiszeitliche Isostatische Ausgleich oder Glacial Isostatic Adjustments (GIA) auch Post Glacial Rebound (PGR).....</i>	118
4.4.4.	<i>Andere topologische wirksame Veränderungen wie tektonisch aktive Zonen, Krustenverschiebungen, etc.</i>	120
4.4.5.	<i>Veränderte Landnutzung, Reservoirs etc. das Absinken von Städten und Piers.....</i>	120
4.4.6.	<i>Die Wahl des Vergleichszeitraumes und zeitliche Länge der Messreihe.....</i>	121
4.4.7.	<i>Der barometrische Druck</i>	122

4.4.8. <i>Andere Einflussgrößen und grobe Fehler</i>	123
4.5. MESSERGEBNISSE AUßERHALB VON PGR/GIA BEEINFLUSSTEN ZONEN.....	123
4.6. DIE ZUSAMMENFÜGUNG RELATIVER SEA LEVEL ÄNDERUNGEN ZU GLOBALEN ÄNDERUNGEN.....	125
4.7. DIE ERMITTLUNG VON BESCHLEUNIGUNGEN IM TREND.....	126
4.8. KORREKTURVERSUCHE VON BEKANNTEN EINFLUSSGRÖßEN.....	127
4.9. SCHLUSSFOLGERUNGEN ZU ARBEITSTHESE 2-1 UND 2-2.....	130
4.9.1. <i>Schlussfolgerungen in Bezug auf Arbeitsthese 2-1</i>	130
4.10. DER AKTUELLE STAND IN BEZUG AUF ARBEITSTHESE 2-2.....	132
4.10.1. <i>Schlussfolgerung zu Arbeitsthese 2-2 am Beispiel der Schätzungen des IPCC</i>	132
DANKSAGUNG	134
ANHANG 1: FEHLERTABELLE FÜR MESSUNGEN ZU LANDE UND AUF SEE	135
ANHANG 2: ZUR ANOMALIENBILDUNG VON JAHRESMITTELTEMPERATUREN.	140
ANHANG 3: LITERATURVERZEICHNIS	152
ANHANG 4 ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	156
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	156
TABELLENVERZEICHNIS	161
GLOSSAR DER WICHTIGSTEN ABKÜRZUNGEN UND BEGRIFFE	162

1. Zusammenfassung

Die Entwicklung des Globalklimas ist seit vielen Jahren ein Thema, das Wissenschaft, Öffentlichkeit und vor allem die Politik stark beschäftigt. Es wurde durch die Vermutung zum Thema, dass der Mensch durch die ungebremste Einspeisung von sog. Treibhausgasen, namentlich CO₂, zu einer deutlichen Erhöhung der Globaltemperatur beiträgt. Dies sei für die Natur, aber auch die menschliche Entwicklung, schädlich. Dabei wird in aller Regel, wenn vom Globalklima gesprochen wird, dieses auf die Entwicklung der mittleren Globaltemperatur T reduziert. Im Gefolge der mit viel Aufwand errechneten Temperaturerhöhung des letzten Jahrhunderts, von im Durchschnitt ca. $0,7 \pm 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}^1$, wird die Befürchtung geäußert, dass diese Erwärmung Einfluss auf das Ansteigen des globalen Meeresspiegels nähme. Entsprechend werden Untersuchungen angestellt und veröffentlicht, welche die Entwicklung des Anstiegs eines globalem mittleren Meeresspiegels zum Inhalt haben. Darin wird festgestellt, dass dieser (über das ganze Jahrhundert) vermutlich mit einer Rate von ca. $1,8 \pm 0,4 \text{ mm/Jahr}$ gestiegen sei. Diese Rate, so wird geschätzt, hätte sich besonders im letzten Jahrzehnt des drastisch beschleunigt, d.h. um den Faktor 4, erhöht. Die Arbeit zeigt nun auf, dass es auf Grund der Art der vorhandenen Daten, deren Menge, Messmethoden und Mittel, sowohl bei der Temperatur, als auch beim Meeresspiegel nicht möglich ist die angegebene Genauigkeit darzustellen. Daraus folgt, dass alle darauf aufbauenden Schlussfolgerungen und Zuordnungen, von als wichtig erachteten Ursachen, im Bereich der Unsicherheiten liegen und damit ebenfalls nur sehr grobe Schätzungen sein können. Sie sind deshalb eher Vermutungen zu nennen und daher mit größter Vorsicht zu betrachten.

1.1.Arbeitsthese 1-1:

Die Hypothese des globalen Temperaturanstiegs (IPCC, Hadley, CRU, GISS etc.) beruht auf lückenhaften Daten, die durchgängig mit systematischen, oft groben Fehlern behaftet sind. Weder absolute Temperaturen noch Temperaturveränderungen im 1/10 Grad-Bereich können mit der von den genannten Institutionen angegebenen Sicherheit ermittelt werden.

1.1.1. Zur Globaltemperatur

Das IPCC veröffentlicht zur Temperatur im offiziellen Bericht AR 4 2007 (Assessment Report 4) die Zeitreihe der durchschnittlichen Globaltemperatur der letzten 160 Jahre, basierend auf den Datensammlungen und Berechnungen der Climate Research Unit (CRU) der englischen Universität von East Anglia. Die CRU ist eines der beauftragten Klima-Institute, in enger Zusammenarbeit mit dem britischen Hadley Center, die durchschnittliche Welttemperatur offiziell zu ermitteln. In der vielfach veröffentlichten Grafik (siehe Abb. 1) wird ein Vertrauensbereich für den berechneten Mittelwert (nach [Brohan et al. 2006]) von 95 % für die Unsicherheit der gezeigten Hauptkurve von $-0,09$ bis $+0,11 \text{ } ^\circ\text{C}$ 1905 bis $\pm 0,08 \text{ } ^\circ\text{C}$ bis 2005 angegeben. Diese Bezeichnung „Vertrauensbereich“ stammt aus der Statistik und zeigt, dass für die Berechnung dieser Daten z.T. ausgefeilte, statistische Methoden eingesetzt wurden. Die Rohdatenerfassung der lokalen Temperaturen unterliegt

¹ Anmerkung: In der deutschen Literatur werden Temperaturdifferenzen in absoluten Grad K benannt. In der hier sehr häufig erwähnten anglo-amerikanischen Literatur nur in $^\circ\text{C}$, gelegentlich auch in $^\circ\text{F}$. Zur Vereinheitlichung wird hier ausschließlich die Maßeinheit $^\circ\text{C}$ angegeben, es sei denn im erwähnten Zitat ist das anders.

jedoch vielfältigen Einflüssen mit daraus resultierenden Fehlern, bzw. Abweichungen². Nur ein kleiner Teil davon, nämlich die zufälligen Fehler, für die ein genügend großes Datenkollektiv vorliegt, lässt sich durch statistische Methoden der Fehlertheorie ausmitteln. Dies sind insbesondere Ablese- und Instrumentenfehler. Der größere Teil, systematische und grobe Fehler, müssen entweder sauber korrigiert oder als Fehlergrenze angegeben werden. Die von den damit befassten Wissenschaftlern durchgeführten Korrekturversuche, welche zur Kompensation von systematischen Fehlern, z.B. wg. des städtischen Wärmeinseffektes (UHI Urban Heat Island Effect) incl. geänderter Landnutzung, angewendet werden, sind wegen der großen und häufig unvollständigen Datenmenge nach bestimmten, wenigen Kriterien hin, automatisiert und unelastisch. Unelastisch heißt, dass sie nur wenigen und starren Vorgaben folgen, die mangels Kenntnis der Randbedingungen, keine wirkliche Korrektur ermöglichen. Außerdem werden die wenigen Korrekturalgorithmen zwangsläufig schematisch konstruiert. Die Korrektur erfolgt am Schreibtisch, oft ohne Vor-Ort-Inaugenseinnahme. Die dazu notwendigen Metadaten, welche die Randbedingungen der Roh-Messdaten beschreiben, liegen i.A. nur sehr selten vor. Damit führen die erfolgten Korrekturen vielfach zu falschen Ergebnissen. Andere wesentliche Kriterien werden nicht erfasst oder wegdefiniert. Wie gezeigt wird, trifft dies z.B. auf die Differenzen der verschiedenen Hütten(Screen)konstruktionen untereinander und in Bezug auf die eigentlich gesuchte, wahre Außentemperatur zu.

Ganz erheblich, weil sehr dominant, wirken die systematischen Fehler, die durch den städtischen Wärmeinseffekt sowie veränderte Landnutzung erzeugt werden. Er wird hier unter dem Begriff UHI (Urban Heat Island Effect) zusammengefasst. Schließlich hat sich die Weltbevölkerung von ca. 1,5 Mrd. Menschen um 1900 auf jetzt knapp 7 Mrd. Menschen, bei gleichzeitig massiv angestiegenem Wohlstand, erhöht. Fast 50 % der Weltbevölkerung wohnen inzwischen in Städten, die entsprechend wuchsen. Es wird gezeigt, dass dieser Effekt sich auf vielerlei Weise manifestiert. Er verschiebt die Temperatur am Messort um div. Zehntel bis mehrere Grad C **nach oben** und addiert sich auf die gesuchten „wahren“ Temperaturwerte auf. Die Versuche, den UHI mittels komplizierter Korrekturmethode (im Bereich um 0,05 °C bis 0,1 °C partiell erfolgt) zu korrigieren, müssen als verfehlt bezeichnet werden. Seine gemittelte Größe³ liegt vermutlich bei mindestens +0,2 °C bis +0,4 °C, bzw. eher darüber. Der Einfluss der Veränderung des Bodens und der unmittelbaren Umgebung, im Laufe des zugrunde gelegten Zeitraumes von ca. 120 Jahren, zeigt, beim untersuchten US amerikanischen US Historical Climatology Network (USHCN) und unter Verwendung der Klassifikation der US Climate Reference Network, ein Potential von bis zu 5 °C mehr.

Erheblichen Einfluss auf die Höhe und Qualität des Ergebnisses hat auch die ständig schwankende Zahl der Messstationen und ihre Verteilung über die Erdoberfläche und der Zeit. Das britische Metoffice schreibt zwar, auf seiner Website, dass die zur globalen Temperaturbestimmung ausgewählten Landstationen gleichmäßig über der Erde verteilt wären⁴. Das trifft aber nur für einen sehr geringen Teil der Landfläche und auch nur für kurze Zeitspannen zu. Deshalb zeigt der mit diesen Daten ermittelte Temperaturgang eine deutliche Abhängigkeit, (s.

² Zur Beschreibung der Art der Ungewissheiten verweist Brohan et al. [Brohan et al. 2006] auf die philosophische Definition dieses Begriffes durch den ehemaligen Verteidigungsminister der USA Donal Rumsfeld und macht sie sich zu eigen: *"A definitive assessment of uncertainties is impossible because it is always possible that some unknown error has contaminated the data, and no quantitative allowance can be made for such unknowns. There are, however, several known limitations in the data, and estimates of the likely effects of these limitations can be made (Defense secretary Rumsfeld, press conference June 6, 2002, London) . Diese definierte Rumsfeld so: There are known knowns. These are things we know that we know. There are known unknowns. That is to say, there are things that we now know we don't know. But there are also unknown unknowns. These are things we do not know we don't know.*

³ Siehe auch: <http://www.john-daly.com/graytemp/surftemp.htm> Literaturverweise eben dort, aufgeführt in Tabelle 10

⁴ Met Office(Quelle: <http://www.metoffice.gov.uk/corporate/pressoffice/2009/pr20091205.html>)...*The subset of stations is evenly distributed across the globe and provides a fair representation of changes in mean temperature on a global scale over land.*

Abbildung 36), von deren Zahl und Lage. Berücksichtigt man ferner, dass nicht nur die Zahl der Messstationen in den letzten 2 Jahrzehnten stark rückläufig war, sondern dieser Rückgang in der großen Mehrheit ländliche (rurale) Stationen, außerhalb von größeren Städten und Dörfern betraf (Abbildung 36 rechts), dann zeigt sich auch, dass in erster Linie urbane, und damit höhere, Temperaturen gemessen wurden, aber nicht die ursprünglich gesuchte Temperatur ohne sozio-ökonomischen Einfluss. Der daraus resultierende Fehler liegt nach den Angaben der amerikanischen National Atmospheric and Oceanic Administration (NOAA) sogar bei + 0,5 bis 0,6 °C.

In Wetterhütten bzw. Wetterstationen wird nie die wahre Lufttemperatur, weder zu Land noch auf See, ermittelt, sondern eine fast immer zu hohe Hüttentemperatur. Diese liegt um einige Zehntel bis mehrere Grad über der wahren Lufttemperatur. Die Konsequenz allein daraus ist, dass die „wahre“ vermutete Mitteltemperatur der Erde T deutlich kleiner sein muss, als angegeben. Sie liegt vermutlich bei -1 bis -1,5 °C niedriger als der globale Mittelwert. Aber selbst dessen genauer Wert ist nicht bekannt. Kiehl et. al [Kiehl 1997] setzen die globale Mitteltemperatur bei 15 °C (288 K) an und verwenden diesen Wert für Ihre energetischen Zuordnungen zu den verschiedenen Komponenten des mittleren Energiebudgets der Erde. Jones et al. vermuten die „wahre Globaltemperatur“ bei 14,0 °C; mit 13,4 °C auf der Südhalbkugel und bei 14,6 °C Nordhalbkugel. [Jones, 1999]. Das Goddard Institute of Space Science GISS umgeht die genaue Bestimmung der Mitteltemperatur aus Messdaten und verweist auf seiner Fragen und Antwortseite⁵ auf Modellergebnisse. *„For the global mean, the most trusted models produce a value of roughly 14 Celsius, i.e. 57.2 F, but it may easily be anywhere between 56 and 58 F (12.8 °C to 14.4 °C) and regionally, let alone locally, the situation is even worse.* Daraus resultiert z.B. auch eine beträchtliche Unsicherheit in den Strahlungsbilanzrechnungen, da die genannten Differenzen erhebliche Leistungsunterschiede ergeben, die ein Vielfaches höher sind, als die gesamten errechneten anthropogenen Klimaantriebe (Radiative Forcings RF).

Die Mess- und Ablesefehler (im Mittel über lange Zeit) der lokalen Stationen liegen im Bereich von $\pm 0,1$ °C und mehr.⁶

Die höhenbedingte Abweichung der Temperaturmessungen zu Lande, auf Grund verschieden hoher Messhütten, folgt, nach Geiger [GEIGER, 1950] (und K. Brocks) und bei unbeeinflusster windstillere Lage einem doppelt logarithmischen Gradienten. In Mitteleuropa kann er, für sich allein genommen, je nach Mittelwert- und Anomalienbildung, ein Differenz von ca. -0,05 bis -0,5 °C erzeugen. Je tiefer eine Messstation, bezogen auf den Boden, liegt, desto höher i.A. die Temperatur. Jedoch ist er zusätzlich stark von der sich u.U. schleichend verändernden, meist gegenläufig wirkenden Bodenbeschaffenheit abhängig und kann deshalb leicht einen Wert von + 1°C und darüber haben. Siehe Tabelle 2 und Abbildung 12 (mit den Angaben über die Messhöhe der vorhandenen Messstationen, und dem Einfluss des Bodenbelages). Auch auf See ist er von der lokalen Höhe der Messstation abhängig. Bei unbeeinflusster windstillere Lage liegt dieser gemittelt bei ca. -0,01°C /m. Anders als bei Landstationen ist die Höhe nicht fest, sondern von der Schiffsgröße und -Beladung abhängig. Bei nicht ungewöhnlichen 20 m Brückenhöhe, betrüge er dann ca. -0,2 °C. Hinzukäme der gegenläufige Bodenfehler. Über die Brückenhöhe sagen die verfügbaren Metadaten wenig bis nichts aus. Als Ersatz für die schwer

⁵ http://data.giss.nasa.gov/gistemp/abs_temp.html

⁶ Jürgen Pelz „Anmerkungen zur Prüfung von Daten und Ergebnissen von Modellrechnungen unter Verwendung der Statistik und der Informationstheorie“ Beilage zur Berliner Wetterkarte vom 7.12.1995; S. 5 „Will man beispielsweise die Tagesmitteltemperatur auf ± 0.1 K genau ermitteln, darf der Abstand der Messungen nicht grösser als 15 Minuten sein. Genügt eine Genauigkeit von ± 2 bis 3 K, reichen die Klimatermine.“ [Pelz, 1995b]

bestimmbare Lufttemperatur (**MAT** Marine Air Temperature und **NMAT Night** Marine Air Temperature) auf See, wird allgemein die scheinbar leichter zu bestimmende Meerwassertemperatur der oberen Schicht („Sea Surface Temperature“ **SST**) verwendet. Es gibt in der Literatur jedoch keinen Beweis dafür, warum die Seewassertemperatur **SST** als Ersatz für die Lufttemperatur dienen könnte. Beide Medien reagieren auf die Zufuhr von Wärme physikalisch sehr verschieden. Es gibt aber Untersuchungen darüber, dass beide sehr wohl verschiedene Trends aufweisen. Bei Lufttemperaturen unter $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ⁷, normal bei (den wenigen) Wintertemperaturmessungen in höherer nördlicher und südlicher Breite, liefert die SST deutlich zu hohe Werte (evtl. ein Grund für den gezeigten Anstieg der SST in Abbildung 34). Das heißt, bei Verwendung der SST werden die Mittel-Temperaturen merkbar ins Positive verschoben, weil die SST im Mittel mindestens $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Kent, 1998] wärmer ist als die Luft.

Die vielen verschiedenen, angewandten Algorithmen der Mittelwertbildung liefern sehr verschiedene Mittelwerte, bei gleicher „wahrer“ Temperatur. Weltweit wurden über 100 arithmetische Mittelwertbildungen eingesetzt. Mit Schwerpunkten bei den Algorithmen, wie nach Mannheimer Stunden, der Wild'sche 6 h Turnus und die Max/Min Methode. Es ist richtig, dass sich der dadurch verursachte Fehler im Trend bei großen Datenkollektiven und den daraus abgeleiteten Anomalien verringert. Dies gilt insbesondere für höhere Breitengrade und wolkenreiches Wetter. Er gleicht sich aber nicht aus. In tropischen und subtropischen Breiten und an Strahlungstagen in allen Breiten, kann der Fehler 1 bis $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ betragen. Trotz Mittelung und Anomalienbildung hat er letztendlich immer noch eine Größenordnung von ca. $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (s. Abbildung 19 ff), eher darüber.

Wie oben erwähnt führt die Bildung allein von Mittelwerten vieler Anomalien (s. Anhang 2 über Anomalien) nicht zu einer Kompensation vorhandener systematischer und grober Fehler, wie bisher oft geglaubt. [Brohan et al. 2006] Sie vermindert zwar sporadisch vorkommende systematische und grobe Fehler, reduziert sie jedoch nicht auf Null. Im Gegenteil, das Vorhandensein dieser Fehler beeinflusst, wenn auch oft nur geringfügig, auch den Mittelwert der Referenztemperatur. Sie beeinflussen aber deutlich kräftiger die Steigung und Abweichung des berechneten Trends. Wegen der Stetigkeit der wichtigsten Fehler, ohne eigenes periodisches Verhalten, beeinflussen sie jedoch nicht die Oszillität der Temperaturreihe und nur in geringem Masse die Abweichungsunterschiede selber. Das erklärt, warum sich, trotz der oft großen Fehler, häufig ausgeprägte Schwingungen im Temperaturverlauf erkennen lassen. Diesen Schwingungen plausible Ursachen zuzuordnen ist derzeit Aufgabe weiterer Untersuchungen, z.B. den des solaren Einflusses. Bei der häufig angewendeten Praxis mit einfacher Anomalienbildung und Extrapolation, von als richtig erachteten Zeitreihen, auf nur wenig bekannte oder gänzlich unbekannte Orte oder Zeiten, bekommt die fehlerhaften Reihe die Werte der Referenzreihe aufgeprägt. Damit verschwindet das eigene Signal der gesuchten Reihe, falls es überhaupt vorhanden war. Das Ergebnis wird damit unbrauchbar. Diese Praxis wird jedoch häufig angewandt,⁸ jedenfalls von Autoren wie Parker und Jones, wie sie in Mails an den Autor schrieben. Parker schickte als Beleg dazu die Abbildung 33 und schrieb dazu: *„I agree that SST has major physical differences from air temperature. But one aim of our blended data is to give an indication of the state of global warming, and this is better done using SST rather than NMAT because the quality of the SST data is better, even though NMAT is more physically compatible with land surface*

⁷ Der Gefrierpunkt für Meerwasser liegt im Mittel bei $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, bei einem \emptyset Salzgehalt von 3,5 %

⁸ private Email eines Leitautors des IPCC an den Autor vom 2.6.09 : „..... **Think in ANOMALIES and not absolute temperatures.**“ Anderer Autor selbe Zeit: *The calculations are all done using anomalies (relative to 1961-1990 climatology), substantially avoiding the problem you raise regarding temperatures below zero.*

air temperature than is SST. Fortunately, over the vast proportion of the oceans, away from coasts, SST and NMAT are highly correlated. The global SST anomaly (blue) and NMAT anomaly (green) curves in the attached plot illustrate this.“ Wie gezeigt wird, sind diese Graphen (plots) aber so nicht verwendbar, weil zu ihrer Berechnung keine unabhängigen Datenreihen eingesetzt wurden. Tut man dies, sieht das Ergebnis ganz anders aus. Siehe Abbildung 34. Wegen der in jüngster Zeit stark angewachsenen Zweifel an der Richtigkeit der vorgestellten globalen Temperaturberechnungen hat nun das federführende britische Met-Office am 24.2.2010 angekündigt diese Datensätze und die dafür verwendeten Berechnungsmethoden einer umfassenden Überprüfung zu unterziehen.⁹

1.2.Arbeitsthese 1-2

Die Globaltemperatur, als arithmetisches Mittel, hat keine unmittelbare physikalische Bedeutung. Ihre numerische Berechnung in globalen Klimamodellen liefert eine fiktive Größe und ist als Kriterium für den Einfluss des anthropogenen CO₂ auf globale Temperaturänderungen ungeeignet.

1.2.1. Klimamodelle und die Bestimmung der Globaltemperatur

In der Arbeit wird ferner gezeigt, dass die vielen verschiedenen vom IPCC verwendeten Klima-Modelle, obwohl hoch kompliziert und technisch aufwendigst, an schweren methodischen Mängeln leiden. Diese sind weder annäherungsweise noch grundsätzlich zu beheben. Mangels einer validierten, umfassenden physikalischen Theorie des Klimas können viele bestimmende Größen nicht aus den bekannten Naturgesetzen berechnet werden, sondern werden per Direkteingriff in die Rechenprozesse und per Schätzung bestimmt. Selbst wenn man unterstellt, wozu es aber keine Erkenntnis gibt, dass das Ergebnis der Berechnungen **eines** Modelles für **einen** Gitterraum, physikalisch korrekt, einer Temperatur dieses Raumes entspricht, wird mit der vielfachen Durchschnitts- und Anomalienbildung wg. der Einbeziehung aller anderen Gitterräume und aus vielen verschiedenen Modellen, dieser physikalische Bezug wieder zerstört. Die so errechnete Größe ist deshalb ein numerischer Wert ohne Bezug zur Realität. Da dies ebenso für die nur ungenau zu ermittelnde Globaltemperatur T gilt, können beide Werte zwar arithmetisch zusammengesetzt werden, erhalten aber dadurch keine Aussagekraft. Dies gilt umso mehr für den gesuchten Zusammenhang zwischen dem anthropogenen und natürlichen CO₂ und der jeweiligen Temperatur. Die Einflussgröße ist zu klein, die möglichen Zusammenhänge sind weitgehend unbekannt. Trotz gegenteiliger Beteuerungen erfolgte weder eine direkte Messung, noch eine Signalisierung. Die vorliegenden Daten geben dies nicht her. Deshalb erlauben es weder die Beobachtungen noch die Modellergebnisse, diesen Zusammenhang herzustellen. Es wird dann auch nicht besser, wohl aber entfernt man sich noch weiter von der Physik, wenn aus den vielfältigen Modellergebnissen dann wieder, nach der „multi-model-mean“ Methode, Mittelwerte der Mittelwerte ermittelt werden. Diese Mittelwerte können alles oder auch nichts darstellen, sie sind schlicht Zeitreihen irgendwelcher Werte, die zwar die Maßeinheit der Temperatur bekommen, die aber keine Temperaturen sind. Deswegen wird im Folgenden das Symbol für die globale Mitteltemperatur mit T* bezeichnet. Ein Mittelwert kann keinen Einfluss auf eine vorhandene oder zukünftige Temperaturverteilung ausüben. Wie bekannt können aber verschiedenste Temperaturverteilungen problemlos denselben Mittelwert ergeben.

⁹ Quelle: Climategate Fallout: Met Office To Reassess, Open Up Temperature Data, <http://www.thegwpc.org/climategate/575-climategate-fall-out-met-office-to-reassess-open-up-temperature-data.html>

1.3. Der mittlere globale Meeresspiegel GMSL

1.3.1. Arbeitsthese 2-1

Die Meeresspiegelangaben des GMSL von Seiten des IPCC, PIK etc. sind bei weitem zu ungenau, um eine Abhängigkeit von der Globaltemperatur hinreichend zuverlässig zu bestimmen.

1.3.2. Der mittlere globale Meeresspiegel GMSL (Global Mean Sea Level)

Es wird gezeigt, dass die genaue Ermittlung des GMSL eine sehr schwierige, im Grunde unmögliche Aufgabe ist. Noch schwieriger ist die definitive Bestimmung seines Anstiegs (oder Abfalles) über der Zeit. Viele Autoren kommen auf Basis derselben Datensätze zu völlig verschiedenen Ergebnissen. Deswegen verwundert es nicht, dass führende Spezialisten auf diesem Gebiet wie z.B. Douglas [Douglas, 1994] ausführlich schildert, dass z.B. Barnett (1984), Emery and Aubry (1991) Pirazzoli (1993) zu der Überzeugung gekommen sind, dass *“the determination of a single sea-level curve of global applicability is an illusory task.”* sei. Oder wie der Hamburger Meeresspiegelexperte W. Siefert kürzlich in einem Interview äußerte *„Der Meeresspiegel entpuppt sich bei näherer Betrachtung immer mehr als eine rechnerische Krücke, unzulänglich und vor allem wenig aussagekräftig. Besonders, wenn er allein als Maßstab dienen soll. Oder wenn aus ihm Horrorszenarien abgeleitet werden...“*¹⁰

Douglas selbst schließt sich zwar nur bedingt dieser pessimistischen Ansicht an und hofft auf bessere Forschungsinstrumente in den kommenden Jahren, die sichere und bessere Ergebnisse bringen würden. Mit den Möglichkeiten der Satellitenaltimetrie sind diese heute vorhanden. Trotzdem zeigt sich, dass nun erst Recht kontroverse Ergebnisse erzielt und keineswegs nur sichere Erkenntnisse gewonnen werden. Mit der Kenntnis der genauen Geoid-Form der Erde, den daraus erkennbaren Topologie der Meere, selbst auf offener See, wo in nicht so ferner Nachbarschaft viele Meter Höhenunterschied auf der Meeresoberfläche gemessen werden, kommen neue bisher unbekannte Einflussgrößen hinzu. Diese Erkenntnisse fassen Cazenave et al. [Cazenave, 2004] in die Worte: *“...for the past 50 years, sea-level trends caused by change in ocean heat storage also show high regional variability,”* *“...has led to questions about whether the rate of 20th-century sea-level rise, based on poorly distributed historical tide gauges, is really representative of the true global mean.”*¹¹ Und konsequent führen sie etwas später aus, dass unabhängig von den vielen neuen Instrumenten und Techniken, die jetzt eingesetzt werden können um das gesuchte Signal der globalen Erwärmung im GMSL zu finden: *“these tools seem to have raised more questions than they have answered.”*

Es wird ferner gezeigt, dass eine Messung mit der Genauigkeit von wenigen Zehntel-Millimeter pro Jahr, sowohl für den lokalen Meeresspiegel (Relative Sea Level) RSL als auch den GMSL (bis auf allerjüngste Messverfahren) nicht möglich sind. Die allgemein verwendete Darstellung dieser Maßeinheit in „mm“ täuscht daher, den, u.a. vom IPCC und vielen Experten, öffentlich informierten Medien und Laien, eine Genauigkeit vor, die nicht zu erreichen ist. Auch wenn diese Zahlen lediglich durch Mittelwertbestimmungen errechnet werden, lässt sich der Pegel selbst nur auf 1 Zentimeter, häufiger auch nur mehrere Zentimeter genau angeben. Oft nicht mal das. Munk [Munk, 2003] bestätigt dies, wenn er dazu schreibt *„the jury is still out on the interpretation of the tide gauge records,”*

¹⁰ Quelle Emdor Zeitung, Sonntagsblatt, 26. Februar 1995. Prof. Dr. Winfried Siefert, Meeresspiegelexperte, langjährig bei der Hamburger Behörde f. Wirtschaft u. Verkehr, Strom- u. Hafengebäude

¹¹ Hervorhebungen vom Autor

Fest steht nur, dass das statistische Konstrukt GMSL innerhalb der letzten 120 Jahre um 1 bis 2 mm/Jahr , richtiger, zwischen 10 und 20 cm/Jahrhundert, gestiegen ist. Der Fehler liegt dabei in der Größenordnung des Messwertes, evtl. ist er sogar höher. Während Mörner den mittleren Anstieg mehr bei 10 cm/Jahrhundert sieht, geht das IPCC von ca. 19 cm/Jahrhundert aus. Eine Zunahme des Trend in den letzten 20 Jahren sieht das IPCC, andere, wie gezeigt wird, schließen eine solche Zunahme (Beschleunigung) explizit aus.

Viele systematische Fehler, erzeugt durch den Einfluss des barometrischen Druckes, der Dichte der Wassersäule, die Genauigkeit der Bestimmung der Bezugspunkte der Pegelmessung, des Einflusses unterschiedlich langer, ggf. kontaminierter Messreihen, die schnell ablaufenden tektonischen Plattenverschiebungen bzw. deren vertikaler Komponenten etc. wurden für die Berechnungen des GMSL gelegentlich zwar untersucht, deren Quantifizierung und evtl. Korrektur aber nicht zufrieden stellend gelöst. Diese Fehler werden in der Arbeit zum größten Teil ausführlich untersucht. Es zeigt sich, dass diese Fehler, weil systematischer Art, dazu überwiegend schleichend und in Größenordnungen des gesuchten Anstieges, nicht ausgemittelt werden können. Sie müssten nach gutem wissenschaftlichen Brauch angegeben werden. Das wird aber selten so gemacht. Glaubhafte Angaben über die erreichbare Genauigkeit sind daher die Ausnahme. Z.B. bei Mörner + 10± 10 cm bis 2100 (bzw. + 5 ± 15 cm) [Mörner, 2004]

1.3.3. Arbeitsthese 2-2

Die in den letzten Jahrhunderten beobachteten Veränderungen des Meeresspiegels GMSL haben weniger mit der Änderung der Globaltemperatur als mit tektonischen Verschiebungen und ggf. anderen Einflussgrößen zu tun. Beispiele: Mikronesien, ggf. andere.

1.3.4. Zuordnung der Ursachen des Anstiegs

Ausführlich wird auf die Versuche des IPCC und anderer eingegangen, den gesamten Anstieg des GMSL, durch eine Auflösung in seine Komponenten und dann deren Addition zu beschreiben. Bei aller Vorsicht und allem Respekt, muss dieses Vorhaben als gescheitert angesehen werden. Dazu sei nochmals Cazenave et.al [Cazenave, 2004]. zitiert“...for the past 50 years, sea- level trends caused by change in ocean heat storage also show high regional variability,”“...has led to questions about whether the rate of 20th-century sea-level rise, based **on poorly distributed historical tide gauges, is really representative of the true global mean.** Die Schätzungen für die eustatischen und sterischen Komponenten sind mit den Beobachtungsdaten nicht in Übereinstimmung zu bringen. Die Bewegung der einzelnen tektonischen Platten, mit Geschwindigkeiten in der Größenordnung von > 15 cm/Jahr, deren Vertikalkomponenten, die sich entscheidend auf das Volumen der darüber befindlichen Ozeane auswirken können, ist mit Sicherheit eine ganz wesentliche Ursache für die beobachteten Veränderungen der RSL und damit GMSL. Diese Änderungen jedoch quantitativ zu erfassen und zuzuordnen ist bis heute nicht möglich gewesen.

Für alle Messorte lassen sich, wie ausführlich gezeigt wird, Erklärungen finden, denen entweder natürliche Veränderungen zugrunde liegen (Glacial Isostatic Adjustment GIA/ Post Glacial Rebound PGR oder andere tektonische Verschiebungen) oder, ähnlich dem UHI bei der Temperatur, zwar von Menschen verursacht wurden, aber sozio-ökonomische Ursachen haben. Eines Treibhauseffektes bedarf es dafür nicht.

Auch für die Vergangenheit der letzten 1000 Jahre ist eine Temperaturabhängigkeit nicht zu erkennen, wie von Storch et. al [Storch, 2008] eindrucksvoll nachwies. Daher sind Prognosen über die zukünftige Entwicklung

des GMSL auf Grund des geringen Verständnisses der beteiligten Prozesse, sowie der dürftigen Datenlage, reine Spekulation. Nichts macht dies deutlicher als die große Bandbreite der Schätzungen seitens des IPCC, beteiligter IPCC Leit-Autoren mit divergierenden Ansichten (z.B. Rahmstorf) und anderen Fachleuten Jevreva, Mörner oder Singer. Siehe dazu Abbildung 63.

Während Rahmstorf [Rahmstorf, 2007a] mit einem „semi-empirical Approach“ bis zum Ende des Jahrhunderts max. 140 cm für möglich hält, Hansen sogar unter bestimmten Bedingungen bis 600 cm, schätzt das IPCC zwischen 14 bis 59 cm (final), Singer nur 18-20 cm, und Mörner gar nur [Mörner, 2004] 10 cm.

Sicher deswegen drückt sich das, häufig eine klare Sprache sprechende IPCC in dieser Hinsicht ungewöhnlich zurückhaltend aus: (AR4 der WG I **Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level** auf S. 410 Chapter 5.5.2.) *there is an increasing opinion that the best estimate lies closer to 2 mm yr⁻¹ than to 1 mm yr⁻¹.*

Fazit: Weder reichen die Zeitreihen der Messstationen zur genauen Bestimmung der globalen Durchschnittstemperatur aus, noch sind Klimamodelle in der Lage, eben auf Grund der ungenauen und unvollständigen Daten, aber auch aus vielen anderen Gründen, die Klimazukunft zu berechnen.

Ferner muss der Versuch, den Anstieg des globalen Meeresspiegels genauer als mit ± 10 cm/Jahrhundert zu bestimmen, als misslungen bezeichnet werden. Eine Zuordnung von Teilen des Anstiegs zu den einzelnen Komponenten, die den Meeresspiegel beeinflussen, insbesondere durch erhöhte Temperaturen, ist nicht möglich. Jede Angabe dazu ist spekulativ.

2. Einleitung: Die Problemstellung und Ziele der Arbeit

2.1. Anlass und Aufgabenstellung

1988 wurde das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gegründet. Es bekam die Aufgabe, festzustellen, wie die beobachtete globale Erwärmung mit der menschlichen Aktivität insbesondere mit seiner CO₂-Produktion zusammenhängt. Der IPCC hat dazu die seit 1860 gemessenen Temperaturen ausgewertet und scheinbar eine weltweit geltende, globale Durchschnittstemperatur definiert. Ihre zeitlichen Änderungen scheinen die Annahme eines Klimawandels, hervorgerufen durch die CO₂ Produktion der Menschen, zu bestätigen. Weil mit dem Anstieg dieser Globaltemperatur viele Ängste verbunden sind, insbesondere wg. eines beschleunigten Anstiegs des globalen Meeresspiegels, müsse die Aussagen auf Richtigkeit überprüft werden. Insbesondere auch deshalb, weil sich die Weltpolitik diese These weitgehend zu eigen gemacht hat und harte, extrem teure Gegenmaßnahmen beschlossen wurden.

Da die Temperaturmessungen nicht standardisiert waren und auch heute noch nicht überall standardisiert sind, wurden weltweit verschiedene Verfahren dazu angewendet. Deshalb ist zu vermuten, dass die Messwerte durch unterschiedlich verursachte Fehler beeinflusst worden sind. Wäre dies so, würde die vom IPCC zugrunde gelegte Beurteilungsbasis nicht der Wirklichkeit entsprechen. In Anbetracht der schwerwiegenden Konsequenzen, welche die Gegenmaßnahmen für die Weltbevölkerung mit sich bringen, wäre eine zu große Differenz zwischen zugrunde gelegter theoretischer Basis und Wirklichkeit nicht akzeptabel. In der vorliegenden Arbeit wird deshalb untersucht,

- 1) ob die angegebenen Fehlergrößen und -bandbreiten der Realität entsprechen und
- 2) ob und wie sie sich auf die Beurteilungsbasis des IPCC auswirken.

Dieser Komplex wurde bisher noch nicht ausreichend untersucht oder abschließend geklärt. Immerhin ist nicht auszuschließen, dass die Schlussfolgerungen des IPCC auf einer falschen Grundlage beruhen und dass deshalb die anthropogen getriebene Temperaturerhöhung des Klimawandels nicht wirklich statt findet, sondern nur als Ergebnis bisher unberücksichtigt gebliebener Fehler angenommen wird. Im folgenden Kapitel werden relevante Details dazu erläutert.

2.2. Probleme bei der Messung und Berechnung der Zeitreihe der „mittleren Globaltemperatur“, deren Änderungen und Messfehler, sowie des Einsatzes von Klima-Modellen für diesen Zweck

Die mittlere Globaltemperatur ist ein klimatologischer, also statistischer Begriff und mehr und mehr zum Politikum geworden. Sie wurde erst vor kurzem für die Klimaforschung relevant. Die frühere Zielrichtung von Klimastudien, -Messungen und -Berechnungen richtete sich dagegen im Wesentlichen auf die Definition der verschiedenen Klimazonen¹² auf der Erde und ihre Abgrenzung voneinander. Diese Forschung wird und wurde sehr erfolgreich und mit großem wissenschaftlichen und wirtschaftlichem Nutzen seit mehr als 100 Jahren betrieben. Da es ein Globalklima real nicht gibt, gab es bisher auch wenig Anlass, globale Klimawerte zu ermitteln. Sowenig wie eine globale, durchschnittliche Größe von Menschen irgendeinen Hinweis auf deren Verhalten in Bezug auf z.B. die Wahl der Kleidung gibt, so wenig wie ein weltweites Durchschnittseinkommen

¹² Wie durch Crutzborg, Köppen, v. Wißmann und andere, um nur einige zu nennen

irgend einen Hinweis darauf gibt, wie der Einzelne leben kann, wie ein Staat zu organisieren ist etc., so wenig sagt die weltweite Durchschnittstemperatur etwas über wünschenswerte oder notwendige Lebensweisen in dieser oder jener Klimazone aus.

Mit dem Aufkommen sehr leistungsfähiger Computer, sowie mit der Befassung der Politik mit Klimafragen, insbesondere wegen der vermuteten Bedrohung durch ein sich aufheizendes Weltklima, wurden jedoch Forderungen erhoben, ein virtuelles Globalklima zu bestimmen. Als dessen wichtigster Parameter wird ausschließlich die Temperatur angesehen, obwohl u.a. Niederschlag, Feuchte und Winde eine ebenso dominierende Funktion haben können. Diese Temperatur soll dann mit den berechneten Werten aus Szenarien über Computermodelle verglichen werden. Dabei wird der Versuch unternommen, aus den beobachteten Daten den menschlichen Einfluss zu erkennen und ihn dann, so gut wie möglich, zu isolieren um ihn zu quantifizieren. Die Ermittlung eines Globalklimas soll es also erlauben, den anthropogenen Einfluss darauf zu bestimmen. Schwerpunkt dieser Untersuchungen ist die mittlere Globaltemperatur T^* und ihr Verlauf in der Vergangenheit. Man versucht dann, deren Verlauf zu erkennen, der sich **ohne** den menschlichen sozio-ökonomischen Einfluß, durch die Emission von Treibhausgasen, ergeben hätte. Somit ist der Hauptzweck der Bestimmung der Globaltemperatur und ihres Verlaufes [PETERSON, 2003], Vergleiche mit zukünftigen Trends **unter Einbeziehung** menschlicher, sozio-ökonomischer Einflüsse zu ermöglichen, die mittels Großrechenanlagen aus Modellen ermittelt werden. Die so ermittelten Trends sollen dann Zuordnungen (Attribution) von Einflüssen oder Antrieben (Forcings) erlauben, die anthropogenen Ursprungs und evtl. klimabestimmend sein könnten. Die gegenwärtige CO₂ Debatte und die daraus abgeleiteten politischen Maßnahmen sind ein klarer Beleg für diese Sicht. Daneben wird natürlich auch ein allgemeiner Erkenntnisgewinn aus der wissenschaftlichen Beschäftigung mit diesen Fragen angestrebt.

Eine Komponente des theoretischen Globalklimas ist die globale Mitteltemperatur der Luft. Sie wird weltweit als Hauptparameter zur Bestimmung des menschlichen Einflusses auf das Weltklima angesehen. Ihre Bestimmung ist jedoch äußerst problematisch, was der Fachwelt bestens bekannt ist. Die berechnete Globaltemperatur im letzten Jahrhundert hat sich, gemäß Aussage des Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) um ca. 0,6 ° bis 0,7° C erhöht, wie uns im Bericht *TAR 2001(Third Assesment Report)* mitgeteilt wurde. Um diese Aussage treffen zu können, müssen Veränderungen über lange Zeiträume mit einer Genauigkeit von $< 1/10$ °C ermittelt, erfasst, dokumentiert und verdichtet werden. Das englische Klimazentrum CRU (Climate Research Unit) -siehe Abbildung 1- zeigt sogar einen Anstieg von 0,8 °C mit einem *Vertrauensintervall* bei 95% von -0,09 bis +0,11 °C (Jahr 1905) bis $\pm 0,08$ ° (Jahr 2005.).¹³

Die dort erzielte Genauigkeit wird dort wie folgt beschrieben¹⁴: „*How accurate are the hemispheric and global averages? Annual values are approximately accurate to +/- 0.05°C (two standard errors) for the period since 1951. They are about four times as uncertain during the 1850s, with the accuracy improving gradually between 1860 and 1950 except for temporary deteriorations during data-sparse, wartime intervals. Estimating accuracy is a far from a trivial task as the individual grid-boxes are not independent of each other and the accuracy of each grid-box time series varies through time (although the variance adjustment has reduced this influence to a large extent). The issue is discussed extensively by Folland et al. (2001a, b) and Jones et al.*

¹³ Diese Darstellung der Zeitreihe der mittleren Globaltemperatur kommt auf vielfältige Weise in öffentlichen Berichten des IPCC AR 4 vor. So z.B. Im Summary for Policymakers SPM auf Seite 19, In den FAQ's des Berichtes der Working Group 1 Fig. 3.1 auf S 104. In der Technical Summary des Berichtes der Working Group 1 (WG1-TS) als Fiure TS.6 auf Seite 37 usw.

¹⁴ Quelle <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/#datter>

(1997). Both Folland et al. (2001a,b) references extend discussion to the estimate of accuracy of trends in the global and hemispheric series, including the additional uncertainties related to homogeneity corrections.”

Die dort angegebenen Darstellungen des Verlaufs der Temperatur und des ihr zugeschriebenen Unsicherheitsbandes basieren auf den von Brohan et.al . [Brohan et al. 2006] erstellten Berechnungen¹⁵, und werden im Folgenden eingehend kritisch untersucht.

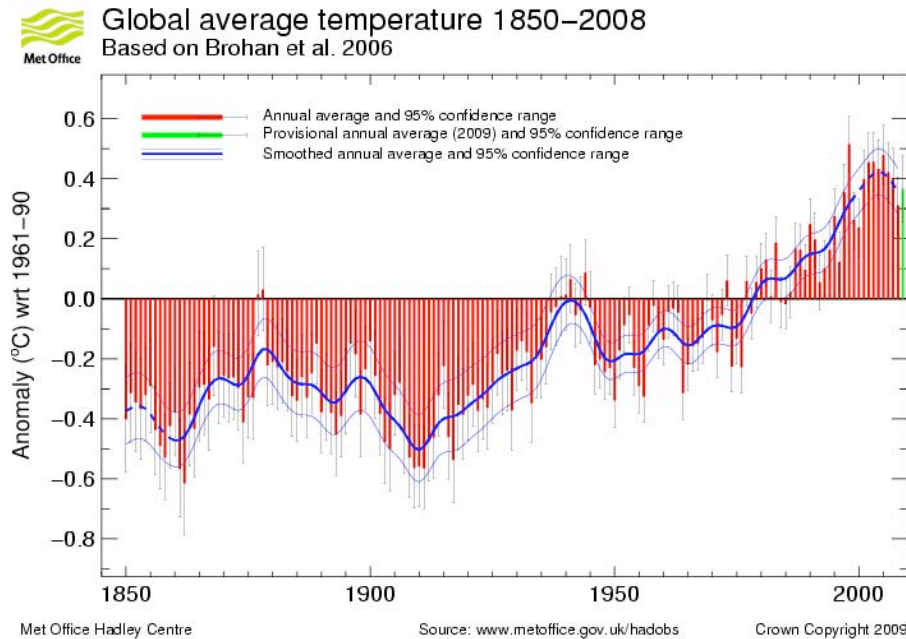


Abbildung 1: Veränderung der globalen Temperatur nach CRU über Metoffice Hadley (2008) mit einem Vertrauensintervall von 95 %. Basiert auf Brohan et. al 2006

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) stellte ferner in seinem vierten Sachstandsbericht AR 4 (Fourth Assessment Report 2007) fest, dass der Temperaturanstieg über die Zeit von 1906-2005 + 0.74 °C (0.56 to 0.92 °C) betrug, mit einem *Vertrauensintervall* von nur noch 90%.¹⁶

Das Climate Change Science Program, Washington, D. C [Wigley et al., 2006] ging 2006 in seinem Report von der Annahme aus, dass alle bedeutenden Unsicherheiten in der Bestimmung der mittleren Globaltemperatur zufrieden stellend beseitigt worden seien. Eine Feststellung, die detailliert in dieser Dissertation untersucht wird.

Wie erwähnt führen die bekannt gewordenen Ergebnisse in allen Staaten der Welt zu politisch gewollten, harten und sehr einschneidenden Maßnahmen. Deshalb ist es wichtig die Richtigkeit des dargestellten Globaltemperaturverlaufes zu überprüfen¹⁷. Dazu dient die Arbeitsthese 1-1 dieser Dissertation.

¹⁵ In der Literatur wird dazu Brohan et al 2006 angegeben, „Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850“ Publisher *J. Geophys.Res.*, 111. Dort werden wesentlich größere Abweichungen, besonders bei frühen Messungen gezeigt. Es wird dann die Vorgehensweise erläutert, wie man daraus trotzdem zu diesen engen Messunsicherheiten , bei gleichzeitig geringem und fehlerbehaftetem Datenbestand –besonders bei den SST Werten- gelangt. Diese Methoden basieren jedoch fast ausschließlich auf Schätzungen und optimistischen Modellen und halten einer kritischen Überprüfung, wie u.a. in dieser Dissertation gezeigt wird, nicht stand.

¹⁶ Warum das IPCC den Referenzzeitraum von 1900 bis 2000 (im TAR 2001) auf 1905 bis 2005 (*AR4*) verschob, ist nicht recht ersichtlich. Allerdings wurde dadurch der gemeldete Temperaturanstieg um ca. 0,15 °C größer, da es -wie erkennbar- von 1895 bis 1920 zu einer deutlichen Abkühlung gekommen war. Hadley dagegen ermittelte für den gleichen Zeitraum einen Anstieg von (nur) 0,65°C.

¹⁷ Das wird auch in Zukunft schwierig bleiben, denn das für die Originaldatensätze verantwortliche britische Hadley Center schrieb kürzlich in einer mail (<http://rogerpielkejr.blogspot.com/2009/08/we-lost-original-data.html>) an Prof. R. Pielke (12.8.09). „We are not in a position to supply data for a particular country not covered by the example agreements referred to earlier, as we have never had sufficient resources to keep track of the exact source of each individual monthly value. Since the 1980s, we have merged the data we have received into existing series or begun new ones, so it is impossible to say if all stations within a particular country or if all of an individual record should be freely available. Data storage availability in the 1980s meant that we were not able to keep the multiple sources for some sites, only the station series after adjustment for homogeneity issues. We, therefore, do not hold the original raw data but only the value-added (i.e. quality controlled and homogenized) data.“ Mit anderen Worten, die Originaldatensätze sind verschwunden und somit der Forschung nicht mehr zugänglich

Des Weiteren werden von Klimamodellierern die berechneten Globaltemperaturdaten in feiner räumlicher und auch langer zeitlicher Auflösung als Eingabe und als Referenz verwendet, um mittels rechnergestützter Klimamodelle sowohl die jüngste Klima-Vergangenheit, als auch die Klima-Zukunft zu simulieren. Da es sich beim gesuchten Ergebnis nicht um physikalische Größen handelt, ist der Versuch, diese Größen mittels rechnergestützter Modelle, die nur z.T. auf physikalischen Naturgesetzen basierenden Gleichungssysteme nutzen, bereits vom Ansatz her fragwürdig. Dieser Fragestellung wird bei der Bearbeitung der Arbeitsthese 2-2 beleuchtet.

2.3. Die Berechnung des globalen Meeresspiegels, dessen Änderungen und Messgenauigkeiten und die damit verbundenen Probleme

Der Wunsch, einen globalen Meeresspiegel und seine vergangenen und evtl. zukünftigen Änderungen zu berechnen, speist sich im Wesentlichen aus der Klimadebatte der letzten 30 Jahre. Die Warnungen einiger mit der Klimaforschung befasster IPCC Leit-Autoren (J. Hansen, S. Rahmstorf, J. Houghton und andere) vor einem schnellen und voraussichtlich verheerenden Anstiegs des globalen Meeresspiegels, hervorgerufen durch die ungebremste Emission, des als Treibhausgas bezeichneten (anthropogenen) CO₂, schürte viele Ängste in breiten Schichten der Bevölkerung. Umfangreiche Forschungsprogramme wurden aufgelegt, diesen Anstieg des GMSL (Global Mean Sea Level), der so plausibel mit der thermischen Ausdehnung von Wasser bei Erwärmung und dem Zufluss großer Wassermassen aus dem befürchteten Schmelzen der Polkappen und Gletscher begründet werden kann, genauer zu untersuchen. Wie sich zeigt, ist dies jedoch - ebenso wie die Bestimmung der globalen Durchschnittstemperatur - kein triviales Unterfangen, sondern unterliegt vielfältigen Unsicherheiten und Unbekanntheiten, deren Ursachen zum größten Teil bis heute weder verstanden, noch benannt werden konnten. Deswegen besteht die begründete Vermutung, dass Aussagen über vergangene und (erst Recht) zukünftige Änderungen im Wesentlichen nur grobe Schätzungen sind. Dabei kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass manche dieser Schätzungen durchaus auch ideologiesteuert abgegeben wurden.

Die Idee von der Existenz eines globalen Meeresspiegels hängt vermutlich mit der Vision endloser Ozeane und der jedermann vertrauten Erscheinung kommunizierender Röhren zusammen. Sind doch alle Ozeane dieser Welt miteinander verbunden und können deshalb als kommunizierende Röhren aufgefasst werden, deren Pegel sich immer wieder kurzfristig ausgleicht. War diese Vorstellung im Erdmaßstab früher mangels besserer Kenntnis der Geophysik in gewisser Weise verständlich, so kann sie heute höchstens eine grobe Näherung sein. Mit zunehmender Kenntnis über die Struktur der Erde, den Einfluss von gravitativen sowie tektonischen Verformungen, über astronomische Effekte, sowie Strömungen, Winde und die chemische Zusammensetzung des Meerwassers, verliert die alleinige Größe des mittleren globalen Meeresspiegels (GMSL) immer mehr an Bedeutung und Aussagekraft. In wissenschaftlicher Hinsicht bedeutend bleibt sie nur für bestimmte Bereiche der Geodäsie, z.B. zur genauen Bestimmung von Küstenlinien und deren Grenzen. Trotzdem ist die Berechnung des globalen Meeresspiegels ein immer größer werdendes Feld wissenschaftlicher Betätigung. Sie wird kräftig gefördert durch medial verstärkte Alarmmeldungen gewisser, auch wissenschaftlicher, Gruppierungen im Zusammenhang mit vermeintlichen, zukünftigen Gefahren seines drastischen Anstiegs, ausgelöst durch die (anthropogen bedingte) globale Erwärmung. So meldeten die Medien bereits 1989, also nur ein Jahr nach Gründung des IPCC:

A senior U.N. environmental official says entire nations could be wiped off the face of the Earth by rising sea levels if the global warming trend is not reversed by the year 2000. Coastal flooding and crop failures would

create an exodus of "eco-refugees," threatening political chaos, said Noel Brown, director of the New York office of the United Nations U.N. Environment Program, or UNEP. He said governments have a 10-year window of opportunity to solve the problem. --The Miami Herald, 5 July 1989

und dann immer wieder:

The world may have little more than a decade to avert catastrophic climate change, politicians and scientists say.

--Alex Kirby, BBC News Online, 24 January 2005

und 4 Jahre später...

The world has less than 10 years to halt the global rise in greenhouse gas emissions if we are to avoid catastrophic consequences for people and the planet.

--UN Secretary General Ban Ki-moon, 10 August 2009

Insbesondere manche dem IPCC zuarbeitende Leit-Autoren werben wissenschaftlich wie medial dafür, dass ihre Berechnungen von zukünftigen erwärmungsbedingten Anstieg des GMSL ernst genommen und von Politik und Gesellschaft beachtet werden. Dabei geben sie bis zum Ende des 21. Jahrhunderts Anstiege von bis zu 1,5 bis 2 m [Rahmstorf, 2007b] oder gar bis zu 6 m oder noch höher (Hansen) bei bestimmten, für möglich gehaltenen, Erwärmungs-Szenarien

Das IPCC selbst hat sich diesen Berechnungen jedoch nicht angeschlossen, sondern für die Zukunft wesentlich geringere Anstiege prognostiziert. Dazu wird später Stellung genommen.

2.3.1. Mögliche Ursachen der Meeresspiegeländerungen

Während der letzten Eiszeit war der globale Meeresspiegel ca. 120 m tiefer als heute, vor 9000 Jahren gehörte England, als Halbinsel, noch zum Kontinent. Vor 900 Jahren gab es noch keine nordfriesischen Inseln, denn die Nordseeküste verlief ca. 50 km weiter westlich. Die Küstenlinien bleiben daher nur für geologisch kurze Zeiten gleich, denn mehrere Ursachen verändern die Lage der Küstenlinie und damit des (lokalen) Meeresspiegels ständig. Sie werden in dieser Arbeit detailliert behandelt und in der folgenden Übersicht zunächst einführend skizziert (Gezeiten bleiben unberücksichtigt):

- Am einfachsten erklären sich die weltweit wirkenden eustatischen Meeresspiegeländerungen: Die globale Wassermenge nimmt ab oder zu, weil z.B. infolge einer globalen Abkühlung die Gletscher wachsen – und umgekehrt.
- Isostatische Änderungen wirken sich regional aus: der Meeresboden hebt oder senkt sich, weil unter der festen Erdkruste Magma zu- oder abfließt, beispielsweise wenn die zunehmende Auflast wachsender Gletscher ihren Kontinent in die Tiefe drückt und das Magma unter die Vorländer abwandert. Damit sich seit dem Ende der letzten Eiszeit Skandinavien heben und seinen früheren Gleichgewichtszustand zurückerlangen kann, fließt jetzt aus dem Untergrund der Nordsee Magma in Richtung Skandinavien ab. Der Boden des Nordseebeckens senkt sich und der Meeresspiegel steigt. Auf der Gegenseite fällt der Wasserspiegel längs der Südküste Skandinaviens.
- Isostatisch verursachte Bewegungen der Erdkruste wirken sich natürlich auch in den angrenzenden Küstenbereichen aus, so dass dort befindliche Messpegel ihre Positionen ändern; eustatische Änderungen können dadurch vorgetäuscht werden.

- Thermische Meeresspiegeländerungen werden durch eine Volumenzu-/abnahme infolge Erwärmung der Ozeane verursacht – und umgekehrt. Sie können weltweit aber auch regional wirken, beispielsweise durch Änderungen der Meeresströmungen oder Windverhältnisse.
- Seismische Meeresspiegeländerungen, etwa solche durch Seebeben, treten bei entsprechend großer Magnitude regional auf, können bei kleiner Magnitude aber auch lokal beschränkt bleiben. Im allgemeinen handelt es sich um vorübergehende Erscheinungen, die den Meeresspiegel entweder gar nicht oder nur geringfügig dauerhaft verändern; in der Form der Tsunami können sie mit viele Meter hohen Wellen große Zerstörungen anrichten.
- Vulkanogene Meeresspiegeländerungen sind örtlich begrenzt, sie werden durch die Bildung neuer Vulkane oder das vorübergehende Anheben bestehender Vulkane verursacht. Der Mt. Pelé auf Martinique kann als Beispiel dienen.
- Regional-tektonische Meeresspiegeländerungen werden durch lokale epirogenetische Hebungen oder Senkungen der Kontinente oder Meeresböden verursacht. Z.B. sind die schildförmig gehobenen und seitlich ausklingenden Abrasionsterrassen längs der nordspanischen Küste – die ‚Rasas‘ – so entstanden.
- Global-tektonische Meeresspiegeländerungen werden durch Absenkungen oder Anhebungen oder horizontale Verlagerungen der Kontinente und Meeresböden bewirkt, die oft zu einer Vergrößerung oder Verkleinerung der globalen Meeresfläche führen. Der Atlantik wird breiter, weil die Kontinentalverschiebung Amerika nach Westen driften lässt
- Eustatische, isostatische, und thermische Änderungen des Meeresspiegels können in geologisch relativ kurzen Zeiten von vielen Jahrzehnten oder Jahrhunderten erfolgen, und damit allmählich auch die Lebensverhältnisse der Küstenbewohner beeinflussen; die seismisch und vulkanogen verursachten Änderungen wirken hingegen sofort. Dagegen gehen tektonisch verursachte Änderungen relativ langsam vor sich und bleiben für die Küstenbewohner in der Regel unbemerkbar, es sei denn, sie würden von seismischen Erscheinungen vorübergehend unterbrochen. Da es sich aber beim Meeresspiegel um Langzeitbeobachtungen von 30 und mehr Jahren handelt, wirken diese Einflüsse ebenfalls.
- Unterschiedliche Ursachen überlagern sich häufig, zum Beispiel: eustatische und isostatische und erschweren so die Zuordnung zu den Ursachen.

Meeresspiegeländerungen können also sehr unterschiedliche Ursachen haben. Manche Faktoren wirken plötzlich und sind nicht vorhersehbar. Es ist deshalb praktisch unmöglich, sie zu prognostizieren. Die Beurteilung von Meeresspiegeländerungen wird zusätzlich noch durch Probleme der Messgenauigkeit erschwert, die im folgenden behandelt werden.

2.3.2. Probleme der Messgenauigkeit

Ebenso wie die Berechnung der Globaltemperatur diversen Schwierigkeiten unterliegt, auch deswegen, weil sie in der Natur nicht vorkommt und nur aus mehr oder minder fehlerbehafteten örtlichen Temperaturmessungen auf Grund einer fiktiven Modell-Vorstellung errechnet werden kann, unterliegt die Berechnung eines globalen Meeresspiegels (GMSL = Global Mean Sea Level) vergleichbaren Problemen. Das IPCC führte 2007 im Kapitel 5¹⁸ über den Meeresspiegel die Arbeiten von 5 Autoren an, die einen Meeresspiegeltrend von 1,5 bis 2 mm/Jahr

¹⁸ AR4 der WG I auf S. 410 Chapter 5.5.2.1 **20th-Century Sea Level Rise from Tide Gauges** „Based on a small number (~25) of high-quality tide gauge records from stable land regions, the rate of sea level rise has been estimated as 1.8 mm yr⁻¹ for the past 70 years (Douglas, 2001; Peltier, 2001), and Miller and Douglas (2004) find a range of 1.5 to 2.0 mm yr⁻¹ for the 20th century from 9 stable tide gauge sites. Holgate and Woodworth (2004) estimated a rate of 1.7 ± 0.4 mm yr⁻¹ sea level change averaged along the global coastline

(Miller and Douglas 2004, mit nur 9 Stationen), über $1,7 \pm 0,3$ mm/Jahr (Church and White 2006, für das 20. Jahrhundert) zu $1,8 \pm 0,3$ mm/Jahr (Church et al. 2004, von 1950 bis 2000), $1,7 \pm 0,4$ mm (Holgate and Woodworth 2004, von 1948 bis 2002, mit 177 Stationen in 13 Regionen) errechneten. Die IPCC-Autoren selbst schätzen daher als beste Näherung $1,8$ mm/Jahr $\pm 0,5$ mm für die Zeit von 1961 -2003 und $1,7$ mm/Jahr $\pm 0,5$ mm/Jahr das ganze 20. Jahrhundert, oder größer, von $1 - 2$ mm /Jahr ein. Jedoch mit der ausdrücklichen Feststellung, dass sich die **Meinung** der Autoren näher zu 2 mm/Jahr verschiebt¹⁹. Auch zuvor schon veröffentlichten mehrere Autoren Ergebnisse, die sie nach der Auswertung zahlreicher Pegelmessungen an unterschiedlichen Küsten ermittelt hatten. Basis all dieser Schätzungen sind nach Douglas [Douglas, 1994] die Daten des Proudman Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL), der seit 1933 von zahlreichen Stationen lokale Daten vorhält. Wenn es also zu unterschiedlichen Schätzungen kommt, dann liegt das nur an den Autoren und den von Ihnen bevorzugten Einschätzungen, Auswahlbedingungen, Methoden und Algorithmen und nicht an den Daten selber.

In einer Tabelle aus dem SPM (Summary for Policymakers des AR4, S7) versucht man, diesem geschätzten Gesamt-Anstieg einzelne Komponenten zuzuordnen, die nach Meinung des IPCC den Anstieg des GMSL durch Erwärmung auslösten. Sie zeigt die geschätzten Anteile am „observed“ Sea Level Rise, der vom IPCC zitierten Autoren.

Table SPM.1. Observed rate of sea level rise and estimated contributions from different sources. [5.5, Table 5.3]

Source of sea level rise	Rate of sea level rise (mm per year)	
	1961–2003	1993–2003
Thermal expansion	0.42 ± 0.12	1.6 ± 0.5
Glaciers and ice caps	0.50 ± 0.18	0.77 ± 0.22
Greenland Ice Sheet	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Antarctic Ice Sheet	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35
Sum of individual climate contributions to sea level rise	1.1 ± 0.5	2.8 ± 0.7
Observed total sea level rise	1.8 ± 0.5^a	3.1 ± 0.7^a
Difference (Observed minus sum of estimated climate contributions)	0.7 ± 0.7	0.3 ± 1.0

Tabelle 1: Übersicht der verschiedenen Komponenten des „beobachteten“²⁰ globalen Meeresspiegelanstiegs u.a. ausgelöst durch die „Globale Erwärmung“.

Table note:
^a Data prior to 1993 are from tide gauges and after 1993 are from satellite altimetry.

Die Tabelle 1 zeigt Schätzungen des Anteiles verschiedener Komponenten des GMSL Anstieges, bezogen auf den jeweiligen Zeitraum. Interessant an dieser Tabelle ist besonders die rechte Spalte (1993-2003). Sie zeigt eine drastische Erhöhung des Anstiegs einzelner Komponenten (seit 1993), also dem Einsatz der Satelliten- Altimetrie, mit zum Teil einer Vervierfachung der Werte. Diese plötzliche Beschleunigung erscheint nicht ohne weiteres plausibel. Daher wird darauf später separat eingegangen.

during the period 1948 to 2002, based on data from 177 stations divided into 13 regions. Church et al. (2004) (discussed further below) determined a global rise of 1.8 ± 0.3 mm yr⁻¹ during 1950 to 2000, and Church and White (2006) determined a change of 1.7 ± 0.3 mm yr⁻¹ for the 20th century. Changes in global sea level as derived from analyses of tide gauges are displayed in Figure 5.13. Considering the above results, and allowing for the ongoing higher trend in recent years shown by altimetry (see Section 5.5.2.2), we assess the rate for 1961 to 2003 as 1.8 ± 0.5 mm yr⁻¹ and for the 20th century as 1.7 ± 0.5 mm yr⁻¹.

¹⁹ AR4 der WG I **Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level** auf S. 410 Chapter 5.5.2. ...While the recently published estimates of sea level rise over the last decades remain within the range of the TAR values (i.e., 1–2 mm yr⁻¹), there is an **increasing opinion** that the best estimate lies closer to 2 mm yr⁻¹ than to 1 mm yr⁻¹.

²⁰ Das Wort „beobachtet“ ist in Parenthese gesetzt, weil wie später gezeigt wird, diese Werte durchgängig nicht beobachtet, sondern mit Hilfe von Modellen errechnet wurden.

Zur erreichbaren Messgenauigkeit schreiben die Autoren der IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission), einer UNESCO Organisation [JCOMM, 2006] :

„Whereas the accuracy of an instrument in determining the properties of the tides or a storm surge need only be about 1 cm, the long-term trend in sea level has a magnitude of around 1 mm per year. Hence precise measurement not only relies on the accuracy of the instrument but also on its long-term stability“

und im 2002 erschienenen „MANUAL ON SEA LEVEL MEASUREMENT AND INTERPRETATION“ der IOC, Vol III, erschienen im Februar 2002, wird auf S. 2 erläutert: (GLOSS Requirements) : *„There are few ocean processes from tides to seasonal cycles to interannual variability, which cannot be addressed with a 1-cm accuracy instrument. In addition, the ‘red’ (predominantly low-frequency) character of sea level **variability at most locations, with typically decimetre amplitudes at decadal timescales, means that one could not measure secular trends (with typical magnitudes of 1 cm/decade) with even the most precise device without a record at least 50 years long**“²¹.*

Sehr viel optimistischer dagegen interpretiert das IPCC die eher zurückhaltende Aussage der Experten des IOC über die in der Vergangenheit erreichte Genauigkeit. Bezugnehmend auf die gleiche Quelle wie oben sieht man dort eine gute Verfügbarkeit von hochgenauen (1cm Bereich) Messstationen weltweit. Auf S. 431 des WGI Berichtes liest man: *„With typical rates of sea and land level change of order of 1 mm yr⁻¹, it is necessary to maintain the accuracy of the overall gauge system at the centimetre level over many decades. **This demanding requirement has been met in many countries for many years (see IOC, 2002 for more information)**“.*

Woher das IPCC und seine Autoren die durch die genannten Quellen eher in Zweifel gezogene Zuversicht beziehen wird nicht weiter erläutert. Sie wird jedenfalls durch das zitierte *IOC, 2002 Manual* [Oceanographic and Commission, 2002] nicht gestützt.

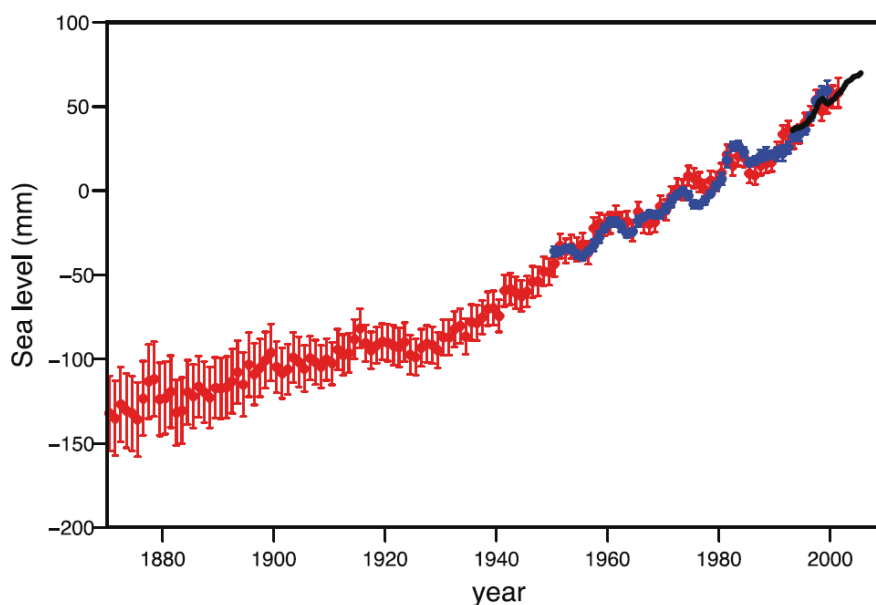


Abbildung 2: IPCC AR4 Ch. 5 Darstellung des Verlaufs des globalen Meeresspiegelanstiegs GMSL von 1870-2005 zusammengesetzt aus mehreren Quellen, wie beschrieben.

Figure 5.13. Annual averages of the global mean sea level (mm). The red curve shows reconstructed sea level fields since 1870 (updated from Church and White, 2006); the blue curve shows coastal tide gauge measurements since 1950 (from Holgate and Woodworth, 2004) and the black curve is based on satellite altimetry (Leuliette et al., 2004). The red and blue curves are deviations from their averages for 1961 to 1990, and the black curve is the deviation from the average of the red curve for the period 1993 to 2001. Error bars show 90% confidence intervals.

²¹ Hervorhebungen vom Autor

Man könnte aus den Angaben oben aber schließen, dass es den Autoren gelungen wäre, den globalen Trend innerhalb von 1 bis 2 mm/Jahr mit einer Fehlerbandbreite von $\pm 0,1$ –als Ausreißer sogar- $\pm 0,9$ mm jährlich- zu bestimmen. Dies setzt allerdings nicht nur eine hohe Messgenauigkeit der lokalen Pegelmessungen voraus, sondern auch eine sehr große Anzahl von gut verteilten Messstellen. Wie später ausführlich ausgeführt wird ist beides nicht gegeben.

Um den absoluten Anstieg des globalen Meeresspiegel der letzten 120 Jahre zu verdeutlichen, wurde von den IPCC Autoren die Kurve in Abbildung 2 aus verschiedenen Messreihen und Methoden konstruiert. Die Fehlerbalken geben den 90 % Vertrauensbereich an, basieren also auf statistischen Berechnungen und nicht allein auf Beobachtungsdaten.

Die Autoren der Grafik ordnen nun den frühen Werten von 1870 bis etwa 1930 einen Messfehler von ± 25 mm verengend auf ± 10 mm zu, dann verringert sich dieser Wert weiter auf ca. ± 5 mm ab etwa 1960. In der Literatur wird dagegen eine große Anzahl anderer Schätzungen für den vermuteten globalen Anstieg genannt. Dieser Anstieg soll danach zwischen 1,5 bis 1,8 mm/Jahr und weniger liegen, und mit einem Fehler von $\pm 0,3$ bis $\pm 0,5$ mm/Jahr behaftet sein. Alle aufgelisteten Autoren vermuten jedoch zusammenfassend, als Trend, einen moderaten Anstieg von 10 bis 20 cm pro Jahrhundert (bzw. 1-2 mm/Jahr)

Trotz dieser klaren Aussage muss nochmals betont werden, dass es in der Realität einen GMSL nicht gibt, sondern nur örtliche Pegel (Relative Sea Level RSL). Mithin gibt es in der Realität auch keinen Anstieg des GMSL. Er existiert ausschließlich als fiktives theoretisches Konstrukt. Man ist zu seiner Berechnung auf die Langzeit-Datensätze (> 50 Jahre) der verschiedenen regionalen Messplätze angewiesen, um daraus den hypothetischen GMSL zu bestimmen. Da zusätzlich nicht allein die wirkliche Änderung gesucht wird, sondern der Einfluss der Komponente „Erwärmung“ von anderen Einflüssen abgegrenzt werden soll, werden die Beobachtungsdaten vielfältigen Korrekturen unterzogen, die fast alle über Computermodelle ermittelt werden. Deshalb sind die veröffentlichten Werte für den GMSL-Anstieg auch keine ausschließlich beobachteten (observed) Daten mehr, sondern, nach bestimmten Modellvorstellungen, korrigierte Werte.

Die Definition des GMSL unterliegt zusätzlich noch einigen besonderen Schwierigkeiten, die mit der ungleichmäßigen Gestalt der Erde und der lokal veränderlichen Schwerkraft zusammenhängen. Auf sie wird später ausführlicher eingegangen.

Um Berechnungen des GMSL überhaupt erstellen zu können, muss zuvor ein, ebenfalls nur virtuell vorhandener, Referenz-Meeresspiegel definiert werden. Dazu verwendet man geodätische Begriffe wie den des Geoid, das globale vertikale Datum etc. und versucht, aus den vergleichsweise wenigen vorhandenen Langzeitbeobachtungen der Pegelhöhen von diversen Küstenorten, die Veränderungen eines fiktiven Gesamtmeeresspiegels zu berechnen. Auf der Website ²² der Technischen Universität München -gedacht für Berufseinsteiger der Geodäten - findet man dazu die Bemerkung: „Zur Bestimmung relativer Höhenunterschiede dienen Messungen des Wasserstandes an einer Pegelstation. Auf Basis solcher lokaler Messungen läßt sich jedoch nicht erkennen, ob etwa der (lokale²³) Meeresspiegel ansteigt, oder die Pegelstation absinkt. Daher werden diese lokalen relativen Messungen mit globalen Methoden, wie etwa dem satellitengestützten Positionierungssystem GPS miteinander verknüpft. Dies gibt Aufschluß über die Eigenbewegung der Höhenfestpunkte aufgrund von Hebungen und Senkungen der Landmassen.“

²² Quelle: <http://www.gug.bv.tum.de/seiten/natur/anstieg.htm>

²³ Ergänzung des Autors

Es ist aus der lokalen einfachen Pegelmessung daher nicht ohne weiteres erkennbar, was sich verändert hat. Position oder Messgröße.

In Beurteilung der Schwierigkeiten zur Bestimmung der einzelnen Komponenten des GMSL-Trends, insbesondere der durch CO₂ vermutlich ausgelösten Expansion des Wassers mittels Erwärmung, stellt das IPCC 2007 im AR 4, Ch. 5 fest: *„...For the period 1961 to 2003, the average contribution of thermal expansion to sea level rise was 0.4 ± 0.1 mm yr⁻¹. As reported in the TAR, it is likely that the sum of all known contributions for this period is smaller than the observed sea level rise, and therefore it is not possible to satisfactorily account for the processes causing sea level rise.“*

Es bleibt zu prüfen, ob die vom IPCC angegebene thermische Expansion der Weltmeere durch die errechnete Erwärmung tatsächlich mit $0,4 \pm 0,1$ mm/Jahr angegeben werden kann. Dies gilt auch für die anderen Einflüsse, die der globalen Erwärmung zugeschrieben werden können.

Wie z.B. Douglas [Douglas, 1994] korrekt ausführte, ist die Kenntnis der Änderung der lokalen Meeresspiegel mit Schwankungsgrößen im mm-Bereich wichtig, weil an seichten Stränden die Überflutung oder das Trockenfallen mit 2 Größenordnungen über der Meeresspiegelvariation erfolgt. Er führt dort u.a. aus, dass die kennzeichnende Größe durch die nach ihrem Entdecker benannte „Bruunsche Regel“ – eine Daumenregel – bestimmt wird. Sie besagt, dass das Verhältnis von Überflutungslänge L zur Wassertiefe D zwischen 50 und 200 liegt, mit dem Mittelwert von 100. D.h. ein Anstieg von 10 mm bedeutet in der Praxis eine Überflutungslänge von 500 bis 2000 mm. Bei flachen Stränden von wenigen Metern Tiefe möglicherweise eine bedeutsame Angelegenheit. Bei steilen Ufern spielt diese Erhöhung jedoch eine geringere Rolle. Unabhängig davon ist ein weiterer Beweggrund für die sehr enge Bestimmung der Änderungen des GMSL, die Vermutung des IPCC über die schädliche Wirkung des CO₂. Es erzeugt als Klimagas nur einen geschätzten Antrieb (Forcing) von $1,66$ W/m² (IPCC AR4), der seinerseits z.B. nur für eine geringe potentielle Aufheizung der Weltmeere und damit deren thermischer Ausdehnung verantwortlich sein kann. Deshalb erscheint es zwingend, die Genauigkeit der zugeordneten Anstiege des GMSL auf wenige Zehntel-Millimeter/Jahr zu treiben. Wie weit das gelingen kann und welche Wirkgrößen den GMSL noch verändern können, ist Gegenstand dieser Arbeit. Dazu wurden die Arbeitsthese 2-1 und 2-2 aufgestellt.

2.4.Arbeitsthese 1-1

Die Hypothese des globalen Temperaturanstiegs (IPCC, Hadley, GISS etc.) beruht auf lückenhaften Daten, die durchgängig mit systematischen, oft groben Fehlern behaftet sind. Weder absolute Temperaturen noch Temperaturveränderungen im 1/10 Gradbereich können mit der von den genannten Institutionen angegebenen Sicherheit ermittelt werden.

2.5.Arbeitsthese 1-2

Die Globaltemperatur – als arithmetisches Mittel - hat keine unmittelbare physikalische Bedeutung. Ihre numerische Berechnung in globalen Klimamodellen liefert eine fiktive Größe und ist als Kriterium für den Einfluss des anthropogenen CO₂ auf globale Temperaturänderungen ungeeignet.

2.6.Arbeitsthese 2-1

Die Meeresspiegelangaben des GMSL von Seiten des IPCC, PIK etc. sind bei weitem zu ungenau, um eine Abhängigkeit von der Globaltemperatur hinreichend zuverlässig zu bestimmen.

2.7.Arbeitsthese 2-2

Die in den letzten Jahrhunderten beobachteten Veränderungen des Meeresspiegels GMSL haben weniger mit der Änderung der Globaltemperatur als mit tektonischen Verschiebungen und ggf. anderen Einflussgrößen zu tun. Beispiele: Mikronesien, ggf. andere.

3. Zu Arbeitsthese 1-1 und 1-2 : Definition der Temperatur

Um die aufgezeigten Probleme mit der Berechnung und der angegebenen Genauigkeit der Globaltemperatur zu erörtern ist eine Überprüfung der verwendeten Begriffe zweckmäßig.

3.1.Der physikalischer Begriff der (Luft-)Temperatur

Die Physik definiert Temperatur in Anlehnung an Gehrtsen [Meschede, 2003] wie folgt als:

(Wärmezustand eines Körper (nicht Wärmeenergie)dann unter Statistische Theorie der Wärme : je Freiheitsgrad der sich in ungeordneter Wärmebewegung befindlichen Atome (L. Boltzmann 1890, Wien) gültig für Gase , Festkörper und Flüssigkeiten.

Anders ausgedrückt bedeutet dies: Die Temperatur ist eine physikalische und thermodynamische Zustandsgröße. Die absolute Temperatur in Kelvin (K) bedeutet die Summe der mittleren kinetischen Energie (pro Freiheitsgrad) eines Teilchens oder Teilchensystems. Freiheitsgrade kennzeichnen mögliche „Bewegungstypen“ wie Bewegungen entlang der drei Raumachsen (Translation), Drehbewegungen (Rotation) oder Schwingungen von Teilchen gegen einander (Vibration). Die physikalischen Eigenschaften der Temperatur werden in der Lehre von der Thermodynamik behandelt. Man bezeichnet dort die Temperatur als **eine systemeigene, intensive Zustandsgröße**. Sie lässt sich auch über die Entropie S definieren, da aus den Eigenschaften dieser Zustandsgröße folgt, dass S konstant bei allen Zustandsänderungen ohne Wärmeübertragung Q ist: $dS = \frac{\delta Q}{T}$

mit $d\left(\frac{\delta Q}{T}\right) = 0$ mit T als Zustandsfunktion.

In der Klimatologie wird diese Definition allerdings nicht verwendet. Zu welchen Problemen das führt, beschreiben z.B. Essex et. al [Essex, 2006] ausführlich.

Essex et. al. zitieren und kritisieren in ihrer Arbeit die in der Global-Klimatologie übliche Definition der von einer fiktiven Mitteltemperatur abhängigen Temperaturabweichung $\Xi(t_M)$ zur Zeit t_M :

$$\Xi(t_M) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[T(\vec{r}_i, t_M) - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (\vec{r}_i, t_j) \right]$$

$\Xi(t_M)$ entsteht, indem von jeder Ortstemperatur ein gleitenden Durchschnitt der Vergangenheit (2-ter Term in der Klammer) abgezogen wird. $\Xi(t_M)$ wird daher zutreffend als **Temperaturanomalie** bezeichnet. Die Summierung (Index i) erfordert eine räumliche Integration des Temperaturfeldes über die gesamte Oberfläche der Erde, wobei $T(\vec{r}_i, t_M)$ die Lufttemperatur an der Position \mathbf{r}_i und in der Zeit t_M ist, und die Summierung über j für einen passenden Zeitraum in der Vergangenheit (üblich sind 30 Jahre) durchgeführt wird. Die Anomalie Ξ ist also eine Funktion von $T(\mathbf{r}_i, t)$ für alle Ortsvektoren \mathbf{r}_i . Im Gegensatz dazu sind lokale (thermodynamische - Anm. des Verfassers -) Gleichgewichtszustände in einem Feld nur für einen besonderen Ort \mathbf{r} definiert. Andere Orte, sofern sie sich nicht in infinitesimaler Nachbarschaft befinden, sind davon unberührt. Die statistische Größe Ξ hat dieselbe Eigenschaft wie ein arithmetischer Durchschnitt von unterschiedlichen Temperaturen zwischen räumlich voneinander entfernten Systemen. Sie hängt daher von den Zuständen aller räumlich getrennten Subsysteme ab.

Damit entsteht ein Paradox. Ξ am Ort \mathbf{r} hängt auch von den Zuständen an allen entfernten Positionen $\{\mathbf{r}_k\}$ ab. Jedoch sind chemische, physikalische oder biologische Prozesse, die durch die Temperatur am Ort \mathbf{r} gesteuert werden, keine Funktionen von Temperaturen ausserhalb von \mathbf{r} . Wenn man in Klimamodellen darauf besteht, dass Ξ Prozesse auslöst, wie z.B. das Schmelzen von Gletschern, ist dann dieser Vorgang zwangsläufig eine Funktion von Temperaturen anderswo auf dem Planeten. Dies ist physikalisch unhaltbar. Fernwirkende Mechanismen für thermodynamische Prozesse gibt es nicht.

Mit der genauen Ermittlung der Kennziffer „Globaltemperatur“ T^* und ihres Verlaufes über der Zeit sollen, wie zuvor schon erwähnt, u.a. Rückschlüsse auf eventuelle klimatisch relevante Einflussgrößen (Antriebe oder Forcings) gezogen werden. Namentlich ist hier der Einfluss des Spurengases CO_2 gemeint, das gemeinhin als Treibhausgas bezeichnet wird. Durch die vielfältige statistische Behandlung wird jedoch aus dem ursprünglich physikalischen Wert der Temperatur T des Messortes und der Zeit, nur noch eine fiktive Zahl T^* . Sie hat keinen physikalischen Inhalt mehr, obwohl sie in der Literatur mit der Dimension $^\circ\text{C}$ oder K bezeichnet wird. Somit verliert die berechnete Größe „mittlere Globaltemperatur“ als Durchschnittswert aller gemessenen lokalen Temperaturwerte ihren physikalischen Bezug. Sie unterliegt in ihrer Bestimmung nicht mehr den allgemein gültigen physikalischen Gesetzen, sondern den zwar ausgefeilten, zum bestimmenden Teil jedoch willkürlich gesetzten, statistisch-mathematischen Regeln und Konventionen. Der Versuch, ein Feld aus unterschiedlichsten lokalen Temperaturen über willkürliche Rechenregeln zusammenzuführen (es gibt, streng genommen, unendlich viele Methoden der Mittelwertbildung. Welche ist hier die „Richtige“?), liefert eine neue zahlenmäßige Größe, die alle ihre physikalisch bestimmenden Eigenschaften verloren hat. Sie erhält dafür neue, die sich aus den verwendeten Rechenregeln und den verabredeten (für den ursprünglichen Zweck sinnvollen, aber willkürlichen) Konventionen ergeben. In der Ausführung zur Arbeitsthese 2-2 wird ausführlicher auf dieses Problem eingegangen.

3.2. Der klimatologische Begriff der Lufttemperatur und die Messmethoden

Im Bericht des National Research Council [NRC, 2005] wird die mittlere Globaltemperatur T wie folgt definiert: *“According to the radiative-convective equilibrium concept, the equation for determining global average surface temperature of the planet is*

$$dH/dt = f - T'/\lambda \quad (1)$$

where H is the heat content of the land-ocean-atmosphere system. . . . Equation (1) describes the change in the heat content where f is the radiative forcing at the tropopause, T' is the change in surface temperature in response to a change in heat content, and λ is the climate feedback parameter (Schneider and Dickinson, 1974), also known as the climate sensitivity parameter, which denotes the rate at which the climate system returns the added forcing to space as infrared radiation or as reflected solar radiation (by changes in clouds, ice and snow, etc.).''

Danach ist T die mittlere Globaltemperatur und T' die Abweichung von dieser Temperatur, hervorgerufen durch die Strahlungs-Antriebe (radiative forcings) f . Diese Definition erleichtert zwar u.U. die Zuordnung einzelner Antriebe zur gemessenen oder gerechneten Veränderung T' , hilft aber bei der eigentlichen Ermittlung der Globaltemperatur T nicht weiter. Überdies unterstellt diese Definition eine reine Strahlungstemperatur, die der beobachteten Vielfalt der Temperaturquellen, zusätzlich zur Strahlungstemperatur, nicht gerecht wird.

Die klassische Meteorologie war sich daher schon lange des Dilemmas zwischen Ermittlung der lokalen wahren Lufttemperatur T und ihrer Verwendung als statistischem Mittelwert T^* bewusst. So erläutert R. Assmann, der Erfinder des heute noch vielfach verwendeten Aspirationsthermometers, in seinem umfangreichen Aufsatz „Das Aspirations-Psychrometer; Ein Apparat zur Ermittlung der wahren Temperatur und Feuchtigkeit der Luft“ auf Seite 120 (6) [Assmann, 1892] Original-Zitat (alle Hervorhebungen vom Autor, die alte Schreibweise bitte zu entschuldigen):

„1. Begriff der Lufttemperatur. Sprung definirt in seinem Lehrbuche der Meteorologie auf S. 307 den Begriff der Lufttemperatur, wie man denselben in der Meteorologie schlechtweg gebraucht, als »diejenige Temperatur, welche der über betreffende Gegend hinwegstreichende Luftstrom in einer Höhe' von 1-2 m über der Erdoberfläche wirklich besitzt.

*Koepfen [Köppen, 1913] dagegen sagt in seiner Abhandlung »Studien über die Bestimmung der Lufttemperatur und des Luftdrucks« auf S. I: »Was ist Lufttemperatur ? Die Antwort lautet einfach: **Die Temperatur der Luft, zunächst derjenigen, welche wir unmittelbar der Prüfung unterwerfen und weiterhin die Temperatur anderer, größerer Luftmassen, als deren Repräsentantin die erstere dienen kann**«. Wie man sieht, ist Koepfens Definition die weitere, von einer Höhenangabe über dem Erdboden gänzlich absehbende, während Sprung's Definition dem für die beobachtende Meteorologie allerdings wesentlich maßgebenden Begriffe der »**klimatischen Temperatur**« nahe kommt.*

*Koepfen unterscheidet aber ferner gewissermaßen zwei verschiedene Arten der Lufttemperatur, deren erste man die **physikalische** nennen könnte, während die letztere auf das praktische Bedürfnis **klimatologischer Untersuchungen** Rücksicht nimmt. Für unsern Zweck, ebenso auch im Innern eines von der Lufttemperatur abhängigen physikalischen Apparates so ermitteln, wie sie unter dem Zusammenwirken aller für den speciellen Fall wirksamen Faktoren thatsächlich vorhanden ist. Man könnte deshalb vielleicht auch sagen, dass wir als **Lufttemperatur diejenige Temperatur** anzusehen haben, welche eine beliebige, der Untersuchung unterworfenen Luftmenge unter dem Zusammenwirken der jeweiligen sie treffenden Einflüsse der Ein- und Ausstrahlung direkter wie reflektirter Wärme jeder Wellenlänge, ferner der Leitung und Konvektion von Wärme wirklich besitzt.*

*... So werden wir, wie wir später des Ausführlicheren. sehen werden, bei der Vergleichung der Angaben verschiedener Thermometer-Aufstellungen den Begriff der »**klimatischen Temperatur**« im engeren Sinne als massgebend für deren Ergebnisse einzuführen genöthigt sein*

*.....Der Einzelapparat selbst aber kann nur Angaben liefern, welchen die **Definition der physikalischen***

Lufttemperatur« zu Grunde gelegt wird.

Seit dieser Zeit wird daher versucht, aus den mit physikalischen Methoden bestimmten lokalen Temperaturen, die klimatischen Temperaturen zu bestimmen.

3.2.1. Die Messmethoden

In der Klimatologie wird daher zuerst versucht, die reale, physikalisch wahre Lufttemperatur auf „Normalniveau“ vor Ort mittels vielfältiger Messmethoden zu bestimmen. Z.B. laut WMO (heute), bei Messungen über Land, in einer Wetterhütte (Screen) mit einer Messeinrichtung in 1,5 bis 2 m Höhe über Grund.

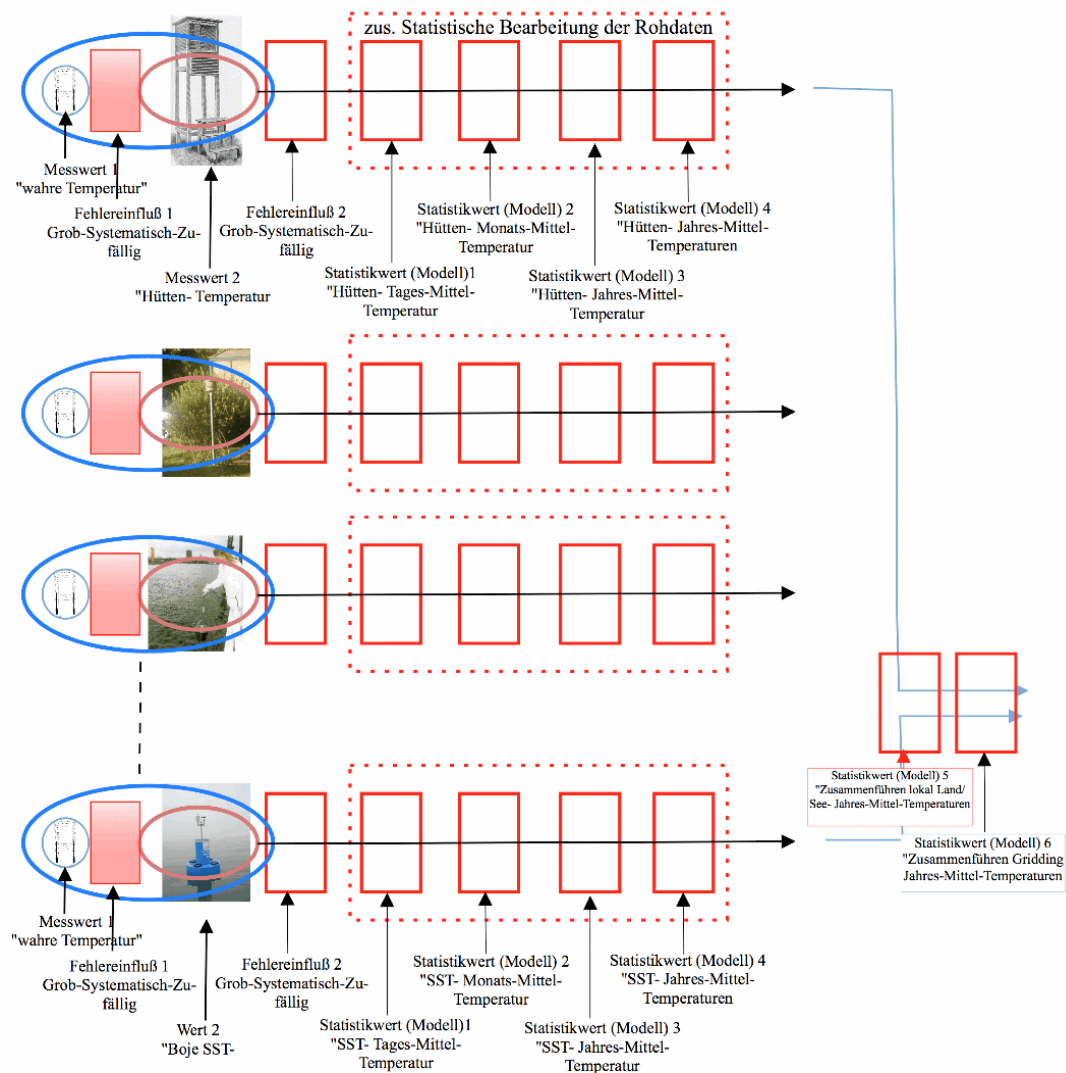


Abbildung 3: Vereinfachtes Schaubild der Messanordnungen für die Messung der lokalen Temperaturen z.B. in standardisierten Wetterhütten, modernen Messstationen, Seemessung mittels Schiffen, Bojen etc. mit Angabe der prinzipiellen Fehlerquellen sowie eine grobe Übersicht über die anschließende statistisch-mathematische Aufbereitung der ursprünglichen Messdaten.

Dies geht allerdings nur unter Akzeptanz von nicht vermeidbaren Kompromissen. Diese sind durch den vertretbaren Aufwand über lange Zeit, die verfügbaren Messmittel, die Datenerfassung etc bedingt. Die Problemstellung ist daher umfangreich.

Die Abbildung 3 zeigt dazu ein vereinfachtes Schaubild der angewandten Methoden, die zu einer aussagefähigen Zeitreihe der anfangs lokalen, später Globaltemperatur führen sollen.

Wie man in Abbildung 3 sieht, unterliegt die gesuchte Messgröße, nämlich die lokale „wahre“ Temperatur T des (mit viel Sorgfalt) auszusuchenden (und ständig zu pflegenden) Messortes erheblichen, teils gut erfassbaren, teils wenig bekannten und teils völlig unbekanntem Einflüssen, die sich als Fehler (Messunsicherheit), in vielen Fällen auch nur Abweichungen vom gesuchten oder erwarteten Messwert²⁴, zeigen. Diese Fehler, wie auch lokale Abweichungen, sollen nach Möglichkeit ausgeschlossen, oder wenn dies nicht möglich ist, mit Mitteln der Fehlerbehandlung der Statistik vermindert oder ausgemittelt werden. Die restlichen auf diese Weise nicht zu behebbenden Fehler sollen zumindest in ihrer Größe eingegrenzt und abgeschätzt werden. Wie weit dies möglich ist, wird im Folgenden eingehend untersucht.

Im Anschluss an die oben beschriebene Aufbereitung der Abweichungen und Messunsicherheit der Rohdaten wird der dann gefundene Wert der „wahren Luft-Temperatur“ T einer Fülle weiterer statistischer Prozeduren unterzogen, mit dem Ziel sowohl über den Ort, die Höhe und die Zeit vergleichbare Werte zu erhalten. Weischet [Weischet, 1995] S115 - S 109 ff schreibt zur Temperaturerfassung für diesen Zweck: „*Das international verwendete Standardinstrument ist das Assmannsche Aspirationpsychrometer. Psychrometer deshalb, weil neben einem normalen noch ein sog. feuchtes Thermometer eingebaut ist... Die Aspiration wird durch einen kleinen Uhrwerksmotor besorgt, der einen Luftstrom mit 2,5 m/s an dem Thermometergefäß vorbeisaugt. Die aus dem Wärmeleitungsgleichgewicht mit strahlungsgeschützten Thermometern gewonnenen Temperaturangaben für die Luft werden als "wahre Lufttemperatur" bezeichnet. Mit den reinen Messvorkehrungen allein ist es aber noch nicht getan. Um die Vergleichbarkeit von Angaben der wahren Lufttemperatur untereinander zu gewährleisten, müssen noch andere international vereinbarte Normen beachtet werden, die je nach dem Verwendungsziel der Angaben verschieden sein können.*“



Abbildung 4: Hier werden (links) eine klassische, deutsche Wetterhütte (erweiterter Stevenson Screen) und (rechts) ein darin befindliches modernes Thermometerensemble gezeigt, wie es immer noch in vielfältiger Verwendung ist. Die senkrechten Thermometer sind (links) das Assmannsche Aspirationsthermometer zur Temperaturmessung, links daneben ein befeuchtetes und belüftetes Psychrometer zur Messung der Luftfeuchte. Quer darunter befinden sich zwei liegende Thermometer zur Messung von Max. und Min. Temperaturen. Die runde Plastiktrommel enthält den Federmotor mit Ventilator zur Erzeugung des Luftstromes mit \varnothing 2,5 m/s vor und während der Messung. Im März 2009 vom Autor im Meteorologischen Institut der Freien Universität Berlin aufgenommen

Weischet unterstellt hier eine international einheitliche Instrumentierung, nämlich das Assmannsche Aspirationsthermometer in der Stevenson (englischen) Hütte. Zusätzlich umgeht er dann mit der Definition der „**wahren Lufttemperatur**“ als derjenigen Temperatur, die direkt am Thermometer **in der Hütte abgelesen**

²⁴ Eigentlich ist man darauf aus, die wahre Lufttemperatur von unverändert gebliebenen Orten in der ganzen Welt zu messen. Unvermeidliche Abweichungen davon sind deswegen keinesfalls immer Messfehler, sondern vielfach lokal anzutreffende Temperaturen, die eben durch die örtliche Veränderungen, ebenfalls Veränderungen erfahren.

kann, die vielfältigen Fehler, die zwischen der Temperatur, der an sich interessierenden äußeren Luft und der in der Hütte gemessenen, auftreten. Das ist sachlich und im Hinblick auf die Problemstellung unzulässig. Weiter unten wird darauf ausführlich eingegangen.

Abbildung 4 gibt einen Eindruck der Konstruktion einer modernen, erweiterten, englischen Hütte und der darin befindlichen Thermometer. Deutlich erkennbar ist die weiße Kunststofftrommel, die den Uhrwerksmotor und Ventilator zur Belüftung des Fußpunktes der Assmanschen Thermometer enthält. Die darüber liegend angebrachten Thermometer dienen der Bestimmung der Max. und Min. Temperatur und werden nicht extra belüftet.

3.3. Geschichtliches zur Temperaturbestimmung

Seit über 300 Jahren wird in Europa die Lufttemperatur gemessen. Anfangs aus Neugier, kurze Zeit später schon aus dem wissenschaftlichen Erkenntnisdrang heraus, zu finden, wie sich denn das Wetter, das alle Lebensumstände von Mensch und Tier von Anbeginn der Zeit an stark beeinflusst, entwickelt. Oder auch um zu ermitteln, ob sich hinter den gemessenen Zeitreihen Gesetzmäßigkeiten verbergen, die es u.U. erlauben würden, Wettervorhersagen zu machen. Schönwiese [Schönwiese, 2000] datiert die Thermometererfindung auf 1611 und schreibt sie -bewusst vage- Galileo zu. Zur damaligen Erfassung schreibt er: *Die ersten regelmässigen Messungen²⁵ und Aufzeichnungen der Lufttemperatur erfolgten in Florenz und Pisa von 1653 bis 1670 durch die Academia del Cimento. Deren Messungen waren für ihre Zeit schon sehr fortgeschritten....*

...Es gibt eine ganze Reihe Vergleichstabellen aus der Zeit, die sich jedoch oftmals auf Skalen beziehen, die heute keiner mehr kennt und selbst nicht eindeutig sind. Hinzu kommt, dass die sog. "Florentiner Thermometer" des 18. Jahrhunderts von minderer Qualität waren, "...so dass man mit fünf Instrumenten, zu fünf unterschiedlichen Messergebnissen kam."

Wie unten gezeigt, verfügte man schon sehr früh über ein offizielles, wenn auch sehr dünnes Messnetz.

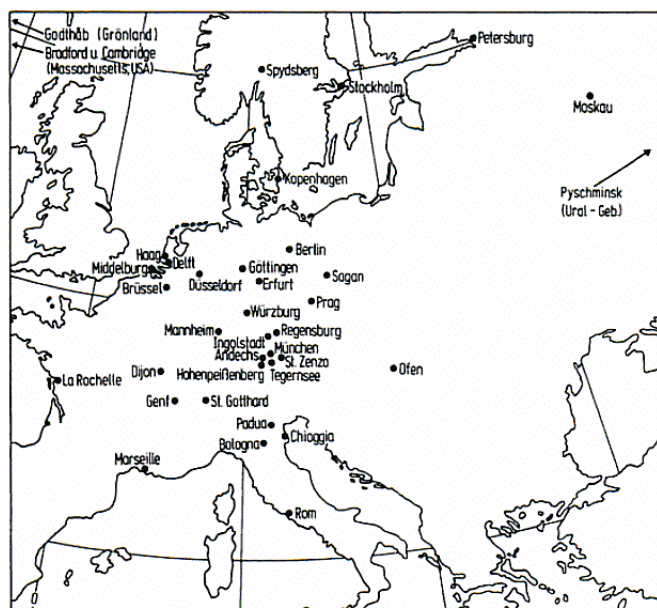


Abbildung 5: Erstes Stationsnetz der Societas Meteorologica Palatina [Schönwiese, 2000]

Abb. 5. Stationsnetz der Societas Meteorologica Palatina, wie es 1781 bis 1795 existiert hat. (Nach Faust 1968; verändert).

²⁵ Aus : <http://www.freunde-alter-wetterinstrumente.de/21theein01.htm#in%20Deutschland>

Auf Messungen basierende Zeitreihen, können aber nur dann zur Klimabeobachtung herangezogen werden, wenn sie sehr lange andauern, sowie idealerweise lückenlos und mehr als 100 Jahre verfügbar sind (Säkularreihen). Schließlich ist ein Klimapunkt, gemäß WMO-Definition, das (ein) arithmetische(s) Mittel des betrachteten Wetterparameters über 30 Jahre. Außerdem ist die erzielbare Genauigkeit von großer Bedeutung. Man verlangt beispielsweise eine Genauigkeit der einzelnen Temperaturmessungen von $\pm 0,1$ °C. Zusätzlich muss die Homogenität, der Messungen gesichert sein. Homogenisierung bedeutet, die Messungen müssen von nicht-klima bestimmten Einflüssen bereinigt sein, und die Messverfahren und -regime müssen für die Vergleichszeiten und -flächen standardisiert sein. All diese Voraussetzungen waren aber in frühen historischen Phasen nicht gegeben, die erzielbare Messgenauigkeit betrug lt. Schönwiese damals nur ca. 1° C. Auch wurde die Homogenität in Bezug auf Ableseart und -zeitpunkt, Ort und das verwendete Messverfahren nicht beachtet (es gab weder die Möglichkeit, noch eine Veranlassung dazu). Das änderte sich mit der Einführung ganzer Wetterstationsnetzwerke. Das erste derartige Netzwerk war wohl die Societas Meteorologica Palatina, auch Mannheimer Meteorologische Gesellschaft genannt. Sie wurde 1780 vom Mannheimer Kurfürsten Karl Theodor gegründet und hat weltweit Wetterbeobachtungen organisiert, durchgeführt und veröffentlicht. Der von ihr vorgeschriebene Turnus waren die Mannheimer Stunden. Ihre Daten stellten für spätere Meteorologen wichtige Grundlagen für die Berechnung von Klimazonen und Wetterkarten dar.

Die zu den Mannheimer Stunden erhobenen Daten umfassten unter anderem Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Es war vorgeschrieben, die Messungen um 7:00 Uhr, 14:00 Uhr und 21:00 Uhr Mittlere Ortszeit (MOZ) zu tätigen. Die Mannheimer Stunden waren somit an das damalige praktische Leben angepasst - nach dem Viehfüttern, zur Mittagszeit und vor dem Schlafengehen. Die Messung um 21:00 Uhr wurde doppelt in die Mittelwertbildung eingesetzt, um den Beobachtern ein Aufstehen mitten in der Nacht zu ersparen. Erleichtert wurde diese Festlegung durch die bei „rund-um-die-Uhr-Messungen“ gewonnene Erkenntnis, dass der 21-Uhr-Wert im statistischen Mittel verschiedener Wetterlagen dem Tagesmittel (z.B. errechnet aus 24 Stunden-Werten) sehr nahe kommt. Daher ergibt die doppelte Wichtung des 21-Uhr Wertes eine erhebliche Eingrenzung des Fehlers für das „Tages-Mittel aus 7+14+21 Uhr. Mit anderen Worten: $7+14+2 \times 21 / 4$ ist dem „wahren Tagesmittel“ besser angenähert, als $7+14+21 / 3$.

Mit dieser Standardisierung und Messung war eine Grundvoraussetzung geschaffen worden, die erst in Mitteleuropa, dann teilweise auch in anderen Teilen der Welt gesammelten Daten vergleichbar zu machen und in gemeinsame Mittelwerte einzubeziehen. In West-Deutschland wurden die Wetterwerte bis 2001 vom deutschen Wetterdienst (DWD) nach den Mannheimer Stunden bestimmt. Neben der deutschen Ablesevorschrift nach den Mannheimer Stunden wurden und werden in anderen Teilen der Welt auch andere Vorschriften befolgt. So werden z.B. in den USA und anderen englischsprachigen Ländern nur die tägliche Ablesung von Maximal- und Minimalwerten vorgenommen, die dazu noch auf volle Grad F gerundet werden. In der ehemaligen Sowjetunion und auch ihren Trabanten (bis 1990) erfolgt die Ablesung alle 6 h, beginnend um Null Uhr MOZ. Bei der Luft- und Wassertemperaturmessung auf See, ebenfalls alle 6 h, beginnend um Null Uhr GMT, teilweise auch zeitversetzt, um 3:00, 9:00 Uhr GMT etc.

Neben dem zeitlichen Messregime gehörte zum Messkanon aber noch mehr. Nämlich eine einheitliche Instrumentenausstattung der Wetterhütte, einheitliche Ausbildung für die Ablesung und Wartung, Nutzung der Erkenntnisse der Physik und Meteorologie zur Korrektur unterschiedlicher Höhenlagen, Einhaltung methodischer Wartung und weiteres.

Aus diesen Anfängen heraus entwickelten sich dann weitere Messnetze. Zuerst in Europa, dann den USA und Australien, später auch in Asien (Russland) und Südamerika. Bis heute sind diese Messnetze aber sehr stark auf der Nordhalbkugel konzentriert (Siehe Abbildung 6) Grosse Teile der Ozeane, die Südhalbkugel, sowie die Pole weisen nur eine äußerst geringe Messstationsdichte auf.

Das war für sehr lange Zeit völlig ausreichend. Erst viel später erschien es notwendig, auch in nicht besiedelten Regionen, in denen nur wenige wirtschaftliche oder politische Anreize bestanden, aufwendige und lang andauernde Messwerte zu ermitteln. Man wollte zwar schon lange stimmige Durchschnittswerte bilden können, aber anfänglich nur deswegen, um beispielsweise begrenzte Klimazonen besser definieren zu können (Köppen und andere). Klima war für die Begründer der Klimaforschung immer **lokales** Zonenklima. Ein Weltklima zu definieren wäre ihnen nicht in den Sinn gekommen. Das änderte sich in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts. Nun wollte man ein „Weltklima“ definieren, weil die Sorge aufkam, die Menschen würden mit ihren technologischen Errungenschaften, ihrem ständigen Bevölkerungswachstum und ihrem damit einhergehenden steigenden Energieverbrauch negativen Einfluss auf eben dieses Weltklima nehmen. War es in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts noch die Sorge vor einer künftigen kleinen Eiszeit, so konzentrierten sich die Ängste kurz darauf und bis zum heutigen Tage auf eine kommende Erwärmung, die insbesondere durch das anthropogene CO₂ ausgelöst würde. Und in Folge davon würde ein schneller und starker Anstieg des Meeresspiegels einsetzen, der die dicht besiedelten Küsten der Kontinente bedrohte.

Um Veränderung dieses „Weltklimas“ zu erfassen und ggf. Korrelationen evtl. sogar Ursachen-Wirkungsbeziehungen zu erkennen, war es erforderlich, aus den vorhandenen Aufzeichnungen wissenschaftlich gesicherte Zeitreihen für die Entwicklung der globalen Durchschnittstemperatur und des Meeresspiegelanstiegs zu ermitteln. Das erwies sich als äußerst schwieriges Unterfangen. Gründe dafür, warum es nur mit erheblichen Aufwand, wenn überhaupt, gelingen kann, aus historischen Wetter-Aufzeichnungen die Globaltemperatur zu ermitteln, gibt es viele. Es sind u.a. die notwendige Genauigkeit, der nur schwer erfassbare Einfluss der Bodenbearbeitung und Siedlungstätigkeit des Menschen, die erforderliche Homogenität der Messreihen, sowie deren gleichmäßig flächen- und zahlenmäßige Abdeckung.

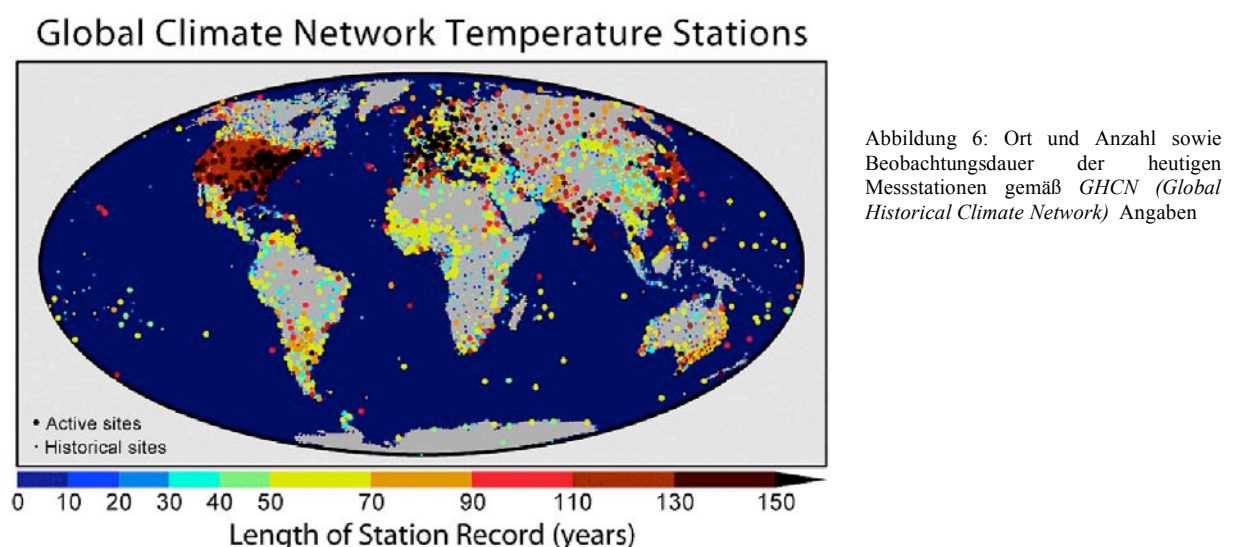


Abbildung 6: Ort und Anzahl sowie Beobachtungsdauer der heutigen Messstationen gemäß *GHCN (Global Historical Climate Network)* Angaben

Abbildung 6 gibt einen Überblick über den Status des heutigen Netzwerkes *GHCN (Global Historical Climate Network)*, das für diesen Zweck genutzt wird. Wie erkennbar ist, änderte sich die Zahl der Stationen und tlw.

deren Lage ständig. Viele kamen im Lauf der Jahrzehnte hinzu, viele wurden später wieder abgebaut oder örtlich verlegt. In der Abbildung wird gezeigt, wie lange die Datensätze reichen, die von der jeweiligen Stationen zur Berechnung der Globaltemperatur herangezogen wurden. Ferner, welche Stationen noch aktiv (große schwarze Punkte) und welche nicht mehr aktiv sind (kleine schwarze Punkte). Die Abbildung zeigt ebenso deutlich die, sowohl zeitlich wie räumlich, ungleichmäßige Abdeckung über Land und die kaum vorhandene Abdeckung über See. Das britische Metoffice schreibt zwar, auf seiner Website, dass die zur globalen Temperaturbestimmung ausgewählten Landstationen gleichmässig über der Erde verteilt wären²⁶, davon kann aber -wie ersichtlich- keine Rede sein.

3.4. Die Bestimmung der Temperaturdaten über Land

3.4.1. Messstationen und Instrumente

Die grundlegenden Fragen zur erzielbaren Genauigkeit der Temperaturmessungen wurden seit langem gestellt, vielfach untersucht²⁷ und teilweise auch beantwortet. Sie sollten Grundlage jeder wissenschaftlichen Verwendung der ermittelten Werte und sein. Zweifel an der Datengenauigkeit wurden in jüngster Zeit insbesondere in den USA erhoben, obwohl dieses Land, weil zu den meist entwickelten Ländern der Erde gehörend, für klimatologische Zwecke über ein dichtes Messnetz mit (heute) 1221 Messstationen verfügt. Bis vor kurzem wurden die USA-Stationen sozusagen als Referenz für den Rest der Welt angesehen. Europa, Japan, Teile Russlands und auch Australiens verfügen zwar ebenfalls über historisch gewachsene Netzwerke, waren, bzw. sind, aber durch vielfältige Ereignisse wie Kriege, Bevölkerungsumschichtungen, wirtschaftlichen Niedergang mit den daraus resultierenden Schließungen von Stationen, vielfältigeren Einflüssen unterworfen, die eine homogene, genaue und sichere Erfassung der Daten fast unmöglich machen. Noch schwieriger ist eine Beurteilung der Messgenauigkeit und Messhomogenität in Drittländern. Dazu gehören die größten Teile der Erde, nämlich weite Teile Asiens, insbesondere Russland und China, aber auch Südamerika und fast ganz Afrika. Auch ist das Messnetz über den Polregionen ausgesprochen dünn und nur eine äußerst geringe Zahl von Messstellen ist an deren Randgebieten anzutreffen. Die Ozeane werden erst seit wenigen Jahren systematischer durch Satelliten und zahlreiche automatisierte Robotbojen vermessen. Bis dahin war man auf die Meldungen von extra dazu beauftragten Schiffen, später auch einigen wenigen automatischen Bojen, angewiesen. Von einer gleichmäßigen Überdeckung kann daher auch auf See keine Rede sein.

Man benötigt für heutige wissenschaftliche Fragestellungen eine Genauigkeit, für die viele der Messstationen nicht eingerichtet oder gar vorhanden waren und sind. Weil aber aus der veröffentlichten Hadley-Grafik (s. Abbildung 1) über die globale Temperaturveränderung und daraus abgeleitet, dem prognostiziertem Anstieg des Meeresspiegels, sehr anspruchsvolle und auch teure Schlüsse gezogen werden, müssen die zugrunde liegenden Befunde eingehend auf Richtigkeit überprüft und in den entsprechenden Kontext gestellt werden.

²⁶ Met Office(Quelle: <http://www.metoffice.gov.uk/corporate/pressoffice/2009/pr20091205.html>)...The subset of stations is evenly distributed across the globe and provides a fair representation of changes in mean temperature on a global scale over land.

²⁷ siehe u.a. A. Sprung [Sprung, 1890]: Bericht über vergleichende Beobachtungen an verschiedenen Thermometer-Aufstellungen zu Gr. Lichterfelde bei Berlin, Abhandlungen des Königlich Preussischen Instituts, Bd. I, Nr. 2, Berlin 1890, 60 S. davon über 50 Seiten Tabellen, ferner: W. Köppen: „Einheitliche Thermometeraufstellungen für meteorologische Stationen zur Bestimmung der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit, Meteorologische Zeitschrift, 30 (1913), S. 474-488“[Köppen, 1913]

Es sei darauf hingewiesen, dass die vorliegende Arbeit nur die jüngere Vergangenheit, dh. die vergangenen 100 bis 120 Jahre untersucht. Für weiter zurückliegende Untersuchungen besteht nach Ansicht des Verfassers weiterer Untersuchungsbedarf.

3.4.2. Eingesetzte Messstationen, Wetterhütten oder Screens

Ein vielfach verwendetes Instrument zum Schutz der Thermometer vor verfälschenden Strahlungseinflüssen, starken Winden, direktem Regen, Nebel oder Schnee, ist die Wetterhütte. (Screen) Die folgende Abbildung zeigt die verschiedensten international gebräuchlichsten Hüttentypen engl. Screens vom Ende des 19. Jahrhunderts bis heute:

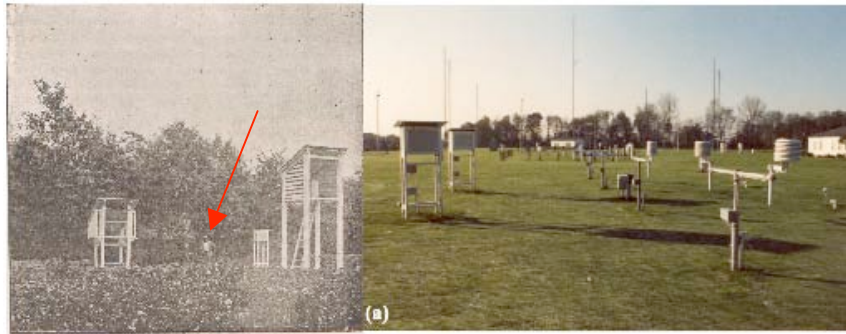


Abbildung 7: Darstellung der zum Ende des 19. Jahrhunderts und bis heute verwendeten Hüttentypen bzw. Screens von links: französische Hütte, daneben (kaum erkennbar) Mitarbeiter zum Größenvergleich, daneben (Original) Stevenson Hütte, dann Wildsche Hütte, dann mehrere erweiterte Stevenson Hütten und moderne runde kleine Screens. (Quellen. Linkes Bild [Sprung, 1890] rechtes Bild: KNMI Messfeld von van der Meulen für die Zeit von 1989-1995)

Die linke historische s/w Darstellung in Abbildung 7 zeigt links eine französische Hütte, zum Größenvergleich in der Mitte einen Menschen (Pfeil), sowie rechts davon eine originale (kleine) englische Hütte. Daneben ist die große Wildsche Hütte abgebildet. Die rechte farbige Darstellung in Abbildung 7 zeigt ein modernes Versuchsfeld der KNMI²⁸ mit modernen Stevenson Hütten links, sowie diversen runden Messkonstruktionen rechts davon.

Die älteren Hütten (linke Seite in s/w der Abbildung 7) werden nach Sprung²⁹ [Sprung, 1890] so definiert:

»**Französische Hütte**« (Abbildung 7 ganz links), *„Dieselbe besteht im wesentlichen nur aus einem doppelten Dache, welches derartig geneigt ist, dass die Thermometer um die Mittagszeit keine direkte Sonnenstrahlung erhalten können; am Morgen und Abend dient ein umhängbarer Bretterschirm dazu, die Sonne abzuhalten. Die Höhe des Daches über dem Boden betrug an der Südseite 1.8, an der Nordseite 2.6 m; die Höhe der Thermometer über dem Boden 1.5 m.“*

Die (Original) »Englische Hütte« oder Stevenson-Screen (Abbildung 7 linkes Bild Mitte) beschreibt Sprung so: *...Charakteristisch ist derselben die Querschnittformder Jalousie-Brettchen. Der Raum in der Hütte ist klein (etwa 45 x 45 x 35 cm) und gegen irgendwelche Strahlung allseits abgeschlossen. Die Höhe der Thermometer über dem Erdboden betrug ungefähr 1.75 m.*

Assmann [Assmann, 1892] berichtet in seinen ausführlichen Vergleichstests über die englische Hütte: (1892 7.S 203 unten) *....Eine derselben, deren Dimensionen allseitig gegen das eigentliche Stevenson'sche Modell **um die Hälfte vergrößert waren, theils um die erheblich längeren deutschen Thermometer besser unterbringen zu können, theils um für einen Richard 'schen Thermographen Platz zu haben!***

Die Wild' sche Hütte (Abbildung 7 linkes Bild rechts). *Diese Hütte wurde an Ort und Stelle nach der von Herrn W i l d gegebenen Beschreibung errichtet. An der offenen Nordseite betrug die ganze Höhe derselben über dem*

²⁸ KNMI . Königlich Niederländisches Meteorologisches Institut

²⁹ aus A. Sprung. Bericht über vergleichende Beobachtungen verschiedenen Thermometer - Aufstellungen zu Gr. Lichterfelde bei Berlin

Fussboden 4.6 m, während sich die Thermometer 3,2 m über dem Boden befanden. Letztere sind, wie aus der Figur ersichtlich, noch von einem Blechgehäuse umschlossen.

Eine anderer, damals benutzte Hüttentyp war die in den von England beherrschten Tropengebieten eingesetzte „Indische Hütte“. Sie wurde verwendet, weil die englische Hütte auch nach damaliger Ansicht zu hohe Abweichungen zeigte. [Köppen, 1913] bemerkt dazu (S 474 Mitte) : (Hervorhebungen vom Autor): *„Die lebhafteste Tätigkeit, welche in der Frage der richtigen Bestimmung der Lufttemperatur in den Jahren 1883 bis 1892 herrschte und welche von der riesigen Wildschen Hütte zum zierlichen Assmannschen Aspirationspsychrometer führte, endigte für feste Stationen der gemässigten Zone mit dem Siege der "englischen Hütte", die sich allmählich auf dem europäischen Kontinent ausbreitet. In den Tropen dagegen haben sich Varianten der indischen Thermometeraufstellung eingebürgert, die aus einem offenen Rahmen besteht, der durch ein dickes Dach aus Palmblättern oder dergleichen vor den Sonnenstrahlen, außer sehr (<8°) niedrigstehender Sonne, geschützt wird. Die „englische Hütte“ ist wiederholt von Engländern in der heissen Zone probiert worden, hat sich aber dort nicht einbürgern können. An Stelle der früheren unzähligen Aufstellungsweisen werden jetzt zwei, allerdings unter sich vollständig verschiedene, bevorzugt.“*

Und weiter unten stellt er resignierend fest: *Die Aufgabe, eine allgemeine, einheitliche Aufstellung der Thermometer zu schaffen, die wenigstens die mehrjährigen Mittel der Lufttemperatur für alle Termine mit einer Genauigkeit von 0,1 oder auch 0.2°, ohne systematische Fehler, liefern würde, ist noch nicht gelöst.*

Dies ist bis heute so geblieben wie u.a. [SPARKS, 1972] in seiner sehr umfassenden Untersuchung von 1972 feststellt. Andere Autoren nach ihm wiederholen dies ebenso.

Heute wird sehr häufig die englische Hütte (oder Stevenson Screen) bzw. deren Unterarten verwendet. Es gibt sie in vielen verschiedenen Größen und Messhöhen, darunter 2 besonders häufig: die Original Englische Hütte (40 x 40 x 68 cm) und die vergrößerte „deutsche“ –Englische Hütte (70 x 53 x 81 cm), wie sie auch schon von Assmann benutzt wurde. Deswegen größer, weil sie die größeren und genaueren Aspirations-Psychrometer aufnehmen musste.

Die heutigen allgemeinen Aufstellbedingungen für die modifizierte Englische Hütte besagen, dass die Thermometer gemäß früherer WMO-Vorschrift in 1,25 bis 2 m Höhe über Grund [SPARKS, 1972] angebracht sein sollen und vor direkter Sonneneinstrahlung und Windeinfluss durch einen mit Lamellenwänden ausgestatteten, weißen Kasten zu schützen sind. Die Lamellen sollen eine natürliche Durchlüftung erlauben. Für die Ablesung werden geschulte Beauftragte eingesetzt, in dezentraleren Stationen sind es dagegen oft Laien. Es existieren gemeinhin klare Anweisungen, wie, wie schnell und wie oft die Daten abzulesen sind. Ihre Einhaltung wird jedoch so gut wie nicht überprüft. Die meisten europäischen Wetterdienste schulen allerdings seit wenigstens 100 Jahren ihr Personal eingehend und bilden es auch weiter; weltweit gesehen ist das aber eher die Ausnahme!

Die englischen Hütten oder Stevenson Screens werden zunehmend häufiger durch kleinere elektronische Messstation ersetzt. In der gängigen Literatur³⁰ [Anderson, 1991] [Jitze, 1998] [Brandsma, 2007] werden dazu die folgenden Screens erwähnt: Teledyne screen type 327B; Lambrecht screen. Catalogue no 814. aluminium, eloxal processed, Young screen. model 4104 white thermoplastic diameter 12 cm; Vaisala Screen type DTR11;

³⁰ z. B. „A FIELD TEST OF THERMOMETER“ by Tage Andersson and Ingemar Mattisson . SMHIRMK No 62, 1991 S2 und Thermometer Screen Intercomparison in De Bilt (the Netherlands) von J.P. van der Meulen, T. Brandsma Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, the Netherlands im International Journal of Climatology (accepted February 2007)

fiber glass- reinforced polyester. diameter 22 cm. height 29 cm, der Stevenson Screen aus Plastik (Synthetic Stevenson Screen) dazu noch der Socrima Screen und andere mehr. Einige davon sind zwangsbelüftet, andere nicht. Teilweise sind sie in der Abbildung 7 (rechtes Bild) zu sehen. Jitze et al [Jitze, 1998] schreiben dazu am Beginn ihrer Arbeit "WMO Instruments and Observing Methods Reports": „*The results show that the screens can roughly be classified into three distinct groups: (1) the round-shaped multi-plate screens, (2) the naturally ventilated Stevenson screens, and (3) the strongly aspirated screens. **Due to the complexity of reducing climate and siting dependent environmental impacts on temperature measurements, it is not possible to design one particular screen as a world-wide reference***³¹. *For each climate a special screen has to be developed as the best balance between the application of impacts reduction techniques and sensing the real air temperature.*“. Weiter unten stellen die Autoren dann resignierend fest: Zitat „*Although international guidelines have been specified to obtain uniformity in the measurements (WMO, 1996), no standard thermometer screen has been defined. Consequently, many different designs of thermometer screens are in use throughout the world each with its own specific characteristics.*“

Diese Erkenntnis, sei sie nun völlig zutreffend oder nur nur tlw., bedeutet, dass man sich mit den Messfehlern (besser Messwertbeeinflussungen) aller dieser Konstruktionen beschäftigen muss. **Interessanterweise finden sich in der gesamten vom Autor gesichteten Literatur, mit Ausnahme der Assmannschen Versuche von 1889, keinerlei Tests der Hüttenergebnisse in Bezug auf die Messung der gewünschten und für alle folgenden Auswertungen wichtigen „wahren Lufttemperatur“**. Sie wird nicht bestimmt. Untersucht werden stattdessen immer nur die verschiedenen inneren Hüttentemperaturen. Nur diese werden dann mit einer anderen, zur Referenz ernannten, Hüttentemperatur (Teledyne bei Andersson, „naturally ventilated KNMI multi-plate screen“ bei van der Meulen) verglichen. Begründet wird diese Unterlassung von J.P. van der Meulen, T. Brandsma mit der Vorschrift der WMO von 1992 „*Internationally, temperature of the air nearby the earth's surface is defined as "the temperature indicated by a thermometer exposed to the air in a place sheltered from direct solar radiation"* (WMO, 1992)“.

Für die Zwecke der Klassifikation von Klimazonen usw. wird diese Beschränkung auf irgendeine, von der wahren Luft-Temperatur verschiedene Hüttentemperatur wohl ausreichend sein. Für eine Aussage über die Entwicklung der Globaltemperatur in 2 m Höhe (auf deutsches WMO-Normal-Niveau bezogen) ist sie das nicht.

Neben dem Einfluss der Hütten, (Screen)-Konstruktion, ihrem Material,, Zustand und Aufstellbedingungen ist die Höhe der Messfühler über Grund von großer Bedeutung. Während der DWD eine Höhe von 2 m vorsieht, haben die niederländischen Stationen nach Jitze et al [Jitze, 1998] eine Höhe von nur 1,5 m über Grund. In vielen anderen Ländern wurden oder werden Screens benutzt [SPARKS, 1972], die eine Messhöhe von 1,1 m (Ghana) 1,22 m, (Australien) 1,41 m (Madagaskar) 1,68 m (Obervolta) über 1,8 m (z.B. Kolumbien) bis 2 m besitzen . Dies trifft auch auf viele andere Stevenson- oder sonstige Thermometerscreens zu. Jitze et. al [Jitze, 1998] bemerken dazu : „*During day and night different vertical temperature profiles appear which will be influenced by the wind. Moreover continuous sunshine, occasionally sunshine or no sunshine by complete overcast demonstrates significant different effects on the temperature profile, especially up to 2m above the ground. Due to this issues the representativeness of the temperature measured at 150 cm for the area around the observation site will be limited, and the stated accuracies as well*“.

³¹ Hervorhebungen vom Autor

Noch viel größer war, die früher besonders in der ehemaligen Sowjetunion benutzte, Wildsche Hütte³². Sie hat ein Höhenmaß von ca. 4,6 m. Das Thermometer ist in ca. 3,2 m Höhe angebracht. Den Höheneinfluss kannten auch schon Assmann und andere. Sie versuchten deshalb, nicht nur die Bodenbeschaffenheit und die Umgebung, sondern auch die Höhe der Messung zu standardisieren. Dies ist offensichtlich in über 100 Jahren meteorologischen Messens nicht gelungen. Der Höhenfehler kann, je nach Randbedingungen, 0,5 °C bis mehrere °C (z.B. bei der in früheren Sowjetunion gebräuchlichen Wildschen Hütte) betragen. Geiger führt dazu in seinem gründlichen Buch „*Das Klima der bodennahen Luftschicht*“ [GEIGER, 1950] aus, dass der Gradient der Temperatur (definiert als Differentialquotient der Temperaturänderung über der Höhe, standardisiert auf 100 m Höhenunterschied, in den hier interessierenden Höhen einer logarithmischen Funktion folgt. Er schreibt dann weiter: (S75) „*Die Zunahme der Tagestemperaturschwankung mit der Annäherung an den Boden findet man in allen Großklimagebieten der Erde. Für die Tropen ist das nicht überraschend. Aber es gilt auch, für die polaren Klimate.* „

Und weiter (S 77)

„In der freien Atmosphäre ist der Temperaturgradient normalerweise negativ, d. h. mit steigender Höhe fällt die Temperatur. Bei Annäherung an den Boden kommen regelmäßig schon positive Werte vor (Inversionen) und die negativen Gradienten können höhere Beträge annehmen. Im bodennahen Raum aber wird der Spielraum immer größer. Das ist eine charakteristische Eigenschaft der bodennahen Luftschicht.“

Geiger erwähnt dann eine Grafik nach Broks, (hier nicht zitiert) auf S 80, für Westeuropa. Danach liegen die Temperaturgradienten im Mittel (gemessen um jeweils 12:00 Uhr) in 1 m Höhe im Juni bei ca. -55°/100 m und in 2 m Höhe ca. -25 °/100 m. Im Dezember lauten die gleichen Gradienten: -7°/100m zu -4°/100. Der Verlauf zu größeren Höhen bleibt logarithmisch und ist erst ab einer Höhe von 40 m (Juni) bzw. 10 m (Dezember) konstant. Die Messhöhe über Grund hat also einen deutlichen Einfluss auf das Messergebnis.

Die folgende Tabelle zeigt den Höheneinfluss auf Temperaturmesswerte in den Hütten/Screen für eine Anzahl von Mittelwerten verschiedener Beobachter.

Beobachter /Ort	Messhöhe Höherer Screen in m	Messhöhe Niederer Screen in m	Max °C	Monat	Min °C	Monat	Grösste indiv. Diff. Max °C	Grösste indiv. Diff. Min °C
Hellmann/Potsdam 1922	2,08	1,40	0,4	Mai	0,28	Mai	0,8	0,7
Ramanathan/Agra 1929	1,85	1,25	0,17	Juni	0,44	Nov.	>=0,44 in 3,6 % der Fälle	>=0,6 in 5,1 % der Fälle
Nawa/Obanazawa 1965 Über Schneedecke 30 bis 150 cm dick	2,5	Variabel 1,0 m über Schneedecke	-	-	-	-!	> 0,6 in 3% der Fälle	0,5
	Variabel 1,0 m über Schneedecke	1,0 m	-	-	-	-	> 0,6 in 20 % der Fälle	2,0 und > 1,0 in 9 % aller Fälle

Tabelle 2: Temperatur-Höhenfehler von verschiedenen Autoren an identischen Hütten in verschiedener (nach WMO –No. 49.Bd.2/3) zulässiger Messhöhe an verschiedenen Orten und Zeiten. Aus [SPARKS, 1972] S2

³² siehe Wildsche Hütte und französische Hütte: <http://www.zeno.org/Lueger-1904/A/Lufttemperatur>

Die Tabelle 2 nach Sparks [SPARKS, 1972] zeigt die gemessenen Temperaturen bei unterschiedlichen Wetterlagen und Messhöhen über Grund. Die Messhöhe reicht von 1 m bis 2,08 m. Sparks zitiert in seiner Arbeit aus 3 Arbeiten deren Ergebnisse diese Tabelle zeigt und die identische Screens in unterschiedlicher fester Messhöhe untersuchten. Bei Nawa sogar in variabler Messhöhe, bei gleichzeitig festem Abstand zur Schneehöhe. Die Unterschiede beliefen sich auf bis zu 0,44 °C im Monatsmittel bei max. Differenzen von bis zu 0,8 °C (sogar 2 °C , Nawa). Die größte Differenz ergibt sich mit 0,8 °C bei Hellmann. Die Höhenfehler sind in ihrer Mehrzahl systematisch und praktisch nicht auszumitteln. Ergänzend bemerkt er dass bei die Max. Temperaturen bei Hellmann in der niederen Hütte immer höher lagen, als in der höheren Hütte. Bei den Min. Temperaturen war es umgekehrt. Bei die Messungen von Ramanathan in Agra (subtropisch) war dies nicht so, dort waren beide Temperaturen immer höher, je geringer die Bodennähe war.

Dass in den jeweiligen Hüttentypen ganz verschiedene Temperaturen gemessen werden, ist daher seit über 120 Jahren im Detail bekannt. So beschäftigten sich die Meteorologen früherer Generationen bereits mit der Frage, wie man der gewünschten „wahren“ Lufttemperatur am nächsten kommen könnte. Man wusste, dass diese Frage vermutlich unbeantwortbar, auf jeden Fall aber schwierig zu beantworten sein würde. A. Sprung [Sprung, 1890] legte bereits 1890 eine umfangreiche Untersuchung über den Einfluss der unterschiedlichsten Mess- und Hüttenkonstruktionen vor.

Da Sprung aber noch nicht über hochgenaue Referenzthermometer verfügte, die wurden erst zur gleichen Zeit von seinem Kollegen R. Assmann entwickelt und 1892 in Berlin vorgestellt, sind viele seiner Ergebnisse später korrigiert worden. Eines aber wurde durchgehend bestätigt: Bedingt durch den Einfluss der erforderlichen Abschirmung gegen Strahlung zeigten alle Hüttentypen durchgehend falsche, tagsüber zu warme Temperaturen an. Mit der Einführung des Assmanschen Aspirationsthermometers konnte man diesen Hüttenfehler erstmals auf 0,1 °C genau bestimmen und daraus ableiten, welche Hüttenkonstruktion welche Fehler zeigte. Bei der Diskussion der Hüttenfehler wird auf diese und andere Untersuchungen Bezug genommen.

3.4.3. Thermometer - Messfehler

Das Messinstrument für die Temperatur ist und war das Thermometer. Seit Ende des 19. Jahrhunderts bis in jüngste Zeit war es in Deutschland das nach seinem Erfinder Assmann bezeichnete Aspirations-Thermometer. Seit den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden dann zunehmend elektronische Messmittel und Messverfahren eingesetzt. Trotzdem ist das Assmann-Thermometer noch überwiegend im Gebrauch. Aus diesen Gründen wird diese Thermometerkonstruktion genauer untersucht.

In seiner umfangreichen Analyse und Bewertung sowohl der Aufstellbedingungen, als auch der Konstruktion der zu verwendenden Thermometer hat R. Assmann [Assmann, 1892] Pionierarbeit geleistet. Es handelt sich beim Assmanschen Aspirations-Psychrometer im Grunde um 2 Thermometer s. Abbildung 4. Das (linke, senkrecht stehende) Temperatur-Thermometer wird nur per Luftzug (Aspiration) gekühlt. Das (rechte, senkrecht stehende) „Feuchte-Thermometer“ wurde zusätzlich mit einem feuchten Lappen gekühlt, der vom gleichen Luftstrom umströmt wird. Das linke, per Luftzug „aspirierte“ (also von Luft umströmte) Thermometer misst die Hütteninnentemperatur. Das rechte, ebenfalls aspirierte und mit einem feuchten Lappen umwickelte Thermometer misst die Taupunkttemperatur. Nach Angabe von Herrn Steinhagen³³ von den „Freunden alter Wetterinstrumente“ wurden seit der Vorstellung seines Thermometers von R. Assmann am 25.4.1889 in Berlin

³³ private Mail vom 1.4.09 von Herrn Steinhagen vom Verein Freunde alter Wetterinstrumente an den Autor

unmittelbar mit dessen praktischem Einsatz begonnen. Bis zum 1. Weltkrieg wurden ca. 1.100 Aspirations-Thermometer, 850 Aspirations-Psychrometer und 800 Taschen-Aspirations-Thermometer weltweit eingesetzt. Uns interessiert hier nur das aspirierte (in Abbildung 4 linke) Thermometer und seine Genauigkeit.

Die im folgenden aufgelisteten potentiellen Messfehler des eigentlichen Thermometers können seitdem als minimiert und gelöst betrachtet werden. Natürlich nur, sofern man diese oder gleichwertige Thermometer verwendet.

Nach Angabe des Vereins der Freunde alter Wetterinstrumente ergeben sich die folgenden Messfehler bei Flüssigkeitsthermometern³⁴:

1. Durch die Wärmeausdehnung des Glases

Bei Erwärmung des Thermometers dehnt sich neben der Thermometerflüssigkeit natürlich auch das Thermometerglas aus. Dies muss bei der Eichung berücksichtigt werden!

2. Durch die thermische Nachwirkung

Erwärmt man eine Thermometerröhre, um sie gleich anschließend wieder auf die Ursprungstemperatur abzukühlen, so zeigt das Thermometer vorübergehend einen zu niedrigen Wert an. Nach einiger Zeit verschwindet diese Erscheinung wieder. Dies liegt am zeitlichen Nachhinken der Kontraktion des Glases gegenüber der Anzeigeflüssigkeit.

3. Durch eine unstimmige Kalibrierung der Kapillare

Um eine exakt lineare Anzeige zu gewährleisten, muss der Kapillarquerschnitt \varnothing 0,18mm (Assmannschen Thermometer) des Glasrohres über die gesamte Länge gleich sein. Es ist deshalb ein Qualitätsmerkmal, wenn bei billigen Thermometern die Gradintervalle infolge von Engstellen nicht gleichmäßig groß sind.

4. Durch das Herausragen des Fadens

Zur genauen Messung eines Mediums muss das gesamte Thermometer davon umgeben sein. Es genügt also nicht, nur das "Ausdehnungsgefäß" einzutauchen!

5. Durch die Ableseparallaxe

Ist die Kapillare nicht direkt vor der Skala befestigt, so kann es bei der Ablesung zu Fehlern kommen. Der Flüssigkeitsspiegel und das Auge des Betrachters sollten deshalb zur Ablesung auf gleicher Höhe sein!.

6. Durch Ausgasung des Quecksilbers bzw. Undichtigkeit der Glasröhre/Kugel.

Bewertung der Fehlerquellen:

Fehler 1 bis 3: Durch Eichung vor Einbau und routinemäßige Kontrolle während des Betriebes sollten diese innerhalb der angegebenen Fehlertoleranz liegen. Voraussetzung dafür ist die Einhaltung der Vorschriften, wie z.B. in Meyers Konversationslexikon gefordert: „Für alle größeren Stationsgruppen sind handschriftliche oder gedruckte Instruktionen vorhanden. In gut geleiteten Netzen werden die Stationen in bestimmten Zwischenzeiten

³⁴ aus <http://www.freunde-alter-wetterinstrumente.de/23thetec.htm>

inspiziert.³⁵ Leider werden selbst unter der Bezeichnung „Assmann“ verschiedene Konstruktionen verwendet, die unter identischen Bedingungen, unterschiedliche Werte anzeigen. Wie Sparks [SPARKS, 1972] erwähnt, hat Berger bereits 1944 vier dieser Thermometer auf den Einfluss von Luftgeschwindigkeit und Wärmekapazität untersucht und fand in einigen Fällen Abweichungen von mehreren °C. Deswegen empfahlen Kramer, Post und Woudenberg bis zu 10 Ablesungen pro Wert, um Anpassungsprobleme auszuschalten. Eine Empfehlung, die im Alltagsbetrieb wohl von kaum jemandem eingehalten wird.³⁶

Bei Thermometern nach Assmann liegt die Toleranzangabe $\pm 0,1$ °C, bei einer Eichgenauigkeit von 0,1 °C. Es ist gleichwohl klar, dass die Eichung über die lange Gebrauchsdauer, von in vielen Fällen mehreren Jahrzehnten, nicht stabil bleibt. Nach Auskunft von Fachleuten sollte deshalb (in Deutschland) die Eichung alle 2 Jahre überprüft werden. Davon kann aber nicht überall ausgegangen werden. Deswegen ist anzunehmen, dass diese Genauigkeitsangabe nur für die ersten 2 bis 3 Jahre stimmt. Danach bildet sich ein schleichender Fehler, der schwer abschätzbar ist. Auch seine Verteilung ist nicht bestimmbar. Er kann demnach nur dann ausgemittelt werden, wenn individuelle Untersuchungen für die einzelne Station, wie z.B. für die Berliner Dahlem Station gemacht werden.

(Aus Pelz „Einhundert Jahre Wetteraufzeichnungen in (Berlin)-Dahlem“ BERLINER WETTERKARTE e.V. 26.4.2007) : Ein Vergleich der Jahresmitteltemperaturen mit den entsprechenden Werten des Potsdamer Observatoriums zeigt, dass sich die Temperaturwerte in der Königin- Luise-Strasse mit den Thermometerwechseln um jeweils 0.1 °C geändert haben und zwar einmal zum kälteren und einmal zu wärmeren. Bei den Jahresmitteln lässt sich dieser Fehler korrigieren. Bei den Monats- oder Tagesmittel wird man sich mit den leicht fehlerhaften Werten begnügen müssen.

Fehler 4: Dem „Herausragen des Fadens“, also dem nicht vollständigen Eintauchen des Thermometers in den Luftstrom, ist durch die Aspiration und damit die ausreichende Anpassung an die Umgebungstemperatur Genüge getan worden. Dieser Fehler wird hier kein Gewicht haben.

Fehler 5: Für die Ableseparallaxe ergibt eine Kontrollrechnung, dass, selbst wenn die ablesende Person häufig wechselt und zwischen 1,60 m und evt. 1,90 m groß ist und dadurch die Ablesehöhe um bis zu 30 cm schwankt, auf eine Ableseentfernung von ca. 50 bis 70 cm) sich nur ein Parallaxenfehler je nach Größe der ablesenden Person von bis zu 1/1000 bis zu 4/1000 Grad ergibt. Also für diese Betrachtung unerheblich ist.

Fehler 6: Es liegen derzeit keine detaillierten Erkenntnisse vor. Man muss daher versuchen weitere Informationen zu beschaffen, um ihn ggf. zu bestimmen. Tatsache ist jedoch, dass es ihn gibt.

3.4.4. Screen(Hütten)fehler und Aufstelleinflüsse

Deutlich größere Messfehler ergeben sich durch die Art der Wetterhütte, d.h. deren Anstrich und Verkleidung, sowie eine Veränderung ihrer Position, sowie der Umgebung. Häufig kommen auch Unterbrechungen der Messungen vor, z.B. durch Unterlassen der Ablesung. Hier sind besonders in den letzten Jahren eingehende Untersuchungen angestellt worden, die sich mit diesen Fragen auseinandersetzen. Auf sie wird im Folgenden eingegangen.

³⁵ Quelle: Meyers Konversationslexikon (Meteorologische Stationen , http://www.zeno.org/Meyers_1905/A/Meteorologische+Stationen)

³⁶ Alle Angaben aus W.R. Sparks [SPARKS, 1972] S 5

3.4.4.1. Die Ergebnisse der Assmanschen Untersuchung von 1891

Assmann hatte das Ziel, nicht nur ein möglichst ideales Messwerkzeug zur Messung der wahren Lufttemperatur zu schaffen, sondern dieses auch in standardisierten Wetterhütten oder Screens so einzusetzen, dass die wahren Werte ermittelt werden konnten und vergleichbar waren. In seiner schon oben erwähnten Arbeit beschreibt er minutiös die Gründe und Wege, die zur Konstruktion seines Aspirationsthermometers führten, samt detaillierten Messergebnissen im Vergleich zu anderen Konstruktionen. Er führte auch umfassend aus, welche Ergebnisse diese neuen Standardinstrumente beim Einsatz in verschiedenen Hüttentypen aufwiesen. Assmann untersuchte insbesondere die Wildsche Hütte, ventiliert und unventiliert, die Englische Hütte (Original Stevenson Screen), ebenfalls mit und ohne Ventilation (durch einen schornsteinartigen Aufsatz) und die erweiterte englische Hütte. Sehr viel Arbeit und Geduld wurden in diese Vergleichsmessungen gesteckt. Die Abbildung 8 zeigt einige stark komprimierte Ergebnisse:

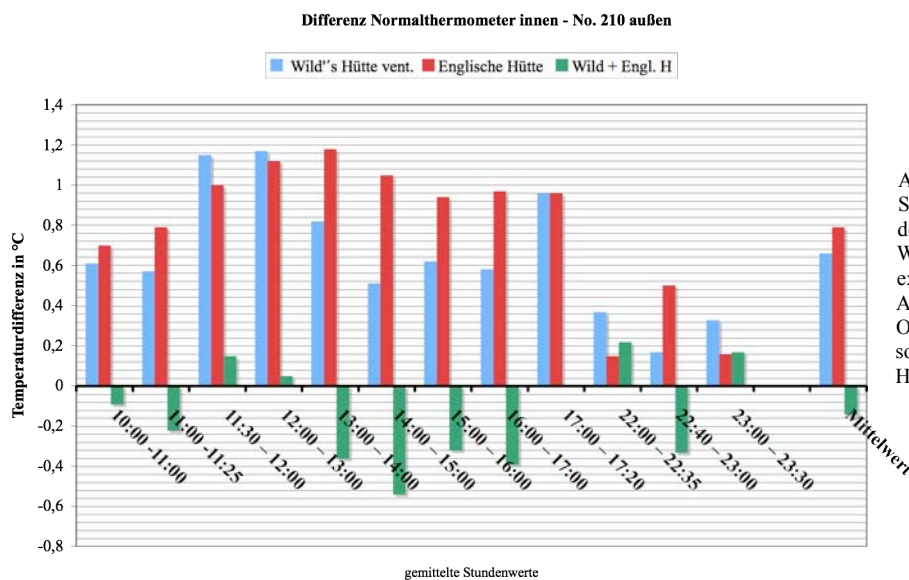


Abbildung 8: nach Assman: Stundengemittelte Abweichungen der Innentemperatur der Wild'schen Hütte (blau) zu einem externen Referenz-Aspirationsthermometer und der Original englischen Hütte (rot), sowie der Vergleich der Hüttenwerte untereinander (gelb).

Die mit den damals revolutionären Aspirationsthermometern gemessene Referenztemperatur wurde von der jeweiligen Hüttentemperatur abgezogen. Der Versuchsaufbau wird im folgenden Originaltext ausführlich beschrieben. Assmann selbst schreibt dazu:

(Die volle) „Tabelle 45³⁷ gibt eine längere, von 10h 16ma bis 6h 0mp reichende, 67 Ablesungen umfassende Reihe wieder, bei welcher ausser der Wild'schen Hütte auch noch eine normale Englische Stevenson-Hütte in die Beobachtung einbezogen worden war. Da der Himmel während des ganzen Tages wolkenlos, und der Wind so gut wie still war, ist diese Tabelle von besonderem Werthe.

Das v. Sigsfeld'sche Aspirations-Thermometer No. 210 (Referenzthermometer Anm. Des Verf.) hing bei diesem Versuche nur in 1,9m Höhe (außen Anm. Des Verf.) über dem Erdboden, um Vergleichen mit dem in nahezu gleicher Höhe (2.0 m) befindlichen Thermometer der Englischen Hütte zu gestatten, während das Normal-Aspirationsinstrument in 1.5 m Höhe angebracht war (außen Anm. Des Verf.).

³⁷ Die umfangreiche Tabelle 45 ist hier nicht gezeigt, sondern nur die Kurven aus dieser und der folgenden und zusammenfassenden unnummerierten Tabelle auf Seite 221.

Der Höhenunterschied von 0,4 m zwischen diesen beiden Instrumenten sowohl, als auch der oben schon erwähnte Einfluss der Solarstrahlung auf den herausragend Faden bewirkt, dass der Normalaspirations-Apparat im Mittel um 0,16° höheren Werth ergab, als das von Sigsfeldsche Instrument....

Weiter unten auf S 220: Die Wildsche Hütte ergab im Mittel von aus 60 gleichzeitigen Ablesungen ein um 0,79 ° höhere Temperatur, als No. 210; die Englische Hütte im Mittel von 63 Beobachtungen um 1,01 ° höher als No. 210. Diejenigen Werthe welche das unventilirtes Gehäuse der Wild'schen Hütte lieferte, waren um 1,16 ° höher als die des Aspirations-Thermometers, und um 0,10 ° höher als die der englischen Hütte.

Und auf Seite 220 „Betrachten wir zunächst den Gang der Differenzen zwischen der ventilirten Wild'schen Hütte und dem Aspirations-Thermometer, welche allerdings wegen des Höhenunterschiedes von 1.3 m nicht in aller Strenge vergleichbar sind, so sehen wir, dass dieselben am Tage im Allgemeinen mit der Strahlungsintensität wachsen und um 1-2 P ein Maximum von - 0,82° erreichen. Auffallend erscheint zunächst die Grösse des thermischen Ueberschusses der Hütte in den Spätnachmittagsstunden, wo dieser nach 5 p den grössten Werth von - 0.96 ° aufweist.

In der Abbildung 8 ist deutlich erkennbar, dass die Hüttentemperaturen immer höher als die Außentemperaturen sind. Zusammengefasst wird dazu von Assmann festgestellt, dass die englische Hütte durchgehend höhere Temperaturen als die Außentemperatur anzeigt, mit einem Abweichungs-Spitzenwert von 1,2 °C. Für die ventilierte Wild'sche gilt analoges, allerdings mit einem anderen Temperaturgang und frühzeitiger. Beide Hütten zeigen mit einem Abweichungs-Spitzenwert von 0,5 °C zur Mittagszeit deutliche Messunterschiede.

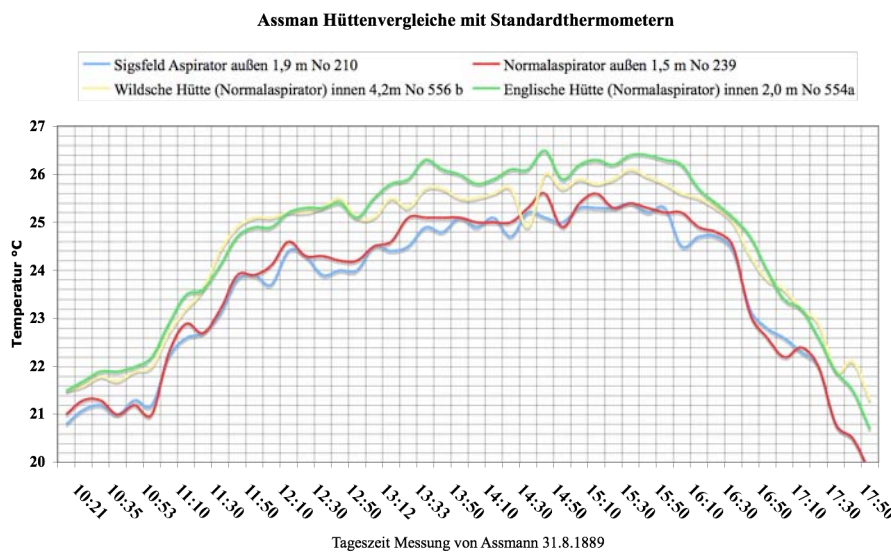


Abbildung 9: Hüttenvergleich nach Assman mit 10 minütiger Messfolge am 31.8.1889, Ort Berlin Lichterfelde. Man erkennt deutlich für diesen Strahlungstag in recht nördlicher Breite (52°) die starke Abweichung trotz sonst gleicher Bedingungen von rd. 1,5 °C zwischen wahrer Lufttemperatur (blau, No. 210) und Hüttentemperatur (No 554a grün). Außerdem kann auch gut die Höhendifferenz der Lufttemperatur zwischen 1,5 m (no. 239, rot) und 1,9 m (No 210, blau) von bis zu 0,6 °C beobachtet werden.

Ein direkter Hüttenvergleich von Assmann, wie in Abbildung 9, zeigte auf, dass keine Hüttenkonstruktion den Anspruch auf Ermittlung des „wahren“ Temperaturverlaufes erfüllte. Die Abweichungen zwischen Innen- und Außentemperatur liegen bei bis zu 1,6 °C. (Siehe hierzu die blaue Kurve der Außentemperatur gegen die grüne Temperaturkurve in der Englischen Hütte). Die Wild'sche Hütte zeigt dagegen zwischen außen und innen geringere Unterschiede von max. ca. 1K.

Die Assmannschen Ergebnisse bedeuten, dass selbst unter kontrollierten und, soweit wie möglich, gleichen Bedingungen die verschiedenen Hütten-Konstruktionen stark unterschiedliche Ergebnisse liefern. Es war also

von Anfang an bekannt, dass jede Screen(Hütten)-Konstruktion Verfälschungen der wahren Temperatur erzeugt. Diese sind je nach Umgebungsbedingungen erheblich und weisen, selbst bei genau gleichen Randbedingungen, ganz unterschiedliche Tagesgänge und deswegen (hier nicht gezeigte) Monats- und Jahresgänge auf. Auch im Winter können Schneedecken, vermittelt Reflexion um die Mittagszeit, eine Temperaturerhöhung von bis zu 1.5 °C erzeugen.

Diese Abweichungen können nur zu einem geringen Teil als zufällige Fehler gedeutet werden, die sich durch eine passende große Datenmenge und entsprechende Statistik ausmitteln lassen. Aus Abbildung 9 wird ebenfalls ersichtlich, warum ein Hüttenvergleich untereinander, wie er z.B. 1991 von Anderson et al [Anderson, 1991] und van der Brandsma et. al. [Brandsma, 2007] durchgeführt wurde, nicht genügend Aussagekraft über die wirklichen Verhältnisse besitzt, zumal er nur unter kontrollierten Referenzbedingungen stattfindet. Anderson [Anderson, 1991] (S 6) stellte fest: *The deviations in table 2 b are very large compared to what given in the literature. For instance, the WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (1983) says that "the temperature of the air in a screen can be expected to be higher than the true air temperature on a day of strong sunshine and calm wind, and slightly lower on a clear, calm night, with errors perhaps reaching +2.5°C and -0.5°C respectively in extreme cases".*

According to the standard work 'Meteorological Instruments' (Middleton and Spilhaus, 1960) the Stevenson screen may give readings more than 1 °F (about 0.5°C) too high in calm, clear afternoons and a little too low in calm, clear nights. Large (absolute) DIFFs (steht für die Abweichungen der Messwerte der verschiedenen Hüttentypen voneinander: Anm. des Verf.) are by far most common during summer, but also during the colder seasons the screen temperature can deviate more than 2°C from the air temperature, see Table 3 and 4.

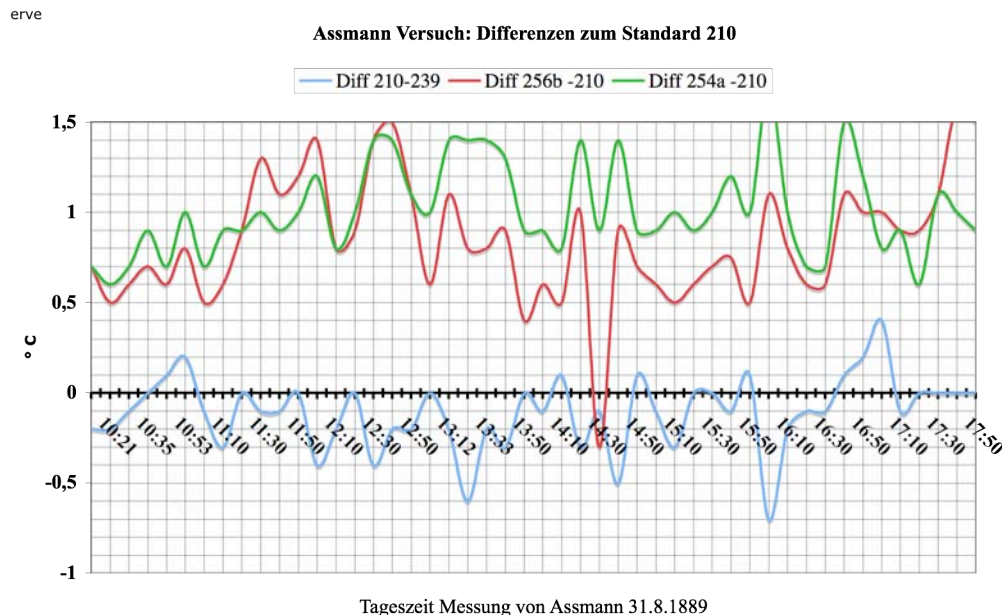


Abbildung 10: Differenzen der Hütten-thermometer zum Standard Außenthermometer. Die Abweichungen der Screenmessungen des 31.8.1889 sind deutlich erkennbar und liegen zwischen +0,5 bis + 1,5 °C je nach Hütte und Zeit. Rot zeigt die Abweichung der Wild'schen Hütte zum Standard-Außenthermometer, gelb die Abweichungen der (größeren) englischen Hütte zum Standard-Außenthermometer. Die blaue Kurve zeigt den Höhenfehler außen zwischen No. 210 (in 1,5 m Höhe) und No 239 (in 1,9 m Höhe) . Gemessen wurde in allen Fällen mit geeichten Aspirations-thermometern von Assmann. Nach Originalwerten der Tabelle 45 von Assman in Excel erstellt.

Auf Seite 4 schreibt Anderson dann aber widersprüchlich, dass die **mittlere Abweichung der Differenzen** zwischen den untersuchten Hütten **in gleicher Größenordnung liegt wie die (äußerst geringe)**

Messunsicherheit des Systems. Deswegen, so sein Schluss, könnten die verschiedenen Hüttentypen eingesetzt werden, ohne unzulässige Inhomogenitäten befürchten zu müssen. Dies trifft nicht zu. Wie auch Assmann findet Anderson zwar nur vergleichsweise geringe Unterschiede in den Differenzen der Wetterhütten zueinander (gelbe Balken in der Abbildung 8). Er verkennt jedoch, dass diese vglw. geringen Werte nur die Möglichkeit vortäuschen daraus vergleichbare Temperaturentscheidungen für das gemessene Gebiet, Ort, Land oder noch größere Areale abzuleiten. Abbildung 10 zeigt dies noch einmal sehr deutlich, dass sowohl die größere englische Hütte, wie auch die Wild'sche Hütte nicht die wahre Außentemperatur erfassen. Die Abweichungen sind erheblich und liegen je nach Zeit und Hütte zwischen +1,5 bis - 0,3 °C bei der Wild'schen Hütte, und 1,4 bis 0,6 °C bei der größeren englischen Hütte. Daraus lässt sich ableiten, dass diese Unterschiede maßgebenden Einfluss auf den Temperaturmittelwert haben. Die Differenz beider Mittelwerte liegt z.B. im genannten Beispiel bei ca. 0,3 °C.

Bei strahlungsreichen, windschwachen Wetterlagen liegen die Temperaturen in den Screens deutlich über der wahren Lufttemperatur. Prinzipiell müsste für diesen Fehler, dass bei diesen Wetterlagen die Temperatur in der Klimahütte über der Lufttemperatur liegt, ein systematischer Ausgleich geschaffen werden. Das erfolgt jedoch nicht, bzw. kann praktisch nicht erfolgen. Bei Strahlungswetter z.B. sind nach Jaeger [Jaeger, 2006] bei der englischen Hütte tags +1.5 °C und nachts -0.5 °C an Abweichung möglich. Beobachtet wurden sogar Fehler bis zu +2K. Die mittlere Messunsicherheit liegt bei ca. +1K. Nachts können bei negativer Strahlungsbilanz in der Hütte, kleinere Temperaturmesswerte als in der Umgebungsluft auftreten.³⁸ Eine wesentliche Rolle spielt dabei der Wind: Je mehr Wind, je besser die vertikale Durchmischung, je geringer der vertikale Temperaturgradient. Er tendiert in den unteren Metern gegen Null. Die Fehler sind daher bei Strahlungswetter größer als bei trübem Wetter mit geringem Tagesgang. Sie sind aber auch dort vorhanden. Ihre Auswirkungen generell zu definieren und ggf. zu korrigieren ist jedoch mit ausreichender Genauigkeit praktisch nicht möglich.

Zeigen schon Vergleichs-Messungen unter gleichen, kontrollierten Bedingungen erhebliche Abweichungen, dann werden diese noch größer, wenn sich die Umgebungsbedingungen spontan oder schleichend verändern. Darüber gibt es nach Wissen des Autors seitens der WMO keine speziellen Untersuchungen. Alle in der erwähnten Literatur genannten Aufsätze und Bücher gehen bei der Beurteilung der Fehler bereits von gemittelten Daten, oft Monatsmittelwerten, aus. Stellvertretend seien Schönwiese, Brohan, Jones et. al, Karl, Peterson etc. erwähnt. Untersucht wurde häufiger, allerdings mehr generalisierend, der Einfluss der Verstädterung UHI (Urban Heat Island Effect), der veränderten Landnutzung u.a. durch Quayle et. al. [Quayle, 1991]³⁹ und eine evtl. Stationsverlegung, bzw. bei Änderung der Messinstrumente der Einfluss auf die gemessenen Screentemperaturen. Ferner wurde versucht, die vorgenannten Einflüsse durch geeignete Korrekturrechnungen herauszurechnen. Wie weit man damit gekommen ist, wird weiter unten aufgezeigt. Vorab sei bereits festgestellt: Da es sich bei den hier erwähnten Abweichungen mehrheitlich um systematische oder durch schleichende Veränderung der Umgebungsbedingungen bedingte und z.Teil grobe Fehler handelt, sind die gemittelten Daten vielfach durch diese Fehler kontaminiert.

³⁸ aus IBK *Meteorologisches Instrumentenpraktikum Versuch 1: Temperaturmessung*

³⁹ z.B. „Effects of Recent Thermometer Changes in the Cooperative Station Network“ by Robert G. Quayle David R. Easterling Thomas R. Karl Pamela Y. Hughes Global Climate Laboratory NOAA/NESDIS/National Climatic Data Center Asheville, NC 28801. Dort steht z.B. im Abstract: „The change of -0,70 C in daily temperature range is particularly significant for climate change studies that use this element as an independent variable. Although troublesome for climatologists, there is reason to believe that this change (relative to older records) represents an improvement in absolute accuracy. The bias appears to be rather sharp and well defined. Since the National Climatic Data Center (NCDC) station history database contains records of instrumentation, adjustments for this bias can be readily applied, and we are reasonably confident that the corrections we have developed can be used to produce homogeneous time series of area-average temperature.“

3.4.5. Der Einfluss des Bodens und der Umgebung auf die Lufttemperatur

Seit den vergangenen 100 bis 150 Jahren hat sich unsere Umgebung weltweit rasant geändert. Immer mehr Städte und Ortschaften entstanden, bzw. haben sich in ihrer Struktur verändert, oder wuchsen durch Ausdehnung und Bebauung beträchtlich. Zum Beispiel wurde die gern als Referenz verwendete Potsdamer Säkularstation vor über 100 Jahren bei ihrer Gründung auf einem weiten, nackten Feld ohne Baumbestand errichtet. Heute umgibt diese Station ein stattlicher, dichter und hoher Wald.



Abbildung 11: Historische Zeichnung der Potsdamer Säkularstation und ihrer Umgebung bei ihrer Gründung vor über 100 Jahren

Die obige Abbildung zeigt die Potsdamer Säkularstation um 1892, kurz nach ihrer Errichtung auf einem kahlen Feld. Die einst leeren Flächen sind heute dicht bewaldet. Das betreuende PIK (Potsdam Institut für Klimafolgenforschung) beschreibt die heutige Lage daher wie folgt: „Die Säkularstation liegt im Südwesten der Stadt Potsdam, ca. 600 m außerhalb der bebauten Zone. Das Gelände steigt hier aus der Havel-Nuthe-Niederung zu einer Hügelkette des Endmoränenbogens der letzten Eiszeit an.

*Die Station mit den Koordinaten 52° 23' N und 13° 04' E befindet sich in einer Höhe von 81 m über NN **auf dem Telegrafenberg am Rande eines ausgedehnten Waldgebietes. Die unmittelbare Umgebung des Messfeldes ist flach und von 15 - 20 m hohen Bäumen in einem Abstand von ca. 50 - 100 m umgeben.***

Eine Korrektur für den Einfluss dieser schleichenden Waldentwicklung ist nach Auskunft⁴⁰ des stv. Direktors des PIK F.W. Gerstengarbe nicht erforderlich. Diese Aussage lässt sich angesichts der Befunde u.a. dieser Arbeit sicher nicht aufrecht erhalten.

Bei sehr vielen anderen Stationen ist die Situation vergleichbar, oft sogar noch weit dramatischer. Die Umgebung dieser Stationen wurde mit Häusern, asphaltierten Strassen, Betonhochbauten oder Plätzen, wie Park- oder Flugplätzen, sowie vielfältiger Infrastruktur überzogen. Zusätzlich wurden große Flächen einer anderen Landnutzung unterzogen. Aus Wald wurde Ackerland, oder umgekehrt. Dieser Einfluss der menschlichen Aktivitäten wird mit dem Begriff des Urbanen Wärme-Insel Effektes (Urban Heat Island Effect UHI) zwar treffend, aber gleichwohl unbestimmt, bezeichnet.

Die z.B. von der WMO im CIMO festgelegten Aufstellbedingungen können daher vielerorts nicht eingehalten werden, und die daraus bedingten Veränderungen und Abweichungen vom Standard sind dazu oftmals nicht bekannt oder werden aus anderen, meist sozio-ökonomischen Gründen, nicht beachtet. Wie stark die Umgebung, in diesem Fall der Boden, Einfluss auf die zu messende Temperatur nimmt, zeigt die folgende Abbildung 12 über den Tagesgang der Temperatur bei verschiedenen Böden.

⁴⁰ Private Mail von F.W. Gerstengarbe vom 22.5.09

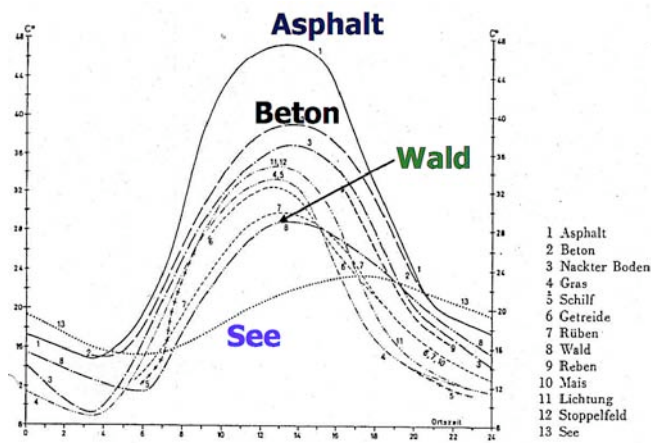


Abbildung 12: Tagesgang der Temperatur an einem sommerlichen Strahlungstag in Bodenhöhe für verschiedene Böden nach Fezer 1975

Wie aus Abbildung 12 zu erkennen ist, haben insbesondere Asphalt und Beton eine sehr starke Wirkung auf die Umgebungstemperatur, bedingt durch Material, Färbung und Struktur. Ihren

Einfluss zu erkennen und auszumerzen ist, falls überhaupt praktikabel, ein schwieriges, aufwendiges, personalintensives und teures Unterfangen. Wie schwierig eine Einflussberücksichtigung ist und zu welchen Ergebnissen die Nichtbeachtung der oft schleichenden Veränderungen führen kann, zeigt die breit angelegte Untersuchung des amerikanischen Meteorologen Antony Watts [Watts, 2009]

3.4.6. Beispiele: Beobachtungsergebnisse zur Überprüfung von Messstationen in den USA

Seit langem werden die US-amerikanischen Messsysteme für die Bestimmung der Wetterdaten als beispielhaft in den USA selbst und für den Rest der Welt angesehen. Die USA haben im hier untersuchten Zeitraum im Lande selbst keine sozialen Umbrüche mit gewalttätigen Auseinandersetzungen, keine inländischen Kriege, keine Deportationen und Vertreibungen, wie der große Rest der Welt erlebt. Im Gegenteil, ihr Wohlstand ist in den letzten 150 Jahren massiv angewachsen, das Land ist für moderne Technik und deren Anwendung mehr als aufgeschlossen, in Bildungs- und Forschungseinrichtungen wird seit 200 Jahren dauerhaft und großzügig investiert. Die Bevölkerung wuchs auch deshalb von 1900 bis 2000 von 76 Mio. auf knapp 290 Mio. Bürger⁴¹ an. Das ging mit einer stetigen, oft auch sprunghaften Veränderung der Wohn- und Lebensbedingungen zu einher. Peterson et. al [Peterson, 1997] schreiben dann in ihrer Bewertung der amerikanischen Messstationen auf S. 2845 „...*One thousand two hundred twenty-one homogeneity adjusted stations in the United States were computed using a different technique. These are high quality rural stations taken directly from the U.S. Historical Climatology Network (U.S. HCN; Easterling et al.1996a), a sister project to GHCN. These data were adjusted using a metadata approach as part of the creation of the U.S. HCN and their adjusted time series were directly incorporated into GHCN. For climate analysis confined to the United States, the U.S. HCN is the preferred dataset because its stations are well distributed, mostly rural stations that were selected based upon their location and their station history metadata.*“ (Hervorhebungen vom Autor)

Diese Aussagen haben sich nach den Untersuchungen von Watts leider als völlig falsch erwiesen. Es handelt sich in der großen Mehrzahl weder um „*high quality rural stations*“, noch können sie „*homogeneity adjusted*“ sein. Wie stark sich die oben geschilderten Fehlermöglichkeiten auf die Messergebnisse auswirken, zeigt Watts [Watts, 2009] sehr ausführlich. Hier wird nur beispielhaft daraus zitiert. Watts hat vor bis Ende 2009, alle US Stationen der GHCN überprüfen zu lassen. Zur Bewältigung dieser Aufgabe haben sich Freiwillige im Jahre 2007 zum „Surface Station Project“ zusammen getan, um die installierten Messstationen des meteorologischen Netzwerkes einer genauen Untersuchung in Bezug auf deren Aufstellbedingungen

⁴¹ U.S. Census Bureau, Statistical Abstract of the United States: 2003

unterziehen. Die Untersuchung hat 2 Ziele, nämlich zu klären:

2. Wie gut oder wie schlecht treffen die Orts- und/oder Aufstellbedingungen der Messstationen die vorgeschriebenen Standards von *NWS (National Weather Service, jetzt Teil von NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)* und daraus ableitend
3. Wie vertrauenswürdig sind die veröffentlichten Zeitreihen der Temperatur der USA?

Die Ergebnisse der Untersuchung von über 75 % der installierten Stationen waren alarmierend.

3.4.6.1. Beispielhafte Ergebnisse der Watts'schen Untersuchungen

Die Aufstellbedingungen für Screens bzw. Wetterhütten allgemein lauten sinngemäß:

- Die Hütte/Screen stehe unbeschattet auf dem Messfeld
- Sie stehe in beachtlichem Abstand von Bäumen, Hecken und Gebäuden oder sonstigen Hindernissen (allg. Regel: Hindernisentfernung größer als zweifache Hindernishöhe)
- Bei DWD Messnetzen besteht die Forderung, dass die Messfühler sich in 2 m Höhe über dem Boden befinden. International üblich sind aber auch: 1,5 bis 2 m, z.B. bei der »französischen Hütte«.
- Die Türöffnung der Messhütte weise nach Norden
- Der Tritt vor der Hütte hat zur Vermeidung von unerwünschten Erschütterungen keinen Kontakt zum Aufbau (Gestell) der Thermometerhütte
- Ergänzen kann man diese Bedingungen, dass keine (unbekannte) Ortsveränderung über die Zeit stattgefunden hat.
- Es gelten im Detail die allgemeinen Aufstellbedingungen und Fehlerkassifizierungen des US Climate Reference Network Rating Guide, s. Anhang 1

Zur Feststellung ob die Messstationen diesen Bedingungen genügen wurde alle von mindestens 3 Personen besucht, dann fotografiert, und ihre Aufstell- und sonstigen Daten bestimmt. Die Ergebnisse wurden in einer frei zugänglichen Datenbank festgehalten. A.Watts hat dann die Orte nach den vorgegebenen Standards des Climate Reference Network (CRN) Rating Guide klassifiziert.

Wie die Watts'schen Untersuchungen [Watts, 2009] zeigen, trifft eine ganze Reihe der oben genannten Bedingungen auf über 75 % der untersuchten Wetterhütten nicht zu. Die daraus resultierenden Abweichungen können deshalb beträchtlich sein.

Das folgende Bild zeigt eine Auswahl von 3 der untersuchten Messstationen. Es sind, bis auf die Station in Independence, nicht mal besonders hervorstechende Beispiele.



Abbildung 13: Messstationen 2007 in Troy NY, Independence CA und Union Springs AL. Bei allen fallen diverse drastische Abweichungen von den oben genannten Aufstellbedingungen auf.

Man sieht erhebliche Verletzungen der eigenen Regeln. Zu dicht an Mauern, verrotte Anstriche, Klimaanlage in unmittelbarer Nähe, sandiger Boden, oder Asphalt- oder Betonböden, und vieles andere mehr. Watts hat dann die beobachteten Stationen der Klassifizierung gem. Climate Reference Network Rating Guide unterzogen. Das Ergebnis zeigt die folgende Grafik.

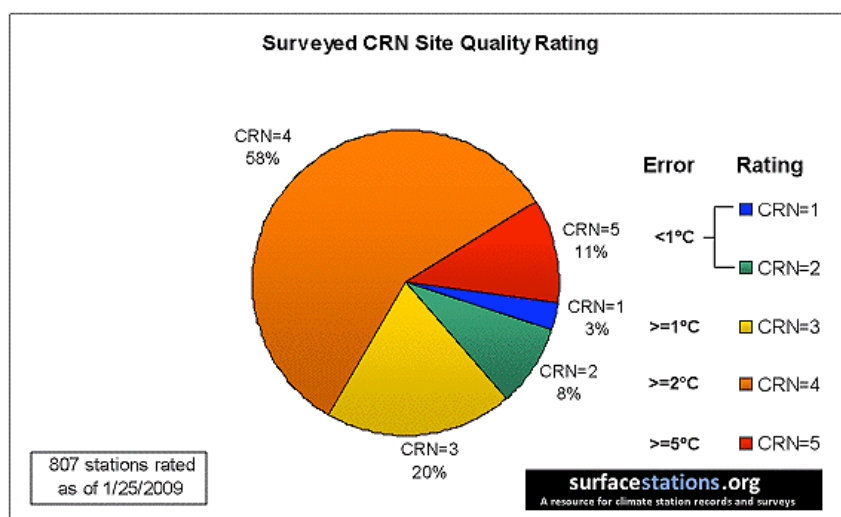


Abbildung 14: Ergebnis der atmosphärischen Untersuchung von bisher (Ende Februar 2009) 854 von 1221 offiziell verwendeten Messstationen der unterschiedlichsten Art. Man beachte, dass nur 3 % aller Stationen dem Standard voll entsprechen, weitere 8 % können evtl. noch als dem Standard genügend zugeordnet werden. Die restlichen 89 % zeigen jedoch potentielle Abweichungen nach den Vorgaben der CRN von mindestens 1 °C (20 %) über 2 °C (58%) bis 5 °C (11%).

20 % aller Stationen gehören zur Klasse CRN =3 mit Fehlern von $\Rightarrow 1^\circ\text{C}$, 58 % gehören zur Klasse CRN=4, mit Fehlern von $\Rightarrow 2^\circ\text{C}$, und immer noch 11% gehören zur Klasse CRN =5 mit Fehlern von $\Rightarrow 5^\circ\text{C}$. Nur 11 % gehören zur Klasse CRN =1 und CRN =2 mit Fehlern von $< 1^\circ\text{C}$. Das heißt nun nicht unbedingt, dass diese Fehler auch jedes Mal und in voller Größe eingetreten sind. Aber für eine Verwendung als klimatologische Referenzstationen sind, nach dieser Klassifizierung, 89% aller Stationen ungeeignet.

Aus messtechnischer Sicht positiv zu bewerten ist hingegen die ziemlich gleichmäßige Verteilung aller Stationen über dem gesamten Staatsgebiet der USA, wie die folgende Abbildung 15 verdeutlicht. In diesem speziellen Fall aber bedeutet das, dass die z.T. stark fehlerhaften Temperaturdaten, die von diesen Stationen erfasst wurden, für das gesamte Staatsgebiet der USA gelten und daher für klimatologische Befunde nicht verwendet werden dürften. Dies wurde jedoch bis heute nicht geändert. Sie gelten nach wie vor als Standard.

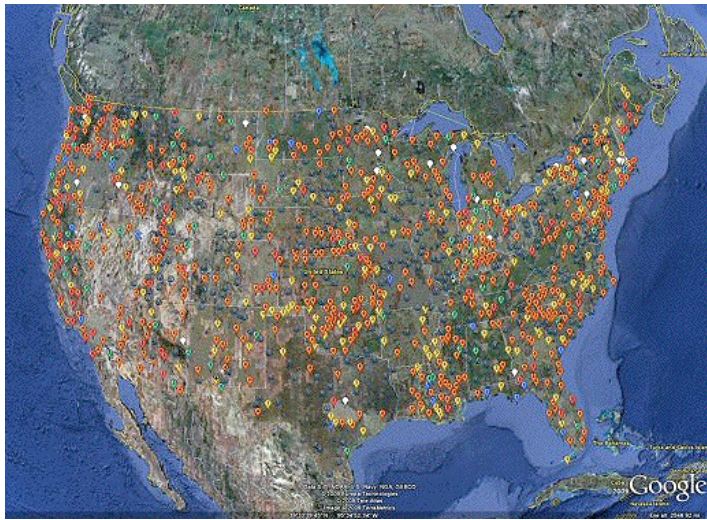


Abbildung 15: Verteilung der bewerteten⁴² US Messstationen aus A. Watts „Is the U.S. Surface Temperature Record Reliable?“ aus [Watts, 2009] und deren potentielle Fehlergrößen zum Zeitpunkt der Untersuchung.

CRN Rating key						
Estimated Error in °C (per NOAA)	Error $\leq 1^\circ\text{C}$	Error $\leq 1^\circ\text{C}$	Error $\leq 1^\circ\text{C}$	Error $\leq 2^\circ\text{C}$	Error $\geq 5^\circ\text{C}$	Unrated
Quality	Best	Good	Fair	Poor	Worst	Closed

Ein besonders herausragendes Beispiel zeigt die Abbildung 16. Weniger deswegen, weil sie eine schräg stehende, schrottreife Hütte zeigt, deren Messungen von der davor stehenden modernen Messstation inzwischen übernommen wurde, sondern weil diese Messstation unmittelbar der warmen Abluft von Klimaanlage ausgesetzt ist, und dichter und hoher pflanzlicher Bewuchs bis an die Station heranreicht.

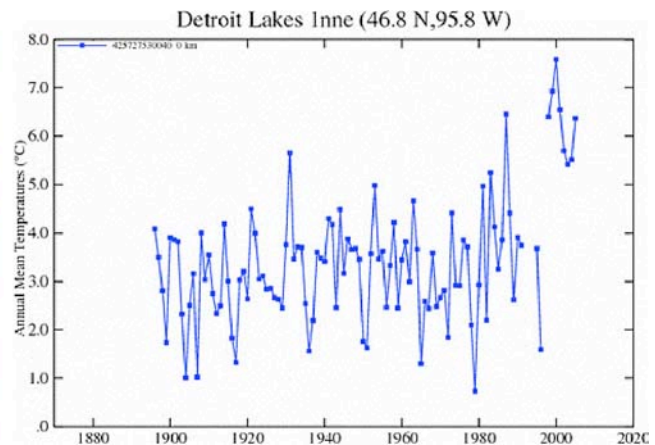


Abbildung 16 (links): Englische Hütte und moderne Messstation am Messort Detroit Lakes USA, kurz vorher aufgenommen und ins Netz gestellt am 25.07.07 von A. Watts; (rechts) Temperaturverlauf aus der GISS Datenbank zur Messstelle Detroit Lakes USA

Das abgebildete Beispiel in Abbildung 16 zeigt eine alte und verrottete, nicht mehr verwendete, englische Hütte, den Ersatzscreen (links daneben, rund), sowie die Kühl-Gebläse zweier Klimaanlage in unmittelbarer Nachbarschaft. Die Qualität der dort gemessenen Lufttemperatur kann man sich leicht ausmalen. Eine Korrektur dieser Werte ist nicht bekannt. Die dazugehörige Temperaturkurve vom GISS (Goddard Institute for Space Studies) zeigt die Abbildung 16 rechts. Man sieht in der Zeitreihe zwei deutliche Unterbrechungen (ca. 1992 und 2000). Bei der zweiten Unterbrechung (ca. 2000) wird die Zeitreihe nach einem Sprung um ca. + 2,8 ° C fortgeführt. Wie sich inzwischen herausstellte, wird für den letzten Sprung eine Störung der GISS Programme gem. dem Jahrtausendwechselproblem verantwortlich gemacht⁴³. Es ist als Y2K Problem bekannt und betraf

⁴² Referenz für Stations Ratings: NOAA's Climate Reference Network Site Handbook Section 2.2.1

⁴³ Näheres dazu hier: <http://www.climateaudit.org/?p=6219#more-6219>

gleich mehrere Stationen. Dieser, nur rechnerisch konstruierte, Anstieg wurde vor kurzem korrigiert⁴⁴ und führte zu einer Neuaufstellung der Rangliste der „wärmsten Jahre“ in den USA, wobei das bisher wärmste Jahr 1998 von 1934 abgelöst wurde. Es bleibt aber festzuhalten, dass der beobachtete Temperatursprung sehr wohl auch durch die fatale Umgebung der Messmittel beeinflusst sein könnte. Die Größe der Änderung spricht dafür.

3.4.6.2. Der Einfluss des Hütten-Anstriches auf die Messergebnisse

Die Watts'sche Untersuchung hatte anfangs nur das Ziel zu klären, welchen Einfluss die verschiedenen Anstriche auf die gesammelten Messwerte bei Verwendung der Stevenson Screens hatte. Ab dem Jahre 1979 wurde nämlich in den USA die Beschichtung der Wetterhütten geändert. Seit Beginn der Beobachtung 1890 waren Kalkmilchanstriche (Kalkhydrat in Wasser) in Gebrauch. Er wurde dann ab 1979 ziemlich schnell durch einen modernen, seidenmatten weißen Latexanstrich ersetzt. Latexfarbe hat bedeutend andere physikalische Eigenschaften in der Reaktion auf Infrarotstrahlung. Die in den USA verwendeten Hütten enthalten dazu oft nur Thermometer zur Max/Min Bestimmung. Sie sind in aller Regel unbelüftet. Zum Vergleich maß Watts deshalb die wahre Lufttemperatur mit einem Außenthermometer. Dieser war strahlungsgeschützt, in einem modernen, runden zwangsbelüfteten Screen (aspirated screen) untergebracht. Die Messung selbst erfolgte mittels Präzisions-Thermistor, wie auch die Innenhüttenmessung. Ergebnis: Die von Watt ermittelten Messwerte sind sehr verschieden zueinander, mit zum Teil sehr großen Differenzen. Ferner fanden Watts und seine Mitarbeiter heraus, dass die US weite Änderung des Hüttenanstriches, von Kalkmilch in Latex, von keiner offiziellen Stellen jemals bei der Homogenisierung berücksichtigt wurde.

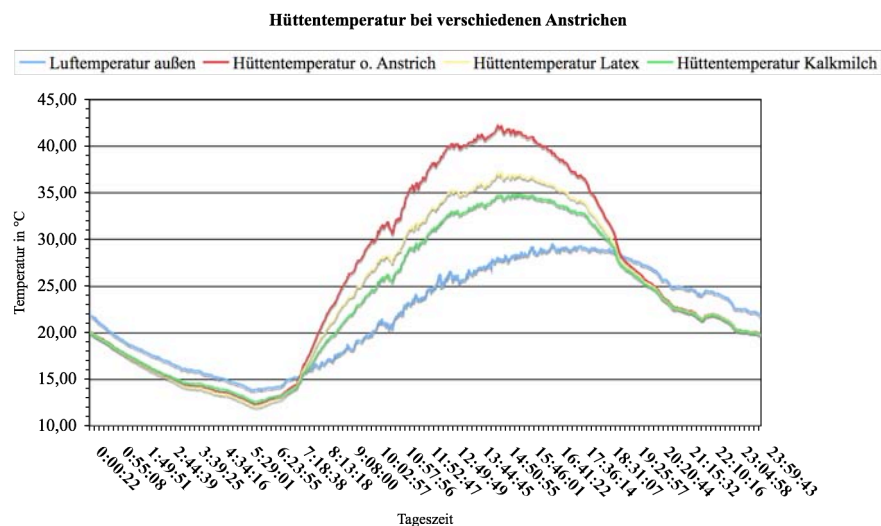


Abbildung 17: Tagesgang der Temperatur im unbelüfteten Standard Stevenson Screen mit verschiedenen Anstrichen. Die Differenzen zur wahren Temperatur liegen im Maximum bei 8-9 °C (Latex zu außen; gelb und blau). Zwischen Latexweiß und Kalkmilch bei ca. 2 °C. Die Zwangsbelüftung des Außenthermometers erklärt den späteren Max-Wert der Außentemperatur. Ort Chico (39° 44' 24" N, 121° 50' 8" W) Kalifornien Datum 31.5.2007 Referenz: geeichtes Thermistor Messgerät Genauigkeit ± 0,1 F. Messung durchgeführt von A. Watts.

Wie in der Abbildung 17 gezeigt, hat schon die Änderung des Anstriches der Messstationen einen unmittelbaren Einfluss auf das Messergebnis, der Unterschiede an Strahlungstagen von bis 2K bewirkt. Noch deutlich höher ist der Unterschied zwischen der wahren Lufttemperatur außen und der jeweiligen Hütteninnentemperatur.

⁴⁴ Näheres dazu hier und wie die Korrektur erfolgte: <http://wattsupwiththat.com/2007/08/11/does-hansens-error-matter-guest-post-by-steve-mcintyre/>

3.4.7. Der Einfluss der Algorithmen zur Mittelwertbildung

Für die Bildung eines Durchschnittswertes stehen im Prinzip unendlich viele verschiedene Mittelwertbildungsverfahren zur Verfügung. Der Bogen reicht vom Median, dem geometrisches Mittel, dem quadratischen Mittel etc. bis hin zum arithmetischen Mittel. In der Klimatologie wird das arithmetische Mittel eingesetzt. Eine allgemein akzeptierte physikalische Begründung gibt es dafür nicht. Zur Bestimmung des arithmetischen Mittels werden, wie Griffith [Griffiths, 1997] herausfand, über 100 verschiedene Algorithmen entwickelt, die zum Teil bis heute eingesetzt werden.

Die hauptsächlich gebrauchten Algorithmen zur Mittelwertbildung, die sowohl im vorigen Jahrhundert und zum großen Teil noch heute noch weltweit Anwendung finden, zeigt die folgende Aufstellung.

Mittelwertbildung nach Mannheimer Stunden

$$1. \quad \bar{T}_a = \frac{T_7 + T_{14} + T_{21}}{4}$$

mit T_7 , T_{14} , T_{21} als Ablesungen um 7, 14, und 21 Uhr MOZ

Mittelwertbildung aus den Extremwerten

$$2. \quad \bar{T}_a = \frac{T_{\min} + T_{\max}}{2}$$

Mittelwertbildung aus den Sechsstundenwerten

$$3. \quad \bar{T}_a = \frac{T_0 + T_6 + T_{12} + T_{24}}{4}$$

z.B. in der früheren Sowjetunion, DDR etc. Die Zeit wurde nach MOZ (Mittlere Ortszeit) und bei vielen Seetemperaturmessungen nach GMT (Greenwich Mean Time) (heute UTC, „Universal Time Coordinated“ heutige Weltzeit) bestimmt.

Watts hat im Minutentakt Temperaturmessungen in normalen, unbelüfteten Stevensonscreens s.o. (6.5.3) mit großer Genauigkeit (Messung auf $\pm 0,1$ ° F genau) gemacht. Er wiederholte damit die schon erwähnten Assmanschen Versuche in niedriger geografischer Breite. Sie eignen sich gut dazu, die grundsätzlichen Unterschiede zu ermitteln, die durch Verwendung unterschiedlicher Algorithmen der Mittelwertbildung entstehen. Auch hier gilt wieder, dass diese Unterschiede bei trübem Wetter deutlich kleiner ausfallen. Sie sind jedoch auch hier vorhanden und wirken, weil systematisch, als nicht allgemein korrigierbare Fehler. Man mag einwenden, dass z.B. in deutschen Hütten, in denen die Temperaturen mit dem zwangsbelüfteten Assmann-Thermometer gemessen werden, derartig große Unterschiede wie in den USA nicht vorkommen würden. Das trifft zwar zu, ändert aber nichts daran, dass in den USA und vielen anderen Ländern überwiegend bis ausschließlich die Max/Min. Erfassungsmethode eingesetzt wurde und noch wird und damit die dortigen Daten dem hohen Fehler aus der Mittelwertbildung unterliegen. Aus den Watts'schen Daten eines Strahlungstages Mai 2007 ergibt sich die folgende Situation:

Vergleich Ø Werte nach verschiedenen internationalen Methoden berechnet

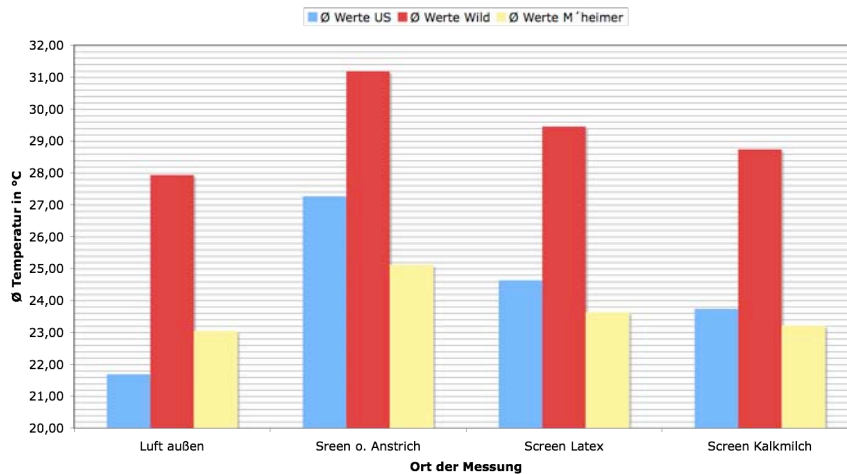


Abbildung 18: Vergleich derselben Temperaturgänge (nach A. Watts) bei verschiedener international gebräuchlicher Durchschnittswertbildung. (Mess-Ort Chico Kalifornien 39° 44' 24" N, 121° 50' 8" W; Mai 2007) Man beachte, die um mehrere °C unterschiedlichen Ergebnisse der Mittelwerte.

Wie man in Abbildung 18 sieht, können die Unterschiede aus verschiedenen Mittelwertbildungen ganz erheblich werden. In diesem Fall und an diesem Tag liegen sie bei der heute verwendeten, mit weißer Latexfarbe bemalten, Hütte zwischen der US Ø Wert Bildung und dem Mannheimer-Stunden-Verfahren bei $-1,0\text{ °C}$ (24,6° US zu 23,6° M'heimer). Die nach Wildscher Methode, d.h. dem 6 h Rhythmus folgenden Verfahren, das bis 1990 in den Ländern des Ostblocks gebräuchlich war, zeigt sogar einen Unterschied zur Latex beschichteten Hütte von $+4,82\text{ °C}$. Der Unterschied zwischen Mannheimer und Wildscher Methode beläuft sich in diesem Beispiel sogar auf $+5,82\text{ °C}$. Der Vergleich beider Anstriche, nämlich heutiger Latexanstrich zu früherer Kalkmilch innerhalb der gleichen Mittelwertmethodik, zeigt ebenfalls deutliche Unterschiede. Bezogen auf den Referenzanstrich Kalkmilch und bei gleicher USA-Methodik: $-0,89\text{ °C}$ Kalkmilch zu Latex (die Latexbeschichtung zeigt einen um $0,89\text{ °C}$ zu hohen Wert an), Bei Wild'schen Methode $-0,71\text{ °C}$ und für die M'heimer $-0,42\text{ °C}$. Immer ist der Ø Wert in der Latex beschichteten Hütte höher, als vorher mit Kalkmilchanstrich. Gegenüber der wahren Lufttemperatur ist er sogar noch höher: nach US Methodik: $-2,94\text{ °C}$ zu außen (Latexbeschichtung zeigt einen um $2,94\text{ °C}$ zu hohen Wert an), Für Wild $-1,51\text{ °C}$ und für Mannheim $-0,58\text{ °C}$.

	Ø WERTE US	Ø WERTE WILD	Ø WERTE M'HEIMER
Luft außen	21,69	27,94	23,06
Screen o. Anstrich	27,28	31,19	25,13
Screen Latex	24,64	29,46	23,64
Screen Kalkmilch	23,75	28,75	23,22

Tabelle 3: Ergebnisse der Ø Bildung in °C für verschiedenen Methoden am selben Tag und selben Ort des Watts'schen Versuches 21.5.2007. Die tiefsten und höchsten Werte sind farblich markiert.

Die größte Abweichung mit $6,25\text{ °C}$ liefern die Mittelwerte zwischen Max/Min Mittelung und Wild'scher Methode in freier Luft. Immer ist der gemessene Ø-Wert in der Hütte höher als der wahre Wert der Lufttemperatur. Die Durchschnittswerte, ermittelt nach der Mannheimer Methode, sind bis auf die wahre Lufttemperatur immer kleiner als nach US Max/Min oder nach Wildsche Methode. Dies zeigt erneut, wie stark die verwendete Mittelwertbildung das Endergebnis beeinflusst. Selbstverständlich ergeben sich andere Werte über andere Tage, abhängig z.B. vom Messort, sowie den Umgebungs- und Tages/Jahreswetterbedingungen. Messungen in Berlin, also höherer nördlicher Breite, zeigen z.B., dass dort die Mannheimer Methode immer höhere Werte ergibt, als die anderen Mittelwertmethoden, Max/Min (US) und nach Wild.

Die Ø - Werte für verschiedenen Wetterlagen in Berlin (Quelle: private Mail vom 5.6.09 von Prof. Wehry, Meteorologisches Institut der Freien Universität Berlin) zeigt die folgende Tabelle.

Ø Messwerte Berlin verschiedene Tage	Sommer Strahlung Mai 09	Winter Dez. 08 Regen	Frühjahr Regen März 09	Winter Strahlung Dez. 08
Ø Min/Max	17,10	1,40	4,95	-4,70
Wild	17,65	1,38	5,50	-5,43
M'heimer	17,90	1,40	5,60	-5,25

Tabelle 4. Übersicht über die Mittelwerte verschiedener Jahreszeiten und Wetterlagen für Berlin-Dahlem

Die zusammengefassten Differenzen der Messungen in Berlin zeigt folgende Tabelle

Differenzen M'heimer - Andere	Sommer Strahlung Mai 09	Winter Dez. 08 Regen	Frühjahr Regen März 09	Winter Strahlung Dez. 08
Ø Min/Max-M'heimer	-0,80	0,00	-0,65	0,55
Wild-M'heimer	-0,25	-0,02	-0,10	-0,18

Tabelle 5: Übersicht über die Differenzen der Mittelwerte verschiedener Jahreszeiten und Wetterlagen für Berlin-Dahlem

Deutlich erkennbar ist, dass auch dort eine erhebliche Differenz an Strahlungstagen im Mai und Dezember existiert. Sie reicht von ca. $-0,8^\circ$ bis $+0,55^\circ\text{C}$ zwischen der US Max/min und Mannheimer Methode, (US Min-Max Mittelwert - Mann-heimer), von $-0,25$ bis $-0,10^\circ\text{C}$ an eben diesen Tagen zwischen Wild und M'heimer (Wild – Mannheimer), sowie zwischen $-0,02$ bis $-0,10$ an Regentagen im Winter und Frühjahr. Die Abweichungen sind systematisch, aber unstetig. Daher ist eine einfache, über alles erfolgreiche Korrekturmethode nicht möglich. Es ist aber ein weit verbreiteter Glaube, dass die Anomalien immun seien gegen Fehler (Einflüsse), die in den Durchschnittswerten, berechnet nach jeweils verschiedenen Mittelwertmethoden, aber auch vielen anderen, enthalten sind. So schreiben bspw. Brohan et. al.⁴⁵ [Brohan et al. 2006], dass die verschiedenen Mittelwertbildungen zwar zu unterschiedlichen absoluten Mitteltemperaturen führen würden. Er weist jedoch ausdrücklich darauf hin, dass diese Differenzen sowohl im „Stations-Normal“, also der Referenztemperatur, enthalten seien, als auch in den Einzelwerten und sich deshalb bei der Anomalienbildung gegenseitig kompensierten. Dies ist zwar plausibel und in bestimmten Sonderfällen auch richtig (siehe auch Anhang 2 über Anomalienbildung). Diese Annahme trifft jedoch keineswegs durchgängig zu, wie einfache Vergleichsrechnungen mit verschiedenen Tagesgängen (es könnten auch Jahregänge sein, die Methode ist immer dieselbe) zeigen. Die Anomaliendifferenzen sind sehr wohl abhängig vom gewählten Mittelwertverfahren und gleichen sich keineswegs aus.

⁴⁵ Brohan et. al geben auf Seite 6 den allgemeinen Glauben an die Fehlerfreiheit der Anomalien wider, in dem er schreibt: „...There will be a difference between the true mean monthly temperature (i.e. from 1 minute averages) and the average calculated by each station from measurements made less often; but this difference will also be present in the station normal and will cancel in the anomaly. So this doesn't contribute to the measurement error. Im Folgenden beschreiben die Autoren wie die Anforderungen an die Bildung der „station normals“ also der Referenzwerte (lt. WMO der Mittelwert jeder Station über die Jahre 1961-1990) aufgeweicht (relaxed) wurden. Die durchgeführte Reduktion der Anforderungen zur Bildung des Referenzwertes (Station Normal) auf nur noch 15 Jahre und daraus 3×4 Jahre in jeder Dekade, erhöht den Fehler, der schon in der Verwendung des Station Normals steckt, weiter.

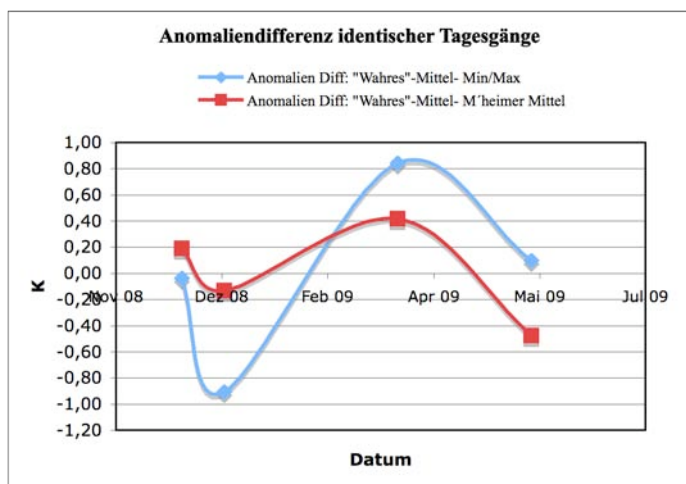


Abbildung 19: zeigt den Verlauf der Differenzen zweier Anomalien, die aus 4 Tagesgängen von Berlin-Dahlem gebildet wurden. Jeder Tagesgang lag mit einer Auflösung von 30 Messwerten über 24 h vor. Daraus wurde das „wahre“ Mittel gebildet. Ferner wurden aus denselben Tagesgängen Mittelwerte nach der Max/Min-Methode und nach der M'heimer Methode berechnet. Von der „Normal“-Mittel-Temperatur wurde diese anderen Mittelwerte abgezogen. Anschließend wurden die Anomalien verglichen. Die so gebildeten Anomaliendifferenzen werden nebenstehend gezeigt. Sie sind weder Null, noch im Verlauf absolut gleichförmig.

Wie die Abbildung 19 zeigt, ist die Differenz des Anomalienverlaufes ungleich Null. Es ist aber zwangsläufig auch der Anomalienverlauf selber ungleich Null (nicht gezeigt, siehe dazu Anhang 2 über Anomalienbildung und Mittelwerte), obwohl alle Anomalien auf denselben Referenzpunkt (zum jeweiligen zugehörigen Zeitpunkt) bezogen wurden. Auch ein Vergleich der Jahreswerte der Anomalien für Berlin Dahlem⁴⁶ zeigt deutliche Unterschiede. So wurde vom DWD ab 2002 der Algorithmus von Mannheimer Stunden („Klima“ genannt) auf stündliche Messung und Mittelwertbildung umgestellt. Seitdem werden beide (Jahres-)Werte parallel veröffentlicht. Ergebnis: Die stündlich ermittelten Jahresmittelwerte sind durchgängig $1/10$ ° höher als die nach Mannheimer Stunden. Es wurde also allein durch die Methodenumstellung seit 2002 in Berlin um $1/10$ °C scheinbar wärmer. Eine Korrektur dieser Abweichung wurde bisher nicht vorgenommen.

Der Fehler muss deshalb auch aus diesen Gründen bei der Fehlerbetrachtung einbezogen werden. Weitere Gründe liegen in der physikalischen Natur der Temperatur, bspw, wenn die Anomaliendurchschnittsbildung dazu führt, dass winterliche Temperaturen der Nordhalbkugel mit sommerlichen Temperaturen der Südhalbkugel verglichen werden, um einen gemeinsamen Durchschnitt zu errechnen. Ausführlich werden diese und viele andere Unverträglichkeiten in Ian Strangeways Buch Kapitel 8. [Strangeways, 2010] betrachtet.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auch Aguilar et. al. [Aguilar, 2003] In einem Bericht der WMO von 2003 untersuchten sie diesen Einfluss genauer (S. 20) und forderten als Ergebnis ihrer Bemühungen, dass die vorhandenen Temperaturdaten auf diese Abweichungen hin untersucht und korrigiert werden müssten.

⁴⁶ Quelle: www.berliner-wetterkarte.de

Die folgende Abbildung ist diesem Aufsatz entnommen.

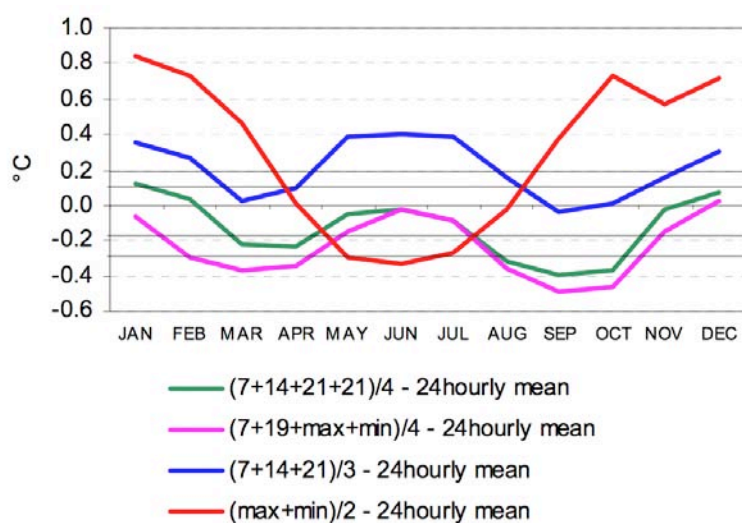


Abbildung 20: Verschiedene Methoden der Mittelwertbildung führen bei ein und derselben Station zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Hier am Beispiel der gut dokumentierten Station Puchberg für die Zeit von 1987-1996 gezeigt. Auch eine Mittelung über das ganze Jahr (vom Autor eingezeichnete graue Striche) führt noch zu Differenzen bis zu 0,3 bis 0,4 °C zwischen Max/Min (rot) und Mannheimer Methode (grün) Quelle: [Aguilar, 2003]

Die Abbildung 20 zeigt große Unterschiede zwischen den Anomalien der Station Puchberg Österreich im Jahresgang für verschiedene Mittelwertalgorithmen. Diese Anomalien werden als Abweichungen vom Referenzwert (das ist die Nulllinie), d.i. der Mittelwert der „wahren“ Temperatur aus den 10 minütigen Messungen über den Vergleichszeitraum, gebildet. Sie zeigen deutliche Unterschiede, sowohl in der Größe als auch im Verlauf. Auch die Jahresmittelwerte, als graue Striche vom Autor eingezeichnet, zeigen Differenzen von bis zu 0,5 °C. Einzelheiten dazu werden im Abbildungstext erläutert. Es muss ferner berücksichtigt werden, dass großen Abweichungen im 10 Jahresmittel schon bei ein und derselben Station, bei sonst identischen Randbedingungen, auftreten. Der Gesamtfehler über das weltweite Netz dürfte daher noch höher sein. Der Berliner Statistiker und Meteorologe Pelz schreibt allerdings in seiner Abhandlung „*Was ist ein Mittelwert wert?*“ [Pelz, 1995a], dass die verschiedenen, von ihm untersuchten Mittelwertbildungen zwar zu starken Abweichungen im Tagesmittel gegen über dem „wahren“ Mittelwert, gemessen im 6 Minutenrhythmus, führten, diese sich aber im Monatsmittel nur um wenige 1/10° und erst recht im Jahresmittel nur um wenige 1/100 ° unterscheiden. Er fügt aber gleichwohl an, dass die ihm zur Verfügung stehenden Daten keine echte statistische Auswertung zulassen und das „*Feilschen um Zehntelgrade*“, wie er sich ausdrückte, für klimatologische Betrachtungen keinen Sinn hätte. Dieser Aussage stehen nicht nur der Anspruch der CRU, die IPCC Veröffentlichungen, die umfangreichen Watts'schen Untersuchungen und die oben dargestellten Daten der Station Puchberg, klar entgegen. Es bleibt ferner ungeklärt wie Peterson [Peterson, 1997] von „... *homogeneity adjusted stations in the United States...*“ sprechen konnte, ohne sich vorher durch Inaugenscheinnahme vom Zustand dieser Stationen zu überzeugen.

3.4.8. Max/Min-bestimmung zur Mittelwertbildung, lückenhafte Datensätze

Während im europäischen Raum die Temperaturmessung mittels des Assmannschen Aspirationsthermometers durchgeführt wurde und wird, haben sich viele angloamerikanischen Staaten, sofern sie die Fahrenheit'sche Temperaturskala verwenden, weitgehend auf die Ablesung der max. und min. Werte auf volle °F beschränkt. Auf dem Assmann Thermometer mit seiner 0,2 ° Teilung, lassen sich die Werte auf etwa 1/10 °C ablesen, beim Max-Min Thermometer werden nur 1 ° F genaue Werte abgelesen und eingetragen. Das heißt, sie sind nur auf ca. 0,5 °C genau. Die Werte, die von dieser Seite beigesteuert werden, haben also eine ca. 3 bis 5 x höhere

Ungenauigkeit als die Werte auf Celsius-Assmann Basis. Im Gegensatz zu den anderen beschriebenen Fehlern lässt sich dieser Fehler häufig, durch eine genügend große Datenbasis, ausmitteln.

STATION (Climatological)(River Station, if different)					
MARYSVILLE FIRE DEPARTMENT					
STATE CALIFORNIA			COUNTY YUBA		
TIME (local) OF OBSERVATION			TEMP.		
RIVER			0900 AM		
TYPE OF RIVER GAGE			ELEVATION OF RIVER ZERO		
TEMPERATURE F.					
DATE	24 HRS ENDING AT OBSERVATION		(52) AT OBSN.	24-HR AMOUNTS	
	MAX	MIN		Rain, melted snow, etc., (Ins. and hundredths)	Snow, ice pellets (Ins. And tenths)
1					
2					
3	91	54	72		
4					
5					
6	87	51	62		
7	89	52	63		
8					
9					
10					
11	94	60	76		
12	97	65	77		
13	99	65	76		
14					
15					
16					
17	103	62	78		
18	99	65	75		
19					
20	96	57	72		
21	95	61	72		
22					
23					
24	97	56	70		
25	93	66	79		
26	98	59	74		
27					
28	94	61	74		
29					
30					
31					
sum				0	

Figure 6. B91 form filed by the temperature station in Marysville, California, for the month of July, 2007.

Abbildung 21: Ausschnitt aus dem Monatsprotokoll der US Station „Marysville River Station“ Kalifornien vom Juli 2007. Die Eintragungen sind grob lückenhaft (nur 17 von 31 Tagen erwähnt), die Temperatur ist nach Max & Min. abgelesen, die Werte sind in vollen °F eingetragen.⁴⁷

Ein weiteres Problem stellen die u.U. zahlreichen Lücken in den Datensätzen dar, die durch unterbleibende Ablesungen mangels Zeit, Lust oder Präsenz der damit Beauftragten entstanden sind.

In der schon angeführten Untersuchung von A. Watts [Watts, 2009] findet sich z.B. das Monatsprotokoll der Abbildung 21 von der Messstation Marysville Kalifornien für den Monat Juli 07. Die daraus ermittelten Messwerte sind, abgesehen von den groben Fehlern, die auch bei dieser Station in Marysville gemacht wurden (dazu weiter unten mehr), zu 45 % lückenhaft. Ihre fehlenden Daten müssen lt. Vorschrift der NOAA⁴⁸ durch geeignete Messwerte benachbarter Stationen errechnet werden. Ob damit, und unter Berücksichtigung der groben wie systematischen Fehler vieler Nachbarstationen, ein automatischer Ausgleich vorgenommen werden kann, der den geforderten Genauigkeitsbezug zur Realität aufweist, muss angezweifelt werden.

Diese Problematik ist im Detail auch den führenden Klimaforschern z.B. in der Climate Research Unit CRU der Universität von East Anglia bekannt. Wie Ende 2009 öffentlich bekannt und als echt bestätigt wurde, sind die dort bearbeiteten Daten einer Fülle von Korrekturen und Ergänzungen unterzogen worden. Sehr häufig musste man sich auf Grund der Unvollständigkeit und Fehlerhaftigkeit der angelieferten Daten auf Schätzwerte beziehen.

So zeigen die folgenden Zitate aus internen – jetzt veröffentlichten - Protokollen ein erhebliches Maß an Unsicherheit, bei den mit der

Auswertung der weltweiten WMO Daten befassten, CRU Klimatologen.

Der Klimatologe und CRU Programmierer Ian "Harry" Harris, unter dem Namen „Harry“ bekannt geworden, war beauftragt, die Datensätze der historischen Daten der WMO in einem dazu zu schreibenden Programm

⁴⁷ Aus A. Watts „Is the U.S. Temperature Record Reliable“ S. 7

⁴⁸ Aus A. Watts „Is the U.S. Temperature Record Reliable“ S. 7 ebenda: Dort steht in der Anweisung Filnet (<http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/ushcn/ndp019.html#filnet>, zuletzt geprüft 9. Februar 2009): „Estimates for missing data are provided using a procedure similar to that that in SHAP (Station History Adjustment Program). This adjustment uses debiased data from the SHAP and fills in missing original data when needed (i.e. calculates estimated data) based on a „network“ of the best related nearby stations. The FILNET program also completed the data adjustment process for stations that moved too often for SHAP to estimate the adjustments needed to debias the data“ !

auszuwerten. Er äußerte in seinen Anmerkungen zu seinen Programm-Codes schwerste Bedenken bezüglich die Qualität der zu bearbeitenden WMO Datensätze und schrieb dazu u.a. in seine Programmcodes zur Berechnung der globalen Temperaturzeitreihe⁴⁹: *"[The] hopeless state of their (CRU) database. No uniform data integrity, it's just a catalogue of issues that continues to grow as they're found...I am very sorry to report that the rest of the databases seem to be in nearly as poor a state as Australia was. There are hundreds if not thousands of pairs of dummy stations, one with no WMO and one with, usually overlapping and with the same station name and very similar coordinates. I know it could be old and new stations, but why such large overlaps if that's the case? (241)...."But what are all those monthly files? DON'T KNOW, UNDOCUMENTED. Wherever I look, there are data files, no info about what they are other than their names. And that's useless ..."* (Page 17) - *"It's botch after botch after botch."* (18) - *"The biggest immediate problem was the loss of an hour's edits to the program, when the network died ... no explanation from anyone, I hope it's not a return to last year's troubles ... This surely is the worst project I've ever attempted. Eeeek."* (31) - *"As far as I can see, this renders the (weather) station counts totally meaningless."* (57) - *"COBAR AIRPORT AWS (data from an Australian weather station) cannot start in 1962, it didn't open until 1993!"* (71)- *"You can't imagine what this has cost me -- to actually allow the operator to assign false WMO (World Meteorological Organization) codes!! But what else is there in such situations? Especially when dealing with a 'Master' database of dubious provenance ..."* (98) - *"So with a somewhat cynical shrug, I added the nuclear option - **to match every WMO possible, and turn the rest into new stations ... In other words what CRU usually do. It will allow bad databases to pass unnoticed, and good databases to become bad ...**"* (98-9). Damit wird nachvollziehbar klar, dass die damit befassten Wissenschaftler sehr viel Fleiß und auch Improvisation und Intuition in die Bearbeitung der zu behandelnden historischen, lücken – und fehlerhaften Datensätze stecken mussten. Umso erstaunlicher ist die proklamierte Genauigkeit der Aussagen.

3.4.9. Die Flächenabdeckung der Messstationen über Land, früher und heute

Die Abdeckung der Landfläche der Erde mit klimatologischen Messstationen unterliegt großen räumlichen und relativ schnellen, zeitlichen Änderungen. Abhängig von soziokulturellen wie auch sozio-ökonomischen Einflüssen sind diese Veränderungen andauernd, d.h. bis heute nicht zum Stillstand gekommen. Die daraus resultierenden Probleme zur Bestimmung der Durchschnittstemperatur sind erheblich. Es genügt z.B. nicht, einfach nur die Zahl der Stationen zu ermitteln und über der Zeit aufzutragen. Es müssen zusätzlich wichtige Metadaten berücksichtigt werden, welche die jeweilige Station genauer beschreiben. So müssen u.a. die folgenden Kenndaten berücksichtigt werden: Ort und Höhenlage, Dauer des Betriebes, ggf. Benennung von Unterbrechungen der Messung, über welche Zeiträume. Die Art der Konstruktion der Station wie der verwendeten Messmittel, Änderungen von deren Position und die Gründe dafür (z.B. Verlegung eines Flughafens), etc. Dauer kontinuierlicher Messungen, etc. Nur mit diesen zusätzlichen Informationen ließen sich nichtklimatische Änderungen erkennen und ggf. korrigieren. Die Metadaten dazu liegen aber selten vor, oder wenn, dann sind nur sehr lückenhaft, zeitlich wie räumlich, verfügbar.

⁴⁹ Aus "HARRY_READ_Me.txt."; die in () gesetzten Ziffern sind die Seitennummern. Abrufbar z.B hier:http://www.torontosun.com/comment/columnists/lorrie_goldstein/2009/11/29/11967916-sun.html

Aus diesen Gründen sind z.B. pauschale Angaben über die Anzahl und Messart (Mean bzw. Max/Min) der Stationen, wie sie z.B. auf der offiziellen NOAA Webseite⁵⁰ (s. auch Abbildung 6) zu finden sind, irreführend. Sie täuschen eine Präzision vor, die nicht gegeben ist.

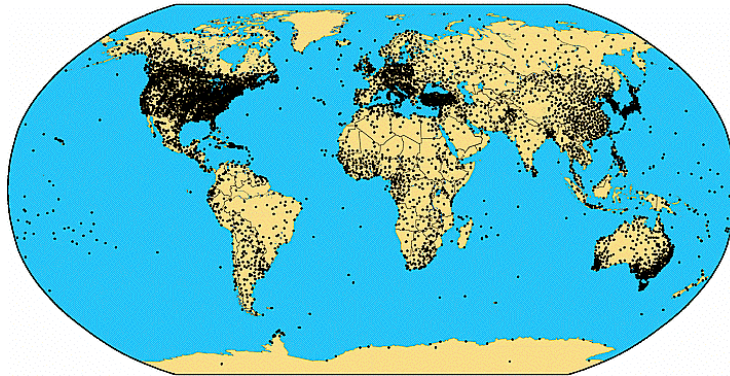


Abbildung 22: Aktueller Stand der im Global Historical Climate Networks GHCN der NOAA mit Monatsmittelwerten der Temperatur insgesamt zuliefernden 7.280 Stationen mit mindestens 10 Jahren kontinuierlicher Datenreihen. Für Stationen mit Max/Min Erfassung gibt es ähnliche Grafiken. Quelle (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/ghcn-monthly/index.php> fig. 1). Man beachte jedoch, dass von GISS und CRU **davon nur ungefähr 1/7 ausgewertet werden.**

Die Abbildung 22 gibt einen Überblick über Wetterstationen mit mehr als 10 jähriger kontinuierlicher Messung, wie sie im „Global Historical Climate Network“ (GHCN)⁵¹ erfasst und ausgewertet werden. Deren Häufung in den USA, Europa mit Türkei sowie Japan und dem Rand Australiens ist augenfällig. Weite Teile der Welt sind nicht oder nur spärlich bedeckt. Untersucht man diese Dichte für die Vergangenheit, dann wird klar, dass die Situation früher noch viel schlechter gewesen ist. Die Datenlage war damals noch sehr viel dürftiger.

Peterson et. al [Peterson, 1997] haben dazu in ihrer gründlichen Untersuchung die Stationen herausgenommen, die doppelt, oder mehrfach meldeten, zu dicht nebeneinander lagen oder nicht kontinuierlich genug berichtet haben. Als Ergebnis zeigen sie die Entwicklung der Zahl der verwendeten Messstationen und deren Entwicklung über die Zeit.

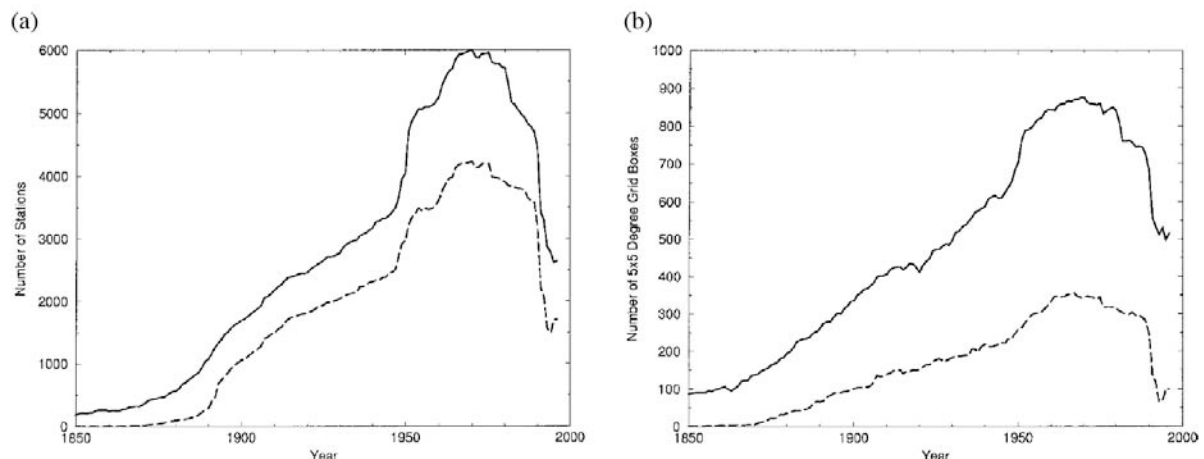


Abbildung 23: nach Peterson et. al [Peterson, 1997]: Zeitreihe (a links) zeigt die Zahl von Mess-Stationen deren Daten nach verschiedenen Mittelwertalgorithmen zur Temperaturbestimmung in die GHCN Datenbank einbezogen wurden (schwarze Linie) und darin enthalten solchen (gestrichelte Linie) Stationen mit Max/Min Ablesung. Zeitreihe (b, links) mit der Anzahl der 5° Gitterboxen, welche die Stationen (links) enthalten. Auch hier zeigt die durchgezogene schwarze Linie Stationen mit täglichen Mehrfachmessungen und gestrichelt Linie) mit Max/Minwerten. Man beachte, dass damit nur eine geringe Auswahl aus den insgesamt anliefernden Stationen genutzt wird.

In Abbildung 23 a sieht man den zeitlichen Verlauf der Anzahl der einbezogenen Stationen bis 1996. Deren Zahl steigt von wenigen 100 um 1850 bis zu einem Maximum von 6000 um 1970 an. Dann folgt erst ein langsamer

⁵⁰ Siehe hier <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/ghcn-monthly/index.php> : auf „Table 1“ klicken bzw. „Data Coverage“ oder „Data Sources“ anwählen

⁵¹ Details dazu hier „*IS THIS RECORD WARM WINTER A SURE SIGN OF GLOBAL WARMING?*“ Written March 07, 2002 By Joe D'Aleo“

und schließlich steiler Abfall, insbesondere um 1990, auf weniger als die Hälfte, der hauptsächlich auf den Zusammenbruch der früheren Sowjetunion zurückzuführen ist. Derzeit werden nur noch knapp 1.100 Messstationen weltweit einbezogen⁵². Wie jüngst bekannt wurde⁵³, sind auch solche Stationen ausgesondert worden, deren Zeitreihen unsicher schienen, aber auch besonders solche, die keine Erwärmung, sondern einen gleichmäßigen Verlauf ohne Trend oder eine Abkühlung zeigten.

Die in Abbildung 23 b gezeigte Anzahl der berücksichtigten Gitterboxen⁵⁴, mit einem Maximum um 1975 bis 1980 von 900 Gitterboxen, erscheint vielleicht viel. Man muss aber berücksichtigen, dass die praktisch verwendete Gesamtzahl der 5 ° Gitterboxen 2.592 beträgt. Also selbst zur Hochzeit der Messungen lag die Zahl der einbezogenen Gitterboxen bei nur 34 %. 1996 war diese Zahl auf ca. 500 abgesunken, und damit auf nur noch knapp 20%, heute liegt sie sogar noch deutlich darunter. Denn die Herausnahme weiterer Messstationen setzte sich bis heute fort.

Dass damit auch diese Zahlenangaben nur für eine sehr grobe Verteilung stehen, zeigt eine sehr vereinfachte Vergleichsrechnung. Die Gesamtfläche der Erde beträgt $510 \times 10^6 \text{ km}^2$, die Landfläche ist $148,9 \times 10^6 \text{ km}^2$ groß. Davon ist der weitaus größte Teil extrem dünn besiedelt, weil z.B. aus Wüsten, Steppen, Hochgebirgen, Schluchten, Sümpfen, Permafrostgebieten, Vereisungsgebieten etc. bestehend. Bezieht man die Zahl der einbezogenen Stationen aus der Abbildung 23 nur auf die gesamte Landfläche, so errechnen sich die folgenden Werte mit ca. 300 Stationen um 1890, ca. 3700 Stationen um 1950 und ca. 1.100 Stationen im Jahr 2009:

Flächendeckung/Station/Jahr	1890	1960	2009
Ca. Zahl der Stationen	300	5000	1100
Ø km ² Abdeckung /Station	$0,5 \times 10^6$	$0,03 \times 10^6$	$0,135 \times 10^6$
Entspricht der Fläche von:	1 Station für Frankreich	1,07 Station für Elfenbeinküste	1,06 Stationen für Bangladesch

Tabelle 6: Grobe durchschnittliche flächenmäßige Abdeckung der Landfläche der Erde mit klimatologischen Messstationen Jahren von 1890 bis 2009.

Selbst diese Verteilung ist noch optimistisch, da die mit Anstand größte Anzahl von Stationen sich in den USA, Europa befindet. Dort also eine hohe Redundanz besteht, der ein klarer Daten-Mangel aus fast allen anderen Teilen der Welt zugeordnet gegenüber steht.

Hansen et. al [HANSEN, 1987] schlugen 1987 wesentlich großzügigere Werte für die errechnete Flächendeckung vor, indem sie um jede Station einen Kreis mit 2400 km Durchmesser schlugen und diese Fläche zum Referenzgebiet erklärten. Damit erreichten sie bereits für das Jahr 1900 eine fast 100 % Abdeckung der Landfläche, die sich später überlappend verdichtete. Dieser von Hansen et. al. gewählte Durchmesser entspricht in etwa der Entfernung zwischen Stockholm und Madrid (ca. 2.600 km). Er wird bis heute den Berechnungen des GISS zugrunde gelegt, obwohl, weil völlig unrealistisch, er nicht realistisch ist.

In den (den Grafiken aus Abbildung 23) zugrunde liegenden, umfangreichen Datenbanken von NCDC, NASA und CRU - Hadley, können, hinreichend präzise, die Ortsdaten der Stationen abgerufen werden. Auszählungen z.B. des Meteorologen D'Aleo ergaben, dass die dort aufgeführten Stationen bestenfalls 10 % der Landmasse in

⁵² Siehe hierzu u.a. **How much Estimation is too much Estimation?** <http://climateaudit.org/2008/02/09/how-much-estimation-is-too-much-estimation/>

⁵³ Joseph D'Aleo & Anthony Watts | January 26, 2010 SURFACE TEMPERATURE RECORDS: POLICY DRIVEN DECEPTION?

⁵⁴ Gitterboxen (engl. Grindboxes) werden die trapezförmigen Bezirke genannt in die die Kugeloberfläche der Erde eingeteilt wurde. Das anfänglich Flächenraster war $5^\circ \times 5^\circ$. Mit diesem Raster entstehen 5184 Gitterboxen, die zu 2592 verdichtet wurden um annähernd gleiche Flächendeckung für die gesamte Erde zu erreichen.

den frühen Jahren des 20. Jahrhunderts repräsentierten. Dieser Wert stieg dann, mit einem Maximum von ca. 40 % in den 60er Jahren und sank schließlich wieder stark, auf nur noch spärliche 20 %. Und selbst diese wenigen Stationen liegen heute, wie später gezeigt wird, überwiegend in urbanen Bereichen, die ruralen wurden als erste und sehr viel häufiger, vermutlich aus Geldmangel, geschlossen, bzw. deren Daten nicht einbezogen.

Aus der beschriebenen Abdeckung aussagefähige Durchschnittswerte für den Globus abzuleiten, hängt nach Aussage einiger Autoren z.B. Peterson et. al. von vielen, schwer bis unmöglich zu prüfenden, Annahmen ab. Willmott et al. [Willmott, 1991] schätzen den Fehler, allein erzeugt aus der Schließung vieler Stationen seit 1970, auf ca. + 0,2 °C bis 1990. Das wäre ein knappes Drittel der gesamten weltweiten Erwärmung im letzten Jahrhundert.⁵⁵ Peterson et. al. und Jones schätzen den Effekt allerdings deutlich geringer ein. In Kapitel 3.8 ff. wird ausführlicher darauf eingegangen.

3.5. Bestimmung der Temperaturdaten auf dem Meer

Ca. 71 % der Erdoberfläche werden von Meeren gebildet, nur ca. 29 % sind also feste Landmassen der Kontinente. 80% der Südhalbkugel sind vom Meer bedeckt und etwa 60 % der Nordhalbkugel. Wegen ihrer Größe und der Tatsache wegen, dass die Meere wetter- und damit klimabestimmend sind, spielt diese gewaltige Fläche bei der Berechnung der globalen Durchschnittstemperatur T^* eine sehr wichtige Rolle. Leider ist die Datenbestimmung und -beschaffung auf den Meeren mit noch größeren Problemen behaftet, als auf Land. Die Gründe dafür sind vielfältig. Man ist auf Inseln, Schiffe und Bojen, in jüngster Zeit auch bewegliche Bojen als Träger geeigneter Messsysteme angewiesen. Dadurch entstehen eigene Probleme, auf die im Folgenden eingegangen wird. Zur Erläuterung werden die verwendeten Begriffe vorgestellt: Die Temperaturen von Luft und Wasser auf dem Meer werden allgemein englisch benannt und mit Marine Air Temperature (**MAT**), „Night Marine Airtemperature“ (**NMAT**) „Sea Surface Temperature“ (**SST**), also Meeresoberflächentemperatur, bezeichnet

Gesucht und gebraucht wird aber die Temperatur der Luft **MAT** und **NMAT** in gleich bleibender, niedriger Höhe. Vorzugsweise, zum besseren Vergleich mit den Landtemperaturen, in 2 m Höhe über dem Meeresspiegel. Nur dann ist sie mit den (homogenisierten) Landtemperaturen direkt vergleichbar. Wegen der Problematik, die u.a. mit der Messhöhe, der Stärke des Windes, des Seeganges bzw. der Geschwindigkeit des messenden Schiffes zusammenhängt, sind die Luftmessungen auf dem Wasser mit großen bis sehr großen Fehlern behaftet. Um diesen Nachteil zu vermeiden, bedient man sich überwiegend der stetigeren Wassertemperatur dicht unter der Meeresoberfläche **SST**. Sie ist im Wasser von 1 m Tiefe zu messen. Wegen des ausgleichenden Einflusses der Wassermenge ist sie stabiler, weicht allerdings um einige noch festzustellende Grade, oder Teile davon, von der Lufttemperatur **MAT** ab. Zusätzlich versucht man, die nächtliche Lufttemperatur über See **NMAT** zu bestimmen, weil diese weniger Gang zeigt und auch aus ihr Schlüsse zu ziehen. Als Nacht, in der diese Temperatur bestimmt wird, ist die Zeit definiert, die zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang liegt. Sie ist also im Sommer deutlich kürzer als im Winter. Die Messung der Seewassertemperaturen **SST** geht auf eine Anregung des amerikanischen Ozeanographen und Seefahrers M.F. Maury zurück. Die Messvorschriften dazu wurden international 1853 eingeführt.

⁵⁵ As early as 1991, there was evidence that station closure beginning in the 1970s had added a permanent upward bias to the global average temperature. Willmott, Robeson and Feddema ("Influence of Spatially Variable Instrument Networks on Climatic Averages, Geophysical Research Letters vol 18 No. 12, pp2249-2251, Dec 1991) calculated a +0.2C bias in the global average due to pre-1990 station closures. Quelle: <http://www.uoelph.ca/~rmckitri/research/nvst.html>

3.5.1. Die Messmethoden und lokalen Messorte

SST: Die Meeresoberflächentemperatur ist definiert als die Wassertemperatur eines Messpunktes einen Meter unter der unmittelbaren Meeresoberfläche. Dessen Temperatur wird wesentlich, sowohl von der Solarstrahlung, der thermohalinen Zirkulation des Meeres, dessen Wärmeaustausch mit der Erdatmosphäre, den herrschenden Winden, der Schiffsgeschwindigkeit, als auch von der geographischen Breite und dem Jahreszeitenverlauf bestimmt. Man benutzt seit jeher viele verschiedene Methoden, um die SST zu messen, wobei zwischen diesen Verfahren zum Teil erhebliche Unterschiede in der Messgenauigkeit bestehen.

Lange Zeit war die einzige Methode zur Messung der SST die direkte Messung mittels Thermometer in einer Wasserprobe, die mit einem „Pütz“ (engl. Bucket), einem speziell konstruierten Eimer, aus dem Wasser gezogen wurde. Sie wurde manuell an Bord von (sich freiwillig dazu verpflichtenden –Voluntary Observation Ship VOS) Fischerei- und Handelsschiffen gemessen, die zu bestimmten Zeiten nach einem bestimmten Verfahren diese Wasserprobe entnahmen. Sie wurde ab 1850 überwiegend mit einem Holzeimer, später, ab 1870, zunehmend auch in einem Leineneimer aus dem Wasser geschöpft. Allerdings wurden auch weiterhin Leder- (Lumby 1927, Brooks 1928) und Holzeimer (Marini 1912) verwendet [FOLLAND, 1995]⁵⁶. Deutsche Schiffe verwendeten auch öfter lederummantelte oder später gummiummantelte, isolierte metallische Probenbehälter. (Marini 1912). Sie werden hier als Marine-Pütz bezeichnet. Im englischen Sprachgebrauch heißen sie „**Bucket**“. Schon Ende der 20er Jahre, allerdings ohne offizielle Aufzeichnungen (Lumby 1927), wurde das einlaufende Maschinenkühlwasser der Schiffe zur Temperaturbestimmung verwendet - Abkürzung dafür **ERI**. (Engine Rear Intake). Anfangs der 40er Jahre wurde nach Jones et. al [Jones, 1999] diese Methode der automatischen Bestimmung der Wassertemperatur des einlaufenden Kühlwassers in den Maschinenraum häufiger, aber bei weitem nicht ausschließlich, eingeführt.

MAT und NMAT: Die Marine Airtemperature (Lufttemperatur) wurde, so beschreibt es Dietrich [Dietrich, 1950] in seinem Aufsatz „**Über systematische Fehler in den beobachteten Wasser- und Lufttemperaturen auf dem Meere und über ihre Auswirkung auf die Bestimmung des Wärmeumsatzes zwischen Ozean und Atmosphäre**“, mittels des Assmanschen Psychrometers, bzw. dem Aspirationsinstrument davon, oder einem anderen geeigneten Thermometer, mit 0,1 °C Genauigkeit, ebenfalls zu festgelegten Tageszeiten⁵⁷ bestimmt. Kuhlbrodt [Kuhlbrodt, 1936] berichtet über den Einsatz von Schleuderthermometern für diesen Zweck. Von Schleuderthermometer wusste schon Assmann, dass sie empfindlich auf Strahlung reagieren und dann deutlich zu hohe Werte anzeigen. Über den Einsatz verschiedener Thermometer für die Messung der MAT oder NMAT mit Einsatz des Assmanschen Psychrometers in Stevenson oder anderen Screens berichten Kent et al. [KENT a, 2007]. Diese Thermometer sind in der Regel neben der Schiffsbrücke installiert. Der Einfluss der Strahlung war allen Autoren jederzeit bewusst. Jones et al. 1999 [Jones, 1999], sowie Kent et. al. [KENT a, 2007] und andere Autoren weisen zudem in ihren umfangreichen Studien auch auf den Einfluss der zunehmende Bordhöhe bei der Schiffsentwicklung hin. Dieser Einfluss ist, wie schon bei den Bodenmessungen, als nicht gering einzuschätzen. Jones [Jones, 1999] misst ihm aber eine geringere Bedeutung zu, als dem Einfluss der Strahlung und zieht deswegen die nächtens gemessene **NMAT** für seine Analysen vor. Bei Verwendung der **NMAT** bleibt zu klären, wie denn die nächtlichen Durchschnittswerte der **NMAT** mit den landgebundenen Durchschnittswerten

⁵⁶ Die hier erwähnte Literatur z.B. (Marini 1912) ist im Aufsatz von [FOLLAND, 1995] „**Correction of instrumental biases in historical sea surface temperature data**“ an entsprechender Stelle angegeben..

⁵⁷ In seinem o.a. Aufsatz erwähnt er einen stündlichen Turnus der Lufttemperatur MAT und einen zweistündigen Turnus der SST allerdings nur auf dem betrachteten Feuerschiff im Skagerak von 1906 bis 1913. Für die kommerziellen Schiffe benennt er einen Nachtturnus von 20:00, 0:00 und 4:00 Uhr.

in Übereinstimmung gebracht werden können. Jede Methode hat ganz unterschiedliche Messzeiten (Mannheimer Methode um 21:00 Uhr MOZ oder der sowjetische 6 Stunden Turnus: um 0:00 Uhr und um 6:00 Uhr, oder Max/Min Methode ohne jede Messzeit) und führt damit zu unterschiedlichen Ergebnissen. (Der daraus resultierende Fehler wird in der Literatur „Time of observation error“ genannt) Kent et al. [Kent, 2002] berichten, dass die Messwerte der Luft (zumindest der ICOAD Schiffe) von der Mehrzahl der Schiffe jeweils um 00, 06, 12:00 und 18:00 Uhr GMT genommen wurden, andere hingegen um 3:00, 09,15 und 21:00 Uhr.

Dietrich [Dietrich, 1950] weist überdies daraufhin, dass auch der Schiffskörper selber nach Kuhlbrodt [Kuhlbrodt, 1936] einen starken systematischen Fehler bei der Bestimmung der MAT ausübt. Diesen bezeichnen dann Kent et al. als den schiffseigenen UHI (Urban Heat Island Effekt).

Dietrich schließt aus den bekannten Schwierigkeiten, *„dass Lufttemperaturen an Bord immer zu hoch angegeben werden, umso höher, je weniger Mühe auf eine korrekte Messung verwandt wird. Aus dieser allgemeinen Erfahrung ist es verständlich, [Dietrich, 1950] S. 321, dass die Handelsschiffsbeobachtungen nach Abbildung 6 eine um 0,2-0,9 ° höhere Monatsmitteltemperaturen ergeben als die Feuerschiffsbeobachtungen.*

Die von Jones bevorzugte SST entspricht, so nimmt er an, der NMAT in 10 m Höhe oberhalb der Meeresoberfläche ([Jones, 1999] auf S 174 und 175). Er nennt dafür aber keine, diese Annahme stützende Beobachtungen⁵⁸. Auch bleibt völlig offen, wie denn z.B. negative Lufttemperaturen unter – 2°C, wie sie im Winter sehr häufig sind, mit positiven SST⁵⁹ gekoppelt werden können, ohne weitere systematische Fehler zuzulassen. Kent et al. [Kent, 1998] haben sich dieser Frage angenommen, berichten aber nur in einer Studie ohne Zeitangabe, vermutlich Ende der 90er Jahre, dass die Lufttemperatur MAT im Nordatlantik typischerweise um 1,5 °C (S 11) **über der SST** liege und dass zu **vermuten** sei, dass dort der systematische Fehler der Kühlwassermessmethode gegenüber den Schöpfeimermessungen bei - 0,3 °C liegen könnte (bezogen auf ihre monatlichen Mittelwerte). Dies gilt besonders dann, wenn die Lufttemperatur deutlich kühler ist als das Wasser (S. 13). Gleichzeitig betonen sie, dass die Schöpfeimermethode sehr viel zuverlässiger sei, als die (heute dominierende) Kühlwassermessung. Sie stellen dann später fest, dass die Qualität der Lufttemperaturmessungen auf Schiffen mehr von der Nationalität des Schiffscharterers, denn von der gewählten Messmethode abhinge. (S19). Zusätzlich wird die Empfehlung ausgesprochen, dass man einen schiffsbezogenen Wärmeinseleffekt (UHI) berücksichtigen möge. Der sei allerdings von Schiff zu Schiff verschieden. Vermutlich auch wegen der enormen Fehlereinflussmöglichkeiten bei Messung der MAT betonen Jones et. al [Jones, 1999] dass sie die NMAT als zuverlässiger einstufen bei der Kombination der notwendigen Land- mit den Seedaten. Jones et al. beziehen sich dabei auf eine Arbeit von Trenberth e. al von 1992 ohne allerdings diese Referenz genauer zu benennen, oder die Gründe für ihre Aussage zu belegen.

Erfahrene Meteorologen bestätigen in persönlichen Gesprächen die hier wiedergegebenen widersprüchlichen Ergebnisse. Sie ergänzen, dass noch viele weitere Möglichkeiten der Messunsicherheit hinzukommen, abhängig insbesondere davon, wo auf dem Deck gemessen wird, beispielsweise am Bug, Heck, Luv, Lee, Peildeck, Schiffsdeck, im Lee von Küche, Lüftern, Maschinen-Abluft, Schornsteinen etc. Jede Position hat ihre eigenen systematischen Messunsicherheiten.

⁵⁸ In einer privaten Email von Parker 27.5.09 (ebenso von Jones 2.6.09) erläutert dieser, dass diese Fragen bei ihrer Berechnung deswegen keine Rolle spielen, weil zur Ermittlung des Trends der Durchschnittstemperaturen ausschließlich Anomalien verwendet würden und diese zeigten nun mal –fern von Küsten und Inseln –, wie Parker erläutert- ein hohes Maß an Korrelation der Trends von SST Anomalien und NMAT Anomalien. Es blieb ungeklärt wie weit – bei dieser Methode- die gefundenen Werte überhaupt ein (physikalische) Bedeutung haben und inwieweit sie nicht bereits eine von den Ursprungswerten aufgeprägte Korrelation enthalten.

⁵⁹ Der Gefrierpunkt des Meerwassers liegt bei –1,9 °C bei einem durchschnittlichen Salzgehalt von 3,5 %

3.5.2. Die Ursachen der wichtigsten Messfehlerquellen

3.5.2.1. Die Position der Messung ist nicht stabil

Eine der Hauptbedingungen der landgebundenen Temperaturmessung, nämlich die lokale Kontinuität über lange Zeiten gewährleisten zu können, ist bei der Seemessung von vornherein nicht möglich. Ortsabweichungen sind die Regel. Nur bei der Messung der Meerestemperaturen durch Feuerschiffe und fest installierten Bojen sind feste Standorte gegeben. Diese sind und waren aber nur in sehr geringer Zahl vorhanden. Hinzu kommt nach Dietrich und anderen, dass auch noch so kleine Inseln als Stützpunkte, durch ihr Mikroklima bzw. einen eigenen UHI, die Messergebnisse erheblich beeinflussen, Dietrich [Dietrich, 1950] schloss sie daher von seinen vergleichenden Untersuchungen zur Bestimmung des systematischen Fehlers von vornherein aus, obwohl er über eine gute Datensammlung von diesen Quellen verfügte. So schrieb er dazu: „*Es zeigte sich sehr bald, dass die Beobachtungen selbst auf den ausgesuchten sehr kleinen Inseln bereits lokal soweit beeinflusst sind, dass sie für einen strengeren Vergleich mit den Verhältnissen auf der offenen See als ungeeignet erscheinen. (Die Inseln; Anmerkung des Verfassers) Märket, Christiansö und Utsire fielen damit aus.* „

Die von den anderen Schiffen ermittelten Temperaturwerte, unabhängig mit welcher Methodik, leiden darunter, dass kein Ort dauerhaft fest steht, sondern immer Abweichungen, durch die Natur der Schifffahrt bedingt, gegeben sind. In der gesamten Literatur über Meerestemperaturen wird deshalb immer wieder hervorgehoben, wie wichtig die Ortsangabe für die Zuordnung ist. Deren Datenreihen für die Meerestemperaturen enthalten i.A. genaue Orts- und Zeitangaben. Für die Hauptschiffahrtslinien sind diese Datensätze in sehr großer Zahl vorhanden (um 100 Millionen). Für die Bereiche außerhalb der Hauptschiffahrtsrouten sieht das jedoch anders aus. Es sind extrem wenige.

3.5.2.2. Eine Flächenabdeckung ist mäßig bis nicht vorhanden

Wie gering die Abdeckung z.B. für SST Messungen der Seefläche durch Schiffe immer noch ist, zeigt die folgende Abbildung 24.

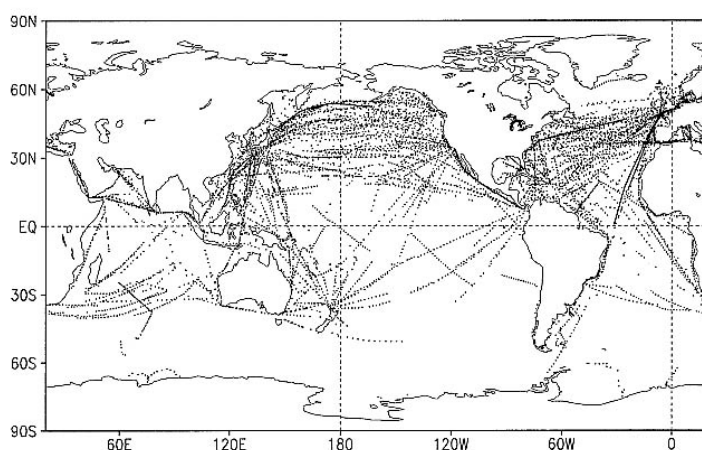


Abbildung 24: Darstellung der gemeldeten SST's für die Woche vom 2. bis 8. Januar 2000. Sie zeigt die dünne messtechnische Abdeckung der Wasseroberfläche der Erde. Frühere Abdeckungen der Wasseroberfläche sind mit großer Wahrscheinlichkeit noch deutlich schlechter gewesen. Aus [REYNOLDS, R. W. & RAYNER., 2002] Seite 1611

Man sieht dort (nur) eine Momentaufnahme der SST Messungen für die Woche vom 2.1.2000 bis 8.1.2000 nach Reynolds et. al. [REYNOLDS, R. W. & RAYNER, 2002]. Obwohl nur eine Momentaufnahme, kann daraus der ungefähre Abdeckungsgrad der gesamten Seefläche geschätzt werden. Denn in der angegebenen Zeit lief der Welthandel auf Hochtouren. Daher kann mit sehr großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass sowohl die Zahl der Schiffe, wie auch die Routen, die sie befahren in früheren Zeiten sehr viel geringer war, auf

keinen Fall größer. Aus der Literatur lässt sich entnehmen, dass für die Messgrößen MAT und NMAT die Datenabdeckung eher noch schlechter ist, auch wenn derzeit keine Kartendarstellung dazu vorliegt.

Es werden daher viele Vorschläge gemacht, die sehr wichtigen, oft nicht vorhandenen, Daten außerhalb der Hauptschifffahrtsrouten zu extrapolieren. Kent et. al [KENT a, 2007] bedauern die Notwendigkeit dazu ausdrücklich, sehen sich aber außerstande dem anders abzuwehren, als entweder die wenigen klimatologischen Daten dieser Bereiche wegzulassen (z.B. großer Teile des Südpazifik und andere Regionen) oder durch Extrapolieren der vorhandenen Messwerte mittels einer (hoffnungsvoll) „Optimal Interpolation“ genannten Methode (**OI**), auf die sich später auch Reynolds et. al beziehen, zu erfinden.

Um nun die ungefähre Größe, der aus der geringen Abdeckung resultierenden Messfehler abzuschätzen,⁶⁰ kann leider nur auf die wenige Literatur Bezug genommen werden, die sich mit vergleichender Messung ortsfesten Stationen z.B. an Feuerschiffen bezieht. So vermutet Dietrich im Skagerrak einen systematischen Fehler von $-0,1$ bis $-0,2$ °C im Sommer im Vergleich von Handelsschiffen zu ortsfesten Feuerschiffen, und im Winter von $+0,5$ bis $+0,6$ °C. Er führt diese Abweichungen auf systematische Fehler bei der Messung auf Handelsschiffen zurück. Kent et al [Kent, 1993] machen es anders. Sie verfügen über modernere Computer und berechnen z.B. den durch Strahlung erzeugten systematischen Fehler, durch Anpassung dieser Werte mittels Interpolation (mangels gemessener Referenzen und geschuldet der Tatsache, dass selten 2 Schiffe auf gleicher Position dasselbe messen), mit einem idealisierten Modell (Fine Mesh Numerical Model). Dem folgt ein anschließender Vergleich der neuen Werte mit den ursprünglichen Messwerten. Diese Abweichungen werden dann als Referenz benutzt. Es darf vermutet werden, dass dabei die große Gefahr besteht, den Originalwerten die Modellannahmen aufzudrücken. In einer späteren Veröffentlichung [KENT a, 2007] wird versucht diesen systematischen Strahlungsfehler, durch Vergleiche mit der Nachttemperaturmessung NMAT, zu kompensieren. Zur Abschätzung dieses Fehlers werden die monatlichen Mittelwerte der berechneten MAT und der NMAT voneinander abgezogen. Der so gefundene Wert wird als systematischer Fehler von den MAT Werten abgezogen. Die verbleibende Unsicherheit (bei einem $\alpha = 0,05$) beziffern Kent et al mit $0,6$ bis $0,1$ °C. Dieses Ergebnis dürfte jedoch, wenn überhaupt, nur auf die Hauptschifffahrtsrouten anwendbar sein, nicht aber auf die Nebenrouten, bzw. den Rest der Welt. Die Autoren [KENT a, 2007] weisen außerdem und sicher nicht ohne Grund darauf hin, dass auch zufällige Fehler nur dann ausgemittelt werden können, wenn genügend Daten vorlägen. Außerhalb der Hauptschifffahrtsrouten sei dies aber nicht der Fall (s. Abbildung 25). Man müsse also dort den zufälligen Fehler (random uncertainty) dieser Messungen von $0,98$ bis $1,2$ °C an. (S 2, 3 und 4) mit einbeziehen.

3.5.2.3. Die Variabilität der Messhöhen für MAT, NMAT und SST

Die Schiffe wurden in den vergangenen 120 Jahren immer größer und auch schneller. Damit wanderte auch der Messort für die Lufttemperatur, üblicherweise eine Wetterhütte nach Stevenson, oder ein modernerer Screen, mit der Brücke immer höher. Von wenigen Metern um 1890 (2 bis 6 m) bis auf 22 und mehr Meter (z.B. bei den Großcontainerschiffen) in heutiger Zeit. Überdies variiert die Höhe von Region zu Region.

⁶⁰ Anmerkung zur potentiellen Fehlerursache (Quelle <http://www.climateaudit.org/?p=1272> Comment No. 4):... *In recent decades ships travelling from the US to Europe use satellite imaging in order to figure out where the gulf stream is, so that they can catch a ride on it. Ships travelling from Europe to the US, travel well south of the GS (Gulfstream) anyway, so satellites don't do them much good. From the charts seen, one of the areas that show the greatest SST "warming", is the N. Atlantic, precisely where ships, using satellites now spend more of their time in the GS, then they did in years past.*

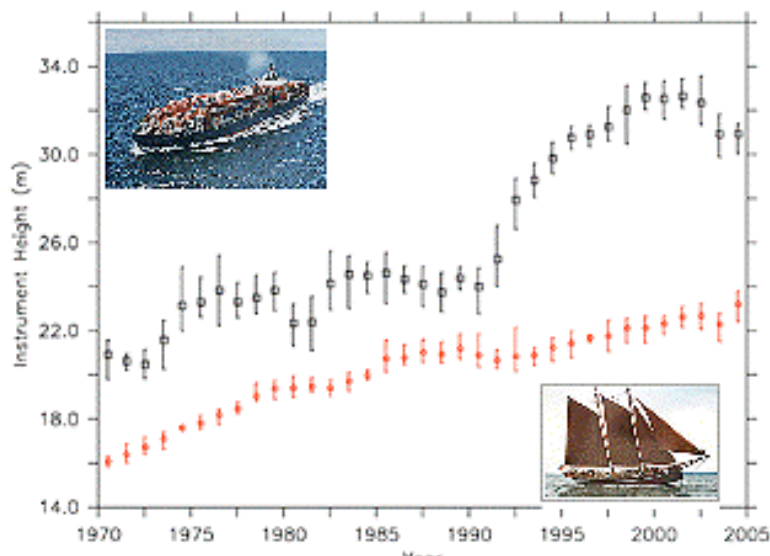


Abbildung 25: Quasi-Globale Entwicklung der Messhöhen der Lufttemperatur MAT (rot) von 1970 bis 2005. Man beachte die ständig ansteigende durchschnittliche Höhenzunahme allein in den letzten 25 Jahren von 15 m auf 22,5 m. Quelle [KENT a, 2007] Für die Zeit davor sind keine Angaben gemacht, jedoch geht der Trend linear weiter nach unten, je kleiner die Schiffe waren. (zum Vergleich: links oben: Modernes Containerschiff „SCHENKER Ocean, rechts unten 1900 erbautes, eisfähiges Handelschiff „Atalanta“)

Wie die Abbildung 25 zeigt ist allein von 1970 bis 2005 die Messhöhe von 15 m auf 25 m (rote Kurve) gestiegen. Für frühere Zeiten kann davon ausgegangen werden, dass sie wesentlich niedriger war, d.h. kontinuierlich abnahm. Bei den um 1880 bis 1890 in Gebrauch befindlichen Segelschiffen, lag sie bei 2 bis ca. 6 m. Versuche, die daraus resultierenden Fehler zu korrigieren, müssten für jedes Schiff und jeden Wert durchgeführt werden. Eine Aufgabe, die nicht an der Rechenkapazität der Computer scheitern dürfte, sondern an den nicht vorhandenen Metadaten. Für grobe Überschlags-Berechnungen legt man daher einen Höhenfehler von ca. $0,01 \text{ }^\circ\text{C/m}$ zugrunde. Bei einer Höhendifferenz über die Jahrzehnte von mindestens 20 m errechnet sich, aus der Höhendifferenz allein, ein systematischer Fehler von $20 \times 0,01 = -0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Messtiefe der Sea Surface Temperatur SST: Wie oben bemerkt, werden zur Gewinnung der Wasserproben Behälter aus unterschiedlichen Materialien und Größen eingesetzt. Diese haben alle einen unterschiedlichen Einfluss auf die gemessenen Wassertemperatur, je nach Masse, Isolation und Strahlungseigenschaften.

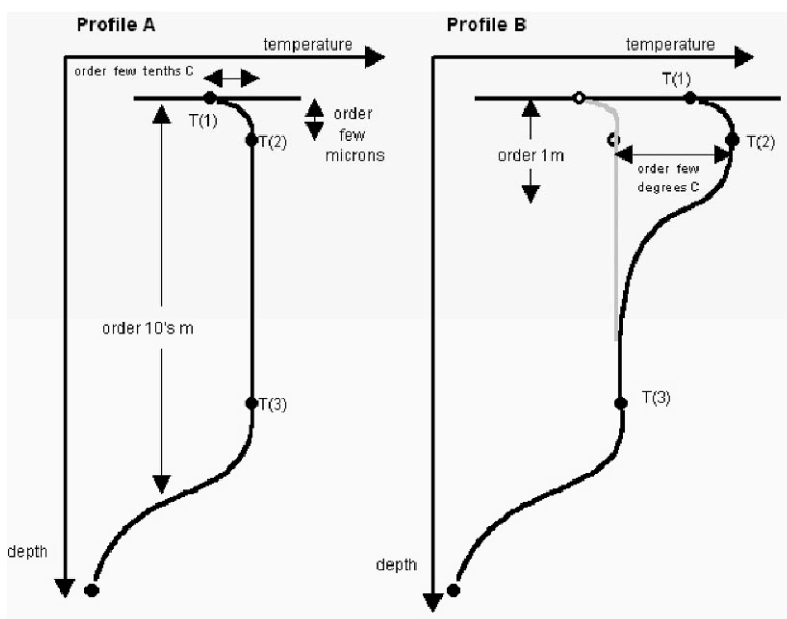


Abbildung 26: Abweichungen der Temperatur in Abhängigkeit der Tiefe und Windgeschwindigkeit. A Messung während der Nacht mit mittlerer bis starker Windgeschwindigkeit. B Messung während des Tages (Tageslicht) mit leichter Windgeschwindigkeit ($<3 \text{ m/s}$) T1 ist die Oberflächentemperatur (per IR Satellit gemessen). T2 ist die Temperatur gerade unterhalb der Oberfläche. T3 ist die Mischtemperatur der verschiedenen Schichten wie mit der ERI Methode gemessen. Quelle: Reynolds vom NCDC in einem ppt Vortrag. „Sea Surface Temperature Analyses for Climate“ 2002. [Reynolds, 2002a]

Für alle gleich ist jedoch das Problem der Schöpftiefe, also der Tiefe, in die Behälter hinab gelassen wurden. Die Solltiefe ist 1 m. Bei Seegang und rauem Wetter ist es sicher schwierig diese Vorgabe einzuhalten.

Von US Schiffen wird berichtet, dass diese Ende des 19. Jahrhunderts bis Anfang des 20. Jahrhunderts Wasserproben aus 1 m **oder** 2 m Tiefe nehmen sollten. (Wymann 1877, Page 1904; lt. [FOLLAND, 1995] p. 333 unten). Während die englische Admiralität seit 1938 darauf bestand, dass die Proben von der Oberfläche selbst genommen werden sollten (gleiche Quelle). Abweichungen von mindestens $\pm 0,3$ bis $\pm 0,8$ m in der Tiefe sind daher, so oder so, die Regel. Wie stark die Tiefe bei ruhigem Wasser auf die Temperatur wirkt, zeigt die Abbildung 26.

Danach liegen die Abweichungen der Tageswerte gegenüber den Nachtwerten (in diesem Vergleich und) bei Schöpftiefen um 1 m um mehrere Grad auseinander. Eine große Differenz entsteht auch, wenn bei Tagmessungen die Schöpftiefe um diese 1 m variiert. Dies ist, nach Aussagen erfahrener Meteorologen bzw. damit beauftragter Seeleute, die diese Messung praktisch ausgeführt haben, die Regel und nicht die Ausnahme. Sie kann nach dieser (nur qualitativen) Darstellung leicht mehrere Zehntel bis mehrere Grad betragen. Bei Nachtwerten unterhalb 0,5 m bis zu ca. 8 m Tiefe sind sie klein. Allerdings, so meinen Folland et al 1995 [FOLLAND, 1995] (und beziehen sich dabei ohne weitere Erläuterung auf einen Bericht von Amot [Amot, 1954], dass diese verschiedenen Messtiefen einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Ergebnisse hätten. Diese Aussage steht aber in bemerkenswertem Widerspruch zu den o.a. Messergebnissen, sowie der allgemeinen Lebenserfahrung, und kann an sich nur für kräftig durchwirbeltes Wasser gelten. Dies war sicher recht häufig, aber nur unbestimmt, der Fall.

Ab etwa 1941 wurde häufiger zur SST Messung das einströmende Maschinenkühlwasser verwendet. Diese Methode wurde aber bei weitem – wie oft vermutet- nicht ausschließlich, noch nicht mal überwiegend- genutzt. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass dieses Wasser aus einer Tiefe, je nach dem wie groß das Schiff und wie stark es beladen ist, von einigen Metern bis zu 20 m Tiefe stammen kann. Die gemessene Temperatur ist also weiteren Einflüssen ausgesetzt und wird stark schwankend sein.

3.5.2.4. Der Einfluss der Anpassungszeit der Thermometer

Dietrich [Dietrich, 1950] bemerkt bei seiner Untersuchung der umfangreichen Datensätze 3er ausgewählter Vergleichsschiffe (im Skagerrak), dass die fehlende Anpassung der Thermometer einen ungewöhnlich großen systematischen Fehler bewirken kann. Mit Anpassung meint er die Zeit, die dem Thermometer bleibt, um nach dem Eintauchen die Wassertemperatur anzunehmen. Dieser Fehler nimmt stark mit abnehmender Lufttemperatur zu. Er schreibt dazu (S. 320) *„Diese verhältnismäßig starke Verfälschung bei niedrigen Temperaturen wird vielleicht verständlich, wenn man die Beobachtungsmethode an Bord berücksichtigt. Das Wasserthermometer für die Handelsschiffe besitzt zur Verminderung der Bruchgefahr eine hölzerne Verkleidung und weist daher insgesamt eine beachtliche Wärmekapazität auf. Die Thermometer pflegen vornehmlich im Ruderhaus oder mindestens geschützt auf der Brücke aufbewahrt zu werden und sind damit gegenüber geringen Wassertemperaturen der geschöpften Probe erheblich vorgewärmt. Hinzu kommt, dass wahrscheinlich in der kalten Jahreszeit die völlige Anpassung dieser vorgewärmten Thermometer an die Temperatur der Wasserprobe vom Beobachter nicht abgewartet wird. Diese Tatsachen, die **im einzelnen nachträglich unkontrollierbar bleiben**, machen es verständlich, dass Handelsschiffsbeobachtungen bei niedrigen Temperaturen zu hohe Werte*

in der angegebenen Weise erbringen“ (Hervorhebungen vom Autor)

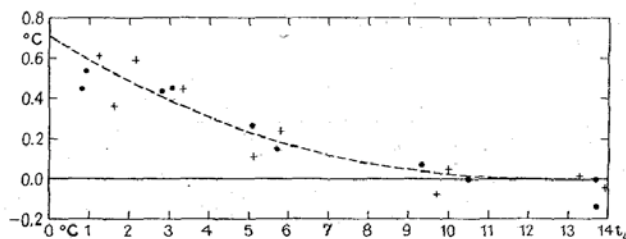


Abbildung 27: Auswertung des Anpassungsfehlers in Bezug auf die Dauer der Thermometeranpassungszeit. Aus G. Dietrich 1950 S. 319. Man sieht dass in diesem Beispiel die Verfälschung gegenüber dem gesuchten Wert erst nach ca. 10 Einheiten (ob die Einheit Minuten oder Sekunden ist, bleibt bei Dietrich ungenannt) gegen Null geht. Bei 5 Einheiten ist der Fehler $> +0,2^\circ$ zu hoch und bei 2 Minuten sogar ca. $+0,5^\circ\text{C}$.

Abb 4: Verfälschungen der Oberflächentemperaturen von fahrenden Schiffen durch ungenügende Anpassung der Thermometer (n. Eliminierung d. Verfälschung durch Wärmeaustausch d. Wasserprobe u. Verstrahlung)
 • Gradfeld um Gedser-Rev F.S., + Gradfeld um Skagens-Rev F.S.

Seine Ergebnisse sind in der obigen Abbildung 27 aufgetragen. Die „Verfälschungen“ der Oberflächentemperaturen (SST) liegen danach anfangs bei $+0,7^\circ\text{C}$ und fallen bei zunehmender Eintauch/Messzeit auf 0°C ab. Diese Fehler sind erheblich, wahrscheinlich zufällig, aber nicht statistisch gleichverteilt, d.h. sie mitteln sich nicht aus. In der Originalgrafik ist für die Zeitachse keine Dimension aufgetragen, es bestehen aber gute Gründe dafür anzunehmen, dass es sich um Minuten handelt.

Folland et. al [FOLLAND, 1995] berichten außerdem über einen starken Einfluss der HOLEZEIT des Schöpfheimers (bucket) sowie der Verweilzeit des Thermometers im Wasser. Sie zitieren über 12 Quellen, die sich mit der Einholzeit der Schöpfheimer beschäftigen (Vorgabe zwischen sofort und 2-3 Minuten) und weitere 13 Quellen die genaue – allerdings fast durchweg verschiedene- Vorschriften für die Dauer der Anpassungszeit machten. Sie reichen von unter einer Minute, über 2 Minuten bis zu mindestens 5 Minuten (Coeyque 1925). Manche forderten: „Abgelesen sollte erst dann werden, wenn keine Änderung der Anzeige mehr eintritt“⁶¹. Welche Vorschrift befolgt oder nicht befolgt wurde, lässt sich im Nachhinein nicht mehr klären, Folland et al [FOLLAND, 1995] glauben aber, dass wegen der Dominanz der schnell Wärme abgebenden, unisolierten Schöpfheimer nach dem 2. Weltkrieg, die Schnellablesung, die bevorzugte Methode wurde. Vermutlich mit der Konsequenz, die Dietrich gemessen hat.

3.5.2.5. Der Einfluss der Wasserprobennahme-Methode

Schöpfbehälter „Marine-Pütz“ oder „Bucket“: Es gibt sehr unterschiedliche Konstruktionen der Schöpfbehälter. Folland et al [FOLLAND, 1995] und andere zeigen eine Auswahl der Modelle, wie sie in den vergangenen 150 Jahren für die Beschaffung der Wasserproben eingesetzt wurden. Untersucht haben sie die 3 Versionen aus Holz, Leinen und anderen Materialien.

⁶¹ Das spricht erneut für die Einheit von Minuten der Messungen von Dietrich s.o.



Abbildung 28: Schöpfemerkonstruktionen zur Messung der SST. Links: Holzzeimer verwendet bis Ende des 19. Jahrhunderts (die isolierende Wandung des Holzzeimers, verhindert eine schnelle Abkühlung des Messgutes, rechts: 1. Deutscher Marinepütz (Leder- später gummiummantelt verwendet bis heute, daneben englischer metallischer Pütz, (gab es isoliert und unisoliert), sowie rechts Leinenbucket (die dünne Leinenwand gibt die Wärme des Messgutes deutlich schneller an die Umgebung ab. Aus [FOLLAND, 1995]

Die gebräuchlichsten Schöpfbehälter sind in Abbildung 28 dargestellt. Holzzeimer, deutscher Marinepütz, englischer Metallbucket, sowie englischer Leinenbucket. Alle erfordern unterschiedliche Holetechniken und haben unterschiedliche Abstrahlungs- wie Isolationseigenschaften. Die Abkühlungsrate ist auch bei heute verwendeten Konstruktionen weiterhin höchst unterschiedlich.

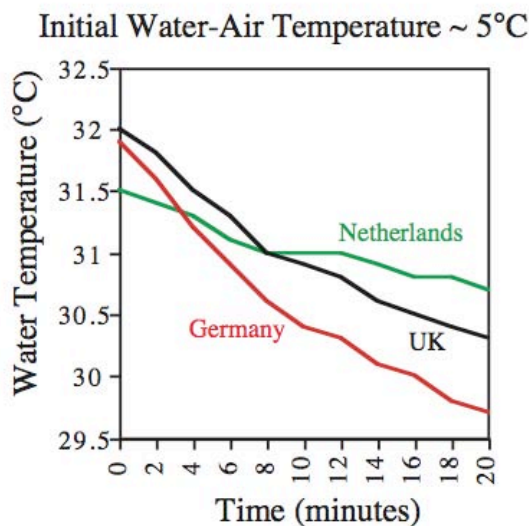


Abbildung 29: Abkühlungsgeschwindigkeit der Temperatur geschöpften Wassers verschiedener Schöpfemerkonstruktionen bei ruhender Umgebungsluft. Der Unterschied zwischen Wasser und Lufttemperatur betrug anfangs 5°C. Die Differenz z.B. bei 5 Minuten zur Ausgangstemperatur liegt bei max -0,8 °C (Germany) und min -0,5 °C (Netherlands), und untereinander wg. höherer Starttemperatur der Kurve Netherlands) bei -0,4 °C. Dieser systematische Fehler wird auch durch den gegenläufigen Fehler nach Dietrich (Abbildung 27) in Höhe von ca. 0,2 °C nicht ausgeglichen. Wobei ohnehin fragwürdig ist, ob Messungen im Skagerrak (55 ° nördlicher Breite) mit Messungen von 32 ° warmen Wasser überhaupt vergleichbar sind.

Dabei kommt es hier nicht auf die detaillierte Konstruktion an, sondern darauf, dass alle diese Methoden unterschiedliche Ergebnisse zeitigen. Deswegen werden die untersuchten Konstruktionen auch nicht weiter analysiert. Bei Versuchen in ruhender Luft kamen Kent et. al. [Kent, 1998] (S 12) auf die in Abbildung 29 gezeigten Raten der Abkühlung der Temperatur des geschöpften Wassers.

Trotz dieser offensichtlichen Fehler verweisen die Autoren darauf, dass die Schöpfmethode mittels Buckets immer noch die zuverlässigere Methode gegenüber der Messung der Kühlwassertemperatur sei. So schrieben Ken et. al. “ [Kent, 1998] auf S 12 und 14 „Remember that the SSTs from buckets are more reliable than those from engine intakes. Und... Ships that use engine intake thermometers to measure the SST are more likely to report poor quality air temperature measurements than those which use a bucket to measure the SST

Die Häufigkeit des Einsatzes der jeweiligen Methoden ist nur ungefähr bekannt. Die folgende Abbildung zeigt die z.T. widersprüchlichen Erkenntnisse.

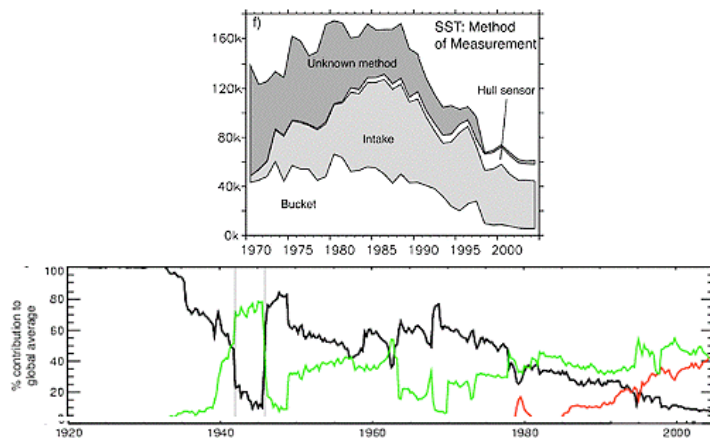


Abbildung 30: Nach et. al. [KENT a, 2007] oben & [Rayner et al., 2009] unten S. 6 Die verschiedenen Messmethoden der SST. Grün: ERI Engine Take In, schwarz Bucketmethode, rot: Bojenmethode.

Die grüne Kurve in Abbildung 30 zeigt die Engine Intake (**ERI**) Maschinenkühlwassermethode zur Messung der SST. Schwarz ist die Eimermethode (Bucket), rot die Bojenmethode. Man sieht auch deutlich den scharfen Einschnitt während des 2. Weltkrieges, als die Eimermethode aus unbekanntem Gründen stark zurückgenommen, oder die gemessenen Werte nicht aufgezeichnet wurden. Kent et. al. [KENT a, 2007] zeigen, dass auch um 1970 die Bucketmethode durchgängig in Gebrauch ist, für ca. 90 % der erfassten Daten. Rayner et. al. [Rayner et al., 2009] hingegen glauben, dass die Bucketmethode stark zurückging und basieren darauf ihre Fehleranalyse für die von ihm ermittelten Anomalien.

3.5.2.6. Der Einfluss der Schiffsgeschwindigkeit und des Windes

Die Geschwindigkeit des messenden Schiffes ist ebenfalls von erheblichem Einfluss, nicht nur für die Bestimmung der **MAT/NMAT** sondern auch für die Bestimmung der **SST**. Der Grund liegt auf der Hand. Der Fahrtwind beeinflusst erheblich die Abkühlungsrate der Temperatur des geschöpften Wassers. Je mehr Schöpfemer des Typs Leinen verwendet wurden, desto mehr glich die Bestimmung der SST einem Wettlauf mit der Zeit. Mit dem zusätzlichen Problem, dass sowohl Start als auch Ziel, während des Wettlaufs ständig verändert wurden. So berichten Folland et al [FOLLAND, 1995], dass umfangreiche Untersuchungen durchgeführt wurden, die Geschwindigkeit der Schiffe, welche die Messungen durchführten, zu bestimmen. Die Schiffsgeschwindigkeit ist also ein weiterer Parameter, der maßgeblich einen zusätzlichen systematischen Fehler erzeugt. Sie für den Einzelfall zu bestimmen ist sicher ein hoffnungsloses Unterfangen. Zur Eingrenzung bemühte man sich deshalb die mittlere Geschwindigkeit der jeweils verwendeten Schiffstypen zu bestimmen. Man stieß dabei aber bald auf weitere Schwierigkeiten. So bestimmte Cutler 1984 (nach Folland et. al) zwar die mittlere Geschwindigkeit der Segelschiffe Mitte des 19.ten Jahrhunderts mit etwas weniger als 3 m/s, jedoch gilt zu berücksichtigen, dass diese Segelschiffe oft hoch am Wind kreuzten. Das bedeutet, dass sie eine wesentlich höhere mittlere Geschwindigkeit gehabt haben müssen, als die direkte Punkt zu Punkt Verbindung vermuten ließ. Mit entsprechender Auswirkung auf Fahrtwind und Messung. Zusätzlich ergab sich eine weitere Erhöhung der Geschwindigkeiten durch die Einführung der Dampf- und später der Diesel-Motorschiffahrt. Sie erhöhte sich im Durchschnitt auf ca. 7,8 m/s (James and Fox 1972, nach Folland et al, [FOLLAND, 1995]). Leider reichte die Datenbasis dieser Berechnungen nicht aus, um neben der Geschwindigkeit auch die dazugehörige Position festzustellen. Ein weiterer, nicht zu unterschätzender Mangel.

3.6. Anwendung der Fehlertheorie auf Rohdaten und Mittelwerte der Lufttemperatur

Die bei jeder Messung auftretenden Messunsicherheit (Fehler) können in drei Gruppen z.B. nach Tahar Stollenwerk der FH Köln [Tahar] aufgeteilt werden: in grobe, systematische und zufällige Fehler. In Abbildung 31 wird der Zusammenhang zwischen ihnen schematisch dargestellt.

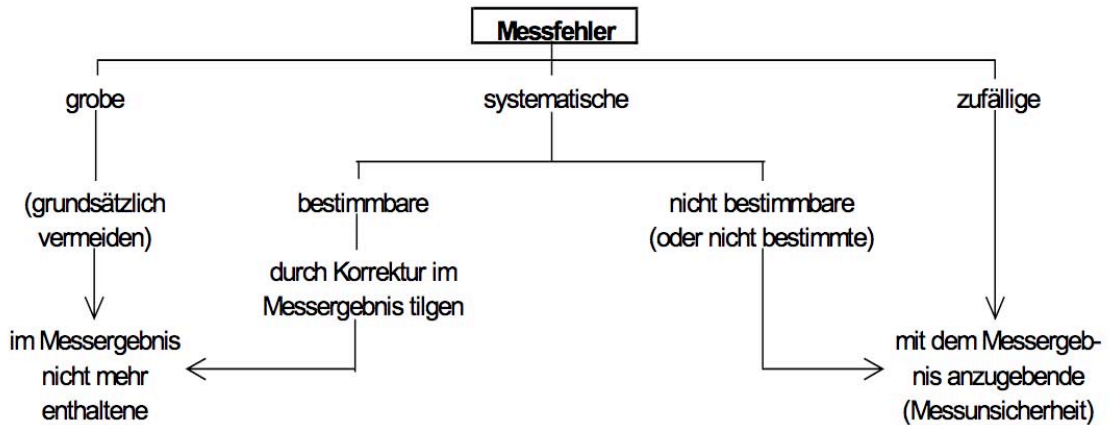


Abbildung 31: Systematik von Messfehlern (nach Hart, S 79)

3.6.1. Grobe Fehler

Sie können bei unsachgemäßer und ungenügend vorbereiteter Messabsicht entstehen. D.h., bei Nichtbeachtung offenkundiger Störeinflüsse oder Unkenntnis experimenteller Voraussetzungen, oder Irrtum des Beobachters bei der Protokollierung bzw. bei der Auswertung der Messwerte. In diesem Fall sind die Messungen oder Auswertungen falsch und müssen wiederholt werden. **Grobe Fehler können offensichtlich nicht durch eine Fehlertheorie erfasst werden.**

3.6.2. Zufällige Fehler

Sie entstehen z.B. durch stochastisch wirkende, konstruktive Unzulänglichkeiten der Messmittel, die zufällige Störeinflüsse verursachen. Weitere Ursachen für zufällige Fehler nach Tahar [Tahar] sind: *Zufällige und unvorhersehbare äußere Einflüsse z.B. wechselnde Luftströmungen, kurzzeitige Temperaturschwankungen. Endliches Auflösungsvermögen der Messanordnung. Die Reibung in einem Messinstrument, Ableseabweichungen (Parallaxe), Schätzungen und Interpolationen auf Mess-Skalen.*

Auch **nicht erfassbare Änderungen** des Messgeräts, Unsicherheiten der Beobachtung (der Beobachter) und der Umwelt gehören zu dieser Fehlerkategorie. Die Fehler sind wechselnd **und sollten etwa gleich häufig in positiver** und negativer Abweichung sein. Zufällige Fehler beeinflussen die Präzision einer Messung und addieren sich immer. Selbst bei völliger Ausschaltung aller systematischen Fehler erhält man bei mehrmaliger Messung der gleichen physikalischen Größen nie genau übereinstimmende Messergebnisse. Die Messwerte streuen um den wahren Wert. Diese Abweichung bezeichnet man als zufällige Fehler. Sie gehorchen den Gesetzen der Statistik. Zufällige Fehler sind prinzipiell nicht vermeidbar, lassen sich jedoch durch wiederholte Messungen und geeignete Auswertungsmethoden verringern.

3.6.3. Systematische Fehler

So nennt ⁶² man in Technik, den Natur- und anderen Wissenschaften die Fehler (auch Messunsicherheit), die sich bei wiederholter Messung nicht im Mittel aufheben. Sie sind durch die Unvollkommenheit der Messgeräte, sowie durch nicht steuerbare äußere Einflüsse bestimmt (z.B. Aufstell- und Betriebsbedingungen). Gleiche systematische Fehler beeinflussen das Messergebnis unter identischen Messbedingungen stets in gleichem Sinne. Bei Wiederholung einer Messung unter gleichen Bedingungen sind sie nach Betrag und Vorzeichen konstant, können also durch Wiederholen der Messung weder erkannt noch vermieden werden. Dieselben systematischen Fehler äußern sich in einer konstanten oder auch proportionalen Verschiebung der Messwerte. Verschiedene systematische Fehler beeinflussen die Richtigkeit, sie können sich sowohl addieren, als auch gegenläufig sein. Durch Berücksichtigung der Einflüsse können systematische Fehler teilweise korrigiert bzw. ausgeschaltet werden, (z.B. durch Variation der Messmethoden oder der Messbedingungen oder durch Kalibrierung). Dies erfordert jedoch oft großen Aufwand und ist daher unter Praxisbedingungen in der Klimatologie kaum möglich. Systematische Fehler werden bei der Fehlerrechnung und bei der zahlenmäßigen Fehlerangabe im Ergebnis nicht berücksichtigt. Das erfordert jedoch eine Diskussion von Fehlermöglichkeiten systematischer Herkunft, bei der Endbewertung. Der Fehler muss zusammen mit dem Messwert angegeben werden.

Nach dieser Definition wird im Folgenden versucht eine Zuordnung der bereits bekannten und weiter oben erläuterten Abweichungen vorzunehmen. Schon Köppen sprach lieber von Abweichungen als von Fehlern, weil beispielsweise die Messung der Screeninnentemperatur zwar fehlerhaft sein kann, aber in Bezug auf andere Randbedingungen nur einen abweichenden Wert (mit eigenen Fehlern) zur wahren Temperatur oder der Temperatur eines anderen Screens ergibt. Das gilt auch für die Abweichungen, die durch den UHI ausgelöst werden. Es sind ja reale Messwerte vor Ort, nur hat sich der Mess-Ort im Laufe der Zeit deutlich verändert, was sich in u.a. seiner Temperatur zeigt.

Die Anforderungen an klimatologischen Messungen sind einfach und übersichtlich. Die Messung der örtlichen Temperatur sollte regelmäßig und ohne Unterbrechung erfolgen. Die Messwerte sollten nach gleichen Standards abgelesen und über lange Zeit aufgezeichnet werden. Die so erfassten Messwerte sollten dann von Fachleuten erst zu lokalen, dann großräumigen, dann länderübergreifenden und später Erdball umfassenden Messreihen, zusammengeführt werden. Soweit die Theorie. Die Praxis ist aus vielerlei Gründen anders, beschwerlicher. Anhang 1 „Fehlertabelle für Messungen zu Lande und auf See“ enthält eine ausführliche Übersicht, welche die reale Situation der bekannten Messfehler aufzeigt. Sie zeigt dazu die verschiedenen Fehlerquellen, deren Fehlerarten, sowie tlw. auch angewendete Korrekturmöglichkeiten der verwendeten Instrumente und Methoden. Die Fehler werden kommentiert und der Versuch einer Quantifizierung unternommen. Kleinste Mess-Einheit ist dabei das Thermometer, eingebaut z.B. in eine Messhütte (Screen), aufgestellt in einem (mehr oder weniger) genau definierten Ort (auf Schiffen nicht möglich). Eine Kurzfassung davon findet sich im nächsten Kapitel.

3.7. Ursachen, Größe und eventuelle Korrektur der Fehler

Im Anhang 1 „Fehlertabelle für Messungen zu Lande und auf See“ sind die wichtigsten Fehlerursachen der Temperaturbestimmung über Land (Tabelle 1) und See (Tabelle 2) im Detail aufgeführt. Daraus werden an

⁶² auch systematische Abweichung oder -Verzerrung; engl. systematic error oder bias genannt

dieser Stelle nur die wichtigsten Fehler, ihre vermuteten oder realen Ursachen, deren Größe und ihre Bewertung zusammenfassend dargestellt.

Lfd. Nr.	Fehlerbenennung	Abweichung in °C nur Assmann	Fehlerart S=Systematisch, G=Grob, Z=zufällig	Maßnahme zur Fehlerbewertung
1	Instrumentenfehler	0,1 – 0,2 °C	S	Keine, von gelegentlichen Ausnahmen abgesehen
2	Ungleiche, nicht regelkonforme Aufstellung ⁶³ von Wetterhütten, veränderte Landnutzung, UHI	1-5 °C	S,G	Wenige bekannt, sehr aufwendige Homogenisierung, Metadaten w.w. kaum bekannt, Pauschale Korrekturen im 0,1°C Bereich
3	Sich ändernder Umgebungseinfluss auf Messergebnis, veränderte Landnutzung, UHI, Ortswechsel	1-5 °C	S,G	Wenige, sehr aufwendige Homogenisierung, z.B. mit HISTALP Projekt [Auer et al., 2007] Metadaten w.w. kaum bekannt, Pauschale Korrekturen im 0,1°C Bereich
4	Mittelwertbildung verschieden	0,2 - 0,7 °C	S	Art der Mittelwertbildung häufig nicht bekannt, wenn bekannt nicht korrigiert, 1:1 übernommen

Tabelle 7 Zusammenfassung der Fehlerursachen und –Größen sowie evtl. Maßnahmen bei Landtemperaturmessungen

Wegen der Besonderheiten, aber auch der Bedeutung der Seetemperaturen, wird in der folgende Tabelle 8 eine Übersicht der verschiedenen Messmethoden (MAT: NMAT und SST) gezeigt. Sie weichen in vielen Fällen von der Tabelle 7 ab. Eine detaillierte Darstellung zeigt Anhang 1. Zahlreiche, aber nicht alle potentiellen Fehlerquellen für Messungen auf See werden dort aufgezeigt.

Lfd. Nr.	Messgröße/Fehlerquelle	Abweichung in °C nur Assmann	Fehlerart S=Systematisch, G=Grob, Z=zufällig	Maßnahme zur Fehlerbewertung
1	Marine Air Temperature MAT, Ortswechsel, Höhenfehler, Windeinfluss, UHI	-0,2 – +4; Ø 1°C	S	Korrekturversuche nach Modellen [Kent, 1993] [FOLLAND, 1995] und Differenz zu NMAT, Extrapolation mit bekannten Positionen. [KENT a, 2007]
2	Night Marine Air Temperature NMAT	???	S,G	Korrekturversuche nach Modellen [Kent, 1993] [FOLLAND, 1995] und Differenz zu NMAT, Extrapolation mit bekannten Positionen. [KENT a, 2007]
3	Sea Surface Temperature SST	-0,1-+0,6 °C	S,G	Kaum korrigierbar, Schiffshöhe steigt seit Beginn der Messungen ständig. Dto Entnahmetiefe bei ERI, starker Windeinfluss auf Abkühlungsrate. Keine Korrektur bekannt. Annahme, dass SST als Ersatz für MAT gelten kann, ist nicht belegt. [Brohan et al. 2006]. Verwendung der SST statt der MAT führen bei Wintermessungen in höheren Breitengraden zu kräftigen Verschiebungen zu höheren Temperaturen, das Meerwasser unter normalem Druck nicht kälter als -2 °C werden kann. Luft sehr wohl.

Tabelle 8 Zusammenfassung der Fehlerursachen und –Größen sowie evtl. Maßnahmen bei Landtemperaturmessungen bei Seetemperaturmessungen

⁶³ NAOAs National Climatic Data Center: Climate Reference Network (CRN). Section 2.2. of the Climate Reference Network CRN. Site Information Handbook, "the most desirable local surrounding landscape is a relatively large and flat open area with low local vegetation in order that the sky view is unobstructed in all directions except at the lower angles of altitude above the horizon." Five classes of sites - ranging from most reliable to least - are defined. Siehe Tabelle

In Tabelle 7 und 8 wurden fast ausschließlich systematische und grobe Fehler ⁶⁴ aufgeführt. Grobe Fehler können, wie eingangs beschrieben, nicht kompensiert werden. Sie müssten deshalb aus der Datensammlung entfernt werden. Dies betrifft z.B. zu für die Fehler der Klassen 4 und 5 aus der Watts'schen Datensammlung. Und betreffen damit 69 % der US amerikanischen Messorte. Bei Anwendung strengerer Anforderungen, wie sie der Vorgabe eigentlich entsprechen, gehört dazu auch noch die Klasse 3. Damit müssten nochmals 20 % entfernt werden, also insgesamt 89 %. Somit kann von einer gesicherten, zumal hochqualitativen, Datensammlung des USHCN nicht ausgegangen werden. Diese Feststellung gilt vorab nur für die USA. Es besteht jedoch kein Zweifel an der Annahme, dass vergleichbare Zustände in vielen anderen Ländern der Erde, von wenigen Ausnahmen in gut entwickelten und disziplinierten Ländern abgesehen, existieren.

Bei Betrachtung der Tabellen 7 und 8 wird zudem deutlich, dass sowohl die Bestimmung der lokalen Land- aber auch der Seetemperaturen und dort, unabhängig davon ob Luft- oder Wassertemperaturen gemessen wurden, nicht mit der erforderlichen und veröffentlichten Genauigkeit [Wigley et al., 2006] und Hadley⁶⁵ erfolgte. Dies gilt besonders für alle früheren Messungen. Es gilt aber auch noch heute, sowohl für Landmessungen als auch für Seemessungen. Ausgenommen werden können davon –strenggenommen- nur Messungen, die mittels Ballons und Satelliten erfolgten, d.h. für Satelliten von 1979 bis heute. Die in den Tabellen angegebenen Fehler treten zudem nicht nur lokal und vereinzelt auf. Wie insbesondere Watts [Watts, 2009] nachwies, sind sie selbst bei den Messstationen des GHCN in den USA die Regel. Auch Pielke Sr. et. al [Pielke, 2007] führen die dort genannten Einflüsse, die zu großen Fehlern führen sowie weitere, wie den Windeinfluss, an. Das bedeutet aber nicht, dass die Fehlerbandbreite bis zu +5 °C betragen muss. Nicht alle möglichen Fehler traten oder treten zeitgleich und in voller Größe auf. Es bedeutet aber, dass die Fehlerbandbreite, konservativ geschätzt, mindestens in der Größenordnung der berechneten Temperaturänderung liegen muss. Sehr wahrscheinlich noch deutlich darüber. Ihre genaue Größe lässt sich aber nicht bestimmen.

Ergänzend sei angemerkt, dass für Messungen auf See und deren Verwendbarkeit für Berechnung der Temperatur-Mittelwerte, noch mehr als für Messungen an Land gilt, dass deren Metadaten nur unvollkommen rekonstruiert werden können. Daher ist auch ein nachträglicher Abgleich mit echten Standards im eigentlichen Sinne nicht möglich. Deshalb behilft man sich ausschließlich mit Hilfskonstruktionen. Seit den 70er Jahren dienen dazu theoretische Computermodelle, um mit ihnen systematische Fehler zu quantifizieren und möglicherweise ganz oder zumindest teilweise auszugleichen. Zunehmend setzt man auch auf einen Vergleich von Anomalien und deren evtl. Korrelation. Bei der Diskussion des aktuellen Standes der Fehlerbehandlung wird darauf zurückgekommen.

3.8.Methoden zur Temperaturkorrektur, Korrekturversuche systematischer Fehler

3.8.1. Lufttemperaturen über Land (LAT)

Viele dieser Fehler sind den Fachleuten bei den staatlichen Wetterbehörden, den Instituten und sonstigen Einrichtungen, die sich mit Wetterbeobachtung und Klimafragen befassen, im Groben bekannt. Es ist jedoch ein

⁶⁴ Grobe Fehler sind z.B. die Auslassung vieler Tage und Monate bei der Temperaturbestimmung s. Abbildung 21 und Abbildung 34, die zahlreiche Einbringung von elektronischen Thermometern in den achtziger Jahren mit wesentlich schnellerer Ansprechzeit ohne entsprechende Anpassung, die unsachgemäße Ablesung bei der SST, die Verwendung der SST anstelle der NMAT u.v.a.m., siehe Tabelle 7 und 8.

⁶⁵ Quelle <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/#datter>

wesentlicher Unterschied, ob sich eine Institution mit der Genauigkeit ihrer Aufzeichnungen befasst, um die örtlichen Zeitreihen zu homogenisieren oder ob diese verwendet werden sollen, um die „globale Temperatur T *“ zu ermitteln.

Z.B. Karl et. al [KARL, 1994] summieren die Fehler, die zu korrigieren wären wie folgt auf:

1) urban heat island bias, 2) changes in observing times, 3) changes in instrumentation, 4) station relocations, and 5) inadequate spatial and temporal sampling.

Damit sind längst nicht alle bekannten und vorhandenen Fehler benannt, die Autoren beschränken sich zudem in ihrem Paper nur auf die Untersuchung des letzten Fehlers: dem *inadequate spatial and temporal sampling*. Sie schreiben dazu: *Our analysis focuses on this last item because until the last few decades most of the globe was not sampled“*

We consider two types of errors: the errors that arise owing to an absence of any observations (type I errors of incomplete geographic coverage) and the errors that arise owing to imperfect sampling within grid cells (or averaging areas) with observations (type 2 within-grid cell errors).

...Clearly, they are only a portion of all the errors and biases affecting the calculation of hemispheric and global temperature trends that must be considered in any comprehensive error analysis.

Die Autoren bleiben damit in ihrer Gesamtbeurteilung unbestimmt. Sie glauben aber abschließend, dass der systematische **Fehler der Steigung des globalen Temperaturtrends** gem. ihrer Analyse kleiner als 0,1 °C wäre, mithin unbedeutend in Bezug auf den geschätzten Anstieg von ca. 0,5 °C pro Jahrhundert. Gleichzeitig bedauern sie jedoch, dass die Datenbasis in der Vergangenheit für viele genauere Untersuchungen zu klein und ihre Qualität zu schlecht sei.

Dazu auf S 1162: *Unfortunately, it will never be possible to be certain about the magnitude of the errors that may have been introduced into the historical record owing to incomplete spatial sampling because we will never know the true evolution of the spatial patterns of temperature change.*

Brohan et. al [Brohan et al. 2006] -als modernste Studie- untersuchen div. Fehlerquellen wie:

Station Error: *the uncertainty of individual station anomalies.*

Sampling Error: *the uncertainty in a gridbox mean caused by estimating the mean from a small number of point values.*

Bias Error: *the uncertainty in large-scale temperatures caused by systematic changes in measurement methods.*

Bei den hier beispielhaft interessierenden systematischen Fehlern (**Bias Error**) ziehen sie insgesamt nur 2 Fehlerarten in Betracht: Den Städtischen Wärmeinsel Effekt (**UHI**) und einen evtl. erfolgten Thermometerwechsel. Beim UHI folgen sie Jones et. al [Jones, 1990] und Folland et. al [Folland and Macadam, 2001]⁶⁶, und wiederholen damit nur deren Ergebnisse. Danach stieg dieser Effekt schleichend von 0 (1900) auf 0,05 °C (1990) an. Damit sei dieser viel zu gering, so argumentieren sie, um signifikant zu sein. Außerdem tendiere er seit 1990 wieder gegen 0. Er sei also zu klein, um überhaupt beobachtet zu werden. Sie zitieren dazu Parker et. al (Parker, 2004, Peterson, 2004). Die dort ebenfalls zitierte Studie von Kalnay et al (Kalnay & Cai, 2003, Zhou et al., 2004) die einen systematischen Fehler von ca. +0,3 °C/ Jahrhundert feststellte, wird als nicht

⁶⁶ Zitat aus [Brohan et al. 2006] „Bias correction uncertainties are estimated following (Folland et al., 2001) who considered two biases in the land data: urbanisation effects (Jones et al., 1990) and thermometer exposure changes (Parker, 1994). Urbanisation effects The previous analysis of urbanisation effects in the HadCRUT dataset (Folland et al., 2001) recommended a 1σ uncertainty which increased from 0 in 1900 to 0.05° C in 1990 (linearly extrapolated after 1990) (Jones et al., 1990). Since then, research has been published suggesting both that the urbanisation effect is too small to detect (Parker, 2004, Peterson, 2004), and that the effect is as large as $\approx 0.3^\circ$ C /century (Kalnay & Cai, 2003, Zhou et al., 2004)“

überzeugend betrachtet und deren Ergebnisse verworfen. In Anbetracht der Ergebnisse der Watts'schen [Watts, 2009] Untersuchung (s. Kapitel 6.5.2.), eine bemerkenswerte, aber nicht glaubwürdige Aussage. Die Untersuchung von Watts, sowie die Ergebnisse von Kalnay et al. finden ihre Bestätigung hingegen u.a. auch im Papier von de Laat et. al [DE LAAT, 2006] und bei Pielke sen. Et. al [PIELKE SR. and HUBBARD, 2007], die ebenfalls einen kräftigen UHI Effekt, eng korreliert mit der industriellen Entwicklung, feststellten. Dieser war nachweisbar, obwohl die Klimamodelle prognostizierten, dass keine Korrelationen zwischen dem Muster der globalen Erwärmung über der Fläche und der industriellen Entwicklung über der Fläche vorhanden sein dürften. Sie sind aber da und außerdem statistisch signifikant.

Beim, durch Thermometerwechsel hervorgerufenen, zweiten Fehler zitieren Brohan et. al [Brohan et al. 2006] das Papier von Parker [PARKER, 1994]. Dieser fand heraus, dass der Fehler möglicherweise insgesamt $+0,2^{\circ}\text{C}$ von 1900 bis heute betrüge. Dieser Fehler sei aber später präziser von Folland et. al. [Folland and Macadam, 2001] untersucht worden. Danach hätte er in den Tropen bis 1930 bei nur ca. $+0,2^{\circ}\text{C}$ gelegen. Er hätte sich dann bis 1950 auf nahezu 0 linear reduziert. Außerhalb der Tropen hätte dieser Fehler sogar nur bei $0,1^{\circ}\text{C}$ bis 1900 gelegen. Und fiel dann linear bis 1930 auf 0 ab. Dieser Fehler mit Richtung, Größe und Verlauf wurde dann als Korrekturwert in die Berechnungen der CRU - Werte eingegeben. Die Autoren unterstellen jedoch dabei einen zeitgleich erfolgten Austausch der Thermometer in fast allen Stationen, bei zusätzlich erfolgter gleichzeitiger Standardisierung der Screens nach Stevenson über ganze Länder. Beide Annahmen stimmen aber nicht, wie u.a. in dieser Arbeit gezeigt wurde. Deshalb sind nach den bereits vorgelegten Ergebnissen, jede der genannten Fehler-Größen als nicht realitätsnah zu betrachten, mithin die durchgeführten Korrekturen auch nicht.

Jones et al 1990 [Jones, 1990] von der CRU stellte fest, dass der UHI Fehler in seinen „gridded“ Daten ca. $0,05^{\circ}\text{C}/\text{Jahrhundert}$ betragen könnte. Peterson et al [Peterson, 1997] stimmte mit dieser Feststellung von Jones and Easterling *et al* [Easterling DR and Razuvayev V, 1997] darin überein, dass der UHI im 20. Jahrhundert (von 1900 bis 1990), global und über die Land-Lufttemperatur der jeweiligen Hemisphäre gemittelt, nicht größer wäre als $0,05^{\circ}\text{C}$. Peterson (2003) [PETERSON, 2003], und Parker (2004) schließen daraus, dass Korrekturen dieses Fehlers nicht wirklich erforderlich wären. Trotzdem schlagen Brohan et al noch 2005 [Brohan et al. 2006] vor, dass man in die gesamte Unbestimmtheit der berechneten Globaltemperatur einen Anteil von $0,1^{\circ}\text{C}/\text{Jahrhundert}$ einfügen möge, aber eine Korrektur der Durchschnittstemperatur selbst nicht nötig wäre.

Verschiedene Autoren haben sich zudem daran versucht den UHI (siehe auch Tabelle 9 und 10) herauszufiltern. Fast alle nutzen dabei als Bezugsgröße die Einwohnerzahl von Siedlungen, Dörfern und Städten. Beispielhaft dazu sind Jones et. al [Jones, 1990]. Sie versuchen eine Zuordnung der landbasierten Messstationen zu finden, indem sie nach der Einwohnerzahl feststellen, ob diese in unberührter Natur (rural) oder in oder nahe von Siedlungen (urban) gelegen sind. Dabei fällt auf, dass die verschiedenen Autoren für viele Länder unterschiedliche Einwohnerzahlen, bei der Klassifikation ob rural oder urban, zu Grunde legen. Für die Sowjetunion untersuchten sie 38 Stationen, die in, oder nahe bei, Orten mit bis zu 10.000 Einwohnern lagen und die grob als rural klassifiziert wurden. Diese mussten dazu noch mindestens 80 km von einer größeren Stadt entfernt liegen. 9 der Stationen entsprachen dieser Anforderung. In West-Australien waren es 49 Stationen, die als rural klassifiziert wurden, mit einer durchschnittlichen Einwohnzahl von nur 5.775 und einer max. Zahl von 33.368. In Ost-China wurden 84 Stationen ausgewählt, von denen die Hälfte als rural und die andere Hälfte als urban betrachtet wurde. Die Siedlungen der ruralen Stationen hatten, nach der verwendeten Statistik von 1984, eine Bevölkerung von < 500.000 Einwohnern, lagen aber in der Mehrzahl unter 100.000 Einwohnern. Ein Zwischenergebnis dieser Untersuchungen: In keinem der 3 untersuchten Gebiete schien der UHI einen

signifikanten Einfluss auf die Datenreihe zu haben. Es fällt aber auf, dass die Einwohnerzahl der untersuchten Siedlungen stark schwankt.

Peterson et. al [Peterson, 1997] geben deshalb in ihrer Arbeit sehr ausführlich die Bezugsgrößen an, an denen sie den UHI festmachen wollen. Dort werden 3 Klassen definiert. Rural, Small town (Semirural) und Urban. Rural wird als Ort definiert, der eine Besiedlung in unmittelbarer Nachbarschaft von < 10.000 Einwohner hat. Small town wird als Ort definiert, mit einer Besiedlung in unmittelbarer Nachbarschaft zwischen 10.000 und 50.000. Urban wird als Ort definiert, der als Stadt > 50.000 Einwohner hat. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass dies nur grobe Klassifizierungen sein können. Sie beruhen überdies auf Quellen, deren Daten z.T. (1997) älter als 10 Jahre oder noch mehr seien (ONC). Oder, die nur Daten enthalten für Städte über 100.000 Einwohner. (es wurde dazu das United Nations Demographic Yearbook -United Nations 1993-) verwendet). Für weite Teile der Sowjetunion, Asiens und Afrikas liegen aber selbst diese Metadaten nicht vor. Daher müssen sie, wie Jones ein paar Jahre früher feststellte, anders klassifiziert werden.

OKE [OKE, 1973] hingegen hatte schon lange vorher festgestellt, dass selbst kleine Ortschaften, mit nur 1000 Einwohnern, eine Erwärmung von 2,2 °C über den ruralen Werten zeigen. Damit sind erhebliche Zweifel an den Ergebnissen der zitierten Autoren angebracht. Zum besseren Vergleich zeigt die folgende Tabelle die oben erwähnten Werte übersichtlicher zueinander dargestellt.

Klassifizierungen „rural“ nach Zahl der Einwohner	China	Australien	Sowjetunion	Welt
Jones 1990	< 500.000 überwiegend < 100.000	Ø 5.775 max. 33.368	< 10.000	
Peterson 1997	-	-	-	<10.000 gelegentlich auch < 100.0000
Oke 1973	-	-	-	<1000

Tabelle 9: Angabe nach [Jones, 1990] [Peterson, 1997] und [OKE, 1973] zur Klassifizierung von ruralen Messstationen

Um jedoch eine wirkliche Abschätzung des Einflusses der Urbanisierung vornehmen zu können, müsste für all die Stationen, die englische CRU (HadCRUT) in seiner Datenbasis hat, passende Metadaten, über Bevölkerung, Ort, Bruttosozialprodukt, Instrumentierung etc., zurück bis nach 1850, vorliegen und genau untersucht werden. Immerhin ist die Weltbevölkerung von 1900 bis 2000 von 1,5 Milliarden auf 6,5 Milliarden gestiegen. Diese Daten sind jedoch nirgendwo vollständig verfügbar. Aber sowohl NOAA und CRU glauben, dass man diesen massiven Anstieg der Bevölkerung und Verstädterung mit 0,1 °C Unsicherheit genügend berücksichtigt hätte.⁶⁷ Diese Ansicht ist nach Maßgabe des Vorstehenden wohl nicht zu halten.

Tabelle 10⁶⁸ zeigt deshalb die unterschiedlichen Ergebnisse, welche die verschiedenen Autoren in den letzten 35 Jahren ermittelt haben. Eine klare Fehlerabhängigkeit bezogen auf die Einwohnerzahl ist darin nicht zu erkennen, wohl aber der erhebliche Einfluss, den der UHI auf alle Messungen hat.

⁶⁷ Quelle: McKittrick: <http://www.uoguelph.ca/~mckitri/research/nvst.html>

„As early as 1991, there was evidence that station closure beginning in the 1970s had added a permanent upward bias to the global average temperature. Willmott, Robeson and Feddema ("Influence of Spatially Variable Instrument Networks on Climatic Averages, Geophysical Research Letters vol 18 No. 12, pp2249-2251, Dec 1991) calculated a +0.2C bias in the global average due to pre-1990 station closures. „

⁶⁸ Eine umfassende Übersicht über das große Literaturangebot zum Thema UHI und seine Bestimmung findet man z.B. bei John Daly Urbanization <http://www.john-daly.com/graytemp/surftemp.htm>, viele Literaturangaben der Tabelle 10 sind dort detailliert aufgeführt.

Autoren	Gebiet	UHI total bzw. Veränderung in der Zeit	Kenngröße	Formel
Oke 1973	USA	2,2 °C	Ø UHI Erwärmung Dörfer unter 1000 Einwohner-	
Karl et al (1988)	United States	0.1 °C von 1901-1984 0.32 °C 0.91 °C	Bis 10.000 Einwohner Stadt mit 100,000 Einwohnern Stadt mit 1 Million und größer	Temperaturdifferenz ist $T = 0.00182 (POP) 0.45$ wobei T die Ø Jahrestemperaturdifferenz in (°C) von (1901-1984). POP = Zahl der Einwohner
Karl and Jones (1989)	United States	+ 0.1 °C bis +0.4 °C von 1901 and 1984	Ø UHI Erwärmung	
Hansen and Lebedeff korrigiert	United States	0.12 °C in 84 Jahren		
Goodridge (1992)	Kalifornien	1.44 °C /Jhdt 0.61 °C /Jhdt 0.28 °C /Jhdt	644 bis 8.710 Einwohner 109-635 tausend Einwohner 4-99 tausend Einwohner	
Hughes and Balling (1996)	Süd Afrika	Differenz von 0.15° C/Dekade	Zwischen großen and kleinen Städten	
Chow Shu Djen (1992)	Schanghai	0.44 °C von 1980 and 1984 0.46 °C	Shanghai und Nachbar Ruralstationen Stadtstationen und suburban Stationen	
Balling et al (1998)	Europa	1751-1995 1890-1950	Land basierte Stationen zeigen einen doppelt so hohen Anstieg ozeanbasierte Stationen (bezogen auf 1890-1950)	

Tabelle 10: Zuordnung von gemessenen Temperaturanstiegen in Städten verschiedener Einwohnerzahlen und – Länder. Eine Auswahl Gestützt wird die Beobachtung eines wesentlich stärkeren UHI Einflusses auch durch das Central Institute for Meteorology and Geodynamics in Wien. Dort hat ein Autorenteam um Auer und Böhm [Auer et al., 2007] diese Frage im Rahme des Projektes „**HISTALP**“ (Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region) genauer untersucht. Es gelang ihnen in 10 jähriger, mühevoller Kleinarbeit, die Zeitreihen dieser Region zu homogenisieren. Dabei wiesen sie nach, dass der UHI als systematischer Fehler nicht nur von der Bevölkerungsdichte und –Größe abhängt, sondern von vielen zusätzlichen, sorgsam zu untersuchenden Metadaten. (Fig. 5 S. 23 und Text S 34). Sie beziffern ihn, für die untersuchte Region, auf ca. + 0,5 °C gegenüber dem Mittel von 1870 bis 1980. Nach dem Herausrechnen dieses Fehlers blieb immer noch eine geringe Rest-Erwärmung übrig, die, nach Meinung der Autoren, unzweifelhaft der globalen Erwärmung zugeschrieben werden kann. (S 34).

Soeben wurde eine weitere Studie zur Frage der fehlerhaften Aufstellung der als beispielhaft gewählten US Messstationen von Menne et. al [Menne, 2010] veröffentlicht. Darin vergleichen die Autoren (beide vom - für den einwandfreien Zustand der Stationen verantwortlichen- NCDC National Climate Data Center), die von Watts als potentiell stark fehlerhaft eingestuft Daten einzelner Stationen mit den als gut eingestuft Stationen. Bei Ihrem Vergleich ermitteln sie keine signifikante Abweichung zwischen beiden Datenreihen. Sie ziehen daraus den Schluss, dass die durchgeführten Korrekturen des UHI in der aktuellen Version des Erfassungs- Auswerte- und Korrekturprogrammes „USHCN2“ diesen entsprechend herausgefiltert hätten. Diese Auffassung lässt sich jedoch nicht halten, da die Autoren nicht nur – obwohl zuvor eindringlich von Watts darauf

hingewiesen ⁶⁹ - vorläufige Daten aus dem Surface Station Project verwendet hatten, die noch keiner Qualitätskontrolle unterzogen waren, sondern auch nur ca. 40 % der Gesamtzahl der Messstationen betrafen. Weil aber die Gesamtzahl der als gut einzustufenden Vergleichs-Messstationen bei nur 10 % liegt, während die meisten zu der Zeit noch nicht überprüften Stationen ländlicher Art waren und somit ihr Einfluss auf den UHI unbekannt, ist eine derartige Auswahl statistisch problematisch, bzw. unzulässig. Hinzu kommt, dass gerade der Erwärmungseffekt durch den UHI bzw. geänderte Landnutzung durch sehr viele Autoren umfassend dokumentiert ist, und in einer Größe auftritt, die ein Vielfaches der durch die Korrektur durchgeführten Reduktion ist. Beispielfhaft seien hier zusätzlich die Autoren Fujibe [Fujibe 2009] und Goodridge [Goodridge, 1996] und jüngst Long [Long, 2010] erwähnt. Fujibe beziffert den durch den UHI ausgelösten Trend für Japan mit 0,046 ° C/Dekade für Urbanisationen 100-300 Einwohner/km² bis zu 0,12 °C/Dekade für Urbanisationen >3000 Einwohner/km². Und fügt abschließend erläuternd hinzu: „*This value(s) may be small in comparison to the background warming trend in the last few decades, but they can have substantial magnitude when compared with the centennial global trend, which is estimated to be 0.74°C/century for 1906–2005 (IPCC, 2007). It therefore requires careful analysis to avoid urban influences in evaluating long-term temperature changes.*“. Long vergleicht ganz aktuell aus den offiziellen NCDC Datensätzen der USA 48 ländliche Stationen mit 48 städtischen Stationen – jeweils 1 pro Typ und pro Staat. Der Vergleich bezieht sich auf die Unterschiede zwischen den Rohdaten selber und den bei den homogenisierten Daten. Während er aus den ländlichen Rohdaten einen Anstieg von nur 0,13 °C/Jahrhundert und den bei den städtischen Rohdaten einen solchen von 0,79 °C/Jahrhundert errechnet, zeigen die vom GISS homogenisierten ländlichen Daten einen Anstieg von 0,64 °C/Jahrhundert, während die vom GISS homogenisierten städtischen Daten mit 0,77 °C/Jahrhundert de facto unverändert blieben. Deswegen hebt Long hervor, dass ausschließlich die ca. 5 x niedrigeren ländlichen Datensätze homogenisiert wurden. Und kommentiert dazu abschließend: „*The consequence intended or not, is to report a false rate of temperature increase for the U.S.*“

3.8.2. Seewassertemperaturen SST und Seelufttemperaturen MAT

Auch zur Temperaturbestimmung auf See wurden verschiedene Anläufe unternommen, als verfälscht erkannte Daten zu korrigieren. Folland et. al [Folland and Macadam, 2001] schreiben dazu in (HadCRUT2 error analysis): *Blending a sea-surface temperature (SST) dataset with land air temperature makes an implicit assumption that SST anomalies are a good surrogate for marine air temperature anomalies. It has been shown, for example by (Parker et al., 1994), that this is the case, and that marine SST measurements provide more useful data and smaller sampling errors than marine air temperature measurements would.* [Brohan et al. 2006]p. 12 . Schaut man in den genannten Quellen nach z.B. [PARKER, 1994], dann steht dort kein Wort darüber, warum das eine für das andere stehen kann. Weder wie, noch wann und wo die vermutete Übereinstimmung gemessen wurde, bzw. welche Annahmen dazu gemacht wurden. Wie bekannt, sind SST und Lufttemperaturen sehr verschieden, die Temperatur des Wassers im Schöpf-Eimer z.B. kühlt ab, oder erwärmt sich, in der nicht genau bekannten Messzeit, je nach Richtung der Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Luft. Wasser kann unter Normaldruckbedingungen nicht kälter als -2°C werden. Luft sehr wohl. In den höheren nördlichen und südlichen Breiten ist dies im Winter die Regel und nicht die Ausnahme. Dies wissen auch die erwähnten Autoren. Daher versucht man über einzelne lokale Korrekturen Übereinstimmung zu erzielen. So schreiben z.B. Brohan et. al

⁶⁹ Rumours of my death have been greatly exaggerated. <http://wattsupwiththat.com/2010/01/27/rumours-of-my-death-have-been-greatly-exaggerated/>

[Brohan et al. 2006]: *The largest positive corrections are required in early winter over the Gulf Stream and Kuroshio where warm water, cold dry air, and strong winds cause rapid evaporative heat loss from the buckets. Corrections are large in the tropics because of high rates of evaporation from buckets when SST is high.*

Notwendige Korrekturen für die häufigen Minustemperaturen der Luft in nördlichen und südlichen höheren Breiten, bei gleichzeitiger Wassertemperatur um oder über Null, wurden jedoch nicht gemacht. Auch das ist bekannt.

Fazit: Die SST als Ersatz für die, nur unzuverlässig zu bestimmende, Lufttemperatur zu nehmen, scheint danach mehr und größere Probleme aufzuwerfen, als bisher angenommen. Ihre Vorzüge, dass man leichter damit rechnen kann, die Schwankungen über größere Flächen geringer sind und die vorhandene Datenmenge dazu etwa doppelt so groß ist, wie die der Lufttemperatur, dürfen nicht dazu führen, dass physikalisch unhaltbare Annahmen gemacht werden dürfen. Bei Verwendung der SST werden insbesondere die wenigen Wintertemperaturen höherer nördlicher und südlicher Breite stark ins Positive verschoben. Tatsache bleibt jedoch, dass bei der späteren Datenauswertung umfassend die SST- anstelle der MAT- und NMAT Daten verwendet werden.

Aber auch die SST Datenreihen unterliegen schweren Mängeln. Z.B. wird bei Parker et al [PARKER, 1994] erwähnt *:The largest known source of (SST) bias occurred before late 1941 after which time SST began to be sampled mostly via ship engine intakes, common to this day, rather than using uninsulated or partly-insulated buckets (Folland and Parker, 1995).*

Wie im Text vermerkt, (s. auch Abbildung 30) glauben die Autoren, gab es den größten systematische Fehler vor 1941, als man von Schöpfmethode zu Maschinenkühlwassermethode wechselte. Die Autoren glauben ferner, dass dies heute die allgemein verwendete Methode ist. Das ist jedoch nicht zu halten und daher falsch, wie die Untersuchung von Kent et. al. [KENT b, 2007] zeigen. Die Unsicherheit in den Daten, so schreiben die Autoren weiter, kann nach 1941 einfach korrigiert werden, und geht damit gegen Null. Wie in Abbildung 30 gezeigt ist auch dies falsch. Die verschwunden geglaubte Schöpfmethode ist auch noch nach 1970 in regem Gebrauch. Sie liefert zu dieser Zeit sogar ca. 90% der bekannten Werte. Nur 10 % wurden mit der Maschinenkühlwassermethode gemessen und nahezu genau so viele Messwerte sind ohne Angabe der Methode gemacht. Deren Werte sind also unbekannt. Parker et. al stellen dann fest [PARKER, 1994] (S 375) : *We have not applied instrumental corrections to SST data from January 1942 onward, though we recognize that future research may specify the need for this (Folland et al., 1993; Kent et al., 1993). Any future corrections to recent data could affect the earlier corrections, because the latter are calculated relative to the average characteristics of uncorrected data for 1951-1980.*

Diese große Unsicherheit in der Fehlerabschätzung der bestimmenden Meerestemperaturen veranlassten den Autor diese Fragen direkt, mit einigen der oben genannten Experten, zu klären. Nach Kontaktaufnahme mit ihnen (alles Leitautoren der IPCC Berichte zur Bestimmung der Globaltemperatur, insbesondere des Chapters 3 der Working Group I des 4. Sachstandsberichtes von 2007 (AR4) [Trenberth and B. Soden and P. Zhai, 2007]) wurde klar, dass sie einzelne Fehlerarten zwar grob untersucht hatten, und dafür auch kleinere Korrekturen vorschlugen, heute jedoch eine völlig andere Art der Fehlerkorrektur bevorzugen. Sie sind wie zuvor auch schon in Kapitel 3.4.7 erwähnt, jetzt der Auffassung, wegen des ausschließlichen Rechnens mit Anomalien, müsse man auf diese Fehler keine Rücksicht nehmen, solange die errechneten Trends der Anomalien eng miteinander korrelieren.

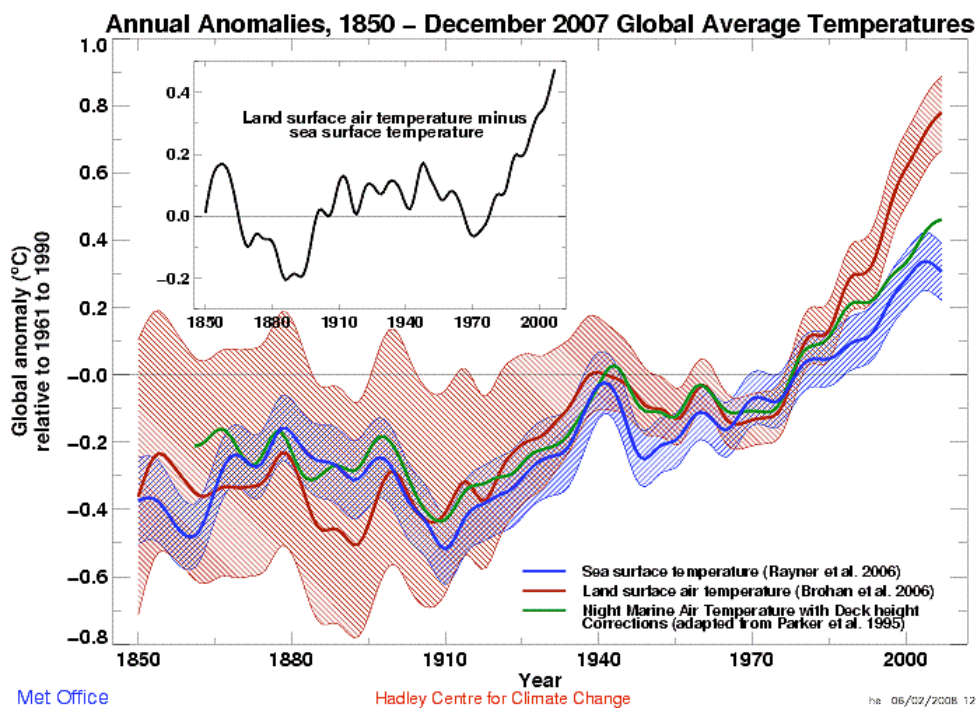


Abbildung 32: Zeitreihe der Anomalien aus SST, Landtemperaturen LAT und NMAT nach Brohan, angepasst von Parker et. al)

Man könne also, unabhängig von der physikalischen Quelle dieser Anomalien⁷⁰ und der Größe ihrer Fehler, diese verwenden, sie miteinander in Beziehung setzen, addieren, subtrahieren etc. um zu neuen Trendaussagen zu kommen. Ob diese Annahme haltbar ist, wird im Folgenden untersucht.

Die errechneten Anomalien⁷¹ sind Differenzen von verschiedenen Mittelwerten. Sie sind also ihrerseits Rechenwerte, welche aus den einzelnen lokalen Messwerten nach vielfältigen, anfangs häufig verschiedenen, Verfahren (Modellen) ermittelt, gewichtet, ggf. korrigiert, örtlich verschoben (gridding) und schlussendlich vom jeweils betrachteten „WMO Mittel“ der zugehörigen Station, bei Seemessungen des zugehörigen Planquadrates, abgezogen werden. Dieses „WMO Mittel“ ist nach WMO Übereinkunft der **Mittelwert der lokalen** Zeitreihe **aller Werte** der Periode von 1961 bis 1990. Enthält somit, in verdichteter Form, alle Messwerte mitsamt ihren Fehlern.

Wie aber kann festgestellt werden, welche Anomalien die Richtigen für einen Vergleich sind? Ist die Anomalienreihe der SST im Vergleich zur Anomalienreihe der NMAT die Richtige? Dieser Auffassung sind jedenfalls die Autoren Parker und Jones, wie sie in Mails an den Autor schrieben. Parker schickte als Beleg dazu die Abbildung 33 und schrieb dazu: „I agree that SST has major physical differences from air temperature. But one aim of our blended data is to give an indication of the state of global warming, and this is better done using SST rather than NMAT because the quality of the SST data is better, even though NMAT is more physically compatible with land surface air temperature than is SST. Fortunately, over the vast proportion of the oceans, away from coasts, SST and NMAT are highly correlated. The global SST anomaly (blue) and NMAT anomaly

⁷⁰ private Email eines Leitautors des IPCC an den Autor vom 2.6.09 : „..... **Think in ANOMALIES and not absolute temperatures.**“ Anderer Autor selbe Zeit: *The calculations are all done using anomalies (relative to 1961-1990 climatology), substantially avoiding the problem you raise regarding temperatures below zero.*

⁷¹ Zum besseren Verständnis: Diese Anomalien werden gebildet, in dem die einzelnen akzeptierten lokalen Mittelwerte errechnet werden (vom lokalen Tagesmittel zum lokalen Monatsmittel bei Landmessungen; von lokalen Tagesmitteln gelegentlich über lokale Pentadmittel – 5 Tagesmittel- zu lokalen Monatsmitteln im Planquadrat bei Seemessungen, schlussendlich zu Jahresmitteln verdichtet). Diese werden dann gewichtet für das jeweilige Planquadrat und vom lokalen „WMO-Normal“ (Mittelwert des Ortes oder des Planquadrates über die WMO Klima-Periode von 1961 bis 1990) abgezogen. Mehr Details dazu im Anhang über Anomalien.

(green) curves in the attached plot illustrate this.“ In Abbildung 32 sieht man den Verlauf der SST (blau) und der Landtemperatur LAT (rot) und die NMAT grün. Alle zeigen den gleichen Verlauf, wenn auch mit unterschiedlicher Steigung. Diese Darstellung wirkt in der Tat überzeugend, da alle Temperaturtrends unabhängig vom Messverfahren und der Messqualität in die gleiche Richtung laufen.

Selbst dann, wenn man erst einmal davon absieht, dass die dort dargestellte Messunsicherheit, anders als in Abbildung 1 dargestellt, in den Jahren bis 1940, ein Mehrfaches der zuvor angegebenen Messunsicherheit beträgt⁷². Man erkennt außerdem deutlich, dass die Temperaturanomalien der SST sich in enger Korrelation mit der LAT (land surface temperature LAT) fast gleichförmig nach oben entwickeln. (Die Kurven enden 2008). Ruft man sich jedoch die Art und Weise ins Gedächtnis zurück, auf welcher Datenbasis diese Kurven berechnet wurden, dann fällt folgendes auf: Die Flächendeckung (spatial coverage) der SST, NMAT und MAT Daten ist fast ausschließlich auf die Schifffahrtslinien beschränkt (s. Abbildung 24) und daher ausgesprochen dünn. Für die zeitliche Dichte gilt dies ebenso. Die fehlenden Daten werden errechnet, indem diese für die leeren Gitterpunkte (-Flächen) aus den bekannten Datensätzen interpoliert werden. In vielen Fällen jedoch, mangels Nachbarmesswerten, ist dies nicht möglich, deshalb werden sie extrapoliert. Dazu verwendet man u.a. die Methode der Verwendung der Daten des nächsten Nachbarn. D.h. man nimmt die Temperaturentwicklung der nächsten Nachbarstationen, sofern diese keine Ausreißer (Outlier) enthalten, und berechnet damit den fehlenden Wert. In einer Struktur, bei der fehlende Messstationen die Ausnahme sind, und ein dichtes Netz von intakten, gut gewarteten Stationen existiert, ein plausibles und vernünftiges Verfahren. Im Falle der Seetemperaturmessung jedoch, wie auch in ähnlichen Situationen bei der Landtemperaturbestimmung, führt diese Methode zwangsläufig dazu, dass die fehlenden Werte an die vorhandenen Werte, mit all ihren Mängeln incl. dem schiffseigenen UHI, angeglichen werden. Dieses haben z.B. Pielke et. al [PIELKE SR. and HUBBARD, 2007] S 919 für vergleichbare Korrekturen bei der Untersuchung der US-Landmessstationen nachgewiesen. Besser wäre es daher, unabhängige Messungen zum Vergleich heranzuziehen. Messungen, die wohl eigene Besonderheiten haben, aber unabhängig von den Vergleichswerten sind und außerdem eine wesentlich dichtere Flächen- als auch Zeitabdeckung besitzen.

Diese Messungen gibt es, wenn auch erst seit 1979. Es sind die Satellitendaten der unteren Troposphäre⁷³, die in einer Aufteilung über Land und See, global sowie für die Nord und Südhalbkugel getrennt, verfügbar sind. In Abbildung 33 werden diese Daten den SST und NMAT Trend-Daten gegenüber gestellt.

⁷² Details dazu Siehe auch (Brohan 2006)

⁷³ Quelle: Universtiy of Alabama Huntsville MSU Daten per April 2009 <http://vortex.nsstc.uah.edu/data/msu/t2lt/uahncdc.lt>

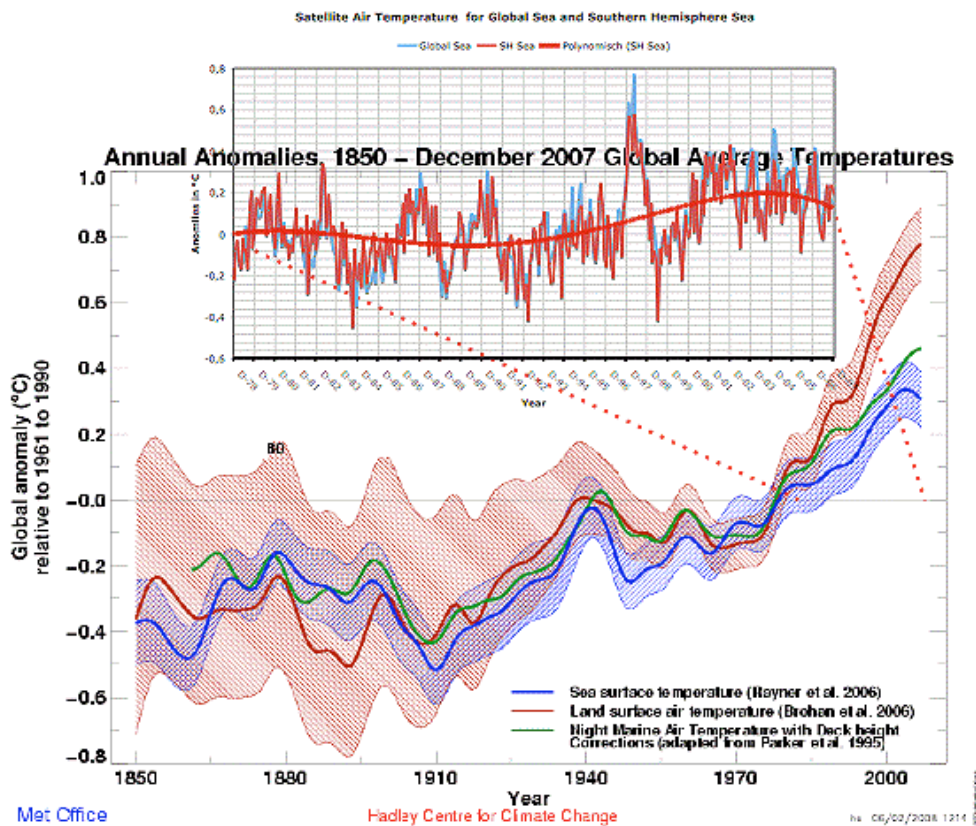


Abbildung 33: Vergleich von Satellitenanomalien Global und Südhalbkugel für die Zeit von 1979 bis 2007 (Kasten) mit den Anomalien der SST und NMAT. Rot (Kurve oben) sind die Anomalien für die Südhalbkugel über See, blau sind Werte für die Globaltemperatur, ebenfalls nur über See. Rot (dicke Linie) ist die polynomische Glättung 5. Grades der SH-Sea Temperatur. Es fällt auf, dass keine enge Korrelation, weder bei Steigung noch Verlauf – besonders bei dem starken Anstieg der SST/NMAT Daten-erkennbar ist.

In Abbildung 33 ist deutlich zu erkennen, dass für den Zeitraum von 1979 bis zum Ende der Kurve vom Hadleycenter 2007 keine nennenswerte Korrelation existiert. Der steile Anstieg wird vom Satellitentrend nicht gezeigt, im Gegenteil, die Werte sinken bis 1996 leicht real und bis 1990 in der Glättung. Erst ab der (dem außergewöhnlichen El Niño Ereignis zugeschriebene) Spitze von 1998 zeigen die realen Werte überhaupt einen Anstieg. (Durch die verwendete Glättung beginnt dieser Anstieg bereits 1994). Eine weitere Überprüfung ermöglichen die Arbeiten von Christy et.al. [Christy, 2001], die das seit 1979 bestehende Netz von festverankerten Bojen in den Tropen mit Doppeltemperaturmessungen für ihre Untersuchung verwendeten. Diese haben den Vorzug, dass sie die SST in 1 m Tiefe durchgehend 24 stündlich messen und in 3 Meter Höhe die Lufttemperatur MAT bzw. NMAT.

Sie stellten fest, dass die Lufttemperatur einen signifikant geringeren Trend aufwies, als die Seetemperatur. Dieser war von 1979 bis 1999 sogar leicht negativ mit $-0,06$ °C/Dekade, während die SST einen positiven Trend von $+0,13$ °C/Dekade aufwies. Auch dies ist ein klarer Hinweis darauf, dass die Extrapolation von SST Daten zu Verfälschungen führt und nicht einfach als Ersatz für fehlende MAT oder NMAT Daten benutzt werden kann. Über Land werden manche ermittelten Zeitreihen, sofern möglich, auf Inhomogenitäten untersucht. Findet man Inhomogenitäten, und dies setzt erhebliches detektivisches Gespür, Geduld, Können und Zeit voraus, d.h. signifikante Abweichungen, die systematische Fehler vermuten lassen, dann müssen diese Zeitreihen korrigiert (im meteorologischen Sprachgebrauch „homogenisiert“) werden bevor sie weiter verarbeitet werden können. D.h. sie werden als absolute Werte mit den Werten einer als fehlerfrei angesehenen Zeitreihe verglichen, d.h. voneinander abgezogen. Stimmen beide Zeitreihen dann 1:1, d.h. ohne den gesuchten Fehler überein, bleibt als Restterm dieses Vergleiches nur der Fehler in seinem Verlauf übrig. Er kann dann zur Korrektur verwendet

werden. Stimmen beide nicht exakt überein, und das ist der Normalfall, bleibt eine Restdifferenz zusätzlich zum Fehler übrig und verfälscht mehr oder weniger stark das Ergebnis. Dieses wird aber in der Praxis oft nicht erkannt. Es kann schwerlich unterschieden werden, was Signal bzw. was Fehler ist. Die Konsequenz daraus ist, dass in diesem Fall mit der Homogenisierung der fehlerhaften Zeitreihe **Größe und Verlauf der Referenzzeitreihe aufgeprägt wird. Ihre Bestimmung wird damit wertlos. Das evtl. vorhandene Signal verschwindet.**

Im Anhang 2 über die Anomalienberechnung wird ausführlich auf die dafür verwendete Mathematik und Schwierigkeiten eingegangen. Ein wichtiges Ergebnis daraus ist: Es ist nicht zulässig Anomalien von unhomogenisierten Zeitreihen zu mitteln, in der Annahme, dass durch die Mittelung systematische und grobe Fehler herausfallen. Das ist nicht der Fall. Siehe u.a. auch Böhm [Böhm, 2009]⁷⁴. Sie werden zwar u.U. kleiner wenn nur wenige Zeitreihen diese Fehler enthalten (wie z.B. Wechsel der Instrumente, andere Durchschnittswertbildung, Verschiebung des Messortes, Veränderung der Umgebung, Unterlassung der Ablesung etc.), aber sie verschwinden nicht, sondern bleiben **durchweg erhalten**. Im Anhang 2 „Zur Anomalienbildung von Jahresmitteltemperaturen“ wird dies beispielhaft gezeigt.

3.9. Andere mögliche Ursachen des globalen Temperatur-Anstiegs

Die Autoren McKittrick et. al. [McKittrick, 2007] gehen dieses Problem, der richtigen oder falschen Fehlerbestimmung, von einer ganz anderen Seite an. Sie argumentieren: Wenn, so wie das IPCC bzw. seine Autoren behaupten, alle anthropogenen und sonstigen Verfälschungen beim Trendverlauf der globalen Mitteltemperatur herausgerechnet worden seien, oder diese so klein seien, wie der unübersehbare UHI, dann dürften sozio-ökonomische Einflüsse in den berechneten korrigierten Trends der Landtemperaturen nicht mehr aufzufinden sein. Es dürften demnach nur die bekannten „Forcings“ wirken, darunter das des anthropogenen CO₂. Sie machten dazu die Probe auf Exempel. Als Nullhypothese ihrer Überprüfung nahmen sie an, dass die veröffentlichten, räumlichen Muster der Temperaturtrends keinerlei Korrelation mit gut messbaren sozio-ökonomischen Größen aufweisen dürften, weil herausgerechnet oder unerheblich. Damit sind sie, zumindest statistisch betrachtet, nicht signifikant. Diese Annahme wird durch die oben zitierten Studien und noch einige mehr sehr klar festgestellt. Siehe auch IPCC Bericht des AR4 WG 1; Chapter 3: [Trenberth and B. Soden and P. Zhai, 2007].

Als Einflussgrößen für ihren Vergleich wählten sie das Bruttosozialprodukt, die Bevölkerungszahl und -dichte, das durchschnittliche Einkommen und andere nichtklimatische Größen. Ihr Ergebnis ist sehr deutlich. Für die Nullhypothese, dass diese Einflüsse herausgerechnet wurden, besteht die extrem geringe Wahrscheinlichkeit von $1:7 \times 10^{14}$. Mit anderen Worten, sie fanden einen klaren Beleg dafür, dass die nichtklimatischen, anthropogenen Einflüsse eine tiefe Spur bei den beobachteten Temperaturtrends über Land hinterlassen, mindestens aber zur Hälfte den beobachteten Anstieg verursachen. Das bedeutet u.a., dass die Korrekturversuche der weiter von den genannten Autoren für z.B. der Herausrechnung des UHI nicht gelungen sind. Das ist auch deshalb nicht verwunderlich, weil, wie gezeigt, es kein durchgängiges und einfaches Rezept zur Bestimmung dieser Einflüsse

⁷⁴ Zum Thema der Homogenisierung: Seite (12)- 156: *Das oft gehörte Argument, dass bei Verwendung genügend vieler Einzelreihen die Inhomogenitäten in der Mittelreihe als „random effect“ verschwinden würden, ist nicht zutreffend. Es gibt sehr wohl systematische Inhomogenitäten, die auch größere Gebiete betreffen“*

(z.B. durch Korrelation mit der Bevölkerungszahl von Dörfern, Städten und Regionen) gibt.

Das IPCC zitierte in seinem Vorentwurf (Draft) zum 4. Bericht (AR 4)⁷⁵ die Ergebnisse von McKitrick et. al., verwarf sie aber als nicht anwendbar. Mit der Begründung, dass die registrierte Erwärmung stattdessen durch eine plötzliche arktische Oszillation herbeigeführt worden sei, und nur reagiere wegen der größeren Empfindlichkeit der Landtemperatur (gegenüber der Seetemperatur) auf die Treibhausgasantriebe. Diese Begründung ist aber nicht haltbar. Sie geht u.a. deswegen am festgestellten Sachverhalt vorbei, weil die Autoren sich ausdrücklich auf Landdaten beziehen und nicht auf Seedaten. Ferner wird vom IPCC hier erstmals erwähnt, dass die beobachtete Erwärmung auch natürliche Ursachen (Arktische Oszillation) haben könnte. Das ist neu. Die erwähnte Arktische Oszillation ist jedoch nur lokales ein arktisches Phänomen, welches langfristig das Wetter dort bestimmt. Sie spielt sicher eine Rolle in der Temperaturentwicklung der letzten Dekaden der Arktis, aber nicht für die ganze Welt. Eine stimmige und glaubhafte Widerlegung ist diese Erwiderung daher nicht.

Peterson [PETERSON, 2003] fand in seiner Studie heraus, dass der systematische Fehler der schwankenden Ablesezeit (time-of observation bias) für 2/3 der ursprünglich beobachteten Differenzen zwischen ländlichen und urbanen Stationen verantwortlich ist. Daraus kann man folgern, dass viel mehr Quellen fremder (nichtklimatischer) Einflüsse aus den homogenisierten Daten entfernt werden müssen, als bisher versucht, um die Messwerte richtig zu homogenisieren. Die schon oft zitierte Arbeit von A. Watts [Watts, 2009] gibt dafür viele mögliche Beispiele. Ein anderer bedeutender Grund dafür ist, sehr wahrscheinlich, die Schließung vieler aktiver Wetterstationen seit den 80 Jahren. Besonders auffällig ist der abrupte Abfall der Zahl aktiver Stationen, um mehr als die Hälfte (und dies insbesondere in ländlichen Bereichen), durch den Zusammenbruch der Sowjetunion um 1990, innerhalb von nur 4 Jahren.

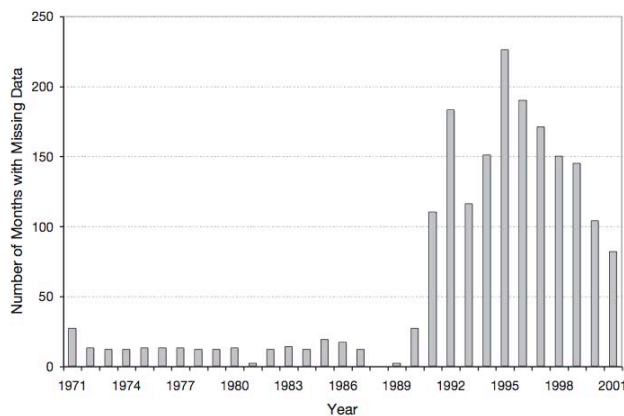
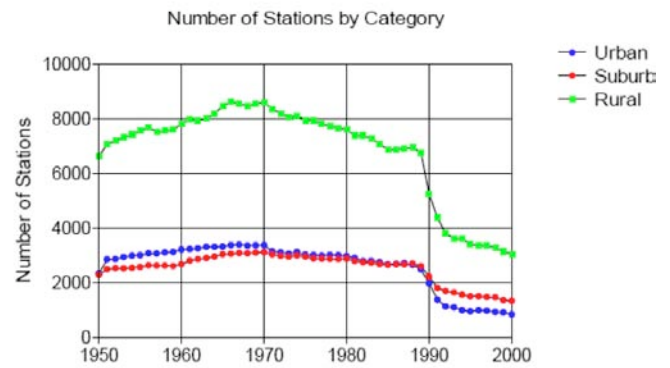
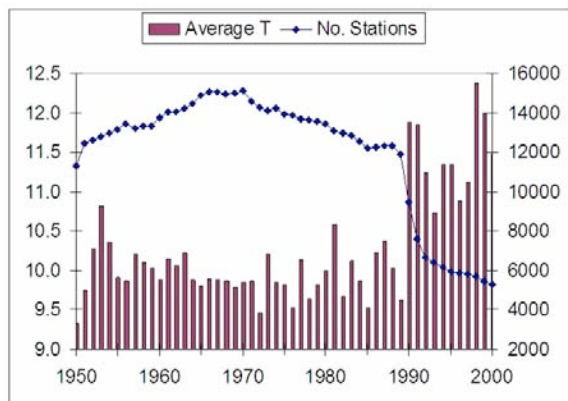


Abbildung 34: Anzahl der fehlenden Monate im Jahr, für die Zeit von 1971 bis 2001 der UDSSR Wetterstationen

Die Abbildung 34 aus McKitrick et. al [McKitrick, 2004] zeigt eine sehr wahrscheinliche Ursache für den beobachteten Temperaturanstieg. Aufgezeichnet sind darin die fehlenden Monate in denen keine Temperaturdaten von jeweils einer der 110 Stationen der früheren Sowjetunion, die normalerweise kontinuierlich an das GISS berichten, gemeldet wurden. Noch deutlicher wird dieser Zusammenhang in den folgenden Abbildungen dargestellt.

⁷⁵ AR 4 Chapter 3 Second Draft Review Comments, line 3-453, Quelle **Background Discussion On: *Quantifying the influence of anthropogenic surface processes and inhomogeneities on gridded global climate data*** Ross R. McKitrick, Patrick J. Michaels



(Station count represent every station reported by GHCN - analyses above from Jonathan Drake.)

Abbildung 35: Anzahl der weltweiten Wetterstationen (links).

Position und Anzahl (rechts) der dem GHCN gemeldeten Stationen. Aufgeteilt in rural/ländlich und urban, bzw. suburban. Man erkennt den starken Abfall seit 1989/1990 insbesondere im ländlichen Bereich (einer der Gründe Zerfall der Sowjetunion). Hinweis: Die Zahl der Stationen ist deutlich höher als Peterson (1997) und Jones berichten, weil hier die Gesamtzahl der meldenden Stationen, oft mit Mehrfachnennungen, erfasst ist. Darunter befinden sich aber die meisten, deren Daten aus den verschiedensten Gründen nicht berücksichtigt werden. Quelle [D'Aleo, 2009].

Die Grafik links in Abbildung 35 wurde von McKittrick aus Daten der NOAA Datenbank⁷⁶ erstellt. Die Daten dort sind nach dem 3 Kategorien „Urban, suburban and rural“ verfügbar. Die Datenreihe der Durchschnittstemperatur wurde daraus mit der gewichteten Anzahl der Stationen in jeder Gruppe erstellt.

Diese Angaben nach NOAA zeigen damit einen sehr ähnlichen Verlauf wie die Daten (s. auch Abbildung 23) von Peterson et. al. [PETERSON, 2003], doch ist die dort betrachtete Zahl an Messstationen, wegen der strengerer Auswahlkriterien und anderer Selektionsgründe, um etwa 2/3 kleiner. Sie zeigen aber ebenfalls den rapiden Abfall um 1990 mit zeitgleichem kräftigen Anstieg der Globaltemperatur T^* um fast $0,5^\circ\text{C}$. Es fällt außerdem auf, dass die so ermittelte Globaltemperatur nur zwischen $10,5^\circ\text{C}$ und $12,5^\circ\text{C}$ liegt, deutlich tiefer, als die von Jones genannte Größe von 14°C . Ein Grund wird dafür nicht genannt.

Wie aus den Abbildungen 34 und 35 ersichtlich, sind die beobachteten Trendverläufe eng mit der Zahl der urbanen wie ruralen Stationen korreliert, und hängen somit von der Qualität der verwendeten Daten ab. Der kräftige Anstieg der Globaltemperatur seit 1989, den die Land- und Seemessungen der Temperatur T^* zeigen, lässt sich z.B. problemlos mit dem Verschwinden eines großen Teiles des Messnetzes erklären, verschwunden aus Regionen, die überwiegend ländliche und damit niedrigere Messwerte lieferten.

Es sei in Erinnerung gerufen, dass sich die vorliegende Arbeit nur mit der Fehlerbetrachtung der Beobachtungen zur Temperatur und des weiteren, mit denen des Meeresspiegels und deren Auswirkungen befasst. Deswegen werden auch keine Untersuchungen dazu gemacht, welche externen Einflüsse zusätzlich auf die Globaltemperatur Einfluss nehmen könnten. Zu nennen wären da, neben den vermuteten anthropogenen, insbesondere solare Einflüsse, die über sehr unterschiedliche Prozesse wirken.

⁷⁶ Quelle: <http://www.uoguelph.ca/~rmckitri/research/nvst.html>
dort siehe <http://www.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/res40.pl?page=ghcn.html>, mit Suchkriterium 'All stations'.

3.10. Schlussfolgerungen zur Arbeitsthese 1-1

Wie in den vorangegangenen Kapiteln gezeigt, ist die genaue Bestimmung der globalen Temperatur für klimatologische Zwecke keine triviale Angelegenheit. Es zeigt sich, dass neben den zum großen Teil minimierbaren zufälligen Fehlern, eine große Palette grober und systematischer Fehler existieren, die eine Verwendung der erfassten Daten für eine klimatologische Globalanalyse als problematisch erscheinen lassen.⁷⁷ Diese Fehler sind systematischer Art: Die größeren unter ihnen werden in der folgenden Auflistung betrachtet.

1. Erheblichen Einfluss scheint die Zahl der Messstationen und ihre Verteilung über die Fläche und der Zeit zu haben. Der aus ihren Daten ermittelte Temperaturgang zeigt eine deutliche Korrelation, beobachtet bei Landstationen (Abbildung 35), mit deren Zahl. Die daraus resultierende Abweichung liegt, nach den Angaben von NOAA, bei + 0,5 bis 0,6 °C. Bedenkt man ferner, dass nicht nur die Zahl der Messstationen rückläufig war, sondern dieser Rückgang in der großen Mehrheit rurale Stationen außerhalb von größeren Städten und Dörfern betraf, dann zeigt sich, dass in erster Linie urbane, also durch sozi-ökonomische Einflüsse gestiegene höhere, Temperaturen gemessen wurden. Nicht aber die ursprünglich gesuchte „wahre“ Temperatur, ohne sozi-ökonomischen Einfluss.
2. Die verschiedenen Algorithmen zur Mittelwertbildung verfälschen die Mittelwerte ebenfalls. Wie berichtet, wurden weltweit über 100 arithmetische Mittelwertbildungen eingesetzt. Mit Schwerpunkten bei den Methoden wie den nach Mannheimer Stunden, dem Wild'schen 6 h Turnus und die Max/Min Methode. Es ist richtig, dass sich der dadurch verursachte Fehler, bei großen Datenkollektiven, im Trend der Anomalien verringert. Dies gilt insbesondere für höhere Breitengrade und wolkenreiches Wetter. Er gleicht sich aber nicht aus. In tropischen und subtropischen Breiten und an Strahlungstagen in allen Breiten, kann der Fehler sogar 1 bis 2 °C betragen. Trotz Mittelung und Anomalienbildung hat er, anders als von vielen angenommen, immer noch eine Größenordnung von ca. + 0,4 °C (s. Abbildung 19 und 20) eher darüber.
3. Die Bildung allein von Mittelwerten vieler Anomalien (s. Anhang 2 über Anomalien) führt nicht zu einer Kompensation vorhandener systematischer und grober Fehler, wie bisher oft geglaubt. Sie vermindert zwar sporadisch vorkommende systematische und grobe Fehler, stellt sie jedoch nicht auf Null. Im Gegenteil, das Vorhandensein dieser Fehler beeinflusst, wenn auch geringfügig, den Mittelwert der Referenztemperatur. Aber zusätzlich und deutlich stärker, wird die Steigung und Abweichung des berechneten Trends beeinflusst. Sie beeinflusst nicht die Oszillität, solange die Fehler selber keine Oszillationen zeigen. Sie beeinflussen nur in geringem Maße die Abweichungsunterschiede selber. Mittels Homogenisierung lässt sich dieses Problem nur dann vermeiden, wenn die Referenzreihe und die zu korrigierende Reihe ziemlich eng (ohne den gesuchten Fehler) übereinstimmen. Nur dann lässt sich die Fehlerreihe isolieren und ihre Werte können zur Korrektur verwendet werden. Dies erfordert in aller Regel einen sehr hohen, vielfach nicht zu leistenden, Aufwand. Dazu noch die genaue Kenntnis von Metadaten, die sehr häufig nicht vorliegen. In allen anderen Fällen bleibt bei dieser Methode neben dem gesuchten Fehler ein Restwert aus

⁷⁷ Zur Beschreibung der Art der Ungewissheiten (Fehler) verweist Brohan et. al 2006 [Brohan et al. 2006] auf die philosophische Definition dieses Begriffes durch den ehemaligen Verteidigungsminister der USA Donal Rumsfeld und macht sie sich zu eigen: „*There are known knowns. These are things we know that we know. There are known unknowns. That is to say, there are things that we now know we don't know. But there are also unknown unknowns. These are things we do not know we don't know.*“ [Brohan et al. 2006] erläuternd schreiben Brohan et. al: „*A definitive assessment of uncertainties is impossible because it is always possible that some unknown error has contaminated the data, and no quantitative allowance can be made for such unknowns. There are, however, several known limitations in the data, and estimates of the likely effects of these limitations can be made (Defense secretary Rumsfeld, press conference June 6, 2002, London)*“

der Differenz der Reihen übrig. Am geringsten scheint er zu werden, wenn Differenzen der Anomalien der Vergleichswerte zur Korrektur verwendet werden. Bei einfacher Subtraktion der Absolutwerte der verglichenen Reihen und anschließender Korrektur, bekommt die fehlerhafte Reihe die Werte der Referenzreihe aufprägt. Ihr eigenes Signal verschwindet.

4. Die höhenbedingte Abweichung der Temperaturmessungen zu Lande, auf Grund verschieden hoher Messhütten, bei unbeeinflusster windstillen Lage, folgt, nach Geiger [GEIGER, 1950] (und K. Brocks) einem doppelt logarithmischen Gradienten. In Mitteleuropa kann er, für sich allein genommen, je nach Mittelwert- und Anomalienbildung, ein Differenz von ca. $-0,05$ bis $-0,5$ °C erzeugen. Je tiefer eine Messstation, bezogen auf den Boden, liegt, desto höher i.A. die Temperatur. Jedoch ist er zusätzlich stark von der sich u.U. schleichend verändernden, meist gegenläufig wirkenden Bodenbeschaffenheit abhängig und kann deshalb leicht einen Wert von $+1$ K und darüber haben. Siehe Tabelle 2 und Abbildung 12 (mit den Angaben über die Messhöhe der vorhandenen Messstationen, und dem Einfluss des Bodenbelages). Auch auf See ist er von der lokalen Höhe der Messstation abhängig. Anders als bei Landstationen ist diese nicht fest, sondern von der Schiffsgröße und -Beladung abhängig. Bei nicht ungewöhnlichen 20 m Brückenhöhe betrüge er dann ca. $-0,1$ °C. Hinzu käme der gegenläufige Bodenfehler. Über die Brückenhöhe sagen die verfügbaren Metadaten wenig bis nichts aus. Messhöhen von 20 m und her sind heute keine Seltenheit mehr. Die fast ausschließliche Verwendung der SST statt der erforderlichen Lufttemperatur, verschiebt diesen Fehler im Durchschnitt weiter ins Positive, weil die SST im Mittel etwa $0,2$ °C wärmer sein sollte als die Luft. Bei Lufttemperaturen unter -2 °C, normal bei (den wenigen) Wintertemperaturmessungen in höherer nördlicher und südlicher Breite, liefert die SST deutlich zu hohe Werte (evtl. ein Grund für den gezeigten Anstieg der SST in Abbildung 34). Das heißt bei Verwendung der SST werden die Temperaturwert ins Positive verschoben.
5. In Wetterhütten bzw. Wetterstationen wird nie die wahre Lufttemperatur, weder zu Land noch auf See ermittelt, sondern eine fast immer zu hohe Hüttentemperatur. Diese liegt um einige Zehntel bis mehrere Grad über der wahren Lufttemperatur. Die Konsequenz allein daraus ist, dass die „wahre“ vermutete Mitteltemperatur der Erde T^* deutlich kleiner sein muss, als angegeben. Sie ist vermutlich um -1 bis $-1,5$ °C niedriger als der bisher angenommene globale Mittelwert. Leider gibt es für diesen Wert unterschiedliche Zahlenwerte. Kiehl et. al [Kiehl 1997] setzen die globale Mitteltemperatur auf 15 °C (288 K) und verwenden diesen Wert für Ihre energetischen Zuordnungen zu den verschiedenen Komponenten des mittleren Energiebudgets der Erde. Dabei unterstellen sie, dass die Erde ein schwarzer Körper sei⁷⁸ und errechnen so den Energiefluss der Abstrahlung mit 390 Wm^{-1} . Im SPM des IPCC AR4 (Fig SPM 3) wird für 1850 ein Wert von $13,65$ °C gezeigt und für 2000 ein Wert von $14,4$ °C. Jones et al. vermuten die „wahre Globaltemperatur,, bei $14,0$ °C auf der Südhalbkugel bei $13,4$ °C und auf der Nordhalbkugel bei $14,6$ °C. [Jones, 1999]. Das Goddard Institute of Space Science (GISS) umgeht die Bestimmung der Mitteltemperatur aus Messwerten und verweist nur auf Modelle. Dazu schreibt man auf seiner Fragen und Antwortseite⁷⁹ unter den Titel „*The Elusive Absolute Surface Air Temperature (SAT)*“ in deutsch: „*Die schwer fassbare absolute Oberflächentemperatur*“... „*For the global mean, the most trusted models produce a value of*

⁷⁸ p 201; Kiehl and Trenberth 1997: ...Emission from the surface is assumed to follow Planck's function, assuming a surface emissivity of 1. Siehe Tabelle 2 Longwave radiation Flux at the Surface SRF F_u bei Clear and Cloudy Sky. Fig 7 p 206 zeigt 390 Wm^{-1} ; entspricht \varnothing von 15 °C auf der Oberfläche. Dieselbe Zeichnung mit derselben Angabe findet sich auch im IPCC Report Climate Change 2007

⁷⁹ http://data.giss.nasa.gov/gistemp/abs_temp.html

roughly 14 Celsius, i.e. 57.2 F, but it may easily be anywhere between 56 and 58 F (12.8°C to 14.4°C) and regionally, let alone locally, the situation is even worse.“

6. Die Mess- und Ablesefehler (im Mittel über lange Zeit) der lokalen Stationen liegen im Bereich von $\pm 0,1$ °C und mehr.⁸⁰
7. Ganz erheblich, weil fast dominant, wirken die systematischen (manchmal auch groben) Fehler des nicht herausrechenbaren Wärmeinseleffektes UHI. Wie die vorliegende Arbeit gezeigt hat, manifestieren sie sich auf vielerlei Weise. Sie verschieben die lokale Temperatur um div. Zehntel bis mehrere Grad °C nach oben und addieren sich auf die gesuchten „wahren“ Temperaturwerte auf. Die Versuche den UHI mittels komplizierter Korrekturmethode im Bereich von nur 0,05 °C bis 0,1 °C herauszukorrigieren, müssen als verfehlt bezeichnet werden. Seine gemittelte Größenordnung liegt vermutlich bei mindestens +0,2 ° bis +0,4K, bzw. eher darüber.⁸¹
8. Nicht betrachtet wurden in dieser Untersuchung die sog. Samplingfehler, also Fehler die entstehen wenn die Datenkollektive nicht zahlreich genug, zu grob im Flächen oder im Zeitraster, oder bei der Digitalisierung Fehler gemacht wurden.
9. Nicht betrachtet wurden auch die Zeitfehler der Ablesung (TOB) Time of Observation Bias.

3.10.1. Zusammenfassung zu Arbeitsthese 1-1

Es scheint nach dem Vorstehenden nicht mehr möglich, die Aussage aufrecht zu halten, dass die Zeitreihe der Globaltemperatur nach Hadley (und IPCC) mit einer Genauigkeit, ausgedrückt als Unsicherheit im 5 % Bereich, bei nur $\pm 0,1$ °C (von -0,09 bis +0,11 °C, bis Jahr 1905 bis $\pm 0,08$ °C bis Jahr 2005) liegt. Viel wahrscheinlicher ist ein Fehler von mindestens der Größenordnung des gesamten Temperaturanstiegs, also ca. 0,5 – 0,7 °C. Es spricht sehr viel dafür, dass er sogar noch deutlich größer ist. Am Beginn der Zeitreihe dürfte der Fehler noch deutlich höher liegen, um dann in Richtung heutiger Zeit leicht abzunehmen. Diese Fehlerspanne wird noch dadurch vergrößert, dass die Korrekturen, die z.B. die NASA auf Grund ihrer Beobachtungen der beschriebenen systematischen Fehler durchgeführt hat, überwiegend nach oben, also in Richtung größerer Erwärmung⁸², wirkten. Sie waren aber bereits vorher zu hoch. Richtig wäre deshalb eine Korrektur nach unten gewesen.⁸³

Auch ist nicht zu erwarten, wegen der erfolgten Richtungsänderungen einiger grober und systematischer Fehler über die Zeitreihe, dass die wahrscheinlichste Globaltemperatur T* immer mittig im Fehlerband liegt. Sie kann sehr wohl sowohl nach oben, als auch nach unten verschoben verlaufen. Wo genau wäre zu untersuchen.

⁸⁰ Jürgen Pelz „Anmerkungen zur Prüfung von Daten und Ergebnissen von Modellrechnungen unter Verwendung der Statistik und der „Informationstheorie“ Beilage zur Berliner Wetterkarte vom 7.12.1995; S. 5 „Will man beispielsweise die Tagesmitteltemperatur auf $\pm 0,1$ K genau ermitteln, darf der Abstand der Messungen nicht grösser als 15 Minuten sein. Genügt eine Genauigkeit von ± 2 bis 3 K, reichen die Klimatermine.“ [Pelz, 1995b]

⁸¹ Siehe auch: <http://www.john-daly.com/graytemp/surftemp.htm> Literaturverweise eben dort, aufgeführt in Tabelle 10

⁸² Siehe auch: Positive and Negative Urban Adjustments by Steve McIntyre on March 1st, 2008, <http://www.climateaudit.org/?p=2815>

⁸³ Die verantwortliche CRU verweigerte den Zugriff externer Wissenschaftler auf seine Daten und Methoden mit der offiziellen Begründung: *Some of the information was provided to Professor Jones on the strict understanding by the data providers that this station data must not be publicly released and it cannot be determined which countries or stations data were given in confidence as records were not kept.* Und einer privat nachgeschobenen Begründung von P. Jones an W. Hughes: *.. Even if WMO agrees, I will still not pass on the data. We have 25 or so years invested in the work. Why should I make the data available to you, when your aim is to try and find something wrong with it.*“ Quelle: <http://wattsupwiththat.com/2009/07/24/uk-met-office-and-dr-phil-jones-pay-no-attention-to-that-man-behind-the-curtain/#more-9546>. Inzwischen hat man sich aber bereit erklärt, ausgewählte „Subsets“ dieser Daten zur Verfügung zu stellen.

Wegen der in jüngster Zeit stark angewachsenen Zweifel an der Richtigkeit der vorgestellten globalen Temperaturberechnungen hat nun das federführende britische Met-Office am 24.2.2010 angekündigt, diese Datensätze und die dafür verwendeten Berechnungsmethoden, einer umfassenden Überprüfung zu unterziehen.⁸⁴

Die Arbeitsthese 1-1- wäre damit bestätigt.

Als wichtiges Nebenresultat ergibt sich, dass auch die Festlegung einer globalen Bezugs- und Mittel-Temperatur mit 14°C, auf Grund der ständigen Überhöhung der gemessenen Temperatur, nicht haltbar ist. Sie dürfte, wenn sie denn berechnet werden soll, eher bei 12 ° bis 13°C liegen, als bei 14°C oder gar 15°C.

3.11. Zu Arbeitsthese 1-2

Die Globaltemperatur, ein arithmetisches Mittel, hat keine physikalische Bedeutung. Deshalb ist ihre Berechnung in globalen Klimamodellen basierend auf angepasste Gleichungen physikalischer Prozesse wenig aussagefähig.

3.11.1. Zur Berechnung der Globaltemperatur mittels globaler Klimamodelle

Es gibt keine Möglichkeit Klimathesen im Experiment zu überprüfen. Deswegen werden Klimamodelle von vielen damit befassten IPCC Forschern als Ersatz für mangelnde Experimentiermöglichkeiten verwendet. Zur Qualität der Modelle stellt das IPCC im AR4 lapidar fest: *“climate models are based on well-established physical principles and have been demonstrated to reproduce observed features of recent climate ... and past climate changes ... There is considerable confidence that Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCMs) provide credible quantitative estimates of future climate change, particularly at continental and larger scales” (IPCC, 2007-I, p. 591).*

Diese Aussage ist jedoch, wie ausschnittsweise gezeigt wird, zu optimistisch und daher so nicht haltbar. Die derzeitigen Computermodelle der Klimaforschung, genügen weder den Ansprüchen an Übereinstimmung mit den geltenden Naturgesetzen, u.a. in der Physik formuliert, noch wissenschaftlichen Ansprüchen an Überprüfbarkeit und Konsistenz. Ihre Ergebnisse sind deshalb weder für die Bestimmung zukünftiger Temperaturen und noch viel weniger, für die Zuordnung zu bestimmten, theoretischen Klima- bzw. Strahlungs-Antrieben (Radiative Forcings, RF) verwendbar.

Es wäre leicht, aber nicht fair, den Modellierern nur div. Mängel vorzuwerfen. Das bleibt wohl trotzdem richtig. Die Modelle haben objektiv div. Mängel, die hier auszugsweise beleuchtet werden. Aber unabhängig von ihren, nicht nur aus Sicht des Autors, sehr unbefriedigenden und z.T. irreführenden Ergebnissen, kämpfen die damit befassten Wissenschaftler mit Problemen, die unüberwindbar scheinen. Sie haben eine sehr dünne und unvollständige Datenbasis und wollen trotzdem Vorhersagen über chaotische Prozesse treffen, dazu noch mit extremer Präzision, die physikalisch nicht herleitbar und/oder kaum verstanden sind. Verglichen damit sind die Modellprogramme Wunderwerke an menschlichem Erfindungsgeist, Tatkraft und Geduld. Das muss auch hier anerkennend festgehalten werden.

⁸⁴ Quelle: Climategate Fallout: Met Office To Reassess, Open Up Temperature Data, <http://www.thegwpf.org/climategate/575-climategate-fall-out-met-office-to-reassess-open-up-temperature-data.html>

Es kann auch nicht Gegenstand dieser Dissertation sein, umfassend die physikalischen und sonstigen Schwachstellen der Computermodelle auszuleuchten. Ein gewisser Einblick darin ist aber erforderlich, um die These 1-2 zu belegen.

3.11.2. Können Klimamodelle das Experiment ersetzen?

Mit dem Aufkommen moderner Großrechenanlagen ist den Meteorologen und Klimatologen, die Möglichkeit eröffnet worden, ihr Wetter- und Klimaverständnis in Gleichungssysteme zu gießen, die nur der Theorie nach und das auch nur annähernd, modellhaft darstellen sollen, wie das Wetter- und Klimageschehen abläuft. Ein Hauptproblem dieser Wissenschaften besteht ja u.a. darin, dass man keine Experimente machen kann, um unter Laborbedingungen die Übereinstimmung der Theorie mit der Praxis anhand von Messungen und Vergleichen zu überprüfen. Die Möglichkeit nunmehr Computermodelle zu bauen und diese, in vielen Millionen Rechenschritten, in endlicher Zeit, viele Varianten durchrechnen zu lassen, erweitert das Verständnis vieler einzelner z.T. klimabestimmender Prozesse ungemein. Die Anforderungen an Hard- und Software sind jedoch erheblich. Die Klima-Modelltheoretiker haben deshalb verschiedene Komplexitätsgrade definiert, nach denen die Modelle aufgebaut werden. Von 1-dimensionalen 1-D Modellen (diese betrachten die Erde als flach und uniform und berechnen die Veränderungen nur in der Höhe mittels Strahlungstransfer), über 2-D Modelle, bis hin zu gegenwärtig vielfach eingesetzten 3-D Modellen⁸⁵, auch als General Circulation Models (GCM) bekannt.

Allein die Komplexität des Wetter- und Klimageschehens erzwingt deswegen eine straffe, auch zu starke Vereinfachung der Gleichungssysteme und wg. der Zahl der möglichen Freiheitsgrade und Datenfülle riesige Rechnerkapazitäten. Diese reichen trotzdem bisher nur aus, einen groben, stark vereinfachten, Überblick zu berechnen. Ein Überblick, der dazu noch ungeprüft im Raum steht, weil mangels experimenteller Überprüfbarkeit, eine Validierung der Ergebnisse real nicht möglich ist. Dies gilt auch dann, wenn, wie berichtet wird, der „erfolgreiche“ Versuch einer Validierung unternommen wurde, indem man die Globaltemperaturentwicklung der Vergangenheit nachbildete. Dies ist aber nichts anderes als eine Kurvenanpassung der Modellkurve an die Zeitreihe der vergangenen Globaltemperatur. Die Modellierer kannten vorher das zu erzielende Ergebnis und konnten ihre Parameter und klimabestimmende Größen massiv, z.T. außerhalb jeder physikalischen Beobachtung, und meist ohne physikalische Theorie dahinter, so verändern, dass der gewünschte Verlauf herauskam.⁸⁶ Ursache dafür ist, dass keine fundierte allgemeine Klimatheorie existiert, welche die ungemein vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen physikalischen, chemischen, biologischen Prozessen, im Makro- wie im Mikrobereich, einigermaßen verlässlich beschreibt. Zusätzlich besteht die Problematik, dass Wetter- und Klimaprozessmodellierung zu den klassischen Beispielen für chaotische Prozesse zählen, die eine exakte Vorausberechnung bestimmter Antworten auf klar definierte Eingangsgrößen von vornherein auf Probleme stoßen lassen, ja unmöglich sind. Kleine Ereignisse im kleinskaligen Bereich können sich zu kräftigen Einwirkungen entwickeln und großskalig wirken. Gleichzeitig zeigt diese Eigenschaft auf, dass die Wechselwirkungen beim Wetter wie beim Klima nicht nur von groß nach klein, sondern auch von klein nach

⁸⁵ Aus der Systemtheorie sind ebenfalls Klassifizierungen der Modelle nach Dimensionen bekannt, diese meinen dort aber die Zahl der einbezogenen Freiheitsgrade und nicht die räumlichen Dimensionen.

⁸⁶ Zu diesem Verfahren sagt selbstkritisch Prof. **Ulrich Cubasch** ehem. Max Planck Institut Hamburg und jetzige Chef des Meteorologischen Instituts der Freien Universität Berlin: "Man hat als Modellierer also die Wahl, entweder ohne Flußkorrektur mit einem unrealistischen Klimazustand zu operieren, oder die Flußkorrektur mit ihren Schwächen zu akzeptieren, dafür aber ein realistisches Klima zu erhalten." (Quelle: Phys. Bl. 51,1995, S.269). "

groß gehen. Ein Umstand, den kein Modell abbildet. Viel mehr sind die Modelle deterministisch konstruiert, ein Problem das Essex [Essex, 2009] die **Clockwork Fallacy (Uhrwerkstäuschung)** nennt.

Haben Wetterprognosen theoretisch etwa eine Reichweite von 20 Tagen, praktisch sind es 3 bis 7 Tage, sind beim Klima Reichweiten von Jahrzehnten bis zu einem Jahrhundert und mehr erforderlich. Dies deshalb, weil ein Klimapunkt einer Zeitreihe von 30 Jahren entspricht. Zumindest in der gängigen Definition z.B der WMO und des IPCC. Auf Grund dieser Erschwernisse haben wohl auch die Autoren des 3. Sachstandsberichtes des IPCC TAR (Third Assessment Report 2001) in die Vorbemerkungen geschrieben: *“In climate research and modeling, we should recognize that we are dealing with a coupled non-linear chaotic system, and therefore that the long-term prediction of future climate states is not possible.” (Third Assessment Report, Section 14.2.2.2)*

Trotz dieser offenkundigen Schwierigkeiten wird eine Vielzahl von Modellen eingesetzt, die genau dies versuchen. Nämlich die unmittelbare, mittlere und fernere Zukunft des Klimageschehens an Hand von klaren Ursache-Wirkungsvermutungen zu berechnen. Dazu wurden international viele Modelltypen entwickelt, mit Namen wie z.B. BMRC; ECHAM 3; ECHAM 4; HadCM2, HADCM3 etc. Der IPCC Bericht AR4 vom Mai 2007 zählt 21 verschiedene Modelle auf, die dort verfolgt werden.

3.11.3. Die Physik der Modelle und deren Ergebnisse

Modelle basieren zwar in vielerlei Bereichen auf Gleichungssystemen physikalischer Prozesse, benötigen aber für ihre Funktion eine Fülle von Eingriffen, Justagen und Lenkungen, um das grobe Zusammenspiel der den Modellteilen unterlegten Gleichungssysteme, in endlicher Rechenzeit, zu ermöglichen. Diese Eingriffe, Justagen und Lenkungen, Parametrisierung und Initialisierungen genannt, sind ihrerseits, wenn auch nicht willkürlich, so doch nicht physikalisch, chemisch, biologisch oder, allgemeiner, anhand von bekannten Naturgesetzen, bestimmt.

Die Modellierer unternehmen ihre Eingriffe anhand seiner/ihrer Erfahrung, sowie der erwarteten oder gewollten Zwischen-, oder Endergebnisse, auch nach Versuch und Irrtum. Dies hat aber mit Physik nichts mehr zu tun, sondern ist eine Art Näherung, empirisch oder rein zweckmäßig begründet, an unbekannte Größen. Das IPCC verwendet für diese Vorgehensweise den Ausdruck **„perturbed physics“**, was man mit **„gestörte“ Physik** übersetzen könnte. Was genau damit gemeint ist, bleibt unklar. Es sollte aber für alle Beteiligten klar sein, dass es auch in der Klimatologie nur eine Art von Physik geben kann, die auf grundlegenden naturwissenschaftlichen Gesetzen basiert, keine **„gestörte“** Physik

Um mit Computermodellen rechnen zu können, wird die Erde in Gitterpunkte (Gridpoints) mit von ihnen begrenzten Flächen und Höhen eingeteilt. Die Auflösung der Modelle, bezogen auf die Fläche und Höhe der Erdatmosphäre, die sie abdecken, ist endlich. Je kleiner die Flächen werden, desto höher die Zahl der Variablen und desto länger wird die Rechenzeit.

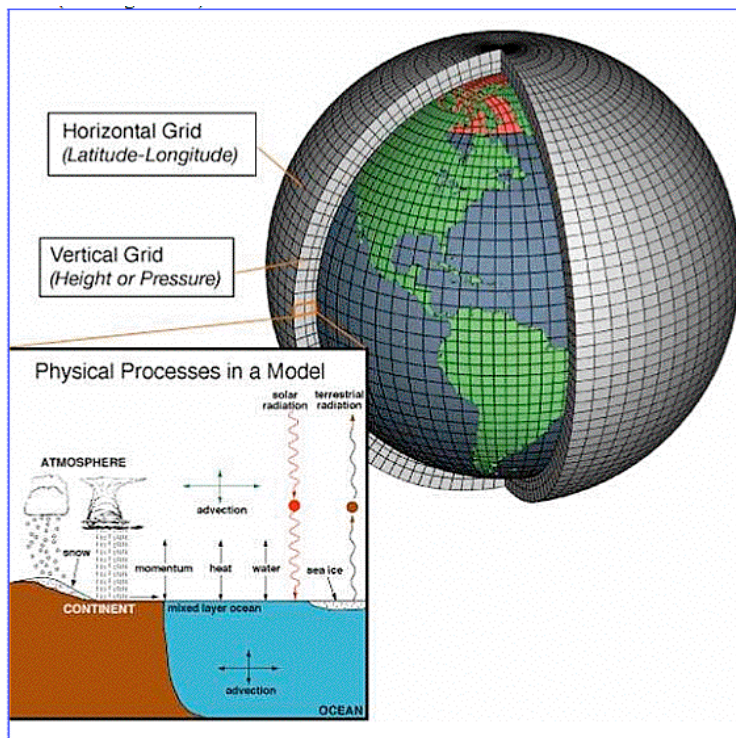


Abbildung 36: Gittermodell der Erde mit verschiedenen Größenordnungen für Fläche und Höhe der Gitterboxen. Aus [Spencer, 2009]

Wie in Abbildung 36 gezeigt, werden die Gitterflächen von Gitterkreuzungspunkten begrenzt. Kreuzungspunkte sind die Verbindung zum Nachbargitter. Nur für diese werden Klimadaten errechnet. Jeder Kreuzungspunkt enthält (oder sollte enthalten) zusammengefasste Klimadaten über viele 1000ende von

Quadratkilometern in der Fläche, bis in mehrere Kilometer Höhe. Üblich sind dafür heute Maschenweiten des terrestrischen Gitters (Grid) von $5 \times 5^\circ$ und $2 \times 2^\circ$ Auflösung, (T85). Bei kleinskaligen, europäischen Modellen sogar bis hinunter auf 110 km (T110) Kantenlänge. Nach Aufteilung in bestimmte, recht große, Räume werden dann deren verschiedene Modellwerte berechnet. Große Einflüsse werden bemerkt, kleine Einflüsse, im Subgrid-Bereich, bleiben unbemerkt. Damit wird die aktive, physikalisch relevante, Wechselwirkung zwischen großen und kleinen Einflüssen außen vorgelassen. Sie finden nicht statt, obwohl gerade dies ein Kennzeichen des jeweiligen Ortsklimas ausmacht. Nahezu alle Prozesse, die das örtliche Wetter bestimmen bleiben außen vor, weil zu kurz oder zu gering, oder beides. Das bedeutet, dass deren physikalische Wirkungen ebenfalls außen vor bleiben. Stattdessen werden mittels Parametrisierung diese Prozesse nachgebildet, bzw. simuliert. Parametrisierung deswegen, weil sie nicht aus bekannten Gleichungen von Naturgesetzen berechnet, sondern per Einschätzungen oder Erwartungen bestimmt werden. Zu diesen subgridscale Prozessen gehören lt. IPCC AR4, alle Wolkenbildungsprozesse, alle Strahlungsprozesse, alle Grenzschichtprozesse zwischen verschiedenen Schichten, kleinskalige ozeanische Strömungen und Mischungen, Seeis, alle Oberflächenprozesse am Boden, Oberflächeneis, Schnee, Aerosole und mehr. Ferner werden alle Energietransporte nach Essex [Essex, 2009] zwischen der Erdoberfläche und dem Weltall parametrisiert. Der Energietransport ist aber das Herzstück des Treibhauseffektes. Seine Berechnung unterliegt also keinen bekannten physikalischen Beziehungen, sondern sind Schätzungen. Außerdem sind die Modelle so konstruiert, dass sie zur Auslösung von Rechenschritten mit entsprechenden Ergebnissen, vorgegebene Anfangsbedingungen benötigen. Nicht nur manuelle oder abgeleitete, sondern von den Kräften, von denen man annimmt, dass sie Einfluss auf das Klimageschehens insbesondere der Global-Temperatur haben. Das Konzept dieser Klima- oder Strahlungsantriebe (englisch Radiative Forcings RF) werden weiter unten erläutert.

Wie bekannt ist, haben chaotische Prozesse die Eigenschaft, oft auch ohne äußeren Einfluss in andere Zustände überzugehen. So auch das Klima. Die Autoren des IPCC sind sich dessen bewusst, meinen aber, dass dies in diesem Fall nicht zutrifft, da die beobachteten Änderungen der Globaltemperatur mindestens eine

Größenordnung größer seien, als die Änderungen, die sich von selbst ergeben würden⁸⁷. Dem steht aber entgegen, das man diese inneren Störgrößen gar nicht kennt, gar nicht kennen kann. Ihren Einfluss also auch nicht beurteilen kann. Sie entwickeln sich u.U. spontan und haben Einfluss in kleinskalige wie in großskalige Bereiche. Im 3. Bericht TAR hatte man dies noch anerkannt. Dort steht: *The climate system is particularly challenging since it is known that components in the system are inherently chaotic; there are feedbacks that could potentially switch sign, and there are central processes that affect the system in a complicated, non-linear manner. These complex, chaotic, non-linear dynamics are an inherent aspect of the climate system. As the IPCC WGI (Working Group I) Second Assessment Report (IPCC, 1996) (hereafter SAR) has previously noted, “future unexpected, large and rapid climate system changes (as have occurred in the past) are, by their nature, difficult to predict. This implies that future climate changes may also involve ‘surprises’. In particular, these arise from the non-linear, chaotic nature of the climate system ...” (IPCC, 2001: 14.2.2, p. 773).* Diese „surprises“ wurden bisher aus bekannten, prinzipiellen Gründen nicht überwunden. Man kann daher mit Sicherheit sagen, dass die Klimaprozesse der Modelle mit ihnen zugrunde liegenden Uhrwerks-Idee nicht die Wirklichkeit in ihrer Komplexität abbilden! Abbildung 37 zeigt eine Reihe der vom IPCC vermuteten anthropogenen Klima-Antriebe oder Radiative Forcings (RF), relativ zu 1750.

3.11.4. Klimaantriebe – (Climate) oder Radiative Forcings RF

„Radiative Forcings (RF)“ zu deutsch: Strahlungs- auch Klimaantriebe genannt, wurden aus Zweckmäßigkeitsgründen konstruiert. Es sind vereinfachte Größen, die es erlauben sollen einen linearen Zusammenhang zwischen Änderungen, der im Gleichgewicht befindlichen, Globaltemperatur und dem einzelnen Klimaantrieb herzustellen. Dass also von ihrer Wirkung, über einen speziellen Faktor λ (d.i. die Klimasensitivität), die Veränderung der mittleren Globaltemperatur abhinge. Damit könne man, so der Ansatz, die Wirkung einzelner Antriebe, natürlicher und anthropogener Art, unterscheiden und abschätzen. Bis auf den solaren Einfluss und die Vulkantätigkeit, unterstellt das IPCC dabei, dass sämtliche klimabestimmenden Antriebe anthropogen seien.⁸⁸ Schon diese Einschränkung zeigt auf, dass die Definition der RF einer wohl zu starken Vereinfachung unterliegt.

Definiert werden sie formal als Netto-Strahlungsflussdichte, bezogen auf 1750, in der Tropopause⁸⁹, welche z.B. durch die veränderte Konzentration von Treibhausgasen zustande kommt. Der Ausdruck "Strahlungsflussdichte" bezeichnet die Strahlungsenergie, die pro Sekunde und pro Quadratmeter durch die Tropopause hindurch kommt.

⁸⁷ Temperature Trends in the Lower Atmosphere Steps for Understanding and Reconciling Differences U.S. Climate Change Science Program Synthesis and Assessment Product 1.1 April 2006, p. 19 *“Unforced” variations, i.e., changes arising from internally generated variations in the atmosphere-ocean-land-ice/snow climate system, can influence surface and atmospheric temperatures substantially, e.g., due to changes in equatorial sea-surface temperatures associated with ENSO. Climate models indicate that global-mean unforced variations on multidecadal timescales are likely to be smaller than, say, the 20th century global-mean increase in surface temperature (Stouffer et al., 2000). However, for specific regions and/or seasons, this may not be valid and the unforced variability could be substantial. Chapter 5 provides more detail on models and their limitations (see particularly Box 5.1 and 5.2).*

⁸⁸ IPCC AR4 2007 Chapter 2p. 134. *.....Over the palaeoclimate time scales that are discussed in Chapter 6, long-term changes in forcing agents arise due to so-called ‘boundary condition’ changes to the Earth’s climate system (such as changes in orbital parameters, ice sheets and continents). For the purposes of this chapter, these ‘boundary conditions’ are assumed to be invariant and forcing agent changes are considered to be external to the climate system. The natural RFs considered are solar changes and volcanoes; the other RF agents are all attributed to humans. (Hervorhebung vom Autor)*

⁸⁹ IPCC AR4 2007 Chapter 2 p. 133: *„The definition of RF from the TAR and earlier IPCC assessment reports is retained. Ramaswamy et al. (2001) define it as ‘the change in net (down minus up) irradiance (solar plus longwave; in $W m^{-2}$) at the tropopause after allowing for stratospheric temperatures to readjust to radiative equilibrium, but with surface and tropospheric temperatures and state held fixed at the unperturbed values’*

Man gibt das RF daher immer in Joule pro Sekunde und Quadratmeter bzw. in Wm^{-2} (Watt pro Quadratmeter) an.

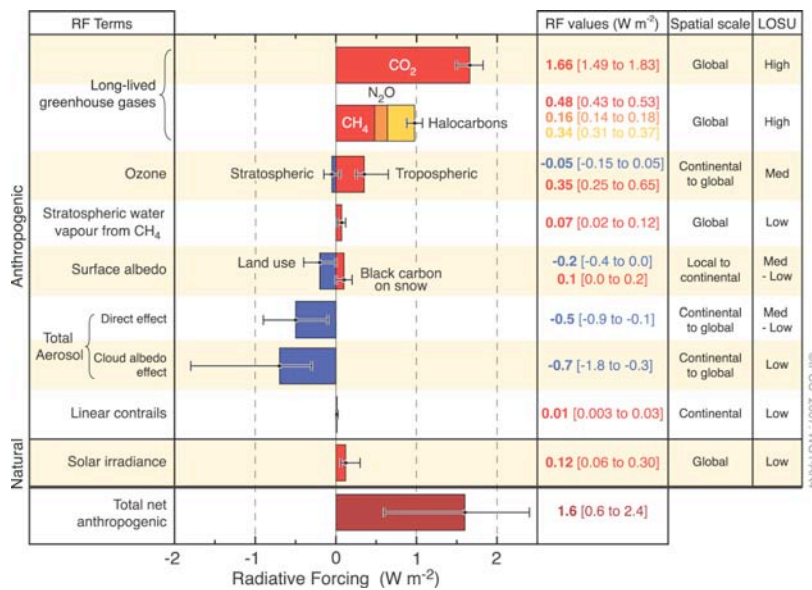


Abbildung 37: Hier sind –z.T. zusammengefasst– die Radiative Forcings RF gezeigt, die das IPCC als anthropogene Einflussgröße auf die Globaltemperatur vermutet. Man beachte die geschätzte Angabe der Leistung in W/m^2 sowie der angegebene Grad des Verständnisses (LOSU, level of scientific understanding) dieser Antriebe. Wasserdampf und andere wichtige Wirkgrößen sind als eigene Forcings nicht enthalten. (Quelle IPCC AR4 Summary for Policy Makers: SPM 2)

Angegeben wird ihre mittlere globale Strahlungsflussdichte in W/m^2 , ihre geschätzte Fehler-Streubreite, sowie die Abschätzung des Kenntnisstandes über ihre Wirkung. Wasserdampf, die überragende Größe im Klimageschehen, taucht darin nur mit seiner geringen Komponente „stratospheric water vapor from CH₄“ auf, der Löwenanteil des normalen Wasserdampfes, fehlt jedoch.

Die in der Grafik in Abbildung 37 vorgenommene Vereinheitlichung der verschiedensten Einflüsse, welche das Klima beeinflussen, in Antriebe oder Forcings, macht glauben, dass hier streng definierte physikalische Größen verwendet werden. Das ist aber nur selten der Fall. Sie sind zwar als Strahlungsflussdichte der angegebenen Größen pro Flächeneinheit in W/m^2 definiert. Es gibt aber nicht einen Messwert dieser Größen von früher (1750!). Auch die heutigen Werte sind ausnahmslos feinere oder grobe Schätzungen. Selbst für das mit einem „Level of Understanding“ als gut eingeschätzte CO₂ kann man dessen vermuteten Einfluss auf die Temperatur nur grob schätzen, wie Knutti et. al [Knutti, 2008], in ihrer Darlegung der Einflussgrößen auf die Klimasensitivität des CO₂ feststellen mussten.

Man kennt deshalb auch nicht die Veränderung der Radiative Forcings von 1750 bis heute. Nach Einschätzung des IPCC sind auch nur die oberen 2 (Eines davon ist das CO₂ s.o.) gut verstanden. Trotzdem werden auch den mittel bis wenig verstandenen Antrieben klare Fehlerbalken zugeordnet.

Auch diese wurden jedoch nicht gemessen, sondern über andere Modelle geschätzt. Am unteren Ende der Grafik ist der Gesamt-Einfluss aller Antriebe (Radiative Forcings) als Leistung mit der Maßeinheit W/m^2 dargestellt.

Daraus definiert z.B. der National Research Council NRC [(NRC), 2005] ganz allgemein, die aus den Forcings abgeleitete Temperatur⁹⁰.

⁹⁰ Im Bericht des National Research Council [(NRC), 2005] wird die mittlere Globaltemperatur T wie folgt definiert: “According to the radiative-convective equilibrium concept, the equation for determining global average surface temperature of the planet is

$$dH / dt = f - T' / \lambda \quad (1)$$

where H is the heat content of the land-ocean-atmosphere system. . . . Equation (1) describes the change in the heat content where f is the radiative forcing at the tropopause, T is the change in surface temperature in response to a change in heat content, and λ is the climate feedback parameter (Schneider and Dickinson, 1974),

Über die Forcings, bzw. deren Summe, eine Temperatur, bzw. Temperaturänderung zu ermitteln, ist aber ohne weitere detaillierte Kenntnis der einzelnen Prozesse und deren Daten nicht möglich. Diese Prozesse ersetzt auch kein vereinfachender „*climate feedback parameter* λ “. Außerdem sei in Erinnerung gerufen, dass Energie (gemessen in Joule, das heißt 1 Joule ist 1 Watt-Sekunde) nicht mit Temperatur gleichgesetzt werden darf. Auch nicht Strahlungsenergie.

Trotzdem benutzt man das Konzept der RF, weil es nicht von komplizierten und wenig verstandenen Rückkopplungen im Klimasystem abhängt. Der große Nachteil ist jedoch, dass das RF nichts über die Änderungen der messbaren und fühlbaren Größen am Erdboden aussagt, welche aber die eigentlich interessanten Größen zur Bewertung des Klimawandels sind. Außerdem wird in der Realität das Klimasystem niemals in einen neuen Gleichgewichtszustand gelangen, da dies eine lange Zeit dauern würde und sich der Antrieb selbst mit der Zeit verändert. Die verwendeten Gleichungssysteme setzen aber genau dies voraus. Die Temperatur auf der Erde hinkt also den (gedachten) Antrieben, die auf sie wirken (sollen), ständig hinterher. Der so definierte Strahlungsantrieb RF ist daher nichts weiter als ein Ergebnis eines Gedankenexperiments⁹¹.

Strahlungsenergie, ebenso wie andere Energieformen, bedarf für ihre Umwandlung in Temperatur, immer eines Prozesses. Hinzu kommt, dass die Strahlung selten allein die lokale Temperatur beeinflusst. Ebenso wichtig sind Konvektion und Wärmeleitung, sowie andere Größen wie z.B. die Dichte und die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit.

Die Darstellung in Abbildung 37 der globalen Mittelwerte gedachter RF, erweckt jedoch den Eindruck, als ob die dort angegebene Leistung unmittelbar die Globaltemperatur beeinflusst, ohne dass man den dazugehörigen Prozess kennen müsste. Dass dem nicht so ist, ist zwar trivial, aber wird oft nicht beachtet. Ein einfaches Beispiel [Essex, 2007] mag dies verdeutlichen: Ein Auto mit 100 PS hat eine Leistungsäquivalent von 74,6 kW. Damit ist es zum bequemen und schnellen Fahren gut geeignet.

Die gespeicherte Energie des Treibstoffes wird über vielfältige Prozesse in Bewegung des Autos umgewandelt. Es bedarf dazu u.a. der Prozesse, Anlassen, Benzin einspritzen, Energie umwandeln, Motor laufen lassen, etc. Stellen wir nun das Auto auf eine Ebene und bestrahlen es gerichtet mit 1000 x 75 W Leuchten. Dabei wird die Strahlung so gerichtet, dass nur das Auto selbst bestrahlt wird. Somit stecken wir beim Einschalten dieser Leuchten 75 kW an Leistung hinein, die als Licht und Wärme auf das Auto niedergehen.

Das Auto wird von der empfangenen Strahlungsenergie jedoch kein Stück fahren, sondern nur heller werden, d.h. das Meiste reflektieren und vom Rest wärmer werden. Versuchten wir es stattdessen mit zielgerichtetem Beschallen z.B. mit 75 kW Schallboxen, würde es vielleicht etwas vibrieren, die meiste Energie reflektieren und auch etwas, aber anders als mit Licht (Prozess), wärmer werden. Es würde aber weder heller werden und fahren würde es auch nicht. Um die zugeführte Energie in Antrieb zu verwandeln, bedarf es dazu also einer Anzahl komplizierter, genau festgelegter Prozesse. Für jede Umwandlung bedarf es eines anderen.

Auch wenn die Definition der RF sagt, dass diese eine einheitliche Strahlungsart im Infrarotbereich mit bekannter Leistungsdichte abstrahlt, ist das in der Realität nicht der Fall. Es sind unterschiedliche Energieformen und Mechanismen, die auf das Klima einwirken, zusätzlich zu kaum verstandenen Rückkopplungsprozessen.

⁹¹ Quelle: Hamburger Bildungsserver (<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Strahlungsantrieb>) „Vor- und Nachteile des Konzepts“ Sie wurde wegen ihrer Klarheit gewählt.

Zur Abbildung der Realität darf man also auf keinen Fall die Leistung in Licht, Schall oder anderen Energieformen einfach summieren, um sie dann zu vergleichen. Das ist unphysikalisch. Es ergibt einfach keinen Sinn. Die einfache Summe ergibt zwar eine neue Zahl, aber keine neue Erkenntnis. Diese Umwandlungsprozesse sind bei den vermuteten Erwärmungswirkungen der Klimaerwärmungen nicht nur weitestgehend unverstanden, sondern z.T. völlig unbekannt. Es gibt keine Klimatheorie, die deren Ableitung zulässt. Und es besteht vielfach nicht nur eine Unsicherheit in der Größe, ausgedrückt in % Fehler von einer Schätzung, sondern es besteht völlige Unkenntnis darüber. Entsprechend sind alle Eingaben in den Modellen bestenfalls Schätzungen, der Prozess dahinter ganz oder tlw. unbekannt.

Ein weiterer Aspekt, der ebenfalls berücksichtigt werden muss, ist, dass Energie nicht nur in messbare Wärme, sondern in viele andere Formen umgewandelt werden kann. Latente Wärme ist da nur ein Beispiel. Es ist also so, dass die eingebrachte Energie sowohl in Wärme, als auch in andere Formen umgewandelt werden kann. Es können aber auch völlig neue Prozesse dadurch angestoßen werden, wie z.B. biochemische Prozesse wie beim Pflanzenwachstum etc. All dies wird, wenn nicht durch Schätzwerte parametrisiert, bei den Modellberechnungen ausgelassen. Die Nichteinbeziehung des Wasserdampfes und vieler anderer klimarelevanter Größen, beeinträchtigt die Aussagekraft dieser Grafik umso mehr.

Wie sehr z.B. auch die mangelhafte Datenbasis neben dem unvollständigen Verständnis schmerzt, ist an vielen Stellen des 2. Draft (2006) zum AR4 WG1 festgehalten. Hier eine Auswahl, jedoch ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

*Models have been extensively used to simulate observed climate change during the 20th century. Since radiative forcing is not perfectly known over that period (see Chapter 2), **such tests do not fully constrain future response to forcing changes.** (IPCC, 2006: 8.1.2, p. 8-8)*

*Our ability to evaluate the land surface component in coupled models is **severely limited by the lack of suitable observations.** (IPCC, 2006: 8.3.4, p. 8-27)*

... the lack of sea ice thickness observations is a considerable problem.
(IPCC, 2006: 8.6.3.3, p. 8-51)

*The magnitudes of the climate factors causing the MOC (meridional overturning circulation) to weaken, along with the feedbacks and the associated restoring factors, **are all uncertain at this time. Evaluation of these processes in AOGCMs (atmosphere-oceans general circulation model) is mainly restricted by lack of observations ...** (IPCC, 2006: 8.7.2.1, p. 8-54)*

*Understanding and evaluating sea-ice feedbacks is complicated by the strong coupling to polar cloud processes and ocean heat and freshwater transport. **Scarcity of observations in polar regions also hampers evaluation.** (IPCC, 2006: p. 8-6)*

*Good observational estimates of the global pattern of evaporation are not available, and condensation and vertical transport of water vapor can often be dominated by subgrid scale convective processes which are difficult to evaluate globally. **The best prospect for assessing these aspects of the hydrological cycle on global scales is perhaps to determine how well the resulting water vapor distribution agrees with observations.** (IPCC, 2006: 8.3.1.2, p. 8-22)†*

*... model evaluation in the upper troposphere is **considerably hampered by observational uncertainty.** (IPCC, 2006: 8.3.1.2, p. 8-22)*

*Comparisons of the type performed here need to be made with **an appreciation of the uncertainties in the historical estimates of radiative forcing and various sampling issue in the observations.** (IPCC, 2006: 8.3.2, p. 8-23)*

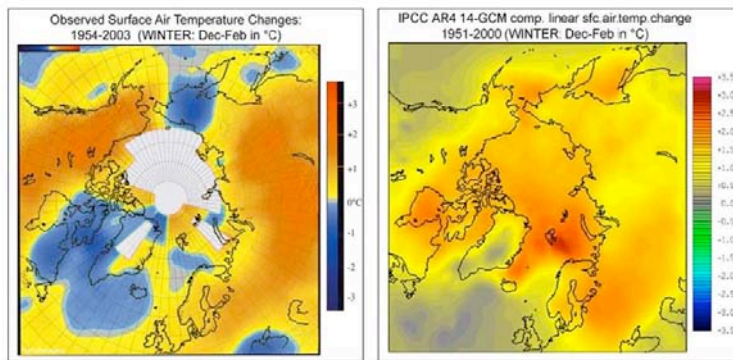
All dies ist nicht nur ein Hindernis genauer zu rechnen, sondern fließt direkt auch in die Bestimmung der

Parameter für die Parametrisierung ein. Ohne aktuelle und genaue Daten können diese nicht genau sein. Kennte man die geltenden Gesetze dieser Physik dazu, dann könnte man sie berechnen. Man kennt sie jedoch nicht. Das erinnert wieder daran, dass Klimamodelle nicht auf den grundlegenden Naturgesetzen beruhen.

Die folgenden Abbildungen 38 und 39 zeigen Beispiele der Rechen-Ergebnisse verschiedener Modelle für nachprüfbare Daten.



Simulation vs. Observation



Adopted from Akasofu (2007)

Abbildung 38: Gegenüberstellung von Modellberechnungen des 14-GCM (AR4) der arktischen Oberflächentemperatur gegenüber den Beobachtungen. Man erkennt dass im Grunde nichts übereinstimmt. (Quelle Geophysikalisches Institut der Universität Alaska, Fairbanks)

Im Change Science Program, Washington, D. C., [Wigley et al., 2006] wird festgestellt: *“Although the majority of observational data sets show more warming at the surface than in the troposphere, some observational data sets show the opposite behavior. Almost all model simulations show more warming in the troposphere than at the surface. This difference between models and observations may arise from errors that are common to all models, from errors in the observational data sets, or from a combination of these factors. The second explanation is favored, but the issue is still open.”*

Im NIPCC SPM [Singer, 2008] findet man dazu passend das folgende Beispiel (Abbildung 39). Es zeigt die mangelnde Übereinstimmung zwischen Modellergebnissen und Messungen des Temperaturtrends für die mittlere und obere Troposphäre.

Erneut muss festgestellt werden, dass nicht nur keine Übereinstimmung existiert, mit mehr oder minder großen Abweichungen, sondern dass die Beobachtungen tlw. das Gegenteil von dem zeigen, was die Modelle prognostizieren.

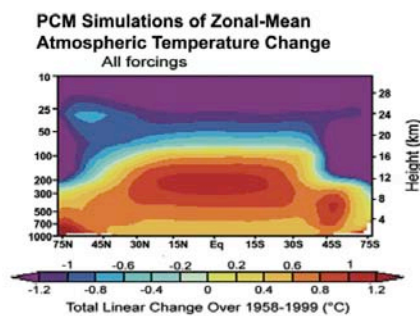


Figure 7: Greenhouse-model-predicted temperature trends versus latitude and altitude; this is figure 1.3F from CCSP 2006, p. 25, and also appears in Figure 6 of the current report. Note the increased temperature trends in the tropical mid-troposphere, in agreement also with the IPCC result [IPCC-AR4 2007, p. 675].

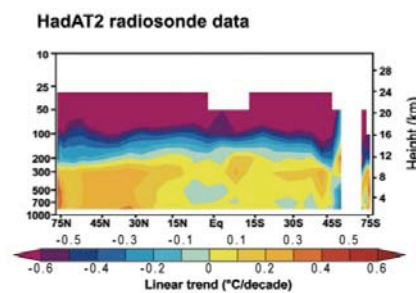


Figure 8: By contrast, observed temperature trends versus latitude and altitude; this is figure 5.7E from CCSP 2006, p. 116. These trends are based on the analysis of radiosonde data by the Hadley Centre and are in good agreement with the corresponding US analyses. Notice the absence of increased temperature trends in the tropical mid-troposphere.

Abbildung 39: Vergleich der Temperaturtrends in der tropischen mittleren Troposphäre. Links Modellvorhersagen, rechts Beobachtungsdaten. Auch hier ist keine Übereinstimmung festzustellen, oft sogar sind die Trends gegenläufig. Z.B. zwischen 4 und 12 km Höhe.

Diese fehlerhafte Berechnung nachprüfbarer Daten ist aber nicht das einzige Problem der GCMs. Schaut man sich die realen Ergebnisse der Modelle an und trägt sie zueinander auf, dann ergeben sich z.B. die Grafiken in Abbildung 40 und 41. Abbildung 40 zeigt für 16 verschiedene Computermodelle deren Ergebnisse aus Kontrollläufen bei als konstant angenommener CO₂ Konzentration.

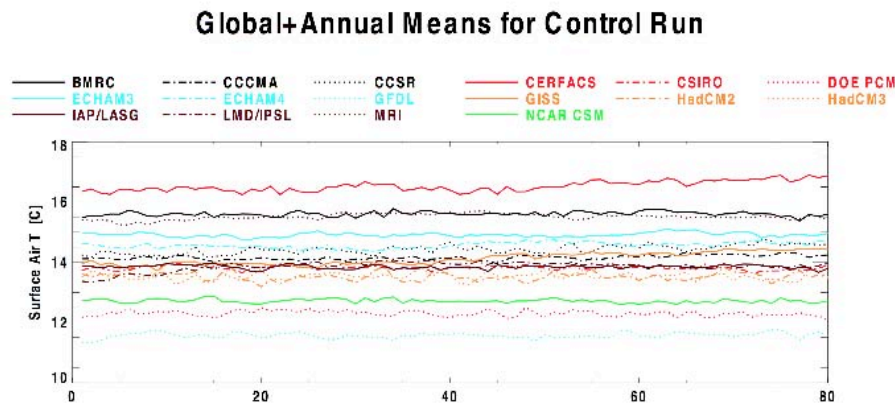


Abbildung 40: Verschiedene weltweit verwendete Modell, sowie ihr Output für Globaltemperatur bei als konstant angenommener CO₂ Konzentration für die kommenden 80 Jahre. Entnommen der Seite des Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) <http://www-pcmdi.llnl.gov/projects/cmip/>

Wie dort erkennbar, berechnet jedes Modell, obwohl es um dieselbe Erde geht, eine andere Globaltemperatur, bei sonst gleicher und konstanter CO₂ Konzentration. Zwischen den Extremen liegen große Unterschiede. Das GFDL Modell errechnet eine Mittel-Temperatur um 11°C, das Modell CERFACS eine solche um 17°C. Die anderen liegen dazwischen, mit einer Häufung um 14°C. Damit wären alle bekannten mittleren Globaltemperaturen, von der Eiszeit- bis hin zur Tropenerde, bei gleichen Anfangsdaten, dargestellt. Nur eine davon könnte evtl. richtig sein. Welche ist unbekannt. Diese unterschiedlichen Temperaturen bedeuten auch, dass jedes Modell einen anderen Energiezustand der Erde repräsentiert. Das hat Auswirkungen auf die für die Berechnung der Strahlungsbilanz⁹², aber auch für alle Prozesse, die von der Absoluttemperatur abhängigen, wie z.B. Eisbildung und Eisschmelze oder Wolkenbildung usw.. Das kann also nicht richtig sein.⁹³

Abbildung 42 zeigt den Verlauf des Entropieleistungsspektrums und seine Abweichungen. Sie unterscheiden sich, je nach Modell extrem (bis 1:100 gar punktuell 1:1000!) voneinander. Um diese offensichtlichen und drastischen Unterschiede auszugleichen, gibt es aber nicht die Möglichkeit des Abgleichs mit der Wirklichkeit. Man behilft sich daher mit einer besonderen Art der Mittelwertbildung.

⁹² Die mittlere Globaltemperatur wird vom IPCC AR4 2007 nach Kiehl et. al 1997 mit 15° C gleichgesetzt. Nach Stefan-Boltzmann errechnet sich daraus eine Abstrahlungsleistung von 390 Wm⁻¹. Für die in den Modellen errechnete Mitteltemperatur läge diese Abstrahlungsleistung bei ca. 370 Wm⁻¹ (11°C) bis 402 Wm⁻¹. Die Differenz allein davon beträgt 32 Wm⁻¹. Sie ist damit 20 x größer als die Summe aller Strahlungsantriebe zusammen. Selbst bei den Mitteltemperaturen nach Jones von 14 °C und Kiehl & Trenberth von 15° C liegt die Abstrahlungsleistung bei 385,5 bzw. 390 Wm⁻¹. Der Unterschied allein daraus beträgt also 4,5 Wm⁻¹ und ist damit knapp 3 x größer als die gesamten Forcings seit 1750 mit 1,6 Wm⁻¹

⁹³ Eine Übersicht für die im IPCC AR4 eingesetzten Modelle findet man hier. http://www.ipcc-data.org/ar4/gcm_data.html
http://www.atmos.washington.edu/~salathe/AR4_Climate_Models/

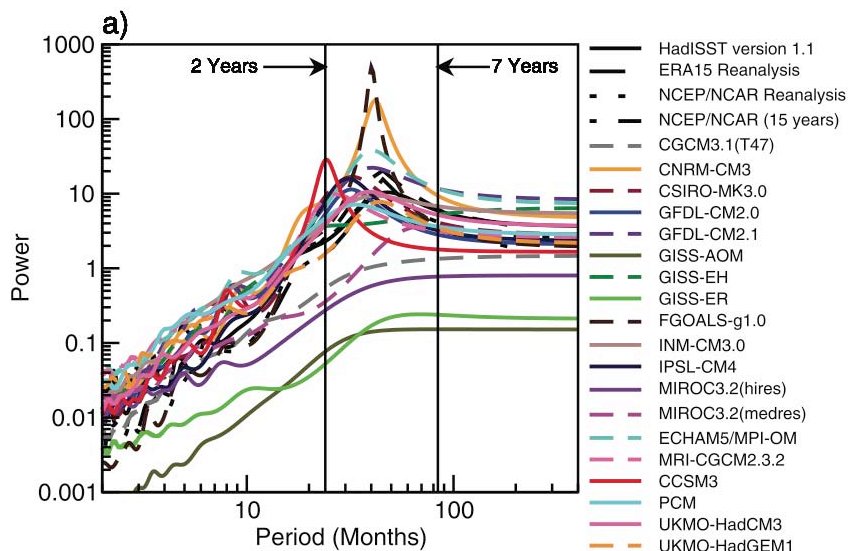


Abbildung 41: Rechenergebnisse von 23 verschiedenen Modellen für das Entropie Leistungsspektrum (power) für die NINO Region (i.e., 5°N to 5°S, 150°W to 90° W) der einzelnen Modelle über die Zeit. Beide Maßstäbe sind logarithmisch. (Aus dem IPCC Bericht AR 4 2007, WG1; fig. 8.13 a, p. 624.) Man beachte, dass die meisten Modelle zwar recht ähnliche Verläufe zeigen, aber in ihrer Größe, bis um den Faktor 100 (in Spitzen um 1.000) auseinander klaffen.

Die Methode nennt sich **'multi-model mean'**. Die Modellergebnisse werden zu Ensembles zusammengefasst und daraus Mittelwerte berechnet. Diese Ensemble Mittelwerte werden erneut zu einem Mittelwert verdichtet. Dahinter steckt die Hoffnung, dass sich durch Mittelwertbildung evtl. vorhandene systematische Fehler vermindern. Diese Hoffnung trägt aber insbesondere dann, wenn kein Modell erkennen lässt, warum und wie es gerade zu dieser oder jener Aussage kam. Außerdem schließt das **'multi-model mean'** nicht nur die Mittelung über systematische Fehler ein, die sich aus der Vielzahl der verwendeten Parametrisierungen ergeben, sondern auch die Mittelung über Programmierfehler, Compiler- und Bedienungsfehler etc.. Die Listen der entdeckten Fehler in Modellen der Atmosphäre sind lang, was z.B. im Anhang der Arbeit von Thomson et al. [T H O M P S O N, 2004] dokumentiert ist. Das hat daher mit Physik nichts mehr zu tun, sondern ist ausschließlich Arithmetik.

3.11.5. Die Modellergebnisse und ihr Bezug auf die Globaltemperatur

Das IPCC zeigt in den letzten beiden Reports TAR 2001 und AR4 2007 eine Reihe von Projektionen wie sich die zukünftige Globaltemperatur unter bestimmten Annahmen der CO₂ Konzentration entwickeln wird (angegebene Wahrscheinlichkeit 90%). Im SPM (Summary for Policymakers) vom Februar 2007 steht dazu (S. 10): *For the next two decades a warming of about 0.2°C per decade is projected for a range of SRES emission scenarios. Even if the concentrations of all greenhouse gases and aerosols had been kept constant at year 2000 levels, a further warming of about 0.1°C per decade would be expected.* {10.3,10.7} Quelle

http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/docs/WG1AR4_SPM_PlenaryApproved.pdf p. 10

Diese Aussage wird mit beeindruckenden farbigen Grafiken unterlegt. Die prognostizierten Anstiege sind im AR4 von 2007 etwas geringer als die aus dem TAR von 2001.

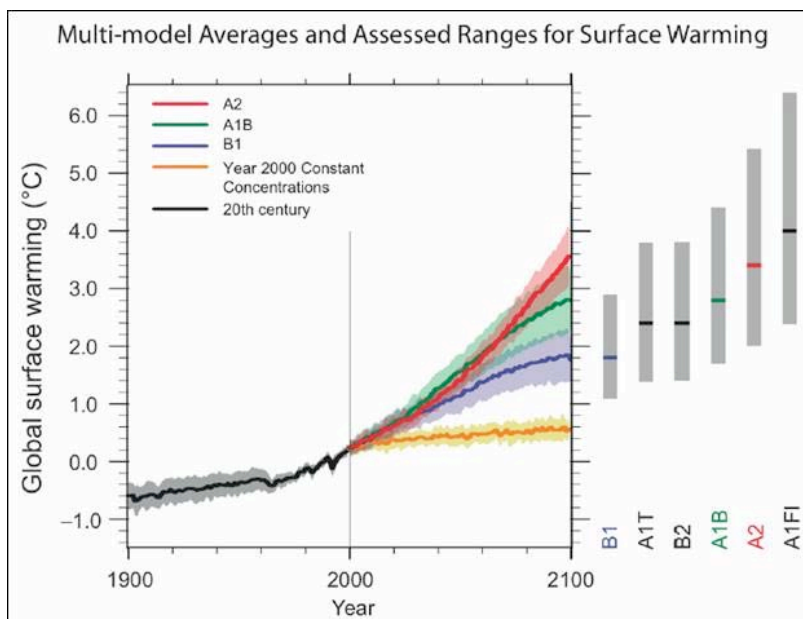


Abbildung 42: Prognostizierter Anstieg der Globaltemperatur für verschiedene Szenarien der CO₂ Entwicklung aus dem AR4 bis zum Ende des Jahrhunderts. Die Kurven entstanden aus den gemittelten Modellergebnissen (Multi-model averages).

Abbildung 42 zeigt die im AR 4 veröffentlichte Grafik. Es fällt auf, dass auch hier Fehlerbalken angegeben wurden, obwohl für deren Berechnung eine Gaußverteilung der Datenpunkte bekannt sein müsste, die aber nach Kenntnis des Autors nicht vorliegt. Es fällt ferner auf, dass die Kurven stetig nach oben steigen, ganz wie es die These von der Wirkung des Treibhausgases CO₂ es verlangt. Diese prognostizierte Entwicklung wird aber bereits jetzt durch die Entwicklung mittleren Globaltemperatur der letzten 12 Jahre widerlegt, die seit 1998 nicht mehr steigt und seit 2002 deutlich fällt.

In der anfangs vorgestellten Definition der mittleren Globaltemperatur des National Research Council NRC [(NRC), 2005]

$$dH/dt = f - T'/\lambda \quad (1)$$

ist festgehalten, wie die Strahlungsantriebe -Radiative-Forcings- auf die Temperaturänderung T' wirken sollen. Daraus kann abgeleitet werden, dass Änderungen in T mit den Änderungen der Strahlung, die in der oberen Troposphäre emittiert wird, proportional zu sein haben. Beide Prozesse sind danach also sehr eng gekoppelt. [Pielke, 2007]. Sofort erhebt sich dann die Frage, wo, d.h. in welcher Höhe und geographischen Position befindet sich die zugrundeliegende Temperatur⁹⁴? Darüber sagt diese Formel nichts aus. T ist nach dieser Formel die Strahlungstemperatur der Erde, die als Teil der Energie vom Erdboden in die oberen Atmosphärenschichten emittiert wurde. Jedoch ist die vom Erdboden abgehende Strahlung näherungsweise T^4 proportional, nicht T . Zusätzlich hat eine Änderung um z.B. 1K in den hohen Breiten weit weniger Wirkung, als in den niederen Breiten, z.B. den Tropen. Also, so folgern Pielke et. al [Pielke, 2007] nicht ohne Grund, spielt auch die geographische Breite eine wesentliche Rolle. Sie schlagen deshalb vor, statt der einfachen Mitteltemperatur T , besser den Mittelwert von T^4 zu verwenden. Ein Vorschlag, der die Schwierigkeiten der Bestimmung dieser Temperaturen sicher nochmals deutlich vergrößern würde. Wie zuvor gezeigt, wird ungeachtet dessen, in den allermeisten Veröffentlichungen der Versuch unternommen, nicht die Strahlungstemperatur zu bestimmen,

⁹⁴ Ganz allgemein spricht das IPCC in diesem Zusammenhang von der Oberfläche und der Tropopause AR4 Ch. 2 p. 133

sondern die Temperatur einer bestimmten Luftschicht, meistens 1,5 bis 2 m über Grund, über See auch anders. Diese entwickelte sich aber anders, als die Modelle voraussagten.

Die aus Messungen ermittelte Globaltemperatur stieg seit 1998 nicht mehr. Seit 2002 fällt sie recht kontinuierlich. Dies zeigen alle offiziellen Daten. Deshalb ist die Frage zu klären, ob die Modelle überhaupt eine Globaltemperatur errechnen oder, wie im vorderen Teil dieser Arbeit gezeigt, irgendeine, sich mit der Zeit verändernde, Größe T^* . Wie im Anfang bereits dargelegt, basieren sämtliche Modelle sowohl auf naturgesetzlich bekannten Gleichungen, als auch, in ihrem Zusammenwirken und zeitlicher und räumlicher Hinsicht, auf Parametrisierungen und Indizierungen. Diese müssen die fehlenden Kenntnisse der dahinter befindlichen, naturgesetzlich gesteuerten, Prozesse ersetzen. Unterstellt wird dabei, ohne dies allerdings durch irgendeine Messung untermauern zu können, und ohne Berücksichtigung der Tatsache, dass die Modelle deterministisch funktionieren, also klare Ursache-Wirkungsmechanismen annehmen, dass die Modelle in der Lage seien, die physikalische Mitteltemperatur ihres jeweiligen Gitterkreuzungspunktes berechnen können. Selbst wenn man dies als richtig annimmt, wird spätestens bei der Durchschnittsbildung über alle Gitterboxen diese physikalische Grundlage verlassen. Im ersten Abschnitt dieser Dissertation wurde dieser Aspekt gründlich beleuchtet. Es wird dann auch nicht besser, wohl aber entfernt man sich noch weiter von der Physik, wenn aus den Modellergebnissen dann wieder nach der „multi-model-mean“ Methode Mittelwerte der Mittelwerte ermittelt werden. Diese Mittelwerte können alles oder auch nichts darstellen, sie sind Zeitreihen irgendwelcher Werte, deren Dimension zwar in $^{\circ}\text{C}$ oder $^{\circ}\text{C}$ angegeben wird, die aber dennoch keine Temperaturen sind. Ein Mittelwert kann keinen Einfluss auf eine vorhandene oder zukünftige Temperaturverteilung ausüben. Wie bekannt, können auch verschiedenste Temperaturverteilungen problemlos denselben Mittelwert ergeben.

Vergleicht man diese Mittelwerte in der Gegenüberstellung mit den berechneten Werten der Globaltemperatur T^* der vergangenen Jahre, so mag eine Übereinstimmung erzielbar sein, eine aussagefähige Zuordnung der Wirkgrößen erlaubt keine dieser Methoden. Diese Zuordnung, z.B. des Antriebs des CO_2 auf die Temperatur, wird auch dadurch erschwert, dass die damit verbundenen Prozesse eben nicht mono-kausal verlaufen, sondern multikausal und rückgekoppelt sind und in sich chaotisch sein können. Ein chaotischer Verlauf wird deshalb mit zunehmender Zeitskala umso wahrscheinlicher. Hinzu kommt, dass die bestenfalls vorstellbaren Wirkgrößen dieser Antriebe⁹⁵ (RF) viel kleiner sind als die natürlichen Antriebe. Insbesondere der Solarstrahlung, der Wolken- und Windbildung und des Niederschlages. Letztere reagieren als Auswirkungen von Antrieben, bilden aber ihrerseits ebenfalls Antriebe. Dies sind nur einige wenige Teilbereiche des vorliegenden Problems. Eine weit ausführlichere Darstellung der mit der Modellierung verknüpften prinzipiellen Begrenzungen und nicht lösbaren Probleme findet sich z.B. in „Wetter und Klima im Phasenraum, Zusammenfassung von Vorträgen zu *„Klima im Phasenraum“*“ von Hans-Joachim Lange, ehemals Professor für theoretische Meteorologie an der Freien Universität in Berlin. [Lange, 2007]

⁹⁵ It IPCC Diagramm (Abbildung 38) beträgt die Summe aller gelisteten Antriebe nur $1,6 \text{ W/m}^2$.

3.12. Zusammenfassung zur Arbeitsthese 1-2

Es wurde gezeigt, dass die vielen verschiedenen vom IPCC verwendeten Klima-Modelle, obwohl hoch kompliziert und technisch aufwendig, an schweren methodischen Mängeln leiden, die weder praktisch noch grundsätzlich zu beheben sind. Mangels einer validierten, umfassenden physikalischen Theorie des Klimas können viele bestimmende Größen nicht aus bekannten Naturgesetzen berechnet werden, sondern werden per Direkteingriff in die Rechenprozesse und per Schätzung bestimmt. Selbst wenn man unterstellt, wozu es aber keine Erkenntnis gibt, dass das Ergebnis der Berechnungen eines Modells für einen Gitterraum physikalisch korrekt einer Temperatur dieses Raumes entspricht, wird mit der vielfachen Durchschnitts- und Anomalienbildung wg. der Einbeziehung aller anderen Gitterräume und aus vielen verschiedenen Modellen dieser physikalische Bezug wieder zerstört. Die so errechnete Größe ist deshalb ein numerischer Wert ohne Bezug zur Realität. Da dies ebenso für die nur ungenau zu ermittelnde Globaltemperatur T^* gilt, können beide Werte zwar arithmetisch zusammengesetzt werden, erhalten aber dadurch keine Aussagekraft. Dies gilt ebenso für den gesuchten Unterschied zwischen dem anthropogenen und natürlichen CO_2 und der jeweiligen Temperatur. Die Einflussgröße ist zu klein, die möglichen Zusammenhänge sind weitgehend unbekannt. Weder erfolgte eine direkte Messung, noch eine Signalisierung, trotz gegenteiliger Beteuerungen. Die Daten geben das einfach nicht her. Deshalb erlauben es weder die Beobachtungen noch die Modellergebnisse, diesen Zusammenhang herzustellen. Auch viele unmittelbare Vergleiche mit Beobachtungsdaten, beispielhaft die Entwicklung der Temperaturtrends in der oberen Troposphäre oder der arktischen Temperaturen, zeigen, dass die Modelle selbst mit physikfremden Eingriffen, die Wirklichkeit nicht berechnen können.

Die These 1-2 wäre damit ebenfalls bestätigt.

4. Die Bestimmung des globalen Meeresspiegels GMSL (Global Mean Sea Level)

Die Arbeitsthese 2-1 lautet: Die Meeresspiegelangaben des IPCC, PIK etc. sind sowohl zeitlich als auch messtechnisch zu ungenau, um aus den beobachteten nur vage ermittelten Veränderungen (ca. 1 bis 2 mm/Jahr), deren Abhängigkeit von der Globaltemperatur hinreichend klar zu bestimmen.

Die Universität von Colorado zeigt derzeit auf einer ihrer Websites folgende Tabelle mit den Ergebnissen der Schätzung des GMSL verschiedener Autoren (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Sealevel rise (mm/yr)	Error	(years)	# of Tide Gauge Stations	References
1.43	±0.14	1881-1980	152	Barnett, 1984
2.27	±0.23	1930-1980	152	Barnett, 1984
1.2	±0.3	1880-1982	130	Gornitz & Lebedeff, 1987
2.4	±0.9	1920-1970	40	Peltier & Tushingham, 1989
1.75	±0.13	1900-1979	84	Trupin & Wahr, 1990
1.7	±0.5	Min 10 Jahre Dauer*	655*	Nakiboglu & Lambeck, 1991
1.8	±0.1	1880-1980	21	Douglas, 1991
1.62	±0.38	1807-1988	213	Unal & Ghil, 1995

- vom Autor eingefügt nach [Douglas, 1994],

Tabelle 11: Übersicht über Ergebnisse zum berechneten Anstieg des globalen Meeresspiegels in mm/Jahr für die Zeit von 1881 bis 1988 verschiedener Autoren ohne Anspruch auf Vollständigkeit. (Quelle: <http://sealevel.colorado.edu/tidegauges.php>)

Die Trendangaben haben durchweg die Dimension mm/Jahr, mit Fehlerangaben von ± 0,1 (Douglas, 1991) bis max. ± 0,9 mm/Jahr (Peltier & Tushingham 1989) Sie sind also um fast eine Größenordnung verschieden. Die zuvor erwähnten Trends der vom IPCC zitierten Autoren, liegen zwar alle innerhalb der in der obigen Tabelle gezeigten Werte, bei der genannten Fehlergröße bleiben diese Autoren mit max. ± 0,4 mm jedoch unter dem Ausreißer von Peltier & Tushingham mit ± 0,9 mm. Eventuell haben verbesserte statistische Methoden oder höhere Sicherheiten bei der Abschätzung, zu dieser höheren Genauigkeit von rd. ± 0,4 mm/Jahr bzw. 20% bis ± 25%, geführt.

Da aber alle, wie später gezeigt wird, dieselbe Datenbasis nutzen, ist dies jedoch wenig wahrscheinlich. Das IPCC schließt sich dieser engeren Fehler-Toleranz auch nicht an, sondern bleibt bei ± 0,5 mm/Jahr. In den Aufsätzen selbst wurden die Fehler als Standardabweichung, oder als mehrfache davon, durch die statistische Behandlung der Daten ermittelt. Systematische oder grobe Fehler können jedoch auf diese Weise weder erfasst noch ausgemittelt werden. Auf diese wird im folgenden Text daher ausführlich eingegangen. Zuvor muss jedoch eine Begriffsbestimmung der zu untersuchenden Größen vorgenommen werden. Was ist der globale mittlere Meeresspiegel und wie kann man ihn bestimmen?

4.1. Begriffsbestimmung des globalen Meeresspiegels „Global Mean Sea Level“ (GMSL)

Die Erde ist keine Kugel. Sie hat auch keine ebenmäßig, symmetrische Gestalt wie z.B. ein Rotationsellipsoid. Sie ist daher nur angenähert eine Kugel bzw. nur angenähert ein Rotationsellipsoid. Am ehesten, wenn auch stark übertrieben-, beschreibt der Vergleich mit einer Kartoffel die Gestalt der Erde. Diese wird Geoid⁹⁶ genannt,

⁹⁶ Das [Geoid](http://www.fellexikon.info/lexikon-a.htm#aequipotentialflaeche) ist eine Äquipotentialfläche des Schwerefelds der Erde (Geopotential). Quelle: Lexikon der Fernerkundung: <http://www.fellexikon.info/lexikon-a.htm#aequipotentialflaeche>

nach einem Vorschlag von J.B. Listing (1872). Die genaueren Daten dieses Geoids sind allerdings erst seit der Verfügbarkeit von Satelliten (Poseidon - Topex Mission ab 1993) bekannt.

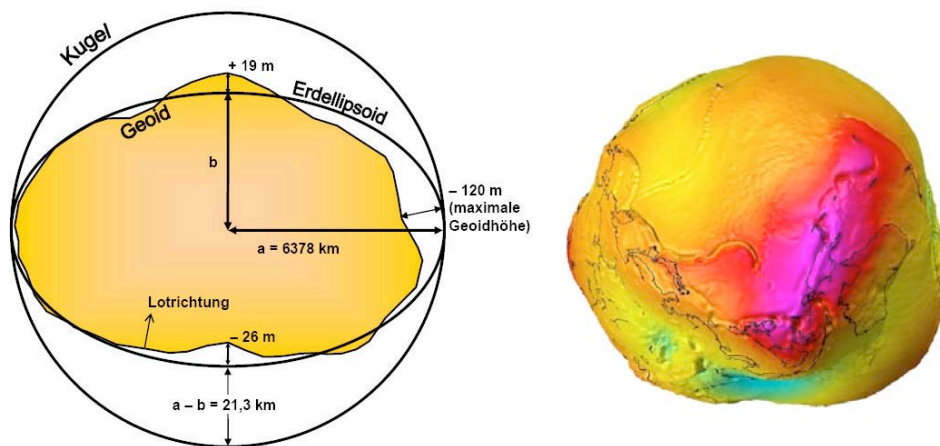


Abbildung 43: Das Lexikon der Fernerkundung hat auf seiner Website die Wandlung von der idealen Kugel über den auf Grund der Fliehkräfte sich bildenden Rotationsellipsoiden „Erdellipsoid“ hin zur „Kartoffel“ anschaulich dargestellt und gleich auch die Abweichungen zur idealen Form eingetragen. Zur Veranschaulichung ist die um -90° gedrehte 3D Darstellung der Kartoffel Erde hinzugenommen worden. Quelle: links BMI rechts GFZ Potsdam

Eine stark übertriebene Darstellung dieser Form zeigt die Abbildung 43. Um trotzdem einen globalen mittleren Meeresspiegel „GMSL“ definieren zu können, bedarf es deshalb der Einführung einer sog. Äquipotentialfläche⁹⁷ des Schwerfeldes der Erde. Diese dient als Bezugsfläche für die Bestimmung des „virtuell“ vorhandenen GMSL und seiner Änderungen.

Im Lexikon der Fernerkundung steht dazu: „*Betrachtet man das Meerwasser als frei bewegliche Masse, welche nur der aus Gravitation und Zentrifugalkraft zusammengesetzten Schwerkraft unterworfen ist, so bildet sich die Oberfläche der Ozeane nach Erreichen des Gleichgewichtszustandes als Niveauläche des Schwerepotentials aus. Diesen idealisierten Meeresspiegel kann man sich (etwa durch ein System kommunizierender Röhren) unter den Kontinenten fortgesetzt denken, so dass eine geschlossene Fläche entsteht, die das Geoid veranschaulicht. Mit dem auf einen Raumpunkt mit dem Ortsvektor x bezogenen Schwerepotential $W(x)$ lautet die Gleichung des Geoids: $W(x) = W_0 = \text{const.}$*

Das Geoid als eine teilweise im Innern der Erdmasse verlaufende Fläche ist stetig und stetig differenzierbar, besitzt jedoch Unstetigkeiten in der Flächenkrümmung an allen Unstetigkeitsstellen der Massendichte und ist somit keine analytische Fläche. Aufgrund der unregelmäßigen Verteilung der Massendichte im Erdkörper kann das Geoid nicht durch eine algebraische Flächengleichung beschrieben werden, sondern muss mit terrestrischen oder satelliten gestützten Methoden der Geodäsie bestimmt werden. Das Geoid ist Bezugsfläche für die orthometrischen Höhen.“

Die Äquipotentialfläche erlaubt es dann den mittleren Meeresspiegel bestmöglich zu approximieren. Dieser ist dahingehend idealisiert, indem so getan wird, als ob das ihn bildende Wasser frei beweglich und homogen ist, d.h. nur den Gesetzen der Schwerkraft unterworfen wäre. Nur in diesem Fall bildet das Wasser eine gleichmäßige Niveauläche aus. Wie bekannt sind diese Voraussetzungen in der Natur niemals gegeben. Deshalb

⁹⁷ Die Äquipotentialfläche ist eine Fläche konstanten Potentials, das heißt konstanter potentieller Energie in einem Potentialfeld. Diese Fläche steht stets senkrecht zu den Feldlinien. Beim Schwerepotential ist die Äquipotentialfläche eine Fläche, deren Punkte alle dasselbe Schwerepotential haben. Die Schwerebeschleunigung ist der Gradient (der Anstieg) des Schwerepotentials. Daher ist auf einer Äquipotentialfläche der Schwere die Schwerebeschleunigung nicht konstant. An den Polen ist die Schwerebeschleunigung größer als am Äquator. Manche Höhensysteme verwenden diese Potentialflächen der Erde zur Höhendefinition.

wird einschränkend darauf hingewiesen: „Der mittlere Meeresspiegel ist die über längere Zeiträume gemittelte Meeresoberfläche. Sie richtet sich in erster Näherung nach dem Erdschwerefeld, d.h. senkrecht zur Lotrichtung aus, fällt jedoch nicht völlig mit einer Äquipotentialfläche des Erdschwerefeldes, bzw. dem Geoid zusammen. Durch stationäre Strömungssysteme bildet sich zusätzlich eine permanente Meerestopographie⁹⁸ von 1-2 m aus. Schließlich unterliegt der mittlere Meeresspiegel einer ständigen Deformation von ca. 0,1 - 0,2 m durch die permanente Tide von Sonne und Mond. Der mittlere Meeresspiegel wird beschrieben durch Meereshöhen (sea heights), die als Abweichungen von einem mittleren Erdellipsoid ähnliche Beträge besitzen wie die Geoidundulationen. Die genaue Kartierung des Mittleren Meeresspiegels ist durch Satellitenaltimetrie möglich. Durch den dominanten Einfluss des Erdschwerefeldes und die unregelmäßige Verteilung der Erdmassen bilden sich im mittleren Meeresspiegel tektonische Strukturen wie Tiefseegräben, Bruchzonen und unterseeische Berge ab.“

Die oben erwähnten Definitionen der Äquipotentialfläche und des Geoids sind erst vor kurzem eingeführt worden, obwohl die nach J.B. Listing (1872) als Geoid bezeichnete Äquipotentialfläche, erstmals von C.F. Gauß (1828) theoretisch definiert und mathematisch beschrieben wurde. Mit der Einführung des Begriffes der Äquipotentialfläche konnte dann ein virtueller Referenz-Meeresspiegel definiert werden, der es erlaubte, ähnlich wie in der Meteorologie, mittels Anomalienbildung, Meeresspiegel-Berechnungen erstellen zu können⁹⁹.

Es fehlten jedoch bis dahin die Mittel die Äquipotentialfläche einigermaßen genau zu bestimmen. Bis in die Mitte der 60 Jahre des vorigen Jahrhunderts ging man daher von einer einfachen Bestimmung der Pegelhöhen bezogen auf den „Normalnull“ (NN) Pegel aus. So hatten sich viele Länder Nordeuropas auf den im Jahre 1818 definierten Amsterdamer Pegel¹⁰⁰ geeinigt. Österreich verwendet hingegen den Triester Pegel, der im Mittel um etwa 27 cm über dem Amsterdamer Pegel liegt. Die ehemalige DDR, wie der gesamte Ostblock, richteten sich nach dem Kronstädter Pegel bei St. Petersburg, der etwa 14 cm über dem Amsterdamer Pegel liegt.¹⁰¹ Die Schweiz bezog sich mit ihrem Höhennetz auf den Pegel von Marseille, der wiederum von den anderen Pegeln abweicht. Die wichtige Erkenntnis für diese Arbeit daraus ist: Messtechnisch, per Beobachtung, kann immer nur der lokale Pegel bestimmt werden. Man nennt ihn relativen Pegel oder Relative Sea Level (RSL). Das hat u.a. zur Folge, dass zur Bestimmung eines Wertes für den GMSL jede lokale Pegelmessung des RSL umfangreichen und sehr detaillierten Rechenprozessen unterzogen, d.h. korrigiert, werden muss. Die gewonnenen Ergebnisse werden dann mit anderen Pegelmessungen zusammengeführt und zu einem globalen Mittelwert, dem GMSL, verdichtet. Diese Rechenschritte basieren nur z.T. auf Beobachtungen, in der Mehrzahl aber auf Faustformeln und Vermutungen. Der GMSL wird dann über die korrigierten RSL mittels bestimmten Computermodellen wie z.B. dem ICE-3G Modell [Tushingham, 1991] oder seinen Nachfolgern berechnet.

⁹⁸ Differenz zwischen dem aktuellen Meeresspiegel und dem Geoid. Sie beträgt ca. 1 - 2 m und bildet sich durch nichtgravitative Kräfte wie hydrostatische und hydrodynamische Vorgänge aus. Die Meerestopographie SST (Sea Surface Topologie) läßt deshalb grundsätzlich Rückschlüsse auf Meeresströmungen zu, ist aber mit ausreichender Genauigkeit schwierig zu bestimmen. Eine geometrische Bestimmung durch Differenzbildung von Meeresspiegel und Geoid ist nur für langwellige Strukturen sinnvoll, solange das Geoid für kurze Wellenlängen keine cm-Genauigkeit aufweist. Mit Hilfe der Bahnverfolgung von Satelliten und den Messungen der Altimetrie werden Meerestopographie und Schwerefeld gemeinsam geschätzt. Das Fehlerbudget erzwingt dabei jedoch auch eine Beschränkung der Meerestopographie auf großskalige Strukturen. Die dynamische Topographie liefert nur relative Höhen und beruht nur auf hydrostatischen Annahmen. Sie kann deshalb nur einen Teil der Meerestopographie und diesen nur relativ approximieren. Aus Lexikon der Fernerkundung <http://www.felexikon.info/lexikon-m.htm#meerestopographie>

⁹⁹ Zusätzlich existiert noch – wie oben erwähnt- die Problematik des topologischen Meeresspiegels.

¹⁰⁰ Quelle Spektrum Direkt „Wo liegt eigentlich Normalnull“ 2.11.2003

¹⁰¹ Die für die Ableitung der Höhe vom Amsterdamer Pegel zugrunde liegenden Nivellements aus den Jahren 1875 bis 1876 haben eine Unsicherheit von ± 1 Zentimeter. Das Normalnull repräsentiert das Mittelwasser der Nordsee mit einer Unsicherheit von etwa ± 1 Dezimeter.

4.2. Der relative (lokale) Meeresspiegel RSL und seine Messung

Entscheidend für alle Aussagen über den GMSL sind klare Langzeit-Daten der lokalen relativen Meeresspiegel RSL. Nur sie können, in Verbindung mit einer Fülle von geologischen, meteorologischen und anderen Daten, Auskunft geben über die eigentlichen Veränderungen sowie evtl. über ihre Ursachen.

Wie Teile dieser Veränderungen ausgelöst werden, wird im Lexikon der Fernerkundung über den beobachtbaren RSL wie folgt beschrieben: „...*Der aktuelle Meeresspiegel unterliegt zahlreichen, räumlich und zeitlich stark variierenden Einflüssen. Oberflächenwellen werden durch Schwankungen des Wind- und Luftdruckfeldes angeregt. Der Meeresspiegel steigt und fällt vor allem an den Küsten durch die Anziehungskräfte von Sonne und Mond im etwa halb- und ganztägigen Rhythmus. Der Meeresspiegel tendiert dazu, Luftdruckschwankungen auszugleichen (inverser Barometereffekt). Schließlich ergeben sich Wasserstandsänderungen durch Verlagerung von Meeresströmungen und Dichteunterschiede des Wassers, die durch Veränderungen von Temperatur- und Salzgehalt verursacht werden. Sekundärkräfte wie die Corioliskraft, Reibung und Reflexion beeinflussen ebenfalls den Meeresspiegel.* Zusätzlich hängt er noch von einer Fülle weiterer Parameter ab, die z.T. schon benannt und auf die später ausführlicher eingegangen wird.

Wichtig ist jedoch, dass zur Bestimmung des RSL vergleichbare, dauerhaft stabile Messstationen verwendet werden sollten. Doch auch das allein genügt nicht. Beispielhaft schreiben die Autoren der Website ¹⁰² der Technischen Universität München, gedacht für Berufseinsteiger der Geodäten: „*Zur Bestimmung relativer Höhenunterschiede dienen Messungen des Wasserstandes an einer Pegelstation. Auf Basis solcher lokaler Messungen lässt sich jedoch nicht erkennen, ob etwa der (lokale¹⁰³) Meeresspiegel ansteigt, oder die Pegelstation absinkt. Daher werden (heute) diese lokalen relativen Messungen mit globalen Methoden, wie etwa dem satellitengestützten Positionierungssystem GPS miteinander verknüpft. Dies gibt Aufschluss über die Eigenbewegung der Höhenfestpunkte aufgrund von Hebungen und Senkungen der Landmassen.*“ Diese kurze Beschreibung umfasst nur den Tatbestand der Veränderung, nicht aber deren Ursachen. Aber gerade die sind es, die herauszufiltern sind, um eine einwandfreie Zuordnung z.B. durch die Klimaerwärmung zu ermöglichen.

Doch was löst lokale Meeresspiegeländerungen aus? Im Einzelnen und geologisch betrachtet ¹⁰⁴ „*verschiebt sich bei einem Meeresspiegelanstieg der Sedimentationsgürtel zwischen Festland und Schelf (mit den markanten sandigen Küstenablagerungen in der Mitte) in Richtung Kontinent. Eine solche landwärtige Verschiebung des Sedimentationsgürtels wird "Transgression" genannt. Bei einem Abfall des Meeresspiegels verschiebt sich der Sedimentationsgürtel zwischen Festland und Schelf in Richtung Schelfrand. Eine solche meerwärtige Verschiebung des Sedimentationsgürtels wird "Regression" genannt. Das vom Kontinent angelieferte Sediment wird dabei voranschreitend ("progradierend") über vormals vom Meer bedeckten Flächen ausgebreitet.*

Auf den RSL wirken also ständig eine Vielzahl von tektonischen Prozessen ein, die auch zu Volumenänderungen der ozeanischen Becken führen. Ebenso wirkt die sedimentäre Kompaktion von Lockergesteinen und ähnliche Prozesse, z.B. die Kompaktion von Schwemmböden durch zunehmendes Gewicht großer Städte. Auch die Veränderung der Positionshöhe der Messapparatur mit der Zeit, der Einfluss des barometrischen Druckes auf die Meeresspiegelhöhe (Hochdruck senkt den RSL um 1 cm/mBar, Tiefdruck erhöht ihn entsprechend), Einflüsse des Mondes und der Sonne auf die Tide, strömungsbedingte Veränderungen

¹⁰² Quelle: <http://www.gug.bv.tum.de/seiten/natur/anstieg.htm>

¹⁰³ Ergänzung des Autors

¹⁰⁴ Quelle Uni Stuttgart: http://www.geologie.uni-stuttgart.de/edu/msp/msp_pop2.html#, **Wie erkennt man Meeresspiegelschwankungen?**

etc. sind zu berücksichtigen. Einige der Einflussgrößen erhöhen den Pegel, andere senken ihn. Aus alledem lässt sich herleiten, dass besonders die Dauer der Erfassung des RSL für die Herleitung der Ursachen eine wesentliche Rolle spielt. Müssen doch die hochfrequenten Einflüsse von den niederfrequenten getrennt werden können. Sie entscheidet, ob die Messwerte dieser Station zur Berechnung des GMSL herangezogen werden können. Je nach betrachtetem Zeithorizont müssen die einzelnen Einflussgrößen bei der Berechnung des GMSL sorgsam herausgefiltert werden. Ein schwieriges, oft unmögliches Unterfangen, das nur zu mehr oder weniger genauen Schätzungen führen kann.

Die lokalen Pegelmessungen können somit nicht direkt zur Berechnung des GMSL herangezogen werden. Sie müssen, wie die lokalen Temperaturdaten, einer Fülle von Anpassungen und Korrekturen unterzogen werden, um verwendet werden zu können. Man versucht dazu aus den relativ wenigen vorhandenen Langzeitbeobachtungen der Pegelhöhe von div. Küstenorten, die Veränderungen des Pegels auf den gedachten Meeresspiegel zu beziehen, d.h. herauszurechnen.

Einige Autoren wie Gornitz [Gornitz, 1994] schreiben, dass erst ab einer Beobachtungsdauer des Pegels eines Ortes von mindesten 20 Jahren brauchbare Ergebnisse zu erwarten sind. Weil erst nach min. 18,6 Jahren¹⁰⁵ bestimmte periodischen Schwankungen wiederkehren und somit berücksichtigt und ggf. herausgerechnet werden können. Besser als Mindestbeobachtungsdauer wären aber 30 Jahre und länger. Douglas [Douglas, 1994] kommt in einer umfangreichen Analyse, sogar zu dem Schluss, dass kürzere Beobachtungszeiträume als 50 Jahre auf keinen Fall zur Bestimmung des globalen Trends oder gar dessen Beschleunigung herangezogen werden dürfen. Diese sollten auf jeden Fall auch ohne Unterbrechungen sein. Er begründet dies sehr plausibel mit der Dominanz hochfrequenter Anteile in kürzeren Beobachtungszeiträumen. Kürzere Beobachtungszeiträume sollten also nicht herangezogen werden, bzw. nur dann, wenn sie mindestens 10 Jahre [Nakiboglu, 1991] andauern und evtl. dazu dienen könnten auf beginnende Trends aufmerksam zu machen. Für langzeitliche globale Trendbestimmung seien sie aber nicht geeignet.

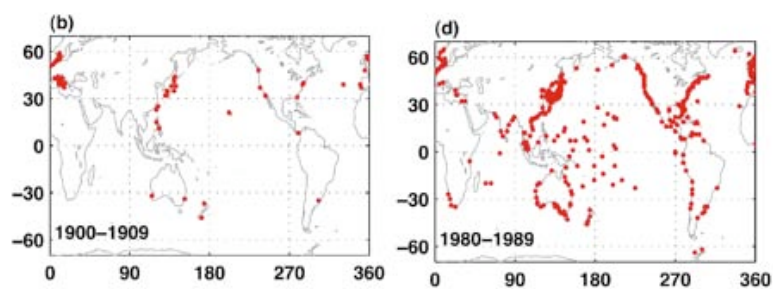


Abbildung 44: Lage und Anzahl der für die IPCC (AR4, Chapter 5) Untersuchungen verwendeten Pegelmessstationen an den Küsten der Ozeane. (b) Lage und Anzahl zwischen 1900-1909; (d) Lage und Anzahl zwischen 1980-1989

Es ist also zunächst aus der lokalen einfachen Pegelmessung nicht erkennbar, was sich verändert hat: Position oder Messgröße. Zudem gilt für alle: Was beeinflusst sie? Wie bekannt, beschränkte sich zudem die Erfassung von Pegelständen auf wenige ausgesuchte Küstenstreifen, die dazu noch über viele Jahrzehnte verlässliche Aufzeichnungen über stetig schwankende Pegelhöhen liefern müssten. Abbildung 44 zeigt dazu die Anzahl und Lage der von den IPCC Leitautoren verwendeten Pegelmessstationen von 1900 bis 1989.

¹⁰⁵ bedingt u.a. durch den 228-monatigen Meton Zyklus Metonic cycle und 223- monatigen eclipse cycle

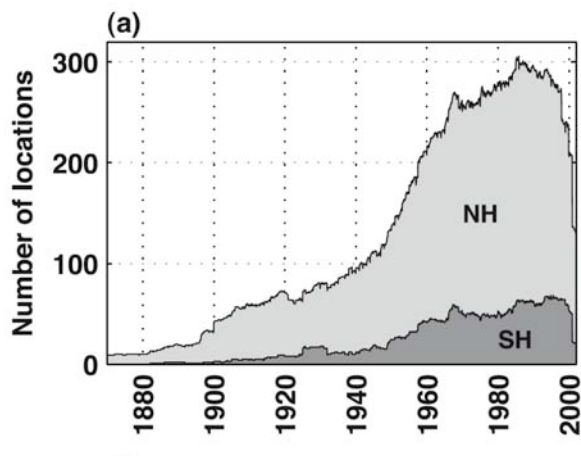


Abbildung 45: Anzahl der Pegelmessstationen zur Bestimmung der von den IPCC Autoren verwendeten lokalen maritimen Wasserstände für die Nord-(NH) und Südhalbkugel (SH). Von um die 10 Stationen nur auf der Nordhalbkugel um 1880 stieg die Zahl bis 1985 auf ca. 300 auf der NH und ca. 60 auf der SH an, um dann auf insgesamt ca. 160 zurückzufallen. (Quelle IPCC AR4, Ch5)

In den obigen Abbildungen 44 und 45 ist deutlich sichtbar, dass sich die Messung des RSL auf die Küsten der entwickelten Länder konzentriert, hingegen die Südhalbkugel mit ihren dominierenden Wasserflächen und die unterentwickelten Länder stark unterrepräsentiert ist. Wegen der starken Schwankung, räumlichen wie zeitlichen, der einzelnen Pegelstände einerseits, deren Abhängigkeit von schwer quantifizierbaren Kräften, wie Wind, Strömung, tektonische Bewegungen, thermischen und chemischen Veränderungen etc. andererseits und der gewollten Verknüpfung der lokalen Daten zu einer einzigen Aussage, nämlich der Änderung des globalen Meeresspiegels im Bereich weniger Millimeter pro Jahr, wird offenkundig, dass alle Berechnungen nur ungenaue Schätzungen sein können. Sie beruhen nur auf relativ ungenauen und wenigen Daten. Erst mit der Nutzung satellitengestützter Messungen des GMSL (Topex/Poseidon seit 1993) hat sich diese Situation geändert, z.T. deutlich verbessert.

Zusätzlich erschwert wird die Berechnung auch dadurch, dass insbesondere die vergleichsweise zahlreichen europäischen und US-amerikanischen Pegelmessstationen sich in Küstenstädten befinden, deren wachsendes Gewicht, über die Jahre, ihre Landmasse absenkt. Daraus resultiert ein systematischer und schleichender Fehler, der sich dem „wahren“ Pegel und damit der Pegelmessung überlagert. Gleichzeitig befinden sich fast alle diese Stationen in einem Gebiet, welches die Hauptlast der gewaltigen Eismassen zur Eiszeit trug und nunmehr seit ca. 18.000 Jahren ungleichmäßig, aber deutlich, ansteigt. Dieser Effekt wird „Nacheiszeitliche Hebung“ bzw. Post Glacial Rebound (PGR) oder Glacial Isostatic Adjustment (GIA) genannt. Auch dies bedeutet, dass eine weitere Verschiebung, deutbar als systematischer Fehler, schleichend auf die lokalen Messwerte einwirkt. Auf ihn und die Versuche seiner Korrektur wird später ausführlicher eingegangen. Es kann aber schon jetzt festgestellt werden, dass nur sehr wenige, nicht von der GIA/PGR betroffene Stationen, kontinuierliche Langzeitmessungen aufweisen. Sie befinden sich zum größten Teil, auf der, zu fast 2/3 mit Wasser bedeckten, Südhalbkugel z.B. in Australien.

4.2.1. Die Bestimmung der lokalen relativen Pegel früher und heute

Die folgende Abbildung 46 zeigt noch einmal die Position und Anzahl der Pegelmessstationen von 1900 bis 1909

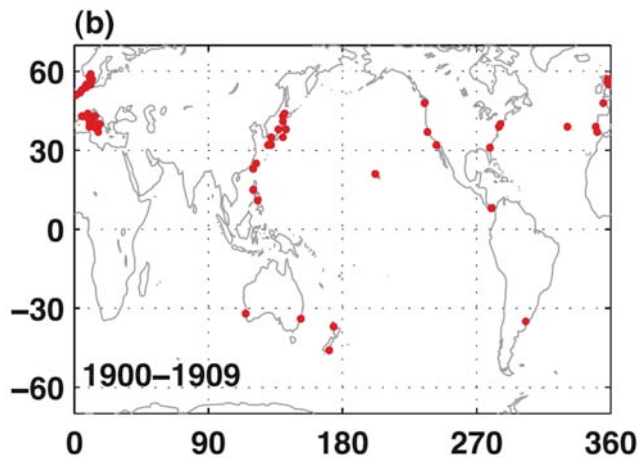


Abbildung 46: Lage und Position der vom IPCC AR4 Ch. 5 verwendeten Pegelmessstationen zwischen 1900 bis 1909

Die überwiegende Zahl dieser wenigen Stationen liegt an den Küsten des Nordatlantischen Beckens, des Mittelmeeres und an der Küste Japans.

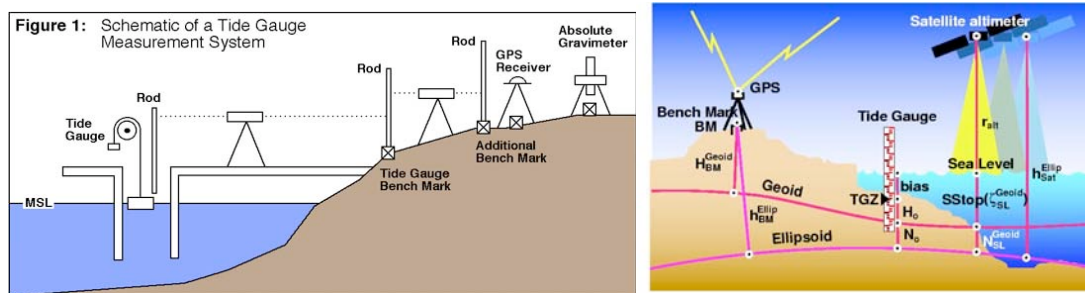


Abbildung 47: Das linke Bild zeigt eine schematische Darstellung der Messung des beruhigten Pegels in einem unten offenen Rohr mit Umlenkrolle und Messstab (Rod) sowie Vergleichsmessstab (Benchmark). Das Ablesefernrohr wird mit einem festen Bezugspunkt (Benchmark Fußpunkt) auf Höhenkonstanz überprüft. Die Vorschrift verlangt 1 x jährlich. Quelle: Universität Colorado; das rechte Bild zeigt die Gegenüberstellung heutiger Messsysteme mit dem früheren Messstab (Mitte) Quelle Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut München dgfi.

Als Pegelmesser wurden früher einfache, in cm oder Zoll eingeteilte, Messlatten oder Pegelmess-Konstruktionen mit einfachen Schwimmkörpern verwendet. Diese sitzen in einem runden Gehäuse von ca. 30 bis 50 cm Durchmesser, das unten, zur Beruhigung der zu messenden Wasseroberfläche, ein kleineres Loch hat. Durch dieses strömt mit Verzögerung das Wasser ein und aus. Die Verzögerung gleicht die sehr kurzzeitigen Wellenbewegungen aus und ermöglicht eine um den Wellenschlag beruhigte Messung. Bei den direkt ins Wasser gestellten Messlatten war wegen der Wellen eine genaue Ablesung nicht möglich. Abbildung 48 gibt einen schematischen Überblick über die verwendeten Messmethoden.

4.2.2. Bestimmung des GMSL mittels Satelliten

Mit den TOPEX/POSEIDON (T/P Mission) Satellitendaten waren erstmalig ab 1993 weltweit genaue Messungen des GMSL möglich. U.a. Mörner stellt deren Ergebnisse umfassend in seinem Aufsatz [Mörner, 2004] „*Estimating future sea level changes from past records*“ vor. Als wichtiges Ergebnis merkt er an, dass die Messungen von 1993 bis 1996 keinen Trend zeigen, erst ab 1997 bis 2000 wären un stetige Schwankungen zu erkennen. Für die ersten 4 Jahre bestimmte Nerem et. al [Nerem, 1997] sogar eine geringe Abnahme von $-0,2$ mm/Jahr. Diesen Verlauf zeigt Abbildung 49.

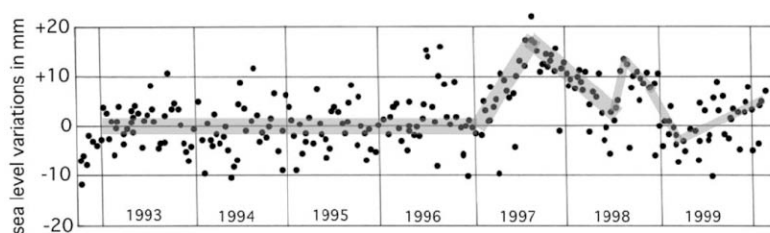


Abbildung 48: Messdaten der Topex/Poseidon (T/P) von 1993 bis Anfang 2000 nach Mörner. Man beachte den fehlenden Trend von 1993 bis 1997 und danach die starken Schwankungen um $+15$ mm bis -10 mm¹⁰⁶. Die gezeigten Satellitendaten enthalten die erforderlichen Driftkorrekturen des Satelliten nach Mitchum [Mörner, 2008].

Parallel dazu wurden von anderer Seite Zweifel an den Messergebnissen der T/P Mission, wie sie z.B. Mörner erwähnt, geäußert. Der Grund war, dass eine oder einige Landstationen, erwähnt wird in diesem Zusammenhang **eine** von mehreren Stationen in Hongkong, deutlich positive Trends in derselben Zeit zeigten, während die T/P Daten dies nicht taten.

Also entschlossen sich Nerem et. al [Nerem, 1997], die Satellitendaten mit einem positiven Trend zu versehen, weil sie davon ausgingen, dass eine noch unbekannt negative Drift von $-2,3 \pm 1,2$ mm/Jahr die T/P Daten verfälscht hätte. Deshalb wurde diesen Daten, per Beschluss, ein positiver Trend von $+2,3 \pm 1,2$ mm überlagert („calibrated“ wie Nerem selbst in Parenthese gesetzt schrieb), der insgesamt zu einem positiven Trend von $2,1 \pm 1,3$ mm/Jahr führte¹⁰⁷. Die untenstehende Abbildung 50 zeigt diesen Sachverhalt fortgeführt bis 2000¹⁰⁸. Seit dieser Korrektur, die von vielen als nicht gerechtfertigt angesehen wird, berufen sich fast alle Autoren auf die gute Übereinstimmung der Messdaten von Pegelstationen (nach Korrektur des GIA Effektes) mit den Satellitenmessungen der T/P Mission. Dass dies ein unfreiwilliger Zirkelschluss ist, fiel diesen Autoren offenbar nicht auf.

Mit der Verfügbarkeit von Satellitendaten wurden aber nicht nur die Messungen genauer, sondern es gab auch Erkenntnisse über bisher nicht gekannte Verformungen des GMSL. So schreiben Cazenave et. al [Cazenave,

¹⁰⁶ In einer später abgegebenen Erläuterung schreibt Mörner: „*It should be noted that this graph includes the technical adjustments (including the drift factor of Mitchum, 2000, Fig. 10) illustrated by the lower arrow in Fig. 1. Later the same graph re-appears with a strong tilt (Aviso, 2003; cf. Leuliette et al., 2004; Moerner, 2005). Why is that?*“ Quelle: : <http://antigreen.blogspot.com/2009/03/accelerated-sea-level-rise-i-mentioned.html>

¹⁰⁷ Begründung von Nerem et. al [Nerem, 1997]: The TOPEX/POSEIDON satellite altimeter mission has measured sea level on a global basis over the last 4 years at 10 day intervals. After correcting for a recently discovered error in the measurements, the estimated rate of global mean sea level change over this time period is -0.2 mm/year. Comparisons to tide gauge sea levels measured in spatial and temporal proximity to the satellite measurements suggest there is a residual drift in the satellite measurement system of -2.3 ± 1.2 mm/year, the origin of which is presently unknown. Application of this rate correction yields a “calibrated” estimate of $+2.1 \pm 1.3$ mm/year for the rate of sea level rise, which agrees statistically with tide gauge observations of sea level change over the last 50 years.

¹⁰⁸ Mörner: Quelle: Rise of sea levels is 'the greatest lie ever told' <http://www.telegraph.co.uk/comment/columnists/christopherbooker/5067351/Rise-of-sea-levels-is-the-greatest-lie-ever-told.html> „But suddenly the graph tilted upwards because the IPCC's favoured experts had drawn on the finding of a single tide-gauge in Hong Kong harbour showing a 2.3mm rise. The entire global sea-level projection was then adjusted upwards by a "corrective factor" of 2.3mm, because, as the IPCC scientists admitted, they "needed to show a trend".

2004] dass die Satellitenaltimetrie eine *“non-uniform geographical distribution of sea-level change, with some regions exhibiting trends about 10 times the global mean.”* gezeigt hätten. Wie damit umzugehen ist, ist derzeit nicht geklärt und wird wohl noch ausführlich untersucht werden müssen.

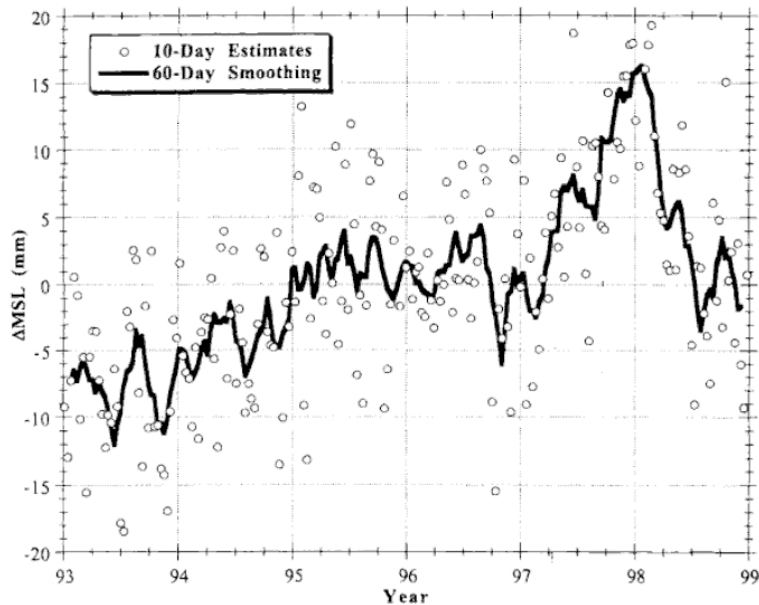


Abbildung 49: Korrigierte Zeitreihe des GSML der Topex-Poseidon Mission. Quelle [Douglas, 2000] Chapter 6 Nerem, Mitchell

Figure 6.9 Same as Fig. 6.8, but after correction for instrument effects using the tide gauge calibration time series (Fig. 6.5) and removal of annual and semiannual variations.

4.2.3. Die erzielbare Messgenauigkeit früher und heute

Die mit Schwimmkörpern in Röhren (tide gauges) oder Messlatten erreichbare Messgenauigkeit lag früher günstigstenfalls im Bereich von ± 1 cm bzw. $\pm \frac{1}{2}$ Zoll, sehr häufig auch schlechter. Heute werden für diesen Zweck überwiegend automatisierte Pegelmesser eingesetzt, welche die Höhe des Wasserspiegels im Messgehäuse per Ultraschall oder Radar abtasten, zusätzlich den barometrischen Druck messen und gegenrechnen. Auch bei den Satellitenmessungen rechnet man diese Korrektur des barometrischen Druckes. Man erwartet von ersteren Messgenauigkeiten von ± 1 mm, Satelliten sollten heute etwa dieselbe Genauigkeit erreichen. Diese gilt jedoch nur für die jüngste Vergangenheit. Noch weiter zurück war dies unmöglich.

Beispiele für alte und moderne Messstationen zeigt die folgende Abbildung 50.

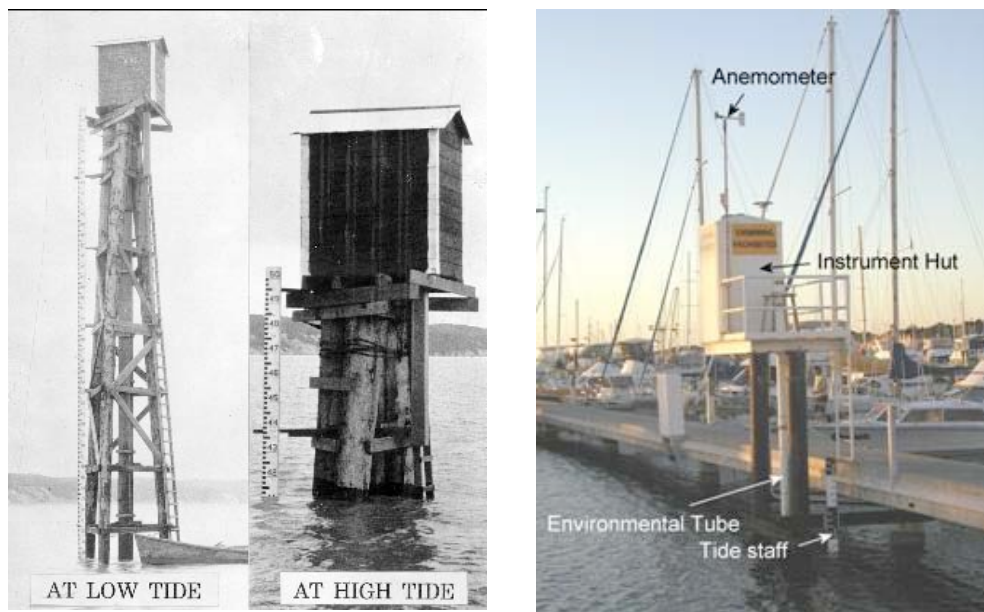


Abbildung 50: Pegelmessung (links) in Anchorage Alaska mit Messstab (Zollteilung) und (rechts) moderne australische Ultraschallmessstation. Die linke Konstruktion ist recht typisch für Pegelmessstationen in vielen Teilen der Welt.

Die lokalen Pegel wurden früher häufig, als stündliche Messung, auf einem Papierstreifen als gepunktete analoge Kurve aufgezeichnet. Daraus errechnete man einen Tagesgang, der zu einem Tagesmittel und zu weiteren Mittelwerten (Monatsmittel, Jahresmittel) verdichtet werden kann. Allerdings sind nach Aussage der o.a. Autoren erst wenige dieser Papierstreifen bis jetzt digitalisiert worden. Dies und der Mangel an langfristigen Zeitreihen (> 50 Jahre) in tektonisch stabilen Zonen sind vermutlich die Hauptgründe, warum nur so wenige Stationen zur Berechnung des GMSL herangezogen werden konnten.

Es liegt daher auf der Hand, dass erst mit der Einführung der präziseren Ultraschallmessung oder ähnlicher Verfahren¹⁰⁹ eine genauere Messung der RSL als auf $\pm \frac{1}{2}$ bis ± 1 Zoll genau möglich wurde. Entsprechend vorsichtig müssen deswegen die Auswertungen der früheren Daten betrachtet werden. Die direkten Ablesefehler sind dabei wohl überwiegend zufälliger Art und sollten sich bei entsprechend großer Zahl von Messungen ausgleichen.

4.2.4. Trendverläufe des relativen Meeresspiegels RSL anhand von Beispielen.

Im Folgenden werden einige Beispiele der so ermittelten RSL Zeitreihen gezeigt. Als Quelle diente die, von fast allen Autoren benutzte, Datenbank des (PMSL, Permanent Service for Mean Sea Level) des Proudman Oceanographic Laboratory in Liverpool¹¹⁰. Sie zeigen die großen Schwierigkeiten auf, aus den gesammelten, vielfach widersprüchlichen Beobachtungsdaten, ein einheitliches Bild zu formen.

¹⁰⁹ Details siehe u.a. hier (<http://www.icsm.gov.au/tides/SP9/section2.html>)

¹¹⁰ <http://www.pol.ac.uk/> Das PMSL zeigt sowohl die Rohdaten (metric files) als auch die REVISED LOCAL REFERENCE RLR Daten, die auf ein gemeinsames Referenzdatum bezogen sind. Soweit nicht anders angegeben, werden diese Daten gezeigt. Im Begleittext wird dazu erläutert: „The RLR datum at each station is defined to be approximately 7000mm below mean sea level, with this arbitrary choice made many years ago in order to avoid negative numbers in the resulting RLR monthly and annual mean values“.

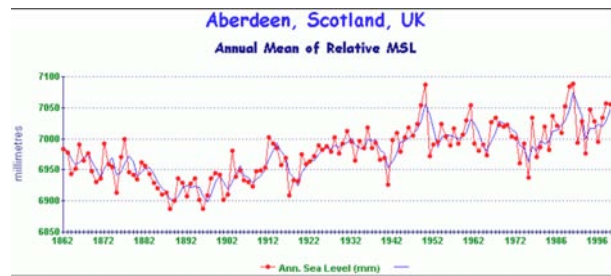
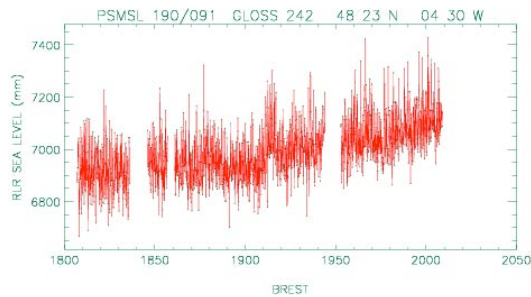


Abbildung 51: linkes Bild monatlicher RSL von Brest Frankreich mit ca. 200 mm Anstieg in 2 Jahrhunderten, d.h. ca. 1 mm/Jahr (ebenfalls im IPCC TAR erwähnt.) Rechtes Bild: Aberdeen Schottland, ebenfalls mit langer Messdauer. Der Anstieg betrug von 1862 bis 1998 ca. 80 mm oder ca. 0,6 mm/Jahr.

Die Abbildung 51 zeigt die Trends von Brest und Aberdeen in Schottland. Obwohl beide Orte im Weltmaßstab dicht beieinander liegen, Brest am Atlantik, Aberdeen an der Nordsee, zeigen sie ganz erhebliche Unterschiede. Die Trends liegen jedoch immer noch deutlich unter dem IPCC Mittel von 1,7 mm/Jahr. Brest zeigt ca. 1 mm/Jahr und Aberdeen ca. 0,6 mm/Jahr. Höhere Trends zeigen die Messungen in den Niederlanden. Die Abbildung 52 zeigt das Beispiel von Hoek van Holland (mit kontinuierlicher Messung seit 1862). Dort beträgt der Trend + 2,4 mm/Jahr.

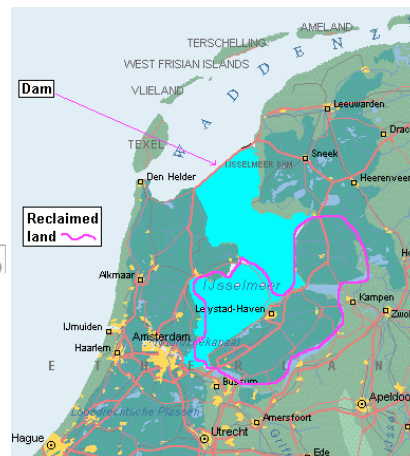
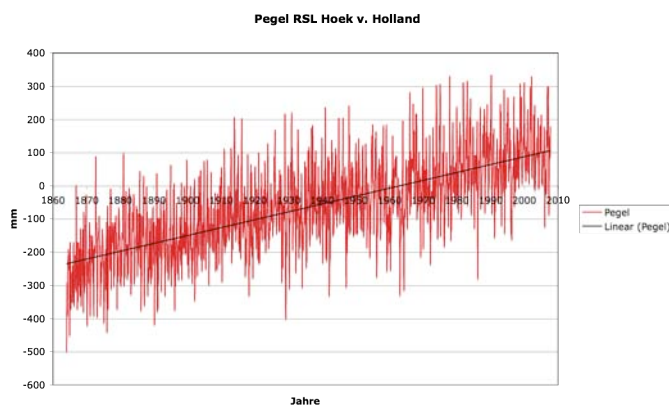


Abbildung 52¹¹¹: Linkes Bild Monatliche RSL - Veränderung in Hoek van Holland mit einem Anstieg von ca. 2,4 mm/Jahr, rechtes Bild: Eindeichung der Zuidersee in den Niederlanden als vermutete Hauptursache

Noch deutlicher wird diese Verschiedenheit am Beispiel von Stockholm an der Ostsee und Triest an der Adria. Städte, die eine lange Messdauer (> 50 Jahre) aufweisen, deren Binnenmeere aber nur über relativ enge Zuflüsse mit dem Atlantik verbunden sind. Sie zeigen klar gegenläufige Trends. Stockholm mit - 3,4mm/Jahr und Triest mit +1,26 mm/Jahr. Siehe auch Abbildung 53.

¹¹¹ Die hier verwendeten Daten sind „Metric“ lt. PSML Klassifizierung, d.h. nicht der RLR Prozedur von -7000 mm- unterzogen. Sie sind jedoch auf den Amsterdamer Pegel bezogen, und können daher für die säkulare Differenzbetrachtung verwendet werden... „There are, however, some 'Metric only' records which almost certainly can be used for time series work, even though the PSMSL does not have full benchmark datum histories. These include, in particular, all Netherlands 'Metric' data, the records of which are expressed relative to the national level system Normaal Amsterdamsch Peil (NAP)“. (Quelle: <http://www.pol.ac.uk/psmsl/datainfo/psmsl.hel>)

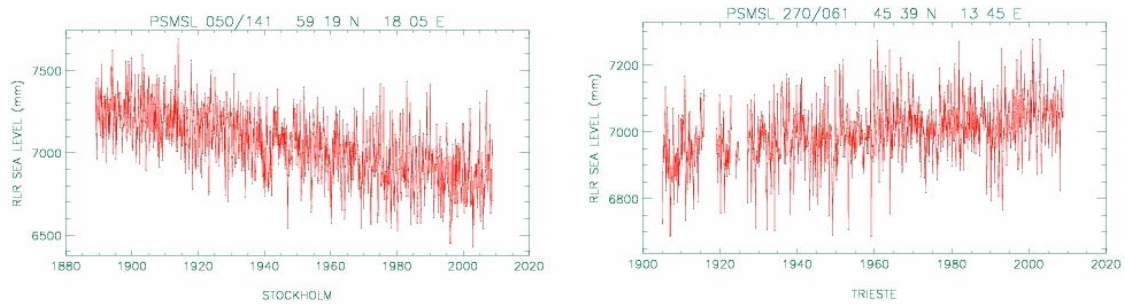


Abbildung 53: linkes Bild monatlicher RSL von Stockholm Schweden mit sehr langer Messdauer (1888 – 2008) und einem Abfall von 460 mm, d.h. ca. -3,4 mm/Jahr. Rechtes Bild Triest Italien, ebenfalls mit langer Messdauer. Der Anstieg betrug von 1905 bis 2008 ca. 130 mm oder ca. 1,26 mm/Jahr.

Besondere Aufmerksamkeit erfuhren in den letzten Jahren die Pegelveränderungen an den ca. 1200 Inseln umfassenden Malediven und auf der Insel Tuvalu im indischen Ozean. Weil diese Inseln so flach über dem Wasserspiegel liegen, wird befürchtet, dass sie als erste von der prognostizierten Erhöhung des GMSL betroffen sein würden. Diese Befürchtung konnte jedoch durch Messungen vor Ort nicht bestätigt werden, wie die Abbildung 54 des Pegels des Funafati Atolls in Tuvalu zeigt. Im Mittel kann man dort wohl eher eine leichte Absenkung erkennen, als eine Erhöhung.

Funafuti Atoll, Tuvalu Monthly Mean Sea Level, 1977-1998

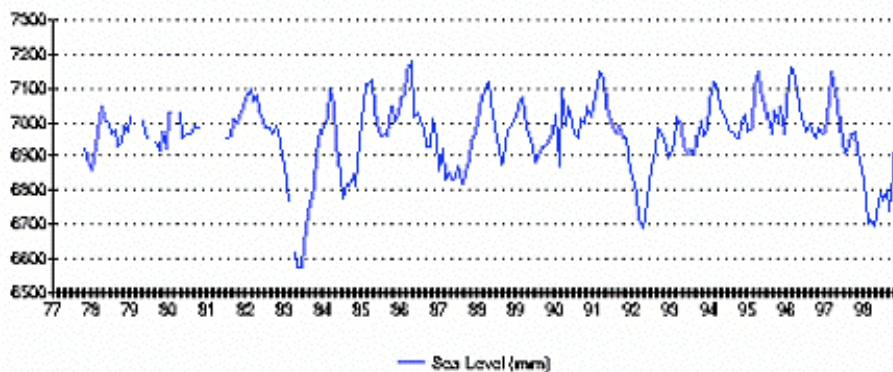


Abbildung 54: Verlauf des RSL in Tuvalu für die Zeit 1978 bis 1998

Noch ausgeprägter ist dieser Sachverhalt bei der Inselgruppe der Malediven. Diese Inselgruppe besteht aus ca. 1200 Inseln und erstreckt sich über 8 Breitengrade von - 1° Süd bis + 7 ° Nord. Unter Leitung des Paleogeophysikers und Meeresspiegelexperten N.-A. Mörner, untersuchte die INQUA beginnend 1999 (Die INQUA Commission on Sea Level Changes and Coastal Evolution, umfasste zeitweise um die 300 Experten) die dortige Situation. Sie fanden, durch Vermessung und morphologische Untersuchungen, heraus, dass sich der dortige RSL in den letzten 30 (bis evtl.) 50 Jahren um 20 bis 30 cm (!) gesenkt hatte, obwohl vom IPCC (TAR 2001) das Gegenteil erwartet worden war. Mörner [Mörner, 2004]. führt diese überraschende Senkung auf zunehmende Verdunstung im indischen Ozean zurück. Eine neuerliche, ebenfalls von Mörner durchgeführte, Überprüfung der Pegeldata fand außerdem für die Zeit von 1990 bis 2002 keinerlei Anzeichen für eine Veränderung auf den Malediven. Weder eine Erhöhung noch eine Absenkung. Dies läuft erneut den Prognosen

des IPCC und anderer zuwider. Dem Ergebnis von Mörner widersprechen Church et. al [Church, 2006]. In ihrer Untersuchung gelangen sie zu einem Trend für 1950 bis 2001 von + 2 mm/Jahr (von 6 Pegelmessern: ursprüngliche 1,4 mm/Jahr wurden auf 2,0 mm/Jahr korrigiert), und sogar von + 4 mm/Jahr für die Region von 40°S to 40°N, 30°E to 120°W für die Zeit von 1993 – 2001.

Die Unterschiede der Ergebnisse beider Forscher machen einmal mehr deutlich, wie schwierig es ist, auf Grund weniger und unsicherer Daten, zu hinreichend genauen, übereinstimmenden Berechnungen lokaler RSL und noch mehr des GMSL, zu kommen. Für die Einordnung der Ergebnisse ist es evtl. hilfreich die Arbeitsweise beider Forscher(gruppen) zu vergleichen. Während Church et. al es vorziehen, die Daten der verwendeten Pegelstationen mathematisch, statistisch zu interpretieren, dann anhand von bestimmten Modellvorstellungen zu korrigieren, auch mit einer Korrektur des barometrischen Druckes¹¹², wie sie betonen, und daraus ihre korrigierten Trendberechnungen abschätzen, ordnet Mörner diese Datenreihen nur als eine von mehreren Eingangsgrößen ein [Mörner, 2008].¹¹³ Er und seine Gruppe verwendeten viel Zeit und Aufwand für die Erfassung zusätzlicher Daten morphologischer, sedimentologischer, biologischer und historischer Art. Daraus, und aus den Pegelmessungen leitet sie ihre Schätzungen ab. In Anbetracht der guten naturwissenschaftlichen Tradition, Thesen und Theorien aus nachprüfbar Beobachtungen zu entwickeln, sicher eine gute Entscheidung.

Unterstützt werden Mörners Beobachtungen durch den besonderen Fall der „Isle of Dead“ [Daly, 2000], einer Insel innerhalb des Hafens von Port Arthur (40 Meilen von Hobarth Town) Tasmanien. Hier fand man vor kurzem eine offizielle NN Einkerbung in einem Uferfelsen. Sie wurde nach Maßgabe der britischen Admiralität, zur Kennzeichnung des damaligen Nullpegels im Jahre 1841 erstellt und dort in den Granitfelsen eingekerbt. Ausführende waren der Amateurforscher und Ladenbesitzer Thomas Lempriere, sowie der britische Forscher Captain James Clark Ross. Sie hielt den mittleren Pegel jener Zeit fest. Derzeit befindet sich diese offizielle Marke ca. 35 cm **über** dem heutigen Pegel. Dieser Fund zeigt, dass sich der RSL dort seit dieser Zeit abgesenkt haben muss. Wie weit, und was zwischendurch geschah, haben Forscher inzwischen versucht zu klären. In Ihrem Bericht stellte Hunter et. al [Hunter, 2003] auf Grund dieses Fundes und nach Vergleich der Daten mit den Beobachtungen in Port Arthur von 1875-1905 und 1999-2002 fest, dass man insgesamt **einen Anstieg** des RSL von $0,8 \pm 0,2$ mm/Jahr ermitteln könne. Dieser wäre durch eine Volumenvergrößerung der Wassermenge der Ozeane von $1,0 \pm 0,3$ mm/Jahr für die gleiche Periode verursacht worden. Sie schrieben: *"historic and modern records from Port Arthur, Tasmania, cover the longest time span of any sea level observations in the Southern Hemisphere and are related to a single benchmark,"* und weiter *"they provide a significant contribution to our knowledge of past sea level rise in this data-sparse region."* Und ferner *"(they) are at the lower end of the recent estimate by the Intergovernmental Panel on Climate Change on global average rise for the 20th century."* Es bleibt daher ungeklärt, warum der RSL dort, zur Zeit der Markierung, um ca. 35 cm höher lag als heute. Dem postulierten Anstieg, müsste doch zuvor eine deutliche Absenkung vorausgegangen sein. Weiterer Untersuchungsbedarf scheint gegeben.

¹¹² Weil die dafür benötigten Daten nicht als Mess-Protokolle vorlagen verwendeten sie die errechneten Modelldaten nach Kistler s (2004) NCEO-NCAR 50 „reanalysis“

¹¹³ Auszug... *where we realize that the tide gauges quite frequently are installed in unstable local position, and I quote (from Moerner et al., 2004): "Tide gauge records, however, do not provide simple and straight-forward measures of regional eustatic sea level. They are often (not to say usually) dominated by the effects of local compaction and local loading subsidence.*

4.3. Die wesentlichen Einflussgrößen für den Meeresspiegel.

Das IPCC hat stets dem Anstieg des GSML eine besondere Bedeutung zugemessen. In einer Grafik aus dem SPM wird für Nichtfachleute dargestellt, welchen prinzipiellen Einflüssen der GSML unterliegt.

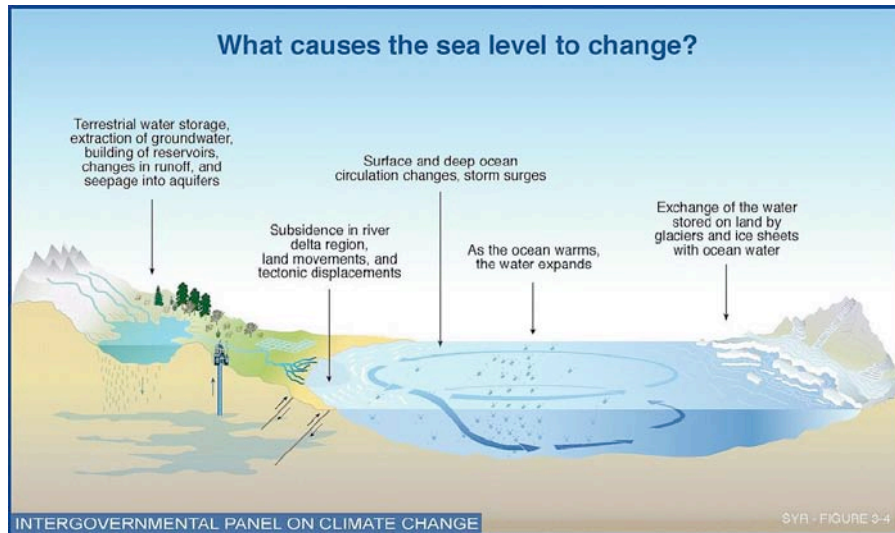


Abbildung 55: zeigt welche Ursachen nach Meinung des IPCC die Veränderungen beim GSML bewirken. Von links nach rechts: Wasserspeicherung in Binnengewässern, Entnahme von Grundwasser und Einspeisung in Aquifere, Absenkung in Delta-Regionen durch sedimentäre Kompaktion, tektonische Bewegungen, Änderungen der ozeanischen Zirkulation, Ausdehnung durch Erwärmung, Zufuhr von Wasser, das in Eisdecken und Gletschern gebunden war. Nicht erwähnt u.a.: postglaziale isostatische Hebungen (PGR/GIA), lokale anthropogen bedingte Absenkungen durch Auflasten (Städte, Piers).

Die Abbildung 55 zeigt einige, aber nicht alle, wesentlichen Einflüsse auf RSL und GSML. Nicht erwähnt u.a. sind: postglaziale, isostatische Hebungen (PGR/GIA), lokale, anthropogen bedingte Absenkungen durch Auflasten (Städte, Piers).

Um die einzelnen Einflüsse ursächlich zu charakterisieren, wurden diese verschiedenen Größen von der Fachwelt verschiedenen Prozessen zugeordnet. Diese haben:

- eustatische,
- sterische und
- isostatische Auswirkungen.

Eustatisch nennt man die Einflüsse, die sich global auf den Meeresspiegel auswirken. Sie können einmal klimatische Ursachen haben, welche die Masse des ozeanischen Wassers beeinflussen, wie z.B. Eisschmelze und Niederschlag, zum anderen plattentektonische Ursachen, die eine Änderung der Form und damit des Aufnahmevermögens der Ozeanbecken bewirken. Plattentektonische Prozesse haben charakteristische Raten von einigen cm/Jahr.

Sterische Einflüsse sind diejenigen, die sich auf die Dichte und damit das Volumen des Wasserkörpers selbst auswirken, wie z.B. Temperatur und Salinität.

Isostatische Einflüsse sind diejenigen die sich aus Vertikal-Bewegungen von Landmassen, z.B. durch Be- und Entlastung von Inlandeis, ergeben (GIA/PGR Effekt). Sie haben keine Auswirkungen auf das Volumen des Wasserkörpers. Als Sonderfall werden häufig Krustenverschiebungen und andere tektonische Verschiebungen erwähnt. Auch sie haben bedeutende Auswirkungen auf RSL und somit GSML.

Über die Ursachen von Meeresspiegelschwankungen findet sich in der Literatur¹¹⁴ auch die Aufteilung in **Klimatische Ursachen: glazio-eustatische** Meeresspiegelschwankungen, die durch das Klima (also durch eine Veränderung des Meerwasservolumens) ausgelöst werden,

und

Tektonische Ursachen: tektono-eustatische Meeresspiegelschwankungen; deren Ursache in Erdkrustenbewegungen liegt, die eine Änderungen der Form von Ozeanbecken zur Folge haben.

Sie sind allerdings in der Praxis oft nur sehr schwer auseinander zu halten. Die zuvor definierten Ursachen beschreiben die Autoren der UNI Stuttgart wie folgt (auszugsweise):

Klimatische Ursachen: glazio-eustatische Meeresspiegelschwankungen

Schnelle Meeresspiegelschwankungen sind meistens glazio-eustatische Schwankungen; sie können Veränderungsraten bis zu 10 m pro 1 000 Jahren aufweisen und zeigen damit an, dass klimatische Systeme kollapsartig zusammenbrechen können. Die Steuerung solcher "hochfrequenten" Meeresspiegelschwankungen im Bereich von Zyklen 5. Ordnung kann vielfältige Ursachen haben:

- *kurzfristige Änderungen der Solarkonstante (die am wenigsten wahrscheinliche Ursache); autozyklische Prozesse innerhalb der Hydrosphäre bzw. Wechselwirkungen zwischen Hydrosphäre, Kryosphäre und Atmosphäre;*
- *Veränderungen der Erdbahnparameter (Zyklen >20000 und <400000 Jahre, so genannte Milankovitch-Zyklen, führt man auf solche astronomische Ursachen zurück;*
- *Zwischenspeicherung von Wasser in großen Seen (die Triaszeit beispielsweise war eine Zeit gigantischer Seen).*
- *Bei allen Zyklen höherer Ordnung (also >1 Million Jahre) sind andere als glazio-eustatische Ursachen zunehmend stärker beteiligt.*

***Tektonische Ursachen: tektono-eustatische* Meeresspiegelschwankungen**

Formveränderungen von Ozeanbecken oder Änderungen im Schwimmgleichgewicht der Kontinente liegen plattentektonische Ursachen zugrunde. Sie haben ebenfalls Meeresspiegelschwankungen zur Folge. Diese "tektono-eustatischen" Meeresspiegelschwankungen zeigen meistens Zyklen im Bereich der 2. bis 4. Ordnung. Als Ursachen kommen in Frage:

- *Änderungen in der Neubildungsrate der Ozeankruste (Spreizungsrate der mittelozeanischer Rücken) unterliegen langfristigen Schwankungen zwischen den Extremwerten 0 und 20 cm pro Jahr; sie erzeugen Zyklen eustatischer Meeresspiegelschwankungen der 1. Ordnung.*

¹¹⁴ Die folgenden Zitate sind dieser Website entnommen. Siehe z.B. Uni Stuttgart Geologie: http://www.geologie.uni-stuttgart.de/edu/msp/msp_pop2.html#

- *Änderungen im Schwimmgleichgewicht der Kontinente können sich folgendermaßen ergeben:*
 - *"passive" Kontinentalränder, die mechanisch mit alter, kalter, und deshalb tief liegender Ozeankruste verbunden sind und randlich durch diese herabgezogen werden (Beispiel: die Kontinentalränder, die den Atlantik säumen). Die Absenkungsraten solcher passiven Kontinentalränder ändern sich reziprok zur Spreizungsrate des zugehörigen mittelozeanischen Rückens;*
 - *durch Änderungen des Kraftschlusses zwischen verschluckter und überschobener Platte an so genannten konvergenten Plattenrändern (darunter versteht man alle Plattenränder, an denen sich Platten in der Vertikalen aneinander vorbeibewegen, also Inselbögen und aktive Kontinentalränder)*
 - *durch Änderungen der Einspannungsverhältnisse (z.B. konvergierende Stressfelder) können ganze Kontinente vorübergehend über ihre normale Schwimmgleichgewichtsposition hinaus hochgehalten werden. Afrika beispielsweise ist ein Kontinent, der fast nur von Divergenzrändern (ozeanischen Spreizungszonen) umgeben ist; der ganze Kontinent liegt deshalb mehr als 100 m über seiner "normalen" isostatischen Position.*

Diese und andere tektonischen Ursachen führen nach heutigem Wissen zu horizontalen Plattenbewegungen [Monroe 2005] mit Geschwindigkeiten von bis zu > 15 cm/Jahr. Sie haben (allerdings weitgehend unbekannt) vertikale Komponenten und dürften daher einen wesentlichen, wenn nicht sogar dominanten, Anteil an den beobachteten RSL Veränderungen haben. Welche genau, ist aber (noch) nicht bekannt.

Zu den einzelnen o.a. Prozessen, in der Aufteilung, eustatisch, sterisch und isostatisch, wird im Folgenden ausführlicher Stellung genommen. Die entsprechenden geologischen Ursachen werden, soweit möglich und nötig, benannt und zugeordnet.

4.4. Die wesentlichen Komponenten für die Veränderung des Meeresspiegels

Insgesamt schätzt das IPCC wie in Tabelle 1 dargestellt den Anstieg des GMSL auf $1,8 \pm 0,5$ mm/Jahr für die Zeit von 1961-1993 und $3,1 \pm 0,7$ mm/Jahr von 1993-2003. Die Dauer beider Angaben ist deutlich geringer als die von Fachleuten geforderte Dauer von > 50 Jahren. Die Angabe für den Zeitraum 1993-2003 zeigt eine rasante Beschleunigung, mit einer Zunahme von 70 % in nur 10 Jahren. Begründet wird diese sehr starke Beschleunigung mit der starken Erwärmung und den nunmehr verbesserten Messbedingungen durch Satelliten. Von diesem Anstieg versucht das IPCC den Anteil abzuschätzen, der allein der Erwärmung zuzuordnen sei.

4.4.1. Sterische und eustatische Einflüsse: d.h. thermisch bedingte Ausdehnung sowie Eisschmelze und erhöhte Verdunstung

Das IPCC misst, gemäß seiner Aufgabe die Wirkung der anthropogen bedingten Erwärmung darzustellen, der thermischen Ausdehnung des Wassers und der Eisschmelze eine besondere Bedeutung bei. In der schon am Anfang gezeigten Tabelle 1 wird der Anstieg durch die thermische Ausdehnung allein, auf $0,42 \pm 0,12$ mm/Jahr bis 1993 geschätzt, und von 1993-2003 gar auf $1,6 \pm 0,5$ mm/Jahr. Das entspricht fast einer Vervierfachung und

somit einer dramatischen Beschleunigung. Der Beitrag, der durch die Erwärmung ausgelöste Eisschmelze bei Gletschern und Eiskappen wird mit $0,5 \pm 0,18$ und $0,77 \pm 0,22$ mm/Jahr¹¹⁵ angegeben, Der Beitrag des Abschmelzen des Grönlandeises mit $0,05 \pm 0,12$ mm/Jahr und $0,21 \pm 0,07$ mm/Jahr. Der Beitrag der Antarktis mit $0,14 \pm 0,41$ mm/Jahr; $0,21 \pm 0,35$ mm/Jahr.

Andere Forscher haben hingegen schon sehr früh darauf aufmerksam gemacht, dass selbst wenn diese Erwärmung in der Größenordnung nachweisbar wäre, die Erwärmung selber nicht nur zu einer thermischen bedingten Expansion des Wassers, sondern auch zu einer höheren Verdunstungsrate führt. Diese führt über mehr Wolken zu mehr Niederschlag, auch in den Polarregionen. Und erhöht dort die Eisbildung. Der Wasserspiegel selbst aber erfährt eine Absenkung. Gleichzeitig werden auch die großen Wasserreservoirs wie z.B. das Kaspische Meer und der Victoriasee durch erhöhten Niederschlag aufgefüllt und entziehen damit dem (Spender-) Ozean Wasser. Der Verdunstungs-/Niederschlags-Effekt wurde 1938 postuliert, ist inzwischen von mehreren Studien bestätigt und heißt nach seinem Entdecker Sir George Simpson „Simpson-Effekt“. Miller et. al [Miller G. & de Vernal A., 1992] untersuchten diesen Prozess genauer und kamen zu dem Ergebnis, dass der Simpson-Effekt nicht nur die Volumenänderung ausgleichen könne, sondern den GMSL sogar bis zu 7 mm/Jahr (!) absenken könnte. Dieses Phänomen wurde auch von S.F. Singer [Singer, 2000] in einem Vortrag in St. Raphael (Frankreich) am 18. 10.1999 bestätigt. Erhärtet wurde diese Vermutung auch durch die Ergebnisse von Mörner, der bei seinen Untersuchungen der Malediven feststellte, dass, vermutlich bedingt durch erhöhte Verdunstung im indischen Ozean, der RSL dort innerhalb weniger Jahrzehnte um ca. 20-30 cm gefallen ist. Das wären immerhin -0,66 mm/Jahr bis -1 mm/Jahr, liegt also dicht bei der Miller-Schätzung.

Munk [Munk, 2003] kommt in seiner umfassenden Analyse der Bilanzen von Zuflüssen von Süßwasser durch Eisschmelze und anderer Effekte zu dem Schluss „*surveys of glaciers, ice sheets, and other continental water storage can place only very broad limits of -1 to +1 mm/year on sea level rise from freshwater export.*“. Und weiter schreibt er: "*polar melting would result in movement of water mass toward the equator, causing a decrease in the rate of Earth's rotation,*" aber so meint er weiter "*observations show a (nontidal) increase in Earth's rotation (attributed to a movement of mass toward the poles in response to the unloading of ice mass since the last glacial maximum),*" und, bezogen auf sein Hauptproblem der Bilanz der wärmebedingten Zuflüsse, schreibt er dass "*the large discrepancy between the sea ice thinning estimates from the sonar method and the wave method leaves the interpretation of freshening in limbo.*" Auch diese Aussagen definieren die Frage nach dem Netto-Einfluss der globalen Erwärmung auf den Meeresspiegel als derzeit unbeantwortbar.

Von Storch et. al [Storch, 2008] haben der Vermutung des IPCC und mancher seiner Leitautoren, dass erhöhte Lufttemperatur zwangsläufig zu einer Erhöhung des Meeresspiegels führen müsse, nicht bestätigt. Zumindest im untersuchten Zeitraum der letzten 1000 Jahre, fanden sie keinen stabilen, statistisch signifikanten Gleichlauf zwischen beiden Variablen. Im Gegenteil, mal stieg die Temperatur und der Meeresspiegel stieg, mal fiel die Temperatur und der Meeresspiegel stieg trotzdem, und mal war es umgekehrt. Zusammenfassend konstatieren die Autoren: *It is found that, in this simulation, a simple linear relationship between mean temperature and the rate of change of sea level does not exist.*

Evtl. sind auch die Beobachtungen über zunehmende Eisschilddicke in der Antarktis, der Mitte Grönlands und die kräftige Verringerung der Ausdehnung der Sahara ebenfalls Hinweise für diesen Effekt. Es ist daher nicht

¹¹⁵ Die erste Zahl bezieht sich auf die Zeit von 1961 bis 1993 (Pegelmessung) und die zweite auf die Zeit von 1993 – 2003. Satellitenmessung.

sehr wahrscheinlich, dass die IPCC Schätzung des Beitrages der Erwärmungs- und Eisschmelzenkomponente sich in der Realität finden lässt. Unabhängig davon konstatiert auch die IPCC Übersicht, dass zwischen erwärmungsbedingter berechneter Erhöhung und „beobachteter“ Erhöhung durch Erwärmung eine Differenz von $0,7 \pm 0,7$ (1961-1993); $0,3 \pm 1,0$ mm/Jahr (1993-2003) besteht. Die folgenden Wirkeinflüsse können daher Hinweise auf weitere Veränderungen des GMSL geben

4.4.2. Dichte des Wassers bedingt durch Temperatur und Salinität

In der Arbeit von Joseph et. al [Joseph and VijayKumar, 2002] „*Overestimation of sea level measurements arising from water density anomalies within tide-wells - A case study at Zuari Estuary, Goa*“ zeigten die Autoren Befunde aus einer 3 jährigen Studie über den Einfluss der Dichteschwankungen der Wassersäule in den Pegelmessern. Die Dichte dieser Wassersäule war durchgängig niedriger als die, des umgebenden Wassers, mit Ausnahme des Hochsommers und des Sommer Monsoons. Die Konsequenz daraus war, dass eine zu hohe Wassersäule innerhalb des Messrohres min. von + 2 mm und max. +22 mm nach dem Monsoon, gemessen wurde. Auf diesem max. Wert verblieb der Fehler während der folgenden 3 Monate und ging dann auf +4 mm zurück. Auch die mittlere jährliche Abweichung daraus wurde mit +11,3 mm ermittelt. Da dies ein systematischer Fehler ist, addiert er sich zu den „wahren“ Werten auf. Die Autoren schlagen deshalb eine Korrektur historischer Daten auf Grund Ihrer Befunde vor, die aber, nachbestem Wissen des Autors, bisher nirgends durchgeführt wurde.

Der Einfluss der Salinität des Meerwassers, die dessen Dichte direkt beeinflusst, wurde ebenfalls von einigen Autoren untersucht. Mehr Salz im Wasser erhöht die Dichte, weniger Salz verringert sie. Entsprechend umgekehrt ergibt sich ein Einfluss auf das Volumen des Wassers. Stellvertretend für die wenigen anderen, sei hier Antonov et. al [Antonov, 2002] genannt. In ihrer Untersuchung, die nach Angabe der Autoren noch stärker unter der geringen Datenanzahl leidet, als die Meeresspiegeluntersuchungen im Allgemeinen, artikulieren sie die Schätzung, dass der Anteil der Salinitätsänderung, durch Frischwasserzufuhr, bedingt durch Schmelzen von Eis, eine Größenordnung geringer sei, als die thermisch bedingte Ausdehnung. Hinzu kommt, dass ihr Einfluss oft gegenläufig zur thermischen Ausdehnung stattfände. Dies zumindest seien die Ergebnisse von Beobachtungen. Allerdings zeigten die verwendeten Korrektur-Modelle einen um eine Größenordnung höheren Einfluss, der aber nicht beobachtet werden konnte. Man kann also bis auf weiteres davon ausgehen, dass dieser Einfluss (noch) zu vernachlässigen ist. Genaues weiß man jedoch nicht.

4.4.3. Isostatische Einflüsse: Der Nacheiszeitliche Isostatische Ausgleich oder Glacial Isostatic Adjustments (GIA) auch Post Glacial Rebound (PGR)

In Kapitel 4.2.4 wurden beispielhaft einige Pegelverläufe gezeigt. Schaut man sich das Umfeld der dort genannten Orte genauer an, dann ist festzustellen, dass sie gemeinsame, bestimmte geologische Besonderheiten aufweisen.

Alle Messorte liegen im ehemaligen Gebiet der Gletscher der jüngsten Eiszeit oder an deren Grenzen. Beim Abschmelzen der mehrere Kilometer mächtigen Eisschicht floss nicht nur viel Wasser in die Ozeane und ließ deren Pegel innerhalb weniger 1000 Jahre um ca. 120 m ansteigen, gleichzeitig hob sich das Land unter der jetzt

abgeschmolzenen Eismasse, an anderen Stellen hingegen senkte es sich ab. Diese Bewegung, die bis heute anhält, wird wie weiter vorn erwähnt „Nacheiszeitlicher isostatischer Ausgleich“ oder „Glacial Isostatic Adjustment“ GIA; bzw. „Post Glacial Rebound“ **PGR** oder genannt. Er ist ein planetarisches Phänomen wie z.B. Tushingham et. al. [Tushingham, 1991] ausführlich dargelegt haben. Es umfasst neben anderen Teilen der Welt, ganz Europa, weite Teile Nordamerikas und Nordasiens. Generell gilt: Während an den Rändern und innerhalb der ehemaligen Eisflächen die Landmasse ansteigt, d.i. im Nahbereich der abgeschmolzenen Eisdecken und Gletscher, sinkt sie im weiteren Verlauf, d.i. im Fernbereich, als Ausgleichsbewegung ab. Die nächste Abbildung zeigt die ungefähren Grenzen dieser Bewegungen an. Der negative Stockholmer RSL Trend wird hauptsächlich dieser langsamen, aber anhaltenden Hebung der Erdkruste zugeschrieben.



Abbildung 56: ungefähre Grenzen der PGR mit Anhebung der Landmasse (rote durchgehende Linie) und Absenkung (rote gestrichelte Linie). Es wird damit deutlich, dass die überwiegende Zahl von langjährigen Messreihen aus Gebieten des PGR kommt. Mithin als sichere Quelle zur Beurteilung von Meeresspiegelzunahmen auf Grund thermischer Ausdehnung und Schmelzwasserzulauf eher ausfallen. (Quelle Microsoft Encarta, Daly: Testing the Water S. 6)

Wie aus Abbildung 56 zu entnehmen ist, wirken über die gesamte Landfläche Nordamerikas, Europas, und weiter Teile Asiens tektonische Ausgleichskräfte, die den RSL und damit den GMSL ebenfalls beeinflussen. Während die durchgehende rote Linie die Zonen umgrenzt, wo das Land von der Eismasse befreit ansteigt, umgrenzt die gestrichelte rote Linie die Zonen, die zum Ausgleich absinken.

Allgemein ist auch von erheblichem Einfluss auf alle Messungen in diesem Gebiet, dass das gesamte atlantische Becken von 2 großen Landmassen eng begrenzt wird. Mit Nord- und Südamerika samt Grönland auf der einen Seite und Europa und Afrika auf der anderen Seite. Der Atlantik ist nur über eine „Engstelle“, von 1400 nautischen Meilen Breite mit den anderen Groß-Ozeanen verbunden. Bedauerlicherweise liegen nun die allermeisten Pegelstationen, besonders die verwendbaren mit langjährigen Messreihen, in diesem Gebiet. Dies mag eine simple Erklärung dafür liefern, warum die Pegelmessungen in diesem Gebiet von denen in anderen Weltgegenden so deutlich abweichen. Die Wasserverteilung des Atlantiks unterliegt dadurch anderen Bedingungen, als die anderen, wesentlich weiteren, Ozeane.

4.4.4. Andere topologische wirksame Veränderungen wie tektonisch aktive Zonen, Krustenverschiebungen, etc.

Wie unter Kapitel 4.2 erwähnt, ist die Erdoberfläche seit jeher in andauernder plattentektonischer Bewegung. Monroe et. al [Monroe 2005] geben für die einzelnen Platten Geschwindigkeiten von bis zu > 15 cm/Jahr an. Über deren vertikale Komponente ist sehr wenig bekannt. Jedoch dürften ihre Auswirkungen auf den jeweiligen RSL erheblich, wenn nicht dominant sein, da sich damit die Tiefe des Beckens entsprechend verändert. Diese Veränderungen liegen zeitlich im interessanten Bereich und müssen daher berücksichtigt werden. Zudem befinden sich viele Stationen entlang der pazifischen Küste der USA, Japans, Neuseeland und anderer Orte. Also längs der Plattengrenzen aktiver Zonen. Sie zeigen ebenfalls erhebliche Änderungen, die ihren Ursprung hauptsächlich in den Plattenbewegungen längs dieser Rinnen haben dürften. Sie werden die Mittelwertbildung daher massiv beeinflussen und sollten deshalb nicht in die Berechnung des GMSL einbezogen werden. Autoren wie z.B. Jevrejewa nehmen deshalb die tektonisch aktiven Zonen, wie die Japans, aus ihren Untersuchungen heraus und reduzieren damit das brauchbare Datenvolumen erheblich.

4.4.5. Veränderte Landnutzung, Reservoirs etc. das Absinken von Städten und Piers.

Ein Sonderfall bilden die Pegel in den Niederlanden wie z.B. der von Hoek van Holland, (ähnlich auch der älteste Pegel der Welt, der von Amsterdam). Die Niederländer haben ein Sprichwort: „*Der liebe Gott hat die Welt erschaffen, wir Niederländer haben die Niederlande erschaffen.*“. Seit rund 300 Jahren ringen die Niederländer der Nordsee Land ab, so auch im letzten Jahrhundert. Diese großflächigen Eindeichungen, zuletzt mit der riesigen, eingedeichten Zuidersee, schaffen nicht nur neues Land, sondern auch völlig veränderte Strömungs- und Tidenbedingungen in der angrenzenden flachen Nordsee, um diese Eindeichungen herum. Vorher vorhandene Ausgleichsbehälter sind jetzt verschlossen. Das Wasser sucht sich daher andere Wege. Es gibt massive Volumenänderungen, die sich in Pegeländerungen äußern. Ähnlich wie bei dem UHI (Urban Heat Island Effekt) der Temperaturen, liefert die durch den Menschen erfolgte Landnutzung, Grundwasserentnahme oder eben Deichbau, genügend Gründe für eine Neuorientierung des Wassers. In diesem Falle erzwingen sie den Anstieg des lokalen Meeresspiegels. Gornitz [Gornitz, 1994], schätzt daher, dass derartige Aktivitäten den GMSL um 1 mm/Jahr absenken können.¹¹⁶

Bei Aberdeen und Brest spielen vermutlich noch andere geologische Bewegungen eine Rolle. Genauer ist dazu aber nicht bekannt. Aberdeen hatte zwar früher, wie Stockholm, eine große Eislast zu tragen, zeigt aber auch die Tendenz, wie andere große Städte, auf Grund zunehmenden Gewichtes abzusinken. D.h. nicht der Meeresspiegel steigt, sondern das Ufer sinkt ab. Bei Brest ist es wohl ähnlich, denn der Pegelanstieg ist nicht nur im 20. Jahrhundert, sondern auch im 19. Jahrhundert nahezu unverändert zu beobachten. Wesentlich stärker ist der Pegelanstieg seit 300 Jahren von Venedig. Auf Bildern des 18. Jahrhunderts z.B. von Canaletto ist deutlich zu erkennen, dass die Rialto Brücke höher über dem Wasserspiegel aufragt als heute. Bangkok, auf Schwemmboden errichtet und explodierende Megastadt in Thailand, weist einen extrem hohen Anstieg des RSL um 1 m(!) in den letzten 40 Jahren auf. Auf der anderen Seite des Atlantiks ist die Chesapeake Region, ein ebenso klares Beispiel für das Absinken von Landmassen. Der Anstieg des RSL dort beträgt 3,5 mm/Jahr, wie auch an anderen Pegelstationen ringsum Baltimore. Er wird jedoch dort nicht auf ein größeres Wasservolumen,

¹¹⁶ Quelle: [Douglas, 2000] Einleitung: „Gornitz estimates that the net effect of all these human induced changes is a lowering of the level of the sea, of the order of 1 millimeter per year.“

oder Strömungsänderungen, sondern auf das Absinken der Landmasse im Zuge des PGR/GIA zurückgeführt. vgl. Abbildung 56. Von besonderem Einfluss ist auch die zeitliche Deformation der Piers, auf denen die Pegelmessstationen stehen. Es kann daher wohl vermutet werden, dass weltweit die Pegelmessungen zu einem guten Teil durch Absink- oder Alterungsprozesse der Piers kontaminiert sind.



Abbildung 57: Tasmanische Pegelmessstation mit GPS Gerät zur Topex/Poseidon Satelliteneichung¹¹⁷ Quelle WattsUp. S. Fußnote

Die Abbildung 57 zeigt die Referenzstation zur GPS gestützten Ortsbestimmung der Topex/Poseidon Mission in Tasmanien. Sie wurde trotz ihrer wackligen Konstruktion als GPS Referenzstation für die Topex/Poseidon Mission genutzt. Wahrscheinlich stellt sie eine Ausnahme dar, ob das so ist, ist aber nicht bekannt. Leider gibt es über den Zustand der Pegelmessstationen, anders als die Watts'schen Untersuchungen zur Qualität der US-amerikanischen klimatologischen Stationen, keine umfassende Untersuchung mit Vermessungen. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass weder die Eichvorschrift zur jährlichen Überprüfung des Bezugspunktes diszipliniert weltweit eingehalten wird, noch die Stabilität der Piers allgemein so groß war, dass Eigenbewegungen über die Messdauer auszuschließen wären.¹¹⁸ Man muss also bei der Fehlerbestimmung davon ausgehen, dass Fehler aus der Eigenbewegung, oder auch wg. Nichtablesung, schleichend auftreten. Sie dürften vermutlich die Größenordnung der gesuchten Änderungen haben.

4.4.6. Die Wahl des Vergleichszeitraumes und zeitliche Länge der Messreihe

Douglas [Douglas, 1994] unterstützt von Pugh [Pugh, 2004], berichtet von Beobachtungen, dass sowohl die Wahl des untersuchten Zeitraumes, als auch die Dauer der Aufzeichnung die Größe und das Vorzeichen des RSL Trends bestimmen. Diese Effekte treten selbst dann auf, wenn Zeiträume von bis zu 30 Jahren kontinuierlicher Messung zugrunde gelegt werden. Am Beispiel von San Francisco, mit einer kontinuierlichen Aufzeichnung des RSL über 140 Jahre und damit der längsten in den USA, führt Douglas [Douglas, 1991] aus, dass selbst 30 jährige Trends, die irgendwo in der Zeitreihe errechnet werden, von -2 mm/Jahr bis + 5 mm/Jahr schwanken

¹¹⁷ Quelle <http://wattsupwiththat.com/2009/03/19/despite-popular-opinion-and-calls-to-action-the-maldives-is-not-being-overrun-by-sea-level-rise/>

¹¹⁸ "Tide gauge records, however, do not provide simple and straight-forward measures of regional eustatic sea level. They are often (not to say usually) dominated by the effects of local compaction and local loading subsidence. With this perspective, our multiple morphological and sedimentological records appear more reliable and conclusive" [Mörner, 2004]

können. Er schließt daraus, dass Zeitreihen, die kürzer als 30 Jahre sind, nicht zur Bestimmung des RSL Trends (und damit des GMSL Trends) herangezogen werden dürfen. Svetlana Jevrejeva und ihre Kollegen [Jevrejeva, 2006] haben auch kürzlich wieder bestätigt, dass die Wahl des Vergleichszeitraumes eine wichtige Rolle der Trendänderung des GMSL spielt.

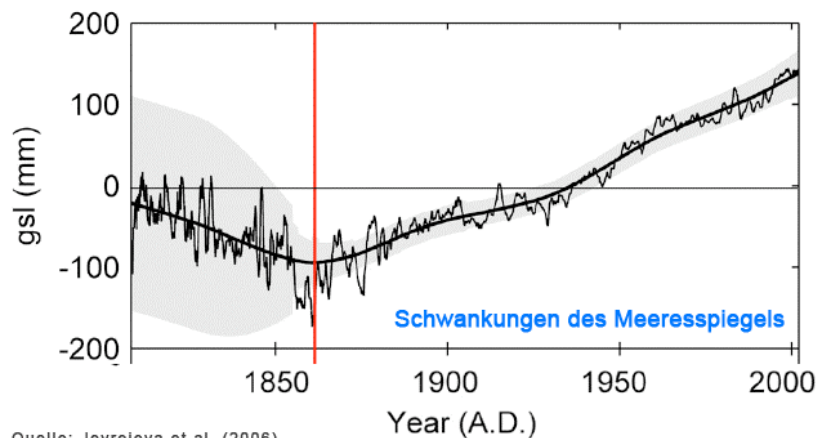


Abbildung 58: Der berechnete Verlauf des GMSL nach Svetlana Jevrejeva und ihren Kollegen ([Jevrejeva, 2006]. Er zeigt das Absinken desselben bis 1860 und danach, nicht kontinuierliche, Ansteigen seit dieser Zeit um ca. 240 mm, d.h. 1,65 mm/Jahr. Der graue Schleier gibt einen Hinweis auf die Größe der jeweiligen Unsicherheit. Ist aber seinerseits nur eine unsichere Schätzung.

Quelle: Jevrejeva et al. (2006).

Wie in Abbildung 58 dargestellt ist der GMSL nach Jevrejeva et.al. ([Jevrejeva, 2006] bis 1860 gesunken, von da an mit leichter Wellenbewegung gestiegen. Die Rate liegt seitdem bei +1,65 mm/Jahr. Trivial, aber nicht unwichtig: Legte man den Startpunkt der Mittelwertbildung in obiger Abbildung auf das Startjahr um 1820, dann beträgt der mittlere Anstieg Jevrejeva Kurve nur ca. +0,8 mm/Jahr gegenüber ca. +1,65 mm beim Startjahr 1860

4.4.7. Der barometrische Druck

In vielen vom Autor durchgesehenen Papers zur Bestimmung des GMSL, z.B. [Miller, 2004] oder [Jevrejeva, 2006] wird darauf hingewiesen, dass eine Korrektur des barometrischen Druckes, der deutliche Auswirkungen auf den RSL hat, bei ihren Untersuchungen nicht erfolgte. Es ist nicht klar, ob diese Unterlassung mangels Daten erfolgte und für nicht wichtig erachtet wurde, wie es z.B. das IPCC im AR4 WGI Ch. 5¹¹⁹ sieht [Bindoff, 2007, #25728] oder ob die ausgewerteten Daten später pauschal einer Korrektur dieser Störgröße unterzogen wurden. Auf Grund der spärlichen historischen Datenbestände, insbesondere von Zeitreihen > 50 Jahre und ihrer Dokumentation (Metadaten) ist wohl mit ziemlicher Sicherheit davon auszugehen, dass diese Daten selten vorlagen und deshalb nicht beurteilt werden konnten. Es ist jedoch erwiesen und physikalisch herleitbar, dass atmosphärischer Hochdruck pro 1 mBar den RSL um ca. 1 cm senkt, Tiefdruck pro 1 mBar um ca. 1 cm anhebt. Aus diesem Grund sind sämtliche modernen Stationen mit Sensoren zur Luftdruckmessung ausgerüstet. Überwiegend werden diese Einflüsse hochfrequenter Natur sein und zu einem unbekanntem Teil bei Monats- und Jahresmittelwerten unter den Tisch fallen. Sicher ist das aber nicht. Druckschwankungen von einigen 10 mB innerhalb von Stunden und Tagen bis zu Monaten sind in vielen Klimazonen nichts Ungewöhnliches. D.h. die Pegelangaben aus diesen Breiten enthalten Fehler in der Größenordnung von Dezimetern.

¹¹⁹ Zitat IPCC p. 408....some oceanographic factors (e.g., changes in ocean circulation or atmospheric pressure) also affect sea level at the regional scale, while contributing negligibly to changes in the global mean.

4.4.8. Andere Einflussgrößen und grobe Fehler

Von großem, evtl. beherrschendem Einfluss, und dies zeigen die Satellitenmessungen ganz deutlich, sind die Umverteilungen von Wassermassen in allen Ozeanen dieser Welt. Fast übereinstimmend sind die Forscher der Meinung, dass diese Umverteilungen in langjährigen, bis Jahrzehnte dauernden, Schwingungen erfolgen, die man erst seit kurzem genauer bestimmen lernt. Dazu gehören die Variationen der ozeanischen Zirkulationen. So schreiben z.B. Cazenave et. al [Cazenave, 2004] bezüglich ihrer Ergebnisse aus der Satellitenaltimetrie: "...*the altimetric rate could still be influenced by decadal variations of sea level unrelated to long-term climate change, such as the Pacific Decadal Oscillation, and thus a longer time series is needed to rule this out.*" Und sie erkannten auch, dass eine "*non-uniform geographical distribution of sea-level change, with some regions exhibiting trends about 10 times the global mean.*"

Bryden et. al [Bryden, 2003] untersuchten diesen Einfluss ebenfalls. In ihrer Studie führten sie aus: "*there has been an oscillation in the water mass properties of the upper thermocline waters with freshening from 1965 to 1987 and then an increase in salinity from 1987 to 2002, with the properties observed in 2002 close to those observed in 1936 and 1965.*" Und zusätzlich notierten sie: "*there can be substantial oscillations over decadal time scales,*" und dass "*without regular observations, oceanographers have little understanding of the scales of variability in water mass properties.*" Klar stellten sie demnach fest, dass die beobachteten jüngsten Änderungen "*almost entirely reverses the observed freshening of mode waters from the 1960s to 1987 that has been interpreted to be the result of anthropogenic climate change on the basis of coupled climate models.*"

Diese und andere Strömungen verursachen zwar überwiegend, z.T. jedoch weiträumige, lokale RMSL Änderungen, da diese aber zum GMSL zusammen geführt werden müssen, beeinflussen sie das Ergebnis außerordentlich.

Wie überall bei Messungen, besonders über lange Zeiträume, lassen sich auch grobe Fehler nicht ausschließen. Diese werden z.B. durch mangelnde Wartung, verstopfte Zu- oder Abflüsse, fehlende Eintragung etc. hervorgerufen. Auch über die Verstopfung des Zuflusses der Messröhre durch Unrat, wie tote Fische, wurde berichtet. Insgesamt lassen sich diese Fehler aber nicht zuordnen, eine Abschätzung ihrer Größe ist daher nicht möglich.

Beide Einflussgrößen werden in dieser Arbeit daher nicht quantifiziert

4.5. Messergebnisse außerhalb von PGR/GIA beeinflussten Zonen

Verlässt man das Gebiet in dem die PGR/GIA auf der Nordhalbkugel dominiert und untersucht zur Quantifizierung der Veränderung eines globalen Meeresspiegels und seines Trends die Pegeländerungen auf der Südhalbkugel, dann sind die Pegel an den Küsten des, tektonisch relativ stabilen, australischen Kontinents sicherlich eine gute Wahl. Australien wird vom indischen, dem südlichen und dem pazifischen Ozeanen umspült. Es ist lange genug besiedelt, um über lange, hinreichend zuverlässige Messreihen zu verfügen. Die australische National Tidal Facility NTF in Flinders Adelaide hat dazu 1998 die Ergebnisse eines Projektes veröffentlicht, dem „*Mean Sea Level Survey*“, die nur Daten von Stationen enthält mit mehr als 23 Jahre stündlicher Messung. Die folgende Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse der für geeignet erachteten Standorte.

Location	Years of data	Est. trend (mm per year)
Darwin, NT	34.9	-0.02
Wyndham, WA	26.4	-0.59
Port Hedland, WA	27.7	-1.32
Carnarvon, WA	23.9	+0.24
Geraldton, WA	31.5	-0.95
Fremantle, WA	90.6	+1.38
Bunbury, WA	30.2	+0.04
Albany, WA	31.2	-0.86
Esperance, WA	31.2	-0.45
Thevenard, SA	31.0	+0.02
Port Lincoln, SA	32.3	+0.63
Port Pirie, SA	63.2	-0.19
Port Adelaide - Inner, SA	41.0	+2.06
Port Adelaide - Outer, SA	55.1	+2.08
Victor Harbour, SA	30.8	+0.47
Hobart, TAS	29.3	+0.58
George Town, TAS	28.8	+0.3
Williamstown, VIC	31.8	+0.26
Geelong, VIC	25.0	+0.97
Point Lonsdale, VIC	34.4	-0.63
Fort Denison, NSW	81.8	+0.86
Newcastle, NSW	31.6	+1.18
Brisbane, QLD	23.7	-0.22
Bundaberg, QLD	30.2	-0.03
Mackay, QLD	24.3	+1.24
Townsville, QLD	38.3	+1.12
Cairns, QLD	23.6	-0.02

Tabelle 12: Ergebnisse der australischen Untersuchung von 1998 über RSL Trends australischer Pegelmessstationen. Rot: positive Trends, blau: negative Trends

Elf der 27 Stationen zeigen negative Trends mit im Mittel -0,48 mm/Jahr. 16 zeigen positive Trends incl. der Stadt Adelaide (mit + 2,06 und + 2,08 mm/Jahr). Gerade an Adelaide lässt sich der deutliche Trend zum Absinken der Stadt festmachen, denn die Messorte in der unmittelbaren Nachbarschaft wie Port Lincoln. Port Pirie und Victor Harbour zeigen entweder wesentlich kleinere Anstiege von nur einem guten Viertel der von Adelaide (Port Lincoln mit +0,63 mm/Jahr) oder einen, wenn auch geringen, negativen Trend. (Port Pirie mit -0,19 mm/Jahr). Trotz dieser Ausreißer von Adelaide beträgt der Mittelwert über

alle 27 Stationen nur +0,3 mm/Jahr. Nimmt man Adelaide aus genannten Gründen heraus, dann bleibt für die restlichen 25 Stationen ein Anstieg von nur noch +0,16 mm/Jahr übrig. [Daly, 2000]

Umfassend und systematisch hat sich auch der ehemalige Präsident der INQA *Commission on Sea Level Changes and Coastal Evolution* Nils Axel Mörner mit der Frage der Bewertung der verschiedenen Anstiege auseinander gesetzt. In seinem Aufsatz „*Estimating future sea level changes from past records*“ [Mörner, 2004] fasst er die verschiedenen Durchschnittswerte verschiedener Autoren tabellarisch zusammen. Tabelle 13 ist diesem Aufsatz entnommen.

Time period	Rates (mm/yr)	Source of information	Reference
1682–1940	1.1	mean of tide gauges	1
1860–1960	1.2	mean of tide gauges	2
1830–1930	1.1	NW Europe tide gauge data	3
1830–1930	1.1	past uplift vs. present uplift and eustasy	3
1830–1930	max. 1.1	Earth's rotation vs. tide gauge	4
Last 100 years	1.0	UK–North Sea tide gauges	5
Last 100 years	1.1	Fennoscandian tide gauges	6
1910–1990	0.9	estimates of all water sources	7
1992–1996	0.0	Satellite altimetry	8
1997–1998	ENSO	Satellite altimetry	8
1999–2000	<0.5	Satellite altimetry	8

References: (1) Gutenberg (1941), (2) Fairbridge and Krebs (1962), (3) Mörner (1973), (4) Mörner (1992), (5) Shennan and Woodworth (1992), (6) Lambeck et al. (1998), (7) IPCC (2001) (TAR-3), (8) Fig. 2.

Tabelle 13: Durchschnittlicher Anstieg des GSML nach verschiedenen Beobachtungen und Messmethoden von 1682 bis 2000. Alle Werte der Vergangenheit bis 1990 liegen danach bei ca. 1 mm/Jahr. Dies ist ein bemerkenswert anderes Ergebnis (nur gut 50%) des IPCC Wertes von 1,8 mm/Jahr. Quelle Mörner Seite 51 [Mörner, 2004]

Hervorzuheben ist dabei, dass Mörner diese Werte auf Beobachtungen zurückführt und nicht auf Modelle. Unterstützt wird Mörner durch die Übersicht von Gornitz [Gornitz, 1994], die darin über die bis dahin gefundenen Ergebnisse feststellte, dass alle, bis auf eine Untersuchung, vor 1989 einen Anstieg von weniger als 1,5 mm/Jahr zeigten. Nimmt man die extremen Werte heraus, dann bleiben 12 Papiere übrig, die einen mittleren Anstieg von nur 1,2 mm/Jahr erbrachten.

5 spätere Papiere, lt. Gornitz, ermittelten einen deutlich größeren Anstieg. Nimmt man auch dort wieder den einen Ausreißer heraus, dann ergibt sich ein Mittel von 1,9 mm/Jahr. Das ist ungefähr auch der IPCC Wert. Der Grund dafür ist, dass alle Autoren neuerer Papiere ihre Daten explizit nach dem **ICE-3G** Modell von Tushingham & Peltier zur Korrektur des PGR korrigiert hatten und real alle Berechnungen von Tushingham & Peltier ausführen ließen¹²⁰. Ein Modell, das nicht nur zu dieser Zeit bereits sehr umstritten war, sondern heute als überholt [Milne, 2002] angesehen wird, weil es u.a. lt. Milne et. al. auf einer falschen „Sea Level Theory“ basiert und wichtige Einflussgrößen entweder gar nicht oder falsch berücksichtigte. Auf dieses ICE-3G Korrekturmodell und seine Nachfolger wird später noch einmal ausführlicher eingegangen. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, wie Douglas berichtet [Douglas, 1994], dass alle o.a. Autoren ihre Daten vom PMSL bezogen hätten, die ermittelten Unterschiede also nur von den Autoren und ihren Annahmen abhingen, jedoch nicht von den ihnen zugrunde liegenden Daten.

4.6. Die Zusammenfügung relativer Sea Level Änderungen zu globalen Änderungen

Ein Grundproblem aller Mittelwertbildungen ist, dass man normalerweise konsistente Datenreihen haben sollte, die in der Aufzeichnungsperiode und -dauer, der Art der Messmittel, deren Messfolge und –Genauigkeit weitestgehend übereinstimmen sollten. Es sei daran erinnert, dass z.B. die Wahl der Zeitperiode nicht nur darüber entscheiden kann, wie hoch der Anstieg (oder Abfall) war, sondern auch, welche Richtung dieser hatte; positiv oder negativ. Diese Grundvoraussetzung ist jedoch bei den Pegelmessdaten noch weniger gegeben als bei den Temperaturmessdaten. Man behilft sich deshalb mit einigen z.T. plausiblen, z.T. aus der Not geborenen Hilfskonstruktionen die Jevreva et. al [Jevrejeva, 2006] so beschreiben (Hervorhebungen vom Autor):

*There is no common reference level for the tide gauge records and this provides a problem when stacking records that do not cover the same time periods. One way overcome this problem is to calculate the rate of change in sea level for each station and stack the rates [Barnett, 1984]. However, **many stations have historically only been measured for some months of the year and an annual cycle in sea level could therefore lead to severe bias.** To maximize data usage, we calculate the mean annual rate for a given month over a whole year (e.g., the rate in January is calculated as the July to July difference). Using this method removes all systematic sub-annual signals from the data. Data gaps shorter than one year in the final rate series are filled by interpolation.*

Der aus diesen Verlegenheitslösungen resultierende systematische Fehler wird mit 2-3 mm/Jahr von 1800 bis 1900 und 1 mm/Jahr für das 20. Jahrhundert angegeben¹²¹. Also Fehler von ganzer bis halber Größe des geschätzten Anstieges.

Es ist muss jedoch klar sein, dass alle Berechnungen, die auf solchen Hilfskonstruktionen beruhen, mit größter Vorsicht zu verwenden sind. Deswegen wohl auch die nüchterne Schlussfolgerungen: *We have shown that the development of global sea level rise is highly dependent on the time period chosen and the global sea level rise occurred during the period from 1920 to 1945 is comparable with present-day rate of sea level rise.*

Und

....However, our results show that global sea level rise is irregular and varies greatly over time, it is apparent

¹²⁰ Details dazu hier: <http://www.agu.org/revgeophys/dougl01/node3.html>

¹²¹ : Our results show that error can be reduced with substantial increase of number of tide gauge records; for example, for the period 1800 – 1900 the errors are 2 – 3 mm/yr, compare to 1 mm/yr during 20th century.

that rates in the 1920 – 1945 period are likely to be as large as today's. Nevertheless, considerable uncertainties remain. [Jevrejeva, 2006]

4.7. Die Ermittlung von Beschleunigungen im Trend

Wie oben bereits erwähnt, meint das IPCC und einige seiner Autoren sogar eine kräftige Beschleunigung des Anstiegs des GMSL seit Mitte der 90 er Jahre ausgemacht zu haben (Nerem, Church, Cazenave). In einem kurzen Artikel fassten Rahmstorf et. al. [Rahmstorf, 2007c] die jüngsten Ergebnisse der genannten Autoren, und dazu ihre eigenen, zusammen und verglichen sie mit den Vorhersagen des IPCC. Dabei stellen sie fest, dass der jüngste Anstieg des GMSL mit $3,3 \text{ mm/Jahr} \pm 0,4 \text{ mm}$ höher sei als vom IPCC vorhergesagt. Sie beziehen sich dabei auf die Satellitenmessungen, deren Zuverlässigkeit und Ergebnisse weiter vorn bereits kritisch beleuchtet wurden. Weiter stellten Rahmstorf et. al. fest, dass der so ermittelte Anstieg über die letzten 20 Jahre um 25 % höher sei, als in jeder anderen 20 jährigen Periode der letzten 115 Jahre. Diesen Anstieg wertet man als Folge der starken globalen Erwärmung der letzten Jahrzehnte.

Levitus *et al.* [Levitus, 2000] erwähnen sogar einen Anstieg der ca. 6 mal größer wäre als der Mittelwert der davor liegenden 4 Dekaden. Das bedeute, so schreiben sie *“an acceleration took place in the recent past, likely related to warming of the world ocean.”* Jedoch, so führen sie weiter aus *“the recent rise may just correspond to the rising branch of a decadal oscillation.”* Und zusätzlich stellen sie fest *“satellite altimetry and in situ temperature data have their own uncertainties and it is still difficult to affirm with certainty that sea-level rise is indeed accelerating.”* Sie zitierten dazu auch die Arbeit von Nerem and Mitchum [Nerem, 2001], die fordert, dass *“about 20 years of satellite altimetry data would be necessary to detect, with these data alone, any acceleration in sea-level rise.”* Diese Anforderung erfüllt jedoch keine der Arbeiten, die eine Beschleunigung feststellten.

Der Beobachtung einer besonders hohen Beschleunigung steht gegenüber, dass z.B. Jevrejeva et al [Jevrejeva, 2006] ermittelten, dass bereits von 1920-1950 ein Anstieg von 3-5 mm/Jahr beobachtet wurde. Eine Phase, die sowohl einen kräftigen globalen Temperaturanstieg, aber auch etwas später einen etwas weniger kräftigen Temperaturabfall kannte. Für den Zeitraum von 1993 bis 2000 errechnen sie einen Anstieg von (nur) 2,4 mm/Jahr. Siehe auch Abbildung 59.

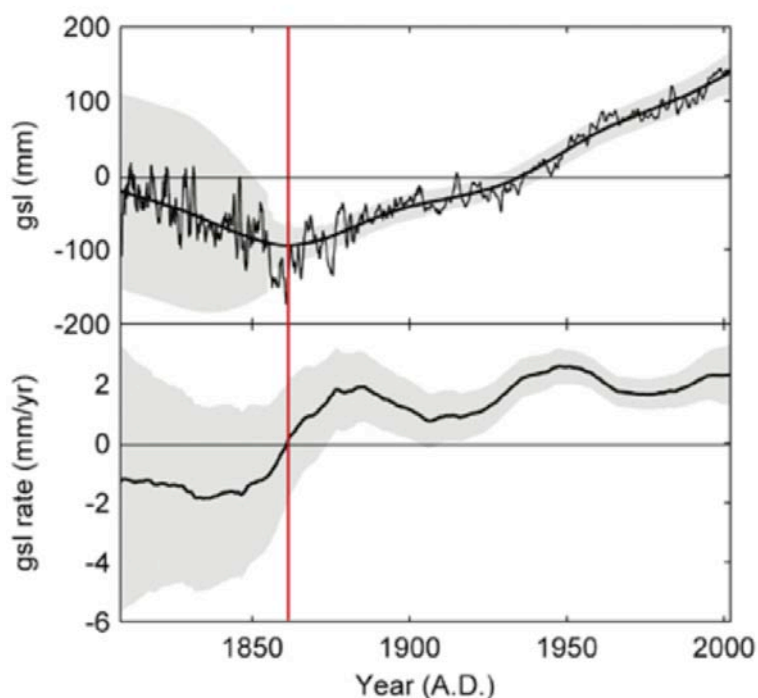


Abbildung 59: Anstieg und Beschleunigung des GMSL nach Jevreva et. al. [Jevrejeva, 2006], diesmal die vollständige Darstellung incl. des vermuteten Trends. Dieser ist danach seit ca. 1870 ziemlich konstant um die 2 mm/Jahr. Eine Beschleunigung in der letzten Dekade ist nicht zu erkennen.

Mörner [Mörner, 2004] kommt durch die Untersuchung sowohl von Satellitendaten als auch von Pegelmessungen zu dem Schluss, dass in den 90 Jahren überhaupt kein Anstieg, mithin auch keine Beschleunigung, sichtbar geworden seien.

Wer nun richtig liegt, mag sich der Leser aussuchen. Es bleibt die Frage, wie Rahmstorf und Kollegen auf ihre spektakuläre Aussage kommen? Dies ist nicht recht ersichtlich. Es wäre allerdings nicht das erste Mal, dass das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung PIK, die akademische Heimat von Rahmstorf, durch spektakuläre Ergebnisse auf sich aufmerksam macht.

4.8. Korrekturversuche von bekannten Einflussgrößen

Wie zuvor beschrieben, wurden die früheren Daten von Pegelmessstationen durchgängig der Korrektur durch das ICE – 3 G Modell von Peltier & Tushingham unterworfen. Das brachte fast eine Verdopplung des als real angesehenen GMSL. Damit sollten die GIA/PGR Einflüsse kompensiert werden. Die Schätzungen erhöhten sich dadurch von ca. 1,1 bis 1,2 mm/Jahr auf 1,9 bis 2 mm/Jahr. Ein besonders markantes Beispiel dieser Korrektur zeigt der Trend von Stockholm, der nun statt wie zuvor beobachtet negativ, plötzlich deutlich positiv wurde wie die folgende Abbildung 60 zeigt.

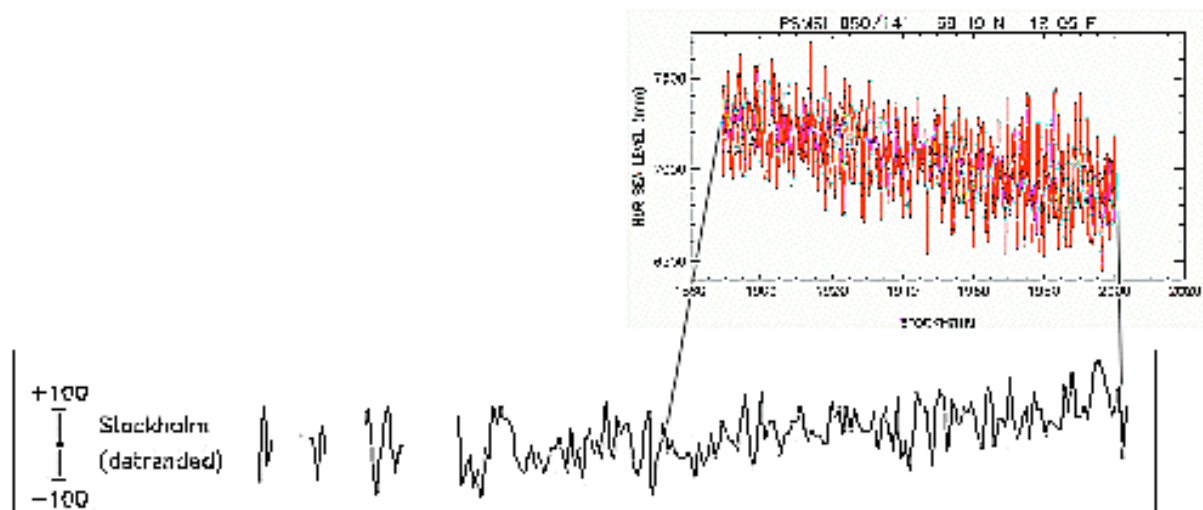


Abbildung 60: Darstellung der RSL Daten von Stockholm aus der PMSL Datenbank und der „detrended“ Korrektur nach dem ICE-3G Modell von Tushingham & Peltier. Diese Grafik wurde aus Fig. 6 des TAR Technical Summary heraus kopiert, deswegen ist keine Zeitskala zu sehen. Links beginnt die Aufzeichnung bei 1770 und endet 1995 rechts. Die y-Achse zeigt ± 100 mm. Die PMSL Daten entsprechen also etwa der Hälfte der Aufzeichnung. Quelle: http://www.grida.no/publications/other/ipcc%5Ftar/?src=/climate/IPCC_tar/vol4/english/083.htm

Das zur Korrektur verwendete ICE - 3G Modell war danach heftiger Kritik unterworfen und wurde inzwischen als überholt bezeichnet. Die wichtigsten Kritikpunkte hat Daly [Daly, 2000] zusammengefasst. Im Folgenden wird daraus zitiert.

1. Das Modell versucht die Plastizität des oberen Erdmantels auf dem die Lithosphäre schwimmt auf lokaler Basis nachzubilden, um daraus die GIA/PGR- freie Verformung zu generieren. Es berechnet dazu wie sich die Eismassen durch Schmelzen auflösen und wie sich die darunter liegende Lithosphäre den Masse- und Gewichtsverlust isostatisch anpasste.
2. Das Modell unterstellt, dass die Oberfläche der Ozeane sich durch den Zufluss an Wasser aus dem Eis nicht verändert hätte. Eine Annahme die offensichtlich falsch und weltfremd ist. Die Autoren gaben dies auch zu, aber glaubten dass dieser Effekt zu klein sei, um eine Wirkung zu haben.

3. Das Modell unterstellt, dass Asthenosphäre und Lithosphäre sich vor dem Abschmelzen des Eises im isostatischen Gleichgewicht befanden. Auch diese Annahme ist mit Sicherheit falsch, weil bekannt ist, dass die Eiszeit selbst eine sehr dynamische, geologische Periode war.
4. Das Modell wurde mit den Daten von 192 RSL Stationen kalibriert. 169 davon lagen im atlantischen Becken incl. der Arktis. Nur 18 lagen im pazifischen Ozean, die meisten davon waren von der tektonisch aktiven Westküste der USA. Nur 5 Stationen lagen im südlichen Atlantik, im indischen und südlichen Ozean. Diese stellen immer nahezu 2/3 der gesamten Wasserfläche der Welt dar.
5. Das Modell benötigt einen manuellen Eingriff. Immer dann wenn die Werte zwischen beobachteten RSL Daten und Modellresultaten zu unterschiedlich waren, wurde per Hand dafür gesorgt, dass die Eisfläche dicker wurde, oder das Abschmelzen wurde verzögert.
6. Das Modell sagte einen Anstieg des GMSL von 115 m während der Entgletscherung voraus, aber die Beobachtungsdaten zeigen einen solchen von 120-130 m. Der Unterschied wurde von Peltier & Tushingham „fehlendem Eis“ zugeschrieben, in Regionen, von denen man annahm, dass sie eisfrei geblieben seien, obwohl dort sehr wohl Eis gewesen sein könnte.

Mithin wird deutlich, dass dieses Modell kein Abbild der ganzen Welt war, sondern nur ein sehr grobes Abbild des Nordatlantischen Beckens. Es war allerdings auch nicht geeignet, genaue Berechnungen selbst in diesem Becken zu machen, und noch weniger für alle anderen Ozeane. Insbesondere deswegen, wenn man den Mangel an Kalibrierungsdaten für die großen Ozeane berücksichtigt. Unterstützt wird diese Kritik von Daly durch Studien von Davis et. al [Davis, 1996] und von Milne et. al [Milne, 2002]. Davis fand für die südöstlichen Seegebiete der USA (von Keywest zu Cape Hatteras), dass das Modell den GMSL Anstieg dort, auf Grund fehlerhafter angenommener Viskosität, um fast den Faktor 2 überschätzte. Man reduzierte deshalb dort den Wert von 2,28 mm/Jahr auf 1,45 mm/Jahr. Für die anderen 4 Ozeane dürfte dieses Modell wohl überhaupt nicht zu gebrauchen sein, u.a auch deswegen, weil es keinerlei Vorkehrungen darüber enthält, wie der sog. „Ring of Fire“¹²² zu bewerten ist, ebenso wenig wie das Absinkverhalten von großen Städten etc.

Peltier hat seither das Modell ICE 3 G weiterentwickelt. Im Kapitel 4 „*Global Glacial Isostatic Adjustment and Modern Instrumental Records of Relative Sea Level History*“ des Buches [Peltier, 2001] „*Sea Level Rise*“ mit Douglas et. als Herausgeber, beschreibt er detailliert die Verbesserungen des Modells ICE 4G VM2(Viscosity 2) gegenüber der bisherigen Version. Auf die oben zitierte Kritik geht Peltier dabei nicht ein. Es ist deswegen unbekannt, ob sie im neuen Modell berücksichtigt wurde oder nicht. Diese Arbeit wird auch des Öfteren im Chapter 5 des AR4 WGI über den Meeresspiegel zitiert. Bemerkenswert ist, dass auch nach der neuen Korrektur des GIA/PGR Effektes der Anstieg des GMSL wieder mit ca. 1,9 mm/Jahr beziffert wird. Demselben Wert den auch die früheren Korrekturen ergaben. Das kann nur bedeuten, dass die bisherigen Modellannahmen nach Meinung der Autoren hinreichend korrekt waren, oder dass den neuen Annahmen andere Vermutungen zugrunde liegen, die aber zum gleichen Ergebnis führen. Mörner [Mörner, 2005] hat dies überprüft und dazu 2005 den Aufsatz „*Sea level changes and crustal movements with special reference to the Eastern Mediterranean*“, [Mörner, 2005] veröffentlicht. Darin zeigt er, dass die Grundannahme dieses Modells, nämlich eine lineare Viskosität über der gesamten Manteltiefe, falsch ist. Im Fernbereich, also dem Gebiet des pazifischen und

¹²² Mit „Ring of Fire“ wird eine ca. 40.000 km lange Zone im pazifischen Becken bezeichnet, die , wie ein Hufeisen geformt, ungefähr 450 Vulkane enthält. Es ist dazu ein Gebiet von 90 % der beobachteten Erdbeben

indischen Ozeans, stieg der Meeresspiegel nach den Beobachtungen aber nicht an, was er nach den Modellannahmen z.B. durch Zuflüsse aus der Antarktis hätte tun müssen. Im Nahbereich, er erwähnt die Fennoskandinavische Eiskappe, ist man sich überdies seit langem sehr sicher, dass es dort auch Zonen mit niedriger Viskosität gibt. Dies führt dazu, dass die Modellannahmen zu unrealistischen Korrekturen führen. Sie werden durch Beobachtungen z.B. im Mittelmeerraum nicht bestätigt. Diese Ansicht wird durch die Arbeiten verschiedener Autoren unterstützt, die Milne et al [Milne, 2002] im Detail anführt. Deshalb ergibt das Modell von Peltier auch im Nahbereich lt. Mörner häufig unkorrekte Werte.

Neben dem ICE 4G Modell gibt es noch eine Anzahl weiterer Korrektur-Modelle, die auch von Milne angeführt werden. Sein Interesse gilt dem Verhalten dieser Modelle im Fernbereich, dessen Messwerte keinen wesentlichen Anstieg des RSL erkennen lassen. Peltier selber verteidigt sein Modell, mit dem Hinweis, dass es gut die Verhältnisse an den meisten Küsten der USA wiedergibt. Er glaubt deshalb, dass auch die thermische Expansion weltweit, statt wie vom IPCC angegeben bei 0,4 mm/Jahr, bei $0,6 \pm 0,2$ mm/Jahr angesetzt werden müsse.

4.9. Schlussfolgerungen zu Arbeitsthese 2-1 und 2-2

4.9.1. Schlussfolgerungen in Bezug auf Arbeitsthese 2-1

1. Wie gezeigt, ist die Ermittlung des GMSL eine schwierige Angelegenheit. Noch schwieriger ist die definitive Bestimmung des Anstiegs (oder Abfalls) über der Zeit. Viele Autoren kommen auf Basis derselben Datensätze zu völlig verschiedenen Ergebnissen. Deswegen verwundert es nicht, dass führende Spezialisten auf diesem Gebiet wie z.B. Douglas [Douglas, 1994] ausführlich schildert, z.B. Barnett (1984), Emery and Aubry (1991) Pirazzoli (1993) zu der Überzeugung gekommen sind, dass *„the determination of a single sea-level curve of global applicability is an illusory task.“* sei. Douglas selbst schließt sich zwar nur bedingt dieser pessimistischen Ansicht an, und hofft auf bessere Forschungsmittel in den kommenden Jahren, die sichere und bessere Ergebnisse bringen würden. Mit den Möglichkeiten der Satellitenaltimetrie sind diese nun vorhanden. Trotzdem zeigt sich, dass nun erst Recht kontroverse Ergebnisse erzielt und keineswegs nur sichere Erkenntnisse gewonnen werden. Mit der Kenntnis der genauen Geoid-Form der Erde, den daraus erkennbaren Bergen und Tälern der Meere, selbst auf offener See, wo in nicht so ferner Nachbarschaft viele Meter Höhenunterschied auf der Meeresoberfläche gemessen werden, kommen neue bisher unbekannte Einflussgrößen hinzu. Diese Erkenntnisse fassen Cazenave et al. [Cazenave, 2004] in die Worte: *„...for the past 50 years, sea-level trends caused by change in ocean heat storage also show high regional variability,“* *“...has led to questions about whether the rate of 20th-century sea-level rise, based on poorly distributed historical tide gauges, is really representative of the true global mean.”*¹²³ Und konsequent führen sie etwas später aus, dass unabhängig von den vielen neuen Instrumenten und Techniken, die jetzt eingesetzt werden können, um das gesuchte Signal der globalen Erwärmung im im GMSL zu finden: *“these tools seem to have raised more questions than they have answered.*

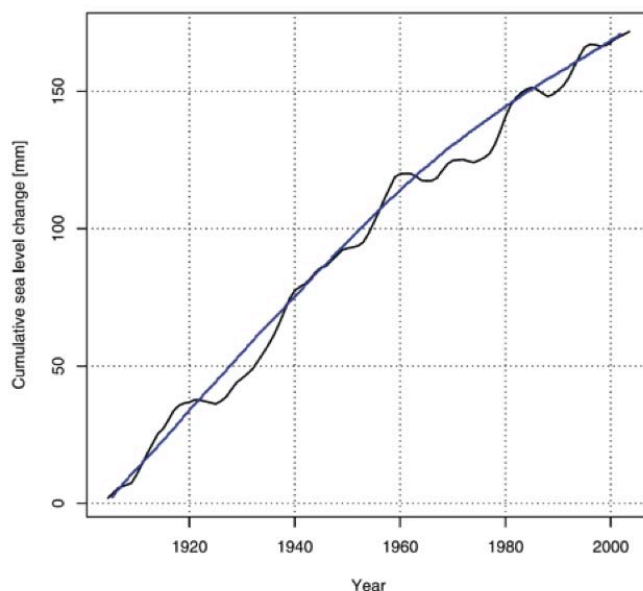


Abbildung 61: kumulierter Anstieg des GMSL von 1904 bis 2003 abgeleitet von Holgate unter Verwendung von 9 ausgesuchten „High-Quality“ Pegelmessstationen. Die eingezeichnete Trendlinie (Quelle NIPCC „Climate Change Reconsidered 2009 p. 187) ergibt sich aus der Berechnung Holgates im Text. *“Sea level rise was larger in the early part of the last century (2.03 ± 0.35 mm/year 1904-1953), in comparison with the latter part (1.45 ± 0.34 mm/year 1954-2003).“* Dies deckt sich mit den Erkenntnissen von Jevreva et. al. Jedoch nicht mit denen von Rahmstorf, Church und anderen.

Die Abbildung 61 kann nicht den Anspruch erheben, die letzte Wahrheit über den bisherigen Anstieg des GMSL zu zeigen, sie kommt aber, bei Berücksichtigung aller aufgezählten Einflussgrößen, der Wahrheit vielleicht am nächsten. Aus ihr wird deutlich, dass, wie v. Storch et al. [Storch, 2008] für die vergangenen

¹²³ Hervorhebungen vom Autor

1000 Jahre nachwies, auch im letzten Jahrhundert, die vom IPCC und anderen postulierte enge Korrelation mit den errechneten Mittelwerten der Globaltemperatur nicht vorhanden war. Man kann sogar erkennen, dass sich der Trend in der letzten Dekade wieder absenkt. Dies steht in deutlichem Widerspruch zu den Berechnungen von z.B. Rahmstorf u.a.

2. Es konnte gezeigt werden, dass Messungen mit einer Fehlergrenze von wenigen Zehntel Millimetern pro Jahr sowohl für den RSL als auch den GMSL (bis auf allerjüngste Messverfahren) nicht möglich sind. Die allgemein verwendete Darstellung dieser Maßeinheit täuscht daher, den u.a. vom IPCC und vielen Experten öffentlich informierten Medien und Laien eine Genauigkeit vor, die nicht zu erreichen ist. Auch wenn diese Zahlen lediglich durch Mittelwertbestimmungen erreicht werden, lässt sich der Pegel selbst nur auf 1 Zentimeter, häufiger auch nur mehrere Zentimeter genau angeben. Oft nicht mal das. Munk [Munk, 2003] bestätigt dies, wenn er schreibt dazu „*the jury is still out on the interpretation of the tide gauge records,*“
3. Fest steht wohl nur, dass das statistische Konstrukt GMSL innerhalb der letzten 120 Jahre um 1 bis 2 mm/Jahr, präziser zwischen 10 und 20 cm/Jahrhundert, gestiegen ist. Während Mörner ihn mehr bei 10 cm/Jahrhundert sieht, geht das IPCC eher von 19 cm/Jahrhundert aus. Eine Zunahme des Trends in den letzten 20 Jahren sieht das IPCC. Andere, wie oben berichtet, schließen das explizit aus.

Am deutlichsten zeigt die unbefriedigend, diffuse Erkenntnislage wohl die folgende Grafik.

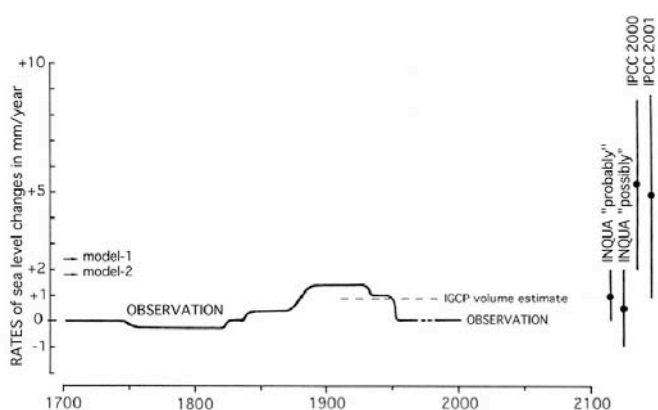


Fig. 3. Rates of sea level changes from 1700 to 2100 AD as given by (1) observed records (solid line), (2) volume estimates by IPCC (dashed line) and (3) predictions (vertical bars) by INQUA and IPCC, respectively. Arrows to the right refer to loading model outputs.

Abbildung 62: Vergleich der Veränderungen des GMSL nach Mörner [Mörner, 2004]. Sie zeigt die verschiedenen Schätzungen der vergangenen und erwarteten zukünftigen Entwicklungen nach Mörner, IPCC TAR und INQA. Deutlich erkennbar der große Unterschied, besonders der zukünftigen Entwicklung, zwischen IPCC einerseits und Mörner/INQA andererseits.

4. Viele systematische Fehler, wie der Einfluss des barometrischen Druckes, der Dichte der Wassersäule, die Genauigkeit der Bestimmung der Bezugspunkte der Pegelmessung, des Einflusses unterschiedlich langer, ggf. kontaminierter, Messreihen wurden in den Berechnungen des GMSL gelegentlich zwar untersucht, deren Quantifizierung und evtl. Korrektur aber nicht zufrieden stellend gelöst. Da diese Fehler, sowohl systematischer Art und überwiegend schleichend und in Größenordnungen des gesuchten Anstieges auftreten, können sie nicht ausgemittelt werden. Glaubhafte Angaben über die erreichbare Genauigkeit sind daher die Ausnahme. Z.B. bei Mörner $+10 \pm 10$ cm bis 2100 (bzw. $+5 \pm 15$ cm) [Mörner, 2004]
5. Der Versuch des IPCC den gesamten Anstieg des GMSL, durch eine Auflösung in seine Komponenten und deren Addition zu beschreiben, muss, bei aller Vorsicht, als gescheitert angesehen werden. Siehe dazu auch das oben erwähnte Zitat von Cazenave et.al [Cazenave, 2004]. „...for the past 50 years, sea-level trends

caused by change in ocean heat storage also show high regional variability,”“..has led to questions about whether the rate of 20th-century sea-level rise, based **on poorly distributed historical tide gauges, is really representative of the true global mean**. Die Schätzungen für die eustatischen und sterischen Komponenten sind mit den Beobachtungsdaten nicht in Übereinstimmung zu bringen. Auch für die Vergangenheit ist dies nicht zu erkennen, wie von Storch et. al [Storch, 2008] nachwiesen.

- Prognosen über die zukünftige Entwicklung des GMSL sind auf Grund des geringen Verständnisses der beteiligten Prozesse, sowie der dürftigen Datenlage, reine Spekulationen. Nichts macht dies deutlicher als die große Bandbreite der Schätzungen seitens des IPCC, beteiligter Lead-Autoren mit divergierenden Ansichten (z.B. Rahmstorf) und anderen Fachleuten Jevrejeva, Mörner oder Singer. Siehe dazu Abbildung 62. Während Rahmstorf [Rahmstorf, 2007a] mit einem „semi-empirical Approach“ bis zum Ende des Jahrhunderts max 140 cm für möglich hält, Hansen sogar bis 600 cm, schätzt das IPCC zwischen 14 bis 59 cm (final), Singer nur 18-20 cm, und Mörner gar nur [Mörner, 2004] 10 cm.

Die Arbeitsthese 2-1 wurde damit bestätigt.

4.10. Der aktuelle Stand in Bezug auf Arbeitsthese 2-2

Die Arbeitsthese 2-2 lautet: Die in den letzten Jahrhunderten beobachteten Veränderungen des Meeresspiegels haben weniger mit der Änderung der Globaltemperatur, als mit tektonischen Verschiebungen und ggf. anderen Einflussgrößen zu tun. Beispiele: Mikronesien, ggf. andere.

4.10.1. Schlussfolgerung zu Arbeitsthese 2-2 am Beispiel der Schätzungen des IPCC

Zum besseren Verständnis der vom IPCC postulierten Einflussgrößen sei nochmals die Tabelle 1 gezeigt.

Table SPM.1. Observed rate of sea level rise and estimated contributions from different sources. [5.5, Table 5.3]

Source of sea level rise	Rate of sea level rise (mm per year)	
	1961–2003	1993–2003
Thermal expansion	0.42 ± 0.12	1.6 ± 0.5
Glaciers and ice caps	0.50 ± 0.18	0.77 ± 0.22
Greenland Ice Sheet	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Antarctic Ice Sheet	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35
Sum of individual climate contributions to sea level rise	1.1 ± 0.5	2.8 ± 0.7
Observed total sea level rise	1.8 ± 0.5 ^a	3.1 ± 0.7 ^a
Difference (Observed minus sum of estimated climate contributions)	0.7 ± 0.7	0.3 ± 1.0

Table note:
^a Data prior to 1993 are from tide gauges and after 1993 are from satellite altimetry.

Tabelle 14: Übersicht der verschiedenen Komponenten des „beobachteten“¹²⁴ globalen Meeresspiegelanstiegs ausgelöst durch die „Globale Erwärmung“.

- Wie zuvor mehrfach gezeigt, ist es trotz erheblicher Anstrengungen nicht gelungen, die gewünschte Bestimmung der oben erwähnten Komponenten mit der angegebenen Genauigkeit durchzuführen. Zudem gibt es viele Veröffentlichungen, tlw. wurden sie zitiert, die keinerlei erkennbare Korrelation zwischen berechneter Erwärmung und dem Verlauf des ebenfalls errechneten GMSL zeigen. Rahmstorf und einige IPCC Autoren glauben zwar diese Korrelation gefunden zu haben, andere widersprechen vehement. Nicht

¹²⁴ Das Wort „beobachtet“ ist in Parantese gesetzt, weil wie später gezeigt wird, diese Werte durchgängig nicht beobachtet wurden, sondern mithilfe von Modellen errechnet wurden.

umsonst drückt sich das, sonst eine klare Sprache bevorzugende, IPCC in dieser Hinsicht ungewöhnlich zurückhaltend aus: (AR4 der WG I **Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level** auf S. 410 Chapter 5.5.2.) *there is an increasing opinion that the best estimate lies closer to 2 mm yr⁻¹ than to 1 mm yr⁻¹*. Eine Meinung kann jedoch Fakten nicht ersetzen.

2. Durch die Bewegung der einzelnen tektonischen Platten, mit Geschwindigkeiten in der Größenordnung von > 15 cm/Jahr, deren Vertikalkomponenten, sich entscheidend auf das Volumen der darüber befindlichen Ozeane auswirken können, ist mit Sicherheit eine ganz wesentliche Ursache für die beobachteten Veränderungen der RSL und damit GMSL gegeben. Diese Änderungen jedoch quantitativ zu erfassen und zuzuordnen ist bis heute leider nicht möglich gewesen. Weiterer Untersuchungsbedarf ist daher gegeben.

Die überwiegende Menge der Pegelmessstationen zeigt kleinere oder größere Anstiege im Bereich von mm/Jahr, von Stockholm und einigen wenigen anderen Orten im pazifischen Raum, einmal abgesehen. Für alle diese Orte lassen sich - wie oben ausführlich beschrieben- Erklärungen finden, denen entweder natürliche Veränderungen zugrunde liegen (GIA/PGR oder andere tektonische Verschiebungen) oder, ähnlich dem UHI bei der Temperatur, von Menschen verursacht wurden und damit sozio-ökonomische Ursachen haben. Eines Treibhauseffektes bedarf es dafür nicht.

Damit ist auch die Arbeitsthese 2-2 bestätigt.

Danksagung

Diese Dissertation wurde, bedingt durch ihre beiden Schwerpunktthemen, von vornherein fachübergreifend angelegt. Deswegen bedurfte es auch der umfassenden Recherche, Gespräche und Hinweise mit und von Fachleuten, besonders auf den Gebieten der Meteorologie, der Geologie, der Physik, als auch dem Sonderzweig der Mathematik, der Statistik, mit dem speziellen Feld der Fehlertheorie. Sowie zusätzlich solch grundlegender Disziplinen, wie der Messtechnik, und gewisser Teile der Regelungstechnik. Dies alles allein aus eigenem Wissen zu bewältigen, wäre eine Überforderung gewesen. Deswegen gebührt mein Dank all jenen, die, aus den oben genannten Disziplinen kommend, geduldig zuhörten, auch dumme Fragen umfassend beantworteten und wichtige Hinweise auf Papiere, Aufsätze, Vorträge oder Entwicklungen gaben, die den Themen dienten. Zuvörderst gilt daher mein Dank meinem „Doktorvater“ dem Physiker und physischen Geographen W. Kirstein¹²⁵, der, die zuerst nur auf die Analyse der Datenqualität von Temperaturdaten ausgelegte Thematik um die Analyse und Qualitätsbeurteilung von Meeresspiegeldaten erweiterte. Ihm, sowie dem Geologen F.-K. Ewert, danke ich besonders für ihre Bereitschaft diese Dissertation zu begutachten. Ferner danke ich dem Geographen H. Neumeister für die Abnahme der Promotionsvorprüfung, ohne die ich, als Seiteneinsteiger, nicht hätte beginnen können.

Dem Geologen A. Siehl danke ich für wertvolle Hinweise auf plattentektonische Bewegungen, sowie einiger Hinweise auf die richtigen geologischen Fachbegriffe. Den Meteorologen K.E. Puls, W. Malberg und W. Wehry danke ich für wertvolle Hinweise und Überlassung von Datenmaterial, bezüglich der Temperaturmesstechnik an Land und auf See. Den Physikern H.J. Lüdecke und R. Link danke ich für manche Diskussion und wertvolle Hinweise zu Fragen der Physik von Klimamodellen, sowie der Definition, deren Stärken und Schwächen, der Klimaantriebe. Dem Bibliothekar der Bibliothek des Meteorologischen Institutes der Freien Universität M. Bahlo danke ich für nimmermüden Einsatz bei der Beschaffung der gewünschten Literatur, auch wenn diese oft schwer zu finden und bekommen war. Der Statistikerin Ch. Richter, und ihren beiden Diplomanden H. Sandmann und V. Beuthner, danke ich dafür, dass sie mir mit viel Geduld und didaktischem Geschick in einem Schnellkurs über mehrere Monate, die notwendigen Kenntnisse über Vektorrechnung und Statistik wachriefen oder zusätzlich, den größeren Teil, beibrachten. Den Leitautoren des IPCC voran E. Kent, sowie P. Jones und J. Parker, danke ich für die bereitwillige und schnelle Beantwortung meiner Fragen zur Bestimmung der durchschnittlichen Temperatur über See. Und last but not least danke ich meiner lieben Frau R-B. Limburg für die tatkräftige Unterstützung und Ermunterung bei und zu dieser Arbeit, sowie das mühsame aber erfolgreiche Lektorat zur Vermeidung zu vieler orthografischer und Interpunktionsfehler. Sollten jetzt noch Fehler vorhanden sein, so sind sie allein dem Autor anzulasten.

¹²⁵ Der Einfachheit halber und das Einverständnis der betroffenen Personen voraussetzend wird in dieser Danksagung auf akademische Titel verzichtet.

Anhang 1: Fehlertabelle für Messungen zu Lande und auf See

Lfd. Nr.	Fehlerbenennung	Fehleruntergruppe	Abweichung in °C nur Assmann T.	Fehlerart S=Systematisch, G = Grob, Z = zufällig	Maßnahme zur Fehlerbewertung
1	Instrumentenfehler				
		<i>1. Durch die Wärmeausdehnung des Glases</i>	< 0,01	S	keine
		<i>2. Durch die thermische Nachwirkung.</i>	s.	S	abwarten
		<i>3. Durch eine unstimmige Kalibrierung der Kapillare</i>	< 0,01	S schleichend	keine
		<i>4. Durch das Herausragen des Fadens</i>	< 0,01	S	keine
		<i>5. Durch die Ableseparallaxe</i>	< 0,01	S	keine
		<i>6. Durch Ausgasung des Quecksilbers bzw. Undichtigkeit der Glasröhre/Kugel</i>	Keine Beispiele	S schleichend	keine
2	Ungleiche, nicht regelkonforme Aufstellung von Wetterhütten, veränderte Landnutzung, UHI				
		<i>Die Hütte stehe unbeschattet auf dem Messfeld, dies gilt für Land-(und Seeaufstellungen).</i>	Bis 5 °C	G, S Änderungen schleichend	Unbekannt. Homogenisierung kann nicht erfolgreich sein.
		<i>DWD Messnetze: Messfühler in 2 m Höhe über dem Boden; international verbreitet Stevenson Screen und Ableitungen [SPARKS, 1972] mit Höhen von 1,1 m (Ghana, 1,25 m India, 1,41 m Madagaskar) sind: 1,5 bis 2 m Französische und Wild'sche Hütte 4,5 m (frühe ehemalige Sowjetunion) später 2,0 m Siehe auch Einfluss der Bodenbedeckung gem. Abbildung 12 auf die Temperatur über Land. (Auf Schiffen reicht die Hüttenaufstellung von wenigen Metern über Meeresspiegel bis > 30 m. s. Abbildung 24 nach [KENT a, 2007])</i>	< 1 °C	G, S Änderungen schleichend	Unbekannt. Homogenisierung kann nicht erfolgreich sein. Änderung des Bodenmaterials bestimmt Größe des Messfehlers mit der Höhe. Klein bei kurz geschnittenem Rasen etc. groß bei Asphalt, Granit und ähnliches.
		<i>die Türöffnung der Messhütte weise nach Norden, (auf Schiffen nicht einzuhalten!)</i>	Keine Beispiele	G	Unbekannt. Homogenisierung kann nicht erfolgreich sein.
		<i>der Tritt vor der Hütte hat ... keinen Kontakt zum Aufbau (Gestell) der Thermometerhütte</i>	Keine Beispiele	G	Unbekannt. Homogenisierung kann nicht erfolgreich sein.

Lfd. Nr.	Fehlerbenennung	Fehleruntergruppe	Abweichung in °C nur Assmann T.	Fehlerart S=Systematisch, G = Grob, Z = zufällig	Maßnahme zur Fehlerbewertung
		<p><i>Systematischer Ausgleich dafür... dass bei strahlungsreichen, windschwachen Wetterlagen die Temperatur in der Klimahütte merklich über der Lufttemperatur liegt.</i></p> <p><i>(Liegt bei Schiffen – obwohl relativ selten [Kent, 1993]- wg. des Fahrtwindes- bei bis zu 4°. Im Mittel bei +1°,</i></p> <p><i>Auf Schiffen bei vollständiger Wolkenbedeckung bei -0,6 bis -0,7 °)</i></p>	<p>1 – 2 °C</p> <p>s. Tabelle 2</p>	G, S	Keine Berücksichtigung bekannt. Messung und Wind werden nicht zusammen registriert. Unbegründete Hoffnung, dass der Mittelwert dies ausmittelt.
		<p><i>keine – unbekannte oder bekannte - Ortsveränderung über die Zeit stattgefunden hat.</i></p> <p><i>(Auf Schiffen die Regel!)</i></p>	<p>> 1 – 2 °C (s. Watts, Wang)</p> <p>s. Tabelle 2</p>	G, S	Selten berücksichtigt, Homogenisierung aufwendig und lückenhaft. Wang, Pelz, [Auer et al., 2007]
		<p><i>Die Oberfläche der Messstation verändert sich oder wurde verändert. (z.B. Kalkmilch in Latex)</i></p>	> 0,3 °C	S	Sprunghaft s. Watts, [Watts, 2009] McIntyre
3	Sich ändernder Umgebungseinfluss auf Messergebnis, veränderte Landnutzung, UHI				Wenige, sehr aufwendige Homogenisierung, z.B. mit HISTALP Projekt [Auer et al., 2007] Metadaten w.w. kaum bekannt, Pauschale Korrekturen im 0,1K Bereich
		<p><i>Sollumgebung lt. DWD</i></p>	<p>1-2 °C</p> <p>Referenz US</p>	G, S	Umgebung verändert sich schleichend oder ruckartig z.B. durch Bewuchs oder Bautätigkeit. (Flughafen Dallas)
		<p><i>Sollboden/Umgebung lt. US NOAA für CRN Climate reference Network¹²⁶ Class 1</i></p> <p><i>Class 1 at and horizontal ground surrounded by a clear surface with a slope below 1/3 (less than 19°). Grass/low vegetation ground cover less than 10 centimeters high. Sensors located at least 100 meters from artificial heating or</i></p>	Referenz US	G, S	Selten berücksichtigt, Homogenisierung aufwendig und lückenhaft.

¹²⁶ NOAA's National Climatic Data Center: Climate Reference Network (CRN). Section 2.2. of the Climate Reference Network CRN. Site Information Handbook, "the most desirable local surrounding landscape is a relatively large and flat open area with low local vegetation in order that the sky view is unobstructed in all directions except at the lower angles of altitude above the horizon." Five classes of sites - ranging from most reliable to least - are defined. Siehe Tabelle

Lfd. Nr.	Fehlerbenennung	Fehleruntergruppe	Abweichung in °C nur Assmann T.	Fehlerart S=Systematisch, G = Grob, Z = zufällig	Maßnahme zur Fehlerbewertung
		<i>reflecting surfaces, such as buildings, concrete surfaces, and parking lots. Far from large bodies of water, except if it is representative of the area, and then located at least 100 meters away. No shading for a sun elevation greater than 3 degrees.</i>			
		<i>NOAA CRN Class 2 same as Class 1 with the following differences. Surrounding vegetation less than 25 centimeters. Artificial heating sources within 30 meters. No shading for a SUfi elevation greater than 5°.</i>	Referenz US	G, S	Selten berücksichtigt, Homogenisierung aufwendig, lücken- und fehlerhaft haft. S. Beispiele D'aleo Central Park New York [D'Aleo, 2008 #18863]
		<i>NOAA CRN Class 3 (error 1°C) Same as Class 2, except no artificial heating sources within 10 meters.</i>	$\leq 1^\circ$ Referenz US	G, S	Selten berücksichtigt, Homogenisierung aufwendig, lücken- und fehlerhaft haft. S. Beispiele Watts Lampasas [Watts, 2009]
		<i>NOAA CRN Class 4 (error greater than 2°C) Artificial heating sources less than 10 meters.</i>	$> 2^\circ\text{C}$ Referenz US	G, S	Selten berücksichtigt, Homogenisierung aufwendig, lücken- und fehlerhaft haft. S. Beispiele Watts Lampasas [Watts, 2009]
		<i>NOAA CRN Class 5 (error greater than 5°C) Temperature sensor located next to/above an artificial heating source, such as a building, roof top, parking lot, or concrete surface.</i>	$> 5^\circ\text{C}$ Referenz US	G, S	Selten berücksichtigt, Homogenisierung aufwendig, lücken- und fehlerhaft haft. S. Beispiele Watts Lampasas [Watts, 2009]
		<i>Die Höhenposition der Messfühler verschieden ist</i>	$> 0,1 - 0,2^\circ\text{C}$	S	Dauerhaft, meist zu hohe Temperatur; im Winter umgekehrt.
4	Mittelwertbildung verschieden				[Aguilar, 2003]
		<i>Mannheimer Stunden mit Mittelwertbildung</i>	Referenz	S	Keine Korrektur bekannt
		<i>Max/Min Temperatur mit Mittelwertbildung</i>	$< 0,7^\circ\text{C}$	S	Keine Korrektur bekannt
		<i>6 h Mittel 6.00 Uhr, 12:00, 18:00, 24:00 Uhr</i>	$< 1^\circ\text{C}$	S	Keine Korrektur bekannt

Lfd. Nr.	Fehlerbenennung	Fehleruntergruppe	Abweichung in °C nur Assmann T.	Fehlerart S=Systematisch, G = Grob, Z = zufällig	Maßnahme zur Fehlerbewertung
		(6 Stunden Mittel für Messungen auf See , GMT: 0:00, 6:00; 12:00; 18:00, Seltener auch 3:00, 9:00; 15:00 und 21:00 Uhr nach [KENT a, 2007] Seite 11)	s. Tabelle 4		
		Messablesung überwiegend USA-UK auf 1 ° F	<0,5 °C	Z	Mittelwertbildung , Abgleich an Normalzeitreihe z.B. Hohenpeissenberg
		Messablesung DWD auf 0,1 – 0,2 °C	< 0,2 °C	Z	Mittelwertbildung , Abgleich an Normalzeitreihe z.B. Hohenpeissenberg
		Messablesung Rest der Welt ? °C	??? < 1 – 3 °C	Z	Mittelwertbildung , wenn möglich Abgleich an Normalzeitreihe z.B. Hohenpeissenberg

Tabelle 15: Allgemeine Fehlerquellen für Temperaturmessungen unter besonderer Berücksichtigung der Landmessung, ihre Zuordnung, Bewertung und Abschätzung der Fehlergrößen

Die folgende Tabelle listet die allgemeinen Fehlerquellen für Temperaturmessungen unter besonderer Berücksichtigung der Seemessung, ihre Zuordnung, Bewertung und Abschätzung der Fehlergrößen auf.

Lfd. Nr.	Messgröße/Fehlerquelle	Fehleruntergruppe	Abweichung °C	Fehlerart S=Systematisch, G = Grob, Z = zufällig	Massnahme zur Fehlerbewertung
1	Marine Air Temperaure MAT	Screen Hütten - Fehler [Dietrich, 1950] [Kent, 1993]	+ 1 ° bis zu 4°. Im Mittel bei +1°, Auf Schiffen bei vollständiger Wolkenbedeckung bei -0,6 bis -0,7 °	S	Korrekturversuche nach Modellen [Kent, 1993] [FOLLAND, 1995] und Differenz zu NMAT
		6 Stunden Mittel für Messungen auf See , GMT: 0:00, 6:00; 12:00; 18:00, Seltener auch 3:00, 9:00; 15:00 und 21:00 Uhr GMT nach [KENT a, 2007] Seite 11			Keine Korrektur bekannt
		Positionsfehler	Ca 0,98 bis 1,2 ° Z bei Flächen mit ungenügender Datendichte und 0,1 bis 0,6 °C S	Z und S	Extrapolation mit bekannten Positionen. [KENT a, 2007]
		Windeinfluss	0,-6	Z und S	Keine Korrektur bekannt Unbestimmt, unbekannt, nach [Pielke, 2007] bis zu mehreren °C bei konstanter Höhe

Lfd. Nr.	Messgröße/Fehlerquelle	Fehleruntergruppe	Abweichung °C	Fehlerart S=Systematisch, G = Grob, Z = zufällig	Massnahme zur Fehlerbewertung
		Messhöhe wächst ständig von mehreren Metern bis auf > 30 m	<i>Geschätzt</i> >- 0,2 bis- 0,5 °	S	Über Windgeschwindigkeitsbestimmung
		Ausrichtung nach Norden	<i>Größe unbekannt</i>	S	Keine Korrektur bekannt
2	Night Marine Air Temperature NMAT	Wie unter MAT jedoch Abweichungen im Tages(Nacht)gang deutlich kleiner			
		Mittelwertbildung NMAT es stehen nur 2 Nachtwerte zur Verfügung.	<i>Größe unbekannt</i>	S	Keine Korrektur bekannt
3	Sea Surface Temperature SST	Einbringmethode sehr veränderlich: Holzeimer bis ca. 1900, dann überwiegend Leineneimer und andere Konstruktionen, dann ab 40 er Jahren vermehrt aber nicht ausschließlich Kühlwassereinlauf. Dann feste Bojen, dann bewegliche Bojen	<i>Größe für Holzeimer unbekannt, für Leineneimer s.u.</i>	S	Keine Korrektur bekannt
		Schöpftiefe Soll 1 m bei Schöpfeimer, unbestimmt bei Kühlwassereinlauf	Von 0,2 bis 1,3 m ca. 0,6 ° bis 1,4 ° Nachts -0,1 ° Kühlwassertiefe nicht bekannt	S	Keine Korrektur bekannt
		Messdauer Schöpfzeit, Ablesezeit, Anpasszeit Thermometer haben großen Einfluss	Anpassungszeit Skagerrak [Dietrich, 1950] ca. +0,2 bis +0,6 °; Abkühlungszeit Messeimer ca. - 0,5° bis 0,8° je nach Typ auch bis zu -1,5 ° (10 min)	S	Keine Korrektur bekannt
		Schiffsgeschwindigkeit/Fahrtwind [FOLLAND, 1995]	Führt über Windgeschwindigkeitserhöhung zu stärkerer Abkühlung des Messgutes. Wettlauf gegen die Zeit.	S	Steigt seit Beginn der Messungen ständig. Von 3m/s auf > 7,8 m/s. Keine Korrektur bekannt.

Tabelle 16: Allgemeine Fehlerquellen für Temperaturmessungen unter besonderer Berücksichtigung der Seemessung, ihre Zuordnung, Bewertung und Abschätzung der Fehlergrößen.

Anhang 2: Zur Anomalienbildung von Jahresmitteltemperaturen¹²⁷.

für den jeweiligen Ort mit Berechnung des aktuellen Klimareferenzwertes nach WMO d.i. der Ø Temperaturwert T_{x0} für den Ort x über 30 Jahre von 1961 bis 1990, sowie der Homogenisierung zur evtl. Kompensation von Fehlern.

Zur Bestimmung und ggf. Herausrechnung von Fehlern in den Zeitreihen der örtlichen Temperaturen werden die Methoden: Homogenisierung und Anomalienbildung benutzt. Im Folgenden werden die Auswirkungen beider Rechenmethoden auf die Fehlerkorrektur bzw. die verbleibenden Restfehler untersucht. Dazu ist es erforderlich die Terme der einzelnen Gleichungen soweit wie möglich ursprünglich zu belassen. Wie in der Mess – und Regelungstechnik üblich, werden zeitabhängige Größen in Zeitreihen als $f(t;x)$ bezeichnet.

Zuvor werden die verwendeten Begriffe, Indizes und Terme definiert, wodurch es leichter ist den Überblick zu behalten.

Kurzzeichen: T = Zeitreihe der Mittel-Temperatur, mit Index 0 auch WMO Ø-Einzelwert

ΔT = Differenz der Zeitreihe der Mittel-Temperatur allgemein, mit entsprechendem Index Fehleranteil für die verschiedenen Fehlerarten, bzw. mit Index a kennzeichnend für Anomalie.

$f(t,x,y,z)$ = Zeitreihe der verschiedenen Temperaturen, Differenzen, Fehler, als Funktion der Zeit und anderer bekannter oder unbekannter Variablen, hier stellvertretend x,y,z genannt.

Indizes: i = Index für die WMO Jahre 1-30 bezogen auf 1961-1990, j = Index für beliebige Jahre der Zeitreihen, a = Anomalie; x = Ort, auf den sich die Zeitreihe bezieht; w = wahre Temperatur; zufällig = zufälliger Fehleranteil; systematisch = systematischer Fehleranteil; grob = grober Fehleranteil; R = Referenzzeitreihe ohne Fehler, am Ort R ; k = kontaminierte, also fehlerbehaftete Zeitreihe

Klimareferenzwert aus Jahresmitteltemperaturen:

Die Definition für den Klimareferenzwert ist $T_{x0} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{ix}$; dabei ist T_{ix} = Jahresmitteltemperatur am Ort x; diese lässt sich als Summe der wahren Temperatur T_{iwx} am Ort x und der 3 Fehlertemperaturen mit dem jeweiligen Index „zufällig“, „systematisch“ und „grob“ gemäß der Klassifikation der Fehlertheorie darstellen, ebenfalls am Ort x mit: $\Delta T_{izufälligx} + \Delta T_{isystematischx} + \Delta T_{igrobx}$; eingesetzt ergibt dies:

$$T_{ix} = T_{iwx} + \Delta T_{ix}; \text{ mit } \Delta T_{ix} = \Delta T_{izufälligx} + \Delta T_{isystematischx} + \Delta T_{igrobx} \quad (1)$$

Eingesetzt in Gleichung 1 für T_{ix0} ergibt

¹²⁷ Nach Angaben des DWD werden diese und andere Anomalien für den jeweiligen Gebietsbereich (Rasterfelder oder Gitterboxen) mit arithmetischen Methoden ermittelt. Aus einer privaten Mail an den Verfasser vom DWD vom 26.6.09: „Zur Berechnung der Gebietsmittel von Deutschland werden beim Deutschen Wetterdienst die Punkte der entsprechenden Rasterfelder arithmetisch gemittelt. Aus den Zeitreihen dieser Gebietsmittel können dann Referenzwerte und Abweichungen von Einzelmonaten und Jahren berechnet werden. Die Unsicherheit in der Bestimmung der Rasterwerte basiert weiterhin auf der Messgenauigkeit der Lufttemperatur selbst.“ ... Betrachtet man längere Zeitreihen aus der Vergangenheit, begegnet man jedoch oft dem Problem, dass sich an der Station Änderungen ergeben haben, sei es ein Wechsel der Messinstrumente, eine Änderung in der Berechnungsmethodik der Mittelwerte oder gar eine Verlegung des Messfeldes. Durch Vergleich mit umliegenden Stationen und statistischen Verfahren kann man eine sog. Homogenisierung der Messreihe durchführen, d.h. bildlich gesprochen werden die durch die Stationsveränderungen bedingten Abweichungen wieder herausgerechnet, so dass eine einheitliche (homogene) Messreihe entsteht.

$$T_{ix0} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} (T_{iwx} + \Delta T_{ix}); \text{ aufgelöst ergibt: } T_{ix0} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{ix}, \text{ weiter eingesetzt}$$

$$T_{ix0} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{izufälligx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{isystematischx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{igrobx} \quad (1a)$$

somit ist die Referenztemperatur als Summe der einzelnen Komponenten definiert.

Die gesuchte Temperaturanomalie ΔT_{ax} ist definiert als Differenz des Datenpunktes T_{jx} in der Zeit j abzüglich Referenzwert¹²⁸ im Zeitrahmen i .

$$\Delta T_{ax} = T_{jx} - T_{ix0} \quad (2)$$

Der Anomalientrend a ist eine Zeitreihe $f(t)$ definiert als $\Delta T_{ajx} = f\left(t; T_{jx}; T_{ix0}\right)$, über die Zeit j ; in Formel 2

eingesetzt ergibt sich:

$$\Delta T_{ajx} = f(t; T_{jwx}) + f(t; (\Delta T_{jzufälligx} + \Delta T_{jsystematischx} + \Delta T_{jgrobx})) - f\left(t; \left(\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{izufälligx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{isystematischx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{igrobx}\right)\right) \quad (3)$$

Der zufällige Fehler $\Delta T_{jzufälligx}$ tendiert bei genügend großer Datenmenge gegen Null. Dann verbleibt für den Anomalientrend:

$$\Delta T_{ajx} = f(t; T_{jwx}) + f(t; (\Delta T_{jsystematischx} + \Delta T_{jgrobx})) - f\left(t; \left(\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{isystematischx} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{igrobx}\right)\right) \quad (3a)$$

Wie man sieht bleiben die systematischen und groben Fehler am Ort x wie verursacht z.B. durch Wechsel der Instrumente, andere Durchschnittswertbildung, Verschiebung des Messortes, Veränderung der Umgebung, Unterlassung der Ablesung etc, **durchweg erhalten**. Bei weiterer Zusammenführung und Ø -Wertbildung der Anomalien, können sich die Werte der Fehler überlagern, oder als Sonderfall, auslöschen, je nach Richtung und Größe dieser Fehler. Dies führt aber in jedem Fall zu einer Veränderung des Referenzwertes und –bis auf Sonderfälle- weiteren Veränderung der Zeitreihe der Anomalie.

Homogenisierung

Mit Homogenisierung¹²⁹ wird ein Korrektur -Verfahren benannt, dass es gestatten soll, aus mit Fehlern behafteten (kontaminierten) Zeitreihen, durch Vergleich mit „fehlerfreien“ Referenzzeitreihen, diese Fehler zu

¹²⁸ Bei genauer Betrachtung stellt der Referenzwert eine gerade mit der Steigung 0 über den Referenzzeitraum 30 Jahre dar.

¹²⁹ Zum Thema der Homogenisierung: Aus „Klimarekonstruktion der instrumentellen Periode – Probleme und Lösungen für den Großraum Alpen“ Reinhard Böhm Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien S. 6*Problem, an dem alle entsprechenden mathematisch-statistischen Methoden leiden, die ja in ihrem Kern auf demselben Grundprinzip beruhen: Man berechnet Differenz- oder*

bestimmen, bzw. Korrekturen einzuführen, um sie herauszurechnen. Im klimatologischen Sprachgebrauch wird eine Homogenisierung durchgeführt um (möglichst) alle nichtklimatologischen Einflüsse herauszurechnen.

Dazu gibt es 2 Möglichkeiten.

- a. Die Absolut Reihen, werden voneinander abgezogen, und dann die Anomalien gebildet.
- b. Die Anomalien werden voneinander abgezogen, eine neue Anomalie entsteht.

Zu a. Die Absolut-Reihen, werden voneinander abgezogen

Zur Vereinfachung sei die Referenzreihe $T_R = f(t; T_{jwR})$ ohne Fehleranteil d.h. w= wahr, am Referenzort R;

Und die kontaminierte Reihe $T_k = f(t; T_{jk})$. Diese wiederum enthält die „wahre“ Temperatur T_{jwk} und den gesuchten Fehleranteil, insgesamt also: $T_{jk} = T_{jwk} + \Delta T_{jk}$; (der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass der Term ΔT_{jk} auch wieder in seine Komponenten $\Delta T_{jk} = \Delta T_{zufällig} + \Delta T_{systematisch} + \Delta T_{jgrobk}$ aufgelöst werden kann, was aber jetzt hier noch nicht interessiert). Dann wird die Differenz beider absoluten Reihen gebildet als:

$$f(t, \Delta T_{jrk}) = f(t; (T_{jwk} + \Delta T_{jk})) - f(t; T_{jwR}); \quad (1)$$

für den Fall, das $f(t; T_{jwk}) = f(t; T_{jwR})$ heben sich beide Terme auf und es bleibt:

$$f(t, \Delta T_{jrk}) = f(t, \Delta T_{jk}), \quad (1a) \quad \text{als Fehlerverlauf übrig.}$$

Für den häufigeren Fall, dass sie ungleich sind, verbleibt in der Differenz aus beiden Zeitreihen zusätzlich ein Rest übrig, je nach Grad der Ungleichheit größer oder kleiner.

$$f(t, \Delta T_{jrk}) = f(t; (T_{jwk} + \Delta T_{jk})) - f(t; T_{jwR})$$

umgestellt ergibt:

$$f(t, \Delta T_{jrk}) = f(t, \Delta T_{jk}) + f(t; (T_{jwk})) - f(t; T_{jwR}) \quad (2)$$

Dieser Rest $f(t; (T_{jwk})) - f(t; T_{jwR})$ stellt den fehlerfreien lokalen Unterschied zwischen beiden Zeitreihen dar. Er ist in der Praxis jedoch nicht herauslösbar. Es kann schwerlich unterschieden werden, wie groß der eine bzw. die anderen Terme sind, man misst ja immer nur die Summe aus Fehler und Signal. Die Konsequenz ist bei dieser Vorgehensweise, dass mit dieser Prozedur der Anomalie der kontaminierten Zeitreihe Größe und Verlauf der Referenzzeitreihe eingepreßt wird. Ihre Bestimmung wird damit unscharf, das evtl. enthaltene lokale Signal wird bei gleicher Richtung verkleinert. Insbesondere dann, wenn die kontaminierte Zeitreihe größere Lücken oder Ausreißer enthält, wie z.B. bei Meereslufttemperaturen in Breiten außerhalb der Schifffahrtlinien. Sie ist daher nur dann erfolgreich einsetzen, wenn die örtliche Lage und Umgebung es als sicher erscheinen lässt, dass die Zeitreihen beider Orte angenähert sehr ähnlich verlaufen. Dann ergibt sich der Fall von Gleichung 1a. Wie die

*Quotientenreihen hochkorrelierter Nachbarreihen, testet sie auf abrupte Sprünge, die statistisch signifikant sind, und eliminiert diese unter der Annahme der angenommenen zeitlichen Stationarität der Differenzen (Quotienten). Da üblicherweise alle Reihen irgendwann nicht-klimatologische Sprünge haben, gilt es noch das Problem der Zuordnung zu lösen, welche der Reihen die infizierten und welche die Referenzreihen für ein betrachtetes Subintervall mit einer Sprungstelle sind. Das kann man mit statistischen Wahrscheinlichkeitsüberlegungen abklären, indem man in regionalen Subgruppen von typischerweise 10 Reihen alle Reihen mit allen anderen testet. Die sich ergebende Entscheidungsmatrix (typischerweise 10*10) liefert dann recht eindeutige Ergebnisse, wenn die Sprünge nicht alle zur selben (ähnlichen) Zeit erfolgen.*

Und Seite (12)- 156: *Das oft gehörte Argument, dass bei Verwendung genügend vieler Einzelreihen die Inhomogenitäten in der Mittelreihe als „random effect“ verschwinden würden, ist nicht zutreffend. Es gibt sehr wohl systematische Inhomogenitäten, die auch größere Gebiete betreffen“*

Watts'schen Untersuchungen zeigen, ist dies aber selbst bei enger räumlicher Nachbarschaft häufig nicht der Fall. Bei der Bestimmung der Meereslufttemperaturen trifft dies noch seltener zu.

zu b. Die Anomalien werden voneinander abgezogen

Wie unter a. sei die Referenzreihe $T_R = f(t; T_{jwR})$ ohne Fehleranteil (am Referenzort $x=R$) und die kontaminierte Reihe $T_k = f(t; T_{jk})$. Letztere wiederum enthält die „wahre“ Temperatur T_{jwk} und den gesuchten Fehleranteil ΔT_{jk} . Die Anomaliendifferenz beider, gebildet aus der kontaminierten Anomalie $f(t; \Delta T_{ajk})$ und der Referenzanomalie $f(t; \Delta T_{ajwR})$, ist also:

$$f(t; \Delta T_{ajkR}) = f(t; \Delta T_{ajk}) - f(t; \Delta T_{ajwR}) \quad (3)$$

Bestimmung der fehlerfreien Referenz-Anomalie:

Nun wird erst von der Referenzreihe die Anomalie a gebildet, mit dem WMO Referenzwert

$$T_{0R} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} (T_{iwR} + \Delta T_{iR}). \text{ Der Fehleranteil ist hier per Definition } = 0, \text{ somit wird daraus } T_{0R} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwR}$$

Dann wird damit die fehlerfreie Anomalie als Differenz aus $f(t; \Delta T_{ajwR}) = f(t; T_{jwR}) - T_{0R}$; bzw.

$$f(t; \Delta T_{ajwR}) = f(t; T_{jwR}) - \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwR} \text{ gebildet. (4)}$$

Bestimmung der kontaminierten Anomalie:

Die Anomalie für die kontaminierte Zeitreihe errechnet sich als : $f(t; \Delta T_{ajk}) = f(t; T_{jk}) - T_{0k}$ (5); in beiden

rechten Termen steckt jeweils auch der Fehleranteil ΔT_{jk} bzw. $\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{ik}$. Die kontaminierte Anomalie Index ak incl. Fehleranteil und WMO ØWert lässt sich somit darstellen als ¹³⁰

$$f(t; \Delta T_{ajk}) = f(t; T_{jwk}) + f(t; \Delta T_{jk}) - \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} (T_{iwk} + \Delta T_{ik}). \quad (6)$$

Bildung der Anomalien - Differenz

Zur Bildung der Differenz beider Zeitreihe beider Anomalien setzt man die fehlerfreie (4) und die kontaminierte Anomalie (6) in (3) ein und erhält

$$f(t; \Delta T_{ajkR}) = f(t; T_{jwk}) + f(t; \Delta T_{jk}) - \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} (T_{iwk} + \Delta T_{ik}) - (f(t; T_{jwR}) - \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwR}),$$

ausgerechnet ergibt sich:

$$f(t; \Delta T_{ajkR}) = f(t; T_{jwk}) + f(t; \Delta T_{jk}) - \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwk} - \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} \Delta T_{ik} - f(t; T_{jwR}) + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwR} \quad (7)$$

¹³⁰ Man beachte hier, dass der Index j für die ganze Zeitreihe steht, der Index i aber nur für die WMO Zeit von 1961 bis 1990

mit $f(t; T_{jwk})$ = wahre Temperatur der kont. Reihe; $f(t, \Delta T_{jk})$ = Fehler der kontaminierten Reihe; $\frac{1}{30} \sum_1^{30} T_{iwk} =$ dem wahren WMO Referenzwert der kontaminierten Reihe; $\frac{1}{30} \sum_1^{30} \Delta T_{ik} =$ dem Fehler des WMO Referenzwertes der kont. Reihe; $f(t; T_{jwR}) =$ der fehlerfreien Temperatur der Referenzreihe und $\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwR} =$ dem WMO Referenzwert der fehlerfreien Reihe. Bei den WMO Durchschnittswerten gibt es keine Änderung über der Zeit $f(t)$. Genau genommen stellen sie eine Gerade dar mit der Steigung 0.

Umgestellt nach Absolut-Temperaturen, Summentermen und Differenzen, wird aus der Gleichung (7)

$$f(t, \Delta T_{ajRk}) = f(t; T_{jwk}) - f(t; T_{jwR}) - \frac{1}{30} \sum_1^{30} T_{iwk} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwR} + f(t, \Delta T_{jk}) - \frac{1}{30} \sum_1^{30} \Delta T_{ik} \quad (7a)$$

Bewertung

Für den seltenen Fall, dass die kontaminierte Zeitreihe, ohne ihre Fehler (nur $f(t; T_{jwk})$) einander gleich sind. D.h. $f(t; T_{jwk}) = f(t; T_{jwR})$ ist, dann sind auch die Terme $\frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwR}$ und $f(t, \frac{1}{30} \sum_1^{30} T_{iwk})$ gleich – es sind identische Teilstücke dieser Zeitreihen- und heben sich gegeneinander auf. Es bleiben die Anomalien der Fehler der kontaminierten Reihe übrig. Damit gilt:

$$f(t, \Delta T_{ajRk}) = f(t, \Delta T_{jk}) - \frac{1}{30} \sum_1^{30} \Delta T_{ik} \quad (7b)$$

d.h. der eigentlich gesuchte Fehler $f(t, \Delta T_{jk})$ vermindert (oder erhöht sich) sich um das 30 jährige Mittel des Fehlers der zugehörigen WMO Konstante $\frac{1}{30} \sum_1^{30} \Delta T_{ik}$.

Für den normalen Fall, dass die „wahren“ Zeitreihen ungleich sind, enthält die Summe zusätzlich zum gesuchten Fehler $f(t, \Delta T_{jk})$ einen unbekanntem Rest aus den anderen Komponenten beider Zeitreihen $f(t, \Delta T_{jk})$. Die Summe enthält also **zusätzlich** einen unbekanntem Rest aus den anderen Komponenten beider Zeitreihen. Es bleibt alles erhalten. Die Fehler wirken aber gegenläufig. Zur Veranschaulichung nochmals der rechte Teil der Gleichung(7a):

$$f(t; T_{jwk}) - f(t; T_{jwR}) - \frac{1}{30} \sum_1^{30} T_{iwk} + \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} T_{iwR} + f(t, \Delta T_{jk}) - \frac{1}{30} \sum_1^{30} \Delta T_{ik}$$

Je nach Größe und Richtung der Ungleichheit ist der resultierende Gesamtfehler größer oder kleiner. Im Unterschied zur Vorgehensweise (a), wird bei der Vorgehensweise (b) der Fehler von mehreren Faktoren bestimmt. Sie enthält mithin sowohl die Unterschiede zwischen beiden Messorten (Signal), aber auch deren Anomalienfehler. Da diese jedoch gegenläufig sind, wirken sie, bei gleicher Grundrichtung der Fehler, auf diese vermindern. Die gelbe Kurve in Abbildung 64 zeigt z.B. die Auswirkung auf die unkorrigierte Tempelhofer Reihe.

Tempreihen nach Anomalien Diff. Korr.

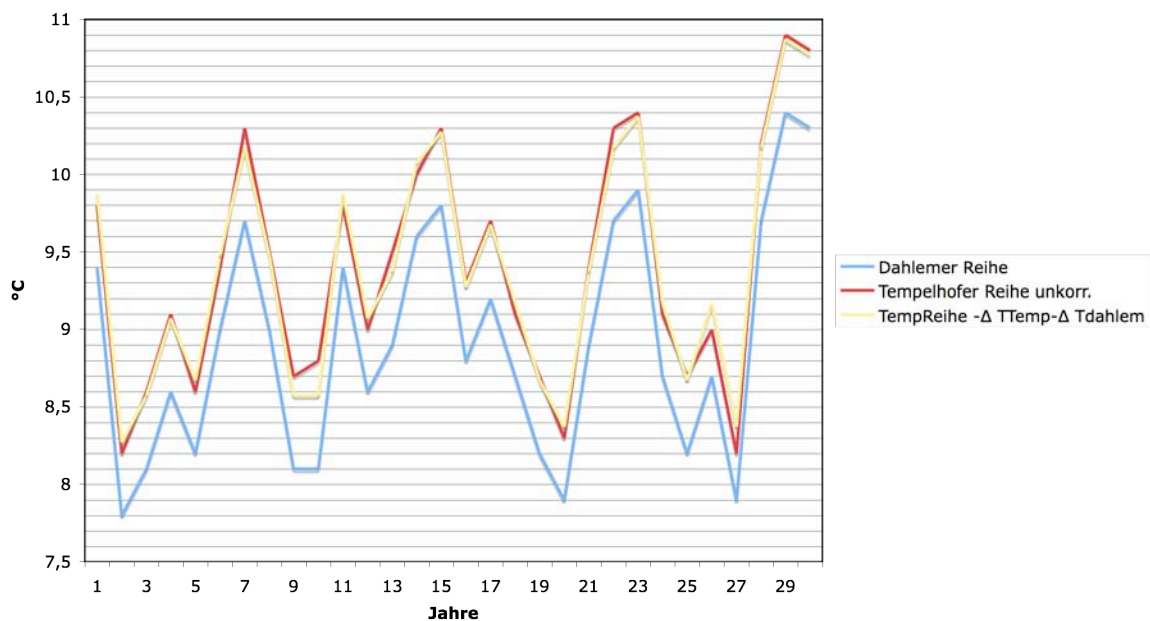


Abbildung 63: Dahlemer Reihe und mit Anomaliendifferenz korrigierte Tempelhofer Reihe. Signal bleibt erhalten. Weitere unbekannte Fehler ebenfalls

Ein wichtiges zusätzliches Problem bei diesem Versuch der Korrektur mit seiner an sich sehr plausiblen Vorgehensweise besteht darin, dass der Untersuchende einer Zeitreihe nur in wenigen Fällen unmittelbar ansehen kann, ob sie fehlerbehaftet ist oder nicht. Es gehört erhebliches detektivisches Gespür dazu, derartige Zeitreihen aufzuspüren, sowie ein reicher Fundus von Metadaten. Diese gibt es jedoch, von wenigen Ausnahmefällen abgesehen, kaum.

Vereinfachte Überprüfung der These: Durchschnittsbildung von Anomalien mittelt Fehler heraus

Vom DWD und verschiedener Autoren des IPCC steht die Aussage im Raum, dass die Anomalienbildung dazu eingesetzt werden kann, um Ausreißer, systematische und andere absolute Fehler durch Vergleich und Mittelwertbildung mit „fehlerfreien“ Anomalien, bzw. deren Zeitreihen auszugleichen, indem man die „kontaminierten“ Zeitreihen mit den „sauberen“ Zeitreihen, auch ohne vorherige Homogenisierung, rechnerisch vergleicht¹³¹. Unterlässt man daher, aus welchen Gründen immer, die langwierige vorherige Homogenisierung der untersuchten Zeitreihe, so würde sich folgendes Beispiel ergeben. Es ist durchgerechnet an Hand einer als

¹³¹ Aus einer privaten Mail an den Verfasser vom DWD vom 26.6.09:Allerdings lässt sich nicht sagen, wie genau das "wahre" Flächenmittel approximiert wird. Daher ist es sinnvoller für klimatologische Betrachtungen nur die Abweichungen der Rasterdaten zu langjährigen Reihen zu betrachten. Wird die Methodik sowohl der Rasterdatenberechnung als auch der Messungen selbst nicht verändert, bleiben, wie bereits weiter oben angeführt, die absoluten (teils unbekannt) Fehler konstant und die Abweichungen (Anomalien) zum Vergleichsstandard sind nur noch von den klimatischen Verhältnissen abhängig, zeigen also die tatsächliche Veränderung des Temperaturregimes.“....

„fehlerfrei“¹³² bekannte Zeitreihe (hier die Station Berlin- Dahlem, als Referenzstation homogenisiert). Zu Anfang wird das WMO Mittel für Berlin-Dahlem T_{ix0} berechnet, es beträgt hier: **8,92 °C**.

Dann werden dieser Zeitreihe **demonstrationsweise 2 kräftige Fehler** aufgeprägt. Einmal ein schleichender systematischer Fehler F1 (eine Gerade mit einer Steigung von 0,5°C/Jahrzehnt) , wie er z.B. bei Änderung der Landnutzung (Beispiel Säkularstation am Potsdamer Telegrafenberg) bzw. dem Zuwachsen des Messortes durch Gebäuden, Parkplätzen, Fabrikanlagen, etc. (s. A. Watts) entspricht, und außerdem einen sprunghaften systematischen Fehler F2, als Anstieg der gemessenen Temperatur von 0,7 °C wie sie z.B. bei Änderung der Messmittel, des Messortes, anderer Durchschnittswertmethode (z.B. Übergang DDR-BRD 1990, oder DWD 2001 Wechsel von Mannheimer Stunden zu 6 Stunden Rhythmus ehem. DDR.) vorkommen. Die Ergebnisse des Einflusses der Fehler auf die Einzelanomalie zeigt die folgende Grafik in Abbildung 64:

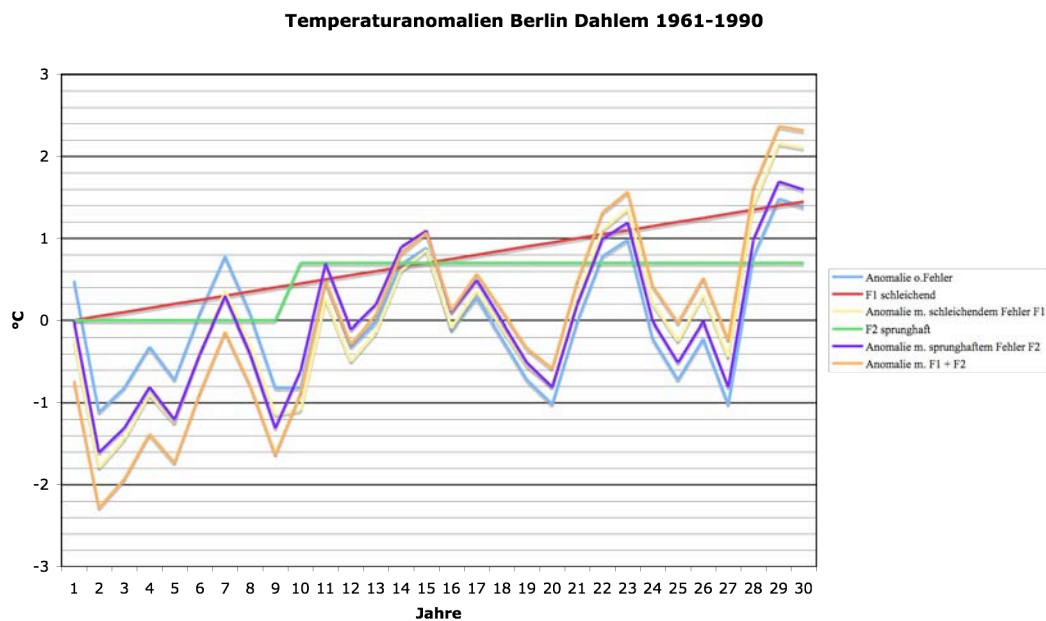


Abbildung 64: Verlauf der Fehler F1 (schleichend) und F2 (sprunghaft), sowie deren Auswirkung auf die Einzelanomalie der Zeitreihe Berlin Dahlem 1961-1990 Die Farben erklären die zugehörigen Kombinationen.

Deutlich ist in Abbildung 64 der erhebliche Einfluss der Fehler auf Neigung und Verschiebung der Ausschläge der Zeitreihen zu erkennen. Die Ausschläge selbst bleiben in ihrer Periodizität erhalten. Dies ist auch richtig, weil die eingeführten Fehler ja stetig anwachsende oder sprunghafte Veränderungen waren, die keinerlei eigene Periodizität enthielten. Sie entsprechen deshalb sehr realistisch dem anthropogenen Einfluss auf die Güte der Messwerte. Nach Einführung der Fehler (einzeln, aber auch in der Summe) wird nicht nur die Anomalie, sondern auch der WMO-Mittelwert T_{x0}^* deutlich verändert. Lag dieser vor der Operation bei 8,92 °C, so stieg er durch F1 allein auf 9,64 °C, durch F2 allein auf 9,41 °C und mit beiden auf 10,13 °C.

¹³² J. Pelz hat in 2 Aufsätzen über die Korrektur der Dahlemer Reihe berichtet. Pelz, J: „Eine kritische Betrachtung zur Geschichte der Temperaturmessung und deren Auswertung in Berlin seit 1701“ Met. Abh. der Freien Univ. Berlin, Neue Folge, Serie A, Band 4, Heft 4 Verlag Dietrich Reimer. Berlin 1993 und Pelz, J „Die Berliner Jahresmitteltemperaturen von 1701-1996“. Beil. z. Berl. Wetterkarte SO 6/97 (1997). Inzwischen werden aber seine Ergebnisse als nicht vollständig richtig angezweifelt und die Dahlemer Reihe erneut einer Korrektur unterzogen.

Interessant ist nun zu sehen, wie sich entsprechende Fehler bei weiterer Mittelwertbildung der Anomalien verhalten. Zur vereinfachten Demonstration wurden die Werte der Station Berlin-Dahlem 20 x kopiert und die Fehler F1 und F2 wie folgt variiert: In 70 % der Fälle wurde der gleiche schleichende Fehler eingebracht, angesichts Ergebnisse der Watts'schen Studie bei der 89% der als Weltnormal angesehenen Stationen US-Stationen, nicht sehr wirklichkeitsfremd. In weiteren 30% der gleichen Stationen wurde der Sprungfehler F2 eingebaut. Auch das scheint wirklichkeitsnah, wenn man an z.B. die Thermometerumstellung in den 80er Jahren denkt. Die folgende Grafik zeigt die Auswirkungen dieser Eingriffe.

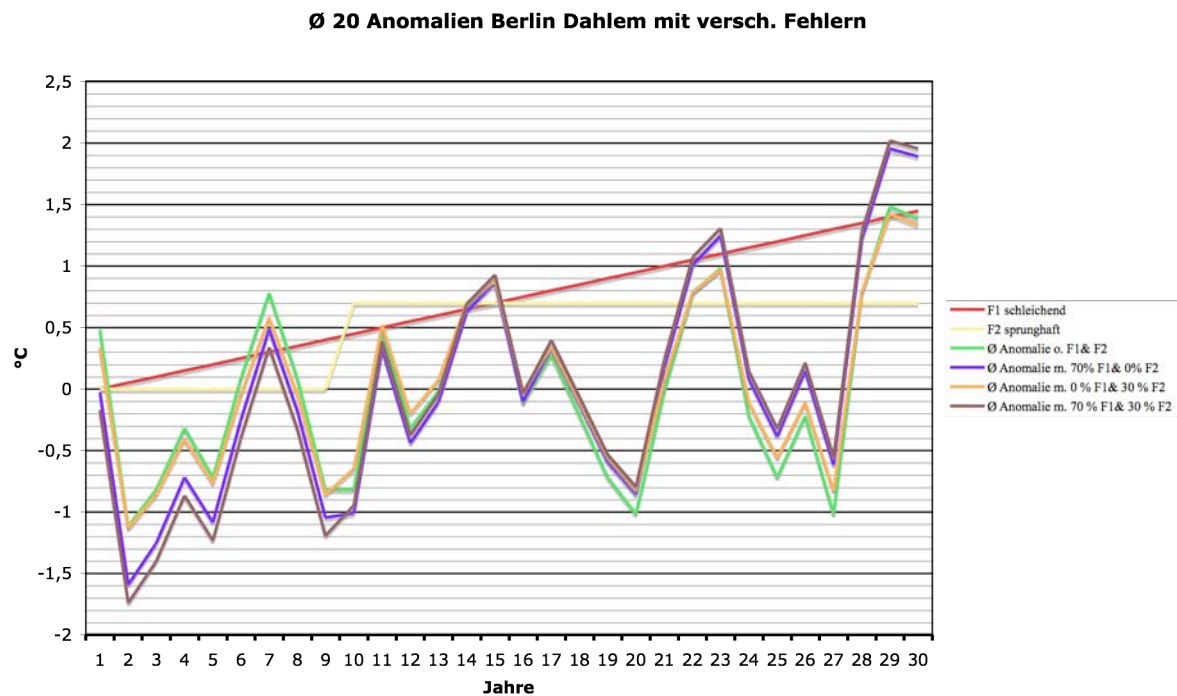


Abbildung 65 : Anomalienverlauf von simulierten 20 Stationen gleicher „wahrer“ Temperatur aber unterschiedlicher Fehlereinwirkungen. Die einzelnen Farben erklären die gezeigten Anomalien mit ihren Fehlern.

In Abbildung 65 zeigt sich wieder deutlich, dass die vermeintlich plausible Annahme, wonach ein Vergleich der Anomalien miteinander, die unbekannt oder bekannten systematischen Fehler ihrer Größe und Richtung nach herausfiltert, nicht zutrifft. Wohl aber bleiben in diesem Fall, bei dem beide Fehler positiv sind, der Trend in seiner Richtung und natürlich seine Periodizität erhalten. Jedoch verschieben sich die Trend-Neigung (von + 0,285 °C/Jahrzehnt bei unveränderter Anomalie auf +0,75 °C/Jahrzehnt; bei der 70/30 F1,F2 Anomalie). Geringfügig verschieben sich auch die Mittelwerte.

Es ist in jedem Fall zu beachten, dass die Verteilung dieser und der anderen betrachteten systematischen und groben Fehler **nicht einer Normalverteilung entspricht**. Damit entziehen sich diese Fehler den statistischen Methoden, die auf Normalverteilung -oder guten Näherungen dazu- basieren. Diese Fehler müssten daher einzeln abgeschätzt und ggf. angegeben oder, besser, wenn möglich korrigiert werden.

Man kann nun einwenden, dass dies übertriebene Beispiele sind. Das ist jedoch eher weniger wahrscheinlich, wie die vorangegangene Arbeit gezeigt hat. Außerdem kam es hierbei in erster Linie auf die Demonstration der gegenseitigen Beeinflussung an.

Sonderfall: Anomalienbildung verhindert das Entstehen systematischer Fehler durch unterschiedliche Mittelwertalgorithmen.

Das IPCC, basierend auf Brohan et. al. S 6 [Brohan 2005] stellt explizit fest, dass bei Anomalienbildung, die Fehler, die durch Mittelwertbildung aus wenigen Messwerten entstehen, sich durch Abzug des Referenzwertes mit gleichen Fehlern kompensieren¹³³.

„There will be a difference between the true mean monthly temperature (i.e. from 1 minute averages) and the average calculated by each station from measurements made less often; but this difference will also be present in the station normal and will cancel in the anomaly.“

Diese Aussage wird im folgenden untersucht.

Die Anomalie A_x der lokalen Temperatur am Ort x sei definiert als: $A_x = T_j - T_N$

Dabei ist T_j der lokale Mittelwert der Temperatur zum Zeitpunkt j; und T_N die Referenztemperatur auf die bezogen wird. Bei Brohan et. al. ist dies die mittlere „WMO“ Temperatur d.h. das 30 jährige Mittel der lokalen Zeitreihe der Jahre von 1961 bis 1990. Diese Gleichung $A_x = T_j - T_N$ gilt aber allgemein für jede Anomalienbildung. Der Referenztemperaturmittelwert T_N enthält den „wahren“ Temperaturmittelwert T_{Nwahr} und alle Fehler, die auch die Einzeltemperaturen enthalten, diese jedoch gemittelt und in der nun festen Größe T_N enthalten. Diese feste Größe T_N besteht daher aus 2 Komponenten. Der wahren Mitteltemperatur der Zeitreihe T_{Nwahr} und einer Größe C, die den gemittelten Fehler darstellt. Hier wird nur der gemittelte Fehler aus der Mittelwertbildung mit weniger Daten gegenüber der wahren Temperatur betrachtet.

Man kann also schreiben: $T_N = T_{Nwahr} + C$.

Der lokale Mittelwert der Temperatur zum Zeitpunkt j enthält ebenfalls die wahre Temperatur T_{jwahr} und zusätzlich einen Fehler (bei sonst gleichen, fehlerfreien Bedingungen, wie z.B. bei homogenisierten Messreihen) ΔT_j der auch in diesem Fall nur durch die Mittelwertbildung erzeugt wird. Der Mittelwert der lokalen Temperatur zum Zeitpunkt j ist demnach: $T_j = T_{jwahr} + \Delta T_j$. Der Fehler ΔT_j ist hier nur abhängig von der Art der Mittelwertbildung und zeigt nach Aguilar et. al [Aguilar 2003] S20 einen ausgeprägten Jahresgang gegenüber dem wahren Tagesmittel. Daraus entstehen deutlich unterschiedliche, auch nur von der Art der Mittelwertmethode abhängige, Jahresmittel. Siehe Abbildung 1 graue Striche.

Herleitung: Der Mittelwert der „wahren“ Temperatur, wird definitionsgemäß aus der (quasi-)kontinuierlichen Messung der Tagestemperatur ermittelt. Setzt man beide Mittelwerte in die obige Gleichung ein, dann ergibt sich:

$A_x = T_j - T_N$ wird erweitert zu: $A_x = (T_{jwahr} + \Delta T_j) - (T_{Nwahr} + C)$; ausgerechnet ergibt sich:

$$A_x = T_{jwahr} - T_{Nwahr} + \Delta T_j - C ;$$

¹³³ Darüberhinaus wurden die Anforderungen bei Brohan et. al an die Station Normals deutlich reduziert (relaxed) Man reduzierte die Anforderungen zur Bildung des Referenzwertes (Station Normal) auf nur 15 Jahre und nahm daraus 3 x 4 Jahre in jeder Dekade, statt (wie international zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit von der WMO festgelegt) auf den Zeitraum von 1961-1990. Dies erhöht den Fehler, der schon in der Verwendung des Station Normals steckt, weiter. Weicht doch dieses so ermittelte Station Normal von den 30 jährigen Mittelwerten in aller Regel ab. Das wird nicht besser wenn „künstliche“ Normals berechnet werden

ΔT_j und C heben sich aber nur auf, wenn sie gleich groß sind und gleiche Richtung haben. Das ist aber nicht die Regel, sondern die Ausnahme, wie die Untersuchungen von [Aguilar 2003]¹³⁴,¹³⁵ und eigene Berechnungen (s. weiter unten) zeigen.

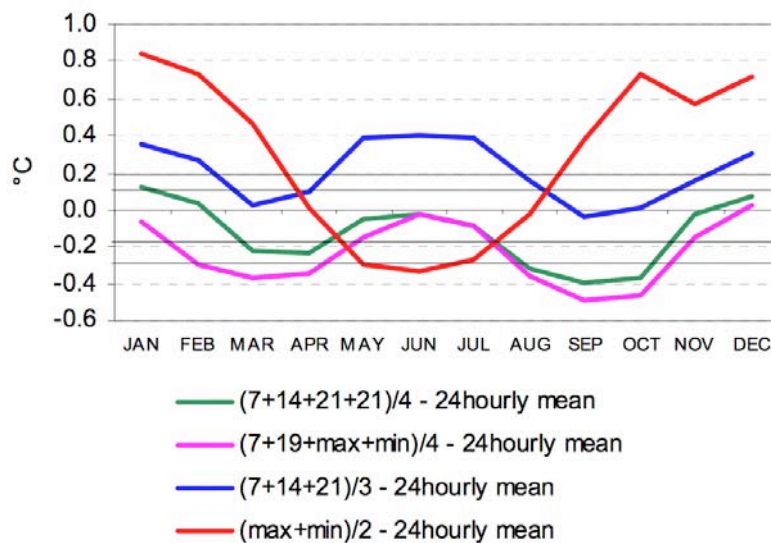


Abbildung 66: aus Aguilar et. al. Die Werte wurden errechnet indem der „wahre“ Mittelwert mit 10 minütiger Messung jeden Tages ermittelt wurde. Dieser „Wahre“ Tages-Mittelwert ist also fehlerfrei. Er ist somit T_{jwahr} ! Dann wurde dieser Wert von den nach größeren Mittelwertmethoden ermittelte $\bar{\theta}$ Tageswerten abgezogen. Die gezeigten Graphen sind also $A_x = T_{jM} - T_{Nwahr} + \Delta T_{jM}$; T_{jM} ist hier die wahre Mitteltemperatur des Tages, also gleich T_{Nwahr} Damit ist deren Differenz zu jedem Zeitpunkt = 0. Übrig bleibt nur der Fehler aus der Mittelwertbildung ΔT_{jM} mit seinem deutlichen Verlauf.

Ein vergleichbares Ergebnis zeigen auch die Anomalien der Jahresmittel von Berlin Dahlem. Vom DWD wurden 2002 die Mittelwertberechnungen von Mannheimer Stunden auf stündliche Datenbestimmung umgestellt. Seitdem werden beide Werte parallel ermittelt. Im Ergebnis sind die aus stündlicher Messung errechneten Jahresmittel um 1/10 °C wärmer, als die nach Mannheimer Stunden.

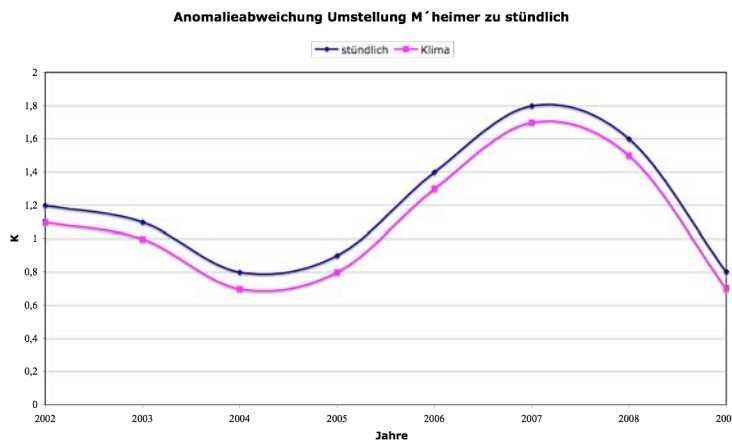


Abbildung 67: Berlin Dahlem- Verlauf der Anomalien aus Jahresmittelwerten zum WMO-Referenzwert ermittelt (Klima) nach Mannheimer Stunden und (stündlich) nach stündlicher Messdatenerfassung- und Mittelung¹³⁶. Die stündliche Mittelung ist durchgehend um 1/10 °C „wärmer“ als nach Mannheimer Stunden. Eine Korrektur fand bisher nicht statt.

Damit ist gezeigt, dass die Vermutung von u.a. Brohan et. al. [Brohan 2005] auf S 6 unrichtig ist. Die damit begründete Nichtbeachtung dieser Fehlerquelle ebenfalls. Es wird vielmehr durch die gewählte Mittelwertmethode ein zusätzlicher Fehler eingeführt. Seine Größe kann bis zu mehrere Zehntelgrad betragen. Er kann nicht ausgemittelt werden.

¹³⁴ Private Mitteilung von Auer, Mitautorin von [Aguilar 2003]: Referenz ist das 24 stündige Mittel (Nulllinie), die einzelnen Kurven sind die Differenzen der verschiedenen Algorithmen zu diesem „wahren“ Mittel.

¹³⁵ Info von Auer: Referenz ist das 24 stündige Mittel (Nulllinie), die einzelnen Kurven sind die Differenzen der verschiedenen Algorithmen zu diesem „wahren“ Mittel.

¹³⁶ Quelle: www.berliner-wetterkarte.de

Beispiel:

Ermittlung der Anomalien aus der homogenisierten Zeitreihe der Station Berlin-Dahlem anhand von Tagesdaten vom 1.1.08 bis 31.3.08 mit 10 minütiger Messfolge. Es wurden 4 Mittelwertbildungen untersucht.

Wahrer Mittelwert: $T_{jwahr} := 144$ Tagesmesswerte geteilt durch 144.

M'heimer Mittelwert: $T_{jM'heim} := 2+2x 1$ Tagesmesswerte geteilt durch 4.

6 h Turnus Mittelwert: $T_{j6h} := 4$ Tagesmesswerte geteilt durch 4.

Max/Min Mittelwert: $T_{jMax/Min} := 2$ Tagesmesswerte geteilt durch 2.

Den realen Verlauf mit „wahren“ Tagesmitteln zeigt die Grafik in Abbildung 68

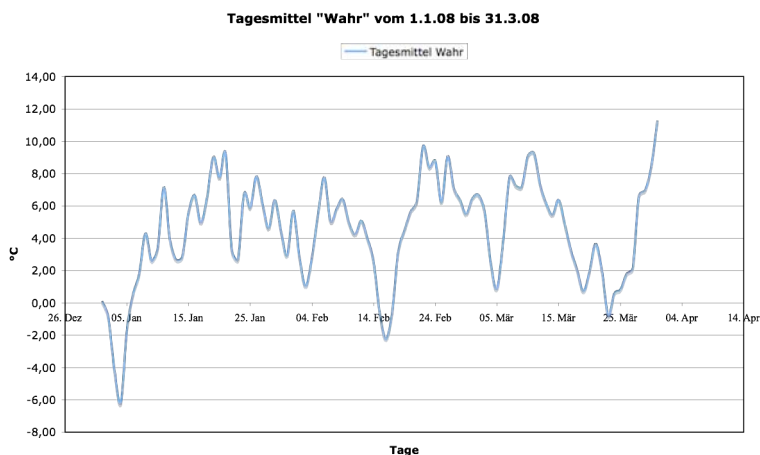


Abbildung 68: Verlauf der Temperatur vom 1.1.08 bis 31.3.08 der homogenisierten Station Berlin Dahlem

Dann wurden aus den verschiedenen Mittelwerten die Anomalien gebildet und mit dem „wahren“ Anomaliewert verglichen Sie zeigten zueinander deutliche Unterschiede. Zur besseren Veranschaulichung der Abweichungen wurde anschließend der Mittelwert über jede Zeitreihe einzeln über jeden Anomalienverlauf gebildet. Variabel war dabei nur der Referenzzeitraum.

Die folgende Grafik zeigt beispielhaft den Ø der Anomaliendifferenz über den gesamten Zeitraum vom 1.1.08 bis 31.3.08.

Beispiel: Referenzzeitraum: 1.3. bis 31.3.08

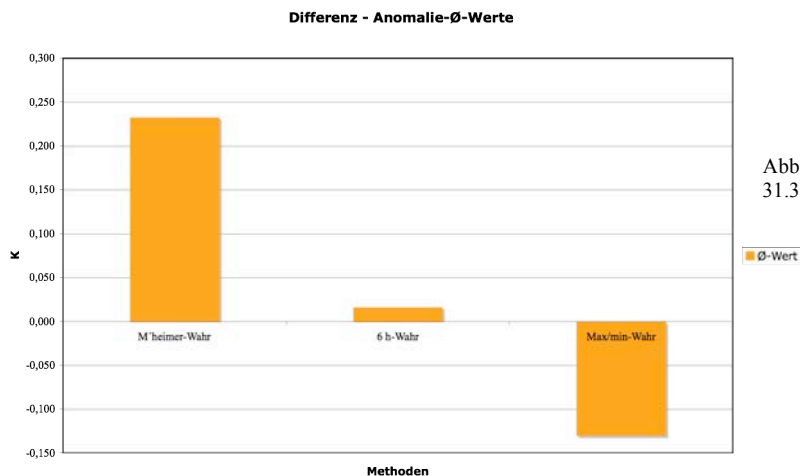


Abbildung 69: Anomaliendifferenz vom 1.1.08 bis 31.3.08 der homogenisierten Station Berlin Dahlem

Ergebnis: Je nach gewähltem Referenzzeitraum wird der Ø-Wert der Differenz der Anomalien zueinander deutlich größer oder kleiner. Es erfolgen auch Richtungswechsel. Die Einzelwerte erreichen Ausschläge nach beiden Richtungen bis zu 5 °C.

Anhang 3: Literaturverzeichnis

- 1 Aguilar, EA, I. Brunet, M. Peterson, Thomas C. Wieringa, V. (2003) GUIDANCE ON METADATA AND HOMOGENIZATION.
- 2 Amot, A (1954) Measurement of sea surface temperature for meteorological purposes. Results of observations from Ocean Weather station. M Meleorologische Annaler Bd 4, Nr 1,:1-11.
- 3 Anderson, M (1991) A Field Test of Thermometer Screens. SHMI RMK 62
- 4 Antonov, JI, S. Levitus, and T. P. Boyer (2002) Steric sea level variations during 1957-1994: Importance of salinity. Geophys Res 107:8013.
- 5 Assmann, R (1892) Das Aspirations-Psychrometer; Ein Apparat zur Ermittlung der wahren Temperatur und Feuchtigkeit der Luft.
- 6 Auer, IB, R. Jurkovic, A., Lipa, W. Orlik, A., Potzmann, RS, W. Ungersbock, M Matulla, C. et al. (2007) HISTALP - historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY 27: 17 -46.
- 7 Bindoff, NW, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C. Le Quéré, S. Levitus, Y. Nojiri, C.K. Shum, L.D. Talley and Unnikrishnan, A. (2007) Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. IPCC AR4 Climate Change 2007: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change AR4, Chapter 5:385-432.
- 8 Böhm, R (2009) Klimarekonstruktion der instrumentellen Periode: Probleme und Lösungen für den Großraum Alpen. Innsbruck university press, Wien
- 9 Brandsma, TvdM, J.P. (2007) Thermometer screen intercomparison in De Bilt (The Netherlands), Part I: Understanding the weather-dependent temperature differences) and Thermometer Screen Intercomparison in De Bilt (the Netherlands), Part II: Description and modeling of mean temperature differences and extremes. International Journal of Climatology
- 10 Brohan, PK, J. J. Harris, I., Tett S. F. B.; & Jones, P. D. (2005) Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. HadCRUT 3 HadCRUT 3:1 to 35.
- 11 Bryden, HL, McDonagh, E.L. and King B.A. (2003) Changes in ocean water mass properties: Oscillations or trends? Science 300:2086-2088.
- 12 Cazenave, AaN, R.S. (2004) Present-day sea level change: observations and causes. Reviews of Geophysics 42
- 13 Christy, JRP, David E. Brown, Simon Macadam, Ian Stendel, Martin and Norris, William B. (2001) Differential Trends in Tropical Sea Surface and Atmospheric Temperatures Since 1979. Geophysical Research Letters, 28, no.1:183-186.
- 14 Church, JA, White, N. J.; Hunter, J. R. (2006) Sea-level rise at tropical Pacific and Indian Ocean islands. Global And Planetary Change 53 -3:155-116.
- 15 D'Aleo, J (2009) United States & Global Data Integrity Issues.
- 16 Daly, J (2000) Testing the Waters. 14.
- 17 Davis, JMJ (1996) Glacial Isostatic Adjustment and the Anomalous Tide Gauge Record of Eastern North America,. Nature 379:331.
- 18 DE LAAT, ATJ, and MAURELLIS, A.N. (2006) Evidence for Influence of Anthropogenic Surface Processes on Lower Tropospheric and Surface Temperature Trends.". International Journal of Climatology 26:897-913.
- 19 Dietrich, G (1950) Über systematische Fehler in den beobachteten Wasser- und Lufttemperaturen auf dem Meere und über ihre Auswirkung auf die Bestimmung des Wärmeumsatzes zwischen Ozean und Atmosphäre
- 20 Douglas, BC (1991) Global sea level rise. J Geophys Res 96:6981-6992.
- 21 Douglas, BC (1994) Global sea level change: Determination and interpretation. Rev Geophys 33
- 22 Douglas, BCK, Michael S. Leatherman, Stephen P. (2000) Sea Level Rise, History and Consequences. In: Nerem, RSMGT (ed) 75, International Geophysical Series, Academic Press, pp 121-151 chapter 6.
- 23 Easterling DR, HB, Jones PD, Peterson TC, Karl TR, Parker DE, Salinger MJ, Razuvayev V, PN, Jamason P, Folland CK (1997) Maximum and minimum temperature trends for the globe. Science 277:364-367.
- 24 Essex, CMK, R. (2007) Taken by Storm. Key Porter Books, Toronto
- 25 Essex, C, McKittrick, R. Andresen, B. (2006) Does A Global Temperature Exist? Non-Equilibrium Thermodynamics
- 26 Essex, C (2009) Fundamental Uncertainties in Climate Modeling. Critical Topics in Global Warming: Supplementary Analysis of the Independent Summary for Policymakers Studies in Risk and Regulation: 99 to 117.
- 27 FOLLAND, CKPARKER, D. E. (1995) Correction of instrumental biases in historical sea surface temperature data. Q J R Meteorol Soc 121.:pp. 319-367.

- 28 Folland, CKR, N. A. Brown, S. J. Smith, T. M. P. Shen, S. S. Parker, D. E., Macadam, IJ, P. D. Jones, R. N. Nicholls, N. and Sexton, D. M. H. (2001) Global temperature change and its uncertainties since 1861. Hadcrut 2, HadCRUT2 error analysis
- 29 Fujibe, F Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan. International Journal of Climatology 2009
- 30 GEIGER, RUDOLF (1950) DAS KLIMA DER BODENNAHEN LUFTSCHICHT. FRIEDR. VIEWEG & SOHN, BRAUNSCHWEIG
- 31 Goodridge, JD (1996) Comments on "Regional Simulations of Greenhouse Warming including Natural Variability". Bull, Amer Meteorological Society 77:1588-1599.
- 32 Gornitz, V (1994) Sea-level rise: A review of recent past and near-future trends.
- 33 Griffiths, JF (1997) Some problems of regionality in application of climate change. J Int Soc Biomet
- 34 HANSEN, JAMESLEBEDEFF, SERGEJ (1987) Global Trends of Measured Surface Air Temperature. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH 92:13345-13372.
- 35 Hunter, J, Coleman, R. and Pugh, D. (2003) The sea level at Port Arthur, Tasmania, from 1841 to the present. Geophysical Research Letters 30
- 36 Intergovernmental Oceanographic, Commission (2002) MANUAL ON SEA LEVEL MEASUREMENT AND INTERPRETATION. III - Reappraisals and Recommendations as of the year 2000
- 37 Jaeger, L (2006) Skript zum Vertiefungsblock „Forstmeteorologische Messsysteme" (Block Nr. 97a).
- 38 JCOMM (2006) Manual on Sea Level Measurement and Interpretation. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO 78 pp JCOMM Technical Report No 31 IV An Update to 2006
- 39 Jevrejeva, S, A. Grinsted, J. C. Moore, and S. Holgate (2006) Nonlinear trends and multiyear cycles in sea level records. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, 111:C09012.
- 40 Jitze, P. van der Meulen (1998) A Thermometer Screen Intercomparison
- 41 Jones, PD, Groisman, P. Ya Coughlan, M., Plummer, M. C; Wang W-C, Karl, T.R (1990) Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. Nature 347:169 ff.
- 42 Jones, PD., Parker, D. E. S. Martin, Rigor, I. G. (1999) SURFACE AIR TEMPERATURE AND ITS CHANGES OVER THE PAST 150 YEARS
- 43 Joseph, A, VijayKumar, KD, E.S. Desa, E. Peshwe, V.B. (2002) Over-estimation of sea level measurements arising from water density anomalies within tide-wells - A case study at Zuari Estuary, Goa. Journal of Coastal Research 18:362-371p.
- 44 KARL, THOMAS, R AND KNIGHT, RICHARD W. CHRISTY, JOHN R. (1994) Global and Hemispheric Temperature Trends: Uncertainties Related to Inadequate Spatial Sampling. JOURNAL OF CLIMATE 7:1144 bis 1163.
- 45 KENT a, EC BERRY, David I. (2007) ICOADS DATA QUALITY: VERSION 1.
- 46 KENT b, ELIZABETH C. WOODRUFF, SCOTT D. BERRY, DAVID I. (2007) Metadata from WMO Publication No. 47 and an Assessment of Voluntary Observing Ship Observation Heights in ICOADS. JOURNAL OF ATMOSPHERIC AND OCEANIC TECHNOLOGY 24:214-234.
- 47 Kent, EC (2002) ASSESSMENT OF BIASES IN MERCHANT SHIP SURFACE TEMPERATURES. M/DOE/2/9 3/3/02: File: M/DOE/2/9
- 48 Kent, EC KA B, David I. (1998) Assessing Biases in Recent in situ SST and Marine Air Temperature.
- 49 Kent, ECT, Raoul J. and Taylor, Peter K. (1993) Correction of Marine Air Temperature Observations for Solar Radiation Effects. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology Volume 10, Issue 6: Article: pp. 900-906.
- 50 Kiehl, JTT, Kevin E. (1997) Earth's Annual Global Mean Energy Budget. Bulletin of the American Meteorological Society Vol. 78, No. 2, :197-208.
- 51 Knutti, RH, G.C. (2008) The equilibrium sensitivity of the Earth's temperature to radiation changes. nature geoscience, ADVANCE ONLINE PUBLICATION 735-743.
- 52 Köppen, W (1913) Einheitliche Thermometeraufstellungen für meteorologische Stationen zur Bestimmung der Lufttemperatur und der Luftfeuchtigkeit Meteorologische Zeitschrift 30
- 53 Kuhlbrodt, E (1936) Schleuderthermometer für Bordgebrauch. Ann Hydrogru marit Meteorologie 64:57.
- 54 Lange, H-J (2007) Wetter und Klima im Phasenraum, Zusammenfassung von Vorträgen zu "Klima im Phasenraum".
- 55 Levitus, S, Antonov, J.I., Boyer, T.P. and Stephens, C. (2000) Warming of the world ocean. Science 287: 2225-2229.
- 56 Long, ER (2010) CONTIGUOUS U. S. TEMPERATURE TRENDS USING NCDC RAW AND ADJUSTED DATA FOR ONE-PER-STATE RURAL AND URBAN STATION SETS. SPPI ORIGINAL PAPER
- 57 McKittrick, RM, P.J. (2007) Quantifying the influence of anthropogenic surface processes and inhomogeneities on gridded global climate data. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-

ATMOSPHERES

- 58 McKittrick, RM. PJ (2004) A test of corrections for extraneous signals in gridded surface temperature data. *CLIMATE RESEARCH* 26:159-173.
- 59 Menne, MJ, Williams, Jr., Claude N., and Palecki Michael A. (2010) On the reliability of the U.S. Surface Temperature Record. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*
- 60 Meschede, D (2003) *Gehrtsen Physik*. J. Springer, Berlin Heidelberg
- 61 Miller G. & de Vernal A. (1992) Will Greenhouse Warming Lead to Northern Hemisphere Ice-Sheet Growth? *Nature* 355:244.
- 62 Miller, LD, B. C. (2004) Mass and volume contributions to twentieth-century global sea level rise. *NATURE* 428:406-409.
- 63 Milne, GAM, Jerry X. Schrag, Daniel P. (2002) Estimating past continental ice volume from sea-level data. *Quaternary Science Reviews* 21:361-376.
- 64 Monroe, JW,R. (2005) *The Changing Earth: Exploring Geology and Evolution*. Thomson Brooks/Cole,
- 65 Mörner, N-A (2008) Comment on comment by Nereme tal. (2007)on"Estimating future sea level changes from past records" byNils-Axel (2004). *Global andPlanetaryChange* 62:219-220.
- 66 Mörner, N-A (2004) Estimating future sea level changes from past records. *Global and Planetary Change* 40:49 - 54.
- 67 Mörner, N-A (2005) Sea level changes and crustal movements with special reference to the Eastern Mediterranean. *Z. Geomorphologie, Supp.Vol. 137.*:91-102.
- 68 Mörner, N-A, Michael Possnert, Göran (2004) New perspectives for the future of the Maldives. *Global and Planetary Change* 40:177-182.
- 69 Munk (2003) Uncertainties about Temporal Changes in Ocean Properties, their Effects on Sea Level, and What they Imply about Global Warming. *Science* Volume 6, Number 28:
- 70 Nakiboglu, SM, and K. Lambeck (1991) Secular sea level change, in *Glacial Isostasy, Sea Level, and Mantle Rheology.*,. Kluwer Academic Publ 237-258.
- 71 NRC (2005) *Radiative Forcing of Climate Change: Expanding the Concept and Addressing Uncertainties*, 207 pp.,. 207 pp.
- 72 Nerem, RS, B. J. Haines, J. Hendricks, J. F. Minster, G. T. Mitchum, and W. B. White (1997) Improved determination of global mean sea level variations using TOPEX/POSEIDON altimeter data. *Geophys Res Lett* 24:1331-1334.
- 73 Nerem, RS M, G.T. (2001) *Sea level change*. Academic Press, San Diego, CA,
- 74 OKE, TR (1973) City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* 7:769-779. .
- 75 PARKER, DEJONES, P.D. FOLLAND, C.K. and BEVAN, A. (1994) Interdecadal changes of surface temperature since the late nineteenth century. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH* 99. NO. 07:14373-14399.
- 76 Peltier, WR (2001) Global Glacial Isostatic Adjustment and Modern Instrumental Records of Relative Sea Level History. In: Douglas, BC, M.S. Kearney, and S.P. Leatherman (eds.) (ed) *Sea Level Rise*, Academic Press, San Diego, pp 64 -695.
- 77 Pelz, J a (1995) Was ist ein Mittelwert wert? Beilage zur Berliner Wetterkarte 66/95 5018/95
- 78 Pelz, J b (1995) Anmerkungen zur Prüfung von Daten und Ergebnissen von Modellrechnungen unter Verwendung der Statistik und der Informationstheorie. Beilage zur Berliner Wetterkarte 7.12.1995
- 79 Peterson, TC (2003) Assessment of urban versus rural in situ surface temperatures in the contiguous United States: No difference found. *Journal of Climate* 16:2941-2959.
- 80 Peterson, TC V, Russell S. (1997) An Overview of the Global Historical Climatology Network Temperature Database. *Bulletin of the American Meteorological Society*
- 81 Pielke SR., ROGERNIELSEN-GAMMON, JOHN DAVEY, CHRISTOPHER ANGEL, JIM BLISS, ODIE DOESKEN, NOLAN CAI,MING FALL, SOULEYMANE NIYOGI, DEV GALLO, KEVIN HALE, ROBERT, HUBBARD, KENNETHGLIN, XIAOMAO LI, HONG AND RAMAN, SETHU (2007) Documentation of Uncertainties and Biases Associated with Surface Temperature Measurement Sites for Climate Change Assessment. *AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY* June:913-928
- 82 Pielke, RA, Sr. (2007) Unresolved issues with the assessment of multidecadal global land surface temperature trends. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH* 112:D24S08.
- 83 Pugh, DT (2004) *Tides, Surges, and Mean Sea Level*. John Wiley and Sons, 1987,
- 84 Quayle, RGE, David R. Karl, Thomas R. Hughes, Pamela, Y. (1991) Effects of Recent Thermometer Changes in the Cooperative Station Network. *Bulletin American Meteorological Society*
- 85 Rahmstorf, S a (2007) A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science* 315:368-370.
- 86 Rahmstorf, S b (2007) Der Anstieg des Meeresspiegels. In: Michael Mu_ller, UFuHK (ed) *Der UN-Weltklimareport (2007)*, 1. Auflage edn. Kiepenheuer & Witsch,
- 87 Rahmstorf, S c (2007) Recent Climate Observations Compared to Projections. *Science* 316:709.
- 88 Rayner, NAK, A. Kent, E.C. Reynolds, R.W. Brohan, P. Casey, K., Kennedy, JJW, S.D. Smith, T. M.

- Donlon, C. Breivik, L.A. Eastwood, S. et al. (2009) Evaluating climate variability and change from modern and historical SST observations.
- 89 Reynolds, RW (2002) Sea Surface Temperature (SST) Analyses for Climate.
 - 90 REYNOLDS, R. W. RAYNER, NICK A. SMITH, THOMAS M. STOKES, DIANE C. WANG, WANQIU (2002) An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate. *JOURNAL OF CLIMATE* 15:1609-1625.
 - 91 Schönwiese, C (2000) Anfänge physikalischer Meßtechnik. Klimaänderungen
 - 92 Singer, SF, W Avery, D. Bataglia, F. Carter, R.u.v.m. (2008) Die Natur, nicht menschliche Aktivität bestimmt das Klima.
 - 93 Singer, SF (2000) Will Global Warming Raise Sea Levels? Science & Environmental Policy Project,
 - 94 SPARKS, RW (1972) THE EFFECT OF THERMOMETER SCREEN DESIGN ON THE OBSERVED TEMPERATURE. 315
 - 95 Spencer, RW (2009) How Do Climate Models Work?
 - 96 Sprung, A (1890) Bericht über vergleichende Beobachtungen verschiedenen Thermometer - Aufstellungen zu Gr. Lichterfelde bei Berlin. Abhandlungen des Königlich Preussischen Meteorologischen Instituts
 - 97 Storch, HvZ, Eduardo González-Rouco, Jesús F. (2008) Relationship between global mean sea-level and global mean temperature in a climate simulation of the past millennium. *Ocean Dynamics*
 - 98 Strangeways, I (2010) From point measurements to global averages. (ed) *MEASURING GLOBAL TEMPERATURES 'Their Analysis and Interpretation*, 1. edn. Cambridge University Press, New York, pp 115 ff.
 - 99 THOMPSON, GRASMUSSEN, ROY M. AND MANNING, KEVIN (2004) Explicit Forecasts of Winter Precipitation Using an Improved Bulk Microphysics Scheme. Part I: Description and Sensitivity Analysis. *American Meteorological Society* 132:519-542.
 - 100 Tahar, MATS, J. Physikalisches Praktikum „Einführung in die Fehlerrechnung“.
 - 101 Trenberth, KE, P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden and P. Zhai (2007) *Observations: Surface and Atmospheric Climate Change*. (eds) Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: The Physical Science*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, New York,
 - 102 Tushingham, AM, and W. R. Peltier (1991) (1991) Ice-3G: A New Global Model Of Late Pleistocene Deglaciation Based Upon Geophysical Predictions Of Post-Glacial Relative Sea Level Change. *Journal of Geophys Research* 96:4497-4523.
 - 103 Watts, A (2009) Is the U.S. Surface Temperature Record Reliable? THE HEARTLAND INSTITUTE 19 South LaSalle Street #903 Chicago, Illinois 60603 www.heartland.org,
 - 104 Weischet, W (1995) Einführung in die allgemeine Klimatologie. B.G. Teubner, Stuttgart
 - 105 Wigley, TLR, V. Christy, J.R., Lanzante, JM, C.A. Santer, et al. (2006) *Climate Change Science Program: Temperature Trends in the Lower Atmosphere Understanding and Reconciling Differences*. CCSP Product 1.1 Draft for Public Comment
 - 106 Willmott, RaF (1991) Influence of Spatially Variable Instrument Networks on Climatic Averages. *Geophysical Research Letters* vol 18 No. 12:2249-2251.

Anhang 4 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Veränderung der globalen Temperatur nach CRU über Metoffice Hadley (2008) mit einem Vertrauensintervall von 95 %. Basiert auf Brohan et. al 2006.....	15
Abbildung 2: IPCC AR4 Ch. 5 Darstellung des Verlaufs des globalen Meeresspiegelanstiegs GMSL von 1870-2005 zusammengesetzt aus mehreren Quellen, wie beschrieben.	20
Abbildung 3: Vereinfachtes Schaubild der Messanordnungen für die Messung der lokalen Temperaturen z.B. in standardisierten Wetterhütten, modernen Messstationen, Seemessung mittels Schiffen, Bojen etc. mit Angabe der prinzipiellen Fehlerquellen sowie eine grobe Übersicht über die anschließende statistisch-mathematische Aufbereitung der ursprünglichen Messdaten.	26
Abbildung 4: Hier werden (links) eine klassische, deutsche Wetterhütte (erweiterter Stevenson Screen) und (rechts) ein darin befindliches modernes Thermometerensemble gezeigt, wie es immer noch in vielfältiger Verwendung ist. Die senkrechten Thermometer sind (links) das Assmansche Aspirationsthermometer zur Temperaturmessung, links daneben ein befeuchtetes und belüftetes Psychrometer zur Messung der Luftfeuchte. Quer darunter befinden sich zwei liegende Thermometer zur Messung von Max. und Min. Temperaturen. Die runde Plastiktrommel enthält den Federmotor mit Ventilator zur Erzeugung des Luftstromes mit \varnothing 2,5 m/s vor und während der Messung. Im März 2009 vom Autor im Meteorologischen Institut der Freien Universität Berlin aufgenommen.....	27
Abbildung 5: Erstes Stationsnetz der Societas Meteorologica Palatina [Schönwiese, 2000].....	28
Abbildung 6: Ort und Anzahl sowie Beobachtungsdauer der heutigen Messstationen gemäß <i>GHCN (Global Historical Climate Network)</i> Angaben.....	30
Abbildung 7: Darstellung der zum Ende des 19. Jahrhunderts und bis heute verwendeten Hüttentypen bzw. Screens von links: französische Hütte, daneben (kaum erkennbar) Mitarbeiter zum Größenvergleich, daneben (Original) Stevenson Hütte, dann Wildsche Hütte, dann mehrere erweiterte Stevenson Hütten und moderne runde kleine Screens. (Quellen. Linkes Bild [Sprung, 1890] rechtes Bild: KNMI Messfeld von van der Meulen für die Zeit von 1989-1995).....	32
Abbildung 8: nach Assman: Stundengemittelte Abweichungen der Innentemperatur der Wild'schen Hütte (blau) zu einem externen Referenz-Aspirationsthermometer und der Original englischen Hütte (rot), sowie der Vergleich der Hüttenwerte untereinander (gelb).	39
Abbildung 9: Hüttenvergleich nach Assman mit 10 minütiger Messfolge am 31.8.1889, Ort Berlin Lichterfelde. Man erkennt deutlich für diesen Strahlungstag in recht nördlicher Breite (52°) die starke Abweichung trotz sonst gleicher Bedingungen von rd. $1,5^\circ\text{C}$ zwischen wahrer Lufttemperatur (blau, No. 210) und Hüttentemperatur (No 554a grün). Außerdem kann auch gut die Höhendifferenz der Lufttemperatur zwischen 1,5 m (no. 239, rot) und 1,9 m (No 210, blau) von bis zu $0,6^\circ\text{C}$ beobachtet werden.	40
Abbildung 10: Differenzen der Hüttenthermometer zum Standard Außenthermometer. Die Abweichungen der Screenmessungen des 31.8.1889 sind deutlich erkennbar und liegen zwischen $+0,5$ bis $+1,5^\circ\text{C}$ je nach Hütte und Zeit. Rot zeigt die Abweichung der Wild'schen Hütte zum Standard-Außenthermometer, gelb die Abweichungen der (größeren) englischen Hütte zum Standard-Außenthermometer. Die blaue Kurve zeigt den Höhenfehler außen zwischen No. 210 (in 1,5 m Höhe) und No 239 (in 1,9 m Höhe). Gemessen wurde in allen Fällen mit geeichten Aspirationsthermometern von Assmann. Nach Originalwerten der Tabelle 45 von Assman in Excel erstellt.	41
Abbildung 11: Historische Zeichnung der Potsdamer Säkular-Station und ihrer Umgebung bei ihrer Gründung vor über 100 Jahren.....	43
Abbildung 12: Tagesgang der Temperatur an einem sommerlichen Strahlungstag in Bodenhöhe für verschiedene Böden nach Fezer 1975.....	44
Abbildung 13: Messstationen 2007 in Troy NY, Independence CA und Union Springs AL. Bei allen fallen diverse drastische Abweichungen von den oben genannten Aufstellbedingungen auf.....	46
Abbildung 14: Ergebnis der attsschen Untersuchung von bisher (Ende Februar 2009) 854 von 1221 offiziell verwendeten Messstationen der unterschiedlichsten Art. Man beachte, dass nur 3 % aller Stationen dem Standard voll entsprechen, weitere 8 % können evtl. noch als dem Standard genügend zugeordnet werden. Die restlichen 89 % zeigen jedoch potentielle Abweichungen nach den Vorgaben der CRN von mindestens 1°C (20 %) über 2°C (58%) bis 5°C (11%).	46
Abbildung 15: Verteilung der bewerteten US Messstationen aus A. Watts „Is the U.S. Surface Temperature Record Reliable?“ aus [Watts, 2009] und deren potentielle Fehlergrößen zum Zeitpunkt der Untersuchung.	47
Abbildung 16 (links): Englische Hütte und moderne Messstation am Messort Detroit Lakes USA, kurz vorher aufgenommen und ins Netz gestellt am 25.07.07 von A. Watts; (rechts) Temperaturverlauf aus der GISS Datenbank zur Messstelle Detroit Lakes USA.....	47

Abbildung 17: Tagesgang der Temperatur im unbelüfteten Standard Stevenson Screen mit verschiedenen Anstrichen. Die Differenzen zur wahren Temperatur liegen im Maximum bei 8-9 °C (Latex zu außen; gelb zu blau). Zwischen Latexweiß und Kalkmilch bei ca. 2 °C . Die Zwangsbelüftung des Außenthermometers erklärt den späteren Max-Wert der Außentemperatur. Ort Chico (39° 44' 24" N, 121° 50' 8" W) Kalifornien Datum 31.5.2007 Referenz: geeichtes Thermistor Messgerät Genauigkeit ± 0,1 F. Messung durchgeführt von A. Watts	48
Abbildung 18: Vergleich derselben Temperaturgänge (nach A. Watts) bei verschiedener international gebräuchlicher Durchschnittswertbildung. (Mess-Ort Chico Kalifornien 39° 44' 24" N, 121° 50' 8" W; Mai 2007) Man beachte, die um mehrere °C unterschiedlichen Ergebnisse der Mittelwerte	50
Abbildung 19: zeigt den Verlauf der Differenzen zweier Anomalien, die aus 4 Tagesgängen von Berlin-Dahlem gebildet wurden. Jeder Tagesgang lag mit einer Auflösung von 30 Messwerten über 24 h vor. Daraus wurde das „wahre“ Mittel gebildet. Ferner wurden aus denselben Tagesgängen Mittelwerte nach der Max/Min- Methode und nach der Meißner Methode berechnet. Von der „Normal“-Mittel-Temperatur wurde diese anderen Mittelwerte abgezogen. Anschließend wurden die Anomalien verglichen. Die so gebildeten Anomaliendifferenzen werden nebenstehend gezeigt. Sie sind weder Null, noch im Verlauf absolut gleichförmig	52
Abbildung 20: Verschiedene Methoden der Mittelwertbildung führen bei ein und derselben Station zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Hier am Beispiel der gut dokumentierten Station Puchberg für die Zeit von 1987-1996 gezeigt. Auch eine Mittelung über das ganze Jahr (vom Autor eingezeichnete graue Striche) führt noch zu Differenzen bis zu 0,3 bis 0,4 °C zwischen Max/Min (rot) und Mannheimer Methode (grün) Quelle: [Aguilar, 2003]	53
Abbildung 21: Ausriss aus dem Monatsprotokoll der US Station „Marysville River Station“ Kalifornien vom Juli 2007. Die Eintragungen sind grob lückenhaft (nur 17 von 31 Tagen erwähnt), die Temperatur ist nach Max & Min. abgelesen, die Werte sind in vollen °F eingetragen	54
Abbildung 22: Aktueller Stand der im Global Historical Climate Networks GHCN der NOAA mit Monatsmittelwerten der Temperatur insgesamt zuliefernden 7.280 Stationen mit mindesten 10 Jahren kontinuierlicher Datenreihen. Für Stationen mit Max/Min Erfassung gibt es ähnliche Grafiken. Quelle (http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/ghcn-monthly/index.php fig. 1). Man beachte jedoch, dass von GISS und CRU davon nur ungefähr 1/7 ausgewertet werden	56
Abbildung 23: nach Peterson et. al [Peterson, 1997]: Zeitreihe (a links) zeigt die Zahl von Mess-Stationen deren Daten nach verschiedenen Mittelwertalgorithmen zur Temperaturbestimmung in die GHCN Datenbank einbezogen wurden (schwarze Linie) und darin enthalten solchen (gestrichelte Linie) Stationen mit Max/Min Ablesung. Zeitreihe (b, links) mit der Anzahl der 5° Gitterboxen, welche die Stationen (links) enthalten. Auch hier zeigt die durchgezogene schwarze Linie Stationen mit täglichen Mehrfachmessungen und gestrichelt Line) mit Max/Minwerten. Man beachte, dass damit nur eine geringe Auswahl aus den insgesamt anliefernden Stationen genutzt wird	56
Abbildung 24: Darstellung der gemeldeten SST's für die Woche vom 2. bis 8. Januar 2000. Sie zeigt die dünne messtechnische Abdeckung der Wasserfläche der Erde. Frühere Abdeckungen der Wasserfläche sind mit großer Wahrscheinlichkeit noch deutlich schlechter gewesen. Aus [REYNOLDS, R. W. & RAYNER,, 2002] Seite 1611	61
Abbildung 25: Quasi-Globale Entwicklung der Messhöhen der Lufttemperatur MAT (rot) von 1970 bis 2005. Man beachte die ständig ansteigende durchschnittliche Höhenzunahme allein in den letzten 25 Jahren von 15 m auf 22,5 m. Quelle [KENT a, 2007] Für die Zeit davor sind keine Angaben gemacht, jedoch geht der Trend linear weiter nach unten, je kleiner die Schiffe waren. (zum Vergleich: links oben: Modernes Containerschiff „SCHENKER Ocean, rechts unten 1900 erbautes, eisfähiges Handelsschiff „Atalanta“)	63
Abbildung 26: Abweichungen der Temperatur in Abhängigkeit der Tiefe und Windgeschwindigkeit. A Messung während der Nacht mit mittlerer bis starker Windgeschwindigkeit. B Messung während des Tages (Tageslicht) mit leichter Windgeschwindigkeit (<3 m/s) T1 ist die Oberflächentemperatur (per IR Satellit gemessen). T2 ist die Temperatur gerade unterhalb der Oberfläche. T3 ist die Mischtemperatur der verschiedenen Schichten wie mit der ERI Methode gemessen. Quelle: Reynolds vom NCDC in einem ppt Vortrag. „Sea Surface Temperature Analyses for Climate“ 2002. [Reynolds, 2002a]	63
Abbildung 27: Auswertung des Anpassungsfehlers in Bezug auf die Dauer der Thermometeranpassungszeit. Aus G. Dietrich 1950 S . 319. Man sieht dass in diesem Beispiel die Verfälschung gegenüber dem gesuchten Wert erst nach ca. 10 Einheiten (ob die Einheit Minuten oder Sekunden ist, bleibt bei Dietrich ungenannt) gegen Null geht. Bei 5 Einheiten ist der Fehler > + 0,2 ° zu hoch und bei 2 Minuten sogar ca. +0,5 °C.....	65
Abbildung 28: Schöpfeimerkonstruktionen zur Messung der SST. Links: Holzeimer verwendet bis Ende des 19. Jahrhunderts (die isolierende Wandung des Holzheimers, verhindert eine schnelle Abkühlung des Messgutes bremst.), rechts: 1. Deutscher Marineputz (Leder- später gummiummantelt verwendet bis heute, daneben englischer metallischer Putz, (gab es isoliert und unisoliert), sowie rechts Leinenbucket (die dünne Leinenwand gibt die Wärme des Messgutes deutlich schneller an die Umgebung ab. Aus [FOLLAND, 1995]	66

Abbildung 29: Abkühlungsgeschwindigkeit der Temperatur geschöpften Wassers verschiedener Schöpfeimerkonstruktionen bei ruhender Umgebungsluft. Der Unterschied zwischen Wasser und Lufttemperatur betrug anfangs 5°C. Die Differenz z.B. bei 5 Minuten zur Ausgangstemperatur liegt bei max -0,8 °C (Germany) und min -0,5 °C (Netherlands), und untereinander wg. höherer Starttemperatur der Kurve Netherlands) bei -0,4 °C. Dieser systematische Fehler wird auch durch den gegenläufigen Fehler nach Dietrich (Abbildung 27) in Höhe von ca. 0,2 °C nicht ausgeglichen. Wobei ohnehin fragwürdig ist, ob Messungen im Skagerrak (55 ° nördlicher Breite) mit Messungen von 32 ° warmen Wasser überhaupt vergleichbar sind.	66
Abbildung 30: Nach et. al. [KENT a, 2007] oben & [Rayner et al., 2009] unten S. 6 Die verschiedenen Messmethoden der SST. Grün: ERI Engine Take In, schwarz Bucketmethode, rot: Bojenmethode.	67
Abbildung 31: Systematik von Messfehlern (nach Hart, S 79)	68
Abbildung 32: Zeitreihe der Anomalien aus SST, Landtemperaturen LAT und NMAT nach Brohan, angepasst von Parker et. al)	78
Abbildung 33: Vergleich von Satellitenanomalien Global und Südhalbkugel für die Zeit von 1979 bis 2007 (Kasten) mit den Anomalien der SST und NMAT. Rot (Kurve oben) sind die Anomalien für die Südhalbkugel über See, blau sind Werte für die Globaltemperatur, ebenfalls nur über See. Rot (dicke Linie) ist die polynomische Glättung 5. Grades der SH-Sea Temperatur. Es fällt auf, dass keine enge Korrelation, weder bei Steigung noch Verlauf – besonders bei dem starken Anstieg der SST/NMAT Daten- erkennbar ist.....	80
Abbildung 34: Anzahl der fehlenden Monate im Jahr, für die Zeit von 1971 bis 2001 der UDSSR Wetterstationen	82
Abbildung 35: Anzahl der weltweiten Wetterstationen (links). Position und Anzahl (rechts) der dem GHCN gemeldeten Stationen. Aufgeteilt in rural/ländlich und urban, bzw. suburban. Man erkennt den starken Abfall seit 1989/1990 insbesondere im ländlichen Bereich (einer der Gründe Zerfall der Sowjetunion). Hinweis: Die Zahl der Stationen ist deutlich höher als Peterson (1997) und Jones berichten, weil hier die Gesamtzahl der meldenden Stationen, oft mit Mehrfachnennungen, erfasst ist. Darunter befinden sich aber die meisten, deren Daten aus den verschiedensten Gründen nicht berücksichtigt werden. Quelle [D’Aleo, 2009].....	83
Abbildung 36: Gittermodell der Erde mit verschiedenen Größenordnungen für Fläche und Höhe der Gitterboxen. Aus [Spencer, 2009]	90
Abbildung 37: Hier sind –z.T. zusammengefasst- die Radiative Forcings RF gezeigt, die das IPCC als anthropogene Einflussgröße auf die Globaltemperatur vermutet. Man beachte die geschätzte Angabe der Leistung in W/m ² sowie der angegebene Grad des Verständnisses (LOSU, level of scientific understanding) dieser Antriebe. Wasserdampf und andere wichtige Wirkgrößen sind als eigene Forcings nicht enthalten. (Quelle IPCC AR4 Summary for Policy Makers: SPM 2).....	92
Abbildung 38: Gegenüberstellung von Modellberechnungen des 14-GCM (AR4) der arktischen Oberflächentemperatur gegenüber den Beobachtungen. Man erkennt dass im Grunde nichts übereinstimmt. (Quelle Geophysikalisches Institut der Universität Alaska, Fairbanks).....	95
Abbildung 39: Vergleich der Temperatur-trends in der tropischen mittleren Troposphäre. Links Modellvorhersagen, rechts Beobachtungsdaten. Auch hier ist keine Übereinstimmung fest-zustellen, oft sogar sind die Trends gegenläufig. Z.B. zwischen 4 und 12 km Höhe.	95
Abbildung 40: Verschiedene weltweit verwendete Modell, sowie ihr Output für Globaltemperatur bei als konstant angenommener CO ₂ Konzentration für die kommenden 80 Jahre. Entnommen der Seite des Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) http://www-pcmdi.llnl.gov/projects/cmip/	96
Abbildung 41: Rechenergebnisse von 23 verschiedenen Modellen für das Entropie Leistungsspektrum (power) für die NINO Region ((i.e., 5°N to 5°S, 150°W to 90° W) der einzelnen Modelle über die Zeit. Beide Maßstäbe sind logarithmisch. (Aus dem IPCC Bericht AR 4 2007, WG1; fig. 8.13 a, p. 624.) Man beachte, dass die meisten Modelle zwar recht ähnliche Verläufe zeigen, aber in ihrer Größe, bis um den Faktor 100 (in Spitzen um 1.000) auseinander klaffen.....	97
Abbildung 42: Prognostizierter Anstieg der Globaltemperatur für verschiedene Szenarien der CO ₂ Entwicklung aus dem AR4 bis zum Ende des Jahrhunderts. Die Kurven entstanden aus den gemittelten Modellergebnissen (Multi-model averages).	98
Abbildung 43: Das Lexikon der Fernerkundung hat auf seiner Website die Wandlung von der idealen Kugel über den auf Grund der Fliehkräfte sich bildenden Rotationsellipsoiden „Erdellipsoid“ hin zur „Kartoffelerde“ anschaulich dargestellt und gleich auch die Abweichungen zur idealen Form eingetragen. Zur Veranschaulichung ist die um -90° gedrehte 3D Darstellung der Kartoffelerde hinzugenommen worden. Quelle: links BMI rechts GFZ Potsdam	102
Abbildung 44: Lage und Anzahl der für die IPCC (AR4, Chapter 5) Untersuchungen verwendeten Pegelmessstationen an den Küsten der Ozeane. (b) Lage und Anzahl zwischen 1900-1909; (d)) Lage und Anzahl zwischen 1980-1989	105
Abbildung 45: Anzahl der Pegelmessstationen zur Bestimmung der von den IPCC Autoren verwendeten lokalen maritimen Wasserstände für die Nord-(NH) und Südhalbkugel (SH). Von um die 10 Stationen nur auf der	

Nordhalbkugel um 1880 stieg die Zahl bis 1985 auf ca. 300 auf der NH und ca. 60 auf der SH an, um dann auf insgesamt ca. 160 zurückzufallen. (Quelle IPCC AR4, Ch5).....	106
Abbildung 46: Lage und Position der vom IPCC AR4 Ch. 5 verwendeten Pegelmessstationen zwischen 1900 bis 1909.....	107
Abbildung 47: Das linke Bild zeigt eine schematische Darstellung der Messung des beruhigten Pegels in einem unten offenen Rohr mit Umlenkrolle und Messstab (Rod) sowie Vergleichsmessstab (Benchmark). Das Ablesefernrohr wird mit einem festen Bezugspunkt (Benchmark Fußpunkt) auf Höhenkonstanz überprüft. Die Vorschrift verlangt 1 x jährlich. Quelle: Universität Colorado; das rechte Bild zeigt die Gegenüberstellung heutiger Messsysteme mit dem früheren Messstab (Mitte) Quelle Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut München dgfi.	107
Abbildung 48: Messdaten der Topex/Poseidon (T/P) von 1993 bis Anfang 2000 nach Mörner. Man beachte den fehlenden Trend von 1993 bis 1997 und danach die starken Schwankungen um + 15mm bis -10mm. Die gezeigten Satellitendaten enthalten die erforderlichen Driftkorrekturen des Satelliten nach Mitchum [Mörner, 2008].	108
Abbildung 49: Korrigierte Zeitreihe des GSML der Topex-Poseidon Mission. Quelle [Douglas, 2000] Chapter 6 Nerem, Mitchell	109
Abbildung 50: Pegelmessung (links) in Anchorage Alaska mit Messstab (Zollteilung) und (rechts) moderne australische Ultrachallmessstation. Die linke Konstruktion ist recht typisch für Pegelmessstationen in vielen Teilen der Welt.	110
Abbildung 51: linkes Bild monatlicher RSL von Brest Frankreich mit ca. 200 mm Anstieg in 2 Jahrhunderten, d.h. ca. 1 mm/Jahr (ebenfalls im IPCC TAR erwähnt.) Rechtes Bild: Aberdeen Schottland, ebenfalls mit langer Messdauer. Der Anstieg betrug von 1862 bis 1998 ca. 80 mm oder ca. 0,6 mm/Jahr.....	111
Abbildung 52: Linkes Bild Monatliche RSL - Veränderung in Hoek van Holland mit einem Anstieg von ca. 2,4 mm/Jahr, rechtes Bild: Eindeichung der Zuidersee in den Niederlanden als vermutete Hauptursache.....	111
Abbildung 53: linkes Bild monatlicher RSL von Stockholm Schweden mit sehr langer Messdauer (1888 – 2008) und einem Abfall von 460 mm, d.h. ca. -3,4 mm/Jahr. Rechtes Bild Triest Italien, ebenfalls mit langer Messdauer. Der Anstieg betrug von 1905 bis 2008 ca. 130 mm oder ca. 1,26 mm/Jahr.....	112
Abbildung 54: Verlauf des RSL in Tuvalu für die Zeit 1978 bis 1998.....	112
Abbildung 55: zeigt welche Ursachen nach Meinung des IPCC die Veränderungen beim GSML bewirken. Von links nach rechts: Wasserspeicherung in Binnengewässern, Entnahme von Grundwasser und Einspeisung in Aquifere, Absenkung in Delta-Regionen durch sedimentäre Kompaktion, tektonische Bewegungen, Änderungen der ozeanischen Zirkulation, Ausdehnung durch Erwärmung, Zufuhr von Wasser, das in Eisdecken und Gletschern gebunden war. Nicht erwähnt u.a.: postglaziale isostatische Hebungen (PGR/GIA), lokale anthropogen bedingte Absenkungen durch Auflasten (Städte, Piers).	114
Abbildung 56: ungefähre Grenzen der PGR mit Anhebung der Landmasse (rote durchgehende Linie) und Absenkung (rote gestrichelte Linie). Es wird damit deutlich, dass die überwiegende Zahl von langjährigen Messreihen aus Gebieten des PGR kommt. Mithin als sichere Quelle zur Beurteilung von Meeresspiegelzunahmen auf Grund thermischer Ausdehnung und Schmelzwasserzulauf eher ausfallen. (Quelle Microsoft Encarta, Daly: Testing the Water S. 6).....	119
Abbildung 57: Tasmanische Pegelmessstation mit GPS Gerät zur Topex/Poseidon Satelliteneichung Quelle WattsUp. S. Fußnote.....	121
Abbildung 58: Der berechnete Verlauf des GSML nach Svetlana Jevrejeva und ihren Kollegen ([Jevrejeva, 2006]. Er zeigt das Absinken desselben bis 1860 und danach, nicht kontinuierliche, Ansteigen seit dieser Zeit um ca. 240 mm, d.h. 1,65 mm/Jahr. Der graue Schleier gibt einen Hinweis auf die Größe der jeweiligen Unsicherheit. Ist aber seinerseits nur eine unsichere Schätzung.	122
Abbildung 59: Anstieg und Beschleunigung des GSML nach Jevreva et. al. [Jevrejeva, 2006], diesmal die vollständige darstellung incl. des vermuteten Trends. Dieser ist danach seit ca. 1870 ziemlich konstant um die 2 mm/Jahr. Eine Beschleunigung in der letzten Dekade ist nicht zu erkennen.	126
Abbildung 60: Darstellung der RSL Daten von Stockholm aus der PMSL Datenbank und der „detrended“ Korrektur nach dem ICE-3G Modell von Tushingham & Peltier. Diese Grafik wurde aus Fig. 6 des TAR Technical Summary heraus kopiert, deswegen ist keine Zeitskala zu sehen. Links beginnt die Aufzeichnung bei 1770 und endet 1995 rechts. Die y-Achse zeigt ± 100 mm. Die PMSL Daten entsprechen also etwa der Hälfte der Aufzeichnung. Quelle: http://www.grida.no/publications/other/ipcc%5Ftar/?src=/climate/IPCC_tar/vol4/english/083.htm	127
Abbildung 61: kumulierter Anstieg des GSML von 1904 bis 2003 abgeleitet von Holgate unter Verwendung von 9 ausgesuchten „High-Quality“ Pegelmessstationen. Die eingezeichnete Trendlinie (Quelle NIPCC „Climate Change Reconsidered 2009 p. 187) ergibt sich aus der Berechnung Holgates im Text. <i>“Sea level rise was larger in the early part of the last century (2.03 ± 0.35 mm/year 1904-1953), in comparison with the latter part (1.45 ± 0.34 mm/year 1954-2003).”</i> Dies deckt sich mit den Erkenntnissen von Jevreva et. al. Jedoch nicht mit denen von Rahmstorf, Church und anderen.	130
Abbildung 62: Vergleich der Veränderungen des GSML nach Mörner [Mörner, 2004]. Sie zeigt die verschiedenen Schätzungen der vergangenen und erwarteten zukünftigen Entwicklungen nach Mörner,	

IPCC TAR und INQA. Deutlich erkennbar der große Unterschied, besonders der zukünftigen Entwicklung, zwischen IPCC einerseits und Mörner/INQA andererseits.....	131
Abbildung 63: Dahlemer Reihe und mit Anomaliendifferenz korrigierte Tempelhofer Reihe. Signal bleibt erhalten. Weitere unbekannte Fehler ebenfalls.....	145
Abbildung 64: Verlauf der Fehler F1 (schleichend) und F2 (sprunghaft), sowie deren Auswirkung auf die Einzelanomalie der Zeitreihe Berlin Dahlem 1961-1990 Die Farben erklären die zugehörigen Kombinationen.....	146
Abbildung 65 : Anomalienvorlauf von simulierten 20 Stationen gleicher „wahrer“ Temperatur aber unterschiedlicher Fehlereinwirkungen. Die einzelnen Farben erklären die gezeigten Anomalien mit ihren Fehlern.....	147
Abbildung 66: <i>aus Aguilar et. al. Die Werte wurden errechnet indem der „wahre“ Mittelwert mit 10 minütiger Messung jeden Tages ermittelt wurde. Dieser „Wahre“ Tages-Mittelwert ist also fehlerfrei. Er ist somit T_{jwahr} ! Dann wurde dieser Wert von den nach größeren Mittelwertmethoden ermittelte \emptyset Tageswerten abgezogen. Die gezeigten Graphen sind also $A_x = T_{jm} - T_{Nwahr} + \Delta T_{jm}$; T_{jm} ist hier die wahre Mitteltemperatur des Tages, also gleich T_{Nwahr} Damit ist deren Differenz zu jedem Zeitpunkt = 0. Übrig bleibt nur der Fehler aus der Mittelwertbildung ΔT_{jm} mit seinem deutlichen Verlauf.</i>	149
Abbildung 67: <i>Berlin Dahlem- Verlauf der Anomalien aus Jahresmittelwerten zum WMO-Referenzwert ermittelt (Klima) nach Mannheimer Stunden und (stündlich) nach stündlicher Messdatenerfassung- und Mittelung. Die stündliche Mittelung ist durchgehend um 1/10 °C „wärmer“ als nach Mannheimer Stunden. Eine Korrektur fand bisher nicht statt.</i>	149
Abbildung 68: Verlauf der Temperatur vom 1.1.08 bis 31.3.08 der homogenisierten Station Berlin Dahlem...	150
Abbildung 69: Anomaliendifferenz vom 1.1.08 bis 31.3.08 der homogenisierten Station Berlin Dahlem.....	150

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der verschiedenen Komponenten des „beobachteten“ globalen Meeresspiegelanstiegs u.a. ausgelöst durch die „Globale Erwärmung“.....	19
Tabelle 2: Temperatur-Höhenfehler von verschiedenen Autoren an identischen Hütten in verschiedener (nach WMO –No. 49.Bd.2/3) zulässiger Messhöhe an verschiedenen Orten und Zeiten. Aus [SPARKS, 1972] S2	35
Tabelle 3: Ergebnisse der Ø Bildung in °C für verschiedenen Methoden am selben Tag und selben Ort des Watts’schen Versuches 21.5.2007. Die tiefsten und höchsten Werte sind farblich markiert.	50
Tabelle 4: Übersicht über die Mittelwerte verschiedener Jahreszeiten und Wetterlagen für Berlin-Dahlem.....	51
Tabelle 5: Übersicht über die Differenzen der Mittelwerte verschiedener Jahreszeiten und Wetterlagen für Berlin-Dahlem.....	51
Tabelle 6: Grobe durchschnittliche flächenmäßige Abdeckung der Landfläche der Erde mit klimatologischen Messstationen Jahren von 1890 bis 2009.	57
Tabelle 7 Zusammenfassung der Fehlerursachen und –Größen sowie evtl. Maßnahmen bei Landtemperaturmessungen.....	70
Tabelle 8 Zusammenfassung der Fehlerursachen und –Größen sowie evtl. Maßnahmen bei Landtemperaturmessungen bei Seetemperaturmessungen.....	70
Tabelle 9: Angabe nach [Jones, 1990] [Peterson, 1997] und [OKE, 1973] zur Klassifizierung von ruralen Messstationen.....	74
Tabelle 10: Zuordnung von gemessenen Temperaturanstiegen in Städten verschiedener Einwohnerzahlen und – Länder. Eine Auswahl	75
Tabelle 11: Übersicht über Ergebnisse zum berechneten Anstieg des globalen Meeresspiegels in mm/Jahr für die Zeit von 1881 bis 1988 verschiedener Autoren ohne Anspruch auf Vollständigkeit. (Quelle: http://sealevel.colorado.edu/tidegauges.php)	101
Tabelle 12: Ergebnisse der australischen Untersuchung von 1998 über RSL Trends australischer Pegelmessstationen. Rot: positive Trends, blau: negative Trends.....	124
Tabelle 13: Durchschnittlicher Anstieg des GSML nach verschiedenen Beobachtungen und Messmethoden von 1682 bis 2000. Alle Werte der Vergangenheit bis 1990 liegen danach bei ca. 1 mm/Jahr. Dies ist ein bemerkenswert anderes Ergebnis (nur gut 50%) des IPCC Wertes von 1,8 mm/Jahr. Quelle Mörner Seite 51 [Mörner, 2004].....	124
Tabelle 14: Übersicht der verschiedenen Komponenten des „beobachteten“ globalen Meeresspiegelanstiegs ausgelöst durch die „Globale Erwärmung“.....	132
Tabelle 15: Allgemeine Fehlerquellen für Temperaturmessungen unter besonderer Berücksichtigung der Landmessung, ihre Zuordnung, Bewertung und Abschätzung der Fehlergrößen	138
Tabelle 16: Allgemeine Fehlerquellen für Temperaturmessungen unter besonderer Berücksichtigung der Seemessung, ihre Zuordnung, Bewertung und Abschätzung der Fehlergrößen.....	139

Glossar der wichtigsten Abkürzungen und Begriffe

Antrieb, Klimaantrieb, Strahlungsantrieb	Eine stark vereinfachte Hilfs-Konstruktion von separaten Energieflüssen in W/m^2 (?), um komplexe Zusammenhänge durch lineare Abhängigkeit zu ersetzen. Der Begriff Strahlungsantrieb wurde über das IPCC eingeführt,[1] um im Rahmen der Klimastudien eine externe Störung der Strahlungsbilanz des Klimasystems der Erde zu beschreiben.
Äquipotentialfläche	ist die Menge aller Punkte gleichen (lateinisch: aequalis) Potentials, das heißt gleicher potentieller Energie, in einem Potentialfeld. Diese Fläche steht stets senkrecht zu den Feldlinien.
AR 4 2007	Assessment Report 4, Vierter Sachstandsbericht (englisch: Fourth Assessment Report, AR4) des IPCC 2007
Attribution	engl. Zuordnung, in diesem Falle von Kimaursachen zu Klimawirkungen
Bias Error	engl. für systematischen Fehler
Blending	engl. Mischen, in diesem Falle das Mischen von Land und Seedaten
BMRC; ECHAM 3; ECHAM 4; HadCM2	Abkürzungen für Klimacomputermodelle der verschiedenen Betreiber.
Bucket	engl. Eimer. Hier das Schöpfgefäß zum Schöpfen des zum Messen der Meerwassertemperatur SST
CIMO	engl. für Commission for Instruments and Methods of Observation. Eine WMO (World Meteorological Organzation) Kommission zur Vereinheitlichung der Messbedingungen.
Climate Change Science Program CCSP	engl. War das U.S. Regierungsprogramm resp für die Koordinierung und Integration der Forschung zum globalen Kimawandel. 13 Bundesbehörden wurden dazu vom Febr. 2002 bis Juni 2009 zusammengefasst.
CRN	engl. Abkürzung für Climate Reference Network, Rating Guide, US Unter-Behörde der NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Das National Climatic Data Center betreibt das Climate Reference Network (CRN) ersetzte 2003 des USHCN. US Historical Climate Network
CRU	engl. für „Climate Research Unit“ der Universität von East Anglia. Die CRU ist ein Hauptlieferant der Klimadaten des IPCC.
DDR	Deutsche Demokratische Republik. ehem. sozialistischer Staat auf deutschem Boden von 1949 bis 1990. Übernahm weitestgehend die Meteorologischen Regeln der Sowjetunion
DWD	Deutscher Wetter Dienst. Er hat seine Zentrale in Offenbach am Main ist der nationale meteorologische Dienst der Bundesrepublik Deutschland.
ERI	engl. für Engine Take In. Bezeichnet die methode die Wassertemperatur SST über das einlaufende Maschinenkühlwasser zu bestimmen
Forcing	engl. Antrieb. s. Antrieb, Klimaantrieb, Strahlungsantrieb
GCM	engl. General Circulation Model, Computer Globales Klimamodell
Geoid	Das Geoid ist eine Bezugsfläche im Schwerefeld der Erde zur Vermessung und Beschreibung der Erdfigur, hier Äquipotentialfläche des Schwerefelds der Erde (Geopotential)
GIA	engl. Gacial Isostatic Adjustment. Nacheiszeitlich isostatischer Ausgleich. Begriff für die Hebung/Senkung von Landmassen auf grund des fehlenden Eisdrucks nach der Eiszeit
GISS	engl. Goddard Instite of Space Studies. Es ist ein NASA Institut, angesiedelt bei der Columbia University in New York City. Es gehört ausserdem zum 'NASA's Goddard Space Flight Center Earth-Sun Exploration Division und zum The Earth Institute at Columbia University. Es betreibt hauptsächlich Klimastudien unter seinem Direktor James Hansen.
GLOSS	engl. Global Sea Level Observing System, Ein Programm der Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) zur Etablierung gemeinsamer Regeln zur Bestimmung des Meeresspiegels 1985 bis 2002
GMSL	engl. Global Mean Sealevel, Gobaler mittlerer Meerespiegel
GMT	engl. Greenwich Mean Time, mittlere Greenwich-Zeit. Sie ist die mittlere Sonnenzeit am Nullmeridian.
GPS	engl. Global Positioning System. offiziell NAVSTAR GPS , ist ein globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung und Zeitmessung. Es wurde seit den 1970er Jahren vom US-Verteidigungsministerium entwickelt
Hadley	war ein englischer Physiker und Meteorologe. (* 12. Februar 1685 in London; † 28. Juni 1768 in Flitton, Bedfordshire)
Hadley Centre	engl. Hadley Centre for Climate Prediction and Research, es ist Teil des britischen Met Office und wie die in Exeter angesiedelt. Hadley liefert einen großen Teil der Klima- und Modelldaten des IPCC
HISTALP	engl. "Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region" Programm zur Erstellung historischer Zeitreihen aus Instrumentenablesung in der Alpenregion
Homogenisierung	griech. in etwa: gleichartig machen. Mathematisches Verfahren z.B. in der Meteorologie, zum Erstellen fehlerfreier Zeitreihen (hier Temperatur) durch Vergleich fehlerbehafteter Zeitreihen mit unabhängigen fehlerfreien Zeitreihen. Ziel ist das herausrechnen nicht klimatischer Einflüsse.

ICE-3G	Name eines viel verwendeten Computermodells zur Abschätzung des GIA/PGR Effektes.
INQUA	engl. INQUA; International Union for Quaternary Research. hier INQUA Commission on Sea Level Changes and Coastal Evolution
IOC	engl. Intergovernmental Oceanographic Commission, seit 1960 eine zwischenstaatliche Kommission der UNESCO zur Ozeanografie
IPCC	engl. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC; Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen), im Deutschen oft als Weltklimarat bezeichnet, wurde im November 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ins Leben gerufen
JCOMM	engl. Acronym für WMO-IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM)
LAT	Land Air Temperature, Lufttemperatur über Land (möglichst nach WMO Standard bestimmt)
MAT	engl. Marine Air Temperature. See - Lufttemperatur
Metadaten	Als Metadaten oder Metainformationen bezeichnet man allgemein Daten, die Informationen über andere Daten enthalten. Hier die Daten, die geeignet sind als Randbedingung für die Bewertung der Güte der Temperaturmessdaten zu gelten.
MOZ	Mittlere Ortszeit: Aufgrund der elliptischen Bahn der Erde um die Sonne sowie der Neigung der Erdoberfläche gegen die Bahnebene geht die Wahre Ortszeit gemessen an einer Uhr mit konstanter Ganggeschwindigkeit je nach Jahresdatum vor (maximal ungefähr 14 Minuten) oder nach (maximal ungefähr 16 Minuten). Der Zeitausgleich führt zur Mittleren Ortszeit (Mittlere Sonnenzeit)
multi-model mean	engl. Die Bildung eines Mittelwertes, oder einer mittleren Zeitreihe aus den Mittelwerten verschiedener Klimamodellergebnissen.
NASA	engl. National Aeronautics and Space Administration/deutsch: Nationale Luft- und Raumfahrtbehörde (gegründet 29. Juli 1958) ist die zivile US-Bundesbehörde für Luft- und Raumfahrt.
National Research Council	abgekürzt NRC, deutsch Nationaler Forschungsrat) der USA ist eine private Non-Profit-Organisation und eine der vier Nationalen Akademien der USA
NCDC	engl. National Climatic Data Center der Vereinigten Staaten von Amerika, gelegen in Asheville (North Carolina), archiviert Wetterdaten.
NIPCC	engl. NonGovernmental IPCC. Eine private Vereinigung von Klimaforschern, die auf Basis der gleichen Datenbasis wie das IPCC zu gegensätzlichen Erkenntnissen gelangen.
NIPCC SPM	engl. NonGovernmental IPCC. Summary for Policymakers. Zusammenfassung für politische Entscheider.
NMAT	engl. Night Marine Air Temperature. Nacht Marine Lufttemperatur
NN	Das Normalnull (<i>NN</i>) war bis 1992 die amtliche deutsche Bezugsfläche für Höhen über dem Meeresspiegel. Im allgemeinen Sprachgebrauch in Deutschland wird Normalnull oft als Synonym für den mittleren Meeresspiegel verwendet.
NOAA	engl. National Oceanic and Atmospheric Administration. ist die Wetter- und Ozeanografiebehörde der Vereinigten Staaten. Sie wurde 1970 als eine Einrichtung des Handelsministeriums gegründet, um die nationalen Ozean- und Atmosphärendienste zu koordinieren. Ihr Sitz ist die Bundeshauptstadt Washington D. C
NRC	s.u. National Research Council
NWS	engl. National Weather Service, jetzt Teil von NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration
OI	engl. Optimal Interpolation, Computermodell zur "optimalen" Interpolation von Seetemperaturdaten
PGR	engl. Post Glacial Rebound, Nachglaziale Hebung, siehe GIA
PIK	Potsdam Institut für Klimafolgenforschung
PMSL	engl. Permanent Service for Mean Sea Level des Proudman Oceanographic Laboratory in Liverpool
Poseidon - Topex Mission	Satellitenmissionen der Topex und Poseidon Satelliten zur Bestimmung des globalen Meeresspiegels. Erste Daten ab 1993
Radiative Forcings	siehe Strahlungs- Klimaantriebe
RF	engl. Radiative Forcings siehe Strahlungs- Klimaantriebe
RSL	engl. Relative Sea Level, relativer Meeresspiegel, ist in aller Regel der lokale Meeresspiegel. Der Begriff beschreibt relative Höhenunterschiede des Meeresspiegels gegenüber einer bestimmten Küstenregion.
Säkularstation	bezeichnet eine meteorologische Station mit mindestens 100 Jahren kontinuierlicher Aufzeichnungsdauer.
Samplingfehler	Definiert als Ungewissheit eines Mittelwertes z.B. Gitterbox-Mittelwert) durch Abschätzen des Mittels auf Grund zu kleiner Datenpunktzahl.
Screen	engl. Schirm, Abschirmung, bezeichnet hier in Kurzform eine Wetterhütte, gelegentlich auch "shelter" Häuschen, Schuppen genannt.
SPM	engl. Summary for Policymakers, Zusammenfassung für politische Entscheider, erschienen im Februar 2007
SST	engl. Sea Surface Temperatur. See-(Meerwasser)-temperatur, soll 1 m unter der Oberfläche gemessen, bzw. geschöpft werden.

Stevensonscreens		engl. Schirm, Abschirmung, bezeichnet hier in Kurzform eine Wetterhütte, gebaut nach Stevenson Standard.
T/P Mission		Topex-Poseidon Satelliten Altimetrie Mission u.a. zur Bestimmung des GMSL
TAR 2001		engl. Third Assessment Report des IPCC. Dritter Sachstandsbericht, erschienen 2001.
Temperaturanomalie		Differenz des Temperaturmittelwertes eines Zeitpunktes (Tages- Monats- Jahres-) von einem Referenzwert gebildet aus dem WMO Zeitrahmen von 1960-1991
TOB		engl. Time of Observation Bias, systematischer Fehler, der sich aus unbekanntem Abweichungen der Ablesung gegenüber der Sollzeit ergibt. Tritt u.a. bei der Ablesung von Min/Max Thermometern auf, ausgelöst durch unterschiedlichen Zeitpunkt von deren Rückstellung.
UHI		engl. Urban Heat Island Effekt. Städtischer Wärmeinseleffekt. Schleichender Fehler durch veränderte Landnutzung, Bautätigkeit, Flughafenerrichtung, Verlegung u.s.w.
UNESCO		engl.: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, die Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur
US Climate Reference Network		engl. US Klimareferenznetzwerk, ein Programm, 2002 begonnen und 2008 fertig gestellt zur Installation und Klassifizierung der zur Klimareferenzzwecken eingesetzten Wetterstationen. Es umfasst 1221 als erstklassig angesehene Stationen mit einer Aufzeichnungslänge von 50-100 Jahren. Siehe auch http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/uscrn/documentation/program/X030FullDocumentD0.pdf und Watts Bericht über die erreichte Qualität
USHCN		engl. United States Historical Climatology Network. US Historisches Klimanetzwerk. Organisation zur Unerhaltung und Betrieb, sowie Bewertung der 1221 (1218 per Aug. 09) US Stationen, die für diesen Zweck ausgewählt wurden. Sie wurden bis vor kurzem als beste der Welt betrachtet.
UTC		engl. Universal Time Coordinated, Die koordinierte Weltzeit, genannt, ist die heute gültige Weltzeit. Eingeführt 1968.
WG I		engl. Working Group I, der Sachstandsberichte des IPCC. WG I behandelt die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels
WMO		engl. World Meteorological Organization; Meteorologische Weltorganisation, ein Fachorgan der UN mit Sitz in Genf.
Y2K		engl. Year 2 Kilo (thousand) Problem. Problem bei älteren Computerprogrammen, die nur zweistellige Jahreszahlen verwenden konnte. Bei Erreichen nach (19)99 sprangen diese Programme auf 00. Das konnte 1900 heissen, oder 2000.