

Klimawandel – eine unabhängige Betrachtung

Dr rer. nat. Rainer Link *)

*) Der Autor, geb. 1943, ist promovierter Physiker (Promotionsarbeit über myonische Atome am CERN, Genf). Seit vier Jahren beschäftigt er sich intensiv mit dem Klima und seiner Veränderlichkeit. Ausgehend vom Einfluss der Sonne auf das Klima der vergangenen Jahrhunderte und Jahrtausende konzentrierte sich schließlich sein Augenmerk auf die Auseinandersetzung mit der Debatte über den heutigen Klimawandel.

E-Mail: rainer.link@gmx.info



Inhaltsangabe:

- 1) Einleitung
- 2) Gemessene Temperaturen und CO₂ Konzentrationen
- 3) Der Kohlenstoffkreislauf
- 4) IPCC Szenarien
- 5) Klimamodelle für das 21. Jahrhundert
- 6) Einfluss der Variabilität der Sonne
- 7) Hochrechnung aus heute gemessener Temperatur
- 8) Zusammenfassung
- 9) Literatur

Klimawandel – eine unabhängige Betrachtung

Dr. rer. nat. Rainer Link

Klimawandel ist in aller Munde, die einen reden von der größten von Menschen verursachten Katastrophe, die hier auf uns zukommt, die anderen verneinen, dass der Klimawandel vom Menschen gemacht ist.

Es entstand für mich als Naturwissenschaftler der Wunsch, zu verstehen und zu klären, was denn nun wirklich der Sachstand der Klimatologie ohne Politik oder Ideologie ist.

Ich nehme für mich eine unabhängige Betrachtung in Anspruch, da ich weder der Erdöl-, der Erdgas-, der Kohle- oder der Kernreaktorindustrie in irgendeiner Weise verpflichtet bin, weder Umweltaktivist (obwohl mir unsere Umwelt sehr am Herzen liegt) oder Klimatologe bin, dem man vorwerfen könnte, am Tropf der Forschungsförderung zu hängen.

Autor:

*) Dr. rer. nat. Rainer Link,

E-Mail: rainer.link@gmx.info

Für diese Abhandlung oder für meine Vorträge werde ich auch von keiner anderen Institution weder finanziell noch ideell unterstützt.

Ich gestehe allerdings, dass ich als Physiker grundsätzlich Skeptiker bin, was ich als eine essentielle Voraussetzung in der Naturwissenschaft betrachte. Wahrheiten werden weder von überwältigenden Mehrheiten noch von Minderheiten gemacht. Die naturwissenschaftliche Wahrheit ergibt sich aus Messungen und Experimenten.

Glaubensfragen haben hier nichts zu suchen. Das ist die Angelegenheit der Religion.

Einleitung

Das Klima ist der statistische Durchschnitt der Wetterereignisse Temperatur, Niederschlag, Luftdruck der letzten 30 Jahre einer Region. Jedes Jahr wird dieses Zeitfenster um ein Jahr verschoben. Ein einzelnes Wetterereignis, so extrem es auch sein mag, ändert deshalb noch lange nicht das Klima eines Gebietes. Je nach Änderung dieser Größen kann sich allerdings auch über wenige Jahre hin eine Änderung des Klimas abzeichnen. Ein globales Klima gibt es nicht. Es gibt z. B. die Klimate der Alpen, der Nord-, Ostsee, kontinentaleres oder maritimes Klima und es gibt natürlich die großen Klimazonen Tropen, Subtropen, Gemäßigte und Polarzonen. Der Begriff Klima (griech. klinein = neigen) kommt von der Neigung der Erdachse zur Umlaufbahn der Erde um die Sonne, die für die Jahreszeiten verantwortlich ist.

Die in dieser Abhandlung benutzten Daten stammen fast ausschließlich aus dem Vierten Assessment Report (AR4) der Arbeitsgruppe 1 (WG1) des IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change), der 2007 veröffentlicht wurde (<http://www.ipcc.ch/>). Das IPCC ist keine Forschungsinstitution sondern soll den Wissensstand in der Klimatologie zusammenfassen.

Bedauerlicherweise wird der Einfluss der veränderlichen Sonnenaktivität inklusive ihrer Verstärkungsmechanismen im IPCC Bericht als unwesentlich betrachtet, weil man noch keinen hinreichenden physikalischen Grund hierfür gefunden hat. Darauf werden wir aber später noch einmal zurückkommen.

Einige Veröffentlichungen, die man im AR4 nicht findet, werden im speziellen Fall zitiert. Weitere Literatur ist nach der Zusammenfassung angegeben.

Der Klimawandel hat zwei Ikonen, die gerne von den „Katastrophikern“ benutzt werden, um darzustellen, dass der Klimawandel alleine durch anthropogen emittiertes CO₂ verursacht wird und welche dramatischen Temperatur-

erhöhungen auf uns zukommen. Dies ist zum einen die Mann-Kurve (Mann et al. Geophys. Res. Lett. 26, 1999), die die Temperaturentwicklung der letzten 1000 Jahre zeigt **Abb.1.1**. Man erkennt, dass die Temperaturen in dieser Zeit wenig Veränderung erfahren haben und erst ab dem Jahre 1900 steil ansteigen. Die Kurve sieht aus wie ein liegender Hockeyschläger und wird auch so genannt.

Die zweite Ikone ist die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre für den gleichen Zeitraum **Abb. 1.2** (Keeling et al. 1978). Die Messungen von Keeling et al. auf Hawaii seit 1957 sind ein wichtiger Beitrag zum Verständnis des CO₂ Eintrages durch anthropogene Emissionen. Einbeziehen der CO₂ Konzentrationen der letzten 1000 Jahre auf Grund von Eisbohrkernmessungen auf Grönland ergibt eine Kurve, die ebenfalls aussieht wie ein Hockeyschläger. Dabei ist der konstante Anteil der CO₂ Werte in der Vergangenheit (nicht die Keeling Messungen) durchaus Gegenstand heftiger Diskussionen, die die Interpretation der Messergebnisse betreffen.

Der Anstieg der Konzentration wird der Emission von CO₂ zugeordnet, die (mangels anderer Verdächtiger) vom Menschen durch Verbrennen fossiler Brennstoffe hervorgerufen wird. Der Vergleich der beiden Kurven impliziert, dass die anthropogene CO₂ Emission eine entsprechende Temperaturerhöhung hervorruft, hier also ein eindeutiger Zusammenhang besteht.

Dies soll im nächsten Kapitel noch einmal untersucht werden.

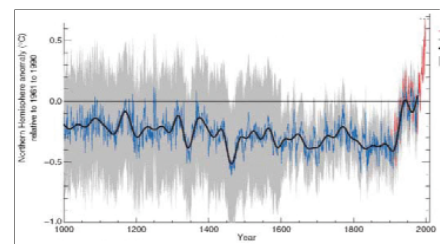


Abb. 1.1

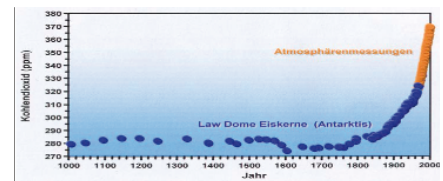
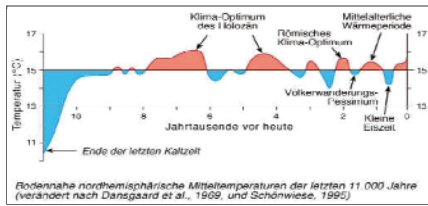


Abb.1.2

Gemessene Temperaturen und CO₂ Konzentrationen

Die Hockeyschlägerkurve von Mann und Mitarbeitern, die vom IPCC übernommen wurde, war im Widerspruch zu der noch im 1. IPCC Bericht enthal-

tenen, die deutlich das mittelalterliche Temperaturhoch – das mittelalterliche Optimum – enthielt **Abb:2.1**. Hier war auch noch deutlich zu sehen, dass die natürliche Klimavariabilität zu höheren Temperaturen führte als wir sie heute



gemessen haben.

Abb:2.1

Die Mann'sche Hockeyschlägerkurve kam dem kanadischen Statistiker McIntire merkwürdig vor. Er untersuchte daher die der Kurve zugrunde liegenden Daten, wobei sich der Zugang zu diesen offensichtlich sehr schwierig gestaltete. Er kam dann auch zu einer davon abweichenden Kurve für die letzten 500 Jahre **Abb.2.2a** (McIntire et. al. 2003 und 2006).

Diese Mann'sche Kurve ist nun ohne Kommentar aus dem IPCC Bericht AR4 von 2007 verschwunden.

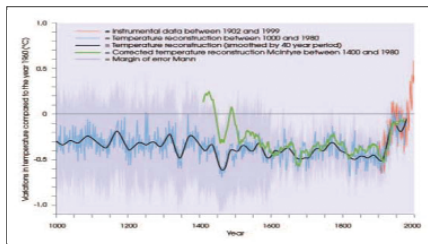


Abb:2.2a

Die Hockeyschlägerkurve von Mann et al. ist somit als anthropogene Ikone nicht mehr zu gebrauchen. Der Klimatologe von Storch, der zu ähnlichen Ergebnissen kam, bezeichnete die Mann Kurve dann schlichtweg auch als Quatsch. Er kam zum Ergebnis, dass statistische Rekonstruktionen wie sie von Mann et al. angewandt haben in der Regel zu Hockeyschlägerkurven führt (**Abb.: 2.2b**).

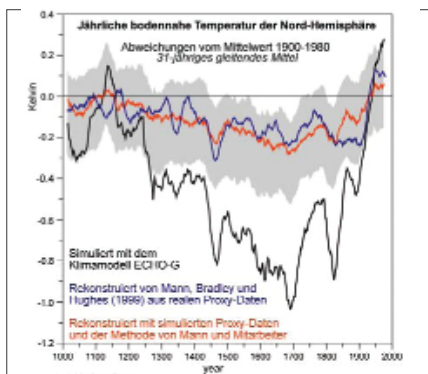


Abb.: 2.2b

Natürlich ist damit nicht gesagt, dass die gegenwärtige Temperaturerhöhung, auch wenn die jetzigen Temperaturen durchaus noch im Bereich natürlicher Variabilität liegen, durch die CO₂ Emissionen des Menschen nicht hervorgerufen wird.

Nur Al Gore, dessen Aussagen wissenschaftlich nicht ernst genommen werden können, nutzt diese Kurve noch in seinen Veröffentlichungen und Vorträgen. Zu hinterfragen bleibt, wie es kommen konnte, dass trotz referierter Veröffentlichung eine derart falsche statistische Analyse ihren Eingang in die IPCC Berichte finden konnte. Eine Veröffentlichung, die zudem als Ikone der anthropogenen Verursachung der Temperaturerhöhung des letzten Jahrhunderts galt.

Es wirft allerdings ein Licht auf die viel beschworenen von Gutachtern referierten Veröffentlichungen. McIntire gebührt die Anerkennung, die ihm allerdings bisher erstaunlicherweise von vielen Klimatologen verweigert wurde, für eine Aufklärung und Richtigstellung gesorgt zu haben.

Der starke Anstieg der CO₂ Konzentration während der letzten hundert Jahre, der 2. Ikone der anthropogen verursachten Temperaturerhöhung muss auch relativiert werden. In der Hockeyschlägerkurve des CO₂ Gehaltes in der Atmosphäre ist der Nullpunkt unterdrückt (Vorsicht ist bei allen Kurven mit Nullpunktsunterdrückung angesagt). Nimmt man den Nullpunkt mit hinzu, so ergibt sich ein etwas anderes Bild **Abb:2.3**. Es sieht dann lange nicht mehr so dramatisch aus. Man kann so auch besser verstehen, dass CO₂ als Treibhausgas durch die Absorptionssättigung seinen Einfluss als Treibhausgas verspielt haben könnte (siehe weiter unten in diesem Kapitel).

An dieser Stelle muss eine Bemerkung zum so genannten Treibhauseffekt gemacht werde. Die Spurengase Wasserdampf H₂O, Kohlenstoffdioxid CO₂, Methan CH₄ u. andere in der Atmosphäre bewirken durch die Absorption der von der Erde ausgehenden Infrarotstrahlung, dass diese nicht direkt in den Weltraum entweicht. Dadurch wird ein Teil wieder zur Erdoberfläche zurückgeführt und erhöht die Oberflächentemperatur, es wird wärmer. Dieser Effekt ist auch ohne menschliche Emissionen dieser Gase vorhanden. Er erwärmt die Erde auf unsere angenehme lebensfreundliche mittlere globale Temperatur von ca. +15 °C. Ohne diesen Treibhauseffekt genannte Erwärmung wäre die Erde wahrscheinlich ein lebensfeindlicher Eisplanet.

Die zusätzliche Emission dieser Treibhausgase, vor allem CO₂ führt zu einer weiteren Erwärmung. Die zentrale strittige Frage ist nun, wie groß dieser zusätzliche menschliche Einfluss ist. Die Erde hat seit ihrem Bestehen einige Eis-

zeitalter durchlaufen, die Temperaturänderungen global von bis zu 16 °C ausmachten. Damit verbunden waren Eisrandlagen bis zum 40. Breitengrad **Abb:2.4**.

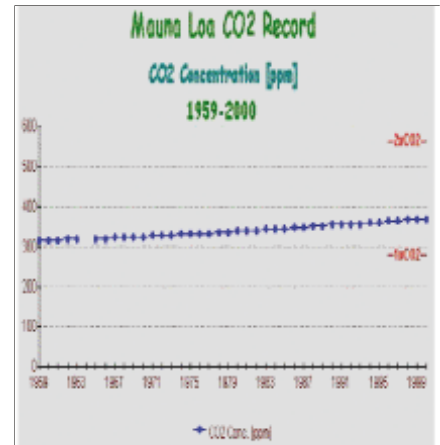


Abb:2.3

Wir befinden uns heute in einem Eiszeitalter, das von zwischenzeitlichen Warmzeitaltern überlagert ist.

Von einem Eiszeitalter spricht man, wenn wenigstens einer der Erdpole einen Eisschild trägt.

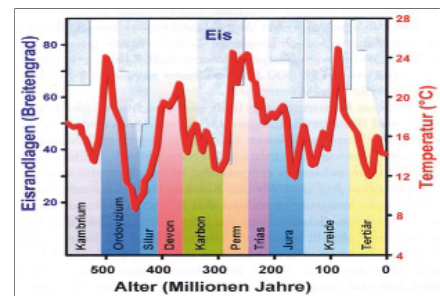


Abb:2.4 (aus Berner et. al. 2004, Klimafakten)

Eine der bedeutendsten Messungen des Temperaturverlaufs auf der Erde ist französischen und russischen Forschern durch Bohrkernentnahmen in der Zentral-Antarktis auf dem Vostok Eisfeld gelungen. Bei -50 °C konnten sie von dem über 3 km dicken Eisschild aus diesen Proben Temperatur und CO₂ Konzentration in der Atmosphäre entnehmen. Dies war eine ingenieurtechnische und wissenschaftliche Meisterleistung, die ob ihrer Bedeutung einen Nobelpreis verdient hätte.

Die Ergebnisse sind in **Abb:2.5** dargestellt, rot ist die Temperaturkurve, grün die CO₂ Konzentration. Die Wissenschaftler konnten beide Messgrößen bis nahezu 450.000 Jahre zurückverfolgen. Man erkennt eine periodische Variabilität insbesondere von 100.000 Jahren, bei der die Eiszeit durch eine Warmzeit unterbrochen ist, die ungefähr 10 – 15 Tausend Jahre anhält. Die Temperaturunterschiede betragen dabei etwa 10 °C. Diese Periodizität konnte der serbische Physiker Milutin Milan-

kovitch (Milankovitch-Zyklen) der Änderung der Exzentrizität der Erdbahn um die Sonne zuordnen.

Auf den ersten Blick sieht es so aus als sei die Entwicklung von Temperatur und CO₂ Konzentration parallel. Eine genauere Analyse zeigt jedoch, dass der Anstieg der CO₂ Konzentration einige hundert Jahre (die übrigens dem CO₂ Zyklus der ozeanischen Tiefenströmungen entsprechen) hinter dem Temperaturanstieg herläuft. Die Aussage vieler Klimatologen ist, dass der primäre Anlass der Temperaturerhöhung zwar die Erdbahnänderung sei, aber das CO₂ als Treibhausgas, das es ja nun ist, eine Verstärkung bewirkt.

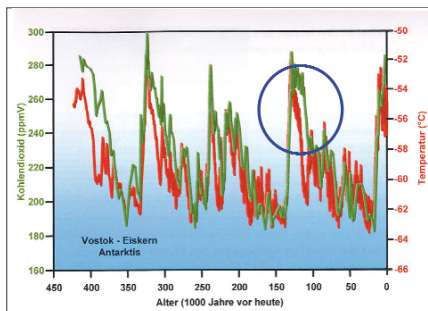


Abb:2.5 (aus Berner et. al. 2004, Klimafakten)

Allerdings müsste man dann noch erklären, wieso die Temperatur lange bereits wieder abgefallen ist, die CO₂-Konzentration jedoch immer noch sehr hoch und erst nach mehr als tausend Jahren dem Temperaturverlauf gefolgt ist (siehe z.B. blauer Kreis in Abb:2.5).

Die CO₂ Konzentration kann also keine gravierende Rolle bei diesen Temperaturänderungen gespielt haben. Dies ist physikalisch auch verständlich, da die Absorptionsbanden von CO₂ weitgehend gesättigt sind, und der Einfluss des Treibhausgases Wasserdampf eine weitaus größere Rolle spielt.

Die Zeitskalen weisen darauf hin, dass Entgasungsvorgänge und Aufnahme von CO₂ in den Ozeanen entscheidend waren. (Ein ähnlicher Vorgang wie die Entgasung des Mineralwassers nach Entnahme aus dem Kühlschrank.)

Fakt ist allerdings, dass die heutige CO₂ Konzentration von 380 ppmV, um einen Faktor 1,3 höher liegt als der vor-industrialisierte Wert von 280 ppmV.

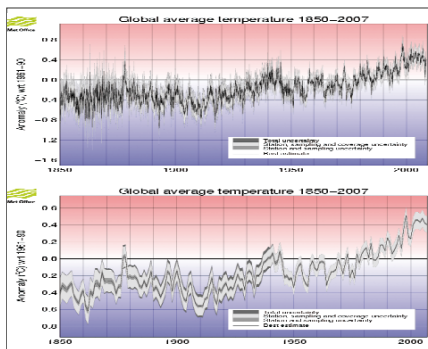


Abb:2.6

Die Temperaturen auf der Erde haben sich seit 1900 (nach der Abkühlung der kleinen Eiszeit) statistisch gemittelt bis heute um ungefähr 0,8 °C erhöht. Dies ist in Abb:2.6 dargestellt (Hadley Center UK).

Man erkennt deutlich einen Anstieg der Temperatur bis 1940, danach eine Abkühlungsphase bis 1970 und anschließend wieder eine Temperaturerhöhung um 0,6° C bis heute (seit 1900 ca. 0,8 °C). Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich hohe Breiten insbesondere auf der Nordhalbkugel stärker erwärmt haben als niedrige und 80 % der Antarktis sich nicht erwärmt sondern sich sogar leicht abgekühlt haben. Ungefähr 75% der Erwärmung der vergangenen 30 Jahre entfallen auf die nördliche Hemisphäre und etwa 65% der Temperaturerhöhung finden im Winter statt. Diese doch beachtliche Temperaturerhöhung führt in weiten Teilen der Erde zu einer Klimaveränderung.

Deutliche Beispiele hierfür sind das Abschmelzen der Alpengletscher. Eine einfache Überlegung zeigt, dass ein Temperaturanstieg von 0,8 °C hierfür bereits ausreicht und somit dem Gletscherrückzug zugeordnet werden kann.

Die Nullgradgrenze steigt pro 0,65 °C feuchtadiabatisch um 100 m an. Bei 0,8 °C sind dies 120 m. Nimmt man eine Steigung von 20% an so zieht sich ein Gletscher um 600 m zurück. Das ist in etwa beim Aletschgletscher in der Schweiz zu beobachten. Natürlich spielen auch andere Faktoren wie Reinheit des Schnees, Niederschlagshäufigkeit etc. eine wichtige Rolle.

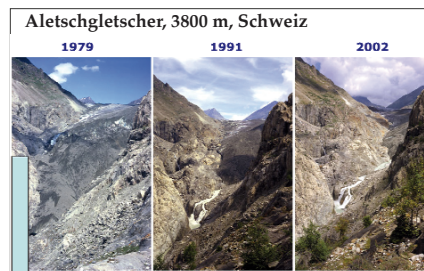


Abb:2.7

Ein anderes Phänomen verursacht durch die Klimaänderung kann man beobachten. So ist das See-Eis der Arktis in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Dies ist in der nächsten Abbildung dargestellt Abb:2.7, in der die Verteilungen des See-Eises für den Monat Sep-

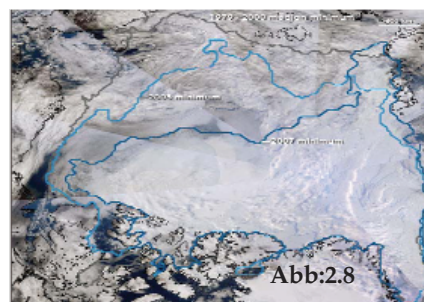


Abb:2.8

tember der Jahre 2005 und 2007 zu sehen sind. Deutlich ist ein erheblicher Rückgang zu verzeichnen.

Abb:2.8

Anzumerken ist hier, dass das Schmelzen des See-Eises keine Erhöhung des Meeresspiegels bedeutet. Da es Eis ist, das auf dem Meer schwimmt (siehe das Eis im Whisky-Glas).

Einen erheblichen Anstieg der Meereshöhe müsste man allerdings erwarten, wenn die Eisschilde Grönlands oder der Antarktis abschmelzen, die ja auf dem Festland liegen.

In den nächsten tausend Jahren besteht für ein merkliches Abschmelzen allerdings keine Gefahr, wie man der folgenden Tabelle, die typische Zeitkonstanten beschreibt, entnehmen kann (Schönwiese „Klimatologie“).

Schneebedeckung	Stunden bis Tage
Meer-Eis (Packeis)	Monate bis Jahre
Gebirgsgletscher	1 – 100 Jahre
Landeissschilde	1.000 – 100.000 Jahre

Der Kohlenstoffkreislauf

Eine weitere Messgröße ist der CO₂- oder Kohlenstoffkreislauf, der allerdings noch mit einem erheblichen Messfehler behaftet ist. Die ergänzte Abb:3.1 ist dem Buch von Mojib Latif „Bringen wir das Klima aus dem Takt“ entnommen.

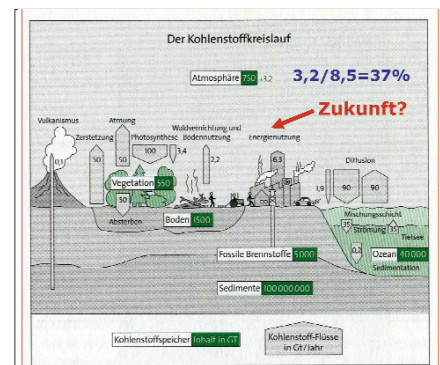


Abb:3.1

Die Atmosphäre enthält etwa 750 Gt (1 Gt = 109 t) an Kohlenstoff (C). Sie tauscht pro Jahr 90 Gt mit den Ozeanen und 100 Gt mit der Vegetation aus. Der Mensch emittiert derzeit 8,5 Gt (3,8%) durch Waldverbrennung und Energienutzung. In der Atmosphäre verbleiben davon 3,2 Gt oder 37%.

Die Frage ist, wie erhöht sich der CO₂- oder Kohlenstoffgehalt in der Atmosphäre in Zukunft.

IPCC Szenarien

Um abschätzen zu können, wie sich der CO₂ Gehalt in der Atmosphäre entwickelt, muss man Vermutungen darüber anstellen, wie hoch die von Menschen gemachten Emissionen in Zukunft sein werden. Hierzu hat das IPCC so genannte Szenarien an anthro-

pogenen Emissionen erdacht. Diese sind als „Special Report on Emission Scenarios“ (SRES) veröffentlicht

(<http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/>).

Sie sind somit die Voraussetzungen für eine Berechnung der CO₂ Konzentration in der Atmosphäre und darauf aufbauend der Temperaturentwicklung infolge des CO₂ Treibhauseffektes.

Diese Szenarien haben keine wissenschaftlichen Grundlagen sondern sind Annahmen wie sich die CO₂ Emissionen entwickeln könnten. Dabei sind auch sehr extreme, unrealistische Entwicklungen angegeben. Eine Wertung, welche der Szenarien wahrscheinlicher ist, hat das IPCC nicht getroffen.

Hier setzt auch die Kritik an (z.B. House of Lords, UK, „The Economics of Climate Change“, 2006). Das IPCC sollte die Szenarien auf wirklich realistische reduzieren.

Einige dieser Szenarien sind in **Abb:4.1** dargestellt (entnommen aus „Climate Projections for the 21st Century“, MPI für Meteorologie, Oktober 2006).

Jahr	CO ₂ -Emissionen (Gt/Jahr)			SO ₂ -Emissionen (TgS/Jahr)		
	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1
2000	8	8	8	69	69	69
2050	12	13	11	100	100	75
2060	16	15	12	109	69	79
2080	19	10	10	90	47	56
2090	23	15	7	65	31	36
2100	29	13	4	60	26	25

Abb:4.1

In der Abbildung sind die angenommenen CO₂- und SO₂-Emissionen für die Jahre 2000 bis 2100 dargestellt. Während die SO₂ Emissionen zu einer Abkühlung beitragen, tragen die CO₂ Emissionen zur Erwärmung bei.

Bevor wir die Ergebnisse der Modellrechnungen des MPI für Meteorologie betrachten, müssen noch einige Bemerkungen zur Relevanz der einzelnen Szenarien gemacht werden.

Die Weltreserven an fossilen Brennstoffen betragen 1210 Gt Kohlenstoff (International Energy Agency, IEA). Reserven sind diejenigen Vorräte, die nach heutigen Maßstäben wirtschaftlich und mit heutigen technischen Möglichkeiten abgebaut werden, im Unterschied zu den Ressourcen, die wesentlich größer sind.

Im Einzelnen betragen die Reserven 800 Gt Kohle, 160 Gt Öl und 250 Gt Gas.

Oft wird argumentiert, falls die Preise für die Brennstoffe steigen, dann lohnt sich auch der Abbau der Ressourcen. In diesem Fall werden die so gewonnenen Brennstoffe aber nicht mehr kostengünstig für die Energiegewinnung zu Verfügung stehen und auch nicht mehr verheizt, weil dann ja bereits andere kostengünstigere Energieträger zur Verfügung stehen. Die Reserven in Höhe von 1210 Gt C stehen also zur Energiegewinnung inklusive Verkehr bereit. Ungeachtet aller politischen Bemühungen Kyoto Protokoll und Nachfolgeber-

einbarungen wird diese Menge auch im 21. Jahrhundert genutzt werden. Vielleicht bleibt uns die billige Kohle noch für ein weiteres Jahrhundert erhalten, so dass die 1200 Gt die maximale Emission durch die Verbrennung darstellen.

Summiert man die Emissionen der in Abb:4.1 der einzelnen Szenarien von 2000 bis 2100 auf, so ergibt sich:

- A2 1800 Gt C
- A1B 1520 Gt C
- B1 980 Gt C

Vergleicht man dies mit den Reserven, so bleibt nur B1 innerhalb der verfügbaren Reserven. Im Übrigen geht das Szenarium A2 von 16 Milliarden Menschen im Jahr 2100 aus, also 6 – 7 Milliarden mehr als die UN als wahrscheinlichste Größe für die menschliche Population angeben (9 – 10 Milliarden). Skaliert man A2 von 16 Milliarden Menschen 2100 auf 10 Milliarden linear herunter, so ergibt sich eine Emission für A2 von 1200 Gt

Dies ist wieder im Bereich der Reserven!

Die Atmosphäre enthält heute ungefähr 750 Gt C. Eine Emission von insgesamt 1200 Gt in diesem Jahrhundert erhöht die Menge an Kohlenstoff in der Atmosphäre um etwa 50 %, das sind 600 Gt C, also weniger als eine Verdopplung des C bzw. CO₂ Gehaltes in der Atmosphäre.

Wir können also bei allen Szenarien davon ausgehen, dass wir in diesem Jahrhundert die Konzentration von CO₂ maximal verdoppeln. Andere Szenarien machen keinen Sinn!

Klimamodelle für das 21. Jahrhundert

Die vom IPCC veröffentlichten Klimamodelle gehen von Werten zwischen 1 bis 6 °C Temperaturerhöhung aus. Dabei muss man unterscheiden zwischen den Ergebnisschwankungen, die die Modelle bereits für eine Verdopplung des CO₂ Gehaltes in der Atmosphäre zeigen und denen eines Modells für die verschiedenen Szenarien.

Die Schwankungsbreiten für eine Verdopplung der CO₂ Konzentration sind in **Abb:5.1** zu sehen.

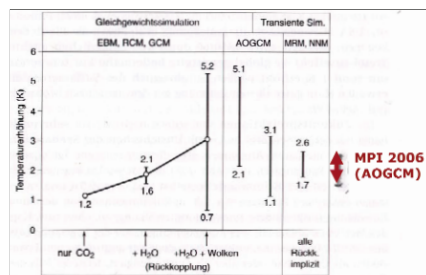


Abb:5.1 (aus Schönwiese, Klimatologie, ergänzt MPI Wert)

Die Abkürzungen bedeuten:
 EBM Energy Balance Model
 RCM Radiation Circulation Model
 GCM Global Circulation Model

AOGCM Atmosphere Ocean Global Circulation Model
 MRM Multiple regression Model
 NNM Neural Network Model

Auf die Einzelheiten dieser Modelle kann hier nicht eingegangen werden (siehe z.B. Schönwiese „Klimatologie, Mahlberg „Das Klimasystem und seine Modellierung“).

Man erkennt, dass für die Erhöhung der Temperatur, wenn man nur das CO₂ betrachtet, alle Modelle einen Wert von 1,2 °C ergeben. Dies ist klar, da alle Rechnungen (außer im MPI Modell) noch von einem Wert von 4,3 W/m² an Treibhausgaseneffekt des CO₂ ausgegangen sind (dieser Wert wurde im TAR (Dritten IPCC Bericht) auf 3,7 W/m² reduziert).

Berücksichtigt man die Rückkopplung des Treibhauseffektes durch den Wasserdampf, so ergeben die Modelle Werte für die Erwärmung für die CO₂ Verdopplung zwischen 1,6 und 2,1 °C, was man als Schwankungsbreite durchaus noch akzeptieren könnte. Bezieht man jedoch den Effekt der Wolken mit ein, so ergibt sich ein Wertebereich zwischen 0,7 bis 5,2 °C.

Damit kann man eigentlich nichts anfangen, d. h. keine Planung für die Zukunft entwerfen. Auf jeden Fall kann dies nicht als Basis für immense volkswirtschaftliche Anstrengungen dienen, die Summen im Bereich von 45.000 Milliarden \$ (International Energy Agency, IEA 2007) erfordern.

Selbst die wesentlich komplexeren AOGCM Rechnungen, die immense Computerkapazitäten beanspruchen, liegen noch zwischen 1,1 bis 5,1 °C. Hier muss das IPCC endlich einmal die Spreu vom Weizen trennen, eine Aufforderung, die im oben bereits genannten Bericht des House of Lords, UK, gefordert wird. Es darf schon verwundert, dass diese Forderung nicht öfter erhoben wird. Wahrscheinlich würden dann nämlich die Werte, die zum Alarmismus, zum Katastrophengeschrei führen, verschwinden. Dies sollte möglich sein, da es bereits internationale Projekte gibt, die sich mit der Vergleichbarkeit der Modelle befassen (z.B. AMIP, Atmospheric Model Intercomparison Project).

Ich werde mich im Folgenden auf die Ergebnisse der Modellrechnungen des MPI für Meteorologie beschränken.

Dafür gibt es für mich gute Gründe:

Erstens sind die Max-Planck-Institute derart renommiert, dass ich hier auch Vertrauen in die sorgfältige wissenschaftliche Arbeit setze.

Zweitens ist es ein aufwändiges AOGCM Modell, das 400.000 CPU Stunden am Klimarechner des Deutschen Klima Rechenzentrums (DKRZ) in Hamburg beanspruchte, ein Viertel der Jahreskapazität.

Drittens sind es recht neue Rechnungen. Die Arbeit wurde 2006 veröffentlicht (Climate Projections for the 21st

Century (MPI-M/October 2006), im Weiteren kurz als MPI Modell bezeichnet.

Aber auch in diesem aufwändigen Rechenmodell beträgt die horizontale Auflösung nur 200 km. Aussagen über die Klimaentwicklung in kleineren Regionen können auch von diesem Modell nicht getroffen werden.

Der Wert des MPI Modells beträgt für eine Verdopplung der CO₂ Konzentration $2,1 \pm 0,4$ °C. Enthalten sind dabei alle Rückkopplungen, ebenfalls die anderen Treibhausgase Methan, Stickoxide, Ozon.

Dieses Modell wurde nun auf die unterschiedlichen IPCC Szenarien angewendet. In **Abb:5.2** ist die CO₂ Konzentration für die Szenarien B1, A1B und A2 dargestellt. Mit einem Pfeil markiert ist der Wert für einen vollständigen Verbrauch der Reserven an fossilen Brennstoffen. Er stimmt wie auch zuvor diskutiert mit dem Szenarium B1 überein.

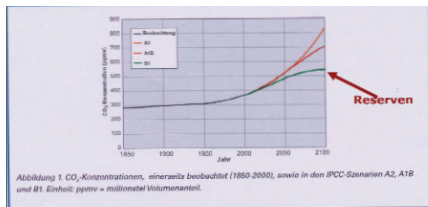


Abbildung 1. CO₂-Konzentrationen, historisch beobachtet (1850-2000), sowie in den IPCC Szenarien A2, A1B und B1. Einheit: ppm = millionstel Volumensanteil.

rein.

Abb:5.2

In den folgenden **Abbildungen 5.3** und **5.4** sind die Ergebnisse für die Temperaturerhöhung und die Niederschlagsänderung für die Jahre 1850 bis 2100 angegeben.

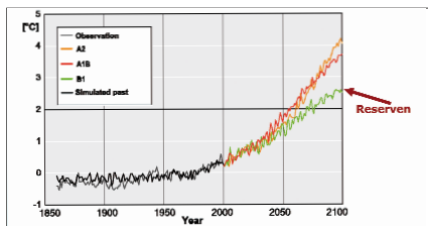


Abb:5.3

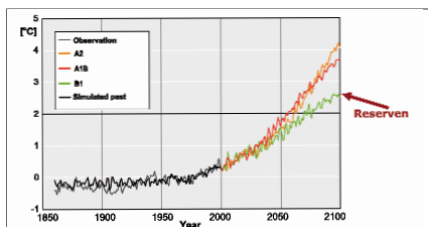


Abb:5.4

Man erkennt, dass die Temperaturen bis 2100 bei Verdopplung des CO₂ Gehaltes (Verbrauch der Reserven) auf 2,5° C ansteigen und die Niederschlagsmenge um 5% weltweit erhöht wird. Allerdings sind dies globale Mittelwerte,

die nichts über die regionalen Werte aussagen. Des Weiteren erkennt man, dass bis zum Jahre 2050 selbst zwischen den extremsten IPCC Szenarien kaum unterschieden werden kann.

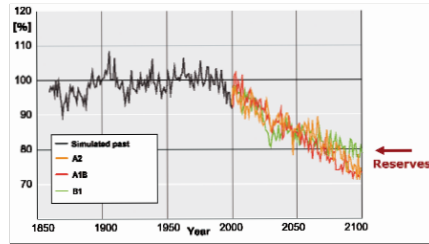


Abb:5.5

In **Abb:5.5** ist die Abschwächung des Golfstroms auf Grund der Erwärmung und der Abschwächung der thermohalinen Zirkulation bis zum Ende dieses Jahrhunderts aufgetragen. Alle Szenarien führen im Endeffekt zu einer Reduzierung von ca. 25%. Der Effekt auf die Erwärmung der Nordhalbkugel ist jedoch marginal. Ein Zusammenbruch des Golfstromes ist somit auf keinen Fall zu befürchten.

Die MPI Modellrechnungen ergeben global gemittelt bis zum Jahre 2100 einen Anstieg des Meeresspiegels um ca. 20 cm für Szenarium B1 und 25 – 30 cm für A2. Dabei können sich regional jedoch sehr unterschiedliche Erhöhungen des Meeresspiegels ergeben. In der Nordsee müsste man mit 0,5 m Anstieg rechnen, mit einer Abnahme in tropischen Regionen und Erhöhungen von wenigen Zentimeter bis zu mehr als einem Meter in den südlichen Ozeanen.

Einige Bemerkungen sind noch allgemein zu den Klimamodellen zu machen:

Die physikalischen Beziehungen, die Wetter und Klima beschreiben sind sehr komplexe so genannte nichtlineare Differentialgleichungen, die ein chaotisches Verhalten provozieren, falls bei der numerischen Lösung keine „Dämpfungsmechanismen“ eingebaut werden, die verhindern, dass kleine Störungen unverhältnismäßig große Änderungen der Ergebnisse bewirken. Parametrisierungen physikalischer Vorgänge und „Flusskorrekturen“ sind die in den Modellen hierfür benutzten Verfahren (siehe auch: von Storch, Güss, Heimann „Das Klimasystem und seine Modellierung“). Die Ergebnisse hängen von den eingegebenen Parametern oder Konstanten, wie z. B. Veränderung der anthropogenen Emissionen, Sensitivität der Treibhausgase, der Einstrahlung der Sonne, Vulkanismus, der Wolkenparametrisierung, teilweise auch der Lebensdauer der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre, die anthropogen erzeugt wurden. Der große Einfluss der Wolken auf die Einstrahlung der Sonne ist noch recht unbekannt. Einige Prozent Unsicherheit können die Ergebnisse der Modelle zur Makulatur werden lassen.

Modelle versuchen die Wirklichkeit zu beschreiben, aber sie sind nicht die Wirklichkeit. Diese kann nur durch korrekte Messungen repräsentiert werden.

Alle Modelle gehen nur von einem geringen Einfluss (auch im letzten Jahrhundert) durch die Erhöhung der Sonnenaktivitäten aus. Im Mittel von einem Strahlungsantrieb von nur + 0,3 W/m² im Vergleich zu +1,6 W/m² für CO₂ in den Jahren 1750 bis 2000. (Schönwiese „Klimatologie“ oder IPCC AR4).

Ob diese Annahme gerechtfertigt ist, die nur den direkten Anteil der Sonneneinstrahlung ohne Rückkopplungseffekte beinhaltet, soll im nächsten Abschnitt untersucht werden.

Einfluss der Variabilität der Sonne

Die Sonne ist keine absolut konstante Strahlungsquelle, sondern hat ihre Energieabgabe im Laufe ihres Lebens (4 Milliarden Jahre) bereits drastisch verändert. So geht man davon aus, dass die Strahlung, die die Erde erreicht in dieser Zeit um etwa 30% zugenommen hat. Innerhalb der von uns hier betrachteten Zeiträume von einigen 100 Jahren kann man diese langfristige Änderung der Sonnenstrahlung, die mit dem Lebenszyklus der Sonne als Stern zusammenhängt, jedoch vernachlässigen.

Aber auch in kurzfristigen Zeiten zeigt die Abstrahlung der Sonne Veränderungen, die uns in Form der Sonnenflecken bekannt sind **Abb:6.1**.

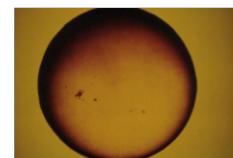


Abb:6.1

Die Häufigkeit dieser Sonnenflecken ist nicht konstant. Sie variiert mit einer Frequenz von 11 Jahren (Maximum zum nächsten Maximum), die jedoch nicht konstant ist, sondern zwischen 7 bis 13 Jahren betragen kann (eigentlich sind es 22 Jahre, wenn man noch die magnetischen Eigenschaften berücksichtigt). Die maximale Anzahl der Sonnenflecken variiert ebenfalls von Maximum zu Maximum. Die Anzahl der Sonnenflecken für die Jahre 1890 bis 1990 ist in **Abb:6.2** zu sehen.

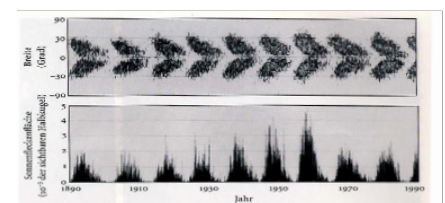


Abb:6.2

Die nächste Abbildung 6.3 zeigt die Variabilität der Sonnenflecken in den vergangenen 1000 Jahren. Man erkennt deutlich, wie stark sich die Zahl der Sonnenflecken verändert. Es gibt längere Zeiträume, in denen es nur eine sehr geringe Zahl gegeben hat.

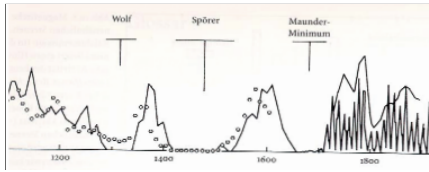


Abb:6.3

Diese Minima werden auch als Wolf-, Spörer- oder Maunder-Minimum bezeichnet (um 1800 findet sich noch das Dalton-Minimum). Bemerkenswert ist, dass diese Zeiten mit erheblichen Abkühlungen und Klimaveränderungen zumindest in Europa einhergingen. Diese ergaben schlechte Ernteerträge mit all ihren sozialen Auswirkungen.

Auch die so genannte kleine Eiszeit ab etwa dem 14. Jahrhundert ist mit einer geringeren Sonnenaktivität verbunden. Solanki und Mitarbeiter (Solanki et. al. „A Millenium Scale Sunspot Number Reconstruction: Evidence for an Unusual Active Sun Since the 1940's, astro-ph, Oct. 2003) zeigten (Abb:6.4), dass die Aktivität der Sonne in den letzten 1150 Jahren noch nie so hoch war wie seit 1940, mit einem sehr steilen Anstieg bis zum Jahr 2000. Weitere Messungen zeigten allerdings, dass die Sonnenaktivität danach nicht weiter angestiegen ist, aber auch nicht wesentlich abgefallen.

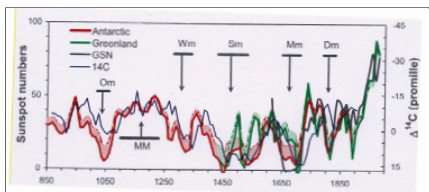


Abb:6.4

Dieser Anstieg ist in Übereinstimmung mit den globalen Temperaturerhöhungen um 1940 (siehe Abb:2.5). Die Abbildung 6.4 repräsentiert auch sehr gut die Sonnenfleckenminima, das mittelalterliche Klimaoptimum um 1050 bis 1300 und die darauf folgende Kleine Eiszeit anschließend bis etwa 1850. Die erheblichen Klimaschwankungen in den letzten Jahrhunderten bis 1900 waren sicherlich ohne menschliche CO2 Emissionen entstanden und sind auf natürliche Variabilitäten des Klimas - hervorgerufen zum Beispiel durch die Veränderung der Sonnenaktivität - zurückzuführen.

Warum dieser anerkannte Einfluss der Sonne ausgerechnet für das letzte Jahrhundert auch in den IPCC Berichten immer wieder heruntergespielt wird,

bleibt unter naturwissenschaftlichen Aspekten unverständlich, auch wenn der Verstärkungsmechanismus der veränderlichen Sonnenaktivitäten nicht einwandfrei experimentell verifiziert werden konnte.

Immerhin gibt es eine durch Experimente und Messungen gestützte Theorie von Henrik Svensmark (Svensmark „Cosmoclimatology: A New Theory Emeges“ Astronomy and Geophysics, Royal Astronomical Society, London, Vol 48, 2007). Svensmark führt den Verstärkungsfaktor der Sonneaktivität auf die Abschirmung der kosmischen Strahlung durch den Sonnenwind zurück. Die Strahlung aus dem Weltall dient als Kondensationskeim für die Wolkenbildung. Immerhin gelingt im mit seiner Theorie eine einheitliche Erklärung für diverse Klimaveränderungen.

Gespannt darf man daher auf die Ergebnisse des Experimentes „Cloud“ am CERN in Genf sein, das sich mit dieser Theorie auseinandersetzen wird. Diese Experimente sollen im Jahr 2010 beginnen. Die Theorie von Svensmark ist gegenwärtig noch Gegenstand heftiger Diskussion unter den Klimatologen.

Bereits sehr früh erkannte man bereits, dass die Änderung der Temperatur von 1880 bis 1990 sehr gut beschrieben werden kann, wenn man den Einfluss der Variabilität der Sonneneinstrahlung in einbezieht

Abb:6.5 (Posementier, Soon und Baliunas, 1998).

Das IPCC zieht es jedoch vor, eine allerdings ebenfalls gute Anpassung durch unverhältnismäßig hohe abkühlende Aerosolbeiträge auch bereits im 19. Jahrhundert vorzunehmen, die auf Grund des damaligen Industrialisierungsstandes unangemessen sind. Die statistische Varianz von 92% ist sehr eine signifikante Übereinstimmung, wenn man die Sonneneinstrahlung und den Treibhauseffekt (auch ohne Aerosolbeiträge) einschließt. Allerdings erkennt man auch, dass ab 1980 der Beitrag der Treibhausgase nicht vernachlässigt werden kann.

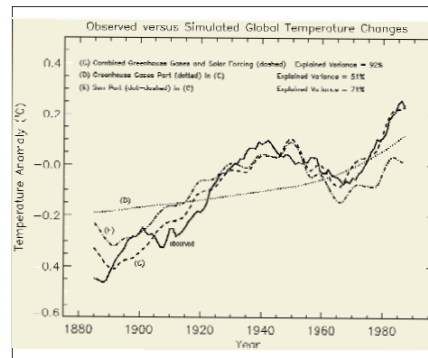


Abb:6.5

Eine sehr bemerkenswerte, wichtige Arbeit, die den Beitrag der veränderlichen Sonne auf die Temperaturerhöhung des vergangenen Jahrhunderts

untersuchte, wurde von P.A. Stott et. al. vom Hadley Centre, UK im Dezember 2003 veröffentlicht (P.A. Stott, G.S. Jones and J.F.B. Mitchell „Do Models Underestimate the Solar Contribution to Recent Climate Change?“, Journal of Climate Volume 16, 2003).

Nun gehören das Hadley Centre und P. A. Stott nicht unbedingt zu Kritikern des anthropogen verursachten Klimawandels. Umso bemerkenswerter ist dass diese Arbeit – ich habe sie jedenfalls nicht gefunden – nicht im AR4 des IPCC zitiert ist. Die Autoren beschreiben, wie das Ergebnis von Modellrechnungen aussieht, wenn man den Einfluss der Sonne nicht unterdrückt bzw. „wegdämpft“. Das Resultat ist in der Tabelle 6.6 wiedergegeben. Tabelle 6.6 (LBB und HS) beschreiben den Einfluss der Sonne auf der Basis von Untersuchungen von Lean et. al. 1995 (LBB) oder von Hoyt und Schatten, 1993 (HS); Einflüsse der Treibhausgase (G), der Vulkane (VOL), der Aerosole (SO))

	1960-99	1950-99	1900-99	1850-99
G	0.69 (0.42-0.97)	0.27 (0.1-0.38)	1.08 (0.66-1.53)	1.19 (0.61-1.53)
SO	0.44 (0.26 to 0.78)	-0.01 (-0.01 to 0.09)	-0.34 (-0.59 to -0.19)	0.01 (0.01-0.02)
LBB	0.13 (0.13-0.40)	0.29 (0.15-0.48)	0.17 (0.06-0.27)	0.08 (0.02-0.56)
VOL	0.05 (0.12 to 0.02)	0.06 (-0.02 to 0.15)	-0.10 (-0.24 to 0.03)	-0.06 (-0.15-0.02)
G	0.15 (0.14-0.16)	0.19 (0.09-0.29)	0.17 (0.11-0.24)	0.09 (0.02-0.14)
SO	-0.21 (-0.49 to 0.01)	-0.03 (-0.07 to 0.09)	-0.17 (-0.36 to 0.01)	0.01 (0.00-0.01)
HS	0.16 (0.06-0.25)	0.47 (0.19-0.75)	0.38 (0.14-0.63)	0.71 (0.20-1.17)
VOL	0.02 (0.06 to 0.10)	-0.02 (-0.12 to 0.08)	0.03 (-0.12 to 0.20)	0.02 (-0.08 to 0.13)
Observation	0.60	0.76	0.72	1.22

Tabelle 6.6

Man erkennt, dass der Beitrag der Sonne für die durchgeführten verschiedenen Computerdurchläufe folgende Werte annimmt:

In den Jahren	1900 – 1999	30-60%
	1900 – 1949	50-60%
	1970 – 1999	30-50%.

Selbst für die letzten 30 Jahre des letzten Jahrhundert betrug die von der Sonne verursachte Temperaturerhöhung noch 30-50%. Im Einklang mit dem oben beschriebenen starken Anstieg der Sonnenaktivität bis in die 40er Jahre beträgt dieser Beitrag sogar 50 – 60 %.

Das Ergebnis dieser Veröffentlichung zusammen mit den Aktivitätsmessungen der Sonne hat großen Einfluss auf unser Verständnis der Temperaturerhöhung und dem damit verbundenen Klimawandel. Es bedeutet, dass die Erwärmung seit 1900 bis heute in Höhe von 0,8 °C zu mindestens 30% auf die veränderte Sonnenaktivität zurückzuführen ist. Das heißt, dass der dem CO2 inklusive Rückkopplungen und andere Treibhausgase zuzuordnende Wert etwa 0,56 °C beträgt, dem CO2 alleine somit nur 0,56 °C / 2 = 0,28 °C.

Eine statistische Analyse der Sonnenaktivität und der Temperatur hat H. Malberg für Mitteleuropa für die Jahre 1705 bis 1999 durchgeführt, denn hier liegen entsprechend lange Zeitreihen für die Temperatur vor (Basel, Berlin Wien, Prag) (Malberg 2002, und „Kritische Anmerkungen zum UNKlimabericht 2007“). Ein Indikator für die Sonnenak-

tivitäten sind die Sonnenflecken, die eine Periode von ca. 11 Jahren besitzen. Malberg hat nun die über diese Perioden gemittelten Temperaturen und Sonnenflecken aufgetragen und eine Korrelationsanalyse durchgeführt (**Abb:6.7** und **Abb:6.8**).

Eine quantitative Auswertung ergab mit einer Signifikanz von 99%, dass die Sonne mit 2/3 des bisherigen Temperaturanstieges von 0,8° C in im Zeitraum 1850 bis 1999 verantwortlich zeichnet. Treibhausgase machen somit nur 0,35° C aus, CO₂ davon die Hälfte, also nur +0,18° C.

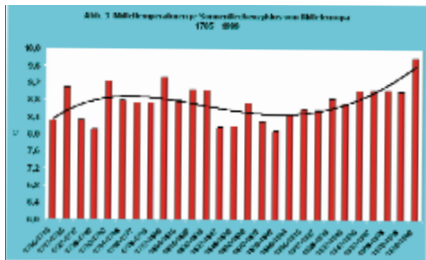


Abb:6.7



Abb:6.8

Der solare Einfluss der Abkühlung zu Beginn des 19. Jahrhunderts beträgt 80%. Unklar ist zurzeit noch, wie sich die Aktivität der Sonne in Zukunft entwickeln wird. Man geht im Allgemeinen davon aus, dass sie sich ab 2030 stark abschwächen wird. Obwohl die Physik der veränderlichen Sonnenflecken nicht geklärt ist, konnte man doch einige Regelmäßigkeiten im Auftreten erhöhter oder abgeschwächter Sonnenfleckenzahlen beobachten. So gibt es den schon beschriebenen Schwabe Zyklus von 11 Jahren, den Gleissberg Zyklus von 88 Jahren und den Seuss Zyklus von 208 Jahren (Mittelwerte). Ordnet man diesen Zyklen jeweils einen Energiebeitrag von 0,1, 0,5 und 0,9 W/m² zu, so ergibt sich als Summe der Temperaturanstieg des vergangenen Jahrhunderts (**Abb:6.9**) (Aus Damon, Jirikowic, „Solar Forcing

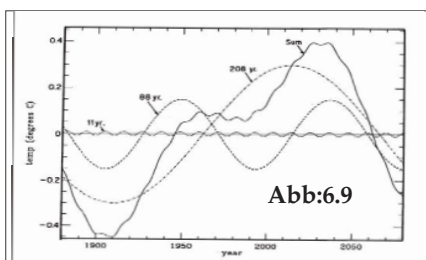


Abb:6.9

of climate change“ in Radiocarbon after four decades, Springer, New York)).

Ein Teil (etwa 0,6° C) der erwarteten anthropogenen Temperaturerhöhung könnten gemäß diesen Voraussagen ab 2030 bis 2100 ausgeglichen werden. Bis dahin wird der Beitrag der Sonne allerdings noch einmal +0,2° C betragen!

Hier ist natürlich ebenfalls Vorsicht angebracht. Es ist eben auch nur ein parametrisiertes Modell, das allerdings die letzten 100 Jahre qualitativ beschreiben kann.

Hathaway und Wilson (NASA, National Space Science and Technology Center) sagen zumindest für die nächste Sonnenfleckenperiode (Nr.: 24) eine sehr hohe Sonnenfleckenzahl voraus (hellrot in **Abb:6.10**)

(<http://science.nasa.gov/headlines/y2006/images/cycle24/2006AGU.ppt>).

Dikpati et al. (dunkelrot in **Abb:6.10**) prognostizieren für den darauf folgenden Sonnenzyklus (Nr.: 25) auf Grund der sich ändernden Konvektionsgürtel in der Sonne eine schwache Aktivität und für Nr.: 24 eine ähnliche wie Nr.:23.

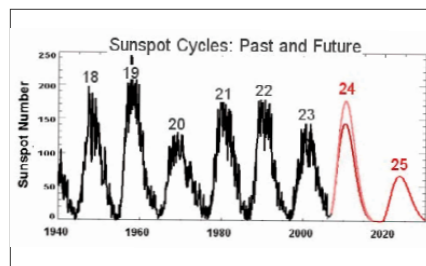


Abb:6.10

Es wird sich zeigen, wie realitätsnah diese Vorhersagen gewesen sind.

Hochrechnung aus heute gemessener Temperatur

Ein Grundsatz der Naturwissenschaften ist, dass alle Theorien und Modelle durch Experimente zu verifizieren sind. Andernfalls sind sie eben nur nette Überlegungen oder Geistesübungen, im besten Fall Gedankenexperimente. Aus diesem Grund werden mit „Science“ im angelsächsischen Sprachgebrauch nur die Naturwissenschaften verstanden.

Nun kann man mit dem Klima keine Experimente machen. Man kann jedoch messen. Wir haben heute bereits Messgrößen wie die Temperatur, die CO₂ Konzentration oder Niederschlagsentwicklung, der Anstieg des Meeresspiegels, u. a.

Nehmen wir uns die Temperatur und die CO₂ Konzentration vor und untersuchen, was diese Messungen für die zukünftige Temperaturentwicklung gemäß den Modellen des IPCC bedeuten.

Gemäß Bericht TAR des ICCP 2007 kann man den Zusammenhang zwischen der Temperatur (Delta T) und der

Konzentration des Treibhausgases CO₂ durch folgende Relation beschreiben:

$$\Delta T = 1,18^\circ \cdot \ln(\text{CO}_2/\text{CO}_2\text{vor})$$

In ist der natürliche Logarithmus (auf den meisten Taschenrechnern als Funktion angegeben).

CO₂vor ist die Konzentration des CO₂ vorindustriell (280 ppmV).

Der Faktor 1,18° beruht auf dem Strahlungsantrieb von 3,7 W/m² (IPCC TAR) bei CO₂ Verdopplung, d. h. ohne die anderen Treibhausgase und ohne Rückkopplungen.

Für eine Verdopplung der CO₂ Konzentration (CO₂/CO₂vor=2) erhält man somit

$$\Delta T (2^\circ\text{CO}_2) = 0,81^\circ\text{C}$$

Inklusive der anderen Treibhausgase und der Rückkopplungen (Faktor 2,4) erhält man somit insgesamt den theoretischen IPCC Wert

$$\Delta T_{\text{ges}} (2^\circ\text{CO}_2) = 1,9^\circ\text{C}$$

Dem können wir allerdings heute bereits gemessene Werte gegenüberstellen. Die Erhöhung der CO₂ Konzentration zum vorindustriellen Wert von **280 ppmV auf 380 ppmV** heute beträgt **1,3**. Dazu gehört ein gemessener Wert für Delta T_{gem} von **0,35° C (40% von 0,8° C, die bisher gemessen wurden, 60% Anteil der Sonne)** für die durch Treibhausgase inklusive Rückkopplung hervorgerufene Temperaturerhöhung.

Bestimmt man nun einen Faktor f aus den Messungen, so erhält man

$$\Delta T_{\text{gem}} = 0,35^\circ\text{C} = f_{\text{gem}} \cdot \ln(1,3)$$

Somit **f_{gem}=1,33°**, nun aber inklusive aller Treibhausgase und Rückkopplungen, denn diese sind im gemessenen Wert ja bereits enthalten.

Eingesetzt erhält man das Ergebnis für Verdopplung von CO₂:

$$\Delta T_{\text{ges}} (2^\circ\text{CO}_2) = 0,9^\circ\text{C} !!!$$

Dies wäre also die Temperaturerhöhung, die wir mittels der gemessenen Daten bei Verbrauch sämtlicher fossiler Brennstoffe bis zum Jahre 2100 zu erwarten hätten, wenn wir der **Sonne** den erläuterten Einfluss von 60% zugestehen. Bei **30% Sonnenanteil** wären es **1,6° C**.

Wenn der Beitrag der **Sonne komplett vernachlässigt** wird, würden wir bei einer Hochrechnung der gemessenen Werte bei einer Verdopplung von CO₂ einen Temperaturanstieg von **2,3° C** erwarten. Dieser Wert stimmt mit dem MPI Modell gut überein, da dieses ebenfalls den Einfluss der Sonne vernachlässigt.

Nahezu unumstritten ist heute jedoch, dass die Sonne mindesten 30% zur Erwärmung im vergangenen Jahrhundert beigetragen hat. Dies führt auf eine anthropogen bedingte Erwärmung zwischen 1900 und 2100 von maximal 1,6° C. Davon sind die bis heute erreichten 0,6° C abzuziehen. Vor uns liegt also noch eine durch menschliche Treibhausgase hervorgerufene Temperaturerhöhung

hung von etwa 1 °C bis zur Verdoppelung des CO₂, die wir voraussichtlich bis 2100 erreichen.

Zusammenfassung

Die Erhöhung der CO₂ Konzentration in der Atmosphäre bedeutet eine Erhöhung der globalen Temperatur, abhängig von den Emissionen durch Verbrennung der fossilen Brennstoffe. Hierbei wird man von einer Verdoppelung der CO₂ Konzentration bis zum Jahre 2100 ausgehen müssen, wenn alle Reserven an fossilen Brennstoffen wirklich auch verbrannt werden. Damit verbunden kann sich die durch menschliche Emissionen hervorgerufene globale Temperatur um maximal 1,6 °C erhöhen, wenn man von nur 30% Sonnenbeitrag ausgeht. Davon haben wir bereits 0,6 °C erreicht, d. h. vor uns liegen noch etwa 1 °C an anthropogener Temperaturerhöhung.

Einen wesentlich stärkeren Temperaturanstieg wird man schon durch die Begrenzung der Treibhausensitivität des CO₂ auf Grund seiner Absorptionsbanden, d. h. seiner logarithmische Abhängigkeit, nicht befürchten müssen.

Ungeklärt ist der Beitrag der Sonne im 21. Jahrhundert. Er könnte zu einer Erniedrigung der anthropogen bedingten Temperaturerhöhung im 21. Jahrhundert führen.

Wir haben uns damit abzufinden, dass das See-Eis am Nordpol und die meisten Gletscher abschmelzen. Die Eisschilde von Grönland und der Antarktis werden uns in den nächsten Jahrhunderten allemal erhalten bleiben.

Der Meeresspiegel wird im Mittel um 30 cm ansteigen.

Es ist daher unangebracht, sich um jeden Preis auf eine Reduzierung der CO₂ Emissionen zu konzentrieren, den die Internationale Energieagentur in Paris auf 45.000 Milliarden \$ bezifferte. Selbst wenn man den Einfluss der Sonne weiterhin komplett unterschlägt, beträgt die anthropogen bedingte Temperaturerhöhung maximal 2,3 °C (bzw. maximal 1,6 °C bei 30% Sonnenanteil im vergangenen Jahrhundert), davon hätten wir in diesem Fall bereits 0,8 °C (bzw. 0,56 °C) erreicht, also vor uns liegen 1,5 °C (bzw. 1 °C) globaler Erwärmung, die wir für den oben genannten Betrag vermeiden sollen.

Eine Erwärmung in dieser Größenordnung war in der Vergangenheit als Klimaoptimum für die Menschheit bezeichnet worden. Wir sind die ersten, die sich davor fürchten!

CO₂ ist kein giftiges Gas. Es ist für die Existenz der Pflanzen, Tiere und somit des Menschen lebensnotwendig. Eine Erhöhung würde allenfalls das Pflanzenwachstum fördern, genügend Wasser vorausgesetzt. Hierzu gibt es eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen. (Ich habe den Eindruck, dass das

sogar jeder von uns in Deutschland im Sommer 2008 beobachten kann. Landwirtschaftliche Erträge und üppiges Grün der Pflanzen zeugen davon.)

Allerdings ist es geboten, dass wir uns von der Verbrennung der fossilen Brennstoffe Öl und Gas verabschieden. Aus heutiger Sicht wird das Maximum an Ölförderung um das Jahr 2025 - 2030, das für die Gasförderung um das Jahr 2070 erreicht werden. Was dies bei steigender Weltpopulation und noch stärkerer Zahl an Kraftfahrzeugen und höherem Wohlstand in den sich entwickelnden Ländern China, Indien, Südamerika bedeutet, kann jeder für sich ausmalen.

Die Kohleförderung habe ich bewusst herausgenommen, da diese uns voraussichtlich noch 150 bis 200 Jahre ausreichend zur Verfügung steht.

Der Ersatz der billigen und leicht zu transportierenden Energie Öl wird uns vor eine schwierige Aufgabe stellen. Hierfür und für andere Energiequellen müssen Forschungsschwerpunkte geschaffen und sicher auch Milliardensummen investiert werden.

Energiesparen, höhere Energieeffizienz, Einsatz alternativer Energien, haben unser vordringliches Ziel zu sein. Aber auch eine Verlängerung der Laufzeit der Kernkraftwerke sollte in Kauf genommen werden, um unsere Energieversorgung sicherzustellen.

Auf moderne Kohlekraftwerke hoher Effizienz und – wo sinnvoll – Kraft-Wärme-Kopplung kann keinesfalls zur Erzeugung preiswerten Stromes verzichtet werden.

Dann haben wir auch die finanziellen Möglichkeiten, uns um die dringenden Umweltproblem unserer heutigen Zeit zu kümmern, der Reinhaltung der Luft (CO₂ gehört nicht dazu), von Boden und Wasser, dem Erhalt der Wälder. Eine nachhaltige Landwirtschaft, Ernährung und Gesundheit der Weltbevölkerung bei angemessenen Lebensbedingungen sind wichtiger als enorme Ausgaben z.B. für CO₂-Speicherung und rigide CO₂-Vermeidungsprogramme wie Kyoto und Folgeprojekte, die Unsummen kosten werden und unnötig sind.

Der CO₂ Zertifikatehandel wird zwar einige Menschen, Institutionen und Länder reicher machen, den anderen unnütze Kostenburden aufladen, im Endeffekt uns jedoch nicht nachhaltig in diesem Jahrhundert voranbringen.

Auf das bemerkenswerte Buch von Björn Lomborg „Cool it! Warum wir trotz Klimawandels einen kühlen Kopf bewahren sollten“ möchte ich in diesem Zusammenhang ausdrücklich hinweisen. Es ist unbedingt lesenswert.

Für Klimaalarm ist nüchtern und wissenschaftlich betrachtet überhaupt kein Anlass.

Ideologien waren noch nie gute Rat-

geber.

Literatur

Ausführliche Literatur findet man im Internet unter den Suchworten „Climate“ oder „Klima“.

An erster Stelle ist der Bericht des IPCC zu nennen:

www.ipcc.ch

Eine der besten und ausführlichsten Sammlung ist die von Dr. H. Kehl (TU Berlin).

Hier findet man auch die Hinweise auf die Originalliteratur und Veröffentlichungen. Im Folgenden sollen einige Bücher zum Thema Klimawandel - die der Autor alle neben der umfangreichen Originalliteratur gelesen hat – in alphabetischer Reihenfolge genannt werden. Sie umfassen das große Meinungsspektrum zu diesem Thema.

- Behringer: Kulturgeschichte des Klimas
- Berner, Streif (2004!): Klimafakten
- Calder, Svensmark: Sterne steuern unser Klima
- Glaser: Klimageschichte Mitteleuropas
- Graßl: Klimawandel
- Latif: Bringen wir das Klima aus dem Takt?
- Link: Zur Physik des atmosphärischen Treibhauseffektes
- Lomborg: Cool it! Warum wir trotz Klimawandels einen kühlen Kopf bewahren sollten
- Lüdecke: CO₂ und Klimaschutz (Fakten, Irrtümer, Politik)
- Malberg: Meteorologie und Klimatologie
- Maxeiner: Hurra, wir retten die Welt
- Pfister: Wetternachhersage
- Rahmstorf, Richardson: Wie bedroht sind die Ozeane
- Rahmstorf, Schellnhuber: Der Klimawandel
- Schönwiese: Klimatologie
- Singer, Avery: Unstoppable Global Warming
- Steffen und andere: Global Change and the Earth System
- Von Storch, Güss, Heimann: Das Klimasystem und seine Modellierung
- Wagner: Was sind die Energien des 21. Jahrhunderts?