

# Der Wolkeneffekt, wie funktioniert er?

Die Spencer Hypothese über den Einfluss der Wolken bei der Suche nach dem richtigen Feedbackwert

Prof. Dr. Horst-Joachim Lüdecke  
EIKE, Sept. 2011

## 1. Roy Spencer

WIKIPEDIA schreibt: *Roy W. Spencer (\* 20. Dezember 1955) ist Forschungsleiter an der Universität Alabama in Huntsville und Leiter des US Wissenschaftlerteams für das Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E) des NASA-Satelliten Aqua. Er war am NASA Marshall Space Flight Center im Bereich der Klimaforschung tätig. Spencer ist vor allem wegen seiner Arbeiten im Bereich der Satelliten-gestützten Temperaturmessung bekannt, für die er mit dem Special Award der American Meteorological Society ausgezeichnet wurde. Spencer steht dem wissenschaftlichen Konsens bezüglich der menschengemachten globalen Erwärmung skeptisch gegenüber und ist zudem ein Anhänger von Intelligent Design. Die nachfolgende kleine Studie bezieht sich insbesondere auf seine Veröffentlichungen [1-3].*

## 2. Kochtöpfe und unsere Erde

Ausgangspunkt der Arbeiten von Roy Spencer ist die geläufige physikalische Erkenntnis, dass ein Körper eine Temperaturänderung erfährt, wenn seine Wärmezufuhr nicht mit seinem Wärmeverlust im Gleichgewicht steht (Bild 1). Das Wasser in einem Kochtopf erwärmt sich so lange, bis schließlich ein Gleichgewicht zwischen der Wärmezufuhr zum Topf, verursacht durch die heiße Herdplatte und dem Wärmeverlust des Kochtopfs an seine Umgebung erreicht ist. Kurz gesagt

**„Energiefluss-Ungleichgewicht bewirkt Temperaturänderung“**

Die Wärmeverluste des Kochtopfs erfolgen durch Verdampfung seines Inhalts – dabei wird latente Wärme an die Umgebungsluft übertragen –, durch Konvektion infolge der Luftumströmungen des Topfs und schlussendlich durch Infrarotabstrahlung.



*Bild 1: Die Temperatur des Kochtopf Inhalts ist erst dann konstant, wenn der dem Kochtopf zugeführte Wärmefluss gleich dem vom Kochtopf an die Umgebung abgegebenen Wärmefluss ist.*

Bei der Erde entfallen alle Verlustarten des Kochtopfs, mit Ausnahme der Infrarot-Abstrahlung ins Weltall. Die Herdplatte entspricht der Sonne. Weitere denkbare Energiequellen der Erde spielen keine Rolle, etwa der Wärmefluss aus dem warmen Erdinneren in die Atmosphäre, der nur etwa 1% der Sonnenheizung ausmacht.

Unter welchen Umständen sich die Erde erwärmt oder sich abkühlt, wird jetzt sofort verständlich. Erwärmung erfolgt, wenn sich die Sonneneinstrahlung erhöht – etwa durch weniger abschirmende Wolken –, oder wenn sich die IR-Abstrahlung verringert – etwa durch stärkere Wolkenbedeckung, durch Aerosole bei globalweit spürbaren Vulkanausbrüchen, oder durch zunehmende Treibhausgase. Abkühlung erfolgt, wenn sich die eingestrahlte Sonnenenergie verringert, oder wenn sich das abgestrahlte IR erhöht. In allen Fällen wird, wie im Beispiel des Wassertopfs auf dem Herd, ein neues Temperaturgleichgewicht der Erde erreicht. Wie bereits in den EIKE-News „Der Treibhauseffekt, wie funktioniert er“? beschrieben [4], ist die Wirkung einer sich hypothetisch verdoppelnden CO<sub>2</sub>-Konzentration, die die IR-Abstrahlung ins Weltall verringert, sehr klein, und die Erde erwärmt sich dabei – wie es die Klimawissenschaft angibt – gerade einmal um grob 1 °C. Die Zeitskalen von Herdtöpfen und Erde sind allerdings extrem verschieden. Wassertöpfe erreichen ihre neue Gleichgewichtstemperatur in Minuten, die Erde erst in Jahren.

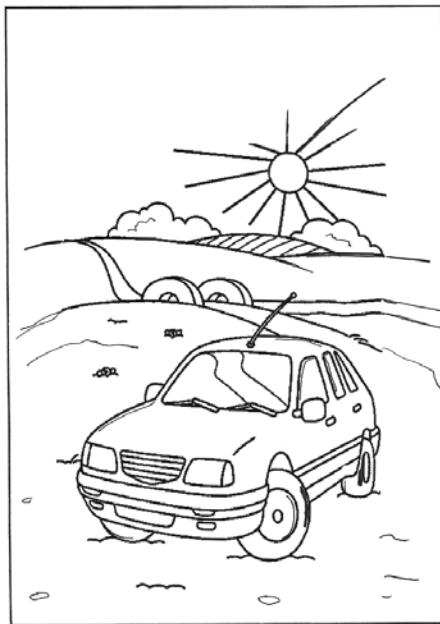
### 3. Rückkoppelung (Feedback)

Wolken werden heute als eine der maßgebenden Klimatreiber angesehen. Leider weiß man über sie trotz intensiver Forschung und unzähliger Satellitenmessungen immer noch viel zu wenig. Durch Satellitenmessungen ist gesichert, dass eine geringere (relativ niedrige) Wolkenbedeckung mit lokaler Erwärmung einhergeht – eine triviale Feststellung, denn die Abschirmungswirkung der Sonneneinstrahlung wird dabei kleiner. Die alles entscheidende Frage, die uns noch beschäftigen wird und auf die bis heute niemand eine verlässliche Antwort geben kann, lautet aber: Was ist Ursache, was Wirkung? Ist es eine abnehmende Wolkenbedeckung, die eine Erwärmung induziert, oder ist es umgekehrt die Erwärmung, die zu einer geringeren Wolkendichte führt? Es wird sich zeigen, dass in der Lösung dieses

Problems auch der Schlüssel zur Lösung der Frage liegt, ob anthropogenes CO<sub>2</sub> maßgebend unser Klima beeinflusst oder dies nicht der Fall ist.

Es gibt gute Gründe anzunehmen, dass Feedback (Rückkoppelung) das einfache „Kochtopf-Bild“ einer Erde im Strahlungsgleich-, bzw. -ungleichgewicht ergänzt. So kann, wie bereits erwähnt, eine Erwärmung der Atmosphäre die Wolkenbedeckung beeinflussen, und umgekehrt kann eine sich ändernde Wolkenbildung auf die Erdtemperaturen einwirken. Bei Erwärmung bildet sich insbesondere in den Tropen über dem Meer mehr Wasserdampf, und die Luft wird feuchter. Der Wasserdampf verändert wiederum über seine Treibhauswirkung das Strahlungsgleichgewicht der Erde, denn Wasserdampf ist das stärkste natürliche Treibhausgas.

Um zuerst ein anschauliches Bild von Feedback zu erhalten, stellen wir uns ein Auto mit einer halb geöffneten Seitenscheibe vor. Bei stark bewölktem Himmel, also fehlender Sonneneinstrahlung, stellt sich in etwa die Außentemperatur auch im Wageninneren ein. Verschwinden die Wolken und kommt jetzt die Sonne heraus, erhöht sich die Innentemperatur solange, bis ein neues Wärme-Gleichgewicht erreicht ist, wobei der Wärmeabfluss aus dem Seitenfenster angestiegen ist. Um keine Missverständnisse aufkommen zu lassen: im Autobeispiel werden Temperaturänderungen praktisch nur durch Konvektionsbehinderung bewirkt – erwärmte Luft kann nicht entweichen –, bei der Erde jedoch, die keine geschlossene Hülle aufweist, ausschließlich durch Strahlungsvorgänge. Für unser Beispiel soll dieser Unterschied aber keine Rolle spielen.



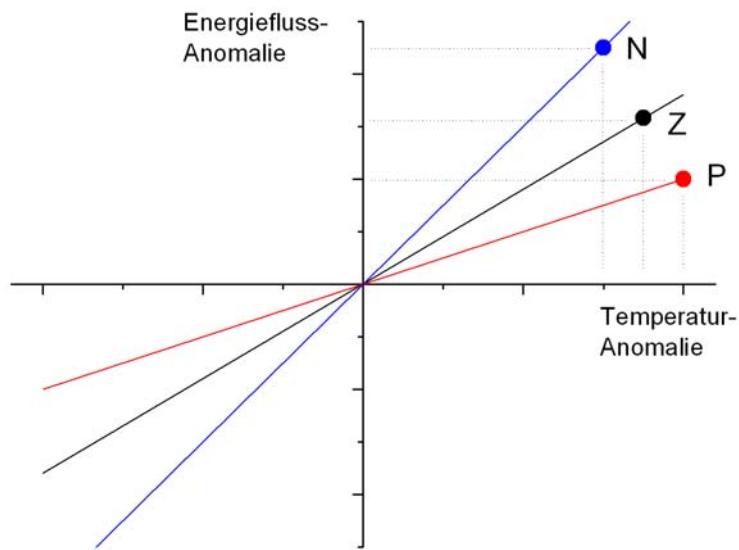
*Bild 2: Ein Auto mit halb geöffnetem Seitenfenster bei herauskommender Sonne*

Feedback kann man sich in Bild 2 durch ein weiteres Zu- oder Aufdrehen des halb geöffneten Seitenfensters ab dem Moment klarmachen, in dem die Sonne herauskommt und sich der Innenraum des Fahrzeugs zu erwärmen beginnt. Wird es im Auto wärmer, könnte ein Temperaturfühler zusammen mit einem Fenster-Steller das Seitenfenster ein wenig weiter öffnen. Dann fließt mehr Wärme durch das Seitenfenster ab, und die Innentemperatur steigt vergleichsweise weniger an, man spricht in diesem Zusammenhang von **negativem** Feedback. Der Steller könnte das Seitenfenster aber bei Temperaturerhöhung auch etwas weiter schließen. Damit wird die Erwärmung im Autoinneren verstärkt, und dies wird in der Klimatologie **positiver** Feedback genannt.

Zu betonen ist, dass es in keinem Fall zu einem „Run Away“ der Auto-Innentemperatur kommt. Bei positivem Feedback erhöht sie sich über den Temperaturwert hinaus, der sich bei unbewegter Seitenscheibe eingestellt würde, bei negativem Feedback erniedrigt sie sich

vergleichsweise. Analog verhält es sich mit Erdtemperaturen bei einem plötzlich eintretenden Strahlungsungleichgewicht, wie es bei einem extrem großen, globalweit spürbaren Vulkanausbruch mit riesigen Mengen ausgestoßener Aerosole, oder bei sich globalweit verändernder Wolkenbedeckung oder bei zunehmenden Treibhausgasen erzeugt wird. Auch hier gibt es keinen „Run Away“. Nur das Temperaturgleichgewicht verschiebt sich zu einem neuen Wert hin.

Das einfache Autofensterbeispiel erlaubt unmittelbar noch eine weitere wichtige Erkenntnis, die uns weiter unten bei der Interpretation von Satellitenmessungen hilfreich sein wird. Hierzu tragen wir die Abweichung der Autoinnentemperatur vom ursprünglichen stationären (= zeitkonstanten) Gleichgewichtswert auf der x-Achse und die Abweichung des Energieflusses vom anfänglichen Energiefluss durch das Seitenfenster auf der y-Achse eines Diagramms auf - solche Abweichungen vom Mittelwert werden als „Anomalien“ bezeichnet.



*Bild 3: Stationäre Gleichgewichtszustände von Auto-Innentemperatur- und Energieflussanomalie infolge etwas weiter schließenden oder etwas weiter öffnenden Seitenfensters nach Herauskommen der Sonne (für das Auto-Beispiel ist nur der positive Anomaliebereich relevant). Die sich einstellenden Gleichgewichtspunkte nach beginnender Sonneneinstrahlung sind: Z – unbewegtes Seitenfenster, N – das Seitenfenster wird weiter geöffnet (negatives Feedback), P – das Seitenfenster wird weiter geschlossen (positives Feedback).*

Der Nullpunkt des Diagramms in Bild 3 entspricht dem ursprünglichen Gleichgewichtszustand im Auto, in welchem sich weder die Temperatur im Innenraum noch der konstante Energieverlust durch das Autofenster ändern. Nun kommt die Sonne hervor, und es beginnt im Innenraum wärmer zu werden. Bleibt das Seitenfenster unbewegt (halb offen), bewegt sich in Bild 3 der Zustandspunkt solange auf der nach Z gerichteten Geraden, bis schließlich Z als neues Gleichgewicht erreicht ist. Wird das Seitenfenster dagegen etwas weiter geöffnet (negatives Feedback), erhöht sich der Energieabfluss, so dass die Innentemperatur vergleichsweise weniger zunimmt und sich der neue Zustandspunkt auf der zu N gerichteten Geraden bewegt, bis N erreicht ist. Wird das Fenster umgekehrt weiter geschlossen, fließt weniger Energie durchs Fenster ab, und die Innentemperaturanomalie wird größer – es ergibt sich schließlich der neue Zustandspunkt P. Wir behalten im Auge, dass im Diagramm von Bild 3

**flache** Geraden **positives** Feedback und **steile** Geraden **negatives** Feedback anzeigen.

Dieser Zusammenhang wird später bei der Interpretation von Satellitendaten eine entscheidende Rolle spielen.

#### 4. Die dynamische (zeitabhängige) Strahlungsbilanzgleichung

Leider ist es praktisch unmöglich, ohne nähere Betrachtung der Strahlungsbilanzgleichung eine zielstellende Beschreibung des Feedback vorzunehmen. Die Gleichung ist zum Glück sehr einfach und enthält folgende Größen:

- $t$  - Zeit [s]
- $C_p$  - Wärmekapazität des Klima maßgebenden Teils der Erde [J/K], von der Physik definiert als Quotient von Energiezufuhr  $\Delta E$  zu resultierender Temperaturänderung  $\Delta T$  eines Körpers
- $T(t)$  - Temperaturabweichung des Strahlungsgleichgewichtszustands von der zeitgemittelten globalen Oberflächentemperatur [K]
- $F(t)$  - Energiefluss [ $\text{W/m}^2$ ]
- $\lambda$  - Feedback-Faktor [ $\text{WK}^{-1}\text{m}^{-2}$ ]

Zur Wärmekapazität  $C_p$ : Sie wird für den Teil der Erdoberfläche genommen, der klimarelevant ist. Dies sind etwa 50 m Wassertiefe, wenn man die Erde - in guter Näherung - als „Wasserplanet“ ansieht, denn 2/3 der Erde sind von Ozeanen bedeckt. Da  $F(t)$  pro  $\text{m}^2$  angegeben ist, müssen auch alle anderen Größen auf  $1 \text{ m}^2$  bezogen sein. Für  $C_p$  ist daher nicht die gesamte Wasseroberfläche der Erde sondern nur  $1 \text{ m}^2$  zu nehmen, also die Wärmekapazität eines 50 m hohen Blocks Wasser, der eine Fläche von  $1 \text{ m}^2$  aufweist ( $\approx 209000000 \text{ J/K}$ ).

Im Zeitraum  $\Delta t$  ist nun die Änderung des globalen Strahlungsgleichgewichts  $\Delta E = C_p \cdot \Delta T$  gleich der Energieänderung  $F(t) \cdot \Delta t$  aus dem Forcing abzüglich eines Feedback-Terms  $\lambda \cdot T(t) \cdot \Delta t$ . Dies führt zu der Differenzengleichung (bzw. für  $\Delta t \rightarrow 0$  zur entsprechenden Differentialgleichung)

$$C_p \frac{\Delta T(t)}{\Delta t} = F(t) - \lambda \cdot T(t) \quad (1)$$

Glg.(1) vereinfacht sich, wenn man nur den sich nach einer Temperaturänderung einstellenden stationären Endzustand betrachtet. Dann gilt  $\Delta T/\Delta t = 0$ , und es folgt

$$F = \lambda \cdot T \quad (2)$$

An Hand von Glg. (1) und (2) ist die bisher nur anschaulich hergeleitete Situation von Bild 3 bestens bestätigt. Zwischen  $F$  – im angloamerikanischen Sprachgebrauch „Forcing“ – und der Temperatur  $T$  besteht ein linearer Zusammenhang, und der Quotienten  $F/T$  ist als Steigung der entsprechenden Geraden der Feedback-Faktor  $\lambda$ . Ein großes  $\lambda$  liefert gemäß Glg. (2) eine steile Gerade im  $F$ - $T$  Diagramm (Bild 3), und, da  $\lambda$  mit negativem Vorzeichen in Glg.(1) eingeht, ein negatives Feedback. Ein kleines  $\lambda$  dagegen wirkt weniger abschwächend, dies wird, obwohl kein Vorzeichenwechsel von  $\lambda$  erfolgt, dennoch als positives Feedback bezeichnet. Die Benennungen sind somit nicht ganz stimmig, aber in der Klimatologie eben so üblich. Wir halten nochmals für das Anomalie-Diagramm Wärmefluss gegen Temperatur fest:

**Der Feedback-Faktor  $\lambda$  ist die Steigung der zugehörigen Geraden**

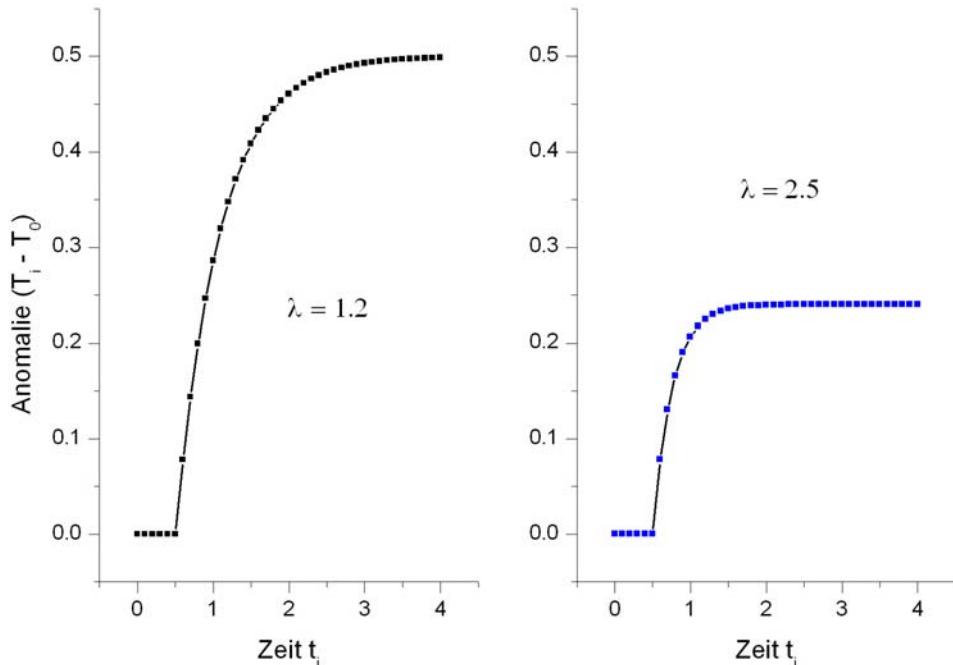
Glg. (1) kann problemlos numerisch gelöst werden, wenn man ausreichend nahe beieinanderliegende Zeitpunkte  $t_0, t_1, \dots$  mit konstanten Abständen  $\Delta t = t_{i+1} - t_i$  betrachtet.

Sie ist schrittweise mit einem Verfahren lösbar, das erstmalas von dem berühmten Mathematiker Leonard Euler (1707-1783) angewandt wurde und zu seinen Ehren „EULERsches Streckenzugverfahren“ genannt wird.

Hierbei entsprechen die Differenzen  $\Delta$  den Zeitdifferenzen  $t_{i+1} - t_i$ ,  $\Delta T$  wird zu  $T_{i+1} - T_i$  usw. Aus Glg. (1) wird damit die Iterationsvorschrift mit den Indizes  $i = 0, 1, 2, \dots$ .

$$T_{i+1} = T_i + \frac{1}{C_p} [F_i - \lambda \cdot T_i] \cdot \Delta t \quad (3)$$

mit dem Startwert  $T_0$  und mit der konstanten Zeitdifferenz  $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ . Zur Vereinfachung wählen wir willkürliche Werte ohne konkrete Bedeutung und zwar  $\lambda = 2$ ,  $F_{\text{alt}} = 2.4$ ,  $F_{\text{neu}} = 3$  ( $F_{\text{neu}}$  ab dem Zeitpunkt  $t_6$ ) und  $C_p = 1.3$ . Um einen stationären Anfangszustand mit  $\Delta T/\Delta t = 0$  einzustellen, muss nach Glg. (2) als erster Temperaturwert  $T_0 = F/\lambda$  genommen werden. Um ferner eine von  $T_0$  ausgehende Anomalie-Skala zu erhalten, wird als Ergebnis an Stelle von  $T_i$  die Anomalie  $(T_i - T_0)$  grafisch aufgetragen. Beispiele für  $\lambda = 1.2$  und  $\lambda = 2.5$  zeigen Bild 4. Zur Erläuterung: betrachten wir das linke Teilbild. Im stationären Zustand vor Einsetzen der Störung (von  $F = 2.4$  auf  $F = 3$ ) ist  $2.4/\lambda = 2.4/1.2 = 2 = T_0$ . Nach Einsetzen der Störung ergibt sich nach ausreichend langer Zeit  $3/\lambda = 3/1.2 = 2.5 = T$  sowie  $T - T_0 = 0.5$ . Diese Werte können gut aus Bild 4 abgelesen werden.



*Bild 4: Temperaturänderung auf Grund eines veränderten Forcing (man denke an einen großen, plötzlichen Vulkanausbruch, oder an langsam ansteigendes  $CO_2$ ) von  $F = 2.4$  auf  $F = 3$ , das hier plötzlich zum Zeitpunkt  $t = 0.6$  einsetzt, einmal mit dem Feedback-Faktor  $\lambda = 1.2$  (linkes Teilbild), zum zweiten mit  $\lambda = 2.5$  (rechtes Teilbild). Ein größeres  $\lambda$  entspricht, da es mit negativem Vorzeichen in Glg. (1) eingeht, einem abschwächenden (negativen) Feedback, ein kleineres  $\lambda$  einem verstärkenden (positiven) Feedback. Daraus folgt, wie das rechte Teilbild zeigt, die kleinere Temperaturanomalie  $(T_i - T_0)$  für  $\lambda = 2.5$  verglichen mit  $\lambda = 1.2$ .*

Die alles entscheidende Kernfrage, um die es bei der Auseinandersetzung zwischen AGW-Verfechtern mit ihren Klimamodellen und den die Messwerte favorisierenden Forschern, wie Roy Spencer geht, lautet „**Wie groß ist das reale  $\lambda$  der Erde?**“. Diese Frage sollte eigentlich schnell entschieden werden können. Und so ist es auch – leider aber ohne die Zusatzeffekte, um die es in der Auseinandersetzung geht.

Das  $\lambda$  der Erde, in der Literatur ist von „black-body response“ oder „Stefan-Boltzmann radiativ damping“ die Rede, wird zu  $\lambda = 3.3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  angegeben [11]. Der Wert ist im Grunde gut bekannt, so werden z.B. in [4], [8] aus  $3.7 \text{ Wm}^{-2}$  Forcing des sich verdoppelnden anthropogenen  $\text{CO}_2$   $1.1 \text{ }^\circ\text{C}$  globaler Temperaturerhöhung abgeleitet. Daraus folgen dann für  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  in etwa die bereits genannten  $3.3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ .

Erläuterung: Die genannten  $3.7 \text{ Wm}^{-2}$ , die aus Labormessungen über die Infrarotabsorption von  $\text{CO}_2$  hergeleitet werden, sind unsicher. In [9] werden wesentlich kleinere Werte nachgewiesen.

Die  $3.3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  sind der Referenzwert, an dem man sich orientiert. Werte darüber bedeuten negatives Feedback, Werte darunter positives. Die Abweichungen vom Referenzwert entstehen, wenn sich dem „black-body response“ andere Effekte überlagern, wie z.B. die vom IPCC bevorzugte Wasserdampfrückkoppelung oder Effekte, die nicht verstärkend, sondern umgekehrt dämpfend wirken [10], [11]. Um jetzt einige Zahlenwerte zu nennen, so verwenden die IPCC-Klimamodelle  $\lambda$  Werte zwischen  $0.89 \text{ J/(Ks)}$  und  $1.89 \text{ J/(Ks)}$ . Damit sind die Temperaturkatastrophen-Projektionen gut verständlich. Es stellt sich aber die Frage, ob diese IPCC-Projektionen überhaupt etwas mit der Realität zu tun haben.

## 5. Kann man das reale Feedback der Erde ermitteln?

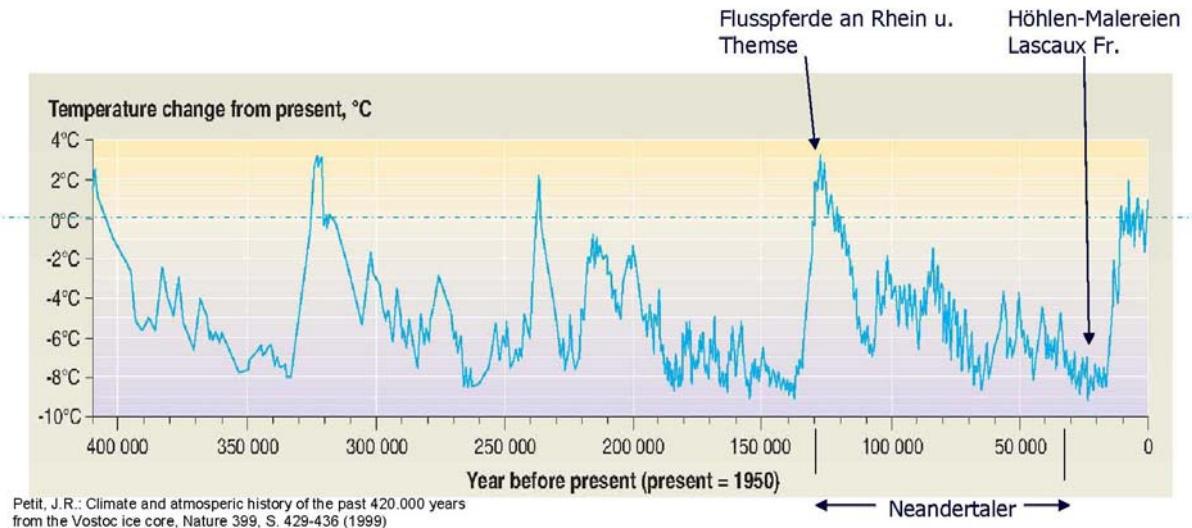
Wie schon erwähnt und wie es das IPCC und seine wissenschaftlichen Meinungsgegner gleichermaßen bestätigen, bewirkt eine (hypothetische) Verdoppelung der  $\text{CO}_2$  Konzentration in unserer Atmosphäre eine Verringerung des IR-Energieabflusses von der Erde in den Weltraum von grob  $3.7 \text{ W/m}^2$ , was zu einer globalen Temperaturerhöhung von ebenfalls grob  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  führt. Dieser Wert versteht sich ohne Feedback, und er ist direkt nicht messbar. Praktisch ist er harmlos und völlig unbedenklich, denn um  $\text{CO}_2$  Verdoppelung zu erreichen, müsste die Menschheit schon alle fossilen Brennstoffreserven verfeuern, was unrealistisch erscheint. Eine weitere Konzentrationserhöhung wirkt sich außerdem in etwa logarithmisch aus, so dass jede weitere Konzentrationsverdoppelung immer nur die genannten  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  globaler Erwärmung bewirken, also bei einer Vervierfachung und Verachtfachung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration. All dies bezieht sich auf den Fall des „natürlichen“ Feedback, also den bereits genannten  $3.3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  als „black-body response“.

Kommt zusätzliches Feedback ins Spiel, wird es reichlich undurchsichtig. Woran liegt das? Wenn wir auf der Erde eine globale Temperaturänderung messen, muss diese von einem veränderten Energieflussgleichgewicht der Erde verursacht worden sein. Leider kennt man das verursachende Forcing aber nicht, sieht man von Ausnahmen, wie globalweit spürbaren, extrem starken Vulkanausbrüchen ab, deren Forcing man aus Messungen zumidest grob abschätzen kann. Die Temperaturänderungen der Erde kann man dagegen heute mit Hilfe von Satelliten recht genau messen. Sie können entweder durch ein starkes Forcing verursacht worden sein, oder aber durch ein schwaches Forcing, das durch positives Feedback noch verstärkt wurde. Und schließlich ist noch der dritte Fall möglich, dass das Forcing zwar stark ist, aber durch negatives Feedback abgeschwächt wurde. Die Natur bevorzugt, wenn Spencer, Paltridge, Lindzen und ihre Mitauteuren recht haben, diesen dritten Weg.

Da man, wie schon betont wurde, das verursachende Forcing nicht oder nur sehr schwer messen kann, scheiden sich jetzt die „Geister“. Wenn man ein Forcing nicht kennt, liegt es nahe, nach Indizien zu suchen, die etwas über seinen unbekannten Wert aussagen. Dabei ergeben sich widersprüchliche Signale, wobei, wie sich herausstellen wird, dem IPCC der

Vorwurf zu machen ist, Indizien, die negatives Feedback anzeigen, zu ignorieren [11]. Aber der Reihe nach!

Betrachten wir als erstes das vom IPCC angeführtes Indiz der extrem wechselnden Erdtemperaturen der letzten 400.000 Jahre, also die Warm- und Kaltzeiten, wie sie uns aus Eisbohrkernanalysen der Arktis bekannt sind (Bild 5).



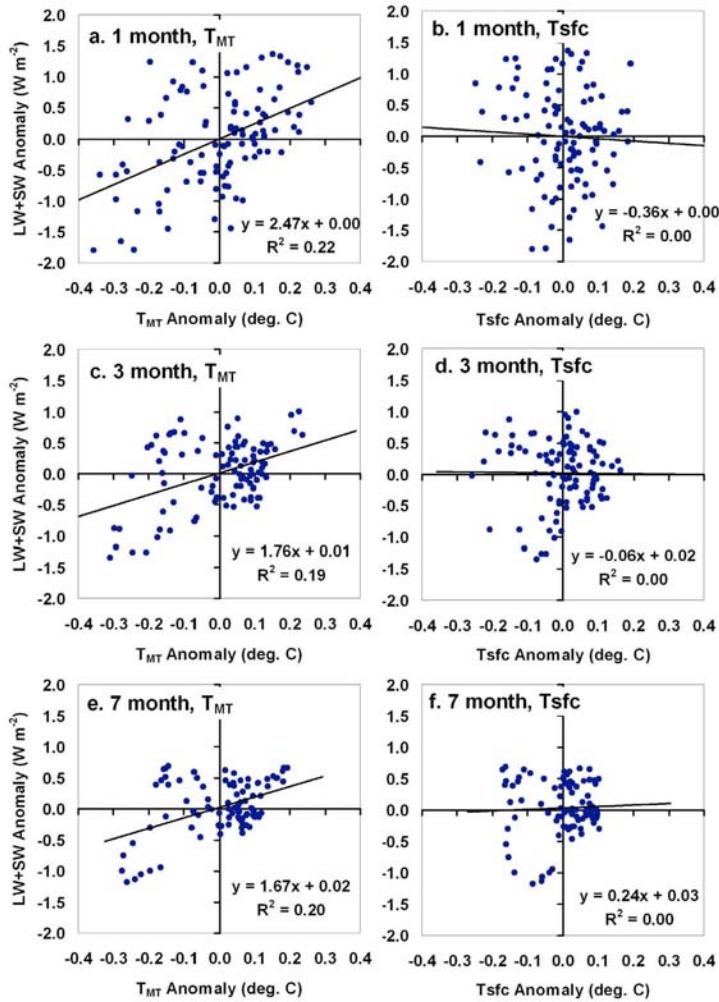
*Bild 5: Globale Mitteltemperaturanomalie, rekonstruiert aus Eisbohrkernen der Antarktis.*

Die Temperaturfluktuationen werden gemäß der Hypothese des serbischen Forschers Milankovitch gewöhnlich mit langfristigen Veränderungen der Erdumlaufbahn in Zusammenhang gebracht. In neuerer Zeit sind insbesondere die Veröffentlichungen [12], [13] hinzugekommen. Da dieses Forcing nur äußerst schwach sein kann, die sich hieraus ergebenden Temperaturänderungen aber sichtbar dramatisch sind, liegt die Annahme von einem starken positiven Feedback – insbesondere einem von CO<sub>2</sub> verursachten – nahe. Ein näheres Eingehen auf dieses Argument würde hier zu weit führen, es reicht aber aus, darauf hinzuweisen, dass gemäß dem bekannten MIT Mathematiker Carl Wunsch die Milankovitch-Zylen mit den Erdtemperaturen nicht besser als **zufällig** korrelieren [5].

Am Rande: C. Wunsch ist auch für eine pikante wissenschaftlich Auseinandersetzung mit Stefan Rahmstorf vom PIK bekannt. Rahmstorf gelangte über wissenschaftliche Fachkreise hinaus mit seiner Hypothese vom möglicherweise infolge anthropogener Erwärmung abbrechenden Golfstrom in die Medien. Widerlegende Fachveröffentlichungen von C. Wunsch haben dieser Hypothese schnell den „Garaus“ gemacht, heute spricht niemand mehr vom „abbrechenden“ Golfstrom. Man darf daher vermuten, dass Rahmstorf nicht gerade als enger Freund von C. Wunsch bezeichnet werden kann.

Der sehr gute Gleichlauf (Korrelation) von Temperaturen mit CO<sub>2</sub>-Konzentration (nicht in Bild 5 enthalten) entpuppt sich bei feinerer Zeitauflösung im Übrigen als ein Hinterherlaufen des CO<sub>2</sub> den Temperaturen um etwa 800 Jahre. So lange braucht ein Weltmeer um sich umzuwälzen, so dass der beobachtete Zusammenhang bestens mit der verminderten Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in wärmeren Meerwasser erklärbar ist und gemäß dem bewährten Ockham-Prinzip keine neue Hypothese benötigt. Die Frage, welches Forcing denn nun die erdhistorischen Warm- und Kaltzeiten verursacht hat, ist infolgedessen bis heute noch nicht entschieden.

Wesentlich stichhaltiger ist dagegen das IPCC-Argument, das sich aus einer (naiven) Betrachtung von Satellitendaten ergibt, wie sie in nachfolgendem Bild 5 gezeigt werden, das aus [2] entnommen wurde.



**Figure 1.** Global average Terra CERES net (LW + SW) radiative flux anomalies (a, c, and e) versus UAH midtropospheric temperature ( $T_{MT}$ ) anomalies and (b, d, and f) versus HadCRUT3 surface temperature ( $T_{sfc}$ ) anomalies at the indicated averaging times of 1, 3, and 7 months during the period March 2000 through December 2008.

*Bild 6: Satellitenmessungen von Strahlungs- gegen Temperaturanomalien. Die Graphiken entsprechen der erläuternden Situation in Bild 3.*

Zum besseren Verständnis sei etwas genauer erläutert, was in Bild 6 dargestellt ist. Der CERES Satellit hat ein Auge auf die Sonne SW (short wave) und ein anderes auf die Erde LW (long wave) gerichtet. Die Differenzen der beiden Strahlungsflüsse (LW-SW) sind auf der y – Achse aufgetragen. Ferner misst CERES die Temperaturen T der tiefen Atmosphäre, diese Wert sind auf der x – Achse aufgetragen. Jeder Punkt ist ein Zustandspunkt (LW-SW) gegen T zu einem bestimmten Zeitpunkt t. Die Zeit t kommt in den Diagrammen von Bild 6 nicht vor.

Die Satellitendaten in Bild 6 deuten mit ihren vorwiegend flachen Regressionsgeraden auf ein kleines  $\lambda$  von Glg. (1) und damit auf ein stark positives Feedback hin, so dass der Einbau dieser Art von starkem (unbekannten) Feedback in die Klimamodelle des IPCC sogar nachvollziehbar ist. Das IPCC spricht in seinen fiktiven „Modellprojektionen“ mit solchen ebenso fiktiven, kleinen  $\lambda$  Werten von Temperatursteigerungen infolge CO<sub>2</sub>-Verdoppelung von bis zu 6 °C und sogar noch darüber hinaus. Die erdgeschichtliche Vergangenheit zeigt

indes, dass die IPCC-Modelle (drücken wir es einmal vorsichtig aus) fragwürdig sind. Niemals ist ein so starkes Feedback schlüssig nachgewiesen worden. Was stimmt hier nicht?

## 6. Wolken

Spencer teilt das „Forcing“ von Glg. (1) in ein „Strahlungs-Forcing“  $N(t)$  und ein „Nicht-Strahlungs-Forcing“ auf. Glg. (1) wird mit  $F(t) = N(t) + S(t)$  dann zu

$$C_p \frac{\Delta T(t)}{\Delta t} = N(t) + S(t) - \lambda \cdot T(t) \quad (4)$$

Das Strahlungs-Forcing  $N(t)$  entsteht im Wesentlichen durch die relativ schnell fluktuierende Wolkenbedeckung, die damit eine entsprechend rasch fluktuierende Temperaturänderung bewirkt. Feedback spielt bei diesem Mechanismus keine Rolle. Nicht-Strahlungs-Forcing ist zum Beispiel durch die Fluktuationen im Temperaturaustausch zwischen der Oberflächenschicht und dem Tiefenwasser in Ozeanen bedingt.  $S(t)$  stellt einen wesentlich langsameren Prozess als das  $N(t)$  durch Wolken dar. Ferner enthält  $S(t)$  Feedback. Um im vorgenannten Ozean-Beispiel zu bleiben, beeinflusst die Wassertemperatur des Ozeans die Temperatur der Atmosphäre, diese wirkt wiederum auf die Wassertemperatur zurück usw.

Der entscheidende Punkt, den Spencer betont, ist nun

Satelliten messen das **Strahlungs-Forcing  $N(t)$  zusammen mit dem Feedback  $\lambda \cdot T(t)$** , d.h. die **Überlagerung** beider Effekte! Es gibt ohne weiteres keine Möglichkeit, das gesuchte  $\lambda \cdot T(t)$  in dieser Mischung zu erkennen.

Ermittelt man daher, wie es das IPCC naiv(?) macht, aus der Steigung einer Regressionsgeraden in Bild 5 (s. auch Bild 3 bzw. Glg. (2)) den gesuchten Feedback-Parameter  $\lambda$ , so ermittelt man unvermeidbar und fälschlicherweise das gesuchte  $\lambda$  aus einer vom Satelliten gemessenen Mischung von  $N(t)$  und  $\lambda \cdot T(t)$ . Spencer weist nach, dass das schnell fluktuierende  $N(t)$  die Geradensteigungen in Bild 5 bzw. Bild 3 generell zu viel zu kleinen Werten  $\lambda$  herunter zieht, die dann in die IPCC-Modelle eingehen. Infolge des Wolkeneinflusses, der sich in  $N(t)$  manifestiert, verwenden somit die IPCC-Modelle zu kleine Feedback-Parameter, oder anders ausgedrückt, ein in der Realität gar nicht vorhandenes, stark positives Feedback. Bemerkenswert ist, dass die Argumentation von Spencer mit jedem PC, auf dem EXCEL läuft, leicht nachvollzogen werden kann. Extrem teure Superrechner, wie sie in der Klimaforschung eingesetzt werden, sind gar nicht nötig!

Spencer hat nämlich auf seiner Website ein EXCEL-Spreadsheet zum Herunterladen zur Verfügung gestellt, mit welchem die Differenzengleichung Glg. (4) mit unterschiedlichen Parameterwerten und Verläufen von  $S(t)$  und  $N(t)$ , die per Zufallsgenerator erzeugt werden, ganz allgemein gelöst werden kann [6]. Für Leser, die ein wenig mit EXCEL-Programmierung und der einfachen Numerik bei der Lösung von Glg. (4) vertraut sind, bereitet die Anwendung dieses Spread-Sheets keine Probleme. Man kann durch entsprechend unterschiedliche Forcings, die dann jeweils mehr oder weniger das  $N(t)$  gegenüber dem  $S(t)$  betonen, die gleichen Verteilungen simulieren, wie sie auch in den realen Satellitenmessungen beobachtet werden. Mit dem Spreadsheet von Spencer lässt sich daher anschaulich demonstrieren, wie die Geradensteigungen  $\lambda$  (Bild 3 und Bild 5) bei zunehmenden Anteilen des Strahlungs-Forcings  $N(t)$ , d.h. bei fluktuiender Wolkenbedeckung, immer kleiner werden und wie erst mit sehr kleinem  $N(t)$  der tatsächliche Feedback-Parameter  $\lambda$  überhaupt verlässlich zu ermitteln ist. Leider tut uns die Natur nicht den Gefallen, nur das  $\lambda \cdot T(t)$  den

Satelliten zu liefern, das die Auswertung der Messung zerstörende  $N(t)$  ist immer dabei. Bild 7 zeigt zwei vom Autor gerechnete Beispiele mit dem Spread-Sheet von Spencer.

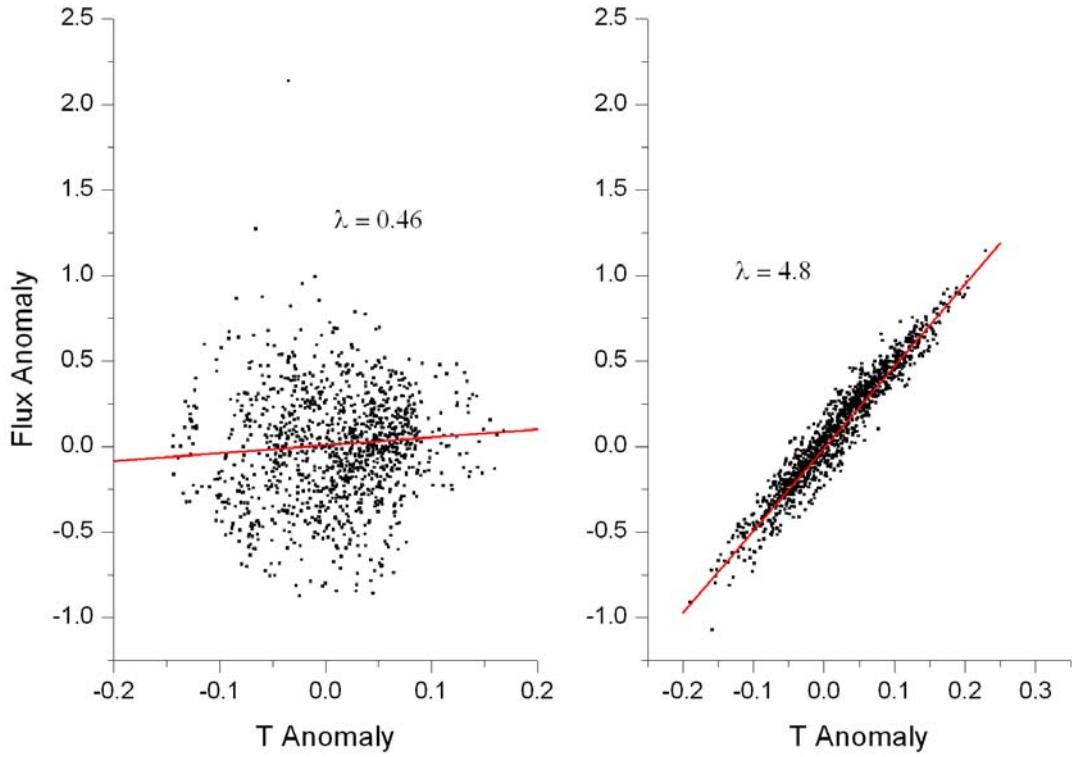


Bild 7: Links eine mit dem EXCEL-Spread-Sheet von Spencer [6] simulierte Satellitenmessung mit starkem „Wolkenanteil“  $N(t)$ , der zu kleiner Geradensteigung und damit zu starkem positiven Feedback führt. Rechts die gleiche Rechnung mit schwachem Wolkenanteil, also negativem Feedback. Aus dem Vergleich wird deutlich, dass die stets vorhandene, fluktuiierende Wolkenbedeckung den gesuchten Geradenverlauf  $\Delta F / \Delta T = \lambda$  und damit das gesuchte  $\lambda$  in den realen Satellitenmessungen bis zur Unkenntlichkeit maskiert.

Die Arbeiten von Spencer und Braswell schildern weiterhin nicht nur, wie ein naturgemäß immer vorhandenes  $N(t)$  es extrem schwierig macht, das gesuchte Feedback  $\lambda$  sauber zu ermitteln, sie versuchen auch zu zeigen, wie sich das Wolkenforcing  $N(t)$  im Detail auswirkt. Hierzu wird insbesondere der zeitliche Verlauf der in Bild 6 bzw. Bild 7 dargestellten Messpunkte herangezogen, der bisher nicht berücksichtigt wurde. Zu diesem Zweck werden zeitlich aufeinanderfolgende Messpunkte in Bild 6 miteinander verbunden, so dass Zeittrajektorien entstehen, die zusätzliche Informationen enthalten [2]. In [2] und [3] werden zudem Kreuzkorrelationen („lead and lag regression“) zwischen den monatlichen Temperaturanomalien und den Flux-Anomalien analysiert. Mit „Kreuzkorrelation“ ist gemeint, dass die Korrelation von zueinander zeitverschobenen T und (LW-SW) Werten ermittelt wird.

An dieser Stelle ist in der vorliegenden Beschreibung die wissenschaftliche Front erreicht. Die Auseinandersetzung von Spencer (zusammen mit seinen Mitautoren und weiteren Autoren) mit dem IPCC, das sich in nicht nur im Falle Spencer mit bemerkenswerter Schnelligkeit und Heftigkeit an Widerlegungen macht, ist komplex, und die Argumente gehen über eine vereinfachte Beschreibung der Zusammenhänge, wie sie hier versucht wurde, weit hinaus. Zur weiteren Information muss daher auf die Originalarbeiten von Spencer und die

diese Arbeit (angeblich) widerlegende Arbeit von Dessler [14] und die insbesondere hierauf folgenden Diskussionen auf der Webseite von „Wattsupwiththat“ verwiesen werden.

Es sei erwähnt, dass hinter dem heftigen „Gegenfeuer“ des IPCC die begründete Befürchtung steht, dass Forscher wie Spencer, Braswell, Lindzen, Choi, Paltridge, Arking, Pook (und weitere) die bereits seit längerem stark abnehmende politische Wirkung der AGW-Hypothese noch weiter schwächen werden.

### **Literaturhinweise:**

- [1] R. Spencer, The great global warming blunder; how mother nature fooled the world's top climate scientists, Encounter books (2010)
- [2] R. Spencer, and W.D. Braswell, On the diagnosis of radiative feedback in the presence of unknown radiative forcing, Jour. Geophys. Res., Vol. 115, D16109 (2010)
- [3] R. Spencer, and W.D. Braswell, On the misdiagnosis of surface temperature feedbacks from variations in Earth's radiant energy balance, Remote Sensing 2011, 3, p. 1603 (2011)
- [4] <http://www.eike-klima-energie.eu/news-anzeige/der-treibhauseffekt-wie-funktioniert-er/>
- [5] C. Wunsch, Quantitative estimat of the Milankovitch-forced contribution to observed Quaternary climate change, Quaternary Science Reviews 23, p. 1001 (2004)
- [6] <http://www.drroyspencer.com/2010/04/simple-climate-model-release-version-1-0/>
- [7] Wegen der zahlreichen Kommentare am besten in Wattsupwiththat
- [8] R. Link, and H.-J. Lüdecke, A New Basic 1-Dimensional 1-Layer Model obtains excellent Agreement with the observed Earth Temperature, International Journal of Modern Physics C, Vol. 22, No. 5, p. 449 (2011)
- [9] H. Harde, Was trägt CO<sub>2</sub> wirklich zur globalen Erwärmung bei? ISBN 9 783842371576 (2011)
- [10] G. Paltridge, A. Arking, and M. Pook, Trends in middle- and upper-level tropospheric humidity from NCEP reanalysis data, Theor. Appl. Climatol 98, p. (2009)
- [11] R.S. Linzen, and Y-S. Choi, On the determination of climate feedbacks from ERBE data, Geophys. Res. Lett., Vol. 36, L16705 (2009)
- [11] P.M. Forster, and G.M. Gregory, “The climate sensitivity and its Components from Earth Radiation Budget Data”, J. Clim. 19, p. 39 (2006)
- [12] A. Berger, Milankovitch theory and climate, Reviews of Geophysics, Vol. 26, No. 4, p. 624 (1988)
- [13] A. Berger, and M.F. Loutre, Insolation values for the climate of the last 10 Million years, Quaterny Science Rev., Vol. 10, p. 297 (1991)
- [14] A.E. Dessler, A determination of the cloud feedback from climate variations over the past decade, science, Vol. 330, p. 1523 (2010)

Anmerkung: Viele Arbeiten sind aus dem Internet herunterladbar. Zur Suche ist insbesondere „Google scholar“ zu empfehlen. Hier reicht es oft aus, in das Suchfeld die Nachnamen der Autoren und ein paar Stichworte des Titels ihrer Arbeit einzugeben.