

## Wie funktioniert die Klimagleichung?

Eine einfache Modellrechnung



### Die Klimagleichung

In einem einfachen Modell veranschaulichen wir das Aerosolproblem:

In einem Klimamodell gibt es Faktoren, die das Klimasystem antreiben. Dieser Antrieb kann positiv sein und zu einer Erwärmung führen. Er kann auch negativ sein und zu einer Abkühlung führen. Wir bezeichnen diesen Antrieb mit "delta Q". Ändern sich diese Faktoren über die Zeit (z.B. seit der Industrialisierung bis heute), indem die Treibhausgase zunehmen oder sich die durchschnittliche Sonneneinstrahlung oder Bewölkung ändert, so ändert sich auch die durchschnittliche Temperatur auf der Welt, die wir als "delta T" bezeichnen. Die Temperaturänderung ist umso größer, je empfindlicher das Klimasystem auf eine Veränderung im Antrieb reagiert. Diese Klimaempfindlichkeit drücken wir durch den griechischen Buchstaben "Lambda" aus.

Wir können nun schreiben:

**Temperaturänderung = Klimaempfindlichkeit x Antriebsfaktoren**

$$\Delta T = \lambda \cdot \Delta Q$$

mit:

$\Delta T$  [°C] Temperaturänderung über den betrachteten Zeitraum

$\lambda$  [ $\frac{^\circ\text{C}}{\text{W/m}^2}$ ] Klimaempfindlichkeit

$\Delta Q$  [W/m<sup>2</sup>] Änderung der Antriebsfaktoren über den betrachteten Zeitraum (in Watt pro Quadratmeter)



### Was sind Antriebsfaktoren?

Die Klimaforschung setzt sich mit der Frage auseinander, welche Größen sich hinter den Antriebsfaktoren verbergen. Einen erheblichen Anteil machen die Treibhausgase (engl. greenhouse gases GHG) aus: Kohlendioxid, Methan, Ozon, Distickstoffmonoxid, FCKW. Ihr Anteil in der Luft hat sich seit der Industrialisierung erheblich erhöht. Sie halten die Infrarotstrahlung der Erde stärker zurück. Dieser Strahlungsantrieb macht etwa + 2,4 W/m<sup>2</sup> aus. Dann gibt es noch einige andere Antriebsfaktoren, die positiv oder negativ sein können, sich aber insgesamt weniger stark auf die Erdtemperatur auswirken. Schließlich haben noch die Aerosole durch direkte Reflexion des Sonnenlichtes oder indirekt über die Wolkenbildung einen großen Einfluss. Über diesen wissen wir jedoch nicht genug. Wir

gehen davon aus, dass dieser Antrieb kühlend wirkt und in einem Bereich von -1 bis -2 W/m<sup>2</sup> liegen könnte.

In einer Gleichung ausgedrückt bedeutet dies für die Summe der Antriebsfaktoren:

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{GHG}} + \Delta Q_{\text{other}} + \Delta Q_{\text{aerosol}}$$

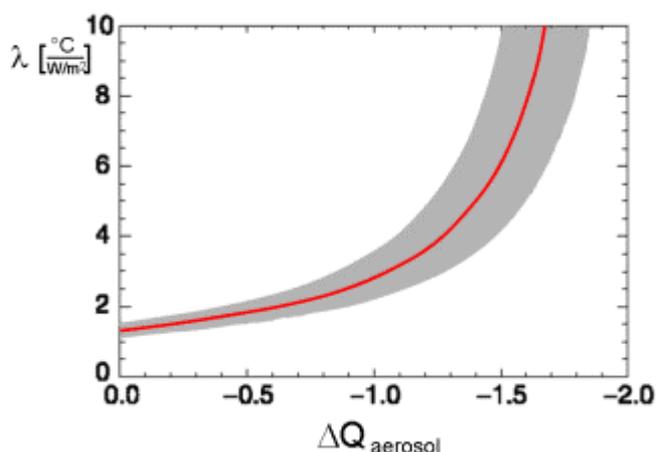


### Wie stark beeinflusst die Aerosolkühlung die Klimaempfindlichkeit?

Ein vereinfachtes Rechenbeispiel mit glatten Zahlen zeigt uns, dass die Abschätzung der Klimaempfindlichkeit sehr stark von der Größe der Aerosolkühlung abhängt. Wir nehmen an, eine Temperaturänderung von 2°C wurde beobachtet. Weiterhin nehmen wir an, der Antrieb aus Treibhausgasen und anderen Faktoren betrage zusammen 2 W/m<sup>2</sup>. Da wir nicht genau wissen, wie stark sich die Aerosolkühlung auswirkt, nehmen wir vier verschiedene Werte an: 0 ; -1 ; -1,5 ; -1,75 W/m<sup>2</sup>. Welche Klimaempfindlichkeit ergibt sich hieraus?

$\Delta T$ [°C]	Antrieb Treibhausgase + andere	Antrieb Aerosol	$\Delta Q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\lambda$ [°C/W/m <sup>2</sup> ]
2	+ 2	0	2	1
2	+ 2	- 1	1	2
2	+ 2	- 1,5	0,5	4
2	+ 2	- 1,75	0,25	8

Wir sehen, dass die Klimaempfindlichkeit Werte von 1, 2, 4 und 8 °C pro W/m<sup>2</sup> annimmt. Sie ist also enorm unsicher. Dies ist auch in der wirklichen Klimamodellrechnung so. Klimamodelle verwenden z.B. derzeit Empfindlichkeiten von 1,5 bis 4,5 °C pro W/m<sup>2</sup>.



Die Grafik links zeigt, welche Ergebnisse mit einer gewissen Schwankungsbreite (in grau) die wissenschaftlichen Berechnungen liefern.

**Grafik: Erstellt auf der Basis des Nature-Artikels von Andreae, Jones und Cox vom 30.06.2005**



### Wenn die Klimaempfindlichkeit hoch ist ...

Was geschieht nun, wenn wir annehmen, die Aerosolkühlung läge heute recht hoch (ca. 1,5 W/m<sup>2</sup>), nähme aber in Zukunft allmählich ab, während sich der Anteil der Treibhausgase in der Luft weiter erhöht. Wir setzen Zahlen ein:

Antrieb Treibhausgase + andere	Antrieb Aerosol	$\Delta Q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\lambda$ [ $\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W/m}^2}$ ]	$\Delta T$ [°C]
+ 2,5	1	1,5	4	6
+ 3	- 0,5	2,5	4	10

Wir sehen, dass die weltweite Temperatur stark ansteigen würde.

Dieses Beispiel einer Klimamodellrechnung ist zwar sehr stark vereinfacht. Es erklärt aber die Grundüberlegungen, die hinter den Befürchtungen der Wissenschaftler stehen.

© ACCENT 2006 | [www.accent-network.org](http://www.accent-network.org)