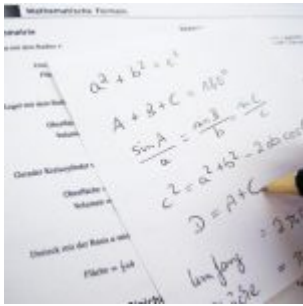


Klima-Zerrbild wegen kleinster Nenner



Es gibt dieser Tage sehr viele Indizes, mit denen die Aufmerksamkeit der Menschen erregt wird, und zwar wegen der genannten großen Zahlen. Aber in der Realität stammen diese großen Zahlen samt und sonders aus sehr kleinen Nennern, wenn man ein Verhältnis berechnet. Drei prominente Beispiele dieser mathematischen Tatsache sind: Der Rückkopplungs-Effekt in den Globale-Erwärmung-Modellen; das „Globale-Erwärmung-Potential“ und der „Happy Planet Index“. Jeder dieser Indizes ist behaftet mit der enormen Verzerrung, zu der es kommt, wenn ein Divisor sehr klein ist.

A. Der „Happy Planet Index“ ist am einfachsten zu erklären: Er wird herangezogen, um verschiedene Länder miteinander zu vergleichen und hat folgende Form:

$$(a \times b \times c) / d.$$

In dieser Gleichung bedeuten:

a = Wohlergehen: „wie zufrieden sind die Einwohner eines jeden Landes mit ihrem Leben allgemein?“ (auf der Grundlage einer Gallup-Umfrage.)

b = Lebenserwartung

c = Ungleichheiten der Ergebnisse („die Ungleichheiten zwischen den Menschen innerhalb eines Landes hinsichtlich der Lebensdauer und wie glücklich sie sich fühlen auf der Grundlage der Verteilung und des Wohlergehens in jedem Land“)

d = ökologischer Fußabdruck („die mittlere Auswirkung eines jeden Einwohners eines Landes auf die Umwelt auf der Grundlage der Daten, die vom Global Footprint Network aufbereitet sind“).

Wie stehen die ausgewählten Länder nun da? Mit diesem Index ist Costa Rica mit einem Wert von 44,7 die Nummer 1, gefolgt von Mexiko mit einem Wert von 40,7 an Nummer 2. Bangla Desh rangiert mit einem Wert von 38,4 auf Rang 8, Venezuela mit einem Wert von 33,6 auf Rang 29 und die USA mit einem Wert von 20,7 auf Rang 108 – von 140 betrachteten Ländern.

Neben solchen auf der Hand liegenden Fragen wie „warum kommen so viele Menschen aus Mexiko in die USA, während kaum jemand den umgekehrten Weg nimmt?“ ist es instruktiv, einmal näher den Divisor (Faktor d in der Gleichung) zu betrachten beim Errechnen dieser numerischen Indexwerte.

Jedes Land mit einem sehr geringen Niveau ökonomischer Aktivitäten wird hinsichtlich des „ökologischen Fußabdrucks“ einen kleinen Wert aufweisen. Unbewohnter Dschungel oder Wüsten stehen in dieser Hinsicht weit unten. Mit einem sehr kleinen Wert des Faktors d spielt es keine große Rolle, welche Werte die Faktoren a bis c annehmen – der kleine Nenner garantiert, dass der Quotient groß ist. Daher der große Index für einige wirklich armselige Plätze.

Die zugrunde liegende Ursache, dass der „Happy Planet Index“ so irreführend ist, ist die Einbeziehung einer Division durch eine Zahl, die für einige Länder ziemlich dicht bei Null liegt.

B. Das zweite Beispiel für diesen Effekt ist der Parameter „Globale-Erwärmung-Potential“. Dieser wird herangezogen, um die relative Stärke der ausgewählten Treibhausgase zu vergleichen.

Die falsche Anwendung von Zahlen hierbei hat zu allen möglichen Arten grauenhafter Prophezeiungen geführt hinsichtlich der Notwendigkeit, sehr kleine Mengen von Spurengasen wie Methan (CH_4), NO_2 und Andere loszuwerden.

Der Terminus „Globale-Erwärmung-Potential“ ist erstmals im 2. IPCC-Zustandsbericht aufgetaucht. Er wurde später, genauer im 4. Zustandsbericht aus dem Jahr 2007 in eine Formel gekleidet. Dies wird beschrieben in Abschnitt 2.10.2 des Textes der Arbeitsgruppe 1. Um zu begreifen, was das bedeutet, ist es zunächst einmal erforderlich zu verstehen, wie Moleküle Strahlung absorbiert und emittiert werden.

Jedes Gas absorbiert Strahlung in bestimmten Spektralbändern. Je mehr dieses Gases vorhanden ist, umso mehr wird absorbiert. Stickstoff (N_2) mit einem Anteil von 77% in der Atmosphäre absorbiert im nahen UV-Spektrum, aber nicht im sichtbaren oder infraroten Bereich. Wasserdampf (H_2O) ist ein ausreichend starker Absorbierer im Infraroten, dass es den *Treibhauseffekt* verursacht und die Erde um über 30°C erwärmt, was unseren Planeten viel angenehmer zu bewohnen macht. An Stellen, wo nur wenig Wasserdampf vorhanden ist, gibt es weniger Absorption, weniger Treibhauseffekt, und bald wird es kalt (nachts in der Wüste).

Hat ein Molekül erst einmal ein Photon absorbiert, gewinnt es an Energie und wechselt in einen angeregten Zustand. Bis diese Energie wieder abgegeben wird (via Rückstrahlung oder Kollisionen), wird jenes Molekül kein weiteres Photon absorbieren. Die Folge hiervon ist, dass die Gesamt-Absorption durch jedwedes Gas allmählich *saturiert*, wenn die Menge jenes Gases zunimmt. Eine kleine Gasmenge absorbiert sehr effizient, aber wenn sich die Menge verdoppelt, wird die Absorption weniger als doppelt so groß sein wie zuerst. Und so weiter bei jeder weiteren Verdoppelung. Wir sagen, dass die Absorption *logarithmisch* abhängig ist von der Konzentration des jeweiligen Gases. Die Kurve, wie stark die Gesamt-Absorption abnimmt, variiert entsprechend der Exponential-Funktion $\exp(-X/A)$, wobei X für die präsente Gasmenge steht (normalerweise angegeben in ppm) und A für eine Konstante relativ zur Physik des Moleküls. Jedes Gas wird einen anderen Wert aufweisen, angegeben als B, C, D usw. Erhält man diese Zahlen innerhalb von 15%, wird das als ziemlich gut angesehen.

Es gibt so viel Wasserdampf in der Atmosphäre (variabel, über 10.000 ppm oder 1% als Konzentration), dass dessen Absorption vollständig gesättigt ist. Da gibt es nicht mehr viel zu diskutieren. Im Gegensatz dazu weist das Gas CO₂ einen stetigen Wert um 400 ppm auf, und dessen Absorption ist zu 98% gesättigt. Das fällt zusammen mit dem Koeffizient A, der grob äquivalent zu 100 ppm ist.

Diese Exkursion in die Physik der Absorption zahlt sich aus, wenn wir auf die Mathematik schauen, mit der das „Globale Erwärmung Potential“ (GWP) eines Spurengases berechnet wird. GWP ist definiert als das *Verhältnis* der Steigung der Absorptions-Kurven für zwei Gase: hier die Steigung des interessierenden Gases dividiert durch die Steigung für Kohlendioxid. Die Steigung einer heden Kurve ist die erste Ableitung jener Kurve. Ökonomen sprechen von einer „marginalen“ Änderung in einer Funktion. Bei einer Änderung von 1 ppm der Konzentration, wie ändert sich dann die *Strahlungs-Effizienz*?

An diesem Punkt ist es entscheidend, sich vor Augen zu führen, dass jedes andere Gas mit CO₂ verglichen wird, um dessen GWP-Wert zu bestimmen. Mit anderen Worten, welcher GWP-Wert auch immer für CO₂ bestimmt ist, wird jener Wert rückgesetzt auf 1, damit die Berechnung des GWP für ein Gas eine Zahl *im Vergleich zu CO₂* erzeugt. Die Steigung der Absorptionskurve für CO₂ wird zum *Divisor* der Berechnung des GWP jedes anderen Gases.

Jetzt wollen wir jenen Divisor berechnen: Wenn die Absorptions-Funktion lautet $\exp(-X/A)$, dann ist es eine mathematische Tatsache, dass die erste Ableitung lautet $[-1/A][\exp(-X/A)]$. Im Falle der CO₂-Konzentration von 400 ppm beträgt die Steigung, wenn A 100 ppm ist, $[-1/100][\exp(-4)] = -0,000183$. Das ist eine mächtig flache Kurve mit einer extrem geringen Steigung, die leicht negativ ist.

Als Nächstes untersuchen wir das Gas, das mit CO₂ verglichen werden soll, und berechnen den Dividend:

Man muss erwähnen, dass die Berechnung des GWP auch einen Faktor enthält, der mit der atmosphärischen Lebensdauer eines jeden Gases in Relation steht. Dazu mehr im Anhang [*hier nicht übersetzt*]. Hier wollen wir uns auf die Änderung der Absorption konzentrieren bei einer geringen Änderung der Konzentration. Die Steigung der Absorptionskurve wird vergleichsweise steil sein, weil jenes Molekül in niedriger Konzentration vorliegt und in der Lage ist, alle Photonen einzufangen, die auf seinem Weg liegen.

Um es numerisch zu erfassen, wollen wir Methan (CH₄) mit einer atmosphärischen Konzentration von etwa $Y = 1,7$ ppm annehmen, die N₂O-Konzentration mit $Z = 0,3$ ppm. Deren numerische Koeffizienten sind vielleicht $B \sim 50$ oder $C \sim 150$; sie werden nicht sehr weit entfernt liegen vom Wert von A für CO₂. Die erste Ableitung ergibt dann $[-1/B][\exp\{-Y/B\}]$. Man schaue genau hin: mit Y oder Z so dicht bei Null wird der Exponentialfaktor nahe 1 liegen. Damit wird die Ableitung lediglich zu $1/B$ (oder $1/C$, usw). Vielleicht beträgt jene Zahl $1/50$ oder $1/150$ – aber sie wird nicht so klein sein wie $0,000183$, also die Steigung, welche im Nenner erscheint.

Tatsächlich ist der Divisor (die Steigung der CO₂-Kurve, wenn sie nahe der

Sättigung ist) garantiert um einen Faktor von etwa $[\exp(-4)]$ kleiner als der Zähler – aus dem sehr einfachen Grund, weil es ~ 400 mal so viel CO_2 gibt und dessen Job als Photonen-Absorbierer weitgehend getan ist.

Wenn ein normal großer Dividend durch einen kleinen Divisor geteilt wird, wird der Quotient immer größer. Das GWP für ausgewählte Gase ergibt dann sehr große Zahlen, wie etwa 25 für CH_4 und 300 für N_2O . Der Faktor der atmosphärischen Lebenszeit macht einige dieser Zahlen noch größer: einige FCKWs (Freon) haben gigantische GWPs: HFC-134a (verwendet in den meisten Auto-Air-Conditioners), schlägt mit einem GWP über 1300 zu Buche. Das IPCC nennt eine Fehler-Bandbreite von $\pm 35\%$ bzgl. dieser Schätzungen. Die Wirklichkeit jedoch ist, dass jeder einzelne der berechneten GWP-Werte enorm aufgebläht ist infolge der Division durch einen extrem kleinen Divisor assoziiert mit der Steigung der CO_2 -Absorptionskurve.

Die Berechnung des GWP ist nicht so sehr eine Warnung bzgl. anderer Gase, sondern eher eine Anklage gegen CO_2 , welches (bei 400 ppm) seine Absorption nicht nennenswert ändert, falls die CO_2 -Konzentration um 1 ppm ab- oder zunimmt.

C. Das dritte Beispiel sind die Schätzungen des „Rückkopplungs-Effektes“ in den Computermodellen der globalen Erwärmung

Der Terminus „Klimasensitivität“ drückt aus, wie stark die Temperatur steigen wird, falls sich die CO_2 -Konzentration verdoppelt. Ein relevanter Parameter bei der Berechnung ist der „Strahlungsantrieb“ [radiative forcing], welcher entweder *mit* oder *ohne* Rückkopplungseffekte assoziiert mit Wasserdampf in der Atmosphäre bearbeitet werden kann. Lässt man viele Details außen vor, involviert der Fall „keine Rückkopplung“ einen Faktor l , welcher die Stärke des Erwärmungseffektes von CO_2 charakterisiert. Aber *mit* Rückkopplung ändert sich dieser Faktor zu $[l / (1 - bl)]$, wobei b die Summe ausgewählter Rückkopplungs-Terme ist wie etwa die Reflektion von Strahlung durch Wolken und andere physikalische Vorgänge; jedem davon wird eine numerische Quantität zugeteilt. Der Wert von l neigt dazu, etwa 0,3 zu betragen. Die gesammelte Summe der Rückkopplungs-Terme ist stark variabel und Gegenstand heißer Diskussionen, aber in den vom IPCC in früheren Jahren verwendeten Computermodellen neigt der Wert von b dazu, etwa $b = 2,8$ zu betragen.

Man beachte, dass wenn $l \sim 1/3$ und $b \sim 3$ der Nenner Null wird. Für den speziellen Fall von $l = 0,3$ und $b = 2,8$ wird der Nenner zu 0,16 und der „Rückkopplungs-Faktor“ zu 6,25. Es war jener kleine Nenner und der als Folge übertriebene Rückkopplungs-Faktor, welcher die Schätzung der „Klimasensitivität“ von unter 1°C ohne Rückkopplungen auf alarmierend große Schätzungen der Temperaturänderung getrieben hat. In einigen Zeitungen war von einer „Zunahme der globalen Temperaturen um 5°C “ die Rede. Niemand hatte auf die numerischen Details geachtet.

Während der letzten Jahre haben sich die Kenntnisse verschiedener positiver und negativer Beiträge zu Rückkopplungen verbessert, und der Wert der Summe b fiel auf etwa 1, was den Rückkopplungs-Faktor auf etwa 1,4 reduzierte. Der vor 30 Jahren geschätzte Wert der „Klimasensitivität“ betrug $3^\circ\text{C} \pm 1,5^\circ\text{C}$.

Heute spricht das IPCC vorsichtig von einer projizierten Klimasensitivität als „nahe dem unteren Ende der Bandbreite“ liegend. Diese ernüchternde Revision kann zurückverfolgt werden auf die Änderung eines kleinen Divisors zu einem normalen Divisor.

Unter dem Strich: Aus all dem ergibt sich, dass man auf kleine Divisoren achten muss.

Jedweder am Fließband erstellte numerische Faktor ist zunehmend bedeutungslos, wenn der Divisor kleiner wird.

Wenn bei der Berechnung einiger Parameter (wie etwa „Klimasensitivität“ oder „Globale-Erwärmung-Potential“ oder „Happy Planet Index“) ein kleiner Divisor involviert ist, glaube man diese Werte nicht. Derartige Parameter haben keine Bedeutung und keinen anderen Zweck als die Erzeugung von Schlagzeilen und Alarm zu schlagen.

[Im Original folgt jetzt ein recht theoretischer Anhang über den Zeitfaktor im „Globale-Erwärmung-Potential“, auf dessen Übersetzung hier verzichtet wird. Das Wesentliche ist oben gesagt. Anm. d. Übers.]

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2018/05/25/climatic-distortions-due-to-diminutive-denominators/>

Übersetzt von [Chris Frey](#) EIKE