

---

Auf lange Sicht

# Auch die Treibhausgase wachsen exponentiell

Eine Entwicklung, die sich selbst beschleunigt: Das erlebt die Welt derzeit beim Coronavirus. Bei den klimaschädlichen Treibhausgasen ist dieses Muster schon lange Realität.

Von [Arian Bastani](#), 23.03.2020

Noch vor wenigen Wochen hatte manch einer nur ein müdes Schulterzucken übrig für die Meldungen aus China. Jetzt sitzen viele von uns zu Hause, während das Fachpersonal in den Spitälern, in denen Corona-Patienten behandelt werden, ans Limit kommt.

Dass sich das Virus so rasch verbreitet hat, liegt mathematisch gesehen an einem Muster, das intuitiv nur schwer fassbar ist: exponentielles Wachstum.

Von einem solchen Wachstum spricht man dann, wenn sich eine Grösse in regelmässigen Zeitabständen um einen bestimmten Faktor erhöht. Die Corona-Fallzahlen wuchsen zuletzt etwa je nach Land in 2 bis 12 Tagen um den Faktor 2. Diese rasante Entwicklung hat dazu geführt, dass es für viele Massnahmen bereits zu spät war, als man den Ernst der Lage erkannte.

Der Klimawandel verläuft zwar weniger spektakulär als die Corona-Epidemie. Doch im Kern geht es um ein ähnliches Problem: Wir unterschätzen das Tempo, mit dem sich die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre erhöht – und realisieren nicht, wie dringend Handeln wäre.

Das illustrieren wir in diesem Beitrag anhand von vier Stoffen.

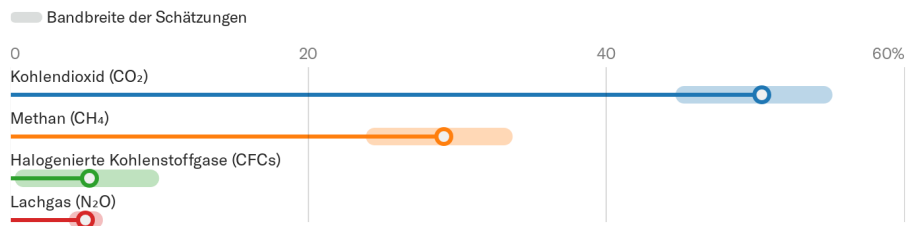
## Welche Gase problematisch sind

Es sind die vier Treibhausgase, die für den Hauptteil des Temperaturanstiegs seit der Industrialisierung verantwortlich sind: Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), halogenierte Kohlenstoffgase (CFCs) und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Sie sind langlebige Treibhausgase, das heisst, sie verbleiben über Jahrzehnte und darüber hinaus in der Atmosphäre.

Eine Übersicht verschafft die folgende Grafik. Sie basiert auf dem Bericht des Klimarats von 2013 und zeigt, wie stark welches Gas zur Erwärmung beitrug.

## CO<sub>2</sub> und Methan sind die Haupttreiber

Anteil an der globalen Erwärmung seit 1750



Die Anteile der vier Gase addieren sich zu etwa 90 Prozent. Die restlichen 10 Prozent gehen vor allem auf kurzlebige Treibhausgase wie etwa Kohlenmonoxid zurück, die ihrerseits in der Luft zu langlebigen Treibhausgasen umgewandelt werden. Quelle: IPCC

An erster Stelle steht Kohlendioxid. Das wichtigste und bekannteste aller Treibhausgase entsteht unter anderem bei der Verbrennung fossiler Energieträger, bei der Zementproduktion und durch Abholzung. Es hat allein rund die Hälfte des weltweiten Temperaturanstiegs verursacht.

Von den übrigen drei Treibhausgasen sticht vor allem Methan hervor: ein Gas, das in der Landwirtschaft entsteht, aber auch bei der Erdgasförderung in die Atmosphäre entweicht. Es hat rund 30 Prozent zum Anstieg beigetragen.

Mit grösserem Abstand folgt Lachgas. Rund 5 Prozent der Erwärmung sind durch Emissionen dieses Gases bedingt. Sie stammen vor allem aus der Landwirtschaft, aber auch aus der Verbrennung fossiler Energieträger.

Etwa gleich gross ist der Stellenwert von halogenierten Kohlenstoffgasen. Sie werden oft auch als FCKWs bezeichnet (Fluorchlorkohlenwasserstoffe).

Es ist aufschlussreich, die Geschichte dieser FCKWs genauer anzusehen.

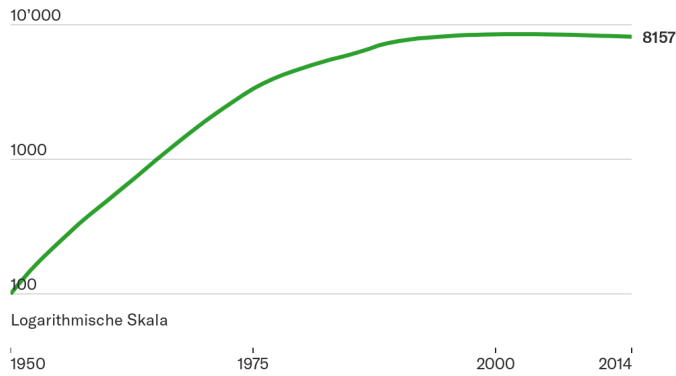
## Wie stark die Konzentration wächst

Anders als bei den anderen Treibhausgasen handelt es sich bei FCKWs nicht um ein einzelnes Gas, sondern um einen Sammelbegriff für verschiedene chemische Verbindungen. Im Unterschied zu den übrigen Gasen kommen diese Verbindungen nicht natürlich vor. Erst im 20. Jahrhundert wurden sie etwa für die Verwendung als Kühlmittel und in Spraydosen produziert.

Halogenierte Kohlenstoffgase schaden nicht nur dem Klima, sondern zerstören in der Atmosphäre auch das überlebenswichtige Ozon. Ihr Gebrauch wurde im Rahmen des Montreal-Protokolls von 1987 deshalb stark eingeschränkt. Aufgrund des Übereinkommens stagnierte die Konzentration der FCKWs. Seit der Jahrtausendwende geht sie sogar leicht zurück, wie sich am Beispiel von CFC-12, einem halogenierten Kohlenstoffgas, zeigt.

## Abgeflachte Kurve

Atmosphärische Konzentration von CFC-12 (1950 = 100)



Der Startwert wurde fürs Jahr 1950 auf 100 indiziert. Quelle: [Meinshausen et al. \(2017\)](#)

Falls Sie die Grafik genau angeschaut haben, haben Sie vielleicht bemerkt, dass die vertikale Achse nicht wie üblich in lineare Intervalle eingeteilt ist (100, 200, 300 ...). Sondern sie ist logarithmisch skaliert: Die gleichmässigen Abstände sind in Zehnerpotenzen eingeteilt (100, 1000, 10'000 ...).

Das hat einen bestimmten Grund. Mit einer solchen Skala lässt sich nämlich leicht ermitteln, ob eine Grösse über die Zeit exponentiell wächst:

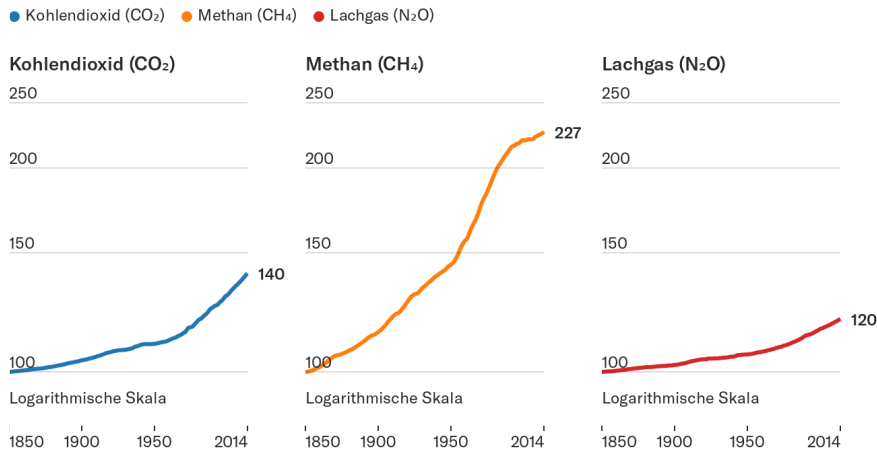
- Bei exponentiellem Wachstum erscheint auf der Grafik eine Gerade, wobei die Steigung der Geraden angibt, mit welcher Rate die Grösse wächst. Bei CFC-12 war dies ungefähr von 1950 bis 1975 der Fall: In dieser Zeit wuchs die Luftkonzentration jährlich um etwa 15 Prozent.
- Wächst die Grösse nicht exponentiell, dann flacht die Linie über die Zeit ab – so, wie es beim CFC-12 ab 1975 passierte. Die Luftkonzentration stieg zwar bis zur Jahrtausendwende weiter an, aber mit nachlassenden Raten.

Unter den vier wichtigen Treibern der Erwärmung sind die halogenierten Kohlenstoffgase damit allerdings leider die Ausnahme. Wie die folgende Grafik zeigt, nimmt die Konzentration der drei übrigen Gase weiter zu:

- Beim Kohlendioxid und beim Lachgas wächst sie exponentiell, mit praktisch konstanten Raten von 0,5 respektive 0,25 Prozent pro Jahr.
- Beim Methan gab es um die Jahrtausendwende eine Abflachung, ab 2011 nahm die Konzentration aber auch hier wieder zu.

## Exponentielles Wachstum

Atmosphärische Konzentration der Treibhausgase (1850 = 100)



Die Startwerte wurden fürs Jahr 1850 auf 100 indiziert. Quelle: [Meinshausen et al.](#) (2017)

Man erkennt auf diesen Bildern, dass exponentielles Wachstum nicht zwingend mit einem sehr rapiden Anstieg innerhalb von kürzester Zeit einhergehen muss – so, wie es beim Coronavirus zurzeit geschieht. Bis sich eine Grösse mit jährlichem Wachstum von 0,5 Prozent verdoppelt, vergehen zum Beispiel fast 140 Jahre. Doch beim Klima braucht es keine Verdoppelung, damit grosser Schaden entsteht. Aufgrund diverser Rückkopplungsprozesse genügt es, wenn die Atmosphärenkonzentration von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen um einen deutlich kleineren Faktor zunimmt.

Dem Coronavirus begegnen die meisten Staaten unterdessen mit grosser Entschlossenheit. Durch Quarantänemassnahmen oder massenhafte Tests der Bevölkerung wird die Übertragung verhindert, und die Fallzahlen gehen zurück.

Bei den Treibhausgasen ist die Angelegenheit jedoch komplizierter. Um die Erwärmung zu stoppen, müssen einerseits die Emissionen versiegen – es dürfen unter dem Strich keine Treibhausgase mehr ausgestossen werden.

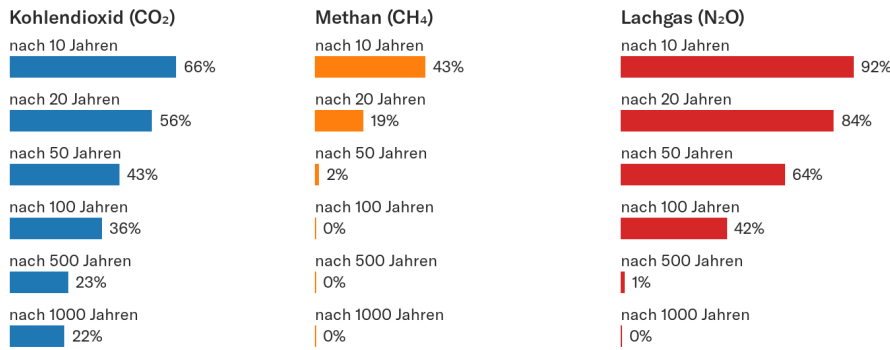
Doch selbst wenn das gelingen sollte, sind wir das Problem nicht völlig los.

## Wie lange sich die Gase halten

Denn die Gase verhalten sich nicht alle gleich. Das verdeutlicht die folgende Grafik. Sie zeigt, wie rasch sich die einzelnen Gase im Anschluss an einen kompletten Emissionsstopp in der Atmosphäre abbauen. Angegeben ist jeweils der Restbestand nach 10, 20, 50, 100, 500 und 1000 Jahren. (Die FCKWs haben wir nicht dargestellt, da sie diesbezüglich sehr grosse Bandbreiten aufweisen.)

## Methan wird rasch abgebaut

Verbleibender Anteil in der Atmosphäre



Quelle: Myhrvold & Caldeira (2012)

Man sieht: Während ausgestossenes Methan nach ungefähr 50 Jahren fast gänzlich aus der Atmosphäre verschwunden ist, bleiben von Kohlendioxid und Lachgas auch nach 100 Jahren noch rund 40 Prozent in der Luft. Bis Letzteres weitgehend beseitigt ist, dauert es sogar 400 Jahre. Und CO<sub>2</sub> hält sich auch nach 1000 Jahren noch hartnäckig.

Grund dafür ist, dass Kohlendioxid in der Atmosphäre nicht abgebaut wird. Der einzige Weg, wie es von dort entfernt werden kann, ist die Aufnahme durch sogenannte Senken. Dazu gehören etwa der Ozean oder Pflanzen. Methan dagegen wird durch chemische Reaktionen aus der Luft entfernt. Und auch Lachgas wird durch verschiedene Prozesse in der Atmosphäre über die Jahre abgebaut.

## Fazit

Bis wir von «Das Coronavirus wird schon nicht so schlimm sein!» bei «Wie viel Klopapier haben wir eigentlich noch?» gelandet sind, vergingen nur wenige Tage. Die Epidemie schreitet in unfassbar hohem Tempo voran.

Beim Klimawandel eskaliert die Lage nicht innert Tagen, sondern über Jahre und Jahrzehnte. Ein Anlass zur Beruhigung ist dies jedoch nicht. Denn beim Klima wirken unsere Handlungen weiter in die Zukunft als beim Virus.

Ein Lichtblick ist, dass Massnahmen zur Reduktion der Methanemissionen ziemlich rasch Wirkung zeigen könnten – denn das Gas baut sich in der Atmosphäre relativ rasch wieder ab. Angesichts des beträchtlichen Anteils der Erwärmung, der von Methan ausgeht, liesse sich hier viel ausrichten. Das könnte etwa im Bemühen, gewisse Rückkopplungen im Klimasystem – etwa im Zusammenhang mit dem Permafrost – in den nächsten Jahrzehnten nicht in Gang zu setzen oder zumindest zu verlangsamen, sehr wertvoll sein.

Allerdings verdeutlicht es auch, dass die Schäden, die durch Kohlendioxid- und Lachgasemissionen verursacht werden, sehr langfristiger Natur sind. Umso wichtiger wäre es, auch hier den Ausstoss herunterzufahren.

Die Corona-Pandemie beweist: Wenn die Menschheit wirklich will, kann sie sich zu einschneidenden Massnahmen durchringen. Entschiedenes Handeln gelang der Staatengemeinschaft auch bei den FCKWs. Durch Verbote gelang es, eine Ausweitung des Ozonlochs zu verhindern.

Es bleibt zu hoffen, dass Ähnliches auch bei der Klimakrise gelingt.

Denn wenn diese erst in vollem Gang ist, lässt sie sich mit einer zeitweiligen Quarantäne nicht wieder in den Griff kriegen.