

# Tot geglaubte Treibhausgase

## Spurensuche in der Atmosphäre

von Jan Schwenkenbecher



**Der Atmosphärenforscher Kieran Stanley untersucht im Taunus die Luft der ganzen Welt. Seine Arbeit entlarvt ganze Regionen dabei, wenn sie längst geächtete Treibhausgase ausstoßen.**

Einmal in der Woche steigt Kieran Stanley ins Auto und schlängelt sich die Kurven der Hochtaunusstraße empor, erst an Buchen vorbei, dann an Fichten, bis er auf 825 Höhenmetern über dem Meeresspiegel auf dem Kleinen Feldberg schließlich sein Ziel erreicht: das Taunus Observatorium der Goethe-Universität. Eine gute Sicht hat er von hier. Zum einen sieht Stanley das halbe Rhein-Main-Gebiet zu Fuße des Taunus. Zum anderen sieht der Atmosphärenforscher, wie es dem Planeten Erde so geht.

Zu Letzterem sind allerdings noch ein paar Zwischenschritte nötig. Deswegen entnimmt Stanley die Proben aus den Instrumenten, überprüft die Technik und bringt das Eingesammelte zurück an seinen Arbeitsplatz, das 695 Höhenmeter tiefer gelegene Institut für Atmosphäre und Umwelt der Goethe-Universität auf dem Campus Riedberg. Seit Mai 2019 erforscht der 32-Jährige hier die Luft des Planeten, vorher tat

er das an der Universität Bristol, wo er heute noch Visiting Fellow ist. Zu Beginn seiner Forscherlaufbahn interessierte sich Stanley für Moore, in seiner Promotion untersuchte er den Kohlenstoff- und Nitrat-Zyklus der Feuchtgebiete. Schon immer habe er ein recht ausgeprägtes Interesse an der Umwelt gehabt, sagt der gebürtige Brite, und als er mit der Doktorarbeit fertig gewesen sei, da habe er gewusst, dass er etwas machen wolle, wobei er Gasproben analysiere. So kam er nach Bristol, und sein Spezialgebiet wurden die Treibhausgase. Ein Glück für die Atmosphärenforschung und möglicherweise auch den Planeten Erde, denn Anfang 2020 gelang ihm auf diesem Gebiet ein Coup: In einer Studie, Stanley war der Erstautor, zeigte er mit einem internationalen Forscherteam, dass irgendwo auf der Welt das Treibhausgas HFC-23, Fluoroform, stärker ausgestoßen wird, als es eigentlich der Fall sein sollte. Die zwei Hauptverdächtigen der Wissenschaftler: China und Indien.

### **Stärkere Wirkung als CO<sub>2</sub>**

HFC-23 ist ein Treibhausgas, ein sehr potentes noch dazu. »Wenn man auf einen Zeitraum von 100 Jahren schaut, entspricht eine Tonne emittiertes HFC-23 etwa 12000 Tonnen CO<sub>2</sub>«,

Kieran Stanley auf dem Dach  
des Taunus-Observatoriums  
der Goethe-Universität auf  
dem kleinen Feldberg.





erklärt Kieran Stanley. »Denn es ist recht lang-  
lebig. Die allgemeine Lebensdauer des Gases in  
der Atmosphäre beträgt etwa 228 Jahre.« Wofür  
die Menschheit es braucht? Eigentlich gar nicht.  
Hier und da werde es als Kühlmittel eingesetzt,  
so Stanley, aber eigentlich gebe es effizientere  
Gase. Trotzdem kommt HFC-23 in der Welt vor.  
Es entsteht in der Regel als unerwünschtes  
Nebenprodukt bei der Produktion eines anderen  
Gases: HCFC-22, Chlordifluormethan, ebenfalls  
ein Kältemittel, eines der effizienteren.

Obwohl HFC-23 ein viel stärkeres Treib-  
hausgas als CO<sub>2</sub> ist: Absolut gesehen sind seine  
Effekte wohl kleiner, einfach weil die Mensch-  
heit so viel CO<sub>2</sub> ausstößt. »Trotzdem spielen  
diese und weitere Halogenkohlenwasserstoff-  
Gase eine Rolle«, sagt der Atmosphärenchemi-  
ker. »Und wenn es so ist, dass wir einen Unter-  
schied machen können, indem wir diese Gase  
nicht emittieren, dann ergibt es für mich irgend-  
wie Sinn, dass wir uns darum bemühen sollten,  
das auch zu tun.«

### Profit mit Treibhausgasen

Deswegen hatten Stanley und seine Ex-Kollegen  
aus Bristol schon länger ein Auge auf HFC-23  
geworfen. »Viele Umweltschützer und Klima-  
wissenschaftler sehen es als eine Art leichte  
Beute, weil man die Emissionen recht leicht  
verhindern kann«, sagt Stanley. »Bei der Her-  
stellung von HCFC-22 kann man die beiden  
Gase trennen und das HFC-23 durch thermische  
Oxidation entfernen oder auffangen, damit es  
nicht mehr in die Atmosphäre gelangt.« Tat-  
sächlich ist der globale Ausstoß in den vergan-  
genen Jahren zurückgegangen. Insbesondere  
nach 2005, als den Produktionsfirmen im Rah-  
men des durch das Kyoto-Protokoll geschaffenen  
Clean Development Mechanism (CDM) finan-  
zielle Anreize für die saubere HCFC-22-Produ-  
ktion geboten wurden.

So konnte die Weltgemeinschaft in kurzer  
Zeit den HFC-23-Ausstoß beträchtlich senken.  
»Doch dann erkannten einige Produktionsfir-  
men, dass sich durch den Mechanismus einiges  
Geld verdienen ließ«, so Stanley. 2010 rechnete  
die Nichtregierungsorganisation »CDM-Watch«  
mal durch, dass Nutznießer des Programms das



### Zur Person

**Dr. Kieran Stanley**, Jahrgang 1987, studierte  
an der britischen Keele University Physische  
Geographie und Französisch und an der  
University of Oxford »Water Science, Policy  
and Management«. Seine Dissertation an der  
Queen Mary University of London fertigte er  
über die Biogeochemie von Mooren an. Nach  
einer Zeit als Postdoc an der University of  
Bristol im Bereich Atmosphärenchemie forsch-  
t er seit 2019 am Institut für Atmosphäre und  
Umwelt der Goethe-Universität.

[stanley@iau.uni-frankfurt.de](mailto:stanley@iau.uni-frankfurt.de)

65- bis 75-Fache dessen erhalten, was die Besei-  
tigung tatsächlich kostet. Als Folge produzierten  
die Firmen mehr und mehr HCFC-22 – mehr als  
eigentlich nötig gewesen wäre –, um dabei wie-  
derum HFC-23 einzusparen, das sonst nie hätte  
eingespart werden müssen. »Die Emissionen  
stiegen wieder an und in 2013, 2014 wurde der  
CDM für HFC-23 beendet.«

### Scheinbarer Stopp der HFC-23-Produktion

2016 einigten sich zahlreiche Länder im »Kigali  
Amendment« darauf, innerhalb der nächsten  
Jahre die Verwendung aller HFC-Verbindungen  
mit hohem Treibhausgaspotenzial nach und  
nach zu reduzieren und schließlich zu stoppen.  
Die beiden Haupt-Emittenten, China und  
Indien, haben es allerdings bis heute nicht rati-  
fiziert. Beide Staaten hatten jedoch bereits kurz  
nach dem Ende des CDM eigene Programme  
angekündigt, um die Emissionen in ihren Fabri-  
ken binnen kürzester Zeit zu stoppen. 2017  
gaben sie an, den HFC-23-Ausstoß nahezu voll-  
ständig eingestellt zu haben – China hatte  
gegenüber der Weltbank berichtet, 2015 schon  
45 Prozent fachgerecht entsorgt zu haben, 2016  
dann 93 Prozent und 2017 schließlich 98 Pro-  
zent. Die Welt war zufrieden. Und Forscher  
rechneten damit, dass die globalen Emissionen  
zwischen 2015 und 2017 um etwa 90 Prozent  
zurückgegangen sein müssten. Doch dann maß  
Kieran Stanley nach.

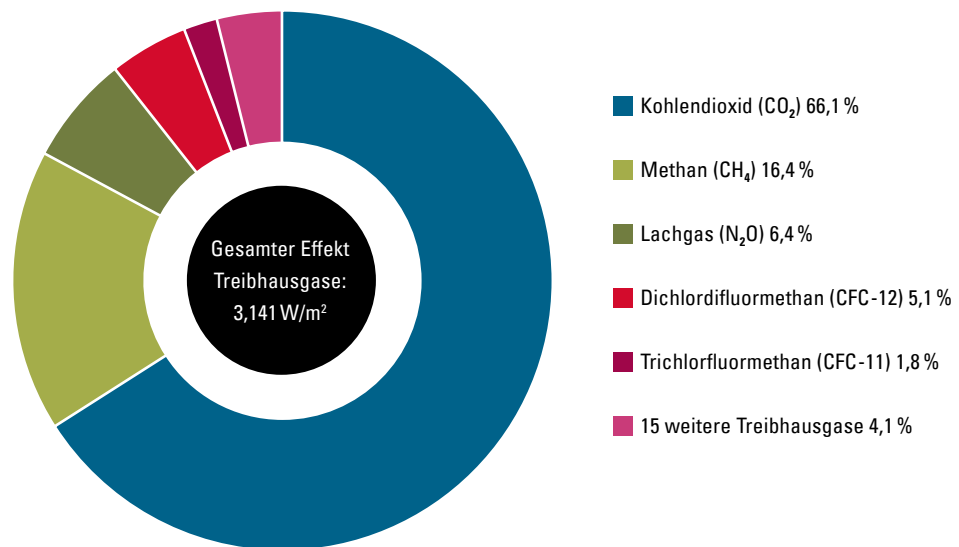
Nur, wie kann man eigentlich messen, wie  
viel Gramm eines bestimmten Gases in der Erd-  
atmosphäre herumschwirren? Dazu brauchte  
Stanley nicht nur eine Messstation, sondern ein  
ganzes Netzwerk von Stationen – eines wie das

AGAGE: Seit 1978  
misst das Advanced  
Global Atmospheric  
Gases Experiment die  
Zusammensetzung der  
Atmosphäre.  
<https://agage.mit.edu>

## AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Weltweit wurde die Reduktion des  
potenten Treibhausgases HFC-23  
gemeldet. Doch es wird noch weiter  
emittiert.
- Mithilfe von Messdaten eines welt-  
weiten Netzwerks, zu dem auch das  
Taunus Observatorium der Goethe-  
Universität gehört, konnten Wissen-  
schaftler dies nachweisen.
- Regional ausgerichtete Studien sollen  
künftig zeigen, wo HFC-23 entsteht,  
damit die Emission gestoppt werden  
kann.

## Beitrag zum Treibhauseffekt durch Kohlendioxid und langlebige Treibhausgase 2020



Quelle: Umweltbundesamt/NOAA Earth System Research Laboratory, The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI) <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>.

Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE). Das AGAGE-Netzwerk ist ein Zusammenschluss von 15 Messstationen, von Irland über Ruanda und Südkorea bis Amerikanisch-Samoa über die ganze Welt verteilt. Dazu kommen noch zahlreiche assoziierte Messzentren, zu denen mittlerweile auch das Taunus Observatorium der Goethe-Universität zählt. So kamen Stanley und seine Kollegen an die entsprechenden Luftdaten.

### Verdächtige: China und Indien

Um nun Unterschiede in der Verteilung des Gases zu berechnen, teilten sie die Atmosphäre in zwölf Boxen auf: Die Erdoberfläche unterteilten sie in vier Sektoren, in die Höhe unterschieden sie nochmal drei Ebenen. »Damit konnten wir Unterschiede sehen und mit einigen klimatischen, physikalischen und chemischen Variablen untersuchen, wann welche Emissionen aufgetreten sein müssten und woher sie aus globaler Sicht kommen – von der Nordhalbkugel oder der Südhalbkugel«, sagt Stanley. »Eigentlich gibt es immer ein Nord-Süd-Gefälle, das liegt daran, wie die Bevölkerung verteilt ist, und anhand dessen erkennen wir die globalen Emissionen.«

Als Stanley und seine Kollegen die Daten schließlich analysierten, sahen sie, dass der globale HFC-23-Ausstoß nicht – wie eigentlich angenommen – um bis zu 90 Prozent zurückgegangen war. Er war nicht mal ein bisschen zurückgegangen. Stattdessen war die Konzentration im Jahr 2018 auf einen neuen bisherigen

Höchststand angewachsen. Die Forscher vermuten, dass die Emissionen aus China oder Indien kommen müssen – auch wenn sie das mit ihrer Methode gar nicht direkt nachweisen konnten. »Aber wenn man bedenkt, dass im Jahr 2017 China und Indien zusammen für etwa drei Viertel der weltweiten HCFC-22-Produktion verantwortlich waren, sind sie sehr wahrscheinlich die Quelle dieser Emissionen«, sagt Stanley.

Anfang 2020 veröffentlichte Stanley die Ergebnisse der Untersuchungen mit seinen Kollegen im Forschungsmagazin *Nature Communications*. Die Medien berichteten – öffentlich zumindest reagierte die Politik nicht. Dass solche Forschung zum Klimaschutz und dem Nicht-Einhalten von Klimaschutzmaßnahmen aber durchaus zu Konsequenzen führen kann, zeigt ein ganz ähnlicher Fall mit einem anderen Halogenkohlenwasserstoff, der sich zwei Jahre zuvor ereignete.

### Suche nach Klimasündern

Im Mai 2018 entdeckte eine Forschergruppe von der US-amerikanischen National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), der nationalen Wetter- und Ozeanografiebehörde, dass der Ausstoß einer bestimmten chemischen Verbindung deutlich langsamer zurückging, als eigentlich zu erwarten gewesen war. Es handelte sich dabei um CFC-11, Trichlorfluormethan, ein die Ozonschicht schädigendes Treibhausgas, das zur Gruppe der Fluorchlorkohlenwasserstoffe gehört, die man besser unter ihrer Abkürzung kennt: FCKW.



### Der Autor

**Jan Schwenkenbecher**, Jahrgang 1989, ist freier Wissenschaftsjournalist und lebt im Rhein-Main-Gebiet. Er hat in Gießen und Mainz Psychologie studiert und danach im Volontariat bei der Süddeutschen Zeitung das journalistische Handwerk gelernt.

[jan.schwenkenbecher@posteo.de](mailto:jan.schwenkenbecher@posteo.de)



Einst als Wunder-Verbindungen gefeiert wurden FCKW im 20. Jahrhundert zu zahlreichen Zwecken eingesetzt: als Kühlmittel, etwa in Kühlschränken, dazu aber auch als Treibgas in Sprühdosen, als Treibmittel in Schaumstoffen und als Reinigungs-, als Lösungs- oder als Löschmittel. In den 1970er Jahren kamen dann erste Hinweise auf die umweltschädliche Wirkung der FCKW-Verbindungen auf, im Mai 1985 wiesen britische Forscher in der Zeitschrift *Nature* auf ein recht großes Loch in jener Ozonschicht hin, die die Erde umgibt und sie vor einem Großteil der von der Sonne kommenden UV-Strahlen schützt. Zwei Jahre später, 1987, einigte sich die Welt im Montreal-Protokoll darauf, erst weniger und schließlich gar keine FCKW-Verbindungen mehr zu verwenden. CFC-11 sollte der Vereinbarung zufolge von Menschen seit 2010 gar nicht mehr ausgestoßen werden.

#### **Tatort: Osten Chinas**

Aber wie die NOAA-Wissenschaftler zeigten, schien irgendwer die Abmachung zu brechen. Die Forscher hatten erwartet, in den Ergebnissen ihrer Messungen zu sehen, dass der CFC-11-Gehalt in der Atmosphäre seit Mitte der 1990er Jahre stetig abfällt, weil immer weniger ausgestoßen werden sollte und sich die Reste des langlebigen Gases nach einigen Jahrzehnten dann doch zersetzen. Grafisch konnten sie dies tatsächlich als abfallende Linie darstellen. Doch ungefähr auf der Höhe des Jahres 2012 machte die Linie einen Knick. Ab da schien sich der

Abbau von CFC-11 zu verlangsamen. Scheinbar wurde irgendwo auf der Welt das Gas wieder emittiert. Zwar vermuteten die NOAA-Forscher, dass das Gas vermutlich aus China in die Atmosphäre gelange. Mit Sicherheit sagen konnten sie das aber nicht.

Dann berichtete im Sommer 2018 zunächst die *New York Times* über einige kleinere chinesische Unternehmen, die die Journalisten mit unabhängigen Ermittlern in der Küstenprovinz Shandong ausfindig gemacht hatten. Die Firmen emittierten CFC-11, weil sie damit Kunststoffe aufschäumten. Doch die richtige Evidenz kam im Frühjahr 2019, und auch hier war Bristol beteiligt. Unter Federführung der ehemaligen Arbeitsgruppe von Kieran Stanley veröffentlichte ein Team zahlreicher internationaler Wissenschaftler eine Analyse, in der sie recht klar nachweisen konnten, dass der globale Anstieg des CFC-11-Ausstoßes vom östlichen Rand Chinas stammte. Im Frühjahr 2020 wurde chinesischen Medienberichten zufolge der erste Fabrikleiter zu einer zehnmonatigen Gefängnisstrafe verurteilt.

Ob sich diese Geschichte gerade wiederholt? Noch habe seine Studie zu keinerlei Konsequenzen geführt, sagt Stanley. Aber er sagt auch: »Es gibt Wissenschaftler aus dem AGAGE-Netzwerk, die an einer regional ausgerichteten Studie arbeiten, um abzuschätzen, ob die Emissionen wirklich aus China kommen und wenn ja, von wo in China sie kommen.« ●

Zurück im Labor: Kieran Stanley verbindet die elektropolierten Edelstahlkolben mit den Luftproben vom Taunus-Observatorium mit dem Analysesystem. Das System erlaubt ihm die Bestimmung von rund 50 halogenierten Kohlenwasserstoffen.