

Ein kleiner Haufen Denker

Von Wolfgang Wiedlich

Kann ein einzelner Mensch die Lufthülle der Erde mehr beeinflussen als sechs Milliarden? Ein kleiner Haufen Denker erforscht den Einsatz von Fluorchlorkohlenwasserstoffen

Am Anfang war der Kühlschrank. Vor 90 Jahren werden in Detroit die ersten für den privaten Haushalt verkauft. Gerade einmal 61 Exemplare. Die kühlenden Chemikalien sind giftig und neigen zu kleineren Explosionen. Ein Jahr später, 1919, wird James Lovelock nördlich von London geboren. Bald wird er ein neugieriger Junge sein. Viel später wird er für die NASA darüber nachdenken, mit welchem Instrument an Bord einer Sonde man am besten prüft, ob der Mars belebt oder unbelebt ist.

Zu dieser Zeit ist Thomas Midgley bereits 30 Jahre alt und ein findiger Maschinenbau-Ingenieur in Diensten von General Motors in Detroit (USA). 1924 entdeckt Midgley, wie sich das Klopfen in Verbrennungsmotoren verhindern lässt: Indem man dem Benzin Blei beimischt. Für die Substanz Tetraethylblei erhält er das Patent US-1668022.

Es ist eine Zeit, in der es noch keine strengen Prüfungen für eine neue Substanz gibt. Weder einen Unbedenklichkeitscheck für die Umwelt noch für die menschliche Gesundheit. In großen Mengen werden in den nächsten Jahrzehnten immer mehr Autos Blei in die Atmosphäre blasen, und Wind und Wolken werden das Blut- und Nervengift um den Globus tragen.

Von Arbeitern, die das Benzinadditiv herstellen, werden Gehstörungen und Wahnvorstellungen berichtet. Einige sterben. Erst sehr viel später wird der Mensch erkennen, wie sehr bereits kleinere Konzentrationen die Gesundheit beeinträchtigen. 1929 schafft Midgley den Durchbruch bei den Kühlschränken. Die von ihm komponierten Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) garantieren, dass kein Kühlgerät mehr explodiert.

FCKW sind auch sichere Treibmittel für Deodorants, Asthma-Inhalatoren und vieles Segensreiche mehr. Für sein Patent US-2192143 hätte Midgley statt Chlor auch Brom in das Wundermittel einbauen können, aber Chlor ist preiswerter. Es folgt ein Siegeszug der FCKW in Klimaanlage, bei der Herstellung von Schaumstoffen, als Reinigungs- und Lösungsmittel. Es ist eine Substanzklasse, die in der Natur nicht vorkommt, aber jetzt in die Natur entlassen wird.

Zudem erfüllt sie den Traum jedes Chemikers: geruchlos, nicht entzündlich, ungiftig, leicht zu handhaben. FCKW sind inert; sie reagieren nicht mit anderen Stoffen. Jedenfalls nicht auf der Erdoberfläche. Und weil die buchstäblichen Kunst-Moleküle nicht in die Stoffkreisläufe des

Planeten eingebunden sind, „leben“ sie lange, einige bis zu 640 Jahre. Dadurch reichern sie sich immer mehr in der Lufthülle an.

Die FCKW-Produktion steigt und steigt, bald über eine Million Tonnen pro Jahr. Im großen Luftozean der Erde erscheinen dem Menschen Tonnen jedoch wie Sandkörner. Es herrscht weiter das Bewusstsein: Der Mensch ist so klein, die Erde so groß, die Natur so mächtig, unvorstellbar, dass einige Moleküle aus Menschenhand mächtiger sein sollen.

1938 bewirbt Lovelock sich als Laborassistent in London. Sein Arbeitgeber besteht darauf, dass der 19-Jährige sich im Abendstudium der Chemie widmet. Lovelock, der eigenwillige Querdenker, willigt ein. Fünf Jahre später erkrankt Midgley, inzwischen 51-jährig, an Kinderlähmung.

Der Erfinder und Inhaber von 171 Patenten ist ans Bett gefesselt. Midgley ertüftelt eine Konstruktion aus Schnüren und Umlenkrollen, die ihn aus dem Bett hebt. Am 2. November 1944 verheddert er sich in seiner letzten Erfindung, die ihn schließlich stranguliert.

Jahrzehnte später merkt der Historiker John McNeill an, dass nie zuvor „ein einzelner Organismus mehr Auswirkung auf die Atmosphäre hatte“. Er meint Midgleys Erfindungen, das Blei, aber vor allem die FCKW. Als Midgley stirbt, hat Lovelock sein Chemiestudium längst beendet und wird von seiner Neugierde getrieben.

1948 promoviert er in Medizin, 1959 in Biophysik. 1961 folgt er einem Ruf aus Texas, wird Chemie-Professor in Houston (USA). Lovelock ist aber auch, wie einst Midgley, Tüftler aus Passion. Sein Elektroneneinfangdetektor (ECD) überrascht mit einer Sensibilität, die nicht vorstellbar ist, die Moleküle eines aufgelösten Zuckerwürfels im Atlantik aufspürt und auch das ist noch untertrieben.

Etwas zu messen, was zuvor niemand gemessen hat, kann eine Triebfeder sein. Lovelock ist in der FCKW-Frage nur Techniker. 1970 erklärt er einem Laienpublikum: „Stellen Sie sich eine Weinflasche vor, gefüllt mit FCKW. Ich schütte den Flascheninhalt in einen Eimer in Japan, überlasse den Inhalt der Luft, und in zwei Jahren kann das ECD die FCKW an jedem Ort der Erde nachweisen.“

Er ist überzeugt, dass die stabilen Moleküle unbedenklich sind. Anfang 1971 stellt Lovelock einen Förderungsantrag beim britischen Natural Environment Research Council (NERC). Er will mit dem Forschungsschiff „Shackleton“ in die Antarktis mitfahren und die inerten FCKW-Moleküle messen. Die NERC-Kommission hält seine Ankündigung, etwas in Billionstel Teilen messen zu können, für „Aufschneiderei“. Antrag abgelehnt. Lovelock fährt auf eigene Kosten trotzdem mit.

Anfang 1972 sticht die „Shackleton“ in See, und Lovelock fahndet nach der Nadel im Heuhaufen. Im selben Jahr veranstaltet DuPont, weltweit größter FCKW-Hersteller, eine Konferenz zur FCKW-Ökologie. Als Problem sehen Forscher das extrem hohe Treibhauspotenzial der Moleküle, solange sie in der unteren Atmosphäre weilen. Rund fünf Jahre braucht es, bis sie in die Stratosphäre aufsteigen, wo ein Ozonflaum alles Leben vor ultravioletten Strahlen schützt.

Keiner ahnt, dass FCKW dort instabil werden könnten. Lovelock ist zurück. Er schreibt: „In der südlichen Hemisphäre maß ich etwa 40 Teile pro einer Billion, in der nördlichen 50 bis

70. In solchen Mengen lassen sich die meisten chemischen Giftstoffe unbegrenzt eintamen oder schlucken, ohne dass man dabei Schaden nähme.“

Lovelock, der Mediziner, hält es mit Paracelsus, wonach das Gift die Dosis sei; er fürchtet die Umwelt-Hypochonder, die Eiferer, die seine Messergebnisse als Einladung für ein Weltuntergangsdrama missbrauchen könnten. Deshalb schickt er seiner Veröffentlichung 1973 in „Nature“ den Satz voraus: „Das Vorhandensein dieser Verbindungen stellt keine erkennbare Gefahr dar.“ 15 Jahre später bereut er: „Dieser Satz sollte sich als einer meiner größten Fehler herausstellen.“ Das Unternehmen DuPont rechnet intern Lovelocks Werte hoch.

Sie entsprechen weitgehend den FCKW-Mengen, wie sie seit 1929 freigesetzt worden sind. Es beunruhigt niemanden, dass das Zeugs nicht verschwindet. Schließlich bestätigt die Messung nur die Vorhersage: FCKW reagieren mit nichts und niemandem. Chemie-Professor Sherwood Rowland ist trotzdem interessiert. An der University of California motiviert er einen mexikanischen Kollegen, der Frage einmal nachzugehen.

Doktorand Mario Molina denkt nach und experimentiert im Labor. Monate später kommt Rowland nach Hause. Missgestimmt. Seine Frau fragt nach. Er sagt: „Die Arbeit geht gut voran, aber es sieht nach dem Ende der Welt aus.“ Molina und Sherwood haben herausgefunden, dass im oberen Stockwerk der Atmosphäre (Stratosphäre) eine spezielle Tieffrostchemie in Gang kommt. UV-Strahlen würden das Chlor aus den FCKW-Molekülen hebeln und die Chloratome die raren Ozon-Moleküle zerstören.

Sie veröffentlichen ihre Hypothese am 28. Juni 1974 in „Science“: „Fluorchlorkohlenwasserstoffe schwächen die Ozonschicht genug, um eine deutliche Zunahme von Hautkrebs hervorzubringen. Vielleicht genug, um das Klima durcheinander zu bringen, indem sie das Temperaturprofil der Stratosphäre umdrehen.“ Was meint Rowland mit dem „Ende der Welt“?

Bakterien hatten in Jahrmillionen Sauerstoff produziert, der sich allmählich in der Atmosphäre anreicherte. In der Stratosphäre angekommen, verschweißten die UV-Salven der Sonne drei Sauerstoffatome (O) zu einem Ozon-Molekül (O₃). Es entstand ein Schleier aus O₃-Molekülen, der rund 90 Prozent der lebensfeindlichen UV-Strahlung herausfiltert. Das Leben wagte sich daraufhin aus dem Ozean und besiedelte die Landflächen.

Wenn der Mensch heute von „Ozonschicht“ spricht, suggeriert das falsche Vorstellungen: Auf 100000 Luftmoleküle kommt ein Ozon-Molekül, und würde man diesen Schleier zusammenpressen, entstünde eine zwei bis drei Millimeter „dicke“ Ozonschicht. Und ein Chloratom zerstört bis zu 100000 Ozon-Moleküle, was den UV-Schutzwall auflösen kann.

Wenn immer mehr hochenergetische Strahlen durch Zellwände dringen, schädigen sie das genetische Material von Alge bis Mensch. Rowlands und Molinas Botschaft: Der zarte Ozonflaum ist die Achillesferse der Menschheit. Doch Hypothese und Warnung der Chemiker aus Kalifornien bleiben unbeachtet, denn die seit 1957 durchgeführten Ozon-messungen rund um den Globus zeigen durchweg stabile Werte.

Mit einer Ausnahme: Über der britischen Antarktis-Station Halley Bay sinken die Ozonwerte. 1955 sind es 350 Dobson-Einheiten Ozon, 1975 nur noch 280 und 1979 noch weniger. Für Atmosphären-Chemiker Joseph Farman sind das „bizarre Werte“. Er glaubt, sein Spektral-Photometer sei falsch geeicht und ordert ein neues Gerät. Doch das misst noch weniger Ozon.

Der Brite ist verunsichert, ebenso der Japaner Sui Chubachi, der unabhängig von Farman 1982 noch niedrigere Ozonwerte am Südpol misst.

Selbstzweifel und Angst vor einer wissenschaftlichen Blamage lassen die Forscher zaudern. Eine Veröffentlichung der Daten würde bedeuten, die US- Raumfahrtbehörde NASA herauszufordern, deren Satellit Nimbus-7 mit hochempfindlichen Sensoren seit 1978 um die Erde rotiert und schließlich nichts Auffälliges über der Antarktis registriert hat. Wertvolle Jahre gehen ins Land, und zwischen 1975 und 1985 steigt die FCKW-Freisetzung an der Erdoberfläche nochmals um 360 Prozent.

Farman und Kollegen entschließen sich Ende 1984 zu einer Veröffentlichung und reichen ihr Manuskript bei „Nature“ ein. Die Reaktion ist wie erwartet: Die Peer-review-Gutachter der Fachzeitschrift reagieren mit Kopfschütteln. Diese Messdaten zu veröffentlichen, wäre ein Frontalangriff auf die wissenschaftliche Lehrmeinung. Aber wie ständen die Gutachter da, wenn Farman & Co. recht hätten? Die Aussicht darauf lässt sie grünes Licht geben.

Auch die NASA-Wissenschaftler lesen „Nature“. Sie wissen, was die Veröffentlichung bedeutet. Sie sind alarmiert, lassen sofort den Datenabfall ihres Satelliten durchstöbern. Sie merken, wie die Lehrmeinung den Programmierern Kopf und Hand geführt hat: Die Software des Satelliten war so justiert, dass extreme Werte nicht toleriert wurden und gleich im elektronischen Mülleimer landeten. Der war zum Glück noch nicht geleert.

1985 bestätigt die NASA öffentlich Farmans Messungen. Die Menschheit schreckt auf, alle Welt spricht jetzt vom „Ozonloch“. Viele hören zum ersten Mal, dass es „da oben“ ein Gas gibt, das vor Hautkrebs und Erblindung schützt – Ozon, das der Mensch an der Erdoberfläche als Desinfektionsmittel nutzt. Eine Flut von Briefen besorgter Amerikaner überschwemmt die Kongressabgeordneten. Das hat es seit dem Vietnamkrieg nicht mehr gegeben.

Im besonders betroffenen Australien gehört ab sofort der UVStrahlungsindex zum Wetterbericht. Aber es bleibt ein Rätsel: Warum sinkt der stratosphärische Ozonpegel schneller und stärker als von Molina und Rowland erwartet? Es schlägt die Stunde von Paul Crutzen. Der niederländische Chemiker am Max-Planck-Institut in Mainz entdeckt als Ursache die polaren Stratosphärenwolken. Ihm verdankt der Mensch die Korrektur seiner Vorstellung, dass hohe Wolken über der Antarktis aus reinem Wassereis bestehen.

Sie tragen an ihrer Oberfläche vielmehr Salpetersäure-Partikel, was das Aushebeln der Chloratome aus den FCKW-Molekülen erleichtert. Crutzens Formelwerk strukturiert komplizierte und sich überlagernde Photo- (UV-Strahlen) und Chlorchemie, hat aber mit der Tieffrostchemie auch eine meteorologische Komponente. Denn ohne extreme Minusgrade funktioniert der Ozonabbau nicht, erklärt aber, warum „es“ in der Antarktis passierte und in der wärmeren Arktis weniger Ozon abgebaut wird.

Wie heute in der Treibhausgas-Frage gab es auch damals wissenschaftliche Zweifler und betroffene Industrien. Doch 1987 reagiert die internationale Politik ungewohnt schnell: Das Montreal-Protokoll führt zu einem drastischen Rückgang der FCKW-Produktion, gewährt Entwicklungsländern jedoch lange Übergangsfristen. So darf etwa China bis 2010 ungedrosselt FCKW freisetzen.

In den Industrieländern werden FCKW-Ersatzstoffe entwickelt, aber die sind häufig nur weniger gefährlich und zerstören auch stratosphärisches Ozon, weshalb das FCKW-Protokoll mehrfach verschärft wird. Bald erkennt auch das Nobelkomitee die weitreichende Bedeutung

der Erkenntnisse von Molina, Rowland und Crutzen. Zusammen erhalten sie 1995 den Chemie-Nobelpreis.

2001 ist die Ozonsäule über der Antarktis auf unter 100 Dobson-Einheiten zusammengeschrumpft, das Ozonloch über dem Südpol im antarktischen Frühling zum vierten Mal in Folge so groß wie Nordamerika. Auch über der Arktis schrumpft im Frühjahr das Ozon. Da ist das Montreal-Abkommen (1987) zum Verbot der FCKW schon 14 Jahre alt.

Das spiegelt, wie träge die Atmosphäre reagiert, auch auf Verhaltensänderungen an der Erdoberfläche. Der Schock der Menschen über die fast unbemerkte Zerstörung des UV-Schutzschirms über ihren Köpfen verflüchtigt sich nur langsam. Doch sie sind Ahnungslose. Wie nahe alles UV-empfindliche Leben tatsächlich am Abgrund stand, wissen nur wenige.

Der Experten-Schreck war größer – jener Forscher, die, wenn sie sich an die Anfänge der Problem-Wahrnehmung erinnern, von „schlaflosen Nächten“ und „Gänsehaut“ berichten, und die zum Beispiel alle Optionen von Midgley kannten und die viel stärkere Ozon-Zerstörungskraft von Brom. Crutzen hat einmal gesagt, „wenn Brom statt Chlor zum Einsatz gekommen wäre, wäre eine Katastrophe nicht zu vermeiden gewesen“.

Er meint damit den kompletten Ozonverlust zwischen Äquator und Polen. Aber auch nach Midgleys eher zufällig „richtiger“ Auswahl des kleineren Übels hatte der Mensch alle Chancen, auch mit Chlor in die Katastrophe zu rennen. Was wäre passiert, wenn der eigenwillige Lovelock die Ablehnung seines Förderantrags einfach hingenommen hätte?

„Das etablierte Qualitätssicherungswesen der Wissenschaft wurde nur knapp davon abgehalten zu verhindern, dass der erste Stein ins Rollen gebracht wurde, der zur Entdeckung eines Jahrhundertereignisses führte“ – ein Satz aus dem Buch „Die Blindheit der Gesellschaft“ von Hans-Jochen Luhmann, Klimatologe und Soziologe am Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt und Energie.

Und wie wäre der Zustand des Ozon-Schutzschirms heute, hätten nicht Molina und Rowland das Unvorstellbare gedacht? Oder Farman: Einen Deut mehr Angst vor dem Kollegen-Spott und er hätte seine Messergebnisse für sich behalten. Oder die NASA: Man wollte nur das Erwartete wissen. Der Mensch und seine Wahrnehmung von selbst geschaffenen Gefährdungen entpuppt sich beim Ozon-Desaster als konsequenter Fehldeuter.

Was ist aus den Männern der ersten Stunde an der Forschungsfront zur Rettung des Ozons geworden? Alle fünf Helden leben noch. Rowland (81) und Farman (78) sind emeritiert, Molina (65) forscht noch in San Diego und ist der Atmosphärenchemie treu geblieben, während Crutzen (75) und Lovelock (88) engagiert vor dem nächsten „atmosphärischen Problem“ warnen: dem zusätzlichen Treibhauseffekt.

Lovelock ist weniger FCKW-Molekülzähler, sondern vor allem Vater der Gaia-Hypothese, die er seit mehr als 40 Jahren streitbar vertritt. Danach ist der Planet selbst etwas Lebendiges, und das Leben selbst regelt und stabilisiert Temperatur und chemische Zusammensetzung so, dass beides lebensfreundlich bleibt. Das klang für das Establishment lange nach wissenschaftsfernem New Age und zeigte Lovelock nochmals die rote Karte.

Heute ist er rehabilitiert, denn inzwischen heißt Gaia „Erdsystemwissenschaft“; sie ist eine ordentliche wissenschaftliche Disziplin geworden. Über ihr steht die Erkenntnis, dass auf der

Erde alle Sphären (Vegetation, Luft, Boden, Eis) miteinander wechselwirken. Und die Zusammenhänge sind noch längst nicht alle durchschaut. Satelliten liefern zwar umfangreiche Messwerte und Höchstleistungsrechner Zukunftsszenarien, aber kaum Zusammenhänge oder ein tieferes Verständnis davon, wie alles mit allem zusammenhängt.

Querdenkende Wissenschaftler vom Typ Rowland, Molina oder Lovelock sind gefragt denn je. Natürlich auch Crutzen. Erst vor fünf Monaten meldete er sich im Fachblatt „Atmospheric Chemistry and Physics Discussions“ zu Wort: Nach seinen Berechnungen puscht Biosprit, die schnelle Antwort der Politik auf hohe Ölpreise und Klimawandel, die Erwärmung.

Bei dessen Produktion, insbesondere durch den intensiv verabreichten Kunstdünger für Raps und Mais, gelangt fast doppelt so viel Distickstoffoxid (N_2O /Lachgas), ein hoch wirksames Treibhausgas, in die Lufthülle wie die UNKlimaforscher (IPCC) angenommen haben.

Er hätte auch sagen können: Der Beschluss der EU ist großer Unsinn, wonach bis 2020 zehn Prozent des Treibstoffes für den Verkehr Biosprit sein muss, und die deutsche Regierung peilt sogar 20 Prozent an. Zudem häufen sich Indizien und Annahmen, dass die Erderwärmung die Heilung des Ozonflaums erschwert.

„Es wird noch Sachen geben“, sagt Crutzen, „an die wir jetzt noch gar nicht denken.“