

Ein **GPS** für Umwelt-Chemikalien

Einmal freigesetzt, entfalten schwer abbaubare Chemikalien aus Landwirtschaft oder Industrie oft schädliche Wirkungen auf die Umwelt. Die Gefahr, die von solchen Substanzen ausgeht, hängt nicht allein von deren chemischen Eigenschaften ab, sondern ebenso vom Ort ihrer Freisetzung, von ihrer Verfrachtung via Luft und Wasser sowie von ihren vielfältigen Wechselwirkungen mit unterschiedlichen Umweltmedien unter verschiedenen klimatischen Bedingungen: An Modellen, die all diese Faktoren unter einen Hut bringen, arbeiten Chemiker jetzt gemeinsam mit Klimaforschern – und darüber berichtet **GERHARD LAMMEL** vom Hamburger **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METEOROLOGIE** im folgenden Beitrag.

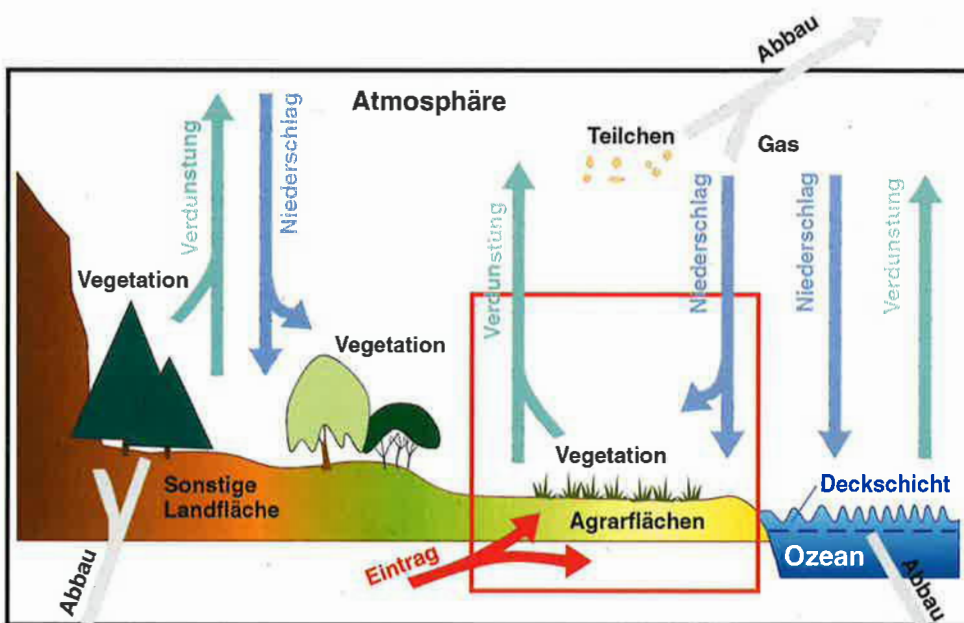
Der Begriff „Nachhaltigkeit“ hat in den vergangenen zehn Jahren sprunghaft Karriere gemacht: Er drang in zahlreiche Programme, Pläne, Jahresberichte oder PR-Broschüren vor, herausgegeben von ebenso zahlreichen Verbänden, Vereinen, Parteien oder Unternehmen – und erscheint ob dieses inflationären Gebrauchs inzwischen etwas abgenutzt. Viele der grundlegenden Ge-

danken, die unter dem Leitbild „Nachhaltige Entwicklung“ – oder „sustainable development“ – propagiert werden, sind keineswegs neu; doch sie gewinnen neue Aktualität angesichts der Dimensionen, die manche der ökonomisch-ökologischen Probleme in den vergangenen Jahrzehnten angenommen haben.

Seit Ende der 1980er Jahre ist klar, dass das rein ökonomisch bestimmte

Prinzip „Weiter so!“ in vielerlei Hinsicht einem „Nach uns die Sintflut“ gleichkommt. Denn die ökonomischen, sozialen und ökologischen Bedingungen in Nord und Süd hängen ebenso wie die heutigen und künftigen Lebensverhältnisse und Entwicklungschancen der Menschheit voneinander ab. So gehen Fehlentwicklungen in den Industrieländern – insbesondere die Verschwendung von Ressourcen und die Belastung der Umwelt – mit Unterentwicklung in so genannten Drittländern einher, das heißt mit Armut, Hunger, Krankheiten und ebenfalls Umweltzerstörung.

Ein Fünftel der Weltbevölkerung verbraucht (oder besser: verschwendet) rund vier Fünftel der globalen Energie- und Rohstoff-Reserven und verursacht auch die meisten Umweltschäden. Viele der Schlüsselressourcen, die heute ungebremst – um nicht zu sagen „besinnungslos“ –



ALLE ABILDUNGEN: MPI FÜR METEOROLOGIE

Mittelflüchtige organische Stoffe wie beispielsweise Pestizide werden über vielfältige Prozesse zwischen Atmosphäre, Ozeanen und Landflächen ausgetauscht, umgelagert und abgebaut.

ausgebeutet werden, sind nicht erneuerbar: Mit ihnen verlieren nachkommende Generationen an Entwicklungsmöglichkeiten. Außerdem überfordern wachsende Umweltbelastungen vielfach die regionalen oder globalen Tragekapazitäten; wird nicht umgesteuert, drohen irreversible Schäden oder Verluste an natürlichen Kreisläufen und Funktionen.

Aus Einsicht in diese Zusammenhänge setzte die internationale Staatengemeinschaft 1992 ein Zeichen: In jenem Jahr wurde unter der Ägide der UNO in Rio de Janeiro die „Agenda 21“ verabschiedet. Sie behandelte, mehr unter normativen denn wissenschaftlich abgeleiteten Gesichtspunkten, eine Liste von Problemfeldern, benannte jeweils Defizite und formulierte Ziele. Nachhaltigkeit wurde zum Leitbild erhoben: Die Länder sollten sich untereinander abstimmen, sollten heutige und künftige Entwicklungen in ihren Chancen und Risiken abwägen – und damit jeweils zu einer langfristig auf Vorsorge angelegten Politik gelangen.

Vorsorge, was die Natur angeht, muss zunächst deren vielfältige

„Dienstleistungen“ berücksichtigen, die sich der Mensch zu Nutze macht: Die Natur wirkt als Produzent, als Quelle und Senke vielfältiger Stoffe, erfüllt Regel- und Transportfunktionen. Um dieses Kapital zu erhalten, sollte die Menschheit möglichst nur von dessen Zinsen leben.

WO WENIG WISSEN, DA VIEL RISIKO

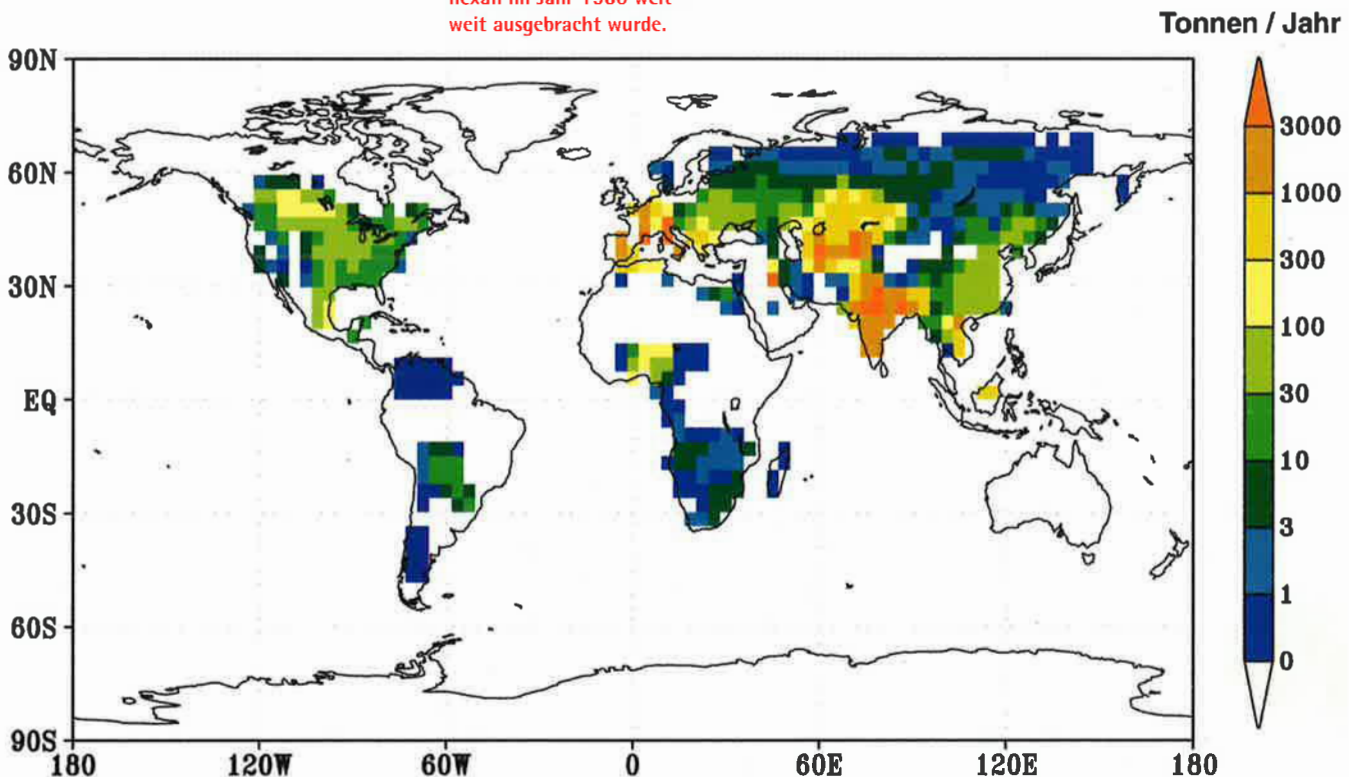
Doch sind viele Wirkungsgefüge und Funktionen der Natur wissenschaftlich noch wenig verstanden, und deshalb birgt jedes neuartige Handeln, das in natürliche Zusammenhänge eingreift, auch ein gewisses Risiko. Darauf hebt Prinzip 15 der Deklaration von Rio ab, das zur Vorsorge verpflichtet: „Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation.“

Aus diesem Prinzip spricht Erfahrung: Allzu häufig wurden wissen-

schaftliche Beweise für die Gefährdung der Umwelt oder der menschlichen Gesundheit erst erbracht, nachdem das Kind bereits in den Brunnen gefallen war. Andererseits bleibt das Problem, von Fall zu Fall abzuwägen, was als kosteneffektiv zu verstehen ist. Dazu kommt, dass der liberalisierte Welthandel nach Maßgabe des Allgemeinen Zoll- und Handelsabkommens (GATT) eine wirksame Vorsorge erschwert. Denn Artikel 20 des GATT gestattet Handelsbarrieren seitens einzelner Mitgliedsstaaten nur dann, wenn dafür wissenschaftlich hinreichend fundierte Beweise beigebracht werden – was dem Vorsorgeprinzip widerspricht und bei Umwelt- oder Gesundheitsrisiken in vielen Fällen nicht möglich ist.

Das trifft insbesondere auf persistente, also schwer abbaubare Chemikalien zu, die im Zuge menschlicher Aktivitäten in die Umwelt gelangen. Deren Gefahrenpotenzial hängt zunächst wesentlich von ihren Stoffeigenschaften und dann auch von ihrem Verhalten in der Umwelt ab: davon, ob und in welchen Ökosystemen oder Organismen sie sich

Diese Raster-Karte weist aus, wo und wie viel von dem Insektizid α -Hexachloreyclohexan im Jahr 1980 weltweit ausgebracht wurde.



anreichern und dort als Gifte wirken. Die Gefährdung der Umwelt durch Chemikalien kann anhand von Modellrechnungen abgeschätzt werden, die zum einen die geografische Verteilung einzelner Substanzen und zum anderen deren Transport über die verschiedenen Umweltmedien vorhersagen. Viele Stoffe lassen sich in ihrem Gefährdungspotenzial nur derart modellhaft charakterisieren. Denn die Persistenz einer Substanz, die zumindest teilweise in mobilen Umweltmedien verteilt ist – also über Luft und Wasser verbreitet wird –, lässt sich nicht direkt messen; ebenso wenig kann man ihr Ferntransport-Potenzial quantifizieren, weil sich neue mit früheren Emissionen überlagern und Messnetze zu teuer sind, um eine Alternative zu bieten. Dementsprechend sehen die Regulierungspraxis in der Europäischen Union und die internationale Chemiepolitik vor, Modellrechnungen zur Charakterisierung von Stoffrisiken heranzuziehen.

Nun gehören Modelle, mit denen sich der Transport und die Verteilung bestimmter Stoffe in der Umwelt beschreiben lassen, zu den angestammten Werkzeugen der Klimaforschung. Und deshalb wurde vor drei Jahren mit Unterstützung der Behörde für Wissenschaft und Forschung der Freien und Hansestadt Hamburg ein neues Forschungsgebiet eröffnet: Das Hamburger Max-Planck-Institut für Meteorologie sollte sich gemeinsam mit dem Meteorologischen Institut der Universität Hamburg der „Umweltexpositions- und Gefährdungsanalyse gegenüber schwer abbaubaren Stoffen“ widmen.

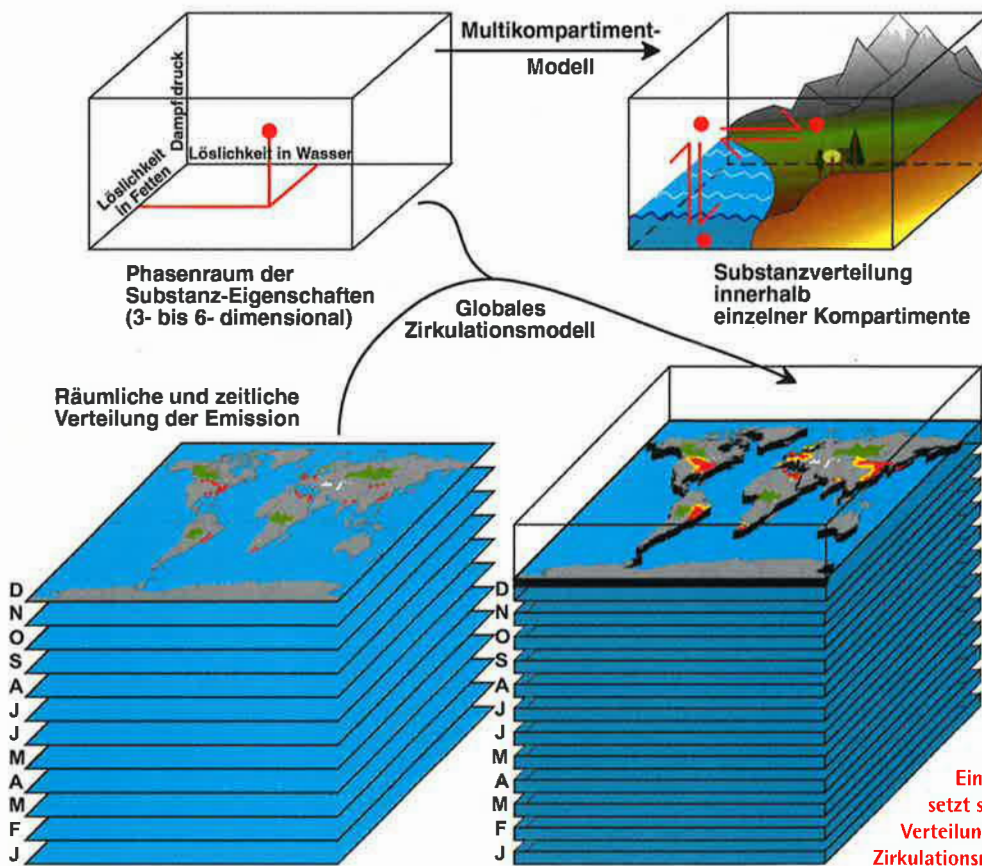
Umwelt-Chemikalien haben viele Leben

Das Ziel war, Chemiker und Klimaforscher zu vereinen. Erstere sollten in diese Zusammenarbeit ihr Wissen um die Art und Dauer der chemischen Umwandlungen einbringen, die eine bestimmte Substanz im Zuge ihrer Verfrachtung und Ablage-

rung unter jeweils wechselnden Bedingungen durchläuft. Und die Klimaforscher sollten ihre Erfahrung mit globalen Zirkulationsmodellen der Atmosphäre und des Ozeans beisteuern – Modelle, die Transportmuster wiedergeben und bereits erfolgreich zur Untersuchung kurzlebiger atmosphärischer Spurenstoffe und ihrer Auswirkung auf unterschiedliche Ökosysteme verwendet wurden.

Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurde in unserer Forschungsgruppe ein so genanntes Multikompartiment-Modell entwickelt, das den Transport und die Umwandlung mittelflüchtiger Stoffe in den Umweltkompartimenten unter Berücksichtigung von Re-Emissionsprozessen beschreibt, das heißt mit Blick auf die Tatsache, dass mittelflüchtige Substanzen „mehrere Leben“ haben: Einmal abgelagert, sind sie nicht dem Kreislauf entzogen, sondern werden durch Re-Emission in die Atmosphäre oder Hydrosphäre erneut mobilisiert – ein zunächst stoffspezifisches Verhalten, das zudem aber von der Temperatur sowie von Verteilungs- und Abbauprozessen in Wechselwirkung mit den jeweiligen Umweltmedien abhängt.

Für die Entwicklung dieses Modells, das in seiner räumlichen – nämlich globalen – Skala das erste dieser Art war, stand der Hochleistungsrechner des Deutschen Klimarechenzentrums in Hamburg zur Verfügung. Und die Tauglichkeit sowie der Nutzen dieses Modells sind inzwischen erwiesen. So wurden erstmals Migrationstendenzen von Substanzen sowohl innerhalb einzelner Kompartimente sowie des gesamten Systems untersucht, und zwar ausgehend von Emissionen an verschiedenen Orten und in verschiedenen Klimazonen. Dabei stellte sich heraus, dass die bislang üblichen Simulationen des Umweltver-



haltens von Chemikalien, bei denen die Tages- und Jahresgänge der Umweltbedingungen vereinfachend „unterschlagen“ würden, keine verlässlichen Aussagen über die Persistenz dieser Substanzen liefern.

Vielmehr, so die neuen Befunde, hängen das Ferntransport-Potenzial und die Persistenz einer Chemikalie entscheidend auch vom Ort und vom Zeitpunkt ihrer Emission sowie vom Transportmedium ab. Das wurde beispielhaft am Vergleich der Insektizide DDT und α -Hexachlorcyclohexan (α -HCH) deutlich: Dabei erwies sich DDT als der generell langlebigere Stoff, doch das nicht überall und zudem mit sehr unterschiedlichem Abstand zu α -HCH. Streng genommen handelt es sich bei α -HCH gar nicht um einen insektiziden Stoff; es wurde jedoch gemeinsam mit isomeren, zum Teil insektiziden Stoffen in großer Menge als solcher ausgebracht.

Untersuchungen dieser Art sind bedeutsam für die Anwendung des Vorsorgeprinzips im Chemikalienrecht. Das in Hamburg entwickelte Modell ermöglicht solche Analysen, ist allerdings zu komplex, um außerhalb der Forschung als Routinewerkzeug eingesetzt zu werden. Es kann jedoch Standards liefern – und in diesem Sinn als „Eichinstrument“ für einfachere Modelle dienen. ●



PD DR. GERHARD LAMMEL (Jahrgang 1960) studierte Chemie in Regensburg und Freiburg und wurde 1988 mit einer Forschungsarbeit zur Stickoxidchemie der belasteten Atmosphäre am Mainzer Max-Planck-Institut für Chemie promoviert. Am Forschungszentrum Karlsruhe und am Lawrence Berkeley Laboratory wandte er sich mit Feld- und Laboruntersuchungen atmosphärischen Aerosolen und Wolken zu. Die atmosphärische Mehrphasenchemie von Stickstoff und Kohlenstoff sowie Multikompartiment-Stoffe waren seither Gegenstand seiner Forschung an der Universität Hamburg und dem Max-Planck-Institut für Meteorologie; dort leitet LammeL die Forschungsgruppe „Aerosolchemie“. Lehraufträge seit 1993 mündeten in eine Habilitation an der Universität Hohenheim. Der Autor arbeitete beim Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen mit und ist Mitglied des Vorstands der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie der Gesellschaft Deutscher Chemiker.

Für Entscheider in den Prozessindustrien und Life Sciences



PROCESS –
Magazin für Chemie-
und Pharmatechnik
www.process.de
www.process-worldwide.com
www.pharma-tec.com



LaborPraxis –Journal für
Labor, Analytik und Life
Sciences
www.laborpraxis.de



NewDrugs –
Genomics, Proteomics,
Lab-Automation
www.new-drugs.com



**Supplement
Life Science
Technologies**
www.laborpraxis.de
www.new-drugs.com

Jetzt Media-Informationen anfordern!



Vogel Life Science Medien
Postfach 67 40 · 97064 Würzburg
Telefon 0931 418 2613 · Fax 0931 418 2750
E-Mail reiner_oettinger@vogel-medien.de