

Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin
Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung
Band: 23 (2011)
Heft: 89

Artikel: Schwerpunkt Chemie : Chemie - immer und überall
Autor: Koechlin, Simon / Hafner, Urs / Fischer, Roland
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-551514>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.01.2026

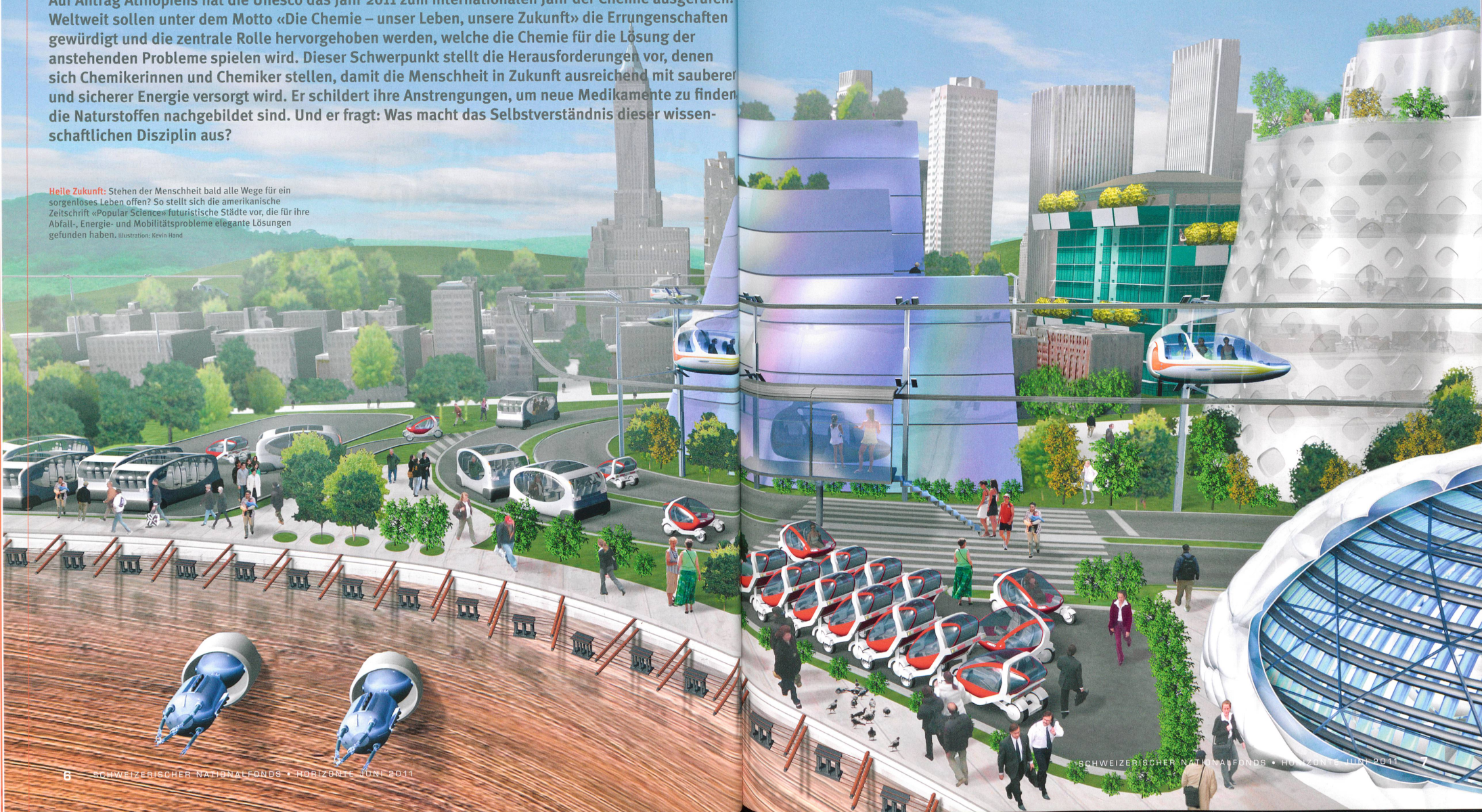
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

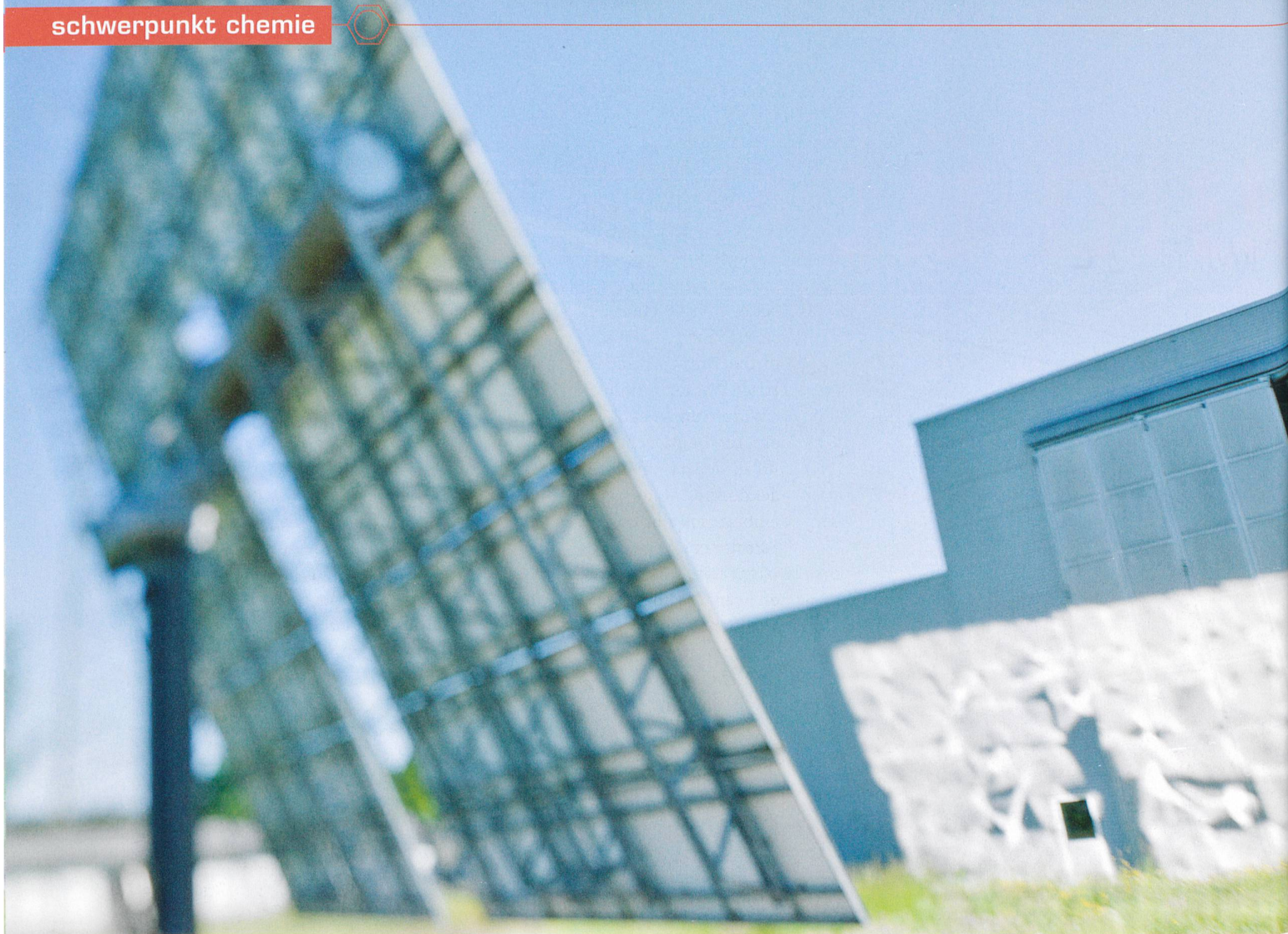


Chemie – immer und überall

Auf Antrag Äthiopiens hat die Unesco das Jahr 2011 zum internationalen Jahr der Chemie ausgerufen. Weltweit sollen unter dem Motto «Die Chemie – unser Leben, unsere Zukunft» die Errungenschaften gewürdigt und die zentrale Rolle hervorgehoben werden, welche die Chemie für die Lösung der anstehenden Probleme spielen wird. Dieser Schwerpunkt stellt die Herausforderungen vor, denen sich Chemikerinnen und Chemiker stellen, damit die Menschheit in Zukunft ausreichend mit sauberer und sicherer Energie versorgt wird. Er schildert ihre Anstrengungen, um neue Medikamente zu finden, die Naturstoffen nachgebildet sind. Und er fragt: Was macht das Selbstverständnis dieser wissenschaftlichen Disziplin aus?

Heile Zukunft: Stehen der Menschheit bald alle Wege für ein sorgenloses Leben offen? So stellt sich die amerikanische Zeitschrift «Popular Science» futuristische Städte vor, die für ihre Abfall-, Energie- und Mobilitätsprobleme elegante Lösungen gefunden haben. Illustration: Kevin Hand





Treibstoff aus Sonnenlicht?

Die Energie der Zukunft muss sauber und sicher sein. Und sie muss den Bedarf von Milliarden Menschen decken. Ohne chemische Neuentwicklungen ist das nicht möglich.

VON SIMON KOECHLIN

Die heutige Energieversorgung gleicht einem Pulverfass. Atomkraftwerke bergen die Gefahr einer Verstrahlung weiter Landstriche, und das Verbrennen von Erdöl erwärmt langsam, aber sicher die Atmosphäre – mit unabsehbaren Folgen für Menschen, Tiere und Pflanzen. Wie können wir den weltweiten Energiehunger stillen, ohne unseren Planeten

zugrunde zu richten? Und welche Rolle spielt dabei die Chemie?

«Eine grosse», sagt Alexander Wokaun, der Leiter des Forschungsbereichs Allgemeine Energie am Paul-Scherrer-Institut (PSI) in Villigen. Er verweist auf eine Studie der Denkfabrik «Energie Dialog Schweiz», deren Kerngruppe er angehört. Die Untersuchung zeigt auf, wie die hohe Lebensqualität in der Schweiz gesichert und gleichzeitig der CO₂-Ausstoss und der

Energieverbrauch gesenkt werden können, wenn die Wirtschaft jährlich um ein Prozent wächst, der Energiebedarf pro Einheit der Wertschöpfung aber um zwei Prozent pro Jahr sinkt. Als Zielvorgabe sollen im Jahr 2050 erneuerbare Techniken über die Hälfte der Energie bereitstellen. Um dies zu erreichen, sei ein breiter Mix aus diversen Energieformen nötig, sagt Wokaun. Vor allem im Verkehr muss die Effizienz erhöht werden, was nur mit neuen chemischen Entwicklungen möglich ist.

Im Jahr 2050 werden laut Wokaun auf den Schweizer Strassen wohl Autos mit ganz verschiedenen Antriebsarten unterwegs sein: der konventionelle Verbrennungsmotor neben unterschiedlichen Hybridtypen, das Elektrofahrzeug neben dem Auto mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle. Noch aber ist es nicht soweit: Heute weisen zum Beispiel die Batterien von Elektroautos eine zu geringe Leistungsdichte auf. Das heisst: Damit ein

Heisse Spiegel für lebenswerte Zukunft:
Der Solarofen des Paul-Scherrer-Instituts (PSI) kann die Strahlung der Sonne bis zu fünftausendfach konzentrieren. So können Hochtemperatur-Solarreaktoren getestet werden. Bild: Derek Li Wan Po

entladen werden können. Und er muss sicher sein: Techniken müssen zum Beispiel gewährleisten, dass das hochreaktive Lithium nicht mit dem Elektrolyten oder gar mit Wasser oder feuchter Luft reagiert.

Grosse Hoffnung setzen die Chemiker am PSI in die Entwicklung von Brennstoffzellen, die Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser, Wärme und elektrische Energie umwandeln. Die beiden chemischen Elemente sind in der Brennstoffzelle durch eine hauchdünne Folie getrennt. Die dichte Membran soll nur die Wasserstoffkerne, die Protonen, möglichst effizient leiten. Die Elektronen werden über die anzutreibende Last geführt und reduzieren auf der Gegenelektrode den Sauerstoff. Bei den für diese Vorgänge benötigten Materialien gibt es noch grosses Verbesserungspotenzial, das Chemiker ausloten.

Eine andere, oft diskutierte Möglichkeit für die Zukunft: statt fossiles Benzin oder Diesel Biotreibstoffe in den Autotank füllen. In letzter Zeit wurden einige dieser Methoden allerdings in Frage gestellt, weil sie die Nahrungsmittelproduktion konkurrieren. Das PSI konzentrierte sich darum auf die Erforschung der Herstellung von Methan aus Abfallbiomasse, etwa für Gasfahrzeuge, sagt Wokaun. Dabei werden pflanzliche Abfälle wie Grünschnitt, Jauche oder Klärschlamm zuerst unter hohem Druck gesetzt. Danach werden die Nährstoffe durch Erhitzen ausgefällt, um sie als Dünger wiederverwenden zu können. Die verbleibende organische Substanz muss dann in Methangas umgewandelt werden – unter Verwendung eines unter aggressiven Bedingungen stabilen Katalysators.

Auch die Sonnenenergie ist ein wahrer Tummelplatz für Chemiker. In der Photovoltaik etwa sind effizientere Materialien und günstigere Herstellungsverfahren gefragt. Bei den Solarzellen aus organischen Materialien geht es heute in erster Linie darum, neue Farbstoffe zu finden, die einen möglichst grossen Anteil des einfallenden Sonnenlichts einfangen und durch Ladungstrennung in Strom umzu-

wandeln vermögen. Gelingt es überdies, die Solarzellen immer dünner zu fertigen, wird weniger Material verbraucht, und die Kosten für die Stromerzeugung sinken.

Wasser mit Sonnenlicht spalten

Vielleicht lässt sich dereinst aus Sonnenlicht nicht nur Strom erzeugen, sondern sogar Treibstoff. Die Vision bei dieser noch in der vorkommerziellen Entwicklung stehenden Technik: Wasser mit Hilfe von Sonnenlicht spalten. Dazu wird ein Hilfsmittel benötigt, das mit hochkonzentriertem Sonnenlicht auf etwa 2000 Grad Celsius erwärmt wird und diese Energie speichert. Es treibt dann eine Reaktion an, bei der aus Wasser und Koh-

lendioxid ein Gas aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid entsteht – das so genannte Synthesegas, eine Vorstufe von Benzin, Kerosin und anderen flüssigen Treibstoffen. Am PSI und an der ETH Zürich laufen laut Wokaun verschiedene Projekte in dieser Richtung. Für nächstes Jahr sei unter anderem geplant, in einer Testanlage in Frankreich nachzuweisen, dass dieser Prozess im grösseren Massstab mit ansprechendem Wirkungsgrad durchführbar ist.

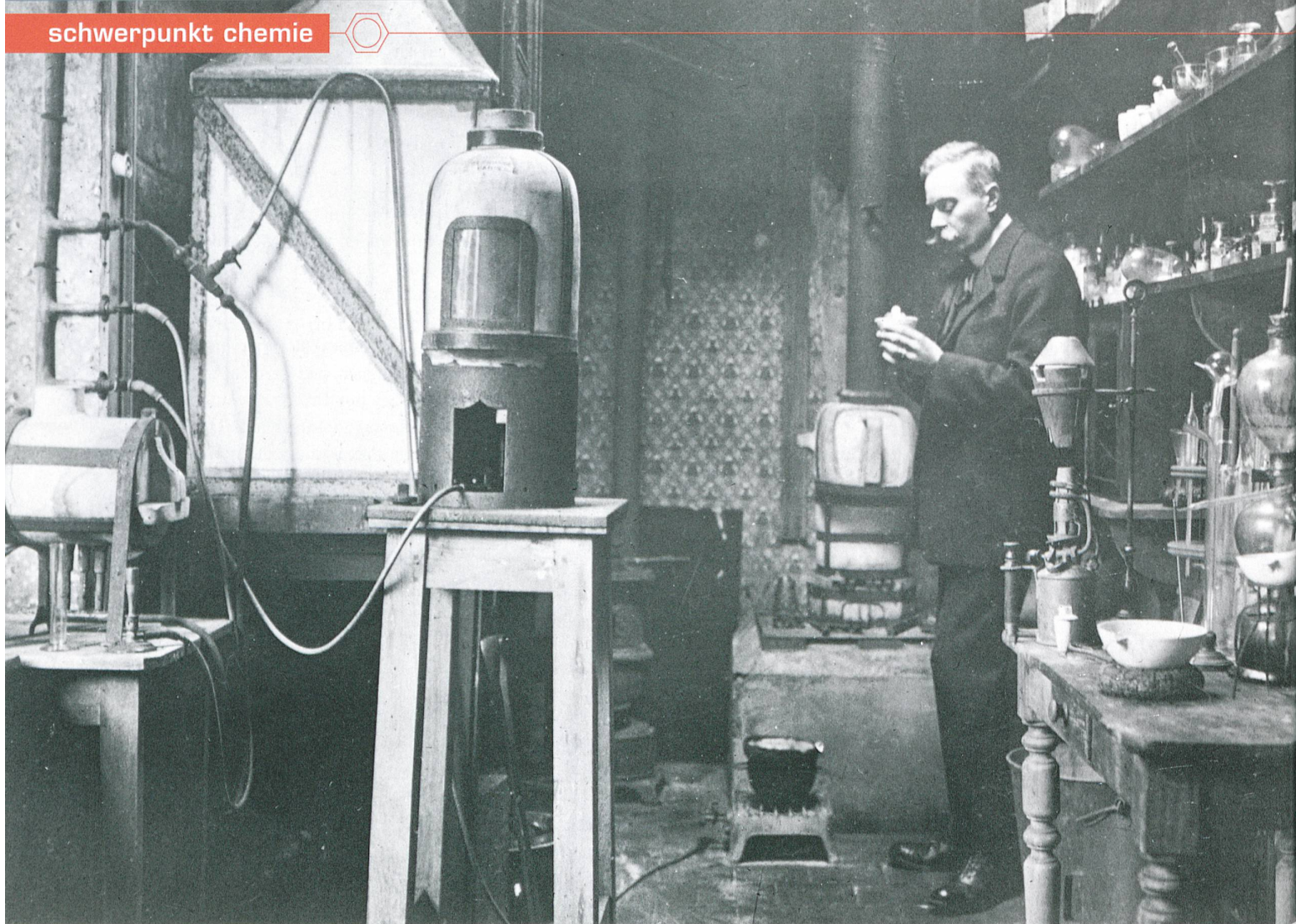
Auch bei allen anderen Energieformen spielen die Chemie eine wichtige Rolle, sagt Wokaun. Für die Windenergie werden Materialien erforscht, mit denen sich die Rotoren beschichten und gegen Vereisung schützen lassen. In der Geothermie braucht es geeignete Bohrflüssigkeiten. Und bei der Kernenergie erproben Chemiker und Physikerinnen neue Verfahren, mit denen die Spaltprodukte von den schweren Kernen getrennt werden können. Zudem entwickeln Materialforschende neue Strukturmaterialien, die in Kernreaktoren der vierten Generation bei hohen Temperaturen Einsatz finden könnten und die Entstehung und Ausbreitung von Rissen verhindern. Zu viel aber dürfe man von der Wissenschaft nicht erwarten, warnt Wokaun. Chemikerinnen und Chemiker könnten zwar Methoden und Techniken bereitstellen und verbessern, doch welche davon eingesetzt würden, entscheide letztlich die Gesellschaft. ■

Auch für die Windenergie ist Chemie wichtig.

Elektroauto weite Strecken fahren könnte, müsste die Batterie gross und schwer sein. Mit dem Gewicht steigt aber der Energieverbrauch.

Leistungsfähigere Lithium-Ionen-Akkus

Chemikerinnen und Chemiker suchten deshalb auf verschiedenen Wegen nach platzsparenderen Arten der Elektrizitätsspeicherung, sagt Wokaun. Ein Beispiel sei die Entwicklung neuer Materialien bei den herkömmlichen Lithiumbatterien. Massgeschneiderte Oxide etwa aus den Klassen der Perowskite oder Spinelle könnten Lithium-Ionen-Akkus in Zukunft leistungsfähiger machen. Zudem gibt es vielversprechende neue Konzepte, die noch nicht ausgereift sind; zum Beispiel den Lithium-Luft-Akku, bei dem Sauerstoff als Reaktionspartner des Metalls Lithium fungiert. Geforscht wird auch an der Lebensdauer der Batterien: Ein Fahrzeug-Akku muss Tausende Male aufgeladen und



Der Wissenschaftler als Schöpfer

Anders als die Physik und die Biologie ist die Chemie in der Öffentlichkeit wenig profiliert. Dabei ist sie eine schöpferische Disziplin, die alle Naturwissenschaften verbindet.

VON URS HAFNER

Was macht der Physiker? Er erklärt den Ursprung des Universums. Die Biologin? Sie entziffert die Bausteine des Lebens auf diesem Planeten. Der Anthropologe? Er rekonstruiert aus urzeitlichen Knochenfragmenten den Stammbaum der menschlichen Spezies. Und was macht der Chemiker?

Das ist, zumindest für den Laien, der höchstens eine diffuse Erinnerung an die

Moleküle des Chemieunterrichts besitzt, nicht einfach zu sagen. Der Chemiker zeige, wie vielfältig und komplex die Welt sei, sagt der Wissenschaftsphilosoph Michael Hampe von der ETH Zürich. «Mit seiner Arbeit produziert er Grundlagenwissen für alle Naturwissenschaften.» Das macht die Chemie zur vielleicht wichtigsten aller Naturwissenschaften, zum elementaren Bindeglied zwischen der Biologie und der Physik. Ohne Chemie kann man die Naturphänomene nicht verstehen.

Doch die in der Öffentlichkeit kursierenden Vorstellungen über die Chemie sind vage, zuweilen dominiert ein negatives Bild. Chemie: Das klingt in den Ohren vieler nach Bhopal, Schweizerhalle und Agro-Multis. Fliessen die hochgiftigen Abfälle einer Fabrik in einen Fluss, spricht man von einer Chemiekatastrophe. Fällt ein Flugzeug vom Himmel, spricht niemand von einem Physikunfall.

Diese simplen Vorstellungen werden der Chemie nicht gerecht. Sie sei das Opfer einer christlich geprägten Naturreligiosität und modernen Bio-Ideologie geworden, die streng zwischen dem Natürlichen und dem Künstlichen unterscheidet, sagt Michael Hampe. «Wenn der Bauer Kartoffeln oder Kühe züchtet, ist das natürlich? Und Plastik, das man aus seit Jahrmillionen in der Erde ruhendem Rohöl herstellt – ist das künstlich?» Die Trennung lässt sich so nicht aufrechterhalten: Wenn von unserer Erde verschwände, was durch chemische Synthese

Hier entsteht Neues: Der französische Alchemist François Jollivet-Castelot versucht, in seinem Labor Gold herzustellen (Fotografie um 1900). Unten: der Ende der neunziger Jahre entwickelte Arzneistoff Sildenafil, auch bekannt als Viagra.

Bild: Roger Viollet/Keystone (links), Derek Li Wan Po

entstanden ist, wäre nicht mehr viel da. «Die an die Industrie geknüpften Vorurteile über die Chemie haben deren positive Effekte aus dem Blickfeld verdrängt», sagt Andreas Pfaltz, Chemiker an der Universität Basel. Unseren Lebensstandard wie unsere hohe Lebenserwartung würden wir auch der Chemie verdanken, man denke nur an die Medikamente.

Abstrakte Formeln, Reaktionen

Die Physik ist stolze Eignerin des Atommodells, die Biologie selbstbewusste Besitzerin des Schlüssels zum menschlichen Erbgut. Bei der Chemie liegt der Fall anders: «Im Zentrum der Chemie stehen abstrakte Formeln und Reaktionen», sagt Andreas Pfaltz. «Die Chemie besitzt weder spektakuläre Theorien noch einprägsame Bilder wie andere Naturwissenschaften», sagt Michael Hampe. Die Chemie sei keine sich attraktiv präsentierende «Frontier-Science» wie die Physik, die ins Weltall vordringe, oder die Biologie, die das Gehirn erforsche, sagt der Wissenschaftshistoriker Christian Simon von der Universität Basel.

Es fällt der Chemie nicht leicht, sich profiliert zu präsentieren. Das zeigt – wider Willen – die Schweizer Website, die anlässlich des internationalen Jahrs der Chemie, das die Uno für 2011 proklamiert hat, aufgeschaltet worden ist. Die Website will die Wissenschaft zwar von der besten Seite zeigen, führt aber so viele Aspekte auf, dass der Laie sich kein prägnantes Bild machen kann. Was den Kern der Chemie bildet, was den Habitus der Chemikerin und des Chemikers auszeichnet, wird nicht deutlich.

Dabei gibt es diesen Kern sehr wohl: Michael Hampe sieht im Chemiker einen «Schöpfer», der mit der Molekularforschung den antiken alchemistischen Traum realisiert habe, neue Stoffe zu schaffen. «Der Chemiker kreiert etwas Künstliches, das eine Eigendynamik entfaltet.» Die Chemiker hätten bis heute rund zwanzig Millionen neue Verbindungen hergestellt. Doch die Wissenschaftsphiloso-

sophen hätten der angewandten Wissenschaft der Chemie lange viel zu wenig Beachtung geschenkt und deren Arbeit nicht zu schätzen gewusst, weil sie auf die Physik und deren «Traum von der Weltformel» fixiert gewesen seien.

Die Vorstellung, dass der Chemiker ein Schöpfer sei, entstand Ende des 19. Jahrhunderts, als sich der Chemikerhabitus ausbildete. Noch um 1800 sei die Chemie eine Wissenschaft gewesen, welche die Natur um der Erkenntnis willen studierte, sagt Christian Simon. Mit dem Aufstieg der Farbstoffindustrie in den 1860er Jahren sei die Chemie zum Massenfach und Brotstudium geworden: «Man studierte Chemie, um Geld zu verdienen.» Zugleich habe sich mit dem Chemiker die nicht nur von Chemikern geteilte Vorstellung verknüpft, er sei allmächtig, er vermöge in Kenntnis der Naturgesetze etwas Neues zu schaffen.

Mit der Figur des Chemikers verbanden sich im 20. Jahrhundert die Hoffnungen auf den unaufhaltsamen technologischen Fortschritt und die Perfektionierung der Lebensbedingungen. Ein Ende der dreissiger Jahre in Deutschland erschienenes populärwissenschaftliches Buch trägt bezeichnenderweise den

Titel «Chemie erobert die Welt». Der Chemiker wird hier zum «grössten Eroberer» stilisiert, ja gar – offensichtlich in Anlehnung an die nationalsozialistische Diktion – zum «neuen Menschentyp». Um die Mitte des 20. Jahrhunderts blüht die Chemie wie nie zuvor. Aus der Industrie fliesst das Geld in Strömen. Chemiker synthetisieren das Penizillin und andere Wunderstoffe.

Mit dem Aufstieg der Molekularbiologie in den 1970er Jahren gerät die Chemie in eine Krise. Die neue Biologie sieht das Molekül nur mehr als Bestandteil der Zelle. «Die Chemiker hielten die Biologie für eine weiche Wissenschaft, die nur zu nicht reproduzierbaren Resultaten führe», sagt Christian Simon. Sie hätten gedacht, die Biologen seien eine Art Zweitklass-Chemiker. Zudem sei die chemische Industrie in Schwierigkeiten geraten.

Auch Andreas Pfaltz ortet für die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts einen Umbruch. «Vielleicht hat sich die Chemie zu sehr auf sich selbst beschränkt. Sie war eine klar definierte und abgegrenzte Wissenschaft.» Doch die Krise habe sich als Chance erwiesen: «Die Chemie hat sich gegenüber der Biologie und der Physik geöffnet.» Heute partizipierten die drei Wissenschaften in einer zunehmend transdisziplinären Forschungslandschaft.

Steigende Studierendenzahlen

Die Öffnung der Chemie hat sich wahrscheinlich positiv auf ihre Attraktivität für Studierende ausgewirkt. Vor der Jahrhundertwende sanken die Zahlen drastisch, doch seit 2004 zeigt die Kurve nach oben. Das ist beruhigend, denn laut Andreas Pfaltz wird die Chemie in der Zukunft wichtiger denn je sein: «Die drängenden Umwelt- und Energieprobleme, etwa den Ersatz des Erdöls und die Entwicklung neuer effizienter Solarsysteme, werden wir nur mit der Chemie lösen können.» Vielleicht trägt das Jahr der Chemie dazu bei, der Welt noch mehr Chemikerinnen und Chemiker zu bescheren. ■





Heilmittel im Heuhaufen der Natur

Die Natur hält viele potenzielle pharmakologische Wirkstoffe bereit. Um sie zu finden, wertet der organische Chemiker ökologische Wirkmechanismen aus.

VON ROLAND FISCHER

Es ist ein wenig wie die Suche nach der Nadel im Heuhaufen: Es gibt da draussen – Millionen? Milliarden? – unerforschte Substanzen. Und jede davon ist ein potenzieller pharmakologischer Wirkstoff. Doch wie findet man einen interessanten Kandidaten, wenn man nicht weiss, wonach man wo suchen soll? «Uns hilft eine Mischung aus vorhandenem Wissen und Zufall», sagt Karl Gademann von der Universität Basel. Die Forschungsgruppe des jungen Chemieprofessors hat sich darauf spezialisiert, vielversprechende Moleküle vor allem bei Kleinstlebewesen, aber auch in Pflanzen aufzuspüren, um dann die

Wissenschaft im grossen Assoziationsraum.

Stoffe im Labor nachzubauen und dabei einen möglichst einfachen und eleganten Syntheseweg zu finden. Das ist der Stolz eines jeden organischen Chemikers.

Auf seiner Suche nach unbekannten natürlichen Heilmitteln entdeckt Gademann auch neue, überraschende Wirkweisen. Er spricht von «ökologischen Zusammenhängen», die ihn auf

die richtige Spur führen. Wenn ein Organismus die Synthesemaschinerie anwirft und ein bestimmtes Molekül herstellt, hat das seinen guten Grund, der oft mit dem ökologischen System zu tun hat, in dem der Organismus eingebunden ist. Wer als organischer Chemiker beispielsweise Blaualgen studiert, sollte deshalb auch die Biologie dieser Einzeller im Blick haben.

Kreative Grundlagenforschung:
Der Naturstoff Nostocarbolin (im Reagenzglas) wirkt gegen Malaria. Bild: Karl Gademann

Wenn sich Blaualgen also erfolgreich gegen die Überwucherung anderer Algen wehren, dann könnte ein Wissenschaftler, der weitschweifige Zusammenhänge mag, auf die Idee kommen, nach neuartigen Malaria-Wirkstoffen zu suchen. Die gefundenen Algizide könnten, dafür hat Gademann Hinweise geliefert, tatsächlich auch gegen den Malaria-Erreger wirken, da dieser im Laufe der Evolution Bestandteile von Algen übernommen hat und somit eine bisher ausser Acht gelassene Achillesferse aufweist.

Indische und chinesische Heilpflanzen

Und wenn sich Blaualgen gegen Insektenfrass wappnen, indem sie beim Insekt eigenartige Verhaltensänderungen hervorrufen, dann denkt der frei assoziierende Forscher vielleicht an neurodegenerative Krankheiten. So hat Gademanns Gruppe einen Stoff isoliert, der ein an der Entstehung von Alzheimer beteiligtes Eiweiss hemmt. Überhaupt: Das Nervenzellwachstum hat es Gademanns Gruppe angetan – sie hat Pilzsubstanzen synthetisiert, die das Wachstum der Fortsätze zwischen den Zellen auf bemerkenswerte Weise beschleunigen. Und neue Forschungsprojekte nehmen Ingredienzen aus alten indischen und chinesischen Heilpflanzen unter die Lupe, die eine ähnliche wachstumsfördernde Wirkung zeigen. Auch diese Erkenntnisse lassen Alzheimer- oder Parkinsonspezialisten aufhorchen.

So sind in Gademanns noch jungem Forscherleben schon manche neue Behandlungsansätze für einige der grössten medizinischen Sorgenkinder zusammengekommen. Gademann sieht sich ausdrücklich als Grundlagenforscher: «Wir sind keine Pharmafirma, wir wollen keine Medikamente entwickeln.» Vielmehr geht es ihm darum, durch das Aufspüren und Nachbilden neuer Moleküle grundlegende biologische Mechanismen zu verstehen. Wissenschaft im grossen Assoziationsraum, nicht im engen Rahmen kommerziell verwertbarer Resultate. ■