







4		Einleitung Kann denn Liebe chemisch sein?
		Raill defit Liebe Chemisch sein?
5		Vorwort
		der Bundesministerin für Bildung und Forschung
6		Chemie und Alltag
		Alles Gift, oder?
7		Der Mensch – komplexe Chemie
,	9	Wohliges Prickeln, warme Schauer, heißes Blut: Im Kuss steckt Chemie!
	10	Schutz für ungeborenes Leben
	11	Sprengstoff im Blut
	12	Bier, Wein und der Morgen danach
	12	Kunststoff und andere Süßigkeiten
	14	Chemie in jeder Zelle
	16	Zwerge im Dienste der Schönheit
17		Chemie und Hightech im Alltag
	19	Der Feuerlöscher in der Babywindel
	20	Ein PURer Tausendsassa
	22	Beton kann auch mit wenig Wasser fließen
	22	Wachs im Putz – die wartungsfreie Klimaanlage
	24	Leitend, leuchtend und ganz flexibel
	26	Von versilberten Socken und gezuckerten Anzügen
27		Chemie und unsere Zukunft
	29	Chemiker bringen die Brennstoffzelle auf Trab
	30	Schultüten aus Kohlenstoff
	32	Jedes Atom zählt
	33	Diesel sauber entschwefeln
34		Herausforderungen der Zukunft
	34	Tanz der Tropfen
	34	Magnet zum Reinbeißen
	35	Biologisch verträgliche Löcher im Schädel
	35	Ende der Verschwendung
	35	Krabbenschalen gegen Bakterien
	36	Licht aus dem Käfig
	36	Chemie unter der Haut
	36	Warum Tomaten Quaddeln machen
37		Service
	37	Veranstaltungsvorschau
	38	Die Initiatoren mit den Trägerorganisation
	38	Ansprechpartner
	39	Impressum

Einleitung

Kann denn Liebe chemisch sein?

Auch, aber nicht nur. Bei Liebe sind viele Faktoren im Spiel, auch die Chemie. Schließlich werden menschliche Empfindungen durch chemische Prozesse beeinflusst. Es gibt nahezu keinen Bereich im Leben, in dem die Chemie keine Rolle spielt: Angefangen beim Menschen selbst, über die Materie und Hightech bis hin zur alltäglichen Herausforderung, Lebensqualität und Umwelt auch in Zukunft im Gleichgewicht zu halten.

Das Jahr der Chemie 2003 möchte Ihnen die Chemie in all ihren Facetten nachvollziehbar und unterhaltsam präsentieren. Mit dem Begriff Chemie werden oft sehr unterschiedliche Aspekte verknüpft, beispielsweise die Naturwissenschaft Chemie, die chemische Industrie oder chemische Produkte als synthetische Zusatzstoffe. Mehr als 2000 Veranstaltungen im gesamten Bundesgebiet werden die Chemie aus ganz unterschiedlichen Perspektiven beleuchten und Ihnen die Möglichkeit geben, sich selbst ein Bild von ihr als Welt der Elemente, Substanzen und Reaktionen, als Gegenstand von Forschung und Wissenschaft und als Industrie zu machen.

Trilogie Chemie

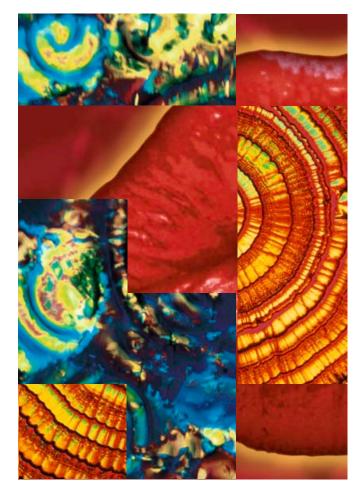
Mensch - Materie - Ressourcen

Die Trilogie Chemie zieht mit ihren Leitthemen Mensch, Materie und Ressourcen einen roten Faden durch das Wissenschaftsjahr 2003.

Ob wir uns verlieben, ob uns unser Immunsystem Krankheitserreger in Schach hält, ob wir nach einer feuchtfröhlichen Nacht einen Kater haben – ständig ist auch die Chemie im Spiel. Leben an sich ist ein komplexes Zusammenspiel chemischer Reaktionen.

Hightech-Materialien sind längst Bestandteil unserer Alltagskultur. Mobile Kommunikation und Computertechnologie profitieren davon. Und im Spitzensport trägt das richtige Material wesentlich zur Entscheidung über Sieg oder Niederlage bei.

Immer mehr Menschen benötigen auch immer mehr Ressourcen und produzieren immer mehr Emissionen.



Nur durch Einsatz chemischem Know-hows sind diese zentralen Zukunftsfragen zu lösen.

Die vorliegende Broschüre orientiert sich an dieser Trilogie und möchte Ihnen eine erste Idee davon vermitteln, welche Rolle die Chemie in unserem Alltag spielt. Sie informiert beispielhaft über chemische Prozesse und Substanzen, die unseren Körper, unseren Alltag und unsere Zukunft entscheidend beeinflussen. Sie möchte Sie auf eine Entdeckungsreise einladen, die Ihnen vielleicht "Lust auf mehr" macht.



Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Elemente, Moleküle, pharmazeutische Produkte, die haben etwas mit Chemie zu tun. Und vielleicht denken Sie an weit zurückliegende Schulstunden, in denen Sie sich mit kryptischen Formeln und geheimnisvollen Prozessen gequält haben. Aber ein Kuss, die Liebe, Gefühle? Was haben die mit Chemie zu tun?

Sehr viel, schließlich ist unser Körper ein hochkomplexes Labor, in dem chemische Prozesse Funktionen und eben auch Gefühle und Empfindungen steuern. Überhaupt ist die Chemie in unserem Alltag jederzeit gegenwärtig. Sie ist eine exakte Naturwissenschaft, deren Forschungsergebnisse

unser Leben mitbestimmen: Mikrochips aus Silizium, atmungsaktive Kleidung oder Autos, die zukünftig vielleicht nur noch mit Wasserstoff fahren.

Chemie ist nicht nur Teil des täglichen Lebens, sondern bildet zugleich die Grundlage für Forschung und Entwicklung einer großen Industrie. Verbesserungen im Gesundheitsschutz und der Ernährung des Menschen bis hin zum Verständnis unseres Ökosystems und dem damit verbundenen Umweltschutz stützen sich auf wesentliche Erkenntnisse der Chemie. Und natürlich ist die Chemie mit rund einer halben Million Beschäftigten eine der führenden Industrien in Deutschland – ein großer Arbeitgeber, der beständig Ausbildungsplätze schafft.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung veranstaltet gemeinsam mit der Initiative "Wissenschaft im Dialog" und den Chemieorganisationen in Deutschland das "Jahr der Chemie 2003". Mit diesem bereits vierten Wissenschaftsjahr seit dem Jahr 2000 möchten wir Ihnen diese Wissenschaft hautnah präsentieren, Ihnen Einblicke verschaffen, die Chemie für Sie erlebbar machen und Sie informieren, damit Sie sich selbst ein Urteil bilden können, dass Sie fragen können, dass Sie aber auch Ihre Meinung einbringen und so einen aktiven Dialog mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern führen können.

In Ausstellungen, Konferenzen und Veranstaltungen stehen Ihnen an vielen Orten in Deutschland Wissenschaftler zur Verfügung, die Ihnen die Lehre von den Stoffen präsentieren und näher bringen möchten. Dort können Sie u. a. erfahren, was ein Kuss mit Chemie zu tun hat, wie die Chemie immer neue Hightech-Materialien entwickelt und welche Antworten sie auf die großen Zukunftsfragen der Menschheit anbieten kann. Wir wollen Ihnen diese Wissenschaft nicht durch die rosarote Brille zeigen, sondern auch die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt mit Ihnen diskutieren. Alle Themen, Termine und Veranstaltungsorte zum Jahr der Chemie 2003 finden Sie im Internet unter www.jahr-der-chemie.de.

Schauen Sie doch einfach vorbei bei einer der vielen Veranstaltungen. Wir sind sicher, Sie werden überrascht sein, wie spannend und faszinierend die Chemie sein kann.

delgard Bulmahn,

Bundesministerin für Bildung und Forschung

E. Tulmah

Chemie und Alltag

Alles Gift, oder?

Erinnern Sie sich noch? Seveso in Italien? Wo vor mehr als 25 Jahren Dioxin aus einer Chemieanlage entwich? Aber an Nitrofen können Sie sich noch erinnern, das war ja erst neulich, und hier in Deutschland. Da waren Chemikalien im Hühnerfleisch: auch giftig. Ganz zu schweigen von Acrylamid. Zu dumm, dass das beim Backen von selbst entsteht – das wäre sonst eine prima Schlagzeile. Und ausgerechnet das ist nun das Giftigste überhaupt? Wer weiß, was man sonst noch alles zu sich nimmt. Bringt uns die Chemie am Ende noch alle um?

Schluss damit! Jetzt kommt nur noch Gesundes auf den Tisch. Lebensmittel, die mit Natur- statt mit Chemiedünger gepäppelt wurden, und ungespritzt sind sie auch. Eben ganz natürlich und ohne "Chemie", statt dessen mit Mineralien, Nährstoffen, Vitaminen. Klingt irgendwie gut: Vitamin B₁, Vitamin C. Viel besser als Thiaminpyrophosphat oder Ascorbinsäure, nicht so chemisch.

An meine Haut lass' ich nur Wasser und Natur. Und Seife, aber die muss ganz natürlich sein. Oder Duschgel, am liebsten das mit den lustigen bunten Bläschen. Wie die das hinkriegen, dass die sich so gleichmäßig in der Flasche verteilen? Chemie kann das doch nicht sein? Und Zahnpasta, irgendwas ist da drin, was die Zähne besonders weiß macht. Oder muss man doch feste schrubben?

Wie weit würde der Hannawald eigentlich ohne seine Spezialanzüge fliegen? Ohne Chemie schafft's im Sport niemand mehr in die Weltklasse! Ski, Bob, Radrennen, Rudern – ohne Hightech geht da nichts. Das gilt auch fürs Fair Play – wer Dopingsündern auf die Spur kommen will, muss schon einiges auf und im Kasten haben. Oder die Formel Eins, wie auch die Formel Alltag, die tollen Autos mit Knautschzonen, die dafür sorgen, dass zwar das Auto, aber nicht der Fahrer deformiert wird. Physik pur, oder nicht? Und die Reifen, wie kann es sein, dass eine Gummimischung über Sieg oder Niederlage entscheidet?

Nichts ist so zart wie ein Kinderpopo, viel zu zart für Chemikalien. Aber wie kommt es, dass so viel Flüssigkeit in eine Windel passt? Wer Kinder hat, kennt es: Tränen, Geheul, Verzweiflung, am Lieblingsspielzeug ist ein Plastikteil abgebrochen. Schnell her mit dem Sekundenkleber, der heilt Wunden, nicht nur die aus Plastik. Ist da nicht auch Chemie mit im Spiel?

Mittagessen. Toll für die Kleinen: Erst gibt's Spinat, dann Schokoladenpudding. Das hinterlässt Spuren. Nicht nur Hemd und Lätzchen haben einiges abbekommen. Ab in

die Wäsche damit und ordentlich Waschmittel drauf. Halt!
Nicht gleich einen ganzen Becher,
ein halber Messlöffel Kompaktwaschmittel reicht. Und die
Waschmaschine, die lebt auch
ohne zusätzliches Mittelchen
länger. Chemie ist eben oft auch
Köpfchen, und Chemie macht's
eben möglich, mit weniger
Chemikalien auszukommen ...





Der Mensch – komplexe Chemie

Ein Kuss? Was hat der mit Chemie zu tun? Oder Gefühle? Formeln haben mit Chemie zu tun, Elemente und Moleküle. Aber die Liebe?



Unser Körper: ein komplexes Chemielabor.

Unser Körper ist ein hochkomplexes Labor, in dem chemische Prozesse Gefühle, Emotionen und viele Funktionen steuern. Unsere Umgangssprache spiegelt dies wieder. Wir sprechen davon, dass zwischen zwei Menschen "die Chemie stimmt", dass man "sich riechen kann". Auch unser Essen – so ungern man sich an den Gedanken gewöhnen mag – hat viel mit Chemie zu tun, genau genommen ist jeder einzelne Bissen pure Chemie. Denn Zucker, Stärke, Eiweiße, gesättigte und ungesättigte Fettsäuren oder Mineralien sind genau so Chemie wie Konservierungsstoffe oder andere Zusätze.

Chemische Prozesse und Substanzen sind feste Bestandteile unseres Lebens und unserer Natur. Sie lassen

uns die Liebe empfinden, sie schützen uns, wenn wir behütet im Mutterleib heranwachsen, wir nutzen sie bei der Körperpflege und der Herstellung von Genussmitteln, sie können uns krank machen, aber auch heilen. Es kommt eben auch hier darauf an, dass alles zur richtigen Zeit am richtigen Platz ist. Sehen Sie selbst, welche Magie der Chemie sich hinter einem Kuss verbirgt ...

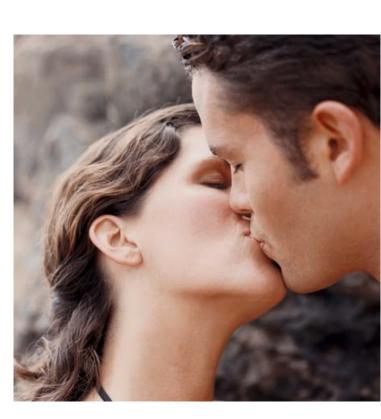
Wohliges Prickeln, warme Schauer, heißes Blut: Im Kuss steckt Chemie!

Wer erinnert sich noch daran? Der erste Kuss. Mich hat's erwischt. Ein wohliges Prickeln durchfließt den Körper: Hitzewallungen, Schwindel und Benommenheit geben einem das Gefühl zu ertrinken, doch gerettet werden will man nicht. Wer küsst, der schweigt zu zweit und besiegt damit die Einsamkeit. Und Küssen ist gesund: Hormone tosen durch die Blutbahn, der Stoffwechsel kommt auf Touren, die Haut strafft sich, der Teint wird rosa. Küssen macht nicht nur an, Küssen macht glücklich und tut gut.

Beim Küssen zeigt sich, ob die Chemie zwischen zwei Menschen stimmt oder nicht. Über den Speichel wird eine Art biologisches Signal ausgesandt. Die sensiblen Rezeptoren in Lippen, Zunge und Mundschleimhaut sind besonders empfänglich für sexuelle Reize. Was wir empfinden verändert sich nicht nur mit dem Druck oder dem Saugen beim Küssen. Triebfedern der spezifischen Anziehungskraft zwischen zwei Liebenden sind auch die unterschiedlichen Duftstoffe jedes Menschen, die sich aus erblich bedingten Genmuster ergeben.

Die für den Geruchssinn zuständigen Nervenzellen in der Nase liegen nämlich sehr nahe beim Mund. Partner, die sich genetisch zu ähnlich sind, können sich buchstäblich "nicht riechen". Dem potenziellen Nachwuchs würde in diesem Fall ein nur kleiner Genpool zur Verfügung stehen, was später zu Störungen im Immunsystem des Kindes führen kann. Ein unsichtbares Band der Biochemie sorgt also dafür, dass wir uns für den genetisch passenden Partner interessieren. Der individuelle Duft jedes Menschen ist – je nachdem – eine reizvolle "Zugabe" oder ein sinnvoller Warnhinweis der Natur. Aber keine Sorge, ferngesteuert von den chemischen Reaktionen unseres Körpers sind wir deshalb nicht: Wenn die "Optik" nicht stimmt, kann die passende Duftmarke auch nichts retten.

Küssen ist so etwas wie eine natürliche Droge, die man nicht unterschätzen sollte. Der Körper produziert beim Küssen so genannte Neuropeptide - Chemikalien, die das Immunsystem aufpeppen. Damit nicht genug: Glücksgefühle, die beim Küssen entstehen, lassen uns regelrecht "high" werden. Die Ausschüttung körpereigener Hormone und Botenstoffe wie Adrenalin, Dopamin oder Serotonin sorgt für Euphorie, Appetitlosigkeit und positiven Stress. Miteinander kombiniert sind sie in ihrer Wirkung unerreicht. Bis zu einem Jahr lang können sie einen in ihrem Bann halten. Biochemisch gesehen sind Verliebte krank. Sie haben einen veränderten Serotoninspiegel im Blut, ähnlich dem von Zwangsneurotikern. Die Folge: Sie verhalten sich oft wie Verrückte, können sich auf nichts mehr konzentrieren und haben nur das eine im Kopf – ihren Partner natürlich. Vielküsser können zudem mit einer höheren Lebenserwartung rechnen: Der regelmäßige Adrenalinausstoß hält fit.



Schutz für ungeborenes Leben

Sie findet sich in Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen. Für den menschlichen Stoffwechsel ist die Verbindung unentbehrlich: Die Folsäure. Bereits im Mutterleib spielt sie eine entscheidende Rolle für das entstehende Leben. Denn ohne diese Säure kann sich der Fötus nicht richtig entwickeln. Folsäuremangel kann zum so genannten offenen Rücken (spina bifida) führen, eine Fehlentwicklung, bei der das Rückenmark offen liegt und die zur Lähmung der Beine führen kann.

Der Fötus bezieht die für ihn so wichtige Säure aus der Leber der Mutter, und eine gezielte Ernährung kann helfen, diesen natürlichen Speicher ständig aufzufüllen. Dafür sollte Gemüse wie Spinat, Rosenkohl, Brokkoli sowie Weizenkeime und Sojabohnen auf dem Speiseplan stehen. Aber Vorsicht: Kocht das Gemüse zu lange, dann wird die darin enthaltene Säure zerstört. Die verträgt nämlich weder kochendes Wasser noch Licht. Das Gemüse darf also nur kurz gegart werden. Allerdings tritt in Obst und Gemüse Folsäure als Folat auf, das der Körper nur zu 11 Prozent resorbiert. Von der synthetischen Form, der reinen Folsäure, nimmt der Körper hingegen 45 Prozent auf. So werden in den USA seit 1998 alle Mehle, Reis und Nudeln mit Folsäure angereichert. Chemiker haben verschiedene Synthesen für Folsäuren entwickelt, mittlerweile werden jährlich rund 400 Tonnen Folsäure produziert.

Folsäure tritt in verschiedenen Formen auf und setzt sich aus Glutaminsäuren, p-Aminobenzoesäuren und Pteridin zusammen. Sie gehört zur Gruppe der B-Vitamine und ist wichtig für unser Immunsystem, ein Mangel an diesem Vitamin hemmt die Antikörperbildung. Darüber hinaus ist das Vitamin ein fleißiger Sammler. Eifrig sammelt es Kohlenstoffeinheiten ein, um sie zur Synthese an andere Zelleinheiten weiter zu geben. Um unseren Bedarf zu decken, müssen wir sie über die Nahrung aufnehmen. Manche Lebewesen, zum Beispiel Bakterien, sind in der Lage, ihren Folsäurebedarf vollständig aus körpereigener Produktion zu decken. Darauf setzten die ersten bekannten Antibiotika, die Sulfonamide. Denn diese blockieren ein Enzym, das an der Folsäurensynthese der Bakterien beteiligt ist. Mikroorganismen können sich so nur langsam vermehren, und der Körper gewinnt Zeit, Antikörper in ausreichender Zahl zu bilden.

Doch zurück zum ungeborenen Leben. Umfangreiche Tests und Untersuchungen in den 1980er und 90er Jahren haben gezeigt, welche zentrale Rolle die Folsäure für die gesunde Entwicklung des menschlichen Fötus spielt. Die Weltgesundheitsorganisation reagierte auf diese Erkenntnisse. Empfahl sie Anfang der 90er Jahre jungen Frauen noch die Aufnahme von 200 Mikrogramm des Vitamins pro Tag, beträgt die heute empfohlene Menge das Doppelte.



Industrielle Vitaminproduktion.



Sprengstoff im Blut

Es ist klein, geruch- und farblos: Stickstoffmonoxid, kurz NO. Ein winziges Molekül mit riesiger Bedeutung für den Körper. Ohne es könnten wir nicht lernen und nicht lieben, keine Krankheiten abwehren, und das Blut würde uns in den Adern gerinnen. Das kleine Teilchen ist so aktiv, weil es eine chemische Besonderheit

aufweist: Ein einzelnes Elektron kreist in der Atomhülle und ist ständig auf der Suche nach einem Partner.

Das einsame Elektron geht so aggressiv vor, dass es Zellen tötet. Damit wehrt unser Immunsystem Krankheitserreger ab. Schleichen sich Keime in die Blutbahn, macht sich eine Armee von Fresszellen auf den Weg, um unsere Gesundheit zu verteidigen. Zunächst produzieren die Fresszellen

nichts anderes als Stickstoffmonoxid. Nur wenige Sekunden bleiben, um die Angreifer unschädlich zu machen. Der Vorteil von NO: die geringe Größe. Es ist so winzig, dass es einfach durch die Poren der fremden Zelle flutscht. Dort stürzt es sich auf bestimmte Enzyme,

blockiert sie und setzt so die fremde Zelle außer Gefecht. Auch ein anderer Stoff setzt Stickstoffmonoxid frei: Nitroglycerin. Mit der Erfindung von Alfred Nobel lassen sich nicht nur Gebäude sprengen. Zellen in der Blutbahn bauen Nitroglycerin zu Stickstoffmonoxid ab. Das gibt dann – auf Umwegen – den Muskeln der Adern den Befehl zu erschlaffen. Auch der Körper selbst produziert Stickstoffmonoxid, um den Blutdruck zu steuern.

Selbst zum Denken brauchen wir Stickstoffmonoxid. Es wird von den Nervenzellen im Gehirn gebildet. NO überträgt in den Spalten zwischen Nervenzellen Signale, die wir für Lernprozesse benötigen. Es bringt den Nervenzellen bei, welche Wege häufig genutzt werden. So sind die ersten Versuche, beispielsweise Schreibmaschine zu schreiben, eher kläglich. Irgendwann aber bewegt sich jeder Finger so selbstverständlich, als wüsste er von selbst, was er zu tun hat. Die Leitung vom Gedanken an einen Buchstaben zu dem entsprechenden Finger ist freigeschaltet.

Nerven haben wir nicht nur im Gehirn. Ohne die Hilfe von Stickstoffmonoxid würden wir verhungern. Wir brauchen es, damit unser Mittagessen oder der Schluck Wasser sogar im Kopfstand in den Magen gelangt. Auch das Weiten des Magens, wenn der vierte Gang eines Festessens verspeist wird, steuert das kleine Molekül. Hat die Nahrung den Magen passiert, übernimmt der Darm die

weitere Arbeit. Er transportiert sie mit Wellenbewegungen zum Ausgang. Bei all diesen Mechanismen müssen Muskeln gezielt entspannt werden. Eine der leichtesten Übungen für NO. Zuviel Entspannung kann jedoch tödlich sein – beim septischen Schock entsteht so viel NO, dass der Blutdruck zusammenbricht.

Für Männer ist das Entspannen der Muskeln von ganz besondere Bedeu-

tung: Ein Netz aus NO-produzierenden Nervenfasern durchzieht den Schwellkörper des Penis. Sie stabilisieren den Gefäßdruck, indem sie die Wände entspannen. Versagen die Nerven ihren Dienst, hilft eine Dosis NO von außen – etwa in Form kleiner blauer Pillen.



Nervenzellen brauchen NO zum Erlernen häufig genutzter Wege.

Bier, Wein und der Morgen danach

Jeder Mensch hat Alkohol in seinem Körper, allerdings in sehr geringen Mengen. Schon ein Glas Wein erhöht die Alkoholkonzentration im Körper deutlich, und es kann zu den bekannten Effekten kommen. Wie aber entsteht Alkohol?

Wie aus Traubensaft Wein wird

Um es einfach zu machen: Wein entsteht, wenn Traubensaft unter Einwirkung natürlicher Hefen "verdirbt". Und von denen gibt es jede Menge in der Traubenschale. Doch ganz so einfach ist es auch wieder nicht. Schließlich gibt es sehr viele Hefearten, die sich zwar alle von Zucker ernähren, diesen aber zu ganz unterschiedlichen Endprodukten abbauen. Entscheidend für das Gelingen eines guten Weines ist, dass sich die richtige Hefeart bei der Gärung durchsetzt. Um das sicher zu stellen, werden heute meistens die wilden Hefen zum Beispiel durch schweflige Säure abgetötet, danach wird die gewünschte Reinzuchthefe wieder zugegeben.

Hefen ernähren sich von Glucose, die sich in großen Mengen in den Weintrauben findet. Zumindest im September, der Zeit der Weinlese. Dann werden die Trauben reif und süß, ihr Zuckergehalt schnellt in die Höhe.

Nach der Lese werden die Trauben vorsichtig gepresst, es entsteht Most. Dieser gärt dann zwei bis drei Wochen in Fässern – früher aus Holz, heute häufig auch in Tanks aus Edelstahl. Die Hefen bauen den Zucker ab und wandeln ihn in Alkohol um. Erreicht der Alkoholgehalt 13 Prozent, sterben die Hefen ab, der Gärungsprozess endet. Jetzt muss der Wein nur noch reifen und in Flaschen abgefüllt werden, bis er auf unserer Speisekarte zu finden ist.

Und beim Bier?

Auch beim Bierbrauen bildet Hefe aus Zucker Alkohol. Aber anders als beim Wein hätte es die Hefe zunächst nicht mit Glucose als Ausgangsstoff zu tun, sondern mit Stärke. Zwar ist Stärke nichts anderes als eine lange Kette miteinander verknüpfter Glucosemoleküle, aber genau darin liegt das Problem: Es gibt keine Hefeart, die Stärke direkt in Alkohol umwandeln kann. Also muss die lange Kette der Glucosemoleküle wieder fein säuberlich in einzelne Glucosebausteine zerlegt werden.

Das erreicht der Brauer durch das Mälzen. Die Gerste wird zunächst ein bis zwei Tage eingeweicht und dann an einem warmen, feuchten Ort zum Keimen gebracht. Aus Stärke wird so Maltose (Malzzucker), die aus zwei Glucosebausteinen besteht. Der Brauer trennt mit Wasser die löslichen Malzbestandtteile (die Würze) vom abfiltrierten Rückstand (Treber). Die Würze wird jetzt gemeinsam mit dem Hopfen erhitzt. Danach gibt der Brauer die Hefe hinzu, in diesem Falle spezielle Bierhefe, die den Alkohol erzeugt.

Während des gesamten Brauvorganges kommt es zu unzähligen chemischen Prozessen und Reaktionen,

auf deren Verlauf zahlreiche Details Einfluss haben.
Am Brauprozess beteiligt sind zahlreiche enzymatische
Reaktionen, die sehr empfindlich auf den jeweiligen
Säure- und Mineralstoffgehalt des Wassers reagieren.
Die Beschaffenheit des Wassers ist daher wichtig für den
Geschmack des Bieres. Ausserdem produzieren die

Hefepilze während des Gärungsprozesses viele organische Moleküle, die den Geschmack des Bieres abrunden.

Wie entsteht ein Kater?

Da gibt es unter Wissenschaftlern unterschiedliche Meinungen.
Während die einen Gärungsprodukte wie Methanol und andere Fuselalkohole dafür verantwortlich machen, sehen andere den Grund für den Kater im Acetaldehyd, einer Substanz, von der bekannt ist, dass sie Kopfschmerzen und Übelkeit verursacht. Das beste Mittel gegen einen Kater: Weniger Alkohol trinken.

Kunststoff und andere Süßigkeiten



Jeder Deutsche konsumiert pro Jahr im Durchschnitt knapp 35 kg Zucker. Und so mancher setzt statt dessen auf das Süßen mit Ersatzstoffen.

Den meisten Zucker nehmen wir über Erfrischungsgetränke, Backwaren oder anderen Süßigkeiten zu uns. Wer ohne Süßungsmittel wie Zucker, Honig oder Ahornsirup auskommen möchte, kann unter einer Fülle synthetischer Süßstoffe wählen, die die Süßkraft von Zucker um ein Vielfaches übersteigen.

Die mit Abstand süßeste Versuchung ist Sucronsäure – sie ist etwa 200.000 Mal so süß wie Zucker! Zum Vergleich: Der bekannte Süßstoff Saccharin kommt auf eine immerhin noch 300 Mal so starke Süßkraft wie Zucker.

Süß können wir erst dann schmecken, wenn das "Dreieck des süßen Geschmacks", das Süße-Molekül, genau zu den Süßerezeptoren auf unserer Zunge passt. Ein Süße-Molekül besteht immer aus einer bestimmten Anordnung von Wasserstoff-, Sauerstoff- und Stickstoff- atomen sowie einer wasserabstoßenden Gruppe, zum Beispiel einem Kohlenwasserstoffrest. Stimmen Reihenfolge und Abstand, dann wird der Reiz als "süß" ans Gehirn weitergeleitet.

Plastiktüten aus Zucker?

Dass Zucker weit mehr als nur eine Geschmackssache ist, zeigen verschiedene Produkte aus dem chemischen Rohstoff Zucker. So kann aus Zucker das Gas Ethylen

zur Herstellung von Kunststoffen und -harzen oder der biologisch abbaubare Kunststoff namens Polyhydroxybutyrat (PHB) gewonnen werden. PHB wird in der Medizin beispielsweise als Bindfaden zum Nähen von Wunden verwendet – "Fäden ziehen" ist somit überflüssig, denn diese lösen sich mit der Zeit einfach auf.

Viele dieser Erzeugnisse aus dem süßen Grundstoff sind leider noch zu teuer, um Kunststoffe aus Rohöl zu ersetzen. So müssen wir noch einige Zeit auf essbare Telefone oder PC-Gehäuse verzichten. Aber wer weiß, vielleicht benutzen wir bald neuartige Löffel nicht nur zum Umrühren, sondern auch zum Süßen des Kaffees – vorausgesetzt, die Löffel-Moleküle bilden das Dreieck des süßen Geschmacks.

Chemie in jeder Zelle

Ob Naturstoff oder Aspirin – Medikamente steuern chemische Reaktionen im Körper

Teile von Pflanzen waren bis weit ins 19. Jahrhundert hinein die einzigen Medikamente: Wurzeln, Blätter, Rinden oder Blüten – von Johanniskraut, Mohn oder Weißdorn. Welches aber darin die eigentlich wirksamen Substanzen sind, das wurde erst mit der stürmischen Entwicklung der Chemie entdeckt. Der Paderborner Apotheker Friedrich Wilhelm Sertürner isolierte 1805 aus dem eingetrockneten Saft des Schlafmohns, dem Opium, das Morphin. Viele andere, auch heute noch verwendete Heilmittel stammen aus Pflanzen. Doch der größte Teil der heute verwendeten Medikamente ist von Chemikern zusammen mit Biochemikern, Pharmakologen und Medizinern gezielt entwickelt worden.

Die Trennung zwischen "natürlichen" und "künstlichen" Wirkstoffen ist willkürlich. Denn einerlei, ob eine Substanz aus einer Pflanze oder aus dem chemischen Labor stammt – sie wirkt im Körper immer auf die gleiche Weise: Ein Medikament greift in den Stoffwechsel ein, es beeinflusst chemische Vorgänge in den Zellen. In jeder von mehreren Billionen Zellen, aus denen der Mensch besteht, laufen ständig Hunderte von chemischen Um-

1805 gelang es einem Paderborner Apotheker erstmals, Morphin aus Schlafmohn zu gewinnen.



wandlungen ab. Auch die Verständigung zwischen den Zellen funktioniert mit einfach aufgebauten Chemikalien wie den Hormonen.

Andere Medikamente hat die Industrie aus natürlichen Substanzen weiter entwickelt, zum Beispiel den Klassiker Aspirin. Seine Struktur wurde aus der Salicylsäure abgeleitet, einem Bestandteil der Weidenrinde. Aspirin ist besser löslich und verträglicher als sein natürliches Vorbild. Die Liste "verbesserter" Naturstoffe ist nahezu endlos: So ruft Methicillin weniger bakterielle Resistenzen hervor als das Vorbild Penicillin. Auch das Schmerzmittel Morphin haben Chemiker vielfach variiert: zum Meperidin, das weniger Nebenwirkungen hat, oder zu Methadon, das länger im Körper bleibt und nicht süchtig macht.

In den großen Naturreservaten dieser Erde sucht die pharmazeutische Industrie weiter nach neuen Wirkstoffen. Sie versucht aber auch, mit völlig neuartigen Substanzen in die komplizierten Reaktionen der Zellen einzugreifen.

Bleiben wir beim Aspirin: Inzwischen ist klar, wie der hundertjährige Schmerzmittel-Veteran Sand ins Getriebe molekularer Maschinen streut. Die Fachleute sprechen von Enzymen, die Schmerz-Botenstoffe, die Prostaglandine, herstellen. Aspirin hemmt pauschal die Bildung



aller Typen von Prostaglandinen. Doch nur eines davon löst Entzündungen und Schmerz aus; andere schützen beispielsweise die Magenschleimhaut. Daher die bekannteste Nebenwirkung von Aspirin: Wer das Mittel zu lange schluckt, kann Magenprobleme bis hin zu Blutungen bekommen.

Die Mitglieder der Prostaglandinfamilie unterscheiden sich geringfügig in ihrem Aufbau. Mit diesem Wissen entwickelten die Forscher einen neuen Wirkstoff, der nur die Entzündung unterdrückt, ohne den Magen zu plagen.

Eine wirksame Methode bei der Suche nach ganz neuen Wirkstoffen ist die "Kombinatorische Chemie": Wie beim Legospiel werden die Testsubstanzen aus einzelnen Bausteinen zusammengebaut. Davon gibt es jeweils mehrere sehr ähnliche Varianten, die den Farben der Bausteine entsprechen. Schon ein Haus aus 20 Baustei-

nen kann nach dem gleichen Plan in nahezu unendlich vielen Farbkombinationen entstehen.

Dann beginnt die Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen – ist unter den neuen Substanzen ein Kandidat für ein neues Medikament? Hier hilft heute die Gentechnik: Die Forscher bauen endlose Reihen immer gleicher biochemischer Schlösser zu einer Krankheit. Darüber leeren sie die Sammlung der neuen Moleküle wie einen Sack voller Schlüssel – in der Hoffnung, dass einer davon passt.

Ist ein Kandidat gefunden, sind erneut Chemiker an der Reihe, um daraus ein Medikament zu entwickeln. Denn der vielversprechendste Wirkstoff nützt nichts, wenn er nicht ins Blut übergeht, wenn er nicht stabil gelagert werden kann, unerwünschte Nebenwirkungen entfaltet oder zu teuer ist. Vom Labor zum Ladentisch – dieser Weg ist lang und nur selten erfolgreich.

Zwerge im Dienste der Schönheit

Strahlend weiße Zähne liegen offenbar vielen Menschen am Herzen – allein für Zahnpasta geben sie jedes Jahr weltweit rund 1,3 bis 1,6 Milliarden Dollar aus. Entsprechend groß ist die Vielfalt der Präparate.

Eines haben die Pasten alle gemeinsam: Sie enthalten etwa fünf bis zehn Prozent Schleifmittel. Glücklicherweise gehört der Zahnschmelz, chemisch betrachtet Hydroxylapatit und Fluorapatit, zu den härtesten Substanzen in der Natur überhaupt. Aber gleichzeitig ist das Material von Natur aus porös, durch das tägliche Putzen kann der Zahnschmelz noch poröser werden. Ohnehin hinterlässt der permanente Schleifmitteleinsatz deutliche Spuren an den Zähnen.

Forscher der BASF wollen jetzt Schäden nicht nur vorbeugen, sondern sie sogar reparieren. Sie beschreiten dazu einen ganz neuen Weg: Es gelang ihnen, nanokristallinen Hydroxylapatit herzustellen und in eine Zahnpastamixtur einzubauen. Nano, das griechische Wort für Zwerg, bedeutet hier, dass die Teilchen nur Milliardstel Meter groß sind – das führt zu verschiedenen, ganz eigenen Effekten. Einer davon ist die Selbstorganisation: Wie von Geisterhand geführt ordnen sich die winzigen Partikel parallel an und bilden so einen geschlossenen Film auf der Zahnoberfläche.

Zahnpasta - Reparatur inklusive

Die Vorteile sind bestechend. Die Zähne werden mit naturidentischem Material repariert, heftiges Schrubben macht ihnen nichts mehr aus, weil die Folgen sofort wieder ausgeglichen werden, und die Zähne strahlen nicht durch Abtrag, sondern durch Aufbau von neuem Zahnschmelz. Entsprechend groß ist das Interesse der Zahnkosmetikindustrie. Noch ist die Entwicklung der BASF nicht reif für den Markt. Es gibt aber berechtigte Hoffnungen, dass wir in absehbarer Zeit Zahnpasta mit

eingebautem
Reparatureffekt kaufen
können – dank Nanotechnik.

Nanoteilchen für die Schönheit – auch bei Merck in Darmstadt: Hier haben die Chemiker flache Nanopartikel aus Glimmer mit dünnsten Schichten aus Titan- und Eisenoxid überzogen. Die Schichten sind zwischen 60 und 240 Nanometer dick. Sogar mehrlagige Systeme lassen sich herstellen. Das Ergebnis sind so genannte Perlglanz-Pigmente, die beispielsweise in Autolacken und Kosmetikfarben schillern. "Die Filmdicke entscheidet über die Farbe, mehrere Schichten erzeugen besondere optische Effekte, wobei sich die Farbe zum Beispiel je nach Betrachtungswinkel verändert", erläutert Ralf Anselmann, Projektmanager für Nanomaterialien bei Merck.

Gutes Gefühl auf der Haut

Angenehm auf der Haut wirkt kugelförmiger "Sand" mit sehr kleinen Abmessungen, sogenanntes Ronasphere-Siliziumdioxid. Wenn es zusätzlich mit Eisen- oder Titanoxid beschichtet wird, dann kann es als "Füllstoff" kleine Fältchen verdecken. Dahinter steckt ein optischer Effekt: Die Kugeln in den Vertiefungen streuen das einfallende Licht, so sind die Falten weniger sichtbar. Zudem erzeugt die Beschichtung eine durchaus erwünschte Mattierung. Große Kosmetikfirmen gehören schon lange zu den besten Kunden von Merck – sie setzen derartige Nanos schon in verschiedenen Produkten ein.

In den Labors arbeiten Forscher längst an weiteren Anwendungen wie kratzfesten Lacken, selbstreinigenden Beschichtungen für Fassaden, hocheffizienten Solarzellen, Flammschutz mit dünnsten Schichten, erstaunlich aufnahmefähigen Wasserstoffspeichern oder hitzebeständigen Klebstoffen. Das Zeitalter der Zwerge in der Chemie hat gerade erst begonnen.





Chemie und Hightech im Alltag

Hightech-Materialien prägen unsere Arbeitswelt und unsere Freizeit, Materialien werden immer robuster und leichter. Im Sport, in der Industrie, im Alltag.



Warm, atmungsaktiv und modisch: Auch Skifahrer setzen bei ihrer Kleidung voll auf Hightech, die ohne Chemie nicht denkbar wäre. Glauben Sie, dass ohne Chemie sportliche Weltklasse möglich ist? Nein, natürlich nutzen alle Spitzensportler neueste chemische Erkenntnisse, um ihre Leistung weiter zu steigern. Aber halt, hier soll nicht von Doping die Rede sein. Sondern von den vielen Hightech-Materialien, die im Sport eingesetzt werden. Wie oft entschied der richtige Ski im Winter über Sieg und Niederlage. Und wer hat bei der Tour de France auch nur den Hauch einer Chance, wenn sein Fahrrad zu schwer oder nicht windschnittig genug ist. Rodler und Eisschnelläufer setzen gleichermaßen auf hautenge Anzüge, und Spitzenalpinisten hätten ohne moderne Funktionskleidung keine Chance, ihre Achttausender zu besteigen.

Auch "Otto Normalverbraucher" profitiert von der

Chemie. Denn wenn Windeln immer saugkräftiger werden, die Akkus von Handys immer länger halten und Klebstoffe immer fester kleben, dann waren wieder besonders findige Chemiker am Werk. Und selbst beim Spitzensport profitieren wir von der "Lehre von den Stoffen". Denn dank chemischen Know-hows haben Dopingsünder heute kaum noch eine Chance auf einen Platz auf dem Treppchen.

Der Feuerlöscher in der Babywindel

Superabsorber halten kleine Popos trocken

Schreiend, nass und wund – die Fernsehwerbung hat dieses Klischee längst überwunden: Babys sind heute immerzu nur glücklich und immerzu nur trocken. Ein paar Körnchen Wahrheit stecken durchaus in dieser TV-Botschaft, und diese kleinen weißen Körnchen heißen Superabsorber. Sie bestehen aus Polyacrylat, einem Kunststoff, einem funktionellen Polymer, das im Gegensatz zur landläufigen Vorstellung von Kunststoffen überhaupt nicht wasserabweisend, sondern geradezu wasserbegeistert ist: Wenn das Netzwerk aus Polyacrylatketten ein Wassermolekül (oder einen ganzen Schwall davon) einmal gepackt hat, lässt es die Feuchtigkeit so schnell nicht mehr los – auch nicht unter Druck.

Vic Mills, Direktor der Forschungsabteilung von Procter & Gamble in Cincinnati und frisch gebackener Großvater, war 1956 nasse Babywäsche und schmutzige Stoffwindeln leid. Als er nach einigen Tagen des Babysittings wieder ins Labor kam, beauftragte er einige seiner fähigsten Mitarbeiter, sich um praktikable Einmalwindeln zu kümmern. 1961 gelangten endlich diese ersten maschinell hergestellten "Pampers" auf einen Testmarkt im Städtchen Peoria im US-Staat Illinois.

Woraus besteht eine Windel?

Der saugfähige Kern enthält Zellstoff-Flocken, eine oder mehrere Lagen feinen Gewebes und den Superabsorber, Körnchen des Wasser bindenden Polyacrylats. Vor 15 Jahren enthielten Babywindeln lediglich Zellstoff als Wasserspeicher – heute ist das anders. Der Superabsorber hat sich vom Hightech-Gimmick zur entscheidenden funktionalen Komponente gewandelt.

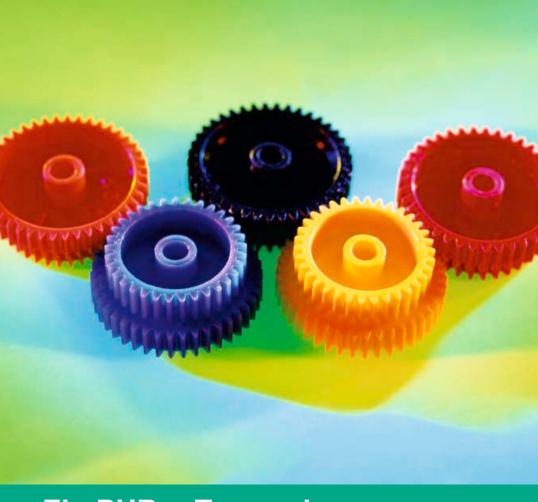
Anfangs galt es, möglichst viel Feuchtigkeit zu speichern. Zwei Gramm Superabsorber nahmen damals schon 40 Prozent dessen auf, was das Baby an Flüssigkeit von sich gab, die umgebenden in 50 Gramm Zellstoff schluckten den Rest. Zellstoff wirkt dabei wie ein Schwamm: Die Fasern binden das Wasser physikalisch, das heißt, sie geben es unter Druck auch wieder ab. Nicht so der Superabsorber – das Polymerknäuel quillt und fixiert dabei das Wasser chemisch im Molekül, und auch bei längerem Sitzen bleibt das zarte Hinterteil trocken.

Der Superabsorber kann einmal gespeichertes Wasser aber auch ganz langsam wieder abgeben, so an die Wurzeln frisch gepflanzter Bäume. Wenige Gramm Polyacrylat im Bereich der Wurzeln helfen Pflanzen auch über längere Trockenperioden – das Wasser versickert nicht einfach ungenutzt im Boden. Superabsorber-Tabletten können als Träger auch Wirkstoffe wie etwa Pflanzenschutzmittel kontrolliert über einen längeren Zeitraum freisetzen.

... und schließlich der Feuerlöscher

Wasser effizient einsetzen – das will auch die Feuerwehr: Löschwasser mit zugesetztem Superabsorber bildet ein feuerhemmendes Gel, das sich wie kühlender Pudding auf die Glut legt. Das Wasser verdampft langsamer, der Brand wird sofort erstickt. Weil so der Wasserverbrauch drastisch sinkt, sind auch die Folgeschäden geringer als beim Löschen mit Wasser und Schaum: Unerwünschte Überschwemmungen halten sich in Grenzen, gleichzeitig fällt auch weniger verunreinigtes Löschwasser an.





Polyurethane gehören fest zu unserem Alltag. Ob als Gehäuse und Bestandteile elektrischer Geräte, ...

Ein PURer Tausendsassa

Neben den "Massenkunststoffen", aus denen Folien und Joghurtbecher gemacht werden, gibt es auch sehr spezialisierte chemische Werkstoffe, die eher unauffällig ihren Dienst zwischen Bett und Büro verrichten. Die Polyurethane gehören zu den vielseitigsten.

Polyurethane – nie gehört? Macht nichts. Die Mitglieder dieser Kunststofffamilie verrichten ihre Arbeit tatsächlich eher im Stillen. Dafür aber fast überall – in Matratzen, Klebstoffen, Schuhsohlen, Gehäusen elektrischer Geräte, in Dämmplatten und glänzenden Lacken; sie halten Regenmäntel dicht, machen Cabrio-Heckfenster faltbar und verhin-

... als Füllung weicher Fahrradsättel oder als Wetterschutz für die Großfamilie.



dern als Füllung weicher Fahrrad-Gelsättel blaue Flecken auf empfindlichen Körperteilen. Tatsächlich gehören die Polyurethane heute zu den vielseitigsten Kunststoffen überhaupt.

Ihre Vielseitigkeit verdanken die Polyurethane dem Baukastenprinzip, nach dem sie zusammengesetzt werden. Gewöhnlich bestehen Kunststoffe aus einzelnen, immer gleichen Bausteinen, die in den Reaktoren der Chemischen Industrie zu winzigsten, dafür aber nahezu unendlich langen Ketten aufgereiht werden. Das Geheimnis der Polyurethane dagegen: zwei Bausteine, die die Chemiker aus einem riesigen Pool möglicher

Kandidaten auswählen können. Auch diese Bausteine verbinden sich, wenn man sie miteinander vermischt, nach einer Art molekularen Stecksystems zu langen, verknäuelten Kettenmolekülen, deren Eigenschaften – weich oder hart, elastisch oder spröde, klebrig oder glatt – man durch die Kombination zweier Bausteine eben besonders fein einstellen kann. Und da beide flüssig sind, erreichen sie selbst in komplizierten Formen jeden Winkel, ohne dass man sie – wie viele andere Kunststoffe – vorher schmelzen muss. Extravagante Gestaltungsideen, zum Beispiel für filigrane italienische Designlampen? Für Polyurethane kein Problem.

Dabei hatte der Polyurethanerfinder Otto Bayer, der vor etwas mehr als 60 Jahren in den Laboratorien des heute unter dem Namen Bayer bekannten Chemieriesen eine eigene Forschungsabteilung übernommen hatte, nicht vor, Designgeschichte zu schreiben. Ihm schwebten Kunstfasern vor, damals unter jungen Forschern ungeheuer en vogue. Bayers Glücksgriff war der in sein Chemikalienregal: Bei der Suche nach dem idealen Kunststoff-Rohstoff fiel ihm eines Tages eine ziemlich reaktionsfreudige Substanz ein, die er als ehemaliger Farbenchemiker seit Jahren in seinem Labor stehen hatte. Könnte man die …? Man konnte. Etwas modifiziert und kombiniert mit einem zweiten chemischen Baustein entstand in seinem Reagenzglas bald eine zähe Masse: Der Grundstein des Polyurethan-Baukastens war geboren.

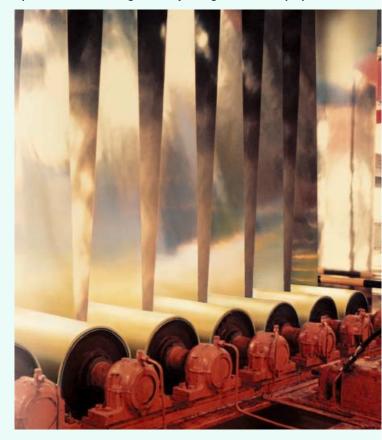
Ironischerweise sind Kunstfasern jedoch fast das einzige, was aus Polyurethanen heute nicht hergestellt wird. Dafür hatte das robuste Material, das Otto Bayers Mitarbeiter aus ihren Kolben zogen, andere Eigenschaften – und die konnten sich auch sehen lassen. So klebte es zum Beispiel auf so ziemlich jedem Untergrund – einige von Bayers Kollegen sollen sich damit flugs Löcher in ihren Schuhen ausgebessert haben. Und als eines Tages aufgrund einer Panne feine Gasbläschen in ein paar Polyurethan-Proben auftauchten (Kommentar eines Laborkollegen: "Allenfalls brauchbar zur Herstellung von Emmentaler-Käse-Imitationen"), hatte Bayer einen zweiten Geistesblitz: Warum nicht noch mehr Bläschen einbauen? Das war die Geburt des Polyurethan-Schaumstoffs, der sich heute in weichen, haltbaren Matratzen, Sofakissen

und – in härterer Form – in Kühlschränken und Dämmplatten für den Hausbau bewährt; mit Dämmwerten, auf die andere Materialien nur mit großer Mühe kommen.

Mit der Zeit wuchs der Chemiebaukasten, aus dem sich der junge Chemiker für die Herstellung seiner ersten Polyurethane bediente, immer weiter an: An die Seite der Ur-Bausteine in Bayers Regal traten immer ausgefeiltere – heute gibt es sogar welche, die man aus Raps, Sojaoder Rizinusöl herstellt. Dank dieses Riesen-Steckbaukastens gibt es Polyurethane inzwischen auch in durchsichtig, in unverwüstlich "gummiartig" (zum Beispiel für Skater-Rollen), wasserlöslich (für umweltfreundliche Lacke) und sogar in sprühbaren Ausführungen – mit denen man zum Beispiel Dächer abdichtet oder Badewannen stabil macht.

Ach ja – noch etwas hat sich geändert: Auch Experten kürzen "Polyurethan" heute mit "PUR" ab: Das klingt nicht so kompliziert. Schließlich sollen die Kunststoffe das Leben ja leichter machen.

Rotationsbeschichtung von Kunststoffen: Diese werden für die speziellen Anforderungen ihres jeweiligen Einsatzes präpariert.



20

Beton kann auch mit wenig Wasser fließen

Chemische Zusätze steuern minutengenau das Erstarren

Beton ist ein gutmütiger Baustoff, der viele Fehler verzeiht. Aber Zement gehört einfach dazu. Dieser Mangel am entscheidenden Bindemittel war bei einigen Einstürzen beispielsweise in Ägypten offensichtlich. Oft ist schlichte Unkenntnis einfacher Zusammenhänge schuld, etwa wenn zuviel feiner Sand im Beton ist. Dann reicht nämlich der Zementleim nicht mehr aus, um die gesamte Oberfläche der vielen Körnchen zu benetzen und zu verbinden. Gespart werden sollte aber auch nicht an kleinen, aber feinen Zusätzen – denn zur Qualität am Bau leistet auch die Chemie ihren Beitrag.

Was passiert beim Abbinden im Beton? Zement ist eine feingemahlene Mischung aus gebranntem Kalk (Calciumoxid), Sand (Siliziumdioxid) und Ton (Aluminium- und Eisenoxid). Beim Brennen solcher Mischungen wird erst

einmal Wasser abgespalten, dann reagieren die verschiedenen Bestandteile miteinander. Im über 1.400 Grad Celsius heißen Zementofen bildet sich als wertvoller Hauptbestandteil kristallines Tricalciumsilikat. Das reagiert später beim Abbinden wieder mit Wasser zu einem Silikathydrat – zu extrem kleinen Kriställchen, die sich an der Oberfläche sehr stark anziehen und vernetzen, und so dem Zementstein oder Beton die Festigkeit verleihen.

Hinter dem Erstarren und Härten von Beton steckt eine Reihe chemischer und physikalischer Reaktionen. Weil das Wasser nicht nur einfach verdunsten soll, sondern wichtigster Partner einer chemischen Reaktion ist, kommt es hier auf die genaue Dosierung an – und da passieren auf dem Bau die häufigsten Fehler: Wenn ein Bauarbeiter erst einmal ordentlich Wasser zum perfekt eingestellten



Wenn die Mischung aus Zement, Sand und Wasser stimmt, ist Beton ein zuverlässiger Baustoff.

Transportbeton gibt, damit die Masse besser in die Schalung fließt.

Zu wenig Wasser bereitet ebenfalls Probleme – es fehlt der chemischen Reaktion. Risse sind vorprogrammiert, wenn ein im Sommer frisch betonierter Fußboden zu rasch in der Sonne trocknet und das Wasser der obersten Schicht verdampft, anstatt chemische Bindungen einzugehen. Innerhalb kürzester Zeit reibt diese Schicht ab, wird sandig und staubt. In heißen Ländern müssen solche Baustellen deshalb abgedeckt und gekühlt werden, damit der Beton nicht zu schnell trocknet.

Nicht immer sind Fehlerquellen so offensichtlich, manchmal erfordern sie detektivischen Spürsinn: Mysteriöse Rostschäden bei Stahlbeton sollte Professor Wolfgang Hiller aufklären, der an der TU München auf dem Sektor Bauchemie forscht. Ganz bestimmte Chargen eines Betons enthielten ungewöhnlich hohe Mengen an Chloriden, die die eisernen Armierungen förmlich zerfraßen. Die Spur führte ins Führerhaus des Betonmischers: "Der Fahrer hatte dort ein Eimerchen mit Streusalz stehen, mit dem er bei kalter Witterung die Rutschbleche für den Beton großzügig enteiste."

Neue Additive für Beton sind eines der Forschungsziele an Hillers Institut, und die Chemie wird dabei immer wichtiger. Beispiel Verflüssiger: Damit rutscht der Beton besser in die Schalung und schmiegt sich an die Eiseneinlagen, ohne dass man ihn vorher zu sehr verdünnen müsste. Denn jede Luftblase lässt später Feuchtigkeit an das Eisen gelangen. Das beginnt zu rosten und sprengt umliegenden Beton wieder ab. "Heute ist man in der Lage, fast minutengenau zu steuern, wann ein Beton erstarrt", sagt Hiller. In Tokio kann man erleben, wie über Nacht gleich mehrere Geschosse entstehen: Schon eine Viertelstunde nach dem Einfüllen ist dieser Beton so fest, dass das nächste Stockwerk darauf gesetzt werden kann – ohne Einsturzgefahr.

Wachs im Putz - die wartungsfreie Klimaanlage



Das 3-Liter-Haus in Ludwigshafen, in dem der Wachsputz erstmals eingesetzt wurde, hält einen Rekord:
Die Mieter haben 2001/2002 nicht einmal drei Liter
Heizöl-Äquivalent pro Jahr und Quadratmeter verheizt.

Die enorme Masse des Bauwerks verzögert das Erwärmen – bevor die Hitze die Mauern durchdrungen hat, ist die Sonne schon wieder weg, es wird draußen kühler, und die erwärmten Außenmauern geben die gespeicherte Wärme wieder an die Umgebung ab. Ganz anders ein modernes leichtes Wohnhaus: Schnell erwärmt sich das Gebäude, im Sommer verwandeln sich gerade die oberen Geschosse rasch in Brutkästen. Forscher haben einen Weg gefunden, den temperaturausgleichenden Effekt dicker Mauern in eine wenige Zentimeter dicke Putzschicht zu packen: mit mikroverkapselten Latentwärmespeichern.

Was ist ein Latentwärmespeicher? Am ehesten kennt man sie aus ersten Experimenten im Auto – während der Fahrt schmilzt ein Salzgemisch in einer Büchse von der Motorhitze, später gibt die Schmelze die gespeicherte Energie wieder an den Kühlkreislauf ab, um das Aggregat vor dem Kaltstart vorzuwärmen.

Latentwärmespeicher nutzen die enormen Wärmemengen, die zum Schmelzen eines Stoffes nötig sind und entsprechend beim Erstarren wieder frei werden. Ein einfaches Beispiel: Um ein Gramm gefrorenes Wasser zu schmelzen benötigt man die gleiche Menge Energie wie um das Wasser dann von einem auf 80 Grad Celsius zu erwärmen. Das Eis kann also im Bereich um null Grad Celsius eine ganze Menge Energie "verbrauchen", ohne dass die Temperatur steigt. Die in der Phasenumwandlung vom festen in den flüssigen Zustand "versteckte" Wärme nennt man latente Wärme.

Wachse, Paraffine, langkettige Kohlenwasserstoffe, die wie das Eis zum Schmelzen viel Wärme benötigen, sind die Latentwärmespeicher der Materialforscher. Doch wie bringt man diese Wachse in der Wohnung unter? Die Lösung: Mikrokapseln, winzigste Kügelchen mit einer Schale aus Kunststoff und einem Kern aus dem wärmespeichernden Material.

Bis zu 20 Prozent Mikrokapselpulver enthält ein solcher Putz und kann unsere Wohnungen auch in einem heißen Sommer auf einer angenehmen Temperatur halten. Und wie steht's mit der Haltbarkeit der Mikrokapseln? Bedeutet jede Beschädigung einen Fettfleck an der Wand? Nein, dafür sind die Kapseln viel zu klein. Man kann also auch in eine Wärmespeicher-Wand einen Nagel einschlagen.







Leitend, leuchtend und ganz flexibel

Kunststoffe können mehr: Elektronische Briefmarken sortieren die Post, Preisschilder funken zur Kasse

Alle Elektrokabel sind mit einem Kunststoffmantel isoliert. Denn nichts leitet den elektrischen Strom schlechter als Plastik – so haben wir es jedenfalls in der Schule gelernt. Dass auch diese Regel nicht ohne Ausnahme gilt, ist Chemikern zum ersten Mal 1977 aufgefallen. Wie so oft stand der Zufall Pate: Bei der Synthese eines Kunststoffs hatte ein Student von einer Komponente aus Versehen die tausendfache Menge zugegeben.

Es entstand zwar das beabsichtigte Plastikmaterial, doch es war leicht verunreinigt und schlug sich als silbrig-metallischer Film nieder. Damit war der leitfähige Kunststoff geboren. Schon bald fanden Forscher heraus, wie man Kunststoffe auch mit gezielt zugesetzten Verunreinigungen leitend macht.

Dem guten alten Kupferkabel wird allerdings so schnell keine Konkurrenz erwachsen. Denn das einzige Plastikmaterial, das so gut leitet wie Kupfer, ist auf Dauer nicht stabil genug. Interessant sind die leitenden Kunststoffe vor allem wegen anderer Eigenschaften: Sie können auch elektrische Ladungen speichern. Das macht sie interessant für Batterien, die viel dünner und leichter sind als die heute gebräuchlichen. So hat Varta eine "Lithium-Polymer-Zelle"



auf den Markt gebracht – eine Batterie, so dünn und biegsam wie ein Blatt Papier. Sie eignet sich besonders für "Smart Cards", Mini-Rechner im Scheckkartenformat.

Leitende Kunststoffe halten auch elektromagnetische Strahlung niedriger Frequenz zurück. Damit eignen sie sich als Schutzschichten für Bildschirme oder Abschirmelemente für elektronische Schaltkreise; als antistatische Beschichtungen oder Korrosionsschutz werden sie schon heute eingesetzt. Auch halbleitende Kunststoffe gibt es inzwischen – deren elektrische Leitfähigkeit liegt wie beim

klassischen Halbleiter Silizium zwischen der von Metallen und der von Isolatoren. Interessant ist die "Plastik-Elektronik" vor allem, weil Kunststoffe meist billiger sind als Silizium – und als Folien dazu flexibel. Der erste Transistor, dessen halbleitende Schicht aus einem Kunststoff bestand, gelang im Jahr 1990.

Schon basteln verschiedene Firmen an kompletten integrierte Schaltkreise aus halbleitenden Kunststoffen. Noch bewegen sich die Elektronen in

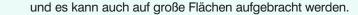
Silizium mehr als hundert Mal schneller als in den bisher diesen Kunststoffmaterialien – für Computer sind die "Plastikchips" damit noch zu träge. Doch für Massenanwendungen, bei denen ein günstiger Preis wichtiger ist, stehen erste Prototypen bereit:

- elektronische Briefmarken und Gepäckaufkleber, in denen Befehle zur Sortierung stecken,
- intelligente Elektronik-Kleidung, in der die Antenne eines Mobiltelefons steckt,
- Etiketten mit eingebauter Antenne für den Supermarkt der Zukunft.

Aus dem Einkaufswagen funken die Kunststoffaufkleber den Preis zur Kasse – Ausladen überflüssig. Ähnlich könnte ein Auto-Aufkleber die Straßenmaut abrechnen – ohne Stau an der Mautstation. Besonders attraktiv ist dabei, dass Kunststoffe verdünnt wie Farben gedruckt werden können. Die Fraunhofer-Gesellschaft zeigt in München Kunststoff-Schaltkreise, die wie Zeitungsbögen von der Rolle kommen. So könnte eines Tages ein Anwender seinen eigenen Schaltkreis so einfach ausdrucken wie einen Text aus dem Computer – das ist jedenfalls eine Zukunftsvision der Forscher.

Einige halbleitende Kunststoffe haben noch eine weitere

vielversprechende Eigenschaft: In dünnen Schichten beginnen sie zu leuchten, wenn man Strom hindurchschickt - ideal für Anzeigeelemente. Chemiker haben leuchtende Kunststoffe in den Farben rot, grün und blau entwickelt. In Autoradios und Mobiltelefonen findet man solche Kunststoff-Displays schon heute. Sie strahlen viel heller als ein Fernsehbildschirm und brauchen trotzdem sehr wenig Energie. Das Bild ist - im Gegensatz zu Flüssigkristallanzeigen – aus jedem Blickwinkel gleich brillant,



Haushalüng tuglis singalayılar Pathaia Dia Canada

Hauchdünn trotz eingebauter Batterie: Die Smart-Card setzt ganz auf leitende Kunststoffe.

Damit ist der leuchtende Kunststoff ideal für große, leicht lesbare und attraktive Anzeige- und Werbetafeln. Bevor diese aber das Aussehen unserer Städte verändern, müssen Chemiker noch einige Hürden überwinden. Noch sind die leuchtenden Kunststoffe nicht stabil genug. Bei jeder Art Display muss bisher jeder Bildpunkt hinter dem Anzeigefeld einzeln verdrahtet werden. Drähte kann man aber nicht nach Belieben biegen – daher gibt es noch keinen flexiblen Monitor aus Leuchtplastik. Jetzt wollen Forscher die elektronische Schaltung direkt auf die Rückseite des Displays drucken. Am besten gleich aus Kunststoffen, die den Strom leiten. Damit wäre der Weg frei für die Fernsehfolie zum Aufrollen oder für die elektronische Tageszeitung, die man aus dem Handy zaubert.



Von versilberten Socken und gezuckerten Anzügen

Hightech-Textilien sorgen für Überraschungen und zeigen: Chemikalien in der Kleidung müssen nicht krank machen

Für weite Reisen besteigt Harry Potter einen fliegenden Teppich aus Silberfasern, in den Einhornhaare eingewoben sind. Ähnliche Garne gibt es auch für Normalsterbliche: Wer unter Schweißfüßen oder Fußpilz leidet, dem seien versilberte Socken empfohlen, und Unterwäsche mit Silberanteil schützt Neurodermitiker vor Kratzattacken und unterstützt die Wundheilung. Mit Zauberei hat das nichts zu tun: Silber tötet Bakterien, die ansonsten Schweiß in übelriechende Substanzen zerlegen und Hautentzündungen hervorrufen. Dass Silber Bakterien in Schach hält wussten schon unsere Großmütter – und legten eine Silbermünze in die Milch, damit sie länger hält.

Vor Körpergeruch schützen auch Textilien, die mit ringförmigen Zuckermolekülen, so genannten Cyclodextrinen, beschichtet sind. In ihrem Inneren binden die Cyclodextrine den Schweiß und verhindern so, dass Bakterien ihn zersetzen. Die molekularen Zuckertüten schlucken auch Essensdunst und andere üble Gerüche. Schon sind die ersten Anzüge auf dem Markt, die nach dem Kneipenbesuch nicht nach Zigarettenqualm stinken. Bis zu 50 Mal lassen sich die gezuckerten Stoffe waschen und so regenerieren, dann verlieren sie ihre Wirkung. Cyclodextrine sind gesundheitlich unbedenklich und sogar für Lebensmittel zugelassen.

Noch aus einem anderen Grund forschen Chemiker für die Textilindustrie an diesen Verbindungen: Ihre Hohlräume können gezielt mit Substanzen beladen werden, die erst beim Kontakt mit Hautfeuchtigkeit wieder entweichen. An duftende Miederwaren denken die Textilchemiker – wie ein Deo sollen sie Parfum abgeben und gleichzeitig den Schweiß aufnehmen – oder an Bettbezüge, die Menthol gegen Grippe verströmen. Neurodermitiker könnten von Unterwäsche profitieren, die pharmazeutische Wirkstoffe wie Cortison freisetzt.

Szenenwechsel: Einkaufsbummel im Winter, rein ins überheizte Kaufhaus, raus in die Kälte. Richtig angezogen ist, wer Hightech-Klamotten mit eingewebten Mikrokapseln trägt. Sie enthalten Wachse, die im warmen Kaufhaus schmelzen und dabei die Hitze schlucken. Im Kalten erstarren sie und geben die Wärme zurück. Auch die Temperatur in Fahrzeugen könnten die verkapselten Wachse, eingebaut in Sitze und Innenverkleidung, konstant halten und so den Energiefresser Klimaanlage sparen. Ein ähnliches Prinzip nutzen Textilien, die Nickel-Titan-Legierungen enthalten. Die Metallfolien oder Drähte wechseln bei einer bestimmten Temperatur zwar nicht den Aggregatzustand, aber die Form. Wölben sie sich, vergrößern sich die isolierenden Luftschichten zwischen den Gewebelagen: Die Jacke plustert sich auf. Je nach Mischung von Nickel und Titan ändert sich die Form schon bei tiefen Temperaturen – man denke an Overalls für Arbeiter in Kühlräumen – oder bei hohen – für Schutzkleidung für Feuerwehrleute. Möglich ist alles zwischen minus 50 und plus 100 Grad Celsius.

So vielversprechend die Hightech-Textilien sind, sie stecken noch in den Kinderschuhen: Wer länger als ein paar Minuten im Kaufhaus bleibt, schwitzt trotz mikroverkapselter Wachse. Der qualmvertilgende Anzug wird zum körpergroßen Nikotinpflaster, wenn sein Besitzer ihn nicht schon nach einer durchzechten Nacht in die Reinigung gibt. Und wie dosiert der Patient das Medikament aus der Unterwäsche? Hier forschen die Chemiker weiter.

Fliegende Teppiche weben kann die Textilindustrie trotz Silberfasern nicht. Aber an Zauberei grenzt das, was eine italienische Firma anbietet: Ein Oberhemd, dessen Ärmel sich bei Hitze von selbst aufkrempeln. Dahinter steckt wieder ein Metall mit Formgedächtnis – von dem Hemd gibt es allerdings bisher nur einen Prototypen.





Chemie und unsere Zukunft

Die Erdbevölkerung wächst. Und damit ihr Bedarf an Energie und Nahrung. In absehbarer Zeit werden bestehende fossile Ressourcen ausgebeutet sein und der Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen wachsen.



Die zunehmende Bevölkerungsdichte erfordert Antworten auf zentrale Zukunftsfragen der Menschheit. Wissenschaftler aller Disziplinen, auch Chemiker, entwickeln diese Antworten.

Werfen wir einen Blick in das Jahr 2050: Mehr als neun Milliarden Menschen bevölkern die Erde. Um das Zusammenleben auf unserem Planeten zu ermöglichen, bedarf es neuer Lösungen in zentralen Fragen. Wie können wir neue Energieressourcen erschließen, die fossile Brennstoffe ohne schädliche Folgen für unser Ökosystem ersetzen können? Und wie lässt sich die Welternährung sicherstellen, damit in Zukunft der Hunger wirksam bekämpft werden kann? Welche Wege werden gefunden, um bisher unbesiegbare Krankheiten, wie Krebs und AIDS wirkungsvoll zu bekämpfen?

Wissenschaftler in der chemischen Forschung übernehmen Verantwortung und entwickeln Lösungen und

Antworten auf zentrale Fragen der Menschheit. Dabei arbeiten sie auch immer enger mit ihren Kolleginnen und Kollegen aus anderen Wissenschaftsdisziplinen zusammen, so dass die Grenze zwischen der Chemie und der benachbarten Wissenschaft oftmals nicht mehr klar auszumachen ist. Und es zeigt sich, dass gerade in den kleinsten Teilchen oftmals die erstaunlichsten und größten Lösungen stecken ...

Chemiker bringen die Brennstoffzelle auf Trab

Energie ohne Abgas – Brennstoffzellen-Antriebe haben die besten Aussichten, die Fahrzeuge, Handys und Laptops der Zukunft anzutreiben

Sie braucht keine Kohle und kein Benzin – die Brennstoffzelle arbeitet mit Wasserstoff (im Idealfall aus Wasser oder Methanol) und Sauerstoff aus der Luft. Als Abgas entsteht nichts außer wieder reinem Wasser. Darum gilt die Brennstoffzelle auch als viel versprechende Zukunftstechnologie für umweltfreundliche Automotoren und "Minikraftwerke" im Heizungskeller.

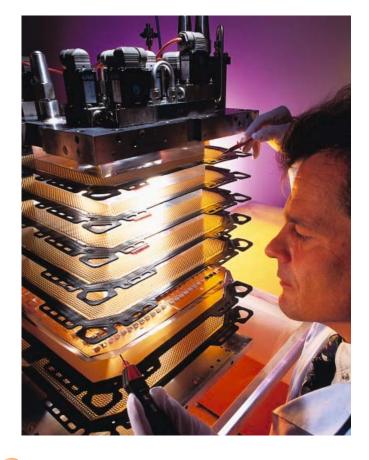
Noch aber haben alle Systeme ihre Kinderkrankheiten. An der Entwicklung von Brennstoffzellen sind Chemiker maßgeblich beteiligt: Die Effizienz einer Brennstoffzelle hängt nämlich in erster Linie davon ab, ob die chemischen Reaktionen in ihrem Inneren reibungslos ablaufen.

Eine Brennstoffzelle ist genial einfach aufgebaut. In der vor allem für Automotoren und Kleingeräte genutzten Membran-Brennstoffzelle trennt eine Membran zwei Elektroden (Plus- und Minuspol). Was sich an den Elektroden abspielt, war schon im Chemieunterricht beliebt: die Knallgasreaktion. Wasserstoffgas (H₂) und Sauerstoffgas (O₂) – ein Funke genügt, und beide reagieren heftig miteinander. In der Brennstoffzelle läuft diese Reaktion ganz leise ab, ohne jede Verbrennung. Die Membran trennt Sauerstoff und Wasserstoff von einander. An der negativen Elektrode werden aus dem Wasserstoffmolekül H₂ zwei H-Atome, die je ein Elektron abgeben. Und aus Sauerstoffmolekülen O₂ werden an der positiven Elektrode O-Atome, die je zwei Elektronen aufnehmen. Verbindet man die beiden Pole der Brennstoffzelle mit einem Stromverbraucher, etwa einem Elektromotor, können die Elektronen wandern: Der Strom fließt.

Endprodukt der Reaktion ist Wasserdampf – wie bei der Knallgasreaktion. Dazu wandern die vom Elektron befreiten Wasserstoffatome, die Protonen, durch die Membran hindurch zum Sauerstoff. Genau das funktioniert noch längst nicht optimal. Viele Forscher arbeiten deshalb daran, die Eigenschaften der Membran zu verbessern.

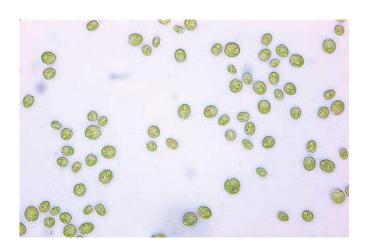
Gewöhnliche Membranen enthalten bis zu 30 Prozent Wasser – das bereitet Probleme. Das Wasser erleichtert zwar den Transport der Protonen zum Sauerstoff entscheidend. Doch der Luftstrom, der den Wasserdampf abtransportiert, kann auch die Membran austrocknen und den Protonentransport unterbrechen.

Abgasfrei und voller Energie: Die Brennstoffzelle könnte eine Lösung für die Energieprobleme der Zukunft sein.



CHEMIE UND UNSERE ZUKUNFT

CHEMIE UND UNSERE ZUKUNFT



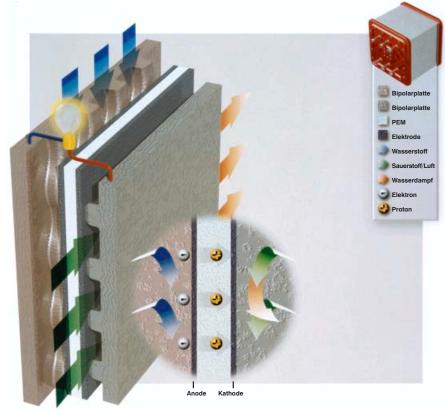
Die Grünalge Chlamydomonas kann bei Beleuchtung und unter bestimmten Kulturbedingungen Wasserstoff produzieren.

Abhilfe soll eine völlig neue Membran schaffen, die ganz ohne Wasser auskommt. Den Protonentransport sollen hier Moleküle übernehmen, die anders als Wasser fest in die Membranstruktur eingebaut sind. Sie können den Wasserstoff von Molekül zu Molekül weiterreichen, rühren sich aber nicht von der Stelle. Dafür eignen sich so genannte Heterozyklen, organische Moleküle, die aus Kohlenstoff-Sechsringen bestehen.

Ein anderes Problem: Die Membran kann auch vergiftet werden. Wie bei einem Raucher, dessen Lungenbläschen mit Teerpartikeln verkleben, verstopfen unerwünschte Nebenprodukte die Poren der Membran. Das geschieht vor allem beim Einsatz von Methanol – dem Brennstoffzellentreibstoff, der leichter zu handhaben und billiger herzustellen ist als gasförmiger Wasserstoff. Doch Methanol hat einen entscheidenden Nachteil: Spaltet man daraus Wasserstoff ab, entsteht Kohlenmonoxid. Das blockiert die Katalysatoren auf der Oberfläche der Elektroden – feinste Strukturen aus Edelmetallen, an denen der Wasserstoff reagiert. Eine große Rolle spielt diese Vergiftung bei Katalysatoren, die viel Platin enthalten. Daher testen die Forscher neue Metallkombinationen.

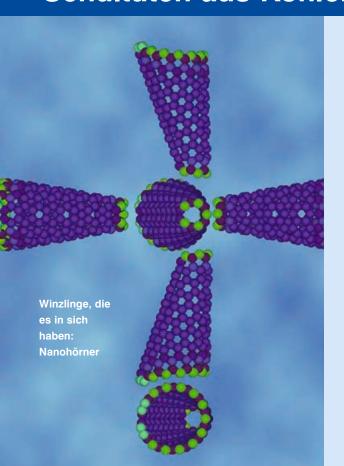
Jetzt geht es darum, das optimale Rezept zu kreieren. Chemiker entdeckten, dass sich auf einer Mischung aus Ruthenium und Platin nur ganz wenig Kohlenmonoxid ablagert. Derzeit werden neue Katalysatorsubstanzen getestet, die in naher Zukunft in Kleingeräten wie Laptops eingesetzt werden sollen. Die Energie wird eine kleine Methanolpatrone liefern.

Eine andere Forschergruppe hat ein System entwickelt, das die Konzentration des Brennstoffs in der Zelle periodisch reguliert - wie eine Einspritzanlage beim Auto. Auf diese Weise lässt sich die Vergiftung des Katalysators deutlich vermindern - nicht zuletzt, weil die Reaktionsprodukte während der Verschnaufpausen besser abgeführt werden können. So liefert die Brennstoffzelle deutlich mehr elektrische Leistung. Ohne viel Mehraufwand lässt sich diese Erfindung in vorhandene Methanolsysteme einbauen – ein wichtiger Schritt, um die Brennstoffzellen richtig auf Trab zu bringen.



Durch die der Anode (links) zugewandten Kanäle der Bipolarplatte strömt Wasserstoff, gibt ein Elektron an die Anode ab und wird zum Proton. Die Membran ist durchlässig für Protonen – sie wandern zur Kathode (rechts). Dort vereinigen sich die Protonen (H+) wieder mit den Elektronen aus dem Stromkreis und Sauerstoff aus der Luft (O₂) zu Wasserdampf (H₂O).

Schultüten aus Kohlenstoff



"Nanohörner" verbessern Brennstoffzellen

Laptop-Besitzer können ein Lied davon singen: Ein paar Stunden nur haben sie auf ihrem tragbaren Computer herumgetippt, und schon macht der Akku schlapp. Der Rechner schaltet sich aus und will an die nächste Steckdose. Abhilfe verspricht die Brennstoffzelle: Sauerstoff und Wasserstoff reagieren an einer dünnen Membran miteinander – und liefern Strom.

Damit das klappt, muss ein chemischer Katalysator dem Geschehen auf die Sprünge helfen. Das Edelmetall Platin, das sich auch bei der Abgasreinigung im "Kat" bewährt, eignet sich auch als Helfer in der Brennstoffzelle: Platin "verkuppelt" Wasserstoff und Sauerstoff an der Elektrode zu Wassermolekülen – und geht selbst völlig ungeschoren aus der Reaktion hervor.

Das Metall ist jedoch überaus teuer, man möchte also mit möglichst wenig davon auskommen. Deshalb versuchen Forscher in aller Welt, das Platin in Form von möglichst kleinen Partikeln auf die Elektrode aufzubringen. Viele Experten favorisieren Aktivkohle als Elektrodenmaterial. Denn ähnlich einem Schwamm besitzt Aktivkohle unzählige Poren, in denen sich das Platin in mikroskopisch kleinen Portiönchen einnisten kann.

Fachleute aus Japan haben eine andere, überaus originelle Idee: Sie setzen auf "Nanohörner". Die winzigen Kohlenstoffmoleküle sind wie ein Trichter geöffnet; sie sehen ziemlich genau so aus wie eine Schultüte oder ein Kuhhorn. Diese Winzlinge, so stellten die Forscher fest, scheinen als Elektrodenmaterial sehr gut geeignet, auf ihnen verteilt sich das Platin extrem fein. Der Grund: Die nanometerkleinen Tüten haben eine riesige

innere Oberfläche und lassen andere Stoffe relativ gut durch. Deshalb können sich auf ihnen auch halb so große Platinteilchen anlagern wie auf Aktivkohle – das macht die Brennstoffzelle billiger und damit wirtschaftlicher.

Den Prototypen einer "Nanohorn-Zelle" haben die Japaner inzwischen zum Laufen gebracht, schon 2003 sollen die ersten Laptop-Batterien auf den Markt kommen. Gegenüber den heutigen Akkus hätte die Brennstoffzelle gleich zwei Vorteile: Mit ihrer zehn Mal höheren Kapazität könnte der Rechner künftig statt einiger Stunden tagelang ohne Netzkabel arbeitenen. Und: Im Gegensatz zum herkömmlichen Akku muss eine Brennstoffzelle nicht stundenlang an der Steckdose aufgeladen werden. Man füllt einfach etwas Methanol nach – und schon ist der Strom wieder da.

CHEMIE UND UNSERE ZUKUNFT

CHEMIE UND UNSERE ZUKUNFT

Jedes Atom zählt

Die chemische Industrie galt Jahrzehnte lang als Umweltvergifter. Heute setzen viele Unternehmen auf Verfahren, die Umwelt und Rohstoffreserven schonen – die "Grüne Chemie"

Weltweit versuchen Experten in Forschungsinstituten und Industrie, neue chemische Verfahren zu entwickeln, die Rohstoffe sparen und ohne gefährliche Substanzen auskommen. Sie wollen Produkte herstellen, die wiederverwertbar und unschädlich für die Umwelt sind. Andere bemühen sich, möglichst alle Zutaten in ein Produkt zu verwandeln und Abfälle zu vermeiden – das nennt man dann "Atomökonomie".

Zu einem regelrechten Symbol der Grünen Chemie ist innerhalb weniger Jahre eine Substanz avanciert, die zunächst gar nicht nachhaltig erscheint – das Kohlendioxid (CO₂). Es ist als Treibhausgas verschrien, unter

besonderen Bedingungen aber ein vielversprechender Stoff – vor allem, wenn es darum geht, problematische Substanzen zu ersetzen. Wird Kohlendioxidgas unter Druck verflüssigt und erwärmt, entsteht überkritisches CO₂, und das wirkt wahre Wunder. Die Substanz wandelt sich zum Lösungsmittel und wirkt plötzlich wie Aceton oder Waschbenzin, die sich so auf einfache Weise ersetzen lassen.

Seit geraumer Zeit erforschen Chemiker weitere Möglichkeiten, CO₂ zu nutzen. Wie sich zeigte, eignet sich überkritisches CO₂ auch als Reinigungsmittel für Leiterplatten oder Textilien. Meist reinigt es sogar noch besser als Wasser oder Reinigungszusätze, weil es dank seines Gascharakters bis in kleinste Strukturen dringt.

Viele Wissenschaftler träumen davon, größere chemische Verbindungen aus Atomen aufzubauen – Substanzen aus dem Molekülbaukasten zu erschaffen, ganz ohne schädliche Nebenprodukte. Experten vom Forschungszentrum Karlsruhe sind dieser Vision schon ein gutes Stück nähergekommen: Ihnen gelang, vom eigentlich sehr reaktionsträgen CO₂ Bindungen zu anderen Atomen zu knüpfen. So erhielten sie Bausteine, aus denen sich Kunststoffe oder organische Säuren aufbauen lassen. Viele dieser Substanzen werden normalerweise genau umgekehrt produziert – große Moleküle aus dem begrenzten Rohstoff Erdöl werden in kleinere gespalten.

Die Schonung der Ressourcen ist eines der wichtigen Ziele der Grünen Chemie. Und inzwischen gibt es eine ganze Reihe interessanter Produkte, die gemäß der "nachhaltigen" Philosophie entstanden sind. So entwickelten Forscher der Universität Oldenburg gemeinsam mit der Fachhochschule Osnabrück und zwei Lackherstellern einen lösungsmittelfreien Anstrich aus Leinöl beispielsweise als Schutzanstrich für Parkett- und Laminatböden – einen Lack, der im doppelten Sinne nachhaltig ist: Er besteht aus erneuerbaren Rohstoffen und kommt ohne problematische Lösungsmittel aus. Das lohnt sich: Noch immer verdampft allein in Deutschland jährlich etwa eine Million Tonnen der leicht flüchtigen Verbindungen in die Atmosphäre.

Doch so erfreulich die Entwicklung des umweltfreundlichen Lacks ist – ein Produkt allein macht die Chemie

noch nicht grün. Viele Forscher gehen deshalb vor allem die Produktion so genannter Basischemikalien an – weit verbreiteter Chemikalien, von denen jährlich weltweit mehr als eine Million Tonnen hergestellt werden. Hier ist die Umstellung alter Verfahren besonders wichtig, weil es um ausgesprochen große Mengen an Rohstoffen oder etwa giftigen Zwischenprodukten geht, die man möglicherweise einsparen kann.

Mit Hilfe spezieller Bilanzen lässt sich untersuchen, wie komplexe chemische Prozesse oder deren Endproduk-

te die Umwelt belasten. Aspekte wie der Energieaufwand der Produktion, die Giftigkeit von Neben- und Ab-

fallprodukten oder die Menge verwendeter
Lösungsmittel und auch die Höhe der Kosten
fließen darin ein. Die Forscher errechnen
damit so genannte Umweltfaktoren, mit
denen sich verschiedene Herstellungsverfahren auf ihre Umweltbelastung hin
vergleichen lassen. Bei solch einer Analyse stellte sich heraus, dass eine neue
Methode zur Herstellung von Propylenoxid
auch zuvor unberücksichtigte Nachteile hatte.

Oft können damit Produktionsverfahren tatsächlich umweltfreundlicher werden – und dabei nicht einmal teurer.

Diesel sauber entschwefeln



Künftig (fast) schwefelfrei: Damit Umwelt und Motoren geschont werden, entwickeln Chemiker neue Verfahren der Entschwefelung. Bevor Dieselkraftstoff in die Zapfsäule darf, muss er weitgehend von Schwefelverbindungen befreit werden – denn daraus entsteht Schwefeldioxid, das Umwelt und Motoren schadet.

Ablagerungen aus Schwefeldioxid vergiften den Katalysator und verschlechtern so die Abgasreinigung. Problematisch sind vor allem schwefelhaltige Aschen, die den Partikelfilter verstopfen. Damit ab 2005 die neuen Abgas-Grenzwerte erfüllt werden können (Euro-IV-Norm), muss der Schwefel aus dem Sprit raus.

Bisher bläst man dazu Wasserstoff durch das Dieselöl. An einem Katalysator reagiert der Wasserstoff mit dem Schwefel zu Schwefelwasserstoff – einem nach faulen Eiern stinkenden, giftigen Gas. Schon deshalb ist dieses Verfahren nicht gerade umweltfreundlich; es benötigt viel Energie und entfernt nicht allen Schwefel. Bisher dürfen maximal 0.035 Prozent Schwefel im Diesel bleiben, ab 2005 nur noch maximal 0.005 Prozent.

Eine ganz neue Methode haben nun Chemiker aus Bayreuth und Aachen gemeinsam entwickelt: Sie verrühren ein Salz, das schon bei Zimmertemperatur schmilzt, mit dem Dieselöl. Die Schmelze holt die Schwefelverbindungen heraus. Ein einfacher und wirkungsvoller Vorgang – er muss nur einige Male wiederholt werden, bis die neuen Grenzwerte erreicht sind.





Herausforderungen der Zukunft

Tanz der Tropfen

Chemielabors könnten in Zukunft auf einen Mikrochip passen – Pläne dafür gibt es schon

Wie von Geisterhand gleitet der Tropfen dahin. Zunächst geradeaus, dann scharf nach rechts, schließlich stoppt er – und das alles auf der Fläche eines Fingernagels. Von rechts nähert sich ein zweiter Tropfen, ebenfalls kaum dicker als ein menschliches Haar. Die beiden Flüssigkeiten beschleunigen, kollidieren, werden durcheinander gewirbelt. Ihre Farbe ändert sich, was ein kleiner Sensor sofort bemerkt: Analyse erfolgreich.

Noch tanzen die mobilen Tröpfchen nur im Computer, als bunte Firmenpräsentation. Doch für Achim Wixforth sieht so die Zukunft biologischer Analysen aus. Der Physiker von der Universität Augsburg träumt davon, Labors auf



die Größe eines Chips zu schrumpfen. Der wäre tragbar, schnell, universell einsetzbar und bräuchte – weil er so klein ist – weitaus weniger Probenflüssigkeit als heutige Analyseverfahren.

Seit knapp zwei Jahren versucht Wixforths Firma Advalytix den Tropfen das Tanzen beizubringen – zunächst am Center for NanoScience der Universität München, jetzt in einem ehemaligen Raketenteststand in Brunnthal. Hintergrund der Firmenidee: Flüssigkeiten brauchen keine Reagenzgläser oder Gräben, sie organisieren sich selbst. Wie auf einem Spinnennetz in der Herbstsonne hängt die Größe der Tropfen allein von der Flüssigkeit und der Unterlage ab. Wählt man diese beiden Parameter entsprechend, lassen sich Tröpfchen beinahe beliebiger Größe produzieren.

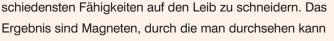
Bewegt werden die Tropfen mit so genannten akustischen Oberflächenwellen: Kristalle an den Rändern des Chips schwingen abhängig von der angelegten Wechselspannung. Das erzeugt Wellen, die wie bei einem Erdbeben über den gesamten Chip laufen. "Wenn man den Wellentyp richtig wählt, lassen sich Flüssigkeiten transportieren", sagt Wixforth. Der Tropfen wird dann wie ein Surfer vor der Welle hergeschoben – ähnlich einem Krümel auf einer langen Tischdecke, an deren Ende gerüttelt wird.

Magnet zum Reinbeißen

Süßes neues Kontrastmittel für die Medizin

Ein klobiger Metallklotz, der Eisennägel anzieht – so stellt man sich einen anständigen Magneten vor.

Doch Chemiker können heute auch ganz andere Magneten herstellen: aus winzigen Kunststoffmolekülen. Der Clou: Mittlerweile verstehen es die Forscher, die wundersamen Moleküle wie aus dem Baukasten zusammen zu setzen und ihnen damit die ver-



oder die nach Zucker schmecken. Daraus wollen Chemiker "magnetische Medikamente" entwickeln, beispielsweise Kontrastmittel für Röntgenaufnahmen vom Magen. Heute verwenden die Mediziner dafür häufig lod, aber nicht jeder Magen verträgt das. Die "leckeren" Magnetmoleküle – so die Hoffnung – funktionieren ebenso gut und sind weitaus bekömmlicher.



Biologisch verträgliche Löcher im Schädel

Keramik löst Metallbohrer in der Hirnchirurgie ab

Der 8-Millimeter-Bohrer sieht fast genauso aus wie jeder andere. Doch an der Schneide glänzt kein Metall, sondern weiße Keramik. Und der Bohrer soll auch einem ganz besonderen Zweck dienen – als Schädelbohrer für



die Hirnchirurgie. "Unsere Chemiker haben hier eine biologisch verträgliche Keramik mit einer völlig neuen Zusammensetzung entwickelt", berichtet

Reinhard Lenk vom Fraunhofer-Institut für Keramiktechnologie in Dresden. Chirurgen warten schon lange auf einen leistungsfähigen Schädelbohrer, der nicht aus Metall besteht. Denn nur so können sie den Verlauf der Operation in einem Computertomografen kontrollieren. Der Schädelbohrer aus Dresden ist nur eines von vielen Beispielen für die moderne Hochleistungskeramik. Diese Materialien genau auf ihre Anwendung hin nach Maß zu schneidern – das gelingt Chemikern noch nicht immer, aber immer öfter.

Ende der Verschwendung

Eine weithin sichtbare Fackel markiert oft den Standort einer Ölquelle – Erdgas und andere das Erdöl begleitende Gase werden hier einfach verbrannt, weil Abtrennung und Transport nicht lohnen. Deshalb beschäftigt sich eine Reihe von Forschern damit, solche Gase beispielsweise in flüssiges Methanol zu verwandeln, das unter anderem als Treibstoff für Brennstoffzellen genutzt werden könnte. Gemeinsam mit Lurgi arbeiten Chemiker an der TU Freiberg daran, bekannte Verfahren rentabler zu machen – dazu erproben sie im Technikum neue Katalysatoren und arbeiten unter viel höherem Druck als bisher.



Krabbenschalen gegen Bakterien

Krabben und andere Krustentiere tragen den – nach Holz – zweithäufigsten natürlich nachwachsenden Rohstoff der Welt mit sich herum: Der Chitinpanzer enthält Chitosan, einen engen Verwandten der Cellulose. Chitosan hemmt die Bakterienbildung und verhindert Entzündungen, speichert Feuchtigkeit und bindet Eiweiß, Fette und Gerüche. Dabei ist es biologisch abbaubar und völlig ungiftig. Englische Forscher basteln schon an einer Zahnpasta mit Chitosan.

Indem Chitosane Flüssigkeiten aufsaugen und Bakterien das Leben erschweren, vermeiden sie Gerüche. Der Textilchemiker Walter Becker, Professor an der FH Niederrhein in Krefeld, untersucht solche Effekte zum Beispiel bei Windeln. Die Textilindustrie kann Fasern mit dem Wirkstoff antibakteriell ummanteln – das bremst die Bakterien, die an sich geruchlosen Schweiß zu deutlich wahrnehmbaren Produkten umsetzen. Als Gestankkiller hat Chitosan schon eine Feuerprobe bestanden: in Dresdener Schweineställen. An die Oberfläche mit Chitosan beschichteter Filter lagern sich Schmutzpartikel, denen gleichzeitig der Gestank anhaftet, doppelt so gut an wie an unbeschichtete.



Licht aus dem Käfig

Wie funktioniert eine Leuchtstofflampe? Ein elektrisches Feld bringt die Atome in Quecksilberdampf in Bewegung – so stark, dass sie die aufgestaute Energie in Form von UV-Licht wieder ausschwitzen. Leuchtstoffe in der Beschichtung der Glasröhre verwandeln das für das menschliche Auge unsichtbare UV-Licht in sichtbares Licht. Die weiße Farbe ist in Wirklichkeit eine Mischung – aus rotem, grünem und blauem Licht, Produkt dreier verschiedener Leuchtstoffe. Diese Leuchtstoffe sind sehr teuer, besonders derjenige, der rotes Licht erzeugt. Er enthält Europium, eingebaut in ein Kristallgitter aus Yttriumoxid. Dieses Yttriumoxid ist nicht gerade billig – und es muss hier ganz besonders rein sein, was die Kosten in die Höhe treibt.

Ein Kristallgitter aus Zeolith, wie er auch in Waschmitteln als Wasserenthärter dient, könnte eine günstigere Alternative sein. Ferdi Schüth, Chemiker am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr, hat das Europium mit einigen Tricks schon in den Zeolith-Käfig eingebaut. Sorgen bereitet ihm noch die Effizienz: Nur zwei Drittel des UV-Lichts werden sichtbar, ein Drittel geht verloren. Im Yttriumoxid dagegen entsteht aus fast jedem UV-Lichtquant auch sichtbares Licht. Jetzt sucht Schüth zusammen mit weiteren Forschern nach dem richtigen Gewürz – nach der richtigen Begleitsubstanz, die die Verluste verhindert.

Chemie unter der Haut

Wer sich das Bild seiner Liebsten auf den Arm tätowieren lässt, sollte ein Leben lang zu ihr halten. Zwar kann eine Laserbehandlung das Kunstwerk wieder entfernen, unter der Haut bleiben aber die Reste der Farbstoffe. Chemiker von der Universität Regensburg bestrahlten rote Tatoo-Pigmente mit einem Laser und fanden giftige sowie erbgutschädigende Spaltprodukte.



Warum Tomaten Quaddeln machen

Den molekularen Ursachen der Tomatenallergie sind Lebensmittelchemiker vom Paul-Ehrlich-Institut in

Langen auf der Spur. Aus gentechnisch veränderten Bakterien gewinnen sie Allergene, denen – im Gegensatz zu den natürlichen Allergenen aus Tomaten – Bindungsstellen für Zuckermoleküle fehlen. Die Forscher vermuten, dass solche Zuckeranhängsel Halskratzen und Hautjucken auslösen. Tests mit Seren aus Blut von Tomatenallergikern zeigten: Fehlt der Zucker-

rest, bleiben die Symptome aus.

Veranstaltungsvorschau

Trilogie Teil 1: Der Kuss – Magie und Chemie:



Unser Körper, Gesundheit und Ernährung

Berlin, 30.1.–9.2.2003, Unter den Linden 74

Leipzig, März 2003 **Stuttgart**, März 2003

Trilogie Teil 2: Der Stoff – Materie und Chemie:



Werkstoffe, Verfahren und Alltagskultur

Bochum, 24.4.–1.5.2003, Ruhr-Park Bochum

Darmstadt, Mai 2003 Rostock, August 2003

Trilogie Teil 3: Die Quelle – Energie und Chemie:



Ressourcen, Visionen, Verantwortung

Halle, September 2003 München, Oktober 2003

Dresden, Oktober 2003 **Köln**, November 2003

Der Chemie-Truck – Das rollende Chemielabor

bundesweit, Januar bis Dezember 2003

Das Chemie-Schiff (Wissenschaft im Dialog)

bundesweit, Juni bis Oktober 2003

Die Woche der Chemie (VCI)

Raum Merseburg/Halle, 9.–17.5.2003

ACHEMA

Ausstellung – Vorträge – Veranstaltungen
ACHEMA-Studienzyklus für Studenten, Schüler und Lehrer
DECHEMAX-Schülergalerie, Festveranstaltung zur
Vergabe des ACHEMA-Fernsehpreises
TV-Moderatoren im Gespräch mit Experten
(Berufsgenossenschaft Chemie)

Frankfurt am Main, 19.-24.5.2003

Der Bildungsgipfel Chemie

(VCI, IGBCE, BAVC und GDCh)

Frankfurt am Main, 22.5.2003

Der Wissenschaftssommer 2003

(Wissenschaft im Dialog)

Mainz, 16.–22.9.2003

Der Tag der offenen Tür

(VCI sowie rund 200 Chemiewerke, 40 Hochschulen und fünf Berufsgenossenschaften)

bundesweit, 20.9.2003

Die Woche der Chemie – Vorträge und Ausstellungen für Jedermann zur Jahrestagung der GDCh

München, 6.–11.10.2003

Naturwissenschaften – Bildung – Geschichte – Zukunft: Ausstellungen, Vorträge, Veranstaltungen

in Liebigs Geburtsstadt

Darmstadt, 9.5.–5.9.2003

Ausstellungen zum Liebig-Jahr in Gießen

Seine Zeit und unsere Zeit Der streitbare Gelehrte Liebigs chemische Briefe Liebig und Gießen

Gießen, Mai-August 2003

Die Liebig-Woche vom 9.–18.5.2003

Zentraler Geburtstagsfestakt am 12.5.2003

Aufnahme von Liebigs Labor als Historische Stätte der Chemie – Intern. Veranstaltung der GDCh, 16.5.2003
"Eine Stadt als Labor … Gießen reagiert",
Wissenschaftsfestival, 17.5.2003

Ausführliche Infos zu den Veranstaltungen unter www.jahr-der-chemie.de oder Tel. 0800-8 CHEMIE



Die Initiatoren





Bundesministerium für Bildung und Forschung, www.bmbf.de

Wissenschaft im Dialog gGmbH, www.wissenschaft-im-dialog.de

mit den Trägerorganistationen



Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, www.igbce.de



Bundesarbeitgeberverband Chemie, www.bavc.de



Deutsche Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie, www.bunsen.de



Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, www.stifterverband.de



Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie, www.dechema.de



Verband der Chemischen Industrie, www.vci.de



Fonds der Chemischen Industrie, www.vci.de/fonds



Verband angestellter Akademiker und leitender Angestellter der chemischen Industrie, www.vaa.de



Gesellschaft Deutscher Chemiker, www.gdch.de



Berufsgenossenschaft Chemie, www.bgchemie.de

Ansprechpartner

Gebührenfreie Hotline: 0800-8 CHEMIE oder 0800-8 24 36 43

Montag bis Freitag, 8.00 bis 20.00 Uhr

Informationen zum Jahr der Chemie

MEDIA CONSULTA Deutschland GmbH, Wassergasse 3, 10179 Berlin, Tel.: +49 (0) 30-65 000-0,

Fax: +49 (0) 30-65 000-150, E-Mail: jdc@media-consulta.com, www.media-consulta.com

Informationen zu Wissenschaft im Dialog

Wissenschaft im Dialog (WiD), Markgrafenstraße 37, 10117 Berlin, Tel.: +49 (0) 30-20 64 92-00,

Fax: +49 (0) 30-20 64 92-05, E-Mail: info@wissenschaft-im-dialog.de, www.wissenschaft-im-dialog.de

Informationen zu den Chemieorganisationen

Koordinator "Jahr der Chemie 2003" für die Chemieorganisationen,

Dr. Holger Bengs, Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh), Varrentrappstr. 40-42, 60486 Frankfurt am Main, E-Mail: info@jahr-der-chemie.de, www.gdch.de



Herausgeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Beauftragte Agentur:

MEDIA CONSULTA Deutschland GmbH Wassergasse 3, 10179 Berlin

Tel.: +49 (0) 30-65 000-0 Fax: +49 (0) 30-65 000-150 www.media-consulta.com

Redaktion:

Axel Fischer Markus Gaier

Autoren:

Stefan Albus, Alexander Behrens, Axel Fischer, Markus Gaier, Frank Grotelüschen, Klaus Jopp, Uta Neubauer, Hellmuth Nordwig, Jo Schilling, Tim Schröder, Alexander Stirn

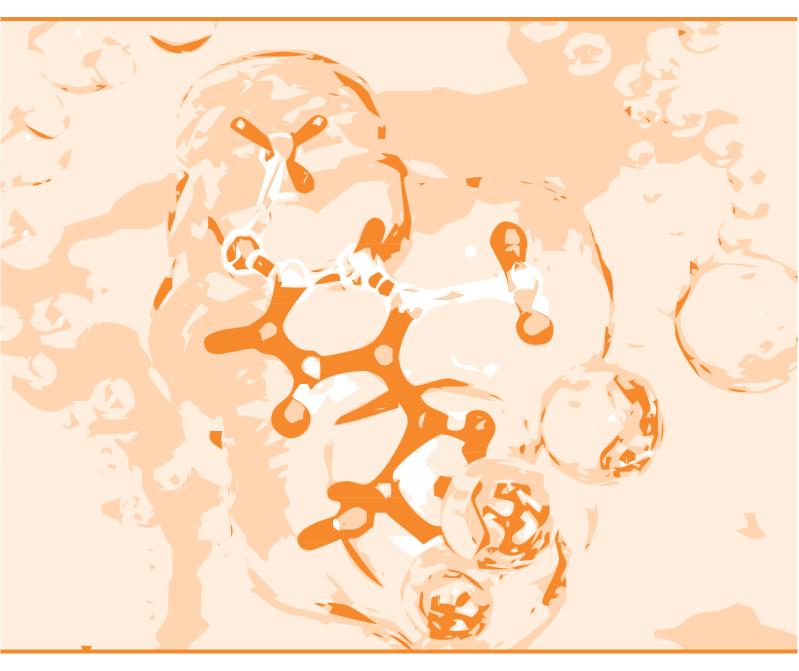
Art Direction: Sylvia Müller

Druck:
Druckhaus Schöneweide

Dilate a state of

gettyimages; Axel Fischer; Thomas Happe; Bayer AG; BMBF; Fraunhofer-Institut für Keramiktechnologie; Siemens; Corbis; Focus; F. Hoffmann-La Roche AG, Corporate Communications

www.jahr-der-chemie.de



Medienpartner:















