Kuchen, Flirt und Nanowelten

… alles ist Chemie

Wie Hormone
Einfluss auf die Liebe nehmen

Der Fernseher der Zukunft
ist hauchdünn und lässt sich zusammenrollen

Das Auto, das sich selbst reinigt
Nanopartikel sollen es möglich machen

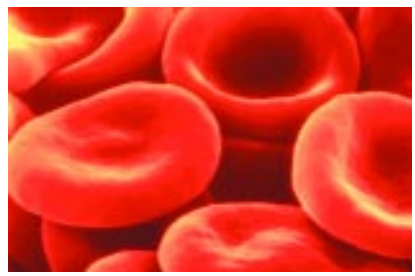
VCI
Verband der Chemischen Industrie e.V.

Mensch → 6

Wenn die Hormone richtig loslegen ...
Schmetterlinge im Bauch? Körpereigene Hormone beeinflussen Liebesempfindungen und entscheiden mit darüber, ob wir jemanden mögen.

Gesundheit → 10

Im Mikrokosmos der Zwerge
Bis ins Nanoreich ist die Medizin vorgedrungen, um Krankheiten wie Krebs den Kampf anzusagen.



Haushalt → 14

Sind wir nicht alle Chemiker?
Ob der Kuchen im Ofen aufgeht, Gerste zu Bier vergärt oder das Spülmittel Verschmutzungen löst: Immer hat die Chemie ihre Finger im Spiel.

Textilien → 18

Freier Fall und weiche Landung
Nylonstrümpfe, Kletterseile sowie Bikinis, die nahtlose Bräune garantieren: Textilien können weit mehr als trocken und warm halten.

Verkehr → 22

Chemie macht mobil
Keine 30 Millisekunden braucht der Airbag, um sich zu entfalten. Bremsklötze halten bis zu 1.200 Grad aus.

Chemie hält unser Leben in Schwung

Denken Sie beim Stichwort Chemie an die Schulzeit zurück? An das kryptische Periodensystem, an mühsames Formeln-Pauken? Oder denken Sie an Ihre Küche als die „Urform des chemischen Laboratoriums“? Und an Ihren Körper als eine perfekt funktionierende Chemie-Fabrik? Überraschende Perspektiven? Die faszinierenden Einblicke dazu geben wir in diesem Magazin.

In fast jedem Bereich unseres Lebens spielt Chemie eine Rolle, ohne dass wir es merken: Ganz gleich, ob wir Kaffee kochen, uns beim Joggen fit halten, am Computer sitzen oder mit dem Auto fahren. Chemie hilft beim Waschen, Putzen, Pflegen, „erfindet“ neuartige Textilien, lässt Pflanzen blühen und höheren Ertrag bringen. Kurz: Sie liefert wichtige Beiträge für unsere Gesundheit, unseren Wohlstand und Komfort.

Chemie ist keine Erfindung des Menschen. Alles in der Natur ist letztlich Chemie. Das trifft auf den Staub der Sahara genauso zu wie für das Plankton des Meeres und für den Bergkristall ebenso wie für Pflanzen, Tiere und Menschen. Und wenn wir uns freuen, uns verlieben, sportliche Erfolge feiern oder ein ausgezeichnetes Essen genießen, dann sind es chemische Reaktionen, die diese positiven Empfindungen in unserem Körper auslösen.

Chemie, das ist auch Wirtschaften. Eine Schlüsselindustrie, die Vorprodukte für andere Branchen entwickelt, auch mit ihnen gemeinsam, und so neue Problemlösungen ermöglicht. Wissenschaftler haben herausgefunden, dass andere Industriezweige durch neue Verfahren und Produkte der Chemie Milliarden sparen und so auf dem Weltmarkt noch erfolgreicher sein können.

Begleiten Sie uns in diesem Magazin auf einer Reise durch die ganz alltägliche Welt der Chemie, eine Welt voller Überraschungen.

Verband der Chemischen Industrie e.V.

Kommunikation → 26

Ohne Sand läuft kein Computer

Je reiner, desto leistungsfähiger: Siliziumchips machen die Computer schnell. Das Silizium wird aus Sand gewonnen und in aufwändigen Verfahren gereinigt.

Energie → 30

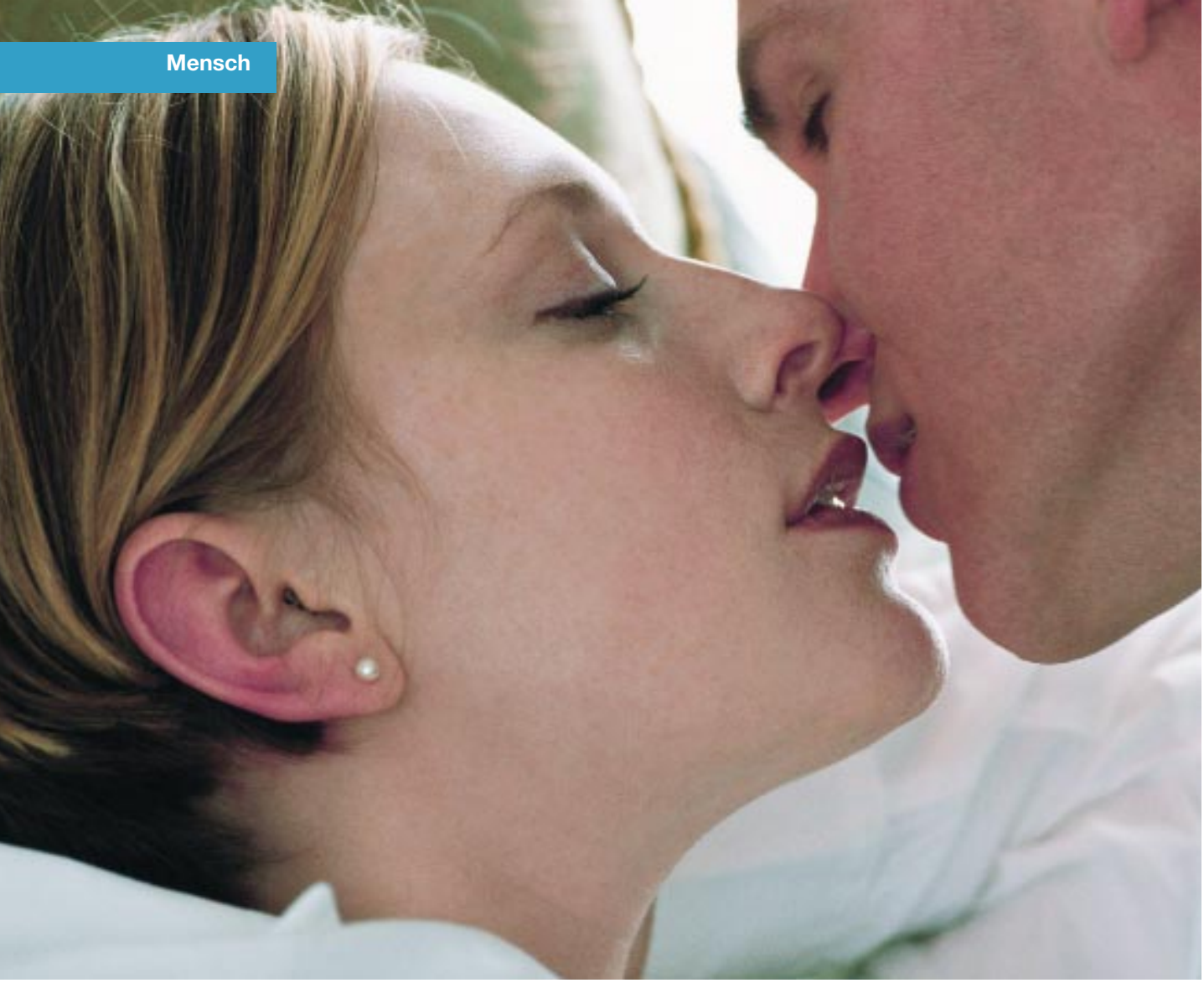
Wenn nur noch Wasser aus dem Auspuff kommt

Neu entwickelte Brennstoffzellen fürs Auto beeindrucken mit ihrer Leistung. Auch die Umwelt freut sich.

Welches Bild haben Sie von der Chemie?

Mit seinem Bild der Chemie gewann Klaus Odenwald den Fotowettbewerb „Seifenschaum und Playmobil“, den ein Chemieunternehmen anlässlich des Jahres der Chemie 2003 ausschrieb. Mit den beiden in Seifenschaum gehüllten Kindern setzte er seine Vorstellung von Chemie im Alltag um.

In diesem Magazin erfahren Sie, wie die Chemie – anscheinend unbemerkt – unser Leben begleitet und es angenehmer macht. Und auch, was sie in Zukunft möglich machen wird. Lesen Sie mehr über die „Faszination Chemie“ …



Wenn die Hormone richtig loslegen ...

Ob wir verdauen, uns verlieben, nachdenken oder den Wunsch nach Sexualität verspüren: Immer ist die körpereigene Chemie im Spiel. So gesehen ist der Körper eine perfekt arbeitende Chemiefabrik. All seine chemischen Vorgänge, ausgelöst von Hormonen, Säuren, Basen oder Enzymen, laufen in Wasser ab. Nicht umsonst besteht der menschliche Körper zu 75 Prozent aus Wasser. Reduzierte man den Menschen auf die chemischen Elemente, so blieben 63 Prozent Wasserstoff, 25 Prozent Sauerstoff, 9,5 Prozent Kohlenstoff, 1,4 Prozent Stickstoff, 0,3 Prozent Calcium sowie geringe Mengen einer Reihe weiterer Elemente übrig.

Schrecken und Spaß gehen bei der Achterbahnfahrt ineinander über. Für das Wechselbad der Gefühle sorgen Hormone wie die Endorphine.

Herr der eigenen Sinne? Nicht immer …

Wenn wir uns verlieben, treibt der Körper allerhand Schabernack mit uns. Wir fühlen uns mulmig, sind zappelig, haben Schmetterlinge im Bauch, und unser Gehirn will keinen klaren Gedanken mehr fassen. Wir fühlen uns krank, krank vor Liebe. Werden chemische Botenstoffe wie Dopamin, Testosteron oder Serotonin ausgeschüttet, kennt der Körper keine Gnade mehr. Die Gefühlswelt spielt mit Empfindungen von Appetitlosigkeit bis Euphorie einfach verrückt. Eine wichtige Rolle spielen auch die Pheromone, Hormone, die über den Geruchssinn wahrgenommen werden. Sie entscheiden mit darüber, wie angenehm uns ein Mensch ist – sprich: ob wir den anderen „riechen" können. Wieder andere Hormone steuern das Wachstum, leiten Wehen ein oder stabilisieren den Zuckerhaushalt.

Der süße Schuss voll Energie

Schokolade ist Nervennahrung. Nicht nur, wer mal für eine Prüfung gebüffelt hat, weiß die süße Leckerei zu schätzen. Für die Power sorgt der in der Schokolade enthaltene Zucker. Er ist pure Energie für den Körper. Damit die Energie in Form von Zucker aber ihre Wirkung entfaltet, braucht der Körper das Hormon Insulin. Es bewirkt, dass Zucker überhaupt in die Zellen gelangen kann, und verhindert zugleich, dass zu viel Zucker im Blut zirkuliert.

Sobald der Mensch Nahrung zu sich nimmt, schießen die Zellen der Bauchspeicheldrüse ihren Vorrat an Insulin in den Blutkreislauf. Das sind nur erste Reserven, die nicht lange reichen. Deshalb produzieren diese Zellen sofort neues Insulin, das kontinuierlich in den Blutkreislauf gelangt. Das Fettgewebe, die Muskulatur und die Leber brauchen das Hormon, um Glukose (Blutzucker) überhaupt aufnehmen und später verwerten zu können. Mit seiner Fähigkeit, Zellen zur Aufnahme von Zucker aus dem Blut anzuregen, ist Insulin in der Lage, den Blutzuckerspiegel zu senken. Bei Diabetikern steigt der Zuckergehalt im Blut zu hoch an. Bei rund 17 Prozent der Kranken wird das dadurch hervorgerufen, dass ihre Bauchspeicheldrüse kein oder nur noch wenig Insulin produziert. Sie müssen daher zum Ausgleich Insulin spritzen. Es wird heute fast ausschließlich gentechnisch hergestellt. Damit das Insulin aber nicht macht, was es will, und der Körper gar „unterzuckert", gibt es mit einem weiteren Hormon, dem Glucagon, sozusagen einen Gegenspieler. Glucagon erhöht bei Bedarf den Blutzuckerspiegel. Das komplizierte chemische Zusammenspiel von Insulin und Glucagon hält also den Blutzuckerspiegel konstant.

Ein herzhafter Biss bringt Power. Für den Körper ist Schokolade pure Energie.

Bevor der Körper die Nahrung verarbeitet, muss er sie aufbereiten. Bereits beim Kauen beginnt die Vorarbeit für die chemische Zerlegung.

Wie kommt mein Steak ins Blut?

Bei der Verdauung holt sich der Organismus den „Treibstoff“ aus der Nahrung

Wer ein rosiges Steak vor sich auf dem Teller hat, kann sich kaum vorstellen, was hinterher im Körper damit geschieht. Unter der chemischen Lupe betrachtet, dient es dem Körper als Quelle für Aminosäuren, aus denen er eigene Eiweiße aufbauen kann. Doch bis dahin ist es ein relativ weiter Weg, denn erst nachdem das Essen im Mund, im Magen, im Dünn- und gegebenenfalls im Dickdarm aufbereitet wurde, verarbeitet der Körper die Nahrung.

Auf ihrem Weg durch das Verdauungssystem zerlegt der Körper die Nahrung in ihre Bestandteile: Kohlenhydrate, Eiweiße, Fette, Vitamine etc. Bereits mit dem Kauen beginnt die Vorarbeit für die chemische Zerlegung der Nahrungsmittel. Isst man eine Scheibe Brot, schließen im Speichel enthaltene Enzyme die Kohlenhydrate auf. Der eigentliche Aufspaltungsprozess geht aber erst im Magen richtig los. Hier übernimmt verdünnte Salzsäure zunächst die Aufgabe, die Nahrung zu desinfizieren und Eiweiße so zu verändern, dass sie für weitere Prozesse verwendet werden können. Dass ein Steak im Magen allmählich zerfällt, ist allerdings kein „Verdienst“ der Salzsäure, sondern vielmehr das des Eiweiß spaltenden Enzyms Pepsin.

Nach der chemischen „Vorbehandlung“ rutscht die Nahrung weiter in den Dünndarm. Dort werden die beispielsweise im Brot enthaltenen Kohlenhydrate von Verdauungsenzymen in Traubenzucker umgewandelt. In zum Beispiel Fleisch, Milch oder Nüssen enthaltene Fette werden in Glycerin, Fettsäuren und „halbverdaute“ Abkömmlinge des Glycerins zerlegt. Wie von einer Schere werden die Moleküle der Nahrungsbestandteile dabei zerkleinert. In diesem Stadium treten Transportermoleküle, die sich in den Zellen der Darmwand befinden, in

Aktion. Ähnlich wie Vogeleltern während der Brutpflege machen sie sich über das Nahrungsangebot her und picken wichtige Stoffe wie Aminosäuren und Zucker aus dem Speisebrei heraus, um diese in die Zellen der Darmschleimhaut hineinzutransportieren. Von dort gehen die lebensnotwendigen Stoffe dann in das Blut über und gelangen so in die einzelnen Zellen. Dort dienen sie als „Baumaterialien" wie Aminosäuren und Cholesterin, aber auch als Energielieferanten. Erst mit Sauerstoff, der über die Lunge ins Blut kommt, ist diese Energiegewinnung möglich. Der Sauerstoff hilft wie bei der Verbrennung von Treibstoff im Automotor bei der Energieumwandlung.

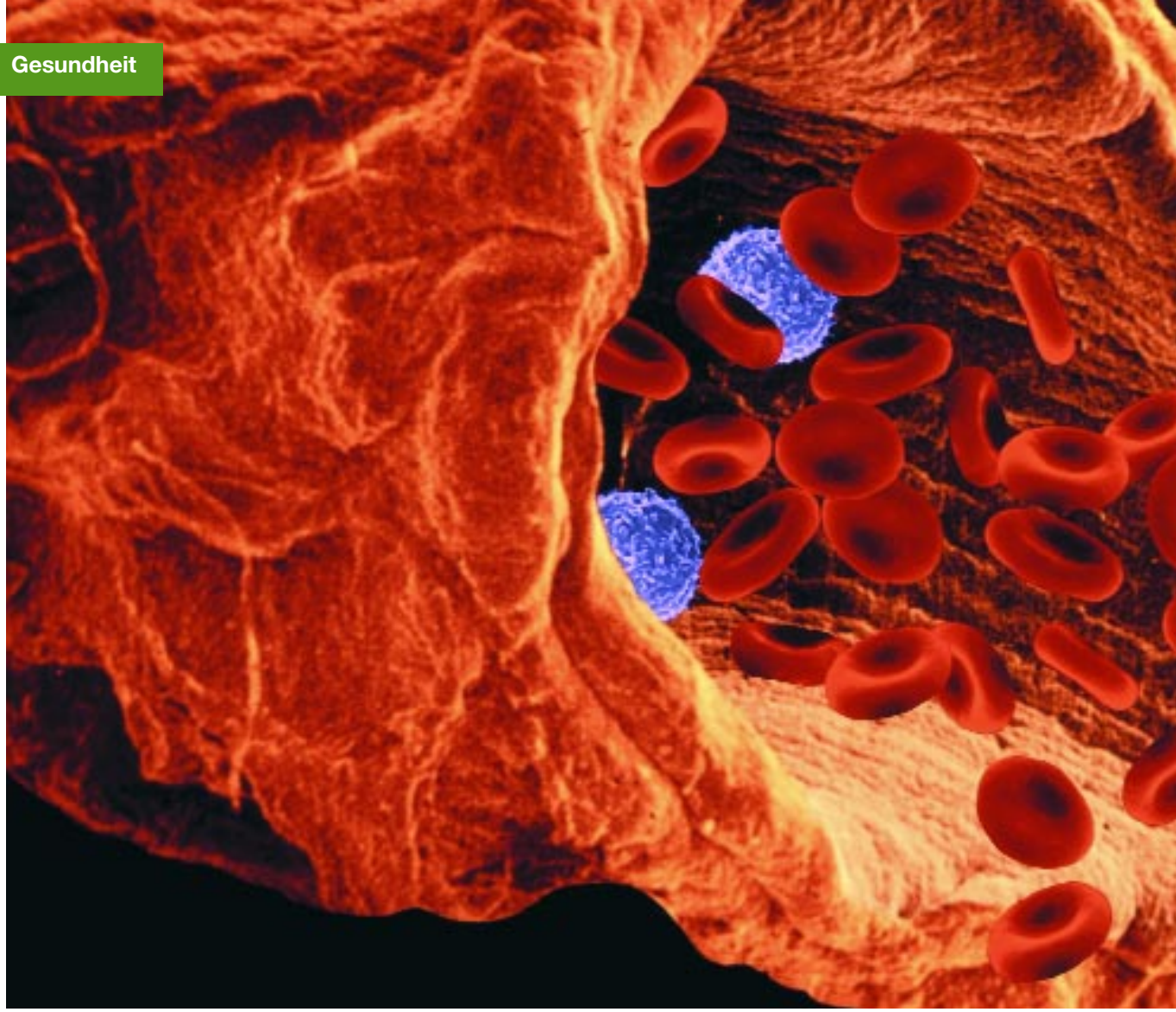
Alles, was Magen und Dünndarm nicht verarbeiten, landet später im Dickdarm. Hier setzt die letzte Phase der „Rohstoffverarbeitung" ein. Zum einen wird dort dem Speisebrei Wasser entzogen, zum anderen machen sich Bakterien über die unverdaulichen Speisereste her und zersetzen diese. Mit Verdauungssekreten und im Darm lebenden Bakterien werden sie dann ausgeschieden. ■

Für den Gaumen lecker, für den Körper ein vielschichtiger Energiespender: Hamburger liefern Eiweiße, Kohlenhydrate und Fette.

Kein Wett-Trinken mit Japanern

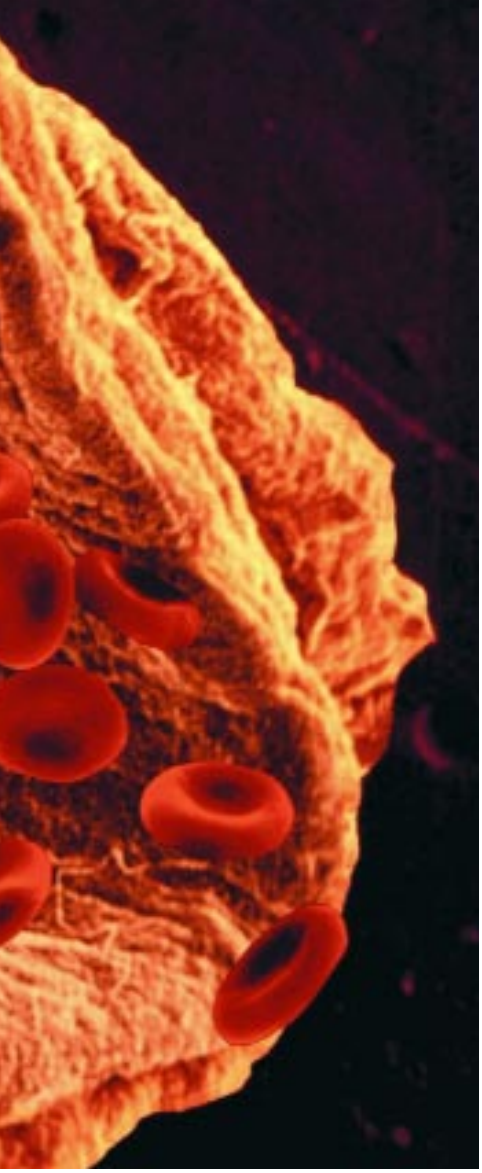
Japaner und Alkohol: Das ist eine Sache für sich. Bei einem Wett-Trinken mit einem Europäer könnte jeder zweite Japaner nicht mithalten. Während die meisten Europäer an ein paar Gläsern Bier durchaus Spaß haben, reagieren rund 50 Prozent der Japaner mit Schweißausbrüchen, Herzjagen und einer auffälligen Rötung des Gesichts. Das alles nur, weil ihnen die Aldehyddehydrogenase (ALDH) fehlt. Denn dieses Enzym macht in der Leber rund 90 Prozent des aufgenommenen Alkohols unschädlich. Wenn es fehlt, liegt man nach einem Glas Bier bereits unterm Tisch.

Mit der Leber hat der Körper – ganz wie ein Chemiewerk – seine eigene „Entgiftungsstation". Die Leber baut nicht nur Alkohol ab, sondern zum Beispiel auch im Kaffee oder im Tee enthaltenes Koffein. Das Entgiftungsorgan besteht zu 80 Prozent aus Hepatozyten. Diese besonderen Zellen entscheiden, ob aufgenommene Stoffe gespeichert oder nach der Verarbeitung in den Blutkreislauf abgegeben werden. Als Biokatalysatoren machen in den Hepatozyten enthaltene Enzyme, die für den menschlichen Stoffwechsel giftigen Bestandteile unschädlich. Genussgifte wie Alkohol oder Koffein werden über Zwischenstufen in harmlose Substanzen überführt, die der Körper schließlich ausscheidet.

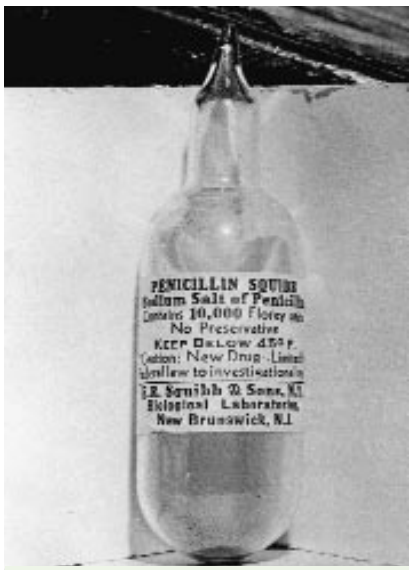


Im Mikrokosmos der Zwerge

Krankheiten wie Cholera, Diphtherie, Tetanus oder Kinderlähmung konnten – vor allem mit Hilfe von Impfstoffen – in den westlichen Ländern komplett ausgerottet werden. Bei den einst gefürchteten Pocken ist dies sogar weltweit gelungen. Auch für zahlreiche weitere Infektionskrankheiten konnten wirksame Medikamente entwickelt werden. Eine der größten Herausforderungen für Pharmaindustrie und Medizin stellen aber nach wie vor bestimmte Erkrankungsformen dar, unter denen zahlreiche Menschen leiden. Zu dieser Gruppe gehören Allergiker, Alzheimerpatienten, HIV-Infizierte, Krebskranke oder Menschen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Um diese Krankheiten in den Griff zu bekommen, arbeiten Chemiker gemeinsam mit Biologen, Pharmakologen und Medizinern an neuen Diagnostika, Therapien und Medikamenten. Große Potenziale versprechen sich die Forscher von der Gentechnik, Hoffnungen werden aber auch in die Nanotechnik gesetzt.



Rote Blutkörperchen (Erythrozyten), mit einem Elektronenmikroskop sichtbar gemacht.



In Amerika hergestellte Penicillin-Ampulle von 1943. Drei Jahre später produzierte die deutsche Pharmaindustrie die ersten Glasampullen mit dem Wirkstoff.

Ein Zufall, der Millionen Menschenleben rettet

Noch in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts starben Millionen von Menschen in Europa an „typischen Volkskrankheiten" wie Scharlach oder Lungenentzündung. Dank eines Zufalls entdeckte der Londoner Bakteriologe Sir Alexander Fleming ein Mittel, das gegen eine Vielzahl von Infektionskrankheiten wirkt. Fleming experimentierte im Jahr 1928 mit Eitererregern (Staphylokokken). Dazu hatte er zahlreiche Bakterienkulturen angelegt. Zufällig gelangte eine Schimmelspore in eine der Versuchsschalen, worauf in ihr ein Pilz wuchs. Die Bakterien in dieser Schale starben plötzlich ab. Offensichtlich hatte der wissenschaftlich als „Penicillinum notatum" bezeichnete Pilz eine Substanz abgesondert, die Staphylokokken zerstörte. Fleming erkannte die Bedeutung seiner Entdeckung für die Medizin. Allerdings gelang es ihm noch nicht, den Wirkstoff zu isolieren. Dennoch gab er ihm einen Namen: „Penicillin", nach dem Pilz, der ihn produziert.

Mehrere Jahre lagen Flemings Erkenntnisse auf Eis, bis ein Biochemiker und ein Pathologe die Beobachtungen aufgriffen. Sie entwickelten ein industrielles Herstellungsverfahren für Penicillin, sodass bereits im Jahre 1943 in den USA und drei Jahre später auch in Deutschland Penicillin produziert werden konnte. Weitere Antibiotika traten in den nachfolgenden Jahrzehnten einen Siegeszug gegen Krankheit und Tod an.

Die Pharmaindustrie befindet sich bei der Entwicklung von Antibiotika im steten Wettlauf mit der Zeit. Denn Bakterien entwickeln durch die rasche Generationenfolge in kürzester Zeit immer neue Resistenzen gegen diese Medikamente. Die Forschung ist heute kaum noch abhängig vom Zufall. Sie ist eine systematische Suche nach immer neuen Antibiotika, um so die aufgetretenen Resistenzen zu bekämpfen. Die neuen Produkte zeichnen sich in erster Linie durch andere Wirkungsmechanismen aus. Die Entwicklung eines Präparates kostet schätzungsweise rund 800 Millionen Dollar. Doch die Investition lohnt sich. Nur mit neuen Antibiotika ist es möglich, schwere Infektionskrankheiten zu behandeln und die damit verbundenen Risiken und Spätfolgen zu reduzieren.

Gene produzieren Medikamente

Mitte der 70er Jahre wurden die entscheidenden Weichen für einen völlig neuen Ansatz in der Therapie und Diagnose von Erkrankungen gelegt. Forscher hatten entdeckt, dass sich mit Hilfe spezieller Enzyme genetisches Material wie mit einer Schere zerlegen lässt. Dieses „Material" lässt sich rekombinieren, das heißt, ein Stück des zerlegten Erbmaterials, das ein spezielles Gen enthält, kann in lebende Zellen eingeschleust und dort an ein anderes Stück Erbmaterial, zum Beispiel ein Chromosom, angefügt werden. Dort entfaltet das Gen dann seine Wirkung, beispielsweise produziert es ein Medikament. Das Fundament der Gentechnik war gelegt. Ihr besonderes Potenzial liegt in der Universalität von Genen: Der genetische Code ist bei sämtlichen Lebewe-

Rund eine Million Diabetiker müssen täglich Insulin spritzen. Weil es gentechnisch produziert werden kann, sind immer ausreichende Mengen des Medikaments verfügbar.

sen weitgehend gleich. Daher kann man beispielsweise das menschliche Gen, das Insulin produziert, auch in die Erbsubstanz von Bakterien oder Hefepilzen einbauen. Diese gentechnisch veränderten Mikroorganismen produzieren dann das menschliche Insulin. Mit dieser Methode kann es praktisch in unbegrenzter Menge hergestellt werden. Dies ist sehr wichtig angesichts der Tatsache, dass es in Deutschland derzeit sechs Millionen Diabetiker gibt, wovon circa eine Million Insulin spritzen müssen, da ihre Bauchspeicheldrüse kein oder nicht genügend Insulin produziert. Experten rechnen bis zum Jahr 2025 mit doppelt so vielen Zuckerkranken.

Mit den Werkzeugen der Gentechnik können körpereigene Wirkstoffe präzise kopiert oder gezielt verändert werden. So muss ein für Bluter lebenswichtiger Blutgerinnungsfaktor nicht mehr aus Spenderblut gewonnen werden. Krankheiten aus Infektionen durch Spenderblut sind damit ausgeschlossen. Auch Kindern, die unter angeborenem Zwergwuchs leiden, kann heute mit gentechnisch hergestelltem Somatotropin geholfen werden. Früher wurde dieses Wachstumshormon einzig aus den Gehirnen von Toten gewonnen. Bei der Medikamentenproduktion nutzt man die Gentechnik also als Werkzeug zur Wirkstoffproduktion. (Das hat übrigens nichts zu tun mit der gesellschaftlich kontrovers diskutierten Stammzellenforschung, dem Klonen oder der Präimplantationsdiagnostik.)

Derzeit verkaufen Apotheken in Deutschland mehr als 100 gentechnisch hergestellte Arzneimittel verschiedenster Art. Ihre Anwendungsgebiete reichen vom Herzinfarkt über Tumorerkrankungen und Hepatitis-B-Prophylaxe bis hin zu Diabetes und Multipler Sklerose.

Jedem seine eigene Pille

Viele Menschen nehmen nur ungern Medikamente ein, weil sie Nebenwirkungen fürchten. Einer Erhebung einer renommierten amerikanischen Ärztevereinigung zufolge leiden allein in den USA im Jahresdurchschnitt zwei Millionen Menschen unter den Nebenwirkungen von Medikamenten. Das ist lei-

Zwerge gegen Krebs

Auf der Suche nach Wegen, Krebs zu heilen, erproben die Mediziner auch Wirkstoffe, die ihnen die neuesten Forschungen der Chemiker zur Verfügung stellen: submikroskopisch kleine Zusammensetzungen, so genannte Nanopartikel. Das Wort „Nano“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Zwerg“. Und um Zwergenhaftes geht es in der Tat, denn ein Nanometer meint den milliardsten Teil eines Meters.

An der Berliner Charité gelang es in Zusammenarbeit mit dem Saarbrücker Institut für Neue Materialien, Eisenoxidteilchen dieser Größenordnung zu entwickeln, die sich gezielt in Tumorzellen einnisten. Damit ihnen der Zutritt nicht verwehrt wird, treten die Eisenoxidpartikel mit einer Hülle aus einem Nährstoff an. Sie sind sozusagen getarnt. Die Zellen erkennen die Nanopartikel als Mahlzeit und „öffnen ihre Pforten“. Nachdem sich die maskierten Eisenoxidteilchen in den Tumorzellen festgesetzt haben, schalten die Ärzte ein magnetisches Wechselfeld ein, das die Nanopartikel auf 45 bis 47 Grad erwärmt. Dadurch sterben viele Krebszellen ab. Das benachbarte Gewebe bleibt verschont. Derzeit laufen in Berlin die ersten klinischen Tests.

der bei Medikamenten häufig nicht zu vermeiden – wie etwa bei Cholesterinsenkern oder bei Antibiotika. Oft trifft eine Nebenwirkung nur Menschen mit einem bestimmten genetischen Profil. Eine Lösung verspricht die Pharmakogenomik. In dieser Forschungsrichtung werden die genetischen Ursachen für die individuell oft so unterschiedliche Wirkung von Medikamenten untersucht. Dahinter steckt der Wunsch, Arzneien individuell zu optimieren. Der Arzt soll zukünftig unter mehreren Medikamenten mit Hilfe von Gentests bei seinem Patienten das für diesen am besten geeignete aussuchen können. Wissenschaftler betrachten daher die Pharmakogenomik als großen Hoffnungsträger. Noch ist sie eine Vision, die individuell maßgeschneiderte Medizin; an gruppenspezifisch ausgerichteten Arzneimitteln arbeiten die Forscher allerdings bereits.

Mit maßgeschneiderter Medizin lassen sich individuelle Unverträglichkeiten ausschließen.

Infolge eines Mangels an Vitamin A erblinden jährlich Millionen von Kindern in Entwicklungsländern. Ihnen kann geholfen werden. Denn mit „grüner Gentechnik“ ist es gelungen, Reis mit dem lebenswichtigen Vitamin A anzureichern.

Genießen ohne Reue

Mit Omega-3-Fettsäuren bleiben die Blutfettwerte im grünen Bereich

Wer sich gut ernährt, lebt gesünder. Ein Blick auf die Dritte Welt zeigt, dass dies aber nicht allen möglich ist. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation leiden in Entwicklungsländern 140 bis 250 Millionen Vorschulkinder unter einem Mangel an Vitamin A. Die gesundheitlichen Folgen sind fatal: Wachstumsstörungen, Haarausfall oder Blindheit erwarten die Kinder. Mit Hilfe der so genannten „grünen Gentechnik“ kann das anders werden. Wissenschaftlern ist es jetzt gelungen, Reispflanzen gentechnisch mit dem Farbstoff Beta-Carotin anzureichern. Der Farbstoff ist eine Vorstufe des Vitamins A, den die Leber in reines Vitamin verwandelt. Mit dieser gentechnisch veränderten Reissorte bekämen viele Kinder in der Dritten Welt eine Chance, gesünder aufzuwachsen. Aber auch in Industrieländern gibt es Ernährungsprobleme – freilich ganz anderer Art. Dort leiden Millionen von Menschen unter erhöhten Blutfettwerten. Die damit verbundenen gesundheitlichen Risiken reichen von der Gicht bis zum Herzinfarkt. Wer seinen Cholesterinspiegel kontrollieren muss, war bislang gezwungen, auf viele kulinarische Genüsse zu verzichten: Etwa frittierte oder in Öl gebratene Leckereien sind dann tabu. Mit „grüner Gentechnik“ ist es aber jetzt möglich, den Ölsäuregehalt von Pflanzen zu steigern und für die Ernährung besonders wertvolle Omega-3-Fettsäuren zu produzieren. Mit diesen Ölen, die in den USA bereits auf dem Markt sind, können Pommes frites mit besserem Gewissen verzehrt werden, denn sie sind cholesterinneutral. Mit weiteren Produkten, die unter dem Begriff „Functional Food“ zusammengefasst werden, ist in den nächsten Jahren zu rechnen. Gedacht ist unter anderem an probiotische Lebensmittel, welche die Darmflora anregen, aber auch an Produkte, welche die Immunabwehr stärken oder den Genesungsprozess bei bestimmten Krankheiten unterstützen.

Sind wir nicht alle Chemiker?

Sie haben von Chemie gar keine Ahnung? Aber Sie waschen doch, Sie kochen, backen, braten … Kurz: Sie nutzen die Methoden, Techniken, Mittel und Werkzeuge der Chemie weit mehr, als Sie denken. Wenn Sie einen Teig rühren, wenn Sie Kaffee kochen, werden Sie selbst zum Chemiker. Ihr Labor ist Ihre Küche, Ihr Reaktionsgefäß ist Ihre Waschmaschine. Auch wenn Sie Bier trinken oder Käse essen, haben Sie es mit Chemie zu tun. Sie kommen in den Genuss dieser Dinge, weil sich die Hersteller chemische Abläufe ganz gezielt zunutze machen.

Ohne chemische Reaktion kommt der Kuchen nicht in Form. Erst wenn das Kohlendioxid aus dem Backpulver freigesetzt wird, geht der Teig auf.

Die Kaffeemaschine – Ihr Laborinventar

Sie stehen auf und kochen sich Kaffee. Damit werden Sie als Chemiker aktiv. Beim Kaffeekochen leiten Sie einen chemischen Trennungsprozess ein, den man wissenschaftlich Extraktion nennt. Das hört sich kompliziert an, ist für Sie aber reine Routine. Sie häufen ein paar Löffel Kaffee in den Papierfilter, und die Kaffeemaschine tröpfelt heißes Wasser darüber. Das Kaffeepulver bleibt im Filter, und in der Kanne dampft der fertige Kaffee. Beim Kaffeekochen lösen Sie also mit heißem Wasser die Bestandteile des Kaffeepulvers heraus: Eiweiße, Mineralstoffe, Fette, Kohlenhydrate, Koffein, Gerbstoffe, Aromaträger und Säure. Das Ergebnis ist ein braunes, warmes Getränk, das es Ihnen leichter macht, wach zu werden – eben Kaffee. Würden Sie den Prozess herumdrehen und ließen Sie eine Tasse Kaffee verdampfen, blieben durchschnittlich zwei Gramm der extrahierten – herausgelösten – Bestandteile übrig.

Chemie als Quell des Kuchens

Auch beim Kuchenbacken machen Sie sich die Natur der chemischen Prozesse zunutze, machen Sie Gebrauch von Kräften, die Ihnen die Chemie bereitstellt. Ihren Kuchenteig rühren Sie aus Eiern, Milch und Zucker zusammen. Halt: Die Butter nicht vergessen. Obwohl: Butter ist ja Fett. Und Fett schwimmt oben. Dem Sprichwort nach wie auch auf dem Abwaschwasser. Wozu also die Butter mit Eiern, Milch und Zucker vermengen, wenn am Ende doch nur eine Fettschicht obendrauf zu erwarten ist? Die Erfahrung zeigt aber, dass das Fett im Kuchenteig sich ganz anders benimmt als das Fett im Abwaschwasser. Was beim Kuchenbacken passiert, kann man mit bloßem Auge nicht sehen, aber mit den Methoden der Chemiker beobachten: Der Haufen Zucker, der Ei-Glibber, die Milch und der Klumpen Butter werden durch das Rühren in kleine und kleinste Bestandteile zerlegt und miteinander fein vermischt. Ein paar von den Eigelb-Teilchen und den Milch-Teilchen (genauer gesagt: den Lecithin-Molekülen im Eigelb und den Kasein-Molekülen in der Milch) umschließen jeweils eines von den fein verteilten Kügelchen aus Fett, die sich beim Rühren gebildet haben. Und sie halten das Fettkügelchen dort fest, wo es durch das Rühren hingeraten ist. Jedenfalls lassen sie nicht zu, dass es an die Oberfläche steigt und sich dort wieder mit den anderen Fettkü-

Dass man Eier, Milch und Butter klümpchenfrei verrühren kann, das schreibt der Chemiker dem „emulgierenden Effekt“ gut.

Durch Hopfen erhält Bier seinen typisch herben Geschmack. Für den Alkohol und die Kohlensäure sorgt indes die Hefe.

gelchen zu einer dicken Fettschicht zusammenschließt. Die Chemiker nennen den Vorgang „emulgieren", das Resultat „Emulsion" und dem Stoff, der einen anderen „umgarnt", dem sprechen sie einen „emulgierenden Effekt" zu.

Zu dem flüssigen Gemisch sieben Sie nun Mehl hinzu. Durch seinen Stärkegehalt kann es die Flüssigkeit aufnehmen. Das Gemisch quillt auf, eine gleichmäßige Masse entsteht. Und nochmals nutzen Sie die Chemie, wenn Sie Backpulver zum Teig geben. Nur durch eine chemische Reaktion gelingt der Kuchen im Ofen. Die in Backpulver enthaltenen Chemikalien Natriumhydrogencarbonat und Wein- oder Zitronensäure setzen unter Wärme und Feuchtigkeit das Gas Kohlendioxid frei: Der Kuchen geht auf.

Gut gekeimt ist halb gezapft

Nach der Hausarbeit genießen Sie vielleicht ein Glas Bier. Selbst hier mischt die Chemie mit. Denn ohne Chemie gäbe es gar keinen Gerstensaft. Bei der Herstellung von Bier läuft ein biochemischer Prozess ab, der im Prinzip auf der Umwandlung von Stärke in Alkohol beruht. Bereits die Sumerer machten sich diese natürliche Eigenschaft von Stärke vor über 4.000 Jahren zunutze, um ein alkoholisches Getränk herzustellen. Dazu weichten sie ihre Brotreste mehrere Tage in Wasser ein. Heraus kam ein gegorener Saft, den man getrost als Vorläufer des Bieres bezeichnen kann. Anstelle von Brotresten nehmen heutige Bierbrauer als Grundstoff stärkereiche Gerste, die mit Wasser an einem warmen Ort zum Keimen gebracht wird. Bei diesem Prozess baut der Gerstenkeimling mit Hilfe eigener „Biokatalysatoren", der Enzyme, die Stärke in Malzzucker um. Das große Stärkemolekül wird also zunächst in kleinere Malzzuckermoleküle biochemisch zerkleinert. Das ist nötig, denn keine Hefesorte kann die Stärke direkt in Alkohol verwandeln. Die aus Wasser und Malzzucker entstandene Lösung nennt der Brauer Würze. Zu der Würze kommen in der nächsten Stufe Hopfen und Hefe. Hopfen gibt dem Bier seinen typischen herben Geschmack. Hefe dagegen löst sofort die Gärung aus und verwandelt den Zucker in Alkohol und Kohlensäure. Während des Gärprozesses produzieren die Hefepilze auch eine Vielzahl organischer Moleküle, die in der Summe schließlich das unverkennbare Aroma des Bieres ausmachen. Nachdem das Gebräu eine Woche gegärt hat, ist das so genannte „Jungbier" fertig. Im Lagerkeller reift es über mehrere Monate zum richtigen Bier. ■

Wie Magneten ziehen im Duschgel enthaltene Tenside den Dreck an.

Auch Geschirr wird mit Hilfe von Tensiden sauber.

Waschmittel als Mahlzeit

Nicht gerade für Feinschmecker wie Sie und mich … Manche Bakterien allerdings haben die Saubermacher zum Fressen gern, besonders, wenn die Chemie sie ihnen schmackhaft macht. Hier kommt eine spezielle Eigenschaft der im Waschmittel eingesetzten Tenside zum Tragen, denn diese mögen die Bakterien sehr. Bei der „Verdauung" zersetzen sie die Tenside in unschädliches Kohlendioxid, Wasser und Mineralien. Auch andere organische Inhaltsstoffe im Waschmittel, wie die „Alleskönner" Enzyme, sind auf natürlichem Wege abbaubar. Die vier wichtigsten Enzymtypen, Amylasen, Cellulasen, Lipasen und Proteasen, bieten nicht nur ein Plus für die Umwelt, sondern auch für das Waschergebnis. So beseitigen Amylasen stärkehaltige Speisereste von Textilien; Cellulasen machen baumwollhaltige Stoffe glatt und geschmeidig; Lipasen lösen Öle und Fette aus Textilfasern; Proteasen entfernen proteinhaltigen Schmutz wie Blut-, Milch- oder Grasflecken. Enzyme wirken schon ab 30 Grad Celsius. Diese niedrigen Temperaturen sind ein wesentlicher Grund dafür, dass der durchschnittliche Energieverbrauch in den vergangenen 20 Jahren pro Waschgang um die Hälfte zurückgegangen ist. Waschmittel sind in den vergangenen Jahren immer effektiver geworden. Brauchte man für einen Waschgang früher noch 275 Gramm Pulver, reichen heute 75 Gramm aus. In der Regel erübrigt sich auch der Vorwaschgang. Sie sparen also Wasser, Energie und Zeit – und damit Geld.

Wenn Dreck anziehend wird

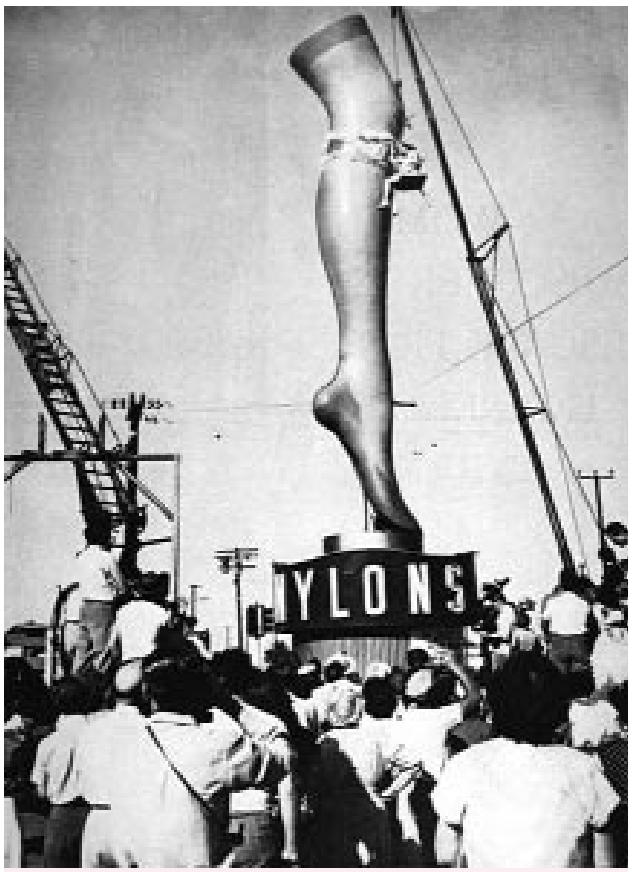
Chemie ist eine angenehme Haushaltshilfe. Sie stellt keine Fragen und arbeitet still und effektiv. Mit modernen Spül- und Waschmitteln lösen sich Fett und Schmutz fast wie von selbst. Für saubere Teller und Töpfe sowie reine Wäsche sorgen die Tenside in Reinigern und Waschmitteln. Wie ein Magnet das Eisen, so ziehen sie Dreck an. Tensidmoleküle verfügen über zwei ungleiche Pole. Während das eine Ende Wasser anzieht, weist das andere Ende Wasser ab. Geben Sie also Waschmittel zur Wäsche, lagern sich die wasserabweisenden Teile der Tensidmoleküle um die Schmutzpartikel herum an. Die wasseranziehenden Enden ragen dabei ins Wasser. Durch die mechanische Bewegung der Wäschestücke während des Waschvorgangs (Drehen der Waschtrommel) werden die Schmutzteilchen abgelöst und verbleiben so fein verteilt und von den Tensidmolekülen umhüllt in der Waschlauge. Das Gleiche läuft mit Spülmitteln, Shampoos oder Duschgel ab.

Freier Fall und weiche Landung

Einst hüllte sich der Mensch notdürftig in Felle; heute erfüllen Textilien die unterschiedlichsten Anforderungen. Von sonnendurchlässigen Bikinis über geschmeidige Nylonstrumpfhosen bis hin zur das Körperklima regulierenden Kleidung ist vieles möglich. Ob Kletterseil, Wundabdeckung, Autoreifen, schmutzabweisende Markise, Paragleiter: Überall sind Chemiefasern im Spiel.

Strümpfe, die sich als Fallschirm bewähren

Als 1940 die ersten Nylonstrümpfe auf den amerikanischen Markt kamen, brach ein regelrechter Kaufrausch aus. Allein in New York wanderten innerhalb weniger Stunden vier Millionen Stück über den Ladentisch. Mit Nylon hatten es amerikanische Forscher zum ersten Mal geschafft, eine vollsynthetische Faser herzustellen. Aus den Kunststoff-Bausteinen Hexamethylendiamin und Adipinsäure entstand ein so genanntes Polyamid. Dies konnte zu Fäden weiterverarbeitet und dann zu einem Gewebe versponnen werden, feiner als Seide und fester als Baumwolle. Genau deshalb raten Automechaniker, einen gerissenen Keilriemen provisorisch durch Nylonstrümpfe zu ersetzen. Neben Automechanikern und modebewussten Frauen schätzte auch die amerikanische Rüstungsindustrie das Polyamid-Gewebe Nylon. Sie hatte allerdings nicht vor, Soldatenbeine in feine Strümpfe zu kleiden. Vielmehr ging sie daran, die Faser wegen ihrer Festigkeit für die Produktion von Fallschirmen zu nutzen. Hierfür ist sie so hervorragend geeignet, dass sie bis heute nicht abgelöst wurde.



Nach Markteinführung der Nylons im Jahr 1940 gab es für Millionen Frauen kein Halten mehr. Die Werbung schlug ein, und die erste vollsynthetische Faser entwickelte sich zum Kassenschlager.

Nahezu zeitgleich mit den Amerikanern landeten deutsche Forscher einen ähnlichen Coup. Sie entdeckten das Perlon, das zwar aus anderen Ausgangsstoffen (Caprolactam) besteht, aber die gleichen Eigenschaften wie Nylon aufweist. Perlon wurde in Deutschland ein Kassenschlager.

30 Kilo Mikrofasern reichen bis zum Mond

Für den besonderen Kick wagen sich Bergsteiger in die steilsten und höchsten Felswände. Sind die alle lebensmüde? Nein, leichtfertig sind Extremsportler in der Regel nicht. Zumindest lässt ihre Ausrüstung nicht darauf schließen, denn die erfüllt höchste Sicherheitsstandards. Sie können sich auf ihr Kletterseil verlassen. Seile werden heute aus Chemiefasern (Polyamiden) hergestellt. Sie sind enorm reiß- und abriebfest. Außerdem sind Chemiefasern ela-

Ein ausgefeilter Textilmix erlaubt es Paragleitern, hoch über dem Erdboden zu schweben. Während das Obersegel mit einem speziellen Nylongewebe Wasser abweist, muss das Nylon des Untersegels Windstößen und Auftriebskräften standhalten.

Sicherheit ist für den Bergsteiger das A und O. Kletterseile aus modernen Chemiefasern sind extrem reißfest, leicht und elastisch.

stisch. Anders als ein Stahlseil können sie folglich einen Sturz abfedern. Weil die stabilen Polyamidseile ziemlich dünn sind, nehmen sie nur wenig Platz im Rucksack ein. Wichtig für den Bergsteiger ist auch, dass sie keine Feuchtigkeit aufnehmen, wenig wiegen und damit leicht zu tragen sind.

Noch ausgefeilter ist der Textilmix, den sich Gleitschirmflieger zunutze machen. Für das Obersegel so eines Gleitschirms sind spezielle wasserabweisende Nylongewebe gefragt. Dagegen muss das Nylon des Untersegels höchst geschmeidig und reißfest sein, damit es den Kräften von Wind und Auftrieb standhält. Die Leinen eines Gleitschirmfliegers wiederum bestehen im Kern aus einer extrem stabilen Aramidfaser, die von einem weiteren synthetischen Gewebe aus Polyethylen ummantelt ist.

Wenn Bergsteiger Gletscher erkunden oder Fallschirmspringer aus tausend Metern in die Tiefe springen, brauchen sie auch Kleidung, die vor Kälte, Wind und Regen schützt. Früher litten Extremsportler unter ihrer wetterfesten Kleidung. Denn herkömmliche Jacken verhinderten zwar, dass Nässe von außen eindringt, aber leider auch das Atmen der Haut. Die Folge: Unter ihrer Kleidung waren die Sportler schweißgebadet, sodass der Körper auskühlte. Nach der Erfindung von Mikrofasern löste die Textilindustrie dieses Problem. Denn diese Fasern erlauben eine hohe Dichte an Fäden bei geringem Gewicht. Sie ermöglichen so eine hohe Anzahl von Luftkammern und Poren. Dies kommt wiederum der Hautatmung und der Regulierung der Körpertemperatur sehr entgegen. So sorgen sie für ein ausgeglichenes Körperklima.

Auch die Erfindung von Gore-Tex fällt in diese Ära. Kern dieser Technik ist eine Membran aus dem Kunststoff Teflon, die sich zwischen dem Außenmaterial und dem Innenfutter der Textilien befindet. Der Clou liegt in der „heckenähnlichen" Struktur der Membran. Auf einen Quadratzentimeter kommen rund 1,4 Milliarden mikroskopisch kleine Poren. Da ein Wassertropfen aber rund 20.000-mal größer als eine Pore ist, dringt kein Wasser von außen durch die Membran. Wasserdampf dagegen, der durch Schwitzen entsteht, entweicht mühelos durch die Poren.

Mikrofasern eignen sich für den Hochleistungssport auch deshalb so gut, weil sie unglaublich leicht und fein sind. Hundertmal feiner als ein Menschenhaar ist die einzelne Faser. Nur 30 Kilogramm Mikrofasern wären nötig, um einen Faden bis zum Mond zu spinnen.

Die Entwicklung neuer Materialien für neuartige Textilien schreitet weiter voran. Mittlerweile gibt es auch Bekleidung, die den Wärmehaushalt des Körpers „intelligent" regelt. Mikrokapseln im Innenstoff der Kleidung enthalten eine Substanz, die je nach Temperatur ihren Aggregatzustand ändert. Steigt die Umgebungstemperatur, dann nimmt die Substanz in den Kapseln Wärme auf und schmilzt. Wird es aber kälter, gibt die Substanz beim Festwerden die gespeicherte Wärme ab. Andere neuartige Textilien wehren mit Mikrokapseln Schweißflecken ab. ■

Vor der Sonne braucht man sich heute wahrlich nicht mehr zu verstecken. Funktionelle Textilien bieten mittlerweile einen UV-Schutzfaktor bis zu 60. Mit speziellen Verfahren werden Nanopartikel aus schützendem Titandioxid in der Textilfaser fein verteilt.

Nicht nackt, aber nahtlos braun

Nach dem Sommerurlaub streifenfrei braun sein? Wer wünscht sich das nicht! Mag man aber weder Freikörperkultur noch Solarium, steht man vor einem Problem. Doch Sonnenfreunden kann dank eines patentierten Bademodenstoffs geholfen werden. Sein Material setzt sich zu 68 Prozent aus Polyamid und zu 32 Prozent aus Elasthan zusammen. Sowohl im trockenen als auch im nassen Zustand lässt es Sonnenstrahlen durch, bietet aber immer noch einen Sonnenschutz, dessen Schutzfaktor zwischen 4 und 8 liegt. Wenngleich der Polymer-Bikini UV-Strahlen auf die Haut lässt, verdeckt er lückenlos das, was er verdecken soll. Nahtlose Bräune ist also garantiert.

Im Bikini restlos braun werden? Heute kein Problem mehr. Patentierte Polymer-Bikinis verdecken die Haut und lassen trotzdem ausreichend UV-Strahlen durch.

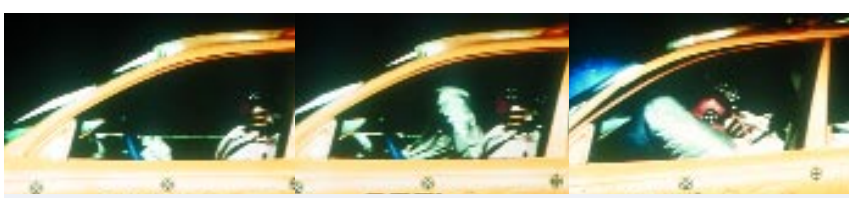
Nun gibt es aber auch Sommerbekleidung, die den gegenteiligen Zweck erfüllt und UV-Strahlen abwehrt. Prinzipiell schützt bereits ein normales Baumwoll-T-Shirt wie eine Sonnencreme mit dem Schutzfaktor 18. An einem heißen Sommertag kann dies zu wenig sein, einen bösen Sonnenbrand zu verhindern. Für diesen Zweck wurden funktionelle Textilien entwickelt, die einen UV-Schutzfaktor von bis zu 60 haben, selbst in nassem Zustand. Ihr Stoff besteht aus dem traditionellen Ausgangsstoff für Garne, Polyamid 6, bekannt unter dem Namen Nylon, mit einem eingearbeiteten Zusatzstoff, Titandioxid. In einem speziellen technischen Verfahren werden Nanopartikel aus Titandioxid in der Textilfaser fein verteilt. Sie blocken die schädlichen UV-Strahlen ab und schützen so die Haut. ■

Chemie macht mobil

Nicht nur Spielzeugautos werden aus Kunststoff gemacht. Auch in echten Autos spielen Kunststoffe eine immer wichtigere Rolle. Bremssysteme, Reifen, Dichtungen, Armaturen oder Airbags sind ohne Kunststoffe und Chemiefasern nicht mehr vorstellbar. Sicherheitsaspekte und Umweltschutz beeinflussen die Entwicklungen rund ums Auto. Für neue Lacke und Oberflächen geht die Chemie sogar bis ins kleinste Detail, bis in die Nanowelt: damit Autowaschen überflüssig wird …

Eine Explosion, die Leben rettet

Wer einen frontalen Crash überlebt, hat in der Regel nicht nur Glück, sondern meistens auch einen Airbag. Wenn ein Auto plötzlich in ein anderes kracht, entscheidet sich's im Bruchteil einer Sekunde. Der Airbag muss sich öffnen, bevor der Kopf des Fahrers aufschlagen kann. Innerhalb nur eines Wimpernschlags lösen die Sensoren am Auto die Entfaltung des „Luftkissens" aus. In weniger als 30 Millisekunden nach dem Aufprall aktiviert ein elektrischer Impuls mit einem Oxidationsmittel versetzte Chemikalien wie Fumarsäure oder Guanidinnitrat. Explosionsartig, mit der Wucht eines Raketentriebwerks, werden dabei Stickstoff und Kohlendioxid in den Airbag geblasen. Trotz des heftigen Entfaltungsvorganges hält das Gewebe der gewaltigen Belastung stand. Denn das Material eines Airbags ist unverwüstlich. Seine extrem stabilen Chemiefasern sind fester als Stahl und trotzdem sechsmal leichter. Seit 1981 wird der Airbag serienmäßig in



Schneller als ein Wimpernschlag: Der Airbag entfaltet sich nach einem Crash. Mit der Wucht eines Raketenantriebes werden Stickstoff und Kohlendioxid in das „Luftkissen" geblasen.

Bremsklötze müssen enorme Temperaturen aushalten. Bei einer Vollbremsung herrscht an den Bremsscheiben eine Hitze von bis zu 1.200 °C.

Autos eingebaut. Dass die Zahl der Verkehrstoten seit zwei Jahrzehnten zurückgeht, das ist unter anderem der raschen Verbreitung des Airbags im Automobilbau zu verdanken.

Unter Hochdruck lieber mit Alkohol

Plötzlich springt der Ball auf die Fahrbahn. Auch noch von rechts, wo die geparkten Autos die Sicht behindern. Ist erst die Schrecksekunde vorüber und der Fuß hat den Weg auf die Bremse gefunden, dann darf nach dem Fahrer auch das Material zeigen, was es kann. Denn wenn einer „voll in die Eisen steigt" kommen Bremsflüssigkeit und Bremsleitungen gehörig unter Druck. Das können bis zu 120 bar werden, die sie wegstecken müssen. Wenn Sie sich die Druckverhältnisse lieber mit einem handlichen Vergleich veranschaulichen, dann tauchen Sie einfach ab. Gehen Sie auf 1.200 m Meerestiefe. Das setzt die gleichen Kräfte frei. Doch nicht nur der Druck in den Leitungen ist außergewöhnlich hoch. Auch die entstehende Hitze stellt höchste Ansprüche ans Material. Spezielle Chemiefasern sorgen dafür, dass die Schläuche weder platzen noch schmelzen.

Damit die Bremsflüssigkeit nicht ins Kochen kommt, darf sie nicht aus Wasser sein. Wasser hat einen zu niedrigen Siedepunkt. Und beginnt die Bremsflüssigkeit zu kochen, sieht es schlecht aus. Durch entstehende Dampfblasen würde sich der Bremsweg unkalkulierbar verlängern. Deshalb greift man bei Bremsflüssigkeiten lieber zu einem besonderen Alkohol: Polyglykolether. Da sein Siedepunkt erst bei 290 Grad liegt, meistert er selbst eine Vollbremsung. Ebenso verhindert die alkoholische Lösung, dass Bremsleitungen einfrieren oder Gummidichtungen und Kunststoffleitungen porös werden.

1.200 Grad – Bremsklötze packen trotzdem zu

Bremsklötze müssen harte Kerle sein. Denn an Bremsscheiben haben sie es mit Temperaturen von bis zu 1.200 Grad zu tun. Das ist enorm, bedenkt man, dass Kupfer bereits bei rund 1.000 Grad schmilzt. Also sind Bremsklötze aus besonders belastbarem Material, das Hitze und starken Reibungskräften Paroli bietet. Stellte man früher Bremsklötze aus Asbest-Naturfasern her, so bevorzugt man heute Stoffe wie Aramid- und Carbonfasern. Sie setzen nicht mehr – wie einst Asbest – gesundheitsschädlichen Feinstaub frei. Füllmaterialien aus Bariumsulfat, Graphit oder Phenolharz halten die Fasern im Block zusammen. Diese modernen Werkstoffe gewährleisten, dass die Bremsklötze auch unter hohem Druck kaum Abrieb haben, und dass die Räder schnell zum Stillstand kommen.

Auf die Mischung kommt es an

Der Autoreifen ist ein Gebilde voller Widersprüche: Einerseits soll die Gummimischung aus Natur- und Synthesekautschuk hart, andererseits aber auch weich sein. Hartes

Die Luftqualität ist seit den 80er Jahren besser geworden. Die serienmäßige Ausstattung von Autos mit Katalysatoren hat dazu einen wichtigen Beitrag geleistet. Der Kohlenmonoxidgehalt der Luft ging seither auf rund ein Viertel zurück.

Gummi verringert den Rollwiderstand und verlängert die Lebensdauer des Reifens. Weiches Gummi haftet besser und verkürzt den Bremsweg. Die Chemie hilft, diese widersprüchlichen Anforderungen immer mehr in Einklang zu bringen. Dies geschieht durch die optimierte Reifenmischung aus Ruß, Schwefel, Harzen, Ölen und anderen Chemikalien.

Überhaupt ist der Reifen eine Wissenschaft für sich. Die Karkasse – das Gerüst des Reifens – ist ein raffiniertes Geflecht von in Gummi eingebetteten Stahldrähten und Textilcorden aus Chemiefasern wie Nylon, Polyester, Rayon und Aramid. Der äußere Teil des Reifens, das so genannte Laufband, besteht aus mehreren Lagen hochfester Stahlcorde und Nylon-Bandagen, die ebenfalls in Gummi eingebacken sind. Sie sorgen dafür, dass der Reifen seine Spur hält und beim Bremsen nicht ausbricht. Mit einer perfektionierten Kombination von Rohstoffen konnte der Rollwiderstand der Reifen innerhalb weniger Jahre um ein Drittel verringert werden. Die daraus resultierende Einsparung beim Treibstoffverbrauch liegt bei ein bis zwei Prozent, was allein in Deutschland einer Milliarde Liter Benzin jährlich entspricht!

Mehr Autos, aber bessere Luft

Ein ungewolltes Erkennungszeichen der Großstädte in den beginnenden 80er Jahren waren stinkende Abgase. Umweltforscher prophezeiten damals den ökologischen Supergau. Doch das Gegenteil passierte: Die Luftqualität verbesserte sich, obwohl immer mehr Fahrzeuge pro Jahr zugelassen wurden. Großen Anteil an dieser positiven Entwicklung hat die

Wenn der Wagen Diät halten muss

Nicht nur kalorienbewusste Verbraucher, sondern auch Autos müssen auf ihr Gewicht achten. Denn: Je schwerer das Auto, desto mehr Benzin verbraucht es. Hoher Spritverbrauch ist zum einen teuer, zum anderen belastet er die Umwelt. Deshalb specken Automobilkonzerne ihre Fahrzeuge ab, so weit es geht. Wenn ein Auto nur 100 Kilogramm leichter ist, lassen sich während eines „Autolebens“ mehr als 700 Liter Kraftstoff sparen. Deshalb ersetzt die Autoindustrie, wo es möglich ist, schweres Metall durch leichte Kunststoffe. Armaturenbrett, Schiebedach, Sitze oder Lautsprecherabdeckungen sind nur einige Beispiele. So ging der prozentuale Anteil von Eisen und Stahl seit 1965 von 76 Prozent auf rund 60 Prozent zurück. Parallel zu dieser Entwicklung stieg der Kunststoffanteil im Automobil im gleichen Zeitraum von nur zwei Prozent auf 15 Prozent. Und sogar im Motor baut die Industrie vermehrt auf die Chemiewerkstoffe, sei es beim Ansaugsystem, bei zahlreichen Abdeckungen oder beim Thermostatgehäuse. In Form von Kühler- und Zylinderkopfdichtungen eroberten außerdem hitzebeständige Silikonkautschuke ihren festen Platz unter der Motorhaube. Sie werden selbst bei Temperaturen von 250 Grad nicht spröde. Die Liste der Silikonanwendungen im Auto lässt sich weiter fortsetzen, sie reicht bis hin zu Schutzverkleidungen von Zündkabeln und Elektronikteilen. Auch dass man sich im Auto ungestört unterhalten kann, geht auf das Konto der Chemie. So sorgen Silikone in Gestalt von Schwingungs- und Resonanzdämpfern dafür, dass es in der Fahrgastzelle vergleichsweise ruhig bleibt.

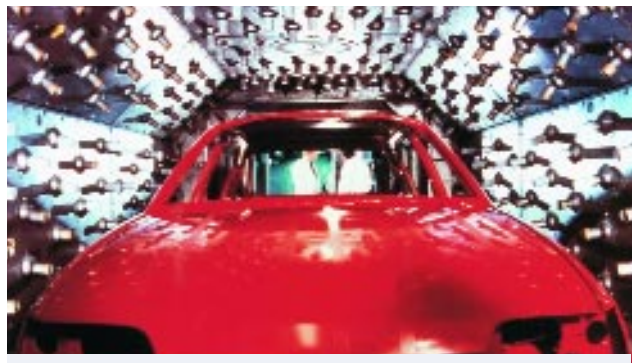
Erfindung des Katalysators. Der heutige Drei-Wege-Kat eines Autos sorgt dafür, dass praktisch nur Wasser, Stickstoff und Kohlendioxid bei der Verbrennung von Benzin gebildet werden. Elemente, die weitaus unbedenklicher sind als Kohlenmonoxid und die Stickoxide, die ansonsten entstehen. Die gesetzliche Verpflichtung, Autos serienmäßig mit Katalysatoren auszustatten, sorgte schließlich dafür, dass die Schadstoffbelastungen der Luft zurückgingen. Die Möglichkeiten von Katalysatoren sind noch lange nicht ausgeschöpft. Forscherteams arbeiten beispielsweise daran, mit neuen Katalysatoren beziehungsweise Filtern den Ausstoß von Stickoxiden und Rußpartikeln bei Dieselmotoren zu vermindern.

So erfolgreich wie im Auto werden in nahezu allen Bereichen der chemischen Industrie Katalysatoren eingesetzt. Katalysatoren beschleunigen chemische Reaktionen. Mit ihnen können Schadstoffe schnell in unschädliche Verbindungen umgewandelt und Rohstoffe viel effizienter als früher genutzt werden. Durch die Forschung der chemischen Industrie gelingt es heute immer besser, technischen Fortschritt mit Umweltschutz zu kombinieren. ■

Das Auto wäscht sich selbst

Matschwetter, Baumblüte und Taubenkot sind Feinde eines jeden Autofreundes. Sie zwingen den stolzen Autobesitzer regelmäßig, durch die Waschstraße zu fahren. Das kann anders werden. Die chemische Industrie erforscht derzeit Lacke, die sich selbst reinigen. Möglich machen dies mikroskopisch kleine Teilchen, so genannte Nanopartikel im Klarlack. Sie sorgen für eine Oberfläche, von der Wassertropfen und Schmutz wie von selbst abperlen.

Auch Autolacke, die bereits auf dem Markt sind, halten eine Menge aus. Denn trotz prasselnder Hagelkörner, Streusalz oder Waschstraßenfahrten behalten sie ihren schönen Glanz. Autolacke bestehen aus Bindemitteln, Lösemitteln, Pigmenten, Füllstoffen und zahlreichen Lackhilfsmitteln. Die optimale Kombination dieser chemischen Bestandteile gewährt eine lange Lebensdauer des fertigen Lacks. Für den Glanz des Fahrzeugs sorgt ein Klarlack, der als oberste Schicht aufgetragen wird. Die chemische Industrie bietet mittlerweile lösemittelarme Lacke auf Wasserbasis oder lösemittelfreie Pulverlacke an, die unsere Umwelt schonen. Sie werden immer stärker von der Automobilindustrie eingesetzt. Lösemittel in Lacken homogenisieren die Lackbestandteile. In Wasserbasislacken ist der Lösemittelanteil schon ziemlich gering. Er liegt bei etwa zehn Prozent. Pulverlacke kommen sogar ganz ohne Lösemittel aus. Sie werden mit Sprühpistolen auf die Karosserie aufgetragen. Durch die elektrostatische Anziehung der winzigen Lackpartikel bleibt der Pulverlack wie Mehlstaub auf der Karosserie haften. Anschließend wird die Karosse erhitzt, sodass die Lackpartikel schmelzen und eine zusammenhängende, feste Oberfläche bilden.



Mit Warmluft und Infrarotlicht wird der Wasserbasislack getrocknet.

Die Katze auf dem Blechdach? Keine Panik, denn die chemische Industrie arbeitet daran, Lacke mit Nanopartikeln zu versetzen, um die Oberfläche kratzfester zu machen.

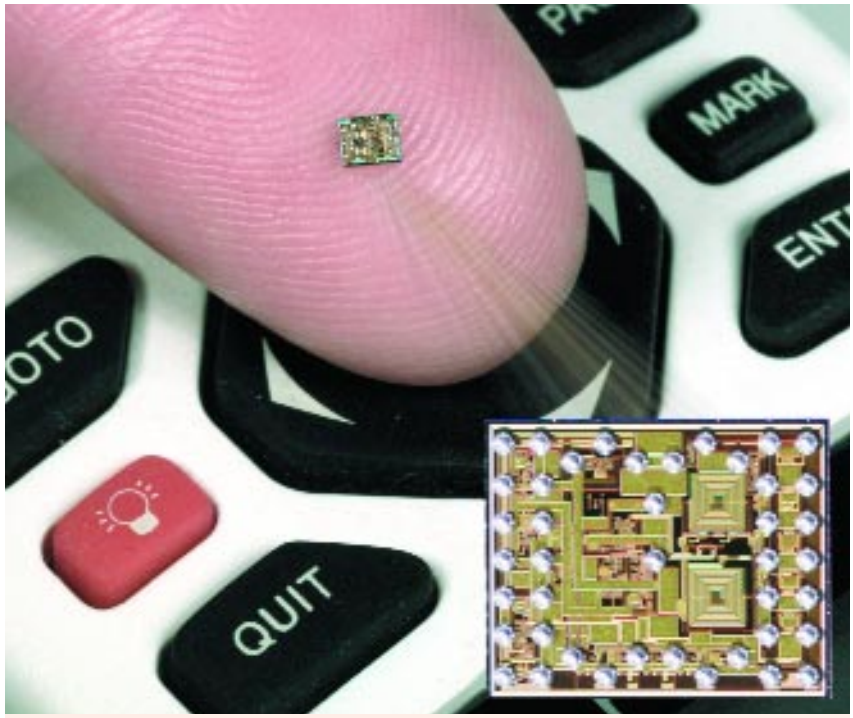
Bei den Pulverlacken ist die Farbvielfalt jedoch beschränkt, und bestimmte Effektlacke sind auch noch nicht als Pulver realisierbar. Ein völliger Verzicht auf die wässrigen Systeme ist daher zurzeit nicht möglich. ■

Ohne Sand läuft kein Computer

Kommunikation und Information bestimmen unser Zeitalter. Computer, Fernseher, Handys sind aus dem Alltag nicht wegzudenken. Kaum eine Branche realisiert so viele Visionen wie die Informationstechnologie. Die Chemie ist von den kleinsten Teilchen an auf Schritt und Tritt dabei. Die Möglichkeiten der Zukunft reichen von leuchtenden Kunststoffen bis zu heute unvorstellbar leistungsfähigen Computerchips.

Nur 100 Prozent reine Chemie bringt volle Leistung

Sand im Getriebe ist schlecht. Im Computer dagegen leistet das Silizium aus dem Quarzsand einen ausgezeichneten Dienst, denn aus Silizium werden die Computer-Chips hergestellt. Doch so, wie der Quarzsand am Meeresstrand zu unseren Füßen liegt, kann man ihn im PC nicht gebrauchen. Quarzsand ist chemisch „Siliziumdioxid“ und enthält nur 46 Prozent Silizium. Deshalb wird er in energieintensiven Schmelz- und Kristallisationsprozessen gereinigt. In einer chemischen Reaktion von Quarzsand mit Kohlenstoff wird aus dem Sand fast reines Silizium (Rohsilizium) freigesetzt. Nur fast rein? Ja, denn circa ein Prozent fehlt zu einem 100-prozentigen Reinheitsgrad. Den hohen Ansprüchen der Elektronikindustrie genügt das aber nicht. Denn jede noch so kleine Verunreinigung führt im winzigen Chip zu



Fast jede Phase der Chipproduktion hat mit Chemie zu tun: vom Rohstoff Silizium über das Herstellen der Schaltelemente bis zum Montieren des fertigen Chips.

Fehlern. Also greift die Chemie zu weiteren ausgetüftelten Reinigungsverfahren. Am Ende zeigt sich das Silizium so sauber, dass auf zehn Milliarden Siliziumatome nur ein „Fremdatom“ kommt.

Diese nahezu 100-prozentige Reinheit zahlt sich aus. Denn je reiner das Silizium ist, desto dichter können die Schaltkreise darauf aufgebracht werden. Und eben das, die Zahl der Schaltkreise, bestimmt die Leistung der Chips. Nur rein genügt jedoch den Anforderungen der Mikroelektronik noch immer nicht. Das Silizium muss ein völlig gleichmäßiges Kristallgitter bilden, in dem alle Atome exakt die gleichen Abstände und Winkel zueinander haben. Solche Eigenschaften besitzt nur ein Kristall, der aus einem Stück gewachsen ist. Das Reinstsilizium wird daher geschmolzen, ein so genannter Impfkristall wird in die Flüssigkeit eingetaucht und unter Drehen langsam herausgezogen.

Die so entstehenden Stäbe sind bis zu zwei Meter lang und 30 Zentimeter dick. Nun folgt ein kontrollierter Einbau, ein so genanntes „Dotieren“, von Fremdatomen wie Bor oder Phosphor. So lassen sich die elektrischen Eigenschaften des Kristalls und somit auch der später daraus gefertigten Chips, gezielt einstellen. Der Stab wird dann mit großem Aufwand in Scheiben (Wafer) geschnitten.

Siliziumstäbe werden für die Chip-Produktion in hauchdünne Scheiben geschnitten.

Diese werden gemessen, poliert und beschichtet, um so die glatte Oberfläche zu erhalten, die es ermöglicht, Chips daraus zu produzieren. Bis allerdings aus diesen Wafern fertige Chips geworden sind, braucht es bis zu tausend weitere Arbeitsschritte. Schicht für Schicht werden die gewünschten Strukturen aufgebaut. Hierzu wird der Wafer mit Fotolack beschichtet, durch eine Maske belichtet und mit Entwicklern behandelt. Lackreste werden ausgewaschen. Es wird geätzt, oxidiert, dotiert und mit Metall bedampft. Auf jeder Ebene durchläuft der Wafer mehr oder weniger solcher – meist chemischer – Prozesse. Für die eingesetzten Chemikalien gilt das gleiche Reinheitsgebot wie für den Siliziumkristall. Denn auch Verunreinigungen in den Chemikalien mindern die Ausbeute an funktionsfähigen Chips. Am Schluss des Herstellungsprozesses werden die fertigen Wafer in die einzelnen Chips zugeschnitten.

Bei allem, was Computer schneller und leistungsfähiger macht, leistet die Chemie einen wesentlichen Beitrag. Nur mit ihrer Hilfe ist es möglich, dass die Herstellungsverfahren immer weiter optimiert und so neue Rechnerstärken realisiert werden können. Bereits für das Jahr 2005 prognostiziert die Elektronikbranche, dass die Leistung von 300 heute aktuellen Prozessoren auf einen einzigen Computerchip passen wird. Es ist absehbar, dass in weniger als 15 Jahren 256-Gigabit-Chips produziert werden. Bis 2020 rechnen Computer-Experten sogar mit Chips, die parallel mehr als eine Milliarde Rechenoperationen ausführen können – nach heutigen Maßstäben eine gigantische Größe. ■

Der hauchdünne Fernseher fürs Handgelenk ist noch Zukunftsmusik. Doch werden organisch leuchtende Kunststoffe, die auf einer Folie Bilder erzeugen, bereits erforscht.

Aufrollbare Fernseher für unterwegs

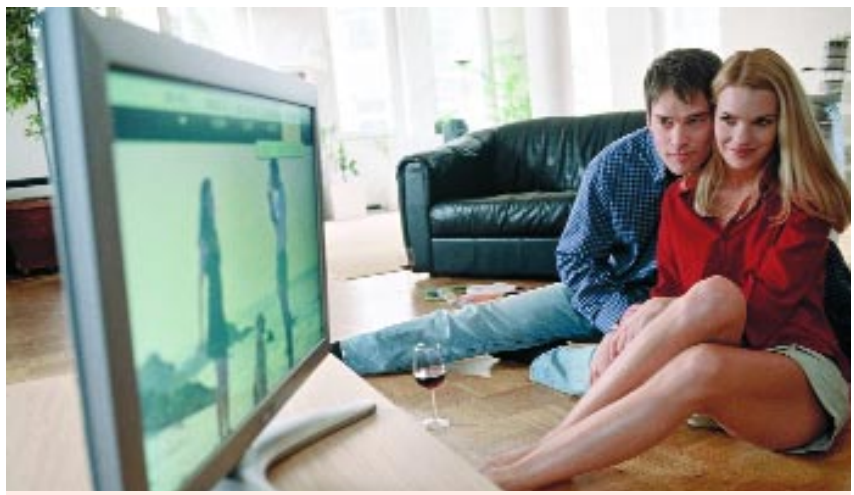
Leuchtende Kunststoffe ermöglichen foliendünne Bildschirme

Haben Sie schon mal daran gedacht, Ihren Fernseher zusammenzurollen und wie eine Zeitung unter den Arm zu klemmen? Wohl kaum. Doch die Entwicklung neuartiger Bildschirme wird die „Fernseh-Roulade" wahrscheinlich schon in wenigen Jahren real werden lassen. Die chemische Industrie arbeitet derzeit an Kunststoffen, die Licht erzeugen und in Form einer Folie einen Fernseher ersetzen können. In Autoradiodisplays sind die ersten Entwicklungsstufen von leuchtenden Kunststoffen – kurz: OLED (organische Leuchtdioden) – schon im Einsatz. Noch strahlen die Displays in jeweils nur einer Farbe. Doch das komplette Farbenspektrum ist in Sicht.

Der hauchdünne Fernsehbildschirm besteht aus einer Kunststoff-Folie mit drei Schichten. Die mittlere enthält die für die Lichterzeugung notwendigen Moleküle. Für das bloße Auge ist sie nicht zu erkennen, denn sie ist nur ein tausendstel Millimeter „dick". Die beiden äußeren Schichten sind aus durchsichtigem Indiumzinnoxid beziehungsweise aus Kalzium oder Magnesium. Bereits bei einer Spannung von drei bis fünf Volt beginnen die Elektronen, durch die Schichten zu wandern. Das regt die Moleküle der Leuchtsubstanz an: Die Diode leuchtet auf, und das Bild erscheint.

Noch kämpfen die Entwickler mit Schwierigkeiten wie etwa einer zu kurzen Lebensdauer der OLEDs, insbesondere bei der Farbe Blau. Ist die neue Technologie aber erst einmal ausgereift, wird sie die visuellen Medien revolutionieren. Denn organische Leuchtdioden sind herkömmlichen Displays weit überlegen: Sie lassen sich günstiger produzieren, sorgen für eine brillante Auflösung, verbrauchen weniger Energie und schonen Ressourcen. Und der künftige Fernseher passt in jede Schublade.

Längst durchgesetzt haben sich indes Displays mit Flüssigkristallen. Die LCDs (Liquid Crystal Displays) finden sich unter anderem bei Handys. Zwischen zwei Gläsern mit außen angebrachten Polarisatoren befindet sich eine Schicht aus Flüssigkristallen. Diese bestehen aus Molekülen, die unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes eine Drehbewegung ausführen und damit die Schwingungsebene des Lichts um 90 Grad drehen können. Ähnlich wie bei zwei gekreuzten Polarisationsfiltern kann auf diese Weise die Lichtintensität von Bildpunkten über die Spannung gesteuert werden. Flüssigkristalle wirken also wie eine Art Ventil, das entweder das Licht passieren lässt oder es zurückhält. Bei Computerbildschirmen sorgen Farbfilter für ein buntes Bild. Je nachdem, welche Bereiche des Displays angesteuert werden, entsteht Rot, Gelb, Blau oder Schwarz – ein farbiges Bild setzt sich zusammen. ■



Der Fernsehbildschirm aus Flüssigkristallen (LCDs) ist flach und bietet eine hervorragende Auflösung. Durch elektrische Felder richten sich die Moleküle der Kristalle unterschiedlich aus.

Eine faltbare Zeitungsseite, die sich wie von Zauberhand selbst beschreibt und überall mit hinnehmen lässt? Diesen Clou ermöglicht eine spezielle elektronische Kunststofffolie.

Papierlose Zeitung

Weit fortgeschritten ist die Computertechnologie. Und doch hat sie es noch nicht geschafft, bedrucktes Papier vollwertig zu ersetzen. Ein Laptop ist zu unhandlich, um damit in der U-Bahn Zeitung zu lesen, zu unpraktisch, um damit in der Badewanne ein Buch zu lesen. Eine neu entwickelte elektronische Folie aus Kunststoff kann diese Defizite beseitigen. In dieser biegsamen Seite „schlafen" Millionen winzige Kügelchen in Öltröpfchen, jedes zur Hälfte weiß, zur Hälfte schwarz. Unter geringer Energiezufuhr wachen die Pigmente auf, drehen sich und richten sich elektromagnetisch aus. Die Elektronik steuert, welche Kugeln sich bewegen und welche der beiden Farben nach oben zeigt: So erscheinen Buchstaben oder Bilder auf der Folie. Und egal, aus welchem Winkel man auf das „digitale Papier" schaut: Die Anzeige ist immer zu sehen. Klarer Vorteil gegenüber dem Laptop-Monitor! Mehr als tausend Mal kann solch eine Kunststoffseite beschrieben werden. Und kaum teurer als ein herkömmliches Papierblatt soll sie sein. Eine Frage ist aber noch ungeklärt: Wie soll die Information auf das E-Papier kommen? Man denkt beispielsweise an kleine Drucker in Form eines Stabes, mit dem man über das Blatt streichen könnte. Erwogen wird auch, das E-Papier an ein Funkmodem oder einen Computer anzuschließen. Für Medien wie Schulbücher oder Zeitungen, deren Inhalt regelmäßig aktualisiert werden muss, bietet die digitale Folie eine echte Alternative zum herkömmlichen Papier. ■

Erinnerungen per Laserstrahl

Wenn wir etwas sehen, lesen oder hören, das uns gefällt, wollen wir es festhalten. Wir wollen es speichern, um es irgendwann wieder abzurufen. Als komfortables Speichermedium für hohe Ansprüche etablierte sich die Compact Disc (CD). Sie ist handlich, verfügt über große Speicherkapazitäten und ist mit Hilfe von CD-Brennern von jedermann leicht zu beschreiben. Ihren Erfolg verdankt die CD ihrer Zuverlässigkeit. Die speziellen Eigenschaften des Basismaterials der CD, des Kunststoffs Polycarbonat, ermöglichen es, Klänge, Bilder oder Programme als Daten auf der Scheibe zu speichern. Die einmalig beschreibbare CD (CD-R) besitzt eine so genannte Groovestruktur, vergleichbar mit der Rille einer Schallplatte. Sie wird im Spritzgießverfahren in das Grundmaterial aus Polycarbonat eingeprägt und dient zur Führung des „brennenden" Laserstrahls auf der Disc. Auf diese strukturierte Oberfläche wird ein Farbstoffsystem als Informationsträger aufgebracht und mit einer Gold- oder Silber-Reflektionsschicht abgedeckt. Anschließend wird die CD zum Schutz vor Kratzern lackiert und bunt bedruckt. Beim Aufspielen der Daten „brennt" der Laserstrahl die zu speichernden digitalen Informationen in die Farbstoffschicht, die sich dabei unwiderruflich optisch verändert. Beim Abspielen der CD folgt der Laser diesem digitalen Code und liest über die reflektierende Metallschicht die Informationen aus. Die Daten erhalten sich im Kunststoff über Jahrzehnte. Eine CD hat eine Lebensdauer von mehr als 30 Jahren. ■

Den digitalen Code brennt der Laser in die Farbstoffschicht der CD.

Wenn nur noch Wasser aus dem Auspuff kommt

Wärme, Strom und Licht sind Energie. Die Natur liefert uns Energie auf vielfältige Weise, etwa in Form von Erdöl, Erdgas oder Sonnenstrahlen. Damit aber Glühbirnen leuchten, Autos fahren und die Wohnung warm bleibt, brauchen wir die Chemie. Erst mit ihrer Hilfe können natürliche Energieträger in elektrischen Strom oder Heizkraft verwandelt werden. Neue Technologien erlauben uns, auf immer neue Energiequellen zuzugreifen und sie effizient zu nutzen.

Bei minus 250 Grad Wasserstoff tanken

Die Automobilindustrie steht vor einer Revolution. Keine zehn Jahre soll es mehr dauern, bis Wasserstoff als Kraftstoff in den Alltag einzieht. Die ersten mit Wasserstoff betriebenen Autos fahren bereits. Derzeit werden noch zwei mögliche Varianten, Wasserstoff als Energiequelle für Automobilantriebe einzusetzen, verfeinert. In der ersten Variante ersetzt Wasserstoff – wie wir es bereits vom Erdgas kennen – das Benzin: Statt Benzin verbrennt in ganz normalen Motoren Wasserstoff. Die andere Möglichkeit sind Brennstoffzellen, die aus Wasserstoff direkt die elektrische Energie für einen Elektromotor erzeugen. Für beide Varianten spielt die Gewinnung von Wasserstoff eine wichtige Rolle. Da der Energieträger Wasserstoff in der Natur nur in – wie die Fachleute es nennen – „gebundener Form“ vorkommt, lässt er sich nicht wie Erdöl oder Kohle fördern. Die bekannteste Wasserstoffverbindung ist Wasser, das sich aus Wasserstoff und Sauerstoff zusammensetzt.

Nimmt man als Ausgangsstoff Wasser, trennt das chemische Verfah-

ren der Elektrolyse Wasser in Wasserstoff- und Sauerstoffgas. Hierfür ist Energie in Form von Strom nötig. Um die Energiebilanz zu verbessern, überlegt man, Wasserstoff mit Hilfe erneuerbarer Energien wie Solar- und Windenergie zu gewinnen. Weltweit erzeugen Industriebetriebe bereits 500 Milliarden Kubikmeter Wasserstoff. Man setzt ihn unter anderem zur Herstellung von organischen Düngemitteln, Kunststoffen, Lösemitteln, Ammoniak, zur Synthese von Methanol, zur Härtung von Fetten, zur Veredelung von Kraftstoffen oder als Hilfsmittel beim Schweißen ein.

Zurück zum Wasserstoffmotor. Zwar ermöglicht Wasserstoff aufs Gewicht bezogen eine höhere Energieausbeute als Benzin, aber aufs Volumen gerechnet ist Benzin effektiver. Um also auch für längere Autofahrten genug Wasserstoff im Tank zu haben, muss das ungiftige Gas entweder verflüssigt, also auf etwa minus 250 Grad abgekühlt werden, oder es muss als Gas bei einem Druck von bis zu 700 bar an Bord gespeichert werden. Die ersten Verbrennungsmotor-Fahrzeuge fahren mit einem 140-Liter-Tank für Flüssigwasserstoff bereits 350 Kilometer weit. In aufwendigen Testreihen zum Crashverhalten wiesen Automobilhersteller nach, dass Wasserstoff als Kraftstoff in der Praxis genauso sicher ist wie Benzin. Neben der Sicherheit überzeugt auch der Umweltaspekt. Die Schadstoffemissionen bei der Wasserstoffverbrennung sind nicht nennenswert.

Mit der zweiten Variante, einer Brennstoffzelle, kann das Auto – ohne Verbrennung – aus Wasserstoff direkt Strom erzeugen. Dabei wird in der Brennstoffzelle der Prozess der Elektrolyse umgedreht: Wasserstoff und Sauerstoff reagieren miteinander, es entsteht Wasser. Dabei wird elektrische Energie frei, mit der der Elektromotor des Fahrzeugs angetrieben wird. Ein unschlagbarer Vorteil: Statt Abgasen kommt Wasserdampf aus dem Auspuff. Brennstoffzellen haben einen sehr hohen Wirkungsgrad, daher erzielen Fahrzeuge mit etwa 70 Liter großen Tanks Reichweiten von bis zu 400 Kilometern (mit Flüssigwasserstoff) beziehungsweise 270 Kilometern (mit Druckwasserstoff). Diese Brennstoffzellen bestehen im Innersten aus einer so genannten Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM). Sie werden daher auch PEM-Brennstoffzellen genannt. In der Zelle trennt diese Kunststoffmembran die Sauerstoffseite (angesaugte Luft) von der Wasserstoffseite (aus dem Tank). Wenn man einen Verbraucher anschließt, das heißt, wenn der Elektromotor des Autos angelassen wird, kommen in der Zelle elektrochemische Prozesse in Gang. Der Strom fließt. Eine PEM-Zelle erzeugt eine Spannung von etwa 0,8 Volt. Mit einer Reihenschaltung vieler Zellen können elektrische Spannungen erzeugt werden, die für den Antrieb eines Fahrzeugs ausreichen. Um eine elektrische Leistung von knapp 100 Kilowatt zu erreichen, sind etwa 200 Zellen notwendig.

Bei diesem Brennstoffzellenauto befindet sich die Power unter dem Sitz. Die ersten Modelle kommen in 16 Sekunden auf eine Geschwindigkeit von 100 km/h.

Mühelos erreicht dieser Prototyp der US-amerikanischen Bundesbehörde für Luft- und Raumfahrt (NASA) eine Höhe von mehr als 30.000 Metern. Den 14 Elektromotoren des „Helios“ steht bei Tageslicht unbegrenzt „Treibstoff“ zur Verfügung. Die notwendige Energie liefern die 62.000 Solarzellen auf den Tragflächen. Mit Hilfe des ultraleichten Gefährts untersucht die NASA die Atmosphäre.

Sonne lässt das Radio spielen

Ob bei der Gewinnung von Wasserstoff oder zur Stromversorgung eines Einfamilienhauses, Sonnenenergie erfreut sich immer größerer Beliebtheit. Schließlich liefert die Sonne die Energie zur Erzeugung von Strom unbegrenzt und kostenlos. Weil man mit Sonnenstrahlen allein aber noch kein Radio betreiben kann, brauchen wir die Chemie, um die Sonnenenergie in elektrischen Strom umzuwandeln. Dies geschieht beispielsweise mit Hilfe von Solarzellen. Deren blaue Scheiben bestehen aus dem gleichen Material wie Computerchips, nämlich aus Silizium. Mit speziellen chemischen Verfahren werden die verschiedenen komplexen Schichten einer Solarzelle erzeugt. In diesen Schichten wird aus Licht elektrischer Strom.

Die Ansprüche an die Reinheit der verwendeten Werkstoffe und die Präzision der Fertigungsverfahren sind hoch. In enger Zusammenarbeit mit den Herstellern von Solarzellen entwickelt die Chemie die erforderlichen Werkstoffe und Verfahren. Das rein theoretisch nutzbare Potenzial für die Erzeugung von Solarstrom ist groß genug, um den weltweiten Strombedarf zu decken. Hiervon ist man in der Praxis allerdings noch sehr weit entfernt: Nur knapp 0,01 Prozent des benötigten Stroms werden zurzeit durch Solarzellen erzeugt. Gründe für die geringe Verbreitung sind: Der Wirkungsgrad der Solarzellen liegt zwischen 5 und 15 Prozent. Zudem ist deren Herstellung noch immer aufwändig, energieintensiv und teuer. ■

Wie kommt das Benzin in den Tank?

Was hat eigentlich Erdöl mit Benzin zu tun? Beide Stoffe sehen ganz unterschiedlich aus. Erdöl ist eine zähflüssige schwarzbraune Masse, und Benzin kennen wir als klare Flüssigkeit. Erst muss das „schwarze Gold“ destilliert werden, dann wird nach einer weiteren Veredelungsstufe aus ihm der klare Motorkraftstoff hergestellt. Aber nicht nur Benzin ist ein Produkt aus Erdöl. Auch Heizöl, Diesel, Schmieröle, Asphalte oder Ausgangsstoffe für die Herstellung von Kunststoffen werden aus dem Rohstoff gewonnen. Erdöl ist ein komplexes Gemisch aus verschiedensten Kohlenwasserstoffen. Welches Produkt bei der Verarbeitung entsteht, das hängt davon ab, wie der Rohstoff aufbereitet wird. Entscheidend für die Weiterverarbeitung sind die unterschiedlichen

Mit Körperwärme das Haus heizen

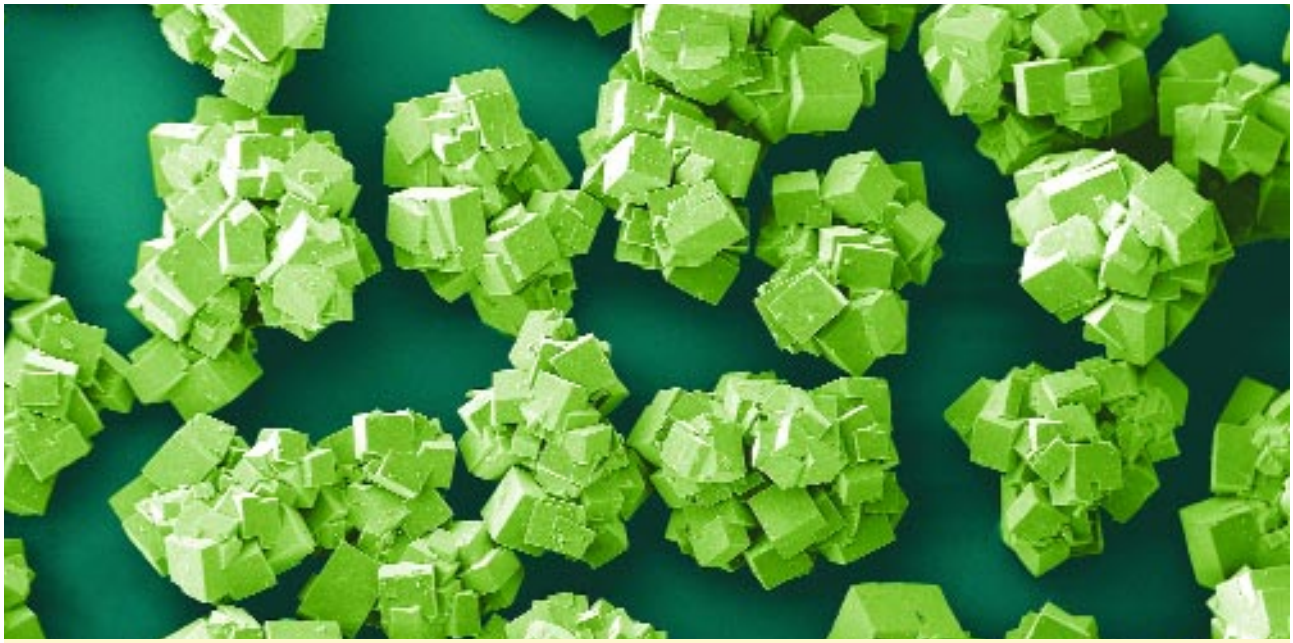
Die Schotten dicht machen, das kann sich lohnen! Ein einfaches Modell demonstriert, wie wenig Energie wirklich nötig ist, um einen Wohnraum auf behagliche Temperaturen zu bringen. Ein Mensch strahlt pro Stunde durchschnittlich 80 Watt ab. Diese Energiemenge reicht bereits aus, einen gut isolierten, zehn Quadratmeter großen Raum bei einer Außentemperatur von minus zehn Grad auf Zimmertemperatur zu erwärmen. Vorausgesetzt, das Haus ist nach modernster Technik gedämmt, kann man die Heizung im Winter drastisch drosseln. Die Chemie hilft uns, unnötigen Energieverbrauch zu vermeiden. In Modellsiedlungen wurden Häuser mit dreifach verglasten Fensterfronten ausgestattet und mit modernsten Hartschäumen aus Polystyrol oder Polyurethan gedämmt. Nur noch magere fünf Prozent der Energie, die bei „normal" isolierten Häusern nach außen gelangt, werden von diesen modernsten Niedrigenergie-Häusern abgestrahlt. Ergänzt man das Energiesparprogramm um eine ausgeklügelte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, so lässt sich der Heizölverbrauch pro Jahr von 20 auf bis zu drei Liter pro Quadratmeter senken. Dabei zeigt sich: Mit Energiesparen lässt sich noch viel Energie gewinnen.

Siedetemperaturen der einzelnen Komponenten im Erdöl. Diese Unterschiede kann man sich zunutze machen, um das Gemisch zu trennen: Es wird verdampft, und die verschiedenen Kondensate werden aufgefangen. Der Chemiker nennt dieses Verfahren „fraktionierte Destillation". Bei einer Temperatur von unter 70 Grad wird Leichtbenzin abgetrennt, aus dem zum Beispiel Fleckenwasser und Lösungsmittel hergestellt werden können. Zwischen 70 und 150 Grad gewinnt man Rohbenzin (Naphtha), das zu Benzin weiterverarbeitet wird. Für die chemische Industrie ist das Rohbenzin einer ihrer wichtigsten Rohstoffe. So wird beispielsweise Ethylen daraus gewonnen, das wiederum der Ausgangsstoff für Polyethylen (PE) ist. Aus diesem Material werden viele Verpackungen wie etwa Shampooflaschen oder Tragetaschen hergestellt.

Zurück zur „fraktionierten Destillation". Hier siedet zwischen 150 und 350 Grad das „Mitteldestillat". Es dient wiederum als Ausgangsstoff für Flugbenzin, Diesel oder leichtes Heizöl. Jetzt sind 56 Prozent der nutzbaren Stoffe aus dem Erdöl gewonnen. Mit den bisherigen Verfahrensschritten kann die Ausbeute nicht mehr erhöht werden. Dies gelingt jedoch durch die Erzeugung eines Unterdruckes (Vakuum). Demgemäß nennt der Fachmann das, was nun isoliert wird, „Vakuumdestillat". Es wird in so genannten „Crackanlagen" weiter aufbereitet. Die Raffinerien wenden hier einen chemischen Trick an, der als katalytisches Cracken bezeichnet wird. Sie erhöhen den Druck und die Temperatur und setzen Katalysatoren ein. Im Erdöl reißen die Verbindungen mit langen Molekülketten auf, werden in kürzere zerlegt. Cracken steht für das „Auseinanderbrechen" des Öls. Die „Ausbeute" an verwertbaren

Erdöl ist nicht nur der Rohstoff für Benzin und Heizöl. Es ist auch ein vielseitiges Ausgangsmaterial für die chemische Industrie.

Rohstoffen aus dem Erdöl steigt so auf bis zu 80 Prozent. Die übrig gebliebenen Rückstände sind ebenfalls wertvoll. Aus ihnen kann man Bitumen herstellen, der vor allem im Straßenbau als Fahrbahnbelag verwendet wird. Die Rückstände werden auch als schweres Heizöl in Kraftwerken verbrannt oder in zusätzlichen Verfahren nochmals aufbereitet, um so weitere Raffinerieprodukte zu gewinnen. Letztendlich kann Erdöl zu etwa 90 Prozent verwertet werden.



Eine Milliarde mal kleiner als ein Meter sind die Strukturen im Inneren dieser „Nanowürfel". Sie sind dank ihrer inneren Oberfläche ein optimaler Speicher für Wasserstoff. Bereits zweieinhalb Gramm des Materials besitzen eine Oberfläche, die der Fläche eines Fußballfeldes entspricht. Die „Nanowürfel" bieten sich als Energieträger der Zukunft für Brennstoffzellen in Handys oder Laptops an.

Der kleine Begleiter, der alles am Laufen hält

Batterien gibt es in allen Größen. Die neueste Entwicklung sind biegsame Lithium-Polymer-Zellen.

Armbanduhren, Elektrorasierer, MP3-Player, Taschenlampen, Fotoapparate und Herzschrittmacher haben eines gemeinsam: Sie laufen nur mit Hilfe von Batterien. Diese elektrochemischen Energiewandler setzen die gespeicherte chemische Energie in elektrische Energie um. Mignon-, Mono- oder Knopfzellen: Batterien gibt es mittlerweile in jedem Format. Im Prinzip basieren die heutigen Einweg- oder Taschenbatterien auf dem bereits 1866 von einem französischen Ingenieur entwickelten und nach ihm benannten Leclanché-Element. Diese klassische Zink-Kohle-Batterie ist nach wie vor eine preisgünstige Alternative gegenüber der heute gebräuchlicheren Alkali-Mangan-Batterie, die langlebiger und leistungsfähiger, aber eben auch teurer ist. Besonders leistungsfähig sind moderne Lithiumbatterien, die in verschiedenen Typen und einem breiten Größensystem erhältlich sind. Als Knopfzellen kommen sie in Uhren und Taschenrechnern, Mikroprozessoren sowie in Herzschrittmachern zum Einsatz.

Für technische Geräte wie Handys oder Digitalkameras haben sich wiederaufladbare Batterien bewährt. Solche Akkus enthalten oft eine Kombination aus Nickel und Metallhydrid beziehungsweise wenn sie teurer sind, Lithium. In den vergangenen Jahren konnte die Leistung von Akkus immer weiter gesteigert werden. Bei richtiger Handhabung lassen sich Akkus bis zu tausend Mal wieder aufladen.

Nachdem Forscher jahrelang an der richtigen Zusammensetzung getüftelt hatten, kam Ende der 90er Jahre eine wiederaufladbare, flache, biegsame Batterie auf den Markt. Sie ist so dünn, dass sie sogar in eine Scheckkarte passt. Das neuartige an diesen „Lithium-Polymer-Zellen": Der „Gegenpol" zum Lithium ist ein fester, leitender Kunststoff. Sie können somit, im Gegensatz zu herkömmlichen Lithiumbatterien auf Flüssigbasis, nicht auslaufen. Das Lithium-Polymer-System erlaubt außerdem ein vollkommen flexibles Design.

Impressum

Herausgeber:
Verband der Chemischen Industrie e.V.
Karlstraße 21
60329 Frankfurt
E-Mail: dialog@vci.de
Internet: www.chemische-industrie.de

Redaktion: Verband der Chemischen Industrie e.V.
Freie Autoren: Dr. Rolf Froböse, Patrick Körber
Lektorat: Helmut Walter

Gestaltung: Thomas Dennerlein
Druck: Raff GmbH

Gesamtauflage: 120.000
Stand: Juli 2003

Bildnachweise:
BASF Aktiengesellschaft 4, 25, 33, 34
BASF Coatings AG 25
Bayer AG 29
Cambridge Display Technology 28
Continental AG 23
Corbis Deutschland 11, 12, 20, 24, 26, 30, 33
DaimlerChrysler AG 31
DuPont 18
Getty Images, Inc 1, 2, 3, 6, 8, 9, 13, 14, 17, 19, 20, 21
IBM Deutschland GmbH 27, 29
Bildagentur mauritius GmbH 1, 7, 8, 10, 15, 16, 22
Merck KGaA 28
NASA Headquarters USA 32
Klaus Odenwald 4
Adam Opel AG 22
Pictor 2
Wacker-Chemie GmbH 27
zefa visual media gmbh 1, 13