

Sand - das Öl der Zukunft (aus: Stern vom 9.11.2000, www.stern.de)

TITEL - Sensationelle Entdeckung - SAND - DAS ÖL DER ZUKUNFT - Wie ein deutscher Wissenschaftler eine Lösung für unsere Energieprobleme fand / Die Kernkraft steht vor dem Aus, die Erdölzeit ist in einigen Jahrzehnten vorbei. Was dann? Ein deutscher Chemiker hat jetzt eine sensationelle Alternative entdeckt, die als Energiequelle nahezu unbegrenzt zur Verfügung steht: Sand - das Öl der Zukunft

Der Kongress war fast zu Ende. Fünf Tage lang hatten sich im Mai dieses Jahres Experten aus aller Welt im norwegischen Tromsø Vorträge über jüngste Entwicklungen bei der industriellen Anwendung von Silizium angehört. Nun stand die letzte Rede auf dem Programm: "Silizium und Kupferoxid bei der Silikonherstellung - eine gefährliche Mischung?" Die Reihen der Zuhörer hatten sich schon gelichtet. Etliche Teilnehmer waren bereits aus dem einsam am Nordpolarkreis gelegenen Tagungshotel mit seinen ausgestopften Bären und plüschigen Sesseln abgereist. Von denen, die ausharrten, dösten einige nur noch vor sich hin.

Auch Norbert Auner, Professor für anorganische Chemie an der Universität Frankfurt, lehnte sich zunächst ganz gelassen in seinen Sessel zurück. Das Thema der Referentin Gudrun Tamme, Chemikerin beim bayerischen Wacker-Konzern, einem der beiden weltweit größten Siliziumverarbeiter, war vertrautes Terrain für ihn. Auner ist Experte für Silizium. Das ist der Stoff, aus dem Computerchips bestehen, das Element, aus dem Silikone gemacht werden. Der Tausendsassa unter den modernen Werkstoffen vergrößert nicht nur Busen und dichtet Fugen im Badezimmer. Er findet sich heute in den unterschiedlichsten Produkten. In Farben, Textilien, in Kosmetika oder Kontaktlinsen.

Der Hinweis auf eine möglicherweise gefährliche Mischung war für Auner zwar neu, aber Außergewöhnliches erwartete er nicht. Vielleicht hatten die Wacker-Chemiker Probleme mit einem bisher unbekanntem Reaktionsprodukt, das ihnen die Rohre verstopfte. Doch der Professor tippte daneben - dieser Vortrag sollte sein Leben verändern.

Die Wacker-Wissenschaftlerin berichtete von einem merkwürdigen Zwischenfall, der sich zwei Jahre zuvor am Stammsitz des Konzerns in Burghausen nahe dem Wallfahrtsort Altötting ereignet hatte. Es passierte bei der Herstellung von Silanen, dem Vorprodukt für die Silikonfertigung. Die entstehenden flüssigen Silane enthalten noch eine Menge feinsten Verunreinigungen etwa aus reinem Silizium sowie Kupferoxid. Die kleinen Partikel werden herausgefiltert und dann, wenn sich genügend angesammelt haben, für die Kupferrückgewinnung in einem Silo gelagert. So wurde das seit Jahren bei Wacker praktiziert, und es hatte nie Probleme gegeben.

An jenem 3. Mai 1998 allerdings heizte sich das Pulver aus Silizium und Kupferoxid plötzlich auf. Die Temperatur im Tank stieg von normaler Raumwärme auf 200 Grad und hielt sich dort hartnäckig. Die Techniker rätselten, was passiert sein mochte. Aber noch sahen sie keinen Anlass zum Eingreifen.

Am nächsten Tag wurde wegen starker Nachfrage ein weiterer Reaktor zur Silanherstellung angefahren und der herausgefilterte Silizium- und Kupferoxidstaub im Speichertank zusätzlich zu der vom Vortag vorhandenen Menge gelagert. Damit war der Behälter erstmals mehr als zur Hälfte gefüllt. Die Messinstrumente zeigten immer noch 200 Grad Hitze an, die höchste Temperatur, die sie anzuzeigen vermochten. Als Techniker Thermometer mit einem größeren Messbereich anschlossen, sprangen die Werte auf 400 Grad. Im Tank war es doppelt so heiß wie zunächst vermutet.

Die Wacker-Chemiker reagierten sofort. Die ganze Produktionslinie wurde gestoppt, der Speichersilo von außen mit Wasser gekühlt. Im brodelnden Inneren des Stahlbehälters konnte es nicht eingesetzt werden. Denn in dem Gemisch aus Silizium- und Kupferoxidpulver gab es Siliziumverbindungen, die mit Wasser heftig reagiert hätten. Deshalb bliesen die Chemiker mit Schläuchen Stickstoff in den Tank, ein Gas, das normalerweise überbordende chemische Reaktionen mit Sauerstoff erstickt. Deshalb der Name Stickstoff.

Doch in diesem Fall schien das Gas das Feuer nur noch mehr anzufachen. Durch Luken in der Spitze des Silos konnten die Chemiker im Inneren rot glühende Placken erkennen, die wie Lava brodelten. Sofort wurde die Stickstoffdusche abgedreht. Stattdessen pusteten die Techniker das Edelmetall Argon in den Behälter. Die Temperatur begann endlich zu sinken.

Den Forschern ließ der Zwischenfall keine Ruhe. In Laborexperimenten fanden sie nach und nach heraus, dass in

dem Lagertank eine Kettenreaktion abgelaufen war. Zuerst hatten Beimengungen von Chlormethan mit Siliziumpulver reagiert, ein Prozess, der Chemikern seit langem geläufig ist und bei dem Energie in Form von Wärme frei wird. Diese Hitze genügte, damit sich weiteres Silizium mit dem Kupferoxidstaub verband - auch das eine bekannte chemische "Verbrennung". Die Temperatur im Speichertank war dadurch weiter angestiegen.

Als dann der Stickstoff eingeblasen wurde, geschah allerdings, was bisher noch in keinem Lehrbuch beschrieben ist. Wie vorher mit dem Sauerstoff des Kupferoxids reagierte das Silizium auch mit Stickstoff. Um die 500 Grad hatten als Startwärme offenbar genügt. Danach aber war die Hitze explosionsartig angestiegen. In der Asche fand sich Siliziumnitrid, eine Stickstoffverbindung, die im Tank zu Klumpen zusammengesintert war. Silo-Bauteile aus Eisen waren weggeschmolzen. Berechnungen ergaben, dass die Temperaturen stellenweise auf bis zu 6000 Grad geklettert sein konnten.

Am Ende ihres Vortrags dankte die Wacker-Chemikerin und wünschte eine gute Heimreise. Professor Auner nahm das einsetzende Stimmengewirr der mehr als 300 Konferenzteilnehmer gar nicht mehr wahr. Er vergaß alles um sich herum - das Hotel mit seiner verblichenen Pracht, die grandiose Schneelandschaft vor dem Fenster. In seinem Kopf gab es nur noch einen Gedanken: Da war er endlich, der Beweis für eine chemische Reaktion, auf die er schon lange gesetzt hatte. Deren Existenz bedeutete für ihn nicht weniger als einen ganz neuen Ansatz zur Lösung der zukünftigen Energieprobleme der Menschheit. Autos könnten vielleicht schon übermorgen von Keramikmotoren oder Strahltriebwerken angetrieben werden, aus denen nicht Abgase quellen, sondern **Sand**.

Unerschöpfliche Energiequelle

Die derzeit steigenden Benzinpreise sind erste Anzeichen für den Anfang vom Ende für Erdöl, Kohle und Gas, chemisch alle Verbindungen des Kohlenstoffs. Dieses Element ist nicht besonders häufig auf unserem Planeten. Luft, Wasser und Erde enthalten weniger als 0,2 Prozent. Jeden Tag verbrauchen die Menschen heute mehr Erdöl, als sich in 1000 Jahren gebildet hat. Gleichgültig, ob es noch 40 Jahre reichen wird oder mehr als 100, wenn auch die Lagerstätten mit Ölsänden ausgebeutet werden - vom Ende des gerade begonnenen Jahrtausends aus gesehen wird das Zeitalter des Kohlenstoffs als Energielieferant nur eine kurze Episode in der Geschichte der Menschheit gewesen sein.

Wie Kohlenstoff "verbrennt" auch Silizium zusammen mit Sauerstoff. Silizium aber gibt es - chemisch gebunden - in praktisch unbegrenzten Mengen auf dem Globus. Außer Sauerstoff ist es das häufigste Element der Erdkruste, denn es steckt in den meisten **Sand**körnern. Eine Zivilisation, der es gelingt, das silberne glänzende Metall zu vertretbaren Kosten als Energieträger zu nutzen, wäre aller Sorgen um die Endlichkeit ihrer Ressourcen ledig. Die Menschen brauchten keine Angst mehr zu haben, dass eines Tages die Lichter ausgehen und Garagen in Pferdeställe umgebaut werden müssen.

Als Energieträger kann Silizium sogar mehr als Erdöl oder Kohle. Anders als Kohlenstoff verbrennt sich das Metall auch mit Stickstoff, dem mit Abstand größten Bestandteil der Luft. Bisher allerdings waren die Chemiker davon überzeugt, dass diese Reaktion erst bei extrem hohen Temperaturen unter Mithilfe eines Eisenkatalysators abläuft. Dabei müsste so viel Hitze in den Prozess investiert werden, dass die Gesamtreaktion für ein Energiekonzept unrentabel wäre.

Auner mochte seit längerem nicht so recht daran glauben, dass es nur diesen Weg geben sollte. Im vergangenen Jahr begann er zu überlegen, ob sich mit einem Trick die Silizium-Stickstoff-Reaktion nicht auch bei niedrigeren Temperaturen zünden lässt. Kollegen, die er darauf ansprach, waren pessimistisch: "Dann such mal schön."

An jenem Freitagnachmittag im Konferenzsaal des Hotels Rica war ihm sofort klar, dass er seine eigenen Experimente abrechnen konnte. Was sich bei Wacker ereignet hatte, war mehr als eine Produktionspanne. Darüber waren sich Auner und Richard Weidner, Forschungsleiter bei den Wacker-Silikonern, abends beim Bier schnell einig. Der Zwischenfall lieferte das Rezept, Silizium und Stickstoff unter Freisetzung von Energie miteinander reagieren zu lassen - und zwar bei vergleichsweise "kühlen" Temperaturen um die 500 Grad und nicht bei 1500 bis 2000, wie die Chemiker bisher annahmen. Als Zutaten würde pulverisiertes Silizium und wahrscheinlich gemahlenes Kupferoxid gebraucht.

Speicher für regenerative Energien

In der Natur gibt es kein reines Silizium. Es ist immer chemisch gebunden, meist mit Sauerstoff. Dieses Siliziumdioxid ist nichts anderes als gewöhnlicher Quarz**sand** und Quarzgestein, aus dem drei Viertel der Erdkruste

bestehen. Der Grund für die Häufigkeit ist einfach: Kaum eine andere chemische Verbindung hält so stark zusammen wie das silberne Metall und der Sauerstoff. Es braucht deshalb viel Energie, um die beiden Elemente wieder auseinander zu reißen. Die zur Trennung benötigte Power geht allerdings nicht verloren. Sie schlummert unsichtbar im Silizium. Das reine Metall wird zu einer Art Batterie mit einer ähnlichen Energiedichte wie Kohlenstoff: Ein Pfund Silizium ergibt etwa so viel Energie wie ein Pfund Kohlenstoff. Die im Silizium enthaltene chemische Kraft kann jederzeit wieder freigesetzt werden, indem Silizium mit Sauerstoff oder Stickstoff "verbrannt" wird. Silizium eröffnet einen bislang ungenutzten Weg, Energie zeitlich unbegrenzt zu speichern und sicher zu transportieren.

Genau ein solches Trägermedium wird händeringend gesucht. Von ihm hängt die Zukunft der regenerativen Energien ab - und damit das Schicksal der Menschheit. Bislang werden kleine Solaranlagen und Windräder in die Landschaft gesetzt, und die Elektrizität fließt ins regionale Stromnetz. Aber Deutschland ist weder besonders sonnig noch windig. Wenn die alternativen Energieformen aus ihrer Nischenrolle heraus wollen, müssen ihre Quellen dort genutzt werden, wo sie reichlich vorhanden sind. Sonne etwa in Nordafrika, Wind in Schottland, Erdwärme auf Island, Wasserkraft in Kanada oder Norwegen. Doch wenn von dort die Elektrizität per Kabel in weit entfernte Ballungszentren geschafft werden soll, geht unterwegs viel verloren. Deshalb hängt der Erfolg des Öko-Stroms davon ab, dass eine Lösung gefunden wird, ihn billig zu speichern und sicher ans Ziel zu bringen.

Das gilt noch mehr fürs Autofahren. Sonne lässt sich nicht direkt tanken. Kaum jemand sieht eine wirtschaftlich praktikable Lösung darin, dass nach dem Ende der Ölzeit nur noch solarbetriebene Vehikel über die Autobahnen schnurren - und das auch nur, solange der Himmel blau ist. Bei schlechtem Wetter stehen sie in der Garage.

Eine Alternative zum Wasserstoff

Gesucht wird deshalb ein Ersatz für Benzin - auch hier könnte Wackers "Störfall" den Weg zu neuen Lösungen weisen. Bisheriger Favorit dafür ist Wasserstoff. In einem europäisch-kanadischen Projekt etwa soll er genutzt werden, um Energie nach Hamburg zu transportieren. Kanadische Stauseen würden den Strom liefern, um Wasser in das energiereiche Gas umzuwandeln, das dann verflüssigt per Tankschiff über den Atlantik verfrachtet wird. In Deutschland soll der Wasserstoff Busse und Kleinkraftwerke antreiben.

Der Treibstoff hat einen gigantischen Vorteil vor dem Kohlenstoff und dessen Verbindungen. Wenn er verbrennt, quillt kein klimaschädliches CO₂ aus dem Schornstein oder Auspuff. Reagieren Wasserstoff und Sauerstoff miteinander, entsteht allein sauberes Wasser. Ökologisch ein idealer Treibstoff.

Außerdem braucht für das Energiegas keine ganz neue Antriebstechnik erfunden zu werden. Herkömmliche Kolbenmotoren, nur leicht modifiziert, schlucken Wasserstoff problemlos. Für Brennstoffzellen ist es sogar der Lieblingstreibstoff. Automobilkonzerne stecken gerade Milliarden in diesen Antrieb. In vier Jahren sollen die ersten "Null-Emissions-Autos" zum Verkauf bereitstehen.

Trotz solcher Vorteile kommt das europäisch-kanadische Wasserstoffprojekt nicht in Gang. Auch nach zwei Jahrzehnten Forschung haben sich einige Nachteile des Brenngases nicht ausräumen lassen. Der Wasserstoff muss auf minus 253 Grad gekühlt werden, damit er flüssig wird und weniger Tankraum beansprucht. Doch bei diesem Vorgang geht viel Energie verloren. Außerdem kriecht Wasserstoff selbst durch feinste Poren in Stahlwänden: Ein mit dem Flüssiggas gefüllter Autotank wäre in der Garage nach zehn Wochen leer.

Vor allem ist Wasserstoff extrem leicht entzündbar, noch leichter als Benzin. Kritiker des transatlantischen Projekts malen Schreckensbilder von Tankern, die kurz vor dem Hamburger Hafen explodieren. Die Wucht könnte nicht nur den Nobelvorort Blankenese verwüsten, sondern auch die Airbus-Werke auf der gegenüberliegenden Seite der Elbe. Es gibt Forscher, die aus solchen Gründen daran zweifeln, dass sich Wasserstoff als Hauptenergieträger durchsetzen wird.

Sicherer und sauberer Energielieferant

Auch beim Verbrennen von Silizium entstehen keine Abgase. Wenn es sich mit Sauerstoff verbindet, wird Silizium wieder zu dem, woraus es gewonnen wurde - harmloser **Sand**. Bei der Gewinnung des Metalls wird heute allerdings noch Kohle als Reaktionspartner gebraucht. So entsteht auch dabei Kohlendioxid. Professor Auner setzt da auf Techniken, das klimaschädliche Gas aus der Abluft herauszufiltern. In vergleichsweise wenigen großen Silizium-Fabriken weltweit wird das sehr viel einfacher und billiger zu machen sein, als den Schadstoff, den Millionen Benzinfahrzeuge ausstoßen, wieder einzufangen zu wollen. Das festgehaltene CO₂ könnte, so neueste Erkenntnisse, in Methanol umgewandelt werden, ein möglicher Benzinersatz. Erst wenn es verbrannt wird, würde

das Kohlendioxid in die Luft gelangen. Mittelfristig aber sind CO₂-freie Lösungen denkbar: biotechnologisch oder, darauf setzt Daniel Herbst vom Institut für Kraftfahrzeugbau der Uni Karlsruhe, mit Hilfe der Elektrolyse.

In puncto Sicherheit ist Silizium Spitze. Anders als etwa bei Uranbrennstäben werden beim Transport keine Sicherheitsbehälter nötig sein. Auch keine Hochdrucktanks wie beim Wasserstoff. Das Energiemetall könnte einfach auf einem Lastwagen durch die Gegend gekarrt werden. Und der Fahrer dürfte dabei sogar rauchen. Mit einer brennenden Zigarette sind Siliziumbrocken nicht anzuzünden, selbst mit einem Schneidbrenner nicht.

Umweltkatastrophen wie beim Untergang von Öltankern sind beim Silizium undenkbar. Wenn das Energiemetall zum Beispiel mit Hilfe billiger Wasserkraft in Kanada hergestellt und dann nach Europa verschifft würde, gäbe es bei einer Havarie keine Fernsehbilder von verölten Seehunden und jämmerlich sterbenden Wasservögeln. Die Siliziumladung würde bei einem Leck einfach in die Tiefe rauschen und sich am Meeresboden dann mit der Zeit wieder in **Sand** verwandeln.

Verwertbare Rückstände

Kraftwerke zum Verheizen von Silizium müssten allerdings erst noch entwickelt werden. Die meiste Energie würde bei einer Verbrennung mit reinem Sauerstoff frei. Trotzdem setzt Auner mehr auf die Reaktion mit Stickstoff. Denn dabei entsteht neben der Wärme eine Reihe von wirtschaftlich wertvollen Produkten. Der Chemiker: "Mit Stickstoff machen wir ökonomisch gesehen aus **Sand** Gold." In der Praxis werden Silizium-Kraftwerke wahrscheinlich mit normaler Luft betrieben. Die besteht zu fast 80 Prozent aus Stickstoff.

Die "Asche" des Reaktors würde außer **Sand** vor allem aus Siliziumnitrid bestehen. Das ist ein ungiftiger Werkstoff für superharte, heute sehr teure Keramik. Die Industrie braucht die Substanz zum Beschichten anderer Materialien, um sie gegen Kratzer, Feuchtigkeit, Feuer oder Säuren zu schützen.

Aus Siliziumnitrid lässt sich zudem problemlos Ammoniak machen, der Grundstoff für Stickstoff-Kunstdünger. Das eröffnet einen ganz neuen Weg zur Herstellung dieses unverzichtbaren Nährstoffes für Pflanzen, ohne den die Erde niemals die heute sechs Milliarden Menschen ernähren könnte. Seit fast hundert Jahren wird die Agrochemikalie in einem teuren Prozess - dem Haber-Bosch-Verfahren - hergestellt, das hohe Temperaturen und Drucke verlangt. Nach einer Studie, die kürzlich im Auftrag des amerikanischen Energieministeriums durchgeführt wurde, gehört dieser Prozess zu den größten Energiefressern in der Chemie - bei magerer Ausbeute. In den Chefetagen der Kunstdüngerproduzenten wie der BASF in Ludwigshafen dürften bald die Rechner angeworfen werden, um zu kalkulieren, was wirtschaftlicher ist. Es geht um die mit jährlich hundert Millionen Tonnen zweithäufigste Chemikalie, die weltweit produziert wird.

Sollte allerdings das Silizium das Erdöl oder Erdgas in großem Maß zu verdrängen beginnen, wird weit mehr Ammoniak anfallen, als für die Synthese von Kunstdüngern nötig ist. Doch das stechend riechende Gas enthält noch einen Teil der Energie, die vorher bei der Siliziumherstellung hineingesteckt werden musste: Ammoniak brennt. Auner sieht aber noch eine überraschendere Anwendung. Der Kunstdüngerrohstoff könnte auch als Wasserstofflieferant für die Brennstoffzelle im Auto dienen. Die Automobilkonzerne hätten längst auf Ammoniak gesetzt, glaubt Auner, wenn das Gas nicht so teuer wäre. Ammoniak ist zwar in höheren Konzentrationen giftig und muss zur Verflüssigung auf minus 33 Grad heruntergekühlt werden. Trotzdem ist es viel leichter zu handhaben als reiner Wasserstoff. Ammoniak wird heute problemlos in großen Tanklastern durch die Gegend kutschiert.

Sand aus dem Auspuff

Das Silizium eröffnet noch weitere Möglichkeiten, Autos ohne Erdöl anzutreiben. Bei der Produktion der Silikone aus dem Metall, heute eine Megatonnen-Industrie, entsteht als Nebenprodukt eine brennbare Flüssigkeit. Dieses Tetramethylsilan (TMS) hat etwa die Energiedichte von Benzin, erzeugt allerdings auch Kohlendioxid. Klaus Höfelmann, Chef der Silikone bei Wacker weltweit, erinnert sich, dass auf dem Werksgelände einmal ein VW-Motor mit diesem Treibstoff gefüttert wurde. Einige Stunden lief die Maschine tadellos. Dann blieb sie stehen. In den Zylindern hatte sich **Sand** angesammelt.

Ähnliche Versuche waren vor 30 Jahren bei Dow Corning im US-Bundesstaat Michigan gelaufen. Trecker, mit TMS betankt, konnten auf dem Acker den entstehenden **Sand** einfach hinter sich fallen lassen. Nach drei Tagen gab es jedoch Probleme mit den Kolbenringen. Sie fraßen sich fest. Solche Schwierigkeiten lassen sich in Zukunft vielleicht durch Keramikmotoren lösen. Und auch dafür liefert Silizium zwei Grundstoffe, die neben Diamant zu den

härtesten Materialien der Welt gehören: Siliziumnitrid und -karbid.

Trotzdem werden sich Autobahnen nicht in Wanderdünen verwandeln. Die entstehenden Sandteilchen sind so klein, dass eine Autokolonne eher eine weiße Staubfahne wie eine durchgehende Büffelherde in der Serengeti hinter sich herziehen wird. Über Deutschland würde sich langsam eine Schicht feinen weißen Sandes legen. Damit das jedoch nicht passiert, wird der Staub im Auto zurückgehalten. Beim Tanken kann der Fahrer den vollen Sandsack zurückgeben. Hausbesitzer mit einem TMS-Brenner im Keller müssten sich eine Sandkiste bauen.

Synthetische Antriebsstoffe aus Silizium

Als in den siebziger Jahren bei Wacker in Burghausen der VW-Motor mit flüssigem Silizium-Treibstoff lief, beschäftigte sich auch an der Kölner Universität ein Chemiker mit dem Metall. Peter Plichta hatte ein ehrgeiziges Ziel. Er wollte ausprobieren, ob auch Silizium die Fähigkeit der Kohlenstoffatome besitzt, sich zu langen Ketten zu verbinden und so unterschiedliche chemische Substanzen zu bilden.

Dieses Ziel erforderte Forschermut. Bereits in den 50er Jahren hatte die Deutsche Forschungsgemeinschaft Millionen in das Projekt gesteckt. Doch alles, was dabei herauskam, waren Moleküle mit nur zwei, drei, vier Siliziumatomen. Die Stoffe waren außerordentlich gefährlich und brannten wie Schießpulver. Plichta: "So stand es auch in den Lehrbüchern." Der junge Chemiker setzte darauf, dass Substanzen mit längeren Ketten aus Siliziumatomen stabiler sein würden. Seine Experimente waren erfolgreich. Plichta lernte, stabile Silane herzustellen: "Sie sehen aus wie Biskinöl." Niemand dachte allerdings daran, sie als abgasfreie Treibstoffe einzusetzen.

Der Chemiker wandte sich seiner zweiten Leidenschaft zu: der Mathematik. Erst 20 Jahre später erinnerte er sich wieder an seine Kölner Experimente. Mit dem Düsseldorfer Unternehmer Klaus Kunkel sowie zwei Fachleuten für Verbrennungsprozesse und Raketenmotoren entwickelte er ein Konzept für einen Siliziumtreibstoff in der Raumfahrt. Andere Antriebe nutzen nur den Sauerstoff der Luft. Die Silane dagegen, darauf setzt Plichta, auch den Stickstoff. Und der macht fast 80 Prozent der Atmosphäre aus. Raumschiffe könnten so am äußersten Rand der irdischen Lufthülle operieren, ohne extra Sauerstoff in den Orbit zu schleppen.

Die Idee stieß auf keine Gegenliebe. Die Industrie winkte ab. Auch Jürgen Rüttgers, letzter Zukunftsminister in der Regierung Kohl, ließ den Vorschlag in der Schublade verschwinden. Um mehr als nur Formeln auf dem Papier vorweisen zu können, wandte sich die Vierer-Gruppe an Professor Auner. Der Siliziumspezialist stellte ihnen einige Milliliter des Silanöls her, das dann am Fraunhofer Institut für Chemische Technologie auf seine Schubkraft untersucht wurde. Ergebnis bei der Verbrennung mit Sauerstoff: Das Silanöl war effizienter als der herkömmliche Raketentreibstoff Hydrazin. Auch im Vergleich zum Benzin schnitt die Siliziumflüssigkeit gut ab. Sie erzeugte beim Verbrennen fast genauso viel Energie. Plichta setzt deshalb auf Autos, die eines Tages mit modifizierten Strahltriebwerken aus der Raumfahrt über die Autobahnen zischen.

Sind das Hirngespinnste wie die "kalte Fusion", die vor einigen Jahren durch die Weltpresse geisterte? Damals meinten zwei Forscher, einen Weg gefunden zu haben, wie die Fusionsvorgänge, denen die Sonne ihre gigantische Glut verdankt, auf der Erde bei Zimmertemperatur nachgeahmt werden könnten. "Ich habe damals gleich nicht daran geglaubt, noch bevor sich das Ganze als Messfehler herausstellte", sagt Udo Pernisz, Physiker beim amerikanischen Unternehmen Dow Corning, das Produkte auf Siliziumbasis herstellt. Beim Einsatz von Silizium als Energieträger sieht für den Schwaben die Sache ganz anders aus. Denn die chemischen Grundtatsachen sind unbestritten. Mit Ausnahme der Ergebnisse von Wacker waren alle anderen Fakten den Fachleuten bekannt. Pernisz: "Es musste nur jemand wie Norbert Auner kommen, um die einzelnen Mosaiksteinchen zu einem Gesamtkonzept zusammenzusetzen."

So sieht es auch Gordon Fearon, ein britischer Silizium-Chemiker, der lange Jahre die Forschung bei Dow Corning leitete und heute in den USA als Industrieberater tätig ist: "Wir müssen Professor Auner zu seiner Vision gratulieren." Auch nach dem Urteil des Walisers eröffnen die Ideen des Deutschen ganz neue Optionen für einen umweltfreundlichen Energieträger. Fearon: "Vor allem das Konzept eines synthetischen Brennstoffes auf der Basis von Silizium sollte schnell angegangen werden." Der amerikanische Silizium- "Papst" Professor Robert West von der Universität Wisconsin in Madison warnt allerdings vor zu schnellen Erwartungen: "Es wird sicher zehn, zwanzig Jahre Grundlagenforschung erfordern, um Auners Ideen technisch umzusetzen."

So lange wollen die beiden weltweit größten Siliziumverarbeiter, Dow Corning und Wacker Chemie, nicht warten. "Für uns sind diese Möglichkeiten wirklich aufregend", sagt James White, Forschungsleiter bei Dow Corning in Midland. Und weiter: "Da könnte sich auch ein ganz neuer Zugang zur Silikonherstellung eröffnen." Bisher ist dabei

Chlor nötig, das zwar recycelt wird, dessen Einsatz aber aus Gründen des Umweltschutzes problematisch ist. Außerdem lässt sich mit der Stickstoffverbrennung wahrscheinlich ein Produktionsschritt einsparen. Um dazu notwendige Entwicklungen voranzutreiben, wird in den Vorstandsetagen der beiden Erzrivalen erstmals an Zusammenarbeit gedacht. Überlegt wird sogar, ein gemeinsames Forschungsinstitut zusammen mit Auner zu gründen, der inzwischen etliche Patente angemeldet hat.

Für die Realisierung eines alternativen Energiekonzeptes sind Wacker und Dow Corning allerdings nicht groß genug. Auner: "Da müssen auch die Energiekonzerne, die Ammoniakproduzenten und die Autohersteller mit ins Boot." Die wissen allerdings noch nichts von ihrem Glück. Nach Schätzung von Richard Weidner, Forschungsleiter des Geschäftsbereiches Silikone bei Wacker, kostet der synthetische Treibstoff, der heute als Nebenprodukt bei der Silikonherstellung anfällt, etwa so viel wie Benzin - vorausgesetzt, der Staat würde beim Siliziumsprit auf Steuern verzichten. Zuerst könnte es dazu benutzt werden, dass bei einer Ölkrise wenigstens die Rettungswagen noch fahren können und in den Kliniken die Heizungen nicht ausgehen.

Heinz Riesenhuber, ehemaliger Forschungsminister und heute als Chemieprofessor Kollege von Auner an der Universität Frankfurt, nutzte alte politische Verbindungen, um das Berliner Wirtschaftsministerium auf das revolutionäre Energiekonzept aufmerksam zu machen. Die Beamten reagierten prompt. Innerhalb der nächsten Wochen soll sich Auner zu einem Expertenhearing mit Vertretern von Industrie und Forschung bereithalten.

Graphik: Aus der Wüste in die Metropolen: Der Bodenschatz **Sand** liefert Treibstoff und Wärme

Graphik: Wie viel Platz braucht die gleiche Energiemenge

Bildunterschrift: UNERSCHÖPFLICH Er türmt Dünen in der Wüste auf, baut Traumstrände und formt Gebirge: **Sand**, chemisch aus dem Metall Silizium und Sauerstoff zusammengesetzt, ist die häufigste Verbindung der Erdkruste. Er könnte, als Brennstoff genutzt, den Energiebedarf der Menschen für alle Zeiten decken / NEUE FLAMME Ein Nebenprodukt der Silikon-Herstellung könnte sich als Treibstoff von morgen erweisen / KREISLAUF EINES KRAFTSTOFFS Silizium, aus **Sand** gewonnen, ist ein bewährter Werkstoff, zum Beispiel für Computerchips. Als Nebenprodukt bei der Herstellung entsteht Tetramethylsilan (TMS). Die entzündliche Flüssigkeit hat eine Energiedichte wie Benzin. Sie verbrennt zu **Sand** / Das Feuer der Erkenntnis - POWERBROCKEN - Das silbrig glänzende Silizium wird klein gemahlen und in einem Versuchsreaktor verbrannt. Forscher erkannten: Anders etwa als Kohlenstoff reagiert das Metall nicht nur mit Sauerstoff, sondern auch mit Stickstoff. Das haben Versuche der bayerischen Firma Wacker-Chemie ergeben / Genieblitz dank Störfall - DER **SAND**-PROPHET Chemieprofessor Norbert Auner entdeckte die Kraft des Siliziums / Hoffen auf den großen Markt - BEGEISTERT Wacker-Forschungschef Richard Weidner setzt auf **Sand**kraft / Empfehlung an die Politik - SCHÜTZENHILFE Chemiker und Ex-Forschungsminister Heinz Riesenhuber ist dabei / Eine Chance für die Autobauer - PARTNERSCHAFT Udo Pernisz von der US-Firma Dow Corning kooperiert mit Norbert Auner / PIONIER Der Chemiker Peter Plichta experimentierte schon als Student mit dem Energiemetall. Er träumt von strahlgetriebenen Autos mit Silizium im Tank /

Fotonachweis: THOMAS PFLAUM, AXEL MARTENS, BERT SPANGEMACHER, THOMAS EINBERGER, MICHAEL HUGHES