

Wasserstoff-Spiegel



Neues von Wasserstoff und Brennstoffzelle

zusammengestellt vom Deutschen Wasserstoff-Verband e.V.

Nr. 4/99 (Juli/August)

Bitte beachten Sie unsere neuen Telefon- und Telefax-Nummern (Fuß der Seite)!

Neues vom Wasserstoff

Grüner Wasserstoff? Die Firma H2T Inc. aus Québec will in Kürze flüssigen Wasserstoff aus Wasserkraft zu "niedrigen Preisen" exportieren. Auf einer Konferenz in St. Petersburg berichtete Joachim Gretz, 1. Vorsitzender der Hamburger Wasserstoffgesellschaft, dass ihm ein **Angebot über flüssigen Wasserstoff frei Hamburg für 5.500 Can\$/t vorliege. Das sind knapp 2 DM/Dieseläquivalent.** Zu dieser Zahl gab es von H2T keine konkrete Stellungnahme. Nähere Einzelheiten sollten Anfang August mitgeteilt werden, waren aber bei Redaktionsschluss noch nicht bekannt.

Grafit-speicher: An der Universität Singapur sind an Grafit-Nanostrukturen (Carbon Nanotubes) bei Atmosphärendruck und Temperaturen von 200 bis 400 °C Speicherfaktoren von 14 bis 20 Gew.-% gemessen worden¹. Die Ergebnisse übertreffen die Werte von Hydriden oder der Kryoadsorption sowie die an anderen Grafit-Nanostrukturen gemessenen (ausgenommen die nach wie vor nicht reproduzierten von Rodriguez und Baker), und sie sind erstmals nicht bei tiefen Temperaturen gefunden worden². **Sie übertreffen mit Speicherdichten von 112 bzw. 160 kg H₂/m³ sogar den flüssigen Wasserstoff (71 kg/m³).** Die Strukturen enthalten Kalium- und Lithium-Fremdatome im Kohlenstoffgitter. Ihrem katalytischen Effekt schreiben die Autoren einen Teil der hohen Speicherfähigkeit zu. Eine andere Ursache sehen sie in der Form der Strukturen, die einem Stapel Eistüten ähneln.

Eisenbahn: Die schleswig-holsteinische Landesregierung untersucht, ob die Eisenbahnlinie Kiel-Lübeck statt mit der konventionellen Oberleitung mit Wasserstoff und Brennstoffzellen elektrifiziert werden kann³. Sie hat beim Wuppertal-Institut eine entsprechende Studie in Auftrag gegeben, die Anfang 2000 abgeschlossen sein soll.

Mordsdusel: Der jüngste Start der NASA-Raumfähre "Columbia" am 23. Juli hätte der letzte sein können. Ein loser Metallstift beschädigte beim Start drei Röhren, durch die ein Teil des flüssigen

Wasserstoffs aus dem Zusatztank durch die Wand der Brennkammer strömt, um sie zu kühlen. Wären die Lecks etwas größer gewesen, hätte sich das Triebwerk wegen Überhitzung abgeschaltet, und die Fähre hätte in Florida oder Westafrika notlanden müssen. Dieses Manöver gilt als extrem gefährlich. Im vorliegenden Fall führte der Verlust an Treibstoff nur dazu, dass der Brennschluss eine Sekunde zu früh kam und die vorgesehene Bahnhöhe um 11 km verfehlt wurde. Die weitere Mission und die Landung waren nicht gefährdet.

Übernahmen: Air Liquide und Air Products übernehmen für 11,2 G\$⁴ den britischen Gasehersteller BOC. Das Gasgeschäft in Deutschland und Benelux hatte BOC schon zum Jahreswechsel an Air Liquide abgetreten.⁵ Damit würde Weltmarktführer Air Liquide seinen Marktanteil bei Industriegasen von 17% auf 24% erhöhen. Air Products würde sich von 8% auf 15% steigern und gemeinsam mit Praxair Rang zwei einnehmen.

Linde will für 6,9 GDM die schwedische AGA AB übernehmen und so den zweitgrößten Gasekonzern Europas und den viertgrößten der Welt bilden, wie am 16. August bekannt gegeben wurde. Gleichzeitig möchte Linde weiterhin die Messer Griesheim GmbH übernehmen.

Nebus in Oslo: DaimlerChryslers Nebus absolvierte im August einen zweiwöchigen Probelauf auf einer der wichtigsten Buslinien in Oslo. Die Osloer Verkehrsbetriebe haben sich schon als Interessenten für den Einsatz der Fahrzeuge gemeldet, sobald sie kommerziell erhältlich sind.

Hannover 2000: Im nächsten Jahr findet auf der Hannover Messe nicht nur der Gemeinschaftsstand "Wasserstoff-Technologien und Brennstoffzellen" auf dem **Forschungsmarkt in der Halle 18** statt. Auf der **internationalen Leitmesse der Energietechnik in Halle 7** gibt es einen Stand unter dem Motto "Future Energy Conversions: Applications of mobile / stationary fuel cells, electrolyzers, and reformers" und einen weiteren über "New Energy Systems". Dort sollen die kommerziellen Aspekte des Themas betont werden.

1 P. Chen u. a., *Science* 285 (1999) 91-3

2 vgl. Nr. 2/99 "Graphitfasern" zu Messungen bei 80 K

3 s. Nr. 5/98 "Zu Lande (Eisenbahn)"

4 Wir verwenden auch für Geld die üblichen Einheitenvorsätze k (1000), M (Million), G (Milliarde) usw.

5 s. Nr. 1/99 "Übernahme"

Der Wasserstoff-Spiegel informiert regelmäßig über wissenschaftliche, technische und ökonomische Fortschritte auf dem Weg zum Einsatz des sauberen und dauerhaft verfügbaren Energieträgers Wasserstoff, besonders auf der Grundlage erneuerbarer Primärenergien.

Nachdruck frei — Belegexemplare erbeten

Herausgegeben vom Deutschen Wasserstoff-Verband e.V., Berlin; V. i. S. d. P.: Dr. Ulrich Schmidtchen, Berlin

Post: Unter den Eichen 87, 12205 Berlin

Telefon: (0700) 49376 835; Telefax: (0700) 49376 329

Internet: <http://www.dwv-info.de>

E-Mail: h2@dwv-info.de

Normung: Die Beiträge einer im Rahmen des European Integrated Hydrogen Project (EIHP) im März in Brüssel abgehaltenen Tagung sind jetzt im HyWeb verfügbar.⁶ Dieses industrielle Gemeinschaftsprojekt soll Regelwerke und Zulassungsverfahren für Wasserstofffahrzeuge in Europa harmonisieren und so die Grundlage für die Zulassung von Serienfahrzeugen schaffen.

Projekte, Projekte: Fast 200 Projekte zu Wasserstoff und Brennstoffzellen sind in den vergangenen zehn Jahren alleine in Deutschland gelaufen oder laufen noch. Die L-B-Systemtechnik hat Beschreibungen davon zusammengetragen. Die Zusammenstellung ist im HyWeb zu finden.⁷

Brennstoffzellen

Festoxid: Gleich vier große Projekte mit Festoxid-Brennstoffzellen sind in Planung.

RWE Energie wird eine Brennstoffzelle mit 300 kW_{el} mit einer Gasturbine kombinieren. Die erste Anlage soll im Jahr 2000 bei RWE Energie entstehen, die zweite bis 2002. Der elektrische Wirkungsgrad beträgt etwa 60%, und zusammen mit der Wärmenutzung kommen 80 bis 90% zusammen. Die Kosten werden auf 20 MDM geschätzt. **RWE Energie erwartet, dass die Anlagen in zehn Jahren marktreif werden und dass bis zum Jahr 2010 20 bis 40% des Stroms aus Erdgas in Deutschland dezentral erzeugt werden, also z. B. über eine hauseigene Brennstoffzelle.**

Die EnBW Energie Baden-Württemberg AG plant ein Brennstoffzellen-Hybridkraftwerk mit Mikro-Gasturbinen mit einer bisher beispiellosen Leistung von 1 MW. Durch preiswerte Materialien und die Optimierung der Verschaltung der Komponenten sollen die Kosten wesentlich sinken.

Eine dritte Anlage dieser Art entsteht in Zusammenarbeit mit Shell Hydrogen. Hier wird das bei der Brennstoffaufbereitung entstehende CO₂ mittels einer bei Shell entwickelten Technik abgefangen und kann in ausgebeuteten Erdöl- oder Erdgaslagerstätten deponiert werden.

Das National Fuel Cell Research Center in Irvine (Kalifornien) will im Oktober eine 250 kW-Anlage mit Mikroturbinen in Betrieb nehmen. Der Wirkungsgrad soll etwa 60% betragen, die Kosten 1000 bis 1500 \$/kW für eine kommerzielle Anlage.⁸

Katalysator: Die New Yorker ZeTek Power Ltd. hat einen **neuen Katalysator auf Kobaltbasis entwickelt, der durch den Ersatz des Platins die Kosten von PEM-Zellen erheblich senkt.** An der

Entwicklung waren amerikanische und französische Forscher beteiligt. Die Mittel kamen von ZeTek Power und der Europäischen Kommission. Der Bedarf an dem Edelmetall Platin wird bisher als eines der größten Hindernisse auf dem Weg zur Massenproduktion von PEM-Zellen angesehen. Erstmals wird jetzt ein Nicht-Edelmetall dafür eingesetzt. ZeTek erwartet etwa eine Halbierung der Metallkosten.

Klärgas: Die nordrhein-westfälische Landesregierung hat das Brennstoffzellenprojekt der Gas-, Elektrizitäts- und Wasserwerke Köln AG (GEW) als Anwärter auf den Titel "Nationales Weltweites Expo-Projekt" registriert. Das Klärwerk Rodenkirchen soll mit einer ONSI-Zelle ausgestattet werden und seine Wärme und seinen Strom größtenteils aus Klärgas selbst erzeugen.⁹

Brennstoffzellen in Polizeiautos: Niedersächsische und nordrhein-westfälische Polizeifahrzeuge werden jetzt mit Brennstoffzellen ausgerüstet, aber nicht zum Fahren. Die Zelle ist das Herz eines neuen Gerätes, das den Alkoholgehalt der Atemluft bestimmt. Die neue Methode erspart allen Beteiligten Zeit, der Staatskasse Geld und dem Verdächtigen die Blutprobe, so lange das Ergebnis unter 1,1‰ liegt. Fahren mit mehr gilt als Straftat, und dann wartet doch der Arzt.¹⁰

Energie und Klima

Kabel gekappt? Das Projekt eines 540 km langen Stromkabels zwischen Hamburg und Norwegen scheint geplatzt zu sein. Von 2004 an sollten 1200 MW von norwegischen Wasserkraftwerken an HEW und RWE geliefert werden. Grund für das mögliche Scheitern des 900 MDM-Projekts ist der für 25 Jahre vereinbarte Strompreis von 0,10 DM/kWh, der laut HEW durch die aktuellen Preisstürze auf dem Strommarkt nicht mehr tragbar ist.

Wasser bis zum Hals: In Majuro (Marshall-Inseln) trafen sich Mitte Juli die Vertreter von 42 Inselstaaten, um eine gemeinsame Position für die Klimaschutz-Sondersitzung der Vereinten Nationen im September zu finden. Obwohl die Länder der "Alliance of Small Island States" (AOSIS) nur 0,6% zur globalen CO₂-Emission beitragen, sind sie durch deren Folgen in ihrer Existenz bedroht. Der höchste Punkt der Marshall-Inseln liegt etwa 1 m über dem heutigen Meeresspiegel.¹¹

Die globale Erwärmung und der Anstieg des Meeresspiegels im nächsten Jahrhundert sind vermut-

6 <http://www.HyWeb.de/eihp>

7 <http://www.HyWeb.de/germanh2>

8 *Hydrogen & Fuel Cell Letter*, August 1999

9 *Ruhr Nachrichten* 30./31. Juli 1999; s. Nr. 5/98 "Köln"

10 *Neue Westfälische Zeitung*, 23. Juli 1999; *Rheinische Post*, 7./8. August

11 *Environmental News Network*, 14. Juli 1999; s. Nr. 6/98 "Landunter"

lich unterschätzt worden. Die Expertengruppe IPCC hatte bisher einen Temperaturanstieg von 0,8 ... 3,5 °C angenommen. Wegen der erfolgreichen Bemühungen, den sauren Regen zu vermindern, gelangt weniger SO₂ in die Atmosphäre als bisher, so dass sein kühlender Einfluss abnimmt. Die neueren Ergebnisse deuten auf eine Erwärmung von 1,3 ... 4,0 °C hin.

Politik

Kanada: Kanada investiert 30 M\$ in eine "National Fuel Cell Research and Innovation Initiative", um industrielle Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet zu fördern. Auf dem Gelände der Universität von British Columbia ist eine neue "National Fuel Cell Research Facility" entstanden.

Förderung: Der Bund will die erneuerbaren Energien mit mindestens 200 MDM/Jahr aus den Einnahmen aus der Ökosteuer fördern. Damit soll ausgeglichen werden, dass sie der Steuer selbst unterliegen. Mit Blick auf Brüssel hat die Regierung eine Befreiung nicht gewagt. Die Mittel werden zu 2/3 in die Stromerzeugung aus Biomasse und Solarthermie fließen. Außerdem soll es Geld für Wohnungseigentümer geben, die in Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung investieren. Noch 1999 sollen 170 MDM bereit gestellt werden, danach mindestens 200 MDM/Jahr aus dem Etat des Wirtschaftsministeriums. Zur Zeit wird noch zwischen Wirtschafts-, Finanz- und Umweltministerium debattiert, ob die Mittel jährlich steigen sollen.¹²

Klares Wort gefordert: Der stellvertretende SPD-Fraktionsvorsitzende im Bundestag, Michael Müller, und die umweltpolitische Sprecherin der Fraktion, Monika Ganseforth, forderten am 5. August in Berlin ein Gesamtpaket, das die Themen Energiesparen, Ausbau erneuerbarer Energieformen und Atomausstieg enthalten müsse. Vom Bundeskanzler wollen sie eine "Richtungsentscheidung für Klimaschutz". **"Was in Deutschland fehlt, ist eine konsistente Klimaschutzpolitik,** die den Atomausstieg und einen Energieträgerumbau auf Dauer festschreibt", meinte Ganseforth. Nach Müllers Worten würden Energiespartechnik-Investitionen von 30 GDM die Energiekosten um 80 GDM senken und gleichzeitig gut 200.000 Arbeitsplätze schaffen. Weitere 360 GDM über 25 Jahre könnten in den alten Bundesländern die CO₂-Emissionen gegenüber 1987 um 40% senken. 2020 würden die Energiekosten allein im Wohnbereich um 22 GDM/Jahr niedriger ausfallen.¹³

Quellenforschung: Nach einem Bericht des Natural Resources Defense Council¹⁴ stammen

etwa 47% der von Menschen verursachten CO₂-Emissionen von den Produkten der führenden 20 Brennstoffhersteller. Allein die Produkte der russischen Gasprom verursachen mehr CO₂ als ganz Afrika produziert. Viele dieser Firmen bekämpfen Fortschritte beim Klimaschutz. In den USA haben sie die Ratifikation des Kyoto-Protokolls mit dem Argument verhindert, die Entwicklungsländer würden keine solchen Anstrengungen unternehmen¹⁵. **Doch hinter den zunehmenden Emissionen der Entwicklungsländer stecken gerade die, die ihnen dies zum Vorwurf machen.** So sagte der Chef von Exxon auf dem World Petroleum Congress in Peking: "Die drängendsten Umweltprobleme der Entwicklungsländer haben mit der Armut zu tun, nicht mit dem globalen Klimawechsel. Zur Bewältigung dieser Probleme gehört wirtschaftliches Wachstum, und das erfordert die Ausweitung, nicht die Beschränkung, des Verbrauchs fossiler Energieträger."

Weniger trotz mehr: Die CO₂-Emissionen der Welt sind 1998 um etwa 0,5% zurückgegangen, während die Weltwirtschaft im gleichen Zeitraum um 2,5% gewachsen ist. Führend sind dabei Staaten wie etwa China (CO₂: -3,7%, Wirtschaft: +7,2%); die chinesische Regierung hat übrigens die staatliche Förderung der Kohle um 14 G\$ gekürzt. Russland liegt heute um 25% unter dem Niveau von 1991, Polen um 9,7%. Vielerorts wird die Energie heute rationeller als früher eingesetzt, und es wird weniger Kohle verwendet. Zudem entfällt das Wirtschaftswachstum zum Teil auf weniger energieintensive Zukunftsbranchen wie etwa die Informationstechnologie.¹⁶

Ehrung

Ludwig Bölkow, neben vielen anderen Dingen auch DWV-Mitbegründer, ist anlässlich seines 87. Geburtstags mit dem Großen Verdienstkreuz mit Schulterband und Stern ausgezeichnet worden, einem der höchsten deutschen Orden. Bölkow wurde dafür geehrt, dass er während seines ganzen Lebens immer wieder Wegweisende technische Entwicklungen in Gang gesetzt hat.

Nachlese

International Atomic Energy Agency (Hrsgb.): **Hydrogen as an energy carrier and its production by nuclear power**, IAEA-TECDOC-1085, ISSN 1011-4289. Bezug über: INIS Clearinghouse, International Atomic Energy Agency, Postfach 100, 1400 Wien, Österreich.

¹² Süddeutsche Zeitung, 16. August 1999

¹³ Berliner Zeitung, 6. August 1999

¹⁴ <http://www.nrdc.org/nrdcpro/carbon/kocinx.html>

¹⁵ s. Nr. 6/98 "Risikolos"

¹⁶ <http://www.worldwatch.org/alerts/990727.html>

Terminkalender

(Kursive Termine sind neu. Beachten Sie auch den aktuellen Terminkalender auf unserer Internet-Seite.)

02.-08.09.99, Jalta (Ukraine): 6th International Conference "Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides" ☞ Program Committee ICHMS'99 ☐ P.O. Box 195, Kiev-150, 252150, Ukraine ☎ (0038-044) 444-0001

15.,16.09.99, Neu-Ulm: **Zukunftstechnologie Brennstoffzelle** (10. öffentliche Jahrestagung des Forschungsverbundes Sonnenenergie) ☞ Forschungsverbund Sonnenenergie, Hr. Dr. H. P. Hertlein ☐ c/o DLR, 51170 Köln ☎ (02203) 601-3625 ☐ -4740

13.-16.09.99, GB-London: **6th Grove Fuel Cell Symposium** ☞ Symposium Conference Secretariat, Mrs. Philippa Orme ☐ 12 Church Street, West Hanney, Wantage, Oxon, OX12 0LN, Großbritannien ☎ (0044-1235) 86 88 11

16.09.99, München: **Wasserstofftechnologie — Wie sicher kann sie sein?** ☞ Haus der Technik e.V. ☐ Hollestr. 1, 45127 Essen ☎ (0201) 1803-1 ☐ -269

04.,05.10.99, Leipzig: 6. Fachforum **Einsatz von Brennstoffzellen** (gemeinsame Veranstaltung mit dem DWV) ☞ OTTI Technologie-Kolleg, Fr. Anna Fuchssteiner ☐ Wernerwerkstr. 4, 93049 Regensburg ☎ (0941) 296 88-20 ☐ -19

20.-23.10.99, Osaka (Japan): **NEW EARTH '99**, mit Import-Sonderschau **ENVIRONMENT JAPAN '99** ☞ Japanische Aussenhandelsorganisation, Hr. F. Rahe ☐ Stadthausbrücke 7, 20355 Hamburg ☎ (040) 37 41 22-0 ☐ -22

26.-28.10.99, Lake Tahoe (Kalifornien, USA): **2nd Annual Fuel Cell Conference** ☞ National Hydrogen Association, Fr. Karen Miller ☐ 1800 M St., NW, Suite 300, Washington DC 20036, USA ☎ (001-202) 457-0076 ☐ 223-5537

30.,31.10.99, Berlin: **Energiewende Jetzt**, Konferenz über eine zukunftsfähige Energieversorgung ☞ Deutscher Bundestag, Fraktion Bündnis 90/Die Grünen, Büro Fr. MdB Michaela Hu-stedt ☐ Platz der Republik 1, 11011 Berlin ☎ (030) 227-71639 ☐ -76302

04.-06.11.99, Stralsund: 7. Symposium "Nutzung regenerativer Energiequellen" ☞ Fachhochschule Stralsund, Prof. J. Lehmann ☐ Schwedenschanze 15, 18435 Stralsund ☎ (03831) 45-6713 ☐ -6687

09.,10.11.99, Berlin: **Brennstoffzellen — Die Zukunftsentnergie für das 21. Jahrhundert?** ☞ Euroforum Deutschland GmbH, Fr. Snezana Mandic ☐ Postfach 23 02 65, 40088 Düsseldorf ☎ (0211) 9686-546 ☐ -509

30.11.-03.12.99, Nagoya (Japan): **3rd International Fuel Cell Conference** ☞ International Communications Specialists ☐ Sabo Keikan-bekkan, 2-7-4 Hirakawa-cho, Chiyoda-ku, Tokio 102-8646, Japan ☎ (0081-3) 3263-6474 ☐ -7077

2000

20.-25.03.00, Hannover: Hannover Messe 2000 mit Gemeinschaftsstand „Wasserstoff Technologien und Brennstoffzellen“ auf dem Forschungsmarkt in Halle 18 und **Future Energy Conversions: Applications of mobile / stationary fuel cells, electrolyzers, and reformers** sowie **New Energy Systems** auf der internationalen Leitmesse der Energietechnik in Halle 7 ☞ Arno A. Evers FAIR-PR ☐ Achheimstr. 3, 82319 Starnberg ☎ (08151) 99892-3 ☐ -43

03.-14.04.00, Stralsund: 8th Stralsund Spring School on **Renewable energies and hydrogen technology** ☞ Fachhochschule Stralsund, Prof. J. Lehmann ☐ Schwedenschanze 15, 18435 Stralsund ☎ (03831) 45-6713 ☐ -6687

12.-14.04.00, Berlin: **Commercializing Fuel Cell Vehicles 2000** ☞ Intertech Conferences, Fr. Julie Bernier ☐ 19 Northbrook Drive, Portland, ME 04105, USA ☎ (001-207) 781-9800 ☐ -2150

28.-31.05.00, Québec (Kanada): **10. Jahrestagung der Canadian Hydrogen Association** ☞ Canadian Hydrogen Association, Prof. Tapan K. Bose ☐ P.O. Box 500, Trois-Rivières, Québec G9A 5H7, Kanada ☎ (001-819) 376-5139 ☐ -5164

11.-15.06.00, Peking (China): **13th World Hydrogen Energy Conference** ☞ China International Conference Center for Science and Technology (CICCST), WHEC 2000, Prof. Bao Deyou ☐ Room 772, 86 Xueyuan Nan Rd., Wie Gong Cun, Beijing 100081, China ☎ (0086-10) 62 18 01 45 ☐ 62 18 01 42

10.-14.07.00, CH-Luzern: **Fuel Cell 2000**, zusammen mit dem **4th European Solid Oxide Fuel Cell Forum** ☞ European Fuel Cell Forum ☐ Postfach 99, 5452 Oberrohrdorf, Schweiz ☎ (0041-56) 496-7292 ☐ -4412

03.-08.09.00, Noosa (Queensland, Australien): **International Symposium on Metal Hydrogen Systems — Fundamentals and Applications (MH 2000)** ☞ Griffith University, Dr. Evan Gray School of Science ☐ Brisbane, QLD 4111, Australien ☎ (0061-7) 3875-7240 ☐ -7656

11.-15.09.00, München: **Hyforum 2000**, The International Hydrogen Energy Forum 2000, Policy — Business — Technology ☞ Forum für Zukunftsentnergien ☐ Godesberger Allee 90, 53175 Bonn ☎ (0228) 95956-0 ☐ -50

Und dann war da noch...

Visionär: "Betrieben wird das Fahrzeug mit kondensiertem Wasserdampf, der in einen Tank am Boden des Fahrzeugs gefüllt wird." (Aus einem Bericht der *Salzburger Nachrichten* über die Vorführung des Nebus in Oslo; s. S. 1)

Anmerkung: *Zumindest bis 2004 wird Daimler-Chrysler wohl noch nicht so weit sein.*

Störfall: In Frankreich, Süddeutschland, Österreich und Nachbarländern kam es am 11. August zu einer kurzen Unterbrechung der Versorgung mit direkter Sonnenstrahlung durch einen undurchsichtigen Fremdkörper im Strahlengang. Der Vorfall, der beträchtliches öffentliches Interesse erregte, dauerte etwa zwei Minuten und kam nach Aussagen von Fachleuten nicht ganz unerwartet. Die Versorgung der Verbraucher konnte daher während dieser Zeit durch andere Systeme sichergestellt werden. Mit dem nächsten derartigen Ereignis ist in Deutschland nicht vor 2081 zu rechnen.

Anmerkung: *Der Vorgang ist auch als "Totale Sonnenfinsternis" bekannt und kommt in der Tat eher selten vor. Versorgungsprobleme grundsätzlicher Natur sind bei der Sonne erst in einigen Milliarden Jahren zu erwarten.*