

Wasserstoff die Energie für alle Zeiten

Konzept einer Sonnen-Wasserstoff-Wirtschaft

John O'M. Bockris Ph. D.

Professor of Chemistry
A. and M.
University of Texas

Dr. phil. Eduard W. Justi

Professor der Physik
Technische Universität
Braunschweig

mit Beiträgen von

Dr. P. Brennecke, Braunschweig
Prof. Dr. E. Broda, Wien
Prof. Dr. H. H. Ewe, Braunschweig
Prof. Dr. W. Heiland, Garching
Prof. Dr. Dr. H. W. Kuhn, Göttingen
Dipl.-Phys. H.-J. Selbach, Braunschweig

Wite

Technische Hochschule Darmstadt
Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften
Quantitative Wirtschaftspolitik



P476
4

Udo Pfriemer Verlag • München

Inhalt

Geleitwort	9
Kapitel 1: Untersuchung, Diagnose und mittelfristiger Gesundungsplan einer kranken Energiewirtschaft	13
Geringer Umwandlungswirkungsgrad als Hauptquelle der Verschwendung.	13
Kühlwassermangel begrenzt Neubau von Kraftwerken nahe Ballungszentren	20
CO ₂ -Überschwemmung der Atmosphäre droht mit tragischer Klimaverschlechterung	22
Langstrecken-Energietransport durch Druckgasleitungen bis achtmal billiger als durch elektrische Leitungen	28
Zahlreiche neue technisch-wirtschaftliche Möglichkeiten einer H ₂ -Wirtschaft. . .	32
Konkrete Struktur einer Wasserstoff-Wirtschaft	34
Mittelfristiger Übergang von einer H ₂ - zu einer Sonnen-H ₂ -Wirtschaft als stabiler Ordnung nach bisherigem Krisenmanagement	36
Schlußfolgerungen	40
Kapitel 2: Die Wasserstoff-Wirtschaft	43
Die Komponenten des Bankrotts	43
Das Medium der zukünftigen Energie	45
Die Wasserstoff-Wirtschaft	47
Wasserstoff contra Erdgas	48
Konsequenzen einer Wasserstoff-Wirtschaft	49
Ursprung des Konzepts einer Wasserstoff-Wirtschaft	50
Kapitel 3: Die für Forschung, Entwicklung und Aufbau einer neuen Energiebasis verfügbare Zeit	59
Die Erschöpfung der Brennstoffe	59
Energie und Lebensstandard	62
Die Verfügbarkeit von verschiedenen Energiequellen	65
Wasserfall-Elektrizität	65
Gezeitenenergie	65
Geothermische Quellen und Erdwärme	66
Windkraft	66
Sonnen-Energie	66
Der Termin der Erschöpfung der Weltvorräte an fossilen Brennstoffen	67
Mathematische Möglichkeiten für die Voraussage eines Quellentermins	70
Die Abschätzung der Erschöpfung einer Brennstoff-Lieferung	70
Die Zeitspanne für die Verwirklichung einer technologischen Veränderung	72
Grenzen des Wachstums	73
Wird es genügend Kernbrennstoff geben?	74
Werden die schnellen Brüder die Hoffnungen erfüllen?	75
Wohin mit der Abwärme?	76
Atomruinen bewachen oder Abwracken?	77
Bleibt Kernkraft billiger?	77
Der Zeitbedarf für den Aufbau einer reinen Atomwirtschaft	80
Eine reine Atomenergie-Wirtschaft bedarf der Ergänzung durch H ₂ -Wirtschaft . .	80

Die Politisierung der Kernenergie. Das neue Energieprogramm der Regierung	81
Schlußfolgerungen über Kernspaltungsenergie. Die 7 Empfehlungen des Ford-Foundation-Berichtes an die US-Regierung	82
Die kontrollierte Kernfusion*	83
Zusammenfassung und Ausblick	88
Kapitel 4: Energie-Umwandlung	91
Energie-Umwandlung statt Energie-Erzeugung	91
Direkte und indirekte Energie-Umwandlungen. E.D.U.-Matrix. Zweiter Hauptsatz	92
Ausgewählte Beispiele von E.D.U.-Effekten	99
Umwandlung (Konfektionierung) von Windkraft	100
Photovoltaische Stromerzeugung aus Sonnenlicht durch Sperrschichtzellen. . . .	105
Thermoelektrische Stromerzeugung durch Seebeck-Effekt	107
Erzeugung von Wasserstoff durch photochemische Zersetzung von Wasser (Photolyse) in pflanzlichen Organismen**	115
Erzeugung von Wasserstoff durch photochemische Zersetzung von Wasser (Photolyse) mittels monomolekularer Schichtverbände***	125
Kapitel 5: Sonnen-Energie. Grundsätzliche Überlegungen.	133
Leistung und Struktur der auf die Erde einfallenden Sonnenstrahlung	133
Bevölkerungszahl und Lebensstandard – Steigerung nur durch Sonnenenergie . .	141
Benutzung von Sonnen-Energie in kleinem Maßstab	141
Solare Wasserentsalzung und -absorption	146
Verschiedene Möglichkeiten der Sammlung und Umwandlung von Sonnenenergie	147
Grundlagen der Nutzung solar erzeugter ozeanischer Temperaturgradienten . . .	157
Grundlegende Eigenschaften der Silizium-Sperrschichtzellen	161
Grundlagen der Windenergie	172
Zusammenfassung der Schemata für die Sonnenenergie-Umwandlung	172
Kapitel 6: Sonnen-Energie: Entwicklung in Richtung Technik 173	173
Technologische Probleme der Preissenkung für terrestrische Si-Solarzellen	173
Beschreibung eines Si-Gießprozesses	180
Langlebige Hetero-Junction-Dünnschicht-Solarzellen aus CdS-Cu ₂ -xS	186
Betriebslebensdauer von CdS-Zellen	186
Herstellungsverfahren für Dünnschicht-Solarzellen aus CdS-Cu ₂ -xS	188
Solarthermische Kraftwerke mit optischen Konzentratoren	193
Das 1 MW _{el} solarelektrische Wärmekraftwerk mit Zentralturm der EWG	195
Die 400 kW _{th} -Hochtemperatur-Solar-Versuchsanlage des Georgia Tech in Atlanta USA	201
Solkraftanlagen in den USA	203
Geplante Solarkraftwerke für höhere Leistungen in den USA	204
Die Möglichkeit der Einsammlung von Sonnenenergie durch Satellitenplattformen (SSPS)****	207
Kapitel 7: Methoden für die Überführung von Energie auf große Entfernungen	213
Direkte elektrische Überführung	214

* Verfasser: Dr. habil. Werner Heiland, München-Garching, MPG

** Verfasser: Prof. Dr. Engelbert Broda, Wien, Universität

*** Verfasser: Prof. Dr. Hans Kuhn, Göttingen, MPG

****Nach Unterlagen von P. Gläser, A. D. Little & Co, Boston, Mass.

Übertragung durch gerichtete Mikrowellenstrahlung	216
Übertragung durch Wasserstoff	216
Unterschiede von für Erdgas oder für H ₂ ausgelegten Druckgasrohrnetzen	218
Bereits betriebene H ₂ -Rohr-Leitungsnetze*	223
Investitions- und Betriebskosten einer H ₂ -Transport- und Speicherröhre**	226
Können die vorhandenen CH ₄ -Rohrleitungen für H ₂ eingesetzt werden?***	233
Verteilung von Druck-H ₂ in transportablen Stahlbehältern	233
Benutzung von Metallhydriden zum Transport von H ₂	237
Energie-Speicherung und -Übertragung mit Flüssig- und Matsch-H ₂	237
Schlußfolgerungen	239

Kapitel 8: Die Erzeugung von Wasserstoff aus Wasser im großen Maßstab****

Thermodynamik der Wasserzersetzung	241
Aufbau von technischen Wasserelektrolyseuren	245
Verbesserungsmöglichkeiten und neuartige Elektrolyse-Verfahren	251
Die ELOFLUX-Wasserelektrolyse-Zelle	257
Thermochemische Kreisprozesse	264
Schlußfolgerungen	266

Kapitel 9: Die Speicherung von Wasserstoff*****

Thermische Energiespeicherung	267
Elektrochemische Energiespeicherung	270
Supraleitende Magnete	270
Energiespeicherung mit Schwungrädern	270
Speicherung von Wasserstoff	271
Speicherung von gasförmigem Wasserstoff	271
Speicherung von tiefkaltem Wasserstoff	273
Physikalisch oder chemisch gebundener Wasserstoff	281
Schlußfolgerungen	288

Kapitel 10: Sicherheitsaspekte

Sicherheits-Richtlinien für Wasserstoffanlagen	289
	293

Kapitel 11: Wege der Umwandlung und Nutzung von Wasserstoff*****

Der chemische Konverter	297
Andere Verbrennungsmaschinen	298
Dampfturbinen mit Zweistoff-System H ₂ O/NH ₃	300
Hochreversible Verstromung von H ₂ mittels H ₂ O. Brennstoffzellen	302
Schematischer Aufbau einer H ₂ -O ₂ -Brennstoffzelle	303
Alkalische Niedertemperatur-Brennstoffzellen mit Raney-Katalysatoren	306
Mitteltemperatur-Brennstoffzellen mit Phosphorsäure-Elektrolyt	310
Schlußfolgerungen	315

* Nach Unterlagen von Chr. Isting und B. Thier, CWH, Hülshorst

** Nach Unterlagen von K. Baumgärtner und R. Kipker, Messer-Griesheim GmbH, Düsseldorf

*** Nach Unterlagen v. R. Kipker, Messer-Griesheim GmbH, Gasabteilung, Düsseldorf

**** Verfasser: P. Brennecke, Braunschweig, TU

***** Verfasser: H. H. Ewe, H.-J. Selbach, Braunschweig, TU

***** Verfasser: Prof. Dr. habil. H. H. Ewe, Braunschweig, TU

Kapitel 12: Folgerungen aus der Verfügbarkeit enormer Mengen von Wasserstoff	317
Metallurgie	317
Eisen-Metallurgie	317
Andere metallurgische Prozesse	321
Andere industrielle Anwendungen	321
Verkehr auf Schiene und Straße	323
Wasserstoff als zukünftiger Treibstoff im Luftverkehr	324
Wasserstoff im Haushalt	325
Weitere Bemerkungen über die häusliche Energieversorgung	326
Erzeugung elektrischer Energie aufgeschlüsselt	327
Elektrische Energie-Speicherung	329
Wasserstoff für Lebensmittelherstellung	329
Fäkalien und Müll	330
Der Preis des Wasserstoffs	330
Einführung in die Anwendung von Sauerstoff	331
Anwendungsmöglichkeiten von O ₂	331
Umkehrung der Pollution	332
Müll und Abfälle	333
Weitere Anwendungen	333
Kapitel 13: Transportwesen	335
Straßen-Kraftverkehr mit Wasserstoff als Treibstoff	335
Geschichte des auf Wasserstoff gegründeten Transportwesens	339
Die USA-Grenzwerte für Luftverunreinigung und die Wasserstoff-Automobile	342
Der gegenwärtige Wasserstoff-Motor für Automobile	344
Sicherheit	344
Der Preis des Flüssigwasserstoffs („LH2“)	348
Schlußfolgerungen über den Betrieb von Straßenfahrzeugen mit H ₂ als Treibstoff	351
Vorzüge des Wasserstoffs als Treibstoff für Flugzeuge	351
Hyperschall-Flugzeuge	354
Kühlung des Flugzeug-Gerippes	355
Kostenvorausschätzungen	357
Bereits vorliegende Erfahrungen über Flugtransport mit H ₂ -Antrieb	358
Negative Aspekte des Übergangs von Benzin zu H ₂ als Flugzeug-Treibstoff	359
Mögliche Neuentwürfe für Überschall- und Hyperschalltransport	361
Kapitel 14: Umweltprobleme	363
Rohstoffvorräte und Wasserstoff-Wirtschaft	363
Einwirkungen auf die Umwelt	365
Allgemeine Diskussion	367
Zusammenfassung über die Umwelteinflüsse einer H ₂ -Wirtschaft	368
Anmerkungen zu Kapitel 1–14	371
Suchwörterverzeichnis	393