

## BioKernSprit - Trilogie - Dritter Teil "Sprit"

Energie für Mobilität – Gas und Öl - kommt bisher aus Ländern, die politischen Schwankungen unterliegen, Vorräte gehen zur Neige. Die Preise steigen. Die Umwelt leidet. Da kann es nicht beim „Weiter so!“ bleiben. Elektro-Autos, Hybrid-Antriebe, Stirling-Motoren oder Brennstoffzelle können nur einen Teil unseres mobilen Energiebedarfes decken. Da bleibt genug Raum für eine Lösung, die das Problem ganzheitlich angeht, deutsche Ingenieurkunst einsetzt und Pioniergeist bei nachwachsenden Energiepflanzen nutzt. Die Chancen katastrophenfrier Kerntechnik werden unvoreingenommen einbezogen und subsidiäre, dezentrale Versorgung gegen monopolistische Strukturen gestellt. Während in China nun der Weiterbau des Kugelbett-Ofens fortschreitet, wird in anderen Ländern gezögert, bei uns gar gestoppt. Aber deutsche Erfahrungen sind die gründlichsten: nicht nur die Physik, auch die Bauform und viele andere Details sind wichtig. Das kann uns den Vorsprung sichern. Die Wirtschaftlichkeit ist hier nachgewiesen: der Sprit wird deutlich billiger als heute. Unter Mitwirkung von Prof. Dr. Vollrath Hopp werden in diesem Band der Trilogie die chemischen Prozesse, Verfahren und alle technisch/wirtschaftlichen Aspekte umfassend dokumentiert und verständlich dargelegt.



### Jochen K. Michels

Neben seiner Tätigkeit als Unternehmensberater hat sich der Autor und Herausgeber zur Aufgabe gesetzt, ein Verfahren zu einer umweltfreundlichen, nachhaltigen und sicheren Treibstoff-Versorgung vorzuschlagen. Als Wirtschafts-Ingenieur zieht er alle erreichbaren Quellen zu Rate, prüft sie auf Schlüssigkeit und unterbreitet sie der Diskussion.



978-3-639-45858-9

BioKernSprit Teil III "Sprit"



Jochen K. Michels (Hrsg.)

## BioKernSprit - Trilogie - Dritter Teil "Sprit"

Mobile Energie aus Bioabfall mit GAU-freier  
Kernenergie

Michels (Hrsg.)

 AkademikerVerlag

Jochen K. Michels

# **BioKernSprit**

**Mobile Kraft**

**aus**

**Bioabfall,**

**Kohle**

**und**

**Kernenergie**

Sprit aus Biomasse, mit Kernwärme erzeugt

Trilogie: Teil III - Sprit

2. Auflage 2013

Stand Februar 2013

## **Geleitwort zur ersten Auflage von BioKernSprit**

Die wirtschaftliche Entwicklung ist ohne Energie nicht denkbar. Die Energieversorgung der Zukunft muss jedoch folgende Probleme gleichzeitig lösen:

Die Weltbevölkerung und ihre wirtschaftliche Entwicklung steigen und damit der Energiebedarf, gleichzeitig soll die Versorgung mit Energie jedoch zuverlässig, umweltschonend, nachhaltig und effizient sein und natürlich in ausreichenden Mengen preisgünstig zur Verfügung stehen.

Dies zu verwirklichen entspricht einer wirtschaftlichen Revolution und beeinflusst alle Bereiche des Lebens. Wir müssen alle umdenken, sparsamer mit Energie umgehen und die F&E Arbeiten erheblich intensivieren, um schnelle Fortschritte zu erzielen. All dies wird nur gelingen, wenn man nicht ideologisch verbohrt, sondern technikfreundlich und sachlich an die Probleme herangeht.

Dieses Buch ist ein Beitrag in diese Richtung und ich wünsche dem Verfasser ein großes Interesse an dem Buch.

Prof. Dr. Peter Kausch

## **Geleitwort zur 2. Auflage BioKernSprit – Teil III Sprit**

Zurzeit wird die Erdoberfläche von ca. 7 Milliarden Menschen bevölkert. Sie alle benötigen Nahrung, hygienisch einwandfreies Trinkwasser und wetterangepasste Wohnungen. Dafür müssen ausreichende Grundnahrungsmittel, d. h. physiologische Energie, technische Nutzenergie und Süßwasser bereit gestellt werden. Energie- und Wasserversorgung hängen unmittelbar eng miteinander zusammen.

Das vorliegende Buch BioKernSprit befasst sich mit aktuellen Problemen einer ausreichenden Energieversorgung – speziell für Mobilität in Deutschland aber auch weltweit. Die Begriffe Erneuerbare Energien und Energiewende sind besonders in Deutschland und Europa zu geflügelten Worten geworden. Ausgelöst und geprägt sind sie von polit-ideologischen Diskussionen auf nationaler Ebene und in internationalen Organisationen und Gremien.

Seit den Kernreaktorunfällen 1986 in Tschernobyl, in der ehemaligen Sowjetunion, und 2011 in Fukushima, Japan, geriet die Kernenergie in scharfe Kritik. Nüchterne technische Analysen ergaben, dass nicht die Kernenergie als solche versagt hatte, sondern die Menschen, in deren Obhut die Bedienung und Wartung lagen. Es wurden nicht alle technischen Vorgaben und Auflagen eingehalten, wie sie von den Planern vorgesehen waren. Weltweit, auch in Nachbarstaaten Deutschlands, werden weiter Kernkraftwerke errichtet. Nur Deutschland ist dabei, Hals über Kopf aus

der Kernenergie auszustiegen, obwohl in diesem Lande die bisher sichersten Anlagen gebaut worden sind.

In den letzten Jahrzehnten haben einige Klimaforscher ausgemacht, dass durch zunehmendes Kohlenstoffdioxid ein Klimawandel in unserer erdnahen Atmosphäre ausgelöst wird. Bekannt ist allerdings, dass Wetter und Klima im steten Wandel begriffen sind, soweit die Menschen ihre Geschichte zurück verfolgen vermögen. Obwohl unter Klimaforschern über einen Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub>-Zunahme in ihrer Erdatmosphäre und einer Erwärmung noch kontrovers diskutiert wird, hat sich diese Thematik politisch verselbständigt und wird von bestimmten Ökologen zweckorientiert interpretiert.

Die fossilen Rohstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas und das durch ihre Verbrennung freigesetzte Kohlenstoffdioxid sind als Energieträger ebenfalls in Verruf geraten. Kohlenstoffdioxid wurde zum Klimakiller gebrandmarkt. Dagegen ist es als ein relativ reaktionsträges Gas zusammen mit Wasser die Grundlage für die Entstehung von biologischen Systemen auf unserer Erde schlechthin. Die Fotosynthese belegt das!

Es wird derzeit nach Auswegen gesucht, Kernenergie und die fossilen Energieträger durch Erneuerbare Energien zu ersetzen. Der Autor widmet sich in der vorliegenden 2. Auflage kritisch der Kernenergie, der Windenergie, der Wasserstofftechnologie und den Möglichkeiten der Hydrierung von Kohlenstoffdioxid zu Kohlenwasserstoffen. Aber auch Verfahren zur Umwandlung von Getreide und Mais in Biosprit und Biogas werden be-

sprochen. Grundnahrungsmittel für Kraftstoffe zu missbrauchen, ist in einer immer noch hungernden Welt frevelhaft und demokratischer Nationen nicht würdig.

Bekannt ist, dass elektrische Energie im großen Maßstab nicht speicherbar ist. Durch Windenergie erzeugte überschüssige elektrische Energie soll als aus Wasser mittels Elektrolyse freigesetztem Wasserstoff,  $H_2$ , gespeichert werden. Es gibt aber noch keine Materialien, um Wasserstoff als eines der kleinsten Moleküle dauerhaft ohne Verluste in entsprechenden Behältern zu speichern.

Solarenergie wird nur in den Regionen als technische Nutzenergie aktiviert werden können, in denen die Sonnenstrahlung intensiv genug und von zuverlässig langer Dauer ist. Außerdem wird zum Einfangen der Solarstrahlen sehr viel Landfläche zum Anordnen der Absorptionsspiegel benötigt.

Eine kritische Betrachtung der Erneuerbaren Energien zeigt, dass es gegenwärtig noch keine Lösung gibt, die fossilen Energieträger wie Kohle, Erdöl, Erdgas und auch die Kernenergie durch Erneuerbare Energien zu ersetzen. Wasserkraftwerke sind allerdings eine Ausnahme, doch sie sind an ausreichende Wassergefälle gebunden.

Wie doppelzünftig man in der Energiedebatte international oft argumentiert, wird in der Bezeichnung Klimakiller für Kohlenstoffdioxid deutlich. Wenn die Gefahr eines für die Menschheit bedrohlichen Klimawandels so dramatisch ist, wie die Regierun-

gen und die sie beratenden Klimaforscher warnen, dann müssten ab sofort alle Kriege eingestellt werden. Denn die durch Explosionen und Detonationen freigesetzten CO<sub>2</sub>-Mengen aus Munition, Bomben und Granaten sind ungeheuerlich. Über sie wird nicht berichtet. Darüber liegen allerdings auch keine Zahlen vor; sie ließen sich leicht abschätzen, denn die für Kriege verwendeten Mengen an Explosionsstoffen sind bekannt.

Die hier im Geleitwort kurz skizzierte Problematik über eine zukünftige Nutzenergiebereitstellung wird von dem Autor für interessierte Laien aber auch für Fachleute gut verständlich dargestellt. Sollte der Inhalt dieser Broschüre hitzige kritische Debatten auslösen, dann hat sie ihre Aufgabe erfüllt.

Prof. Dr.-Ing. Vollrath Hopp

Obmann der Fachgruppe Umweltmanagement

des Bezirksverein Frankfurt-Darmstadt des VDI

## **Zum Geleit – eine Zukunft der Kugelbett-Technik**

Vor ca. 50 Jahren war es das Genie von Professor Dr. Rudolf Schulten und die Einsicht von 15 Stadtwerken, die den GAU vorausschauend eindämmen wollten. Er ließ für die Konstruktion der Kugelbett-Öfen ausschließlich keramische Einbauten zu. Sie werden im Gegensatz zu den Meilern kontinuierlich von oben beladen und ebenso kontinuierlich nach unten entsorgt. Und sie können vor allem mit Thorium beschickt werden. Auch für die Endlagerung wurden keramisch verkapselte Panzerkörner mit einer Haltbarkeit für Millionen Jahre vorgesehen. Seit 1960 haben wir in Aachen und Jülich mit größten Erfolgen an den Kernreaktoren der vierten Generation geplant und gearbeitet.

In Deutschland kam es dann zu der Meinung, die in Amerika entwickelten Leichtwasserreaktoren seien sicher genug. Das aber hat sich im Laufe der Jahrzehnte als Irrtum erwiesen. Denn die Menschheit kann es sich nicht länger leisten, die Kernreaktoren mit großen Restriktionen beliebig zu vermehren.

Die Errungenschaften von Jülich sind bei uns von Anfang an verdrängt worden. Derzeit herrscht dazu bei uns noch immer eine Schweigespirale.

Die chinesischen Erfolge mit dem HT- Kugelbett- Ofen haben nun auch in Amerika eine Wende in der Erkenntnis gefördert. Wir brauchen in der Zukunft große Wasserstoffindustrien um hocheffiziente mobile Energiespeicher zu bekommen. Mit Hilfe von Kugelbettöfen, am besten mit Thorium befeuert, geht das am sichersten und schnellsten. Und eine Fülle von Wasserstoff kommt auch den nachwachsenden Brennstoffen und anderen erneuerbaren Energiequellen zugute. Durch Wasserstoffträger wie Ethanol, Methanol und Butanol können schon mittelfristig die notwendigen Energiespeicher und Rohstoffe für chemische Industrien entstehen.

Der Weg für eine wachsende Menschheit ist frei.

Hermann Josef Werhahn



# INHALT

<b>1</b>	<b>BIOKERNSPRIT</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Kraftstoff-Erzeugung mit Hochwärme</b>	<b>16</b>
1.1.1	Kraftstoff-Erzeugung	17
1.1.2	Umwelt-Einflüsse	17
1.1.3	Tankstellen	18
1.1.4	Fahrzeuge -Motoren	18
<b>1.2</b>	<b>Bioabfall – Bedarf, Verfügbarkeit, CO<sub>2</sub></b>	<b>18</b>
1.2.1	Sprit-Bedarfsmenge	18
1.2.2	Mengen und Vorräte	19
1.2.2.1	Bioabfall - Wald	19
1.2.2.2	Biomasse – Landwirtschaft	19
1.2.2.3	Kohle und sonstige Einsatzstoffe	20
1.2.2.4	Gewinnung und Transport	20
1.2.2.5	Wirtschaftlichkeits-Rechnung Bio-Sprit	21
<b>1.3</b>	<b>Hochtemperatur-Wärme und Strom</b>	<b>21</b>
1.3.1	Wärme-Erzeugung durch ungefährliche Reaktion	21
1.3.2	Rektoraufbau bietet Sicherheit	22
1.3.3	geschichtliche und politische Entwicklung	24
1.3.4	Stand der Forschung, Entwicklung und Nutzung	24
1.3.5	Sicherheit	25
1.3.5.1	Sicherer Reaktions-Prozess	25
1.3.5.2	Kein waffenfähiges Material (wie z.B. Plutonium)	27
1.3.5.3	Keine Terror- und Katastrophengefahr	27
1.3.5.4	Risiko-Versicherung	27
1.3.5.5	Versorgungs-Sicherheit	27
1.3.5.6	Lagerung von Abfällen und Reststoffen	28
1.3.6	Umwelt-Einflüsse	28
1.3.7	Kosten und Wirtschaftlichkeit	29
1.3.7.1	Investition, Bauphase inklusive Rückbau	29
1.3.7.2	Kosten der Brennstoffe	29
1.3.7.3	andere Betriebskosten	30
1.3.7.4	Wirtschaftlichkeits-Rechnung HTR (siehe Anhang)	30
1.3.7.5	Dualer Vorteil Wärme und Strom	30
1.3.7.6	Kosten der Verteilung – die Netze	31
<b>1.4</b>	<b>Komplette Energie-Bilanz</b>	<b>32</b>
<b>2</b>	<b>DOKUMENTATION UND BEWERTUNG</b>	<b>34</b>
<b>2.1</b>	<b>Bedarf an Treibstoff</b>	<b>35</b>
2.1.1	Prognose des Mineralöl-WV zum Treibstoffverbrauch	35
2.1.2	Treibstoff-Verbrauch nach UPI	39

# Sprit mit Kernwärme aus Biomasse und Kohle

<b>2.2</b>	<b>Biokraftstoffe</b>	<b>40</b>
2.2.1	Visionen werden wahr (Claas Vision)	40
2.2.2	Rapsöl – die Alternative auch für den kleinen Bereich.	43
2.2.2.1	Aufbruchstimmung in der Landwirtschaft.	45
2.2.3	CO <sub>2</sub> als Rohstoff	45
<b>2.3</b>	<b>Energie-Arten, -Quellen, -Speicher</b>	<b>52</b>
2.3.1	Eckdaten, Einheiten, Dimensionen, Umrechnung	55
2.3.2	Kohlenstoffdioxid, Wetter, Klima, Leben	57
2.3.3	Bioenergie – Begriffe und Verwendung	62
2.3.3.1	Modifiziert nach C.A.R.M.E.N e.V.:	62
2.3.3.2	Bioenergie und Nahrungsmittel (n. Prof. V. Hopp)	62
2.3.3.3	Bioenergie und Nahrungsmittel	72
2.3.3.4	Europäische Energiepolitik.	78
2.3.3.5	Biogas - H <sub>3</sub> C-OH	78
2.3.4	Well-to-Wheel	85
2.3.5	Bio-Ethanol und Bio-Diesel	85
2.3.6	ADAC nimmt Stellung am 22. Okt. 2009	86
<b>2.4</b>	<b>Synthetische Spritgewinnung</b>	<b>87</b>
2.4.1	Kohleverflüssigung	87
2.4.1.1	Wasserstoffherstellung	88
2.4.1.2	Methanol-Herstellung	101
2.4.1.3	Synthetisches Benzin	113
2.4.1.4	Hydrierung, ihre Reaktionen	128
2.4.1.5	Das Bergius-Pier-Verfahren (aus Wikipedia)	131
2.4.1.6	Die Fischer-Tropsch-Synthese (VW AG)	132
<b>2.5</b>	<b>Tankstellen und Autos für Ethanol-Antrieb</b>	<b>169</b>
2.5.1	Tankstellen-Netz fast wie heute	169
2.5.2	Autos - heutige Angebote	170
<b>2.6</b>	<b>Verschiedene Quellen zur weiteren Information</b>	<b>172</b>
<b>3</b>	<b>TABELLEN-ANHANG</b>	<b>173</b>
<b>3.1</b>	<b>Wirtschaftlichkeits-Rechnung Hydrierwerk</b>	<b>174</b>
<b>3.2</b>	<b>MWV Prognose Treibstoff-Verbrauch in Deutschland bis 2025</b>	<b>177</b>
<b>3.3</b>	<b>Treibstoff-Verbrauch bis 2005 nach UPI - Umwelt- und Prognose-Institut e.V</b>	<b>178</b>
<b>3.4</b>	<b>Basisdaten Biokraftstoff</b>	<b>179</b>

## ABBILDUNGEN

Abb. 1 Treibstoff-Verbrauch in Deutschland .....	36
Abb. 2 Inlandabsatz Ottokraftstoff.....	37
Abb. 3 Inlandabsatz Diesel .....	38
Abb. 4 Hopp: Der aerobe und der anaerobe Abbau von Polysacchariden	47
Abb. 5 Hopp: Einige berechnete und geschätzte Daten der Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> ) bzw. Kohlenstoff-Emissionen bzw. Absorptionen in Natur und Technik .....	50
Abb. 6 Zusammenhang zwischen Sonnen-, physiologischer.....	54
Abb. 7 Hopp, V. (1997) Stoff- und Energie-Umsatz, Obere Heizwerte bzw. Energiedichten einiger Energieträger: Praktisches Chemiewissen für Ingenieure, VCH Verlagsges. GmbH, Weinheim .....	56
Abb. 8 Sonnen-Energie und Gase im Erdmantel .....	58
Abb. 9 Kohlenstoffzyklus in der Natur .....	59
Abb. 10 Folgen der Eiszeiten in Europa Quelle: Wikipedia.....	60
Abb. 11 Die Neigung der Erdachse, Präzession, Umlaufbahn .....	61
Abb. 12 Umwandlung chemischer Energie in Wärme bzw. Bewegungsenergie .....	64
Abb. 13 Lit: Hopp, V. (2004) Wasser-Krise? Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2. Auflage in Vorb. ....	70
Abb. 14 Biogasanlagen – Anzahl und Entwicklung der el. Leistung .....	83
Abb. 15 Autotherme Reformierung .....	92
Abb. 16 Die energetische Solarstrahlung.....	98
Abb. 17 Ruine einer Anlage in Police (Polen) auf dem Gelände der ehemaligen Hydrierwerke Pölitz AG.....	119
Abb. 18 Leuna-Tanksäule vor den Ruinen der Dresdner Lukaskirche.....	120
Abb. 19 Leuna-Werke .....	121
Abb. 20 Beispiele für selektiv katalytische Reaktionen des Synthesegases .....	135
Abb. 21 Skizze des Fischer-Tropsch-Verfahrens von 1943 .....	137
Abb. 22 Foto- und Methanolsynthetische Abläufe .....	160
Abb. 23 MWV Prognose zum Treibstoff-Verbrauch .....	177
Abb. 24 UPI Prognose zum Treibstoff-Verbrauch .....	178

## **Vorwort zur 1. Auflage**

Um der Wahrheit die Ehre zu geben: Die Idee stammt nicht von mir, sie wurde mir eher beiläufig bekannt. Aber sie faszinierte! Ist „BioKernSprit“ irgendwie realisierbar? Das war die Frage.

So begann das Recherchieren. Als Laie auf den hier berührten Gebieten, wie:

Autos und Motoren

Tankstellen und Transportnetze

Landwirtschaft und Forstwirtschaft

Logistik und Sammelstrukturen

Umwelt, Lärmschutz, Landschaftsbild

Stromnetze und Energie-Erzeugung

Hoch-Temperatur, Prozesswärme, Thermodynamik

Hydrierverfahren, Fischer-Tropsch, Bergius,

Kernenergie, Physik und Strahlen

Atompolitik, Energiepolitik

war von Grund auf anzufangen. Den oft interessen- oder angstgeleiteten Äußerungen wollte ich nicht folgen. Und da kamen zur Hilfe nicht nur das Internet, Wikipedia und viele einschlägige Websites – sondern auch Verbände und Institutionen wie Greenpeace, Atomforum, Kerntechnische Gesellschaft, ADAC, halbstaatliche oder freie Agenturen, zum Beispiel für nachwachsende Rohstoffe. Auch Unternehmen, wissenschaftliche und europäische Institute, Professoren, Wissenschaftler und Ingenieure ließen mir freigiebig ihre Erkenntnisse zukommen.

Ihnen allen gebührt aufrichtiger Dank!

Jochen Michels

## **Vorwort zur 2. Auflage**

Die erste Auflage war vor allem eine Sammlung einschlägiger Dokumente. Sie sollte zeigen, dass es nicht um versponnene Ideen geht, sondern um die Kombination bekannter, erprobter Techniken und Verfahren zu einem nützlichen Produkt. „Mobile Energie“ ist ein gerade auch in Deutschland dringend notwendiges Treibmittel für vielerlei private, wirtschaftliche und kulturelle Bedürfnisse.

Diese zweite Auflage soll den Zugang zu diesem Wissen erleichtern. Die drei Themen: Biomasse, Kernenergie und Hydrier-Sprit werden in drei Bänden erörtert. Sie sollen es Jeder und Jedem erlauben, sich auf das zu konzentrieren, was sie am besten verstehen und woran sie am meisten interessiert sind.

Zwischen den drei Teilen gibt es viele Querbezüge. Wir versuchen, diese durch Verweise und Fußnoten zu bewältigen.

Insgesamt soll diese Trilogie einen Schritt in Richtung Machbarkeitsstudie gehen. Wo genaue Angaben nicht zu beschaffen waren, wird mit einer Mini-Max-Abschätzung versucht, Plausibilität und Realität belastbar einzugrenzen. Die Wirtschaftlichkeit wird mit Analogschätzungen umrissen, denn bisher fand sich kein Experte, der bereit war, die Kosten einer Hydrieranlage oder eines Kugelbettofens in Kapital, Kosten und Erträgen zu beziffern. Die Verfügbarkeit und Organisation von Rohstoffen, Produktionsmitteln und Fachkräften wurde auf ähnliche Weise quantifiziert.

Die Angaben sind über die Websites [www.biokernsprit.org](http://www.biokernsprit.org) und [www.kugelbett-ofen.de](http://www.kugelbett-ofen.de) sowie im XING-Forum „Biokernsprit“ jeder interessierten Person zugänglich. Für die Entdeckung von Fehlern haben wir einen Buchpreis ausgelobt und bitten ausdrücklich um Kommentare, Einwände und Korrekturen an die

Email **jochen.michels@jomi1.com**. Da diese bisher kaum eintrafen, sind wir sicher, keine groben Fehler gemacht zu haben.

Im ersten Teil „Bio“ werden auch die sozialen und ethischen Aspekte für die Kerntechnik und Bioabfall angesprochen. Der Frage, ob CO<sub>2</sub> eine Gefahr und das Klima von Menschen zu beeinflussen ist, wollen wir nicht nachgehen. Dazu gibt es Berufene. Jedenfalls vertreten wir Verfahren, die möglichst wenig CO<sub>2</sub> freisetzen, weil daran in den nächsten Jahrzehnten kein Mangel zu bestehen scheint.

Dass wir in Deutschland heute keine sofortige Kern-Energie-Nutzung aufbauen können, ist uns bewusst. Die erste Realisierung wird wohl in China stattfinden. Nicht selten wurden ja große deutsche Erfindungen erst im Ausland umgesetzt. Doch könnte die Auto-Nation Deutschland auch Gefallen an dieser Art von Treibstoff-Erzeugung finden!

Der zusammenfassende Vorspann entspricht der kostenlosen Broschüre, die man von [www.biokernsprit.org](http://www.biokernsprit.org) downloaden kann.

Diese Trilogie soll helfen, offene, auch kritische Fragen gezielter anzugehen. Meist wurde freiverfügbares Material recherchiert und geordnet. Nur die finanziellen und wirtschaftlichen Berechnungen entspringen eigener Überlegung.

Besonders dankenswert ist, dass in Prof. Dr. Vollrath Hopp ein verantwortungsbewußter Wissenschaftler der Chemie bereit war, unsere generellen Darstellungen mit seiner fachlichen Kompetenz aufzuwerten. Ihm möchte ich an dieser Stelle meinen ganz besonderen Dank aussprechen. Weiterer Dank geht an die vielen – auch ungenannten - Mit-Autoren und Berater für ihre viele wertvollen Informationen und Recherchen.

Jochen Michels.

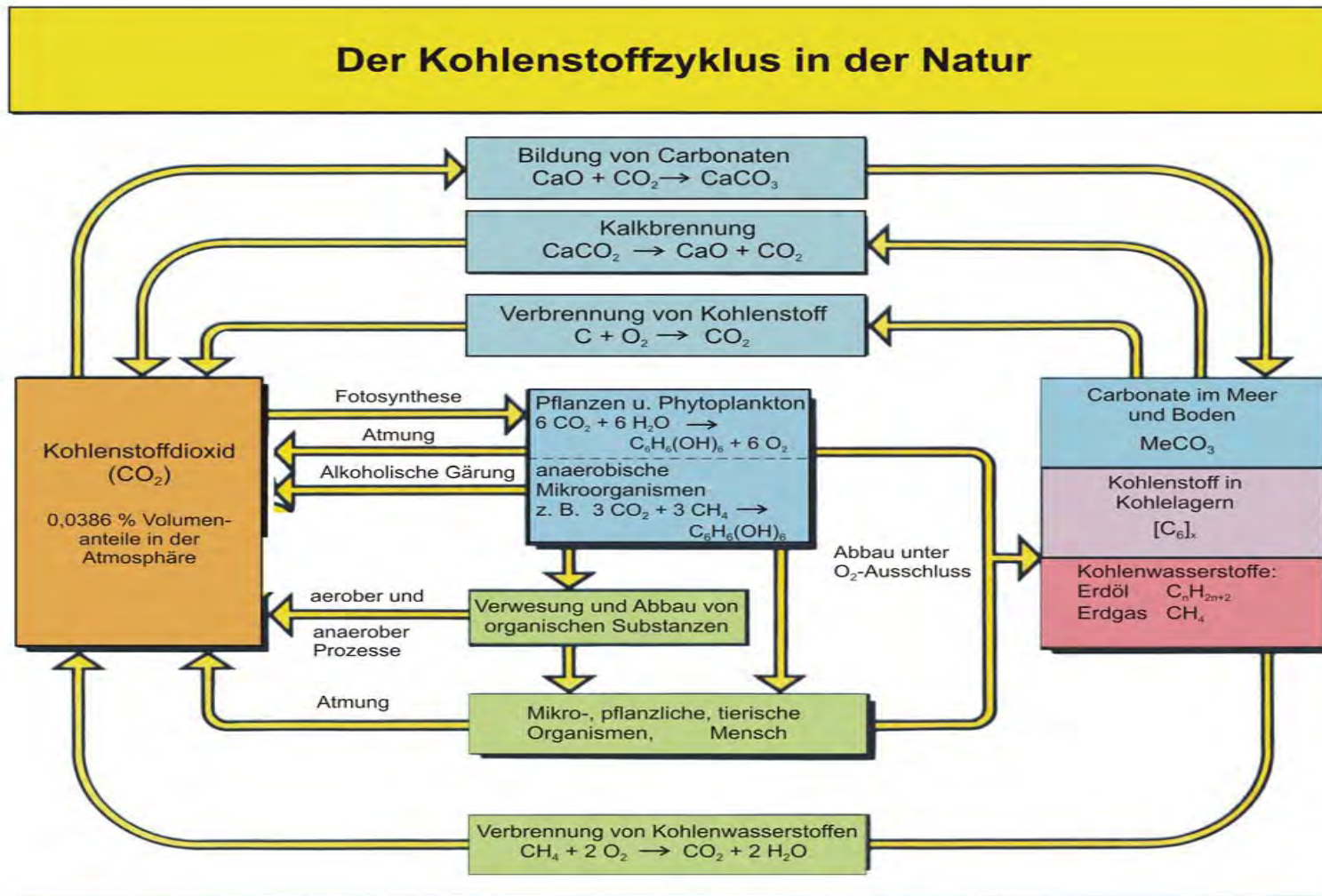


Abb. 9 Kohlenstoffzyklus in der Natur

Vor 10.000 Jahren war ganz Norddeutschland noch von Eisgletschern bedeckt. Zwischen England und dem europäischen Festland gab es eine Landverbindung. Die heutige Norddeutsche Endmoränenlandschaft ist die Folge des Abschmelzens dieser Eisschicht und des Klimawandels. Es gab Zeiten, da florierte in Mecklenburg der Anbau von Weinreben.

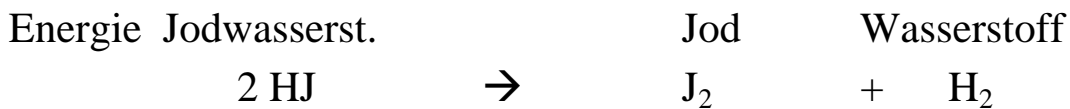
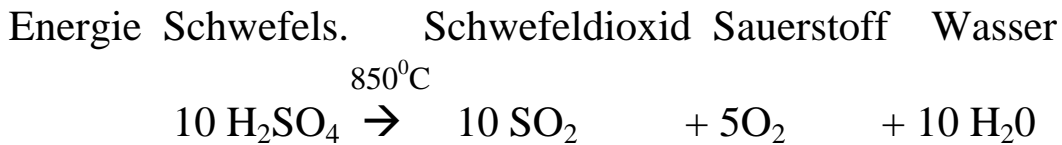
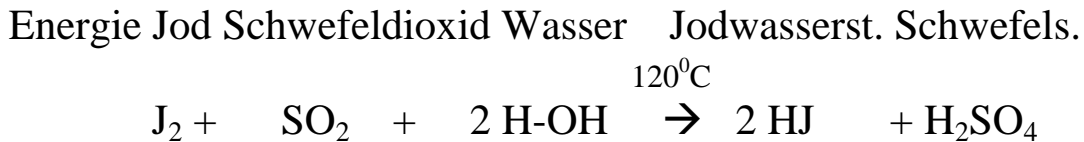
### **Wetter und Klima**

Wetter ist der augenblickliche Zustand der Atmosphäre als Folge von Wechselwirkungen zwischen Stoffen und einer besonderen Energieform: der Wärmeenergie, die sich in Temperaturgraden erfassen lässt. Die Stoffe dienen dem Wärmetransport. Stoff- und Wärmeströmungen werden maßgeblich beeinflusst durch Sonnenenergie, die Erdumdrehung um die Sonne und die Eigenrotation.



Abb. 10 Folgen der Eiszeiten in Europa Quelle:Wikipedia





Den hohen thermischen Wirkungsgraden der thermochemischen Kreisprozesse (bis zu 50 %) müssen die heute noch weitgehend ungelösten material- und verfahrenstechnischen Schwierigkeiten gegenübergestellt werden.

Viele Metalloxide spalten bei sehr hohen Temperaturen Sauerstoff ab, und das entstehende Metall reagiert bei niedrigeren Temperaturen mit Wasser unter Rückgewinnung des Oxids und Erzeugung von Wasserstoff. Mehr als 300 Varianten dieser thermochemischen Prozesse sind bekannt. Einige davon, zum Beispiel das Zink-Zinkoxid-Verfahren oder das Cer(III)oxid-Cer(IV)oxid-Verfahren, werden als technologisch vielversprechend untersucht.

### **Fotobiologische Herstellung**

Bei der fotobiologischen Herstellung von Wasserstoff kann ebenfalls das Sonnenlicht als Energiequelle genutzt werden. Algen müssen dazu in Wasserstoffbioreaktoren kultiviert werden. Durch Beeinflussung der von ihnen betriebenen Fotosynthese wird Energie nicht in Biomasse gespeichert, sondern zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff verwendet. Dieser Pro-

## **2.6 Verschiedene Quellen zur weiteren Information**

### **2050 können erneuerbare Energien in Deutschland 50 % des Primärenergiebedarfs decken**

<http://www.jee.info> – **Jahrbuch Erneuerbare Energien 2007**  
Das umfassendste Nachschlagewerk zur klimafreundlichen Energieversorgung - Copyright (c) 1998 - 2008 scinexx Springer Verlag, Heidelberg - MMCD interactive in science, Düsseldorf

Staiß, Frithjof: **Jahrbuch Erneuerbare Energien 2007** mit CD-ROM / Prof. Dr. rer. pol. Frithjof Staiß. Hrsg.: Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg. Radebeul : Bieberstein, 2007. ISBN 978-3-927656-19-2. 476 Seiten, 450 Grafiken und Tabellen.

Das neue „Jahrbuch Erneuerbare Energien 2007“ des Autors Prof. Dr. Frithjof Staiß vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) liefert jetzt Hintergrundinformationen und statistische Daten zu der sich ausweitenden Erfolgsgeschichte. Die vierte Ausgabe des Standardwerks enthält die derzeit umfassendste Analyse der Sachgebiete - inklusive der internationalen Entwicklung. Es wendet sich an alle, die mit regenerativen Energien zu tun haben.

Es ist ein Nachschlagewerk bei allen Fragen zu zukunftsfähigen Energien. Es richtet sich an Fachleute in Wirtschaft, Wissenschaft, Politik, Verbänden und Interessengruppen sowie die interessierte Öffentlichkeit. Preis 24,95 Euro, mit Tabellen und Grafiken auf CD-ROM 35,20 Euro.

Weitere Informationen auch bei (Stand 15.Okt.08):

UFOP Tel. Frau B. Nimphy [info@ufop.de](mailto:info@ufop.de)

Haus der Land- und Ernährungswirtschaft

Claire-Waldoff-Str. 7 - 10117 Berlin

Telefon: 0 30 / 31 90 42 02 Telefax: 0 30 / 31 90 44 85

### 3 Tabellen-Anhang

In diesem Anhang ist die Wirtschaftlichkeitsrechnung für das Hydrierwerk gezeigt. Für die Wärmelieferung aus dem Kugelbett-Ofen ist eine entsprechende Berechnung im Teil II der Trilogie enthalten und in aktueller Fassung jeweils in der Kurzboschüre (kostenlos von [www.biokernsprit.org](http://www.biokernsprit.org)) downzuladen.

Für das Hydrierwerk werden in diesem Beispiel als Einsatzgüter verwendet:

- Abfallholz zu Euro 80 je Tonne
- Wasserstoff zu Euro 2,- je Liter flüssig
- Hochtemperatur-Energie zu Euro 0,031 Euro je kWh

Damit ergibt sich ein Preis je Liter Ethanol. von etwas über 40 Eurocent je Liter.

Da man für den gleichen Energie-Inhalt etwa 50 Prozent mehr Liter an Ethanol benötigt, wie bei Benzin oder Diesel, stellt sich das Liter Benzin-Äquivalent (das sind 1,5 Liter Ethanol) auf **0,70 Euro ab Werk** .

An der Tankstelle dürfte dieser Kraftstoff unter einem Euro kosten, wenn man die dann nicht mehr nötigen Steuern abzieht.

Denn für Ökosteuern, Energiesteuern und die darauf entfallende Umsatzsteuer entfallen weitgehend die Notwendigkeit und damit auch die Berechtigung.

### 3.1 Wirtschaftlichkeits-Rechnung Hydrierwerk

Hydrierwerk (Fischer-Tropsch)

für 0,7 Mrd. Liter Benzin-Äquivalen = 1 Mrd. Liter Ethanol pro Jahr

Investition		Euro	
Bauphase ca 5 Jahre		133.333.333	Bau-Vor-Finanzierung, Zinseszins
Baukosten komplett		400.000.000	Geschätzter Betrag
Nutzungsdauer (Jahre)		30	Jahre
Abschreibung pro Jahr		17.777.778	Bau und Vorfinanzierung ca. 533 Mio.
Zinsen pro Jahr	6%	16.000.000	6 % p.a. auf die halbe Investsumme
Gesamter Kapitaldienst		33.777.778	Zinsen und Abschreibung

Der erste Teil dieser Berechnung zeigt die Investitionsbeträge, Finanzierungskosten und die daraus folgenden Kapitaldienste der Produktionsjahre. Es werden 30 Jahre Betriebsdauer, fünf Jahre Bauzeit und 6 Prozent Zinsen angesetzt.

Insgesamt resultieren daraus etwa 34 Millionen Euro an jährlichen Kapitalkosten für Zins und Tilgung.

Betriebskosten		Euro	Bemerkungen
Kapitalkosten von obiger Tabelle		34.000.000	
Personal	70.000	7.000.000	100 Pers. à du 70.000 Brutto-Personalkost.
<b>Material- und Energie-Einsatz</b>			
<i>Jahresproduktion in Liter Ethanol</i>		1.000.000.000	
<i>Energieinhalt</i>		6	<i>kWh / je Liter</i>
<i>ergibt einen Gesamten Energie-Inhalt von</i>		6.000.000.000	<i>kWh, zu decken durch Holz mit</i>
		4.400	<i>kWh je to</i>
<i>erfordert Einsatzmaterial, hier am Beispiel Holz</i>		1.363.636	<i>Tonnen Holz und ausserdem</i>
<i>50 % zusätzliche Energie für Fischer-Tropsch</i>		3.000.000.000	<i>kWh Hochtemperatur-Prozessenergie</i>
das Holz kostet pro Jahr insgesamt		109.090.909	bei einem Preis von 80 Euro je Tonne
HT-Energie vom Kugelbett-Ofen		93.117.929	à 0,0310393 € /kWh th
Wasserstoff-Zufuhr für Bio-Hydrierung		100.000.000	Annahme: 5 Mio. Liter à 2 Euro je Liter
Sonstige Kosten		5.000.000	
Wartung	10%	40.000.000	jährlich 10 % der Investitionssumme
<b>Jahresgesamtkosten</b>		<b>387.986.616</b>	

Es werden 100 Personen à 70.000 Euro Jahres-Bruttokosten angesetzt. Für die anderen Werte sind mangels detaillierter Berechnungen vorsichtige Schätzwerte eingesetzt. Sie sind so großzügig bemessen, dass in der Praxis wohl eher mit niedrigeren Beträgen zu rechnen ist, womit sich die Wirtschaftlichkeit verbessern dürfte.

### Leistung

Produktion pro Jahr	1.000.000.000	1 Mio. Liter Ethanol entspr. ca. 700.000.000 Ltr. Benzin
davon Abfall, Schwund in Prozent	5,00%	
verbleibt nutzbare Menge (Liter Ethanol)	950.000.000	Die Herstellkost. ab Fabrik: ca. Euro 390 Mio. (s.o.)
<b>Preis pro Liter Ethanol ab Werk</b>	<b>0,4084</b>	
Preis pro Liter Benzin-Äquivalent	<b>0,6126</b>	50 % mehr, weil 50 Prozent mehr Liter nötig sind

Dividiert man die Jahres-Gesamtkosten der Hydrierproduktion, so werden pro Liter Ethanol rund 0,41 Cent fällig. Da Ethanol nur ca. 70 Prozent des Energie-Inhaltes von Diesel oder Benzin hat, benötigt man etwa 50 Prozent mehr Liter als bei diesen konventionellen Fossil-Treibstoffen.

Damit kostet das Liter Benzin – Äquivalent und 61 Eurocent ( für 1,5 Liter Ethanol).

Selbst wenn sich bei genauer Rechnung noch weitere Kosten herausstellen sollten, so ist – verglichen mit dem heutigen Preis für Kraftstoff noch ein Spielraum von ca. 50 Prozent nach oben gegeben.

Vorausgesetzt wird, dass die Besteuerung gegenüber heute drastisch ermäßigt wird, weil heutige Begründungen wie Öko, Energie, CO<sub>2</sub> entfallen.

### 3.2 MWV Prognose Treibstoff-Verbrauch in Deutschland bis 2025

#### Prognose des Mineralölverbrauchs in Deutschland bis 2025

(in Mio t)

Mineralölprodukte											Veränderungsraten in v.H.								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025	05/04	06/05	2007/05	2008/05	2009/05	2010/05	2015/05	2020/05	2025/05
+ Ottokraftstoffe	25,0	23,4	22,6	22,0	21,5	21,0	20,5	17,9	15,6	13,6	-6,4	-3,4	-5,9	-8,2	-10,5	-12,3	-23,5	-33,5	-42,0
+ Dieselmkraftstoff	29,9	29,7	30,2	30,6	30,8	31,2	31,3	30,5	28,6	26,0	-0,6	1,6	2,8	3,7	4,8	5,1	2,5	-3,9	-12,4
+ Heizöl, leicht	25,4	24,5	25,9	24,6	24,5	24,0	23,4	21,1	19,2	17,6	-3,8	5,9	0,5	0,3	-1,9	-4,4	-13,6	-21,3	-28,1
+ Heizöl, schwer / Rückst.	6,3	6,0	5,9	5,7	5,5	5,4	5,3	4,8	4,7	4,5	-3,5	-2,2	-5,1	-8,3	-10,9	-12,9	-19,8	-22,7	-25,0
+ Schmierstoffe	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-1,6	-0,7	-1,0	-1,7	-2,0	-2,5	-4,9	-6,3	-7,0
+ Rohbenzin	17,9	18,0	18,2	18,3	18,4	18,5	18,7	19,2	19,7	20,0	0,7	0,7	1,5	2,2	2,8	3,5	6,5	9,4	10,7
+ Flüssiggas	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,7	-0,2	0,5	1,1	1,7	2,3	5,9	7,9	10,6
+ Flugturbinenkraftstoff	7,5	8,1	8,5	8,9	9,3	9,7	10,1	11,1	11,7	12,3	7,6	4,5	10,1	15,0	20,0	24,9	37,5	44,8	52,4
+ Bitumen	2,7	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	7,5	3,2	3,8	4,2	4,8	4,6	4,6	4,3	4,0
+ Sonstige Produkte	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	-1,6	0,2	0,3	-4,8	-1,0	-1,2	-3,8	-5,0	-7,0
= Zwischensumme	<b>120,7</b>	<b>118,7</b>	<b>120,3</b>	<b>119,2</b>	<b>119,1</b>	<b>118,8</b>	<b>118,3</b>	<b>113,8</b>	<b>108,6</b>	<b>103,1</b>	<b>-1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,4</b>	<b>-4,1</b>	<b>-8,5</b>	<b>-13,1</b>
- Recycling	6,1	6,5	6,3	6,3	6,3	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	5,8	-3,0	-3,1	-3,2	-3,3	-3,4	-3,3	-3,7	-4,2
= Inlandsabsatz	<b>114,6</b>	<b>112,2</b>	<b>114,0</b>	<b>112,9</b>	<b>112,8</b>	<b>112,6</b>	<b>112,0</b>	<b>107,5</b>	<b>102,4</b>	<b>97,0</b>	<b>-2,1</b>	<b>1,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>-0,2</b>	<b>-4,2</b>	<b>-8,8</b>	<b>-13,6</b>
+ Raffinerie EV	7,3	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0	7,0	6,9	6,8	6,8	2,6	-2,4	-3,9	-4,0	-5,4	-5,5	-7,3	-8,3	-9,1
= Inlandsbedarf	<b>121,9</b>	<b>119,7</b>	<b>121,3</b>	<b>120,1</b>	<b>120,0</b>	<b>119,6</b>	<b>119,0</b>	<b>114,4</b>	<b>109,2</b>	<b>103,7</b>	<b>-1,8</b>	<b>1,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>-0,1</b>	<b>-0,5</b>	<b>-4,4</b>	<b>-8,8</b>	<b>-13,3</b>

Abb. 23 MWV Prognose zum Treibstoff-Verbrauch

### 3.3 Treibstoff-Verbrauch bis 2005 nach UPI - Umwelt- und Prognose-Institut e.V

Quelle: UPI - Umwelt und Prognose Institut

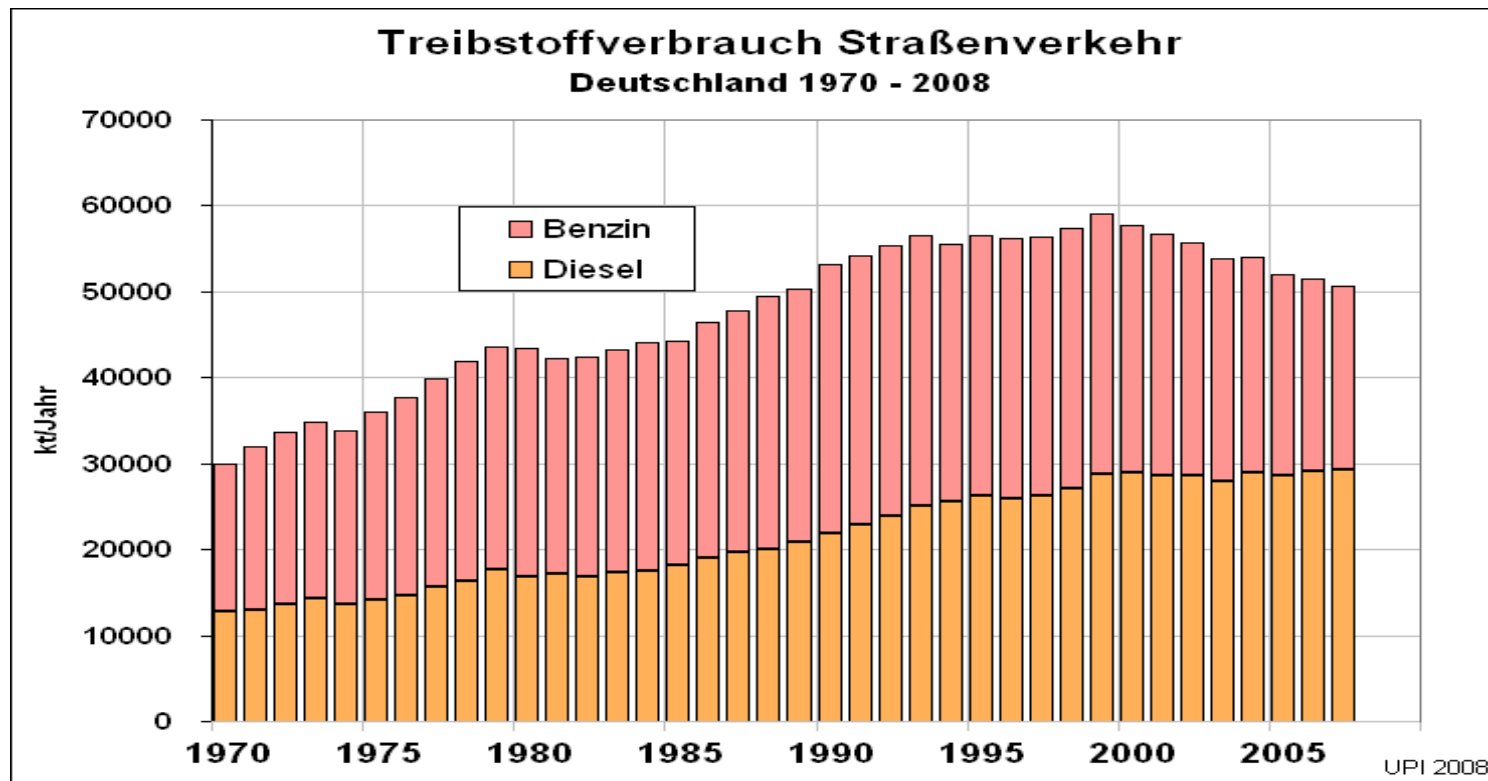


Abb. 24 UPI Prognose zum Treibstoff-Verbrauch



### 3.4 Basisdaten Biokraftstoff

nachwachsende-rohstoffe.de

**Ansprechpartner und Links**

**Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)  
Bioenergieberatung**  
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow  
Tel.: 038 43 / 69 30-199 • Fax: 038 43 / 69 30-102  
www.bio-energie.de • www.bio-kraftstoffe.info  
www.btl-plattform.de • info@bio-energie.de

**Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V. (AGQM)**  
www.agqm-biodiesel.de • info@agqm-biodiesel.de

**Beratung zu Biokraftstoffen in der Landwirtschaft**  
www.biokraftstoff-portal.de

**Landwirtschaftliche Biokraftstoffe e.V. (LAB)**  
www.lab-biokraftstoffe.de • mail@lab-biokraftstoffe.de

**Technologie- und Förderzentrum (TFZ)**  
www.tfz.bayern.de • poststelle@tfz.bayern.de

**Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP)**  
www.ufop.de • info@ufop.de

**Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V. (VDB)**  
www.biokraftstoffverband.de • info@biokraftstoffverband.de

**Herausgeber:**  
Fachagentur Nachwachsende  
Rohstoffe e. V. (FNR)  
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow  
www.fnr.de • info@fnr.de

**Gestaltung, Herstellung:**  
nova-Institut GmbH, Hürth  
www.nova-institut.de/nr

**Biokraftstoffe  
Basisdaten Deutschland**  
Stand: Januar 2008

