

## ROLLE DES ERDGASES IN EINER NACHHALTIGEN ENERGIEWIRTSCHAFT – BRÜCKE ZUM WASSERSTOFF

P. Beckervordersandforth

Ruhrgas AG, Essen

Der Philosoph Hans Jonas schreibt in seinem Buch „Das Prinzip Verantwortung“ (1979) über die Verantwortung der Menschheit für zukünftige Generationen: „Der endgültig entfesselte Prometheus, dem die Wissenschaft ... nie gekannte Kräfte gibt, ruft nach einer Ethik ..., die den Menschen vor Unheil bewahrt.“ Er fordert in Anlehnung an Kant einen neuen Imperativ, einen Imperativ, der zukünftige Generationen schützt: „... dass wir nicht das Recht haben, das Nichtsein künftiger Generationen wegen des Seins der jetzigen zu wählen oder auch nur zu wagen.“

Die Industriegesellschaft und die mit ihr eng verbundene Energiewirtschaft verfügt über Kräftepotentiale, die die Welt grundlegend verändern können. Damit kommt ihnen diesbezüglich eine besondere Verantwortung zu. Die angelsächsische Literatur faßt diese Verantwortung in dem Begriff „sustainable economy“ oder „sustainable energy“ zusammen, der im deutschen mit „Nachhaltigkeit“ übersetzt wird.

Was sind nun „nachhaltige“ Energiesysteme? Nachhaltige Energiesysteme

- bewirken geringste Eingriffe in die Umwelt,
- verwenden die Energieressourcen schonend,
- sind langfristig verfügbar und erfüllen damit auch die Ansprüche zukünftiger Generationen,
- stehen sicher zur Verfügung
- und sind offen für zukünftige technische Entwicklungen.

Jede dieser Forderungen enthält implizit die Sorge um die Ressourcen der Erde und um den Erhalt der Lebensbasis zukünftiger Generationen.

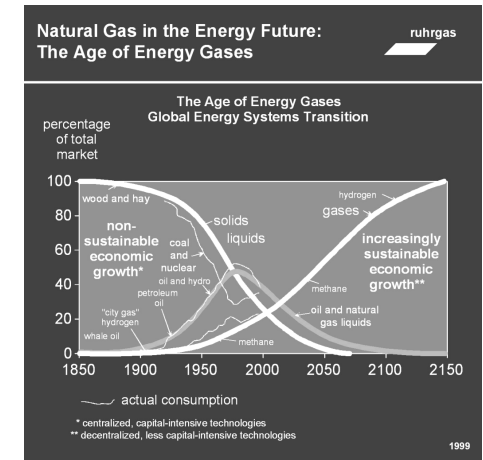
Ziel dieses Beitrages ist es, die Rolle des Erdgases auf dem Wege zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft darzulegen.

Das 21. Jahrhundert wird oft als das „Jahrhundert des Erdgases“ bezeichnet. Erdgas, eine sehr junge Energie, hat erst Mitte der 60er Jahre durch die Entdeckung großer Erdgasfelder in Europa (Niederlande, Russland, Norwegen) an Bedeutung gewonnen. In nur 30 Jahren ist sein Anteil am Primärenergieverbrauch in Europa auf ca. 20 % gestiegen.

Bild 1 verdeutlicht den Trend der letzten 150 Jahre von kohlenstoffreichen zu kohlenstoffarmen Brennstoffen. Dieser Trend könnte in den nächsten 150 Jahren aber in eine Wasserstoffwirtschaft führen und Erdgas ein Brücke dorthin sein. Dieses Bild verdeutlicht auch, dass Veränderungen in der Energieversorgung nur sehr langfristig zu realisieren sind.

Strukturelle Veränderungen sind nicht sofort möglich, sondern nur über Generationen zu erreichen. Das heißt, Veränderungen in der Struktur der Energiewirtschaft, die in 20, 30 oder 50 Jahren greifen sollen, müssen heute angebracht und initiiert werden.

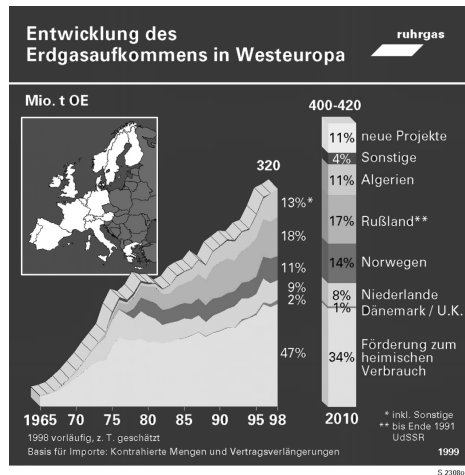
Erdgas als kohlenstoffärmster aller fossilen Energien könnte eine Brücke zu einem zukünftigen Wasserstoffzeitalter bilden. Ob Wasserstoff in 100 oder 150 Jahren dann wirklich in 100 oder 150 Jahren dann wirklich mit dem Begriff „sustainable“ bewertet werden kann, hängt natürlich entscheidend davon ab, wie Wasserstoff erzeugt wird. Denn Wasserstoff ist keine Primärenergie, sondern ein Produkt von Herstellungsprozessen, die ihrerseits, selbst bei Nutzung regenerativer Energien, Eingriffe in die Umwelt bewirken.



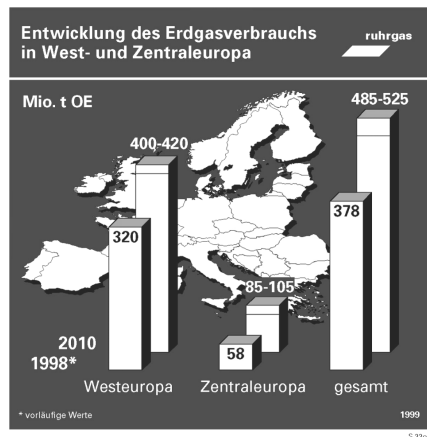
**Bild 1: Auf dem Weg zu einer kohlenstoffarmen Energiewirtschaft**

### 1. Welchen Beitrag kann Erdgas zur Realisierung einer nachhaltigen Energiewirtschaft leisten?

In Bild 2 (siehe nächste Seite) ist die Entwicklung des Erdgasaufkommens in Westeuropa dargestellt. Erdgas, das Anfang der 60er Jahre durch die Erschließung des großen Feldes in Groningen in Europa seinen Siegeszug begann, hat innerhalb von 30 Jahren einen Anteil von ca. 22 % am Primärenergiebedarf Westeuropas erreicht. Bei nahezu konstantem Energieverbrauch der letzten 15 Jahre war dies nur möglich durch einen Substitutionswettbewerb; das heißt, andere fossile Energien wurden durch Erdgas ersetzt. Erdgas ist in Anbetracht langfristiger Zyklen, die Energiesysteme kennzeichnen, eine sehr junge, moderne Energie.



**Bild 2: Dynamische Entwicklung der Erdgaswirtschaft auf ca. 22% des Primärenergiebedarfes**



**Bild 3: Erdgas als die Wachstumsenergie des beginnenden Jahrhunderts**

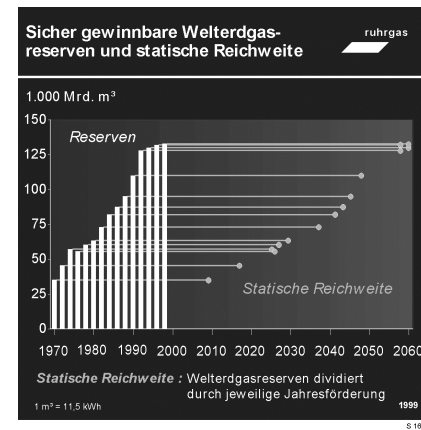
Nach dem Blick in die kurze Vergangenheit der Erdgaswirtschaft ein Blick in die Zukunft. Wie sind die Prognosen für die zukünftige Entwicklung?

Die Prognosen zeigen, daß der Erdgasverbrauch in West- und Zentraleuropa bis zum Jahre 2010 um fast 30 % steigen wird. Erdgas ist die Wachstumsenergie der nächsten Jahrzehnte (Bild 3).

Diese positive Perspektive für Erdgas ist im engen Zusammenhang mit der Erdgas-Reservensituation und ihrer Erreichbarkeit zu sehen. Europa liegt, und das zeigt Bild 4, zu den größten Erdgas-reserven der Welt, Westsibirien, Iran, Naher Osten und Nordsee strategisch äußerst günstig. Es ist technisch und wirtschaftlich möglich, 6000 bis 7000 Kilometer entfernte Erdgasfelder für Westeuropa verfügbar zu machen. Die Technologien zum Transport über diese großen Entfernungen sind vorhanden. So können z. B. mit einer Leitung (Durchmesser 1600 mm, Druck 120 bar) ca. 50 Mrd. m<sup>3</sup> Erdgas/a transportiert werden. Immerhin ist dies die Hälfte des Erdgas-verbrauchs Deutschlands im Jahre 2005.



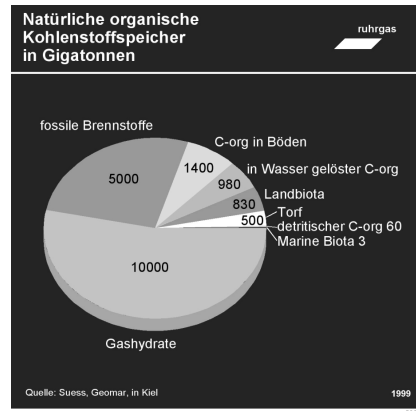
**Bild 4: Europa liegt strategisch günstig zu den grössten Erdgasreserven der Welt**



**Bild 5: Die heute sicher und wirtschaftlich gewinnbaren Erdgasreserven**

Nachhaltigkeit eines Energieträgers beinhaltet auch, dass er ausreichend und lange zur Verfügung steht. Bei der Bewertung der Verfügbarkeit muss zwischen heute sicher und wirtschaftlich gewinnbaren Reserven und potentiellen Ressourcen unterschieden werden. Bild 5 zeigt, dass bei gleichbleibendem Verbrauch die statische Reichweite der bekannten Welterdgasreserven (konventionell) bis zum Jahre 2060 reicht. Ergänzt man die sicher gewinnbaren Reserven um zur Zeit nicht wirtschaftlich gewinnbare Lagerstätten, so erhöht sich die Reichweite um ca. 100 Jahre auf 160 bis 200 Jahre. Gemessen an den geologischen Zeiträumen, in denen diese

Energiereserven entstanden sind, ist dies natürlich eine verschwindend kleine Zeit. Doch eine Zeitspanne von 160 bis 200 Jahren ermöglicht unter Berücksichtigung einer dynamischen Technikentwicklung die Suche und die Schaffung alternativer, nachhaltiger Energiesysteme. Eine Prognose über 150 oder 200 Jahre ist nicht möglich, doch die Entwicklung der Technik dieses Jahrhunderts zeigt – unter der Voraussetzung einer weiteren positiven Technologieentwicklung – das Potential für weitere noch ungeahnte Möglichkeiten.



**Bild 6: Erdgashydrate: grösster natürlicher Kohlenstoffspeicher der Erde**

Die Reservensituation der fossilen Brennstoffe stellt sich insbesondere durch aktuelle Forschung zu Hydratlagerstätten völlig neu dar. Ressourcenabschätzungen der 70er und 80er Jahre zeigten immer die Kohle an erster Stelle der fossilen Brennstoffe. Aktuelle Forschungen der GEOMAR-Gruppe verdeutlichen, dass heute Erdgashydrate die größten Kohlenwasserstoffspeicher der Erde darstellen (Bild 6). Gashydrate, chemisch gesehen Clathrate, sind feste Substanzen aus Wasser und Methan. Gasmoleküle bilden zusammen mit Wassermolekülen Käfigstrukturen und formen feste, schneeartige Gebilde. Durch die Clathratbildung verkleinert sich das Gasvolumen. Ein Raumkubikmeter Methanhydrat enthält ca. 160 m<sup>3</sup> Erdgas. Hydratlagerstätten befinden sich weltweit in den Schelf- und Kontinentalhangbereichen der Meere sowie in Permafrostgebieten. Über die Lagerstättenbedingungen und Fördermöglichkeiten ist wenig bekannt. Falls es gelingt, nur einen Bruchteil der Hydratlagerstätten nutzbar zu machen, stellt sich die Ressourcensituation von Erdgas völlig neu dar.

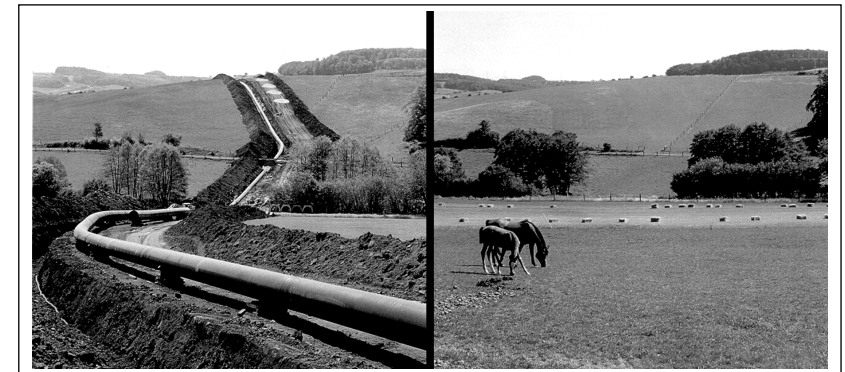
Dies ist Zukunftsmusik; aber Zukunftsmusik war vor 40 Jahren auch die heute Realität gewordene Offshore-Förderung von Öl und Gas. Die größten Bauwerke der Welt stehen heute in der Nordsee. Die Troll-Plattform mit einer Gesamthöhe von 470 m fördert Gas und Öl aus dem norwegischen Schelfgebiet. Wassertiefen von über 1000 m stellen heute in der Offshore-Förderung keine Probleme dar; sie sind Stand der Technik (Bild 7). So mag die Erdgasförderung aus heute noch unrealistisch erscheinende Lagerstätten in 30 oder 40 Jahren Stand der Technik sein.

## 2. Erdgastransport

Die Transportentfernungen zwischen Lagerstätten und Verbrauchszentren der Welt können auf zwei Arten überwunden werden:

- Transport des Erdgases in Rohrleitungen (gasförmiger Zustand)
- Transport des Erdgases in Flüssiggastankern (flüssiger Zustand – Liquefied Natural Gas)

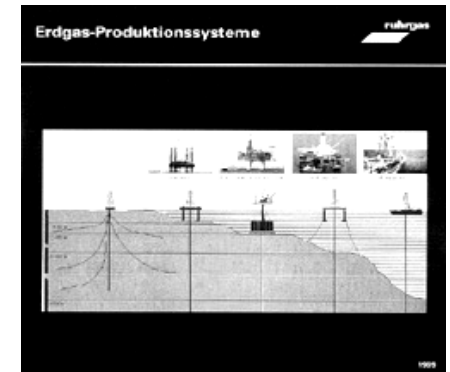
Der LNG-Transport in Tankern soll hier nicht weiter beschrieben werden, da er für die Energieversorgung Westeuropas kaum Bedeutung hat. Wesentlich wichtiger ist der Transport in Rohrleitungen. Ferngasleitungen verbinden den Vorteil einer hohen Energiedichte mit einer nur temporären Beeinträchtigung (während der Bauphase) der Landschaft. In Bild 8 ist die Landschaftssituation einer Trasse während der Verlegung und ca. ein Jahr später dargestellt. Die Natur ist nahezu unversehrt.



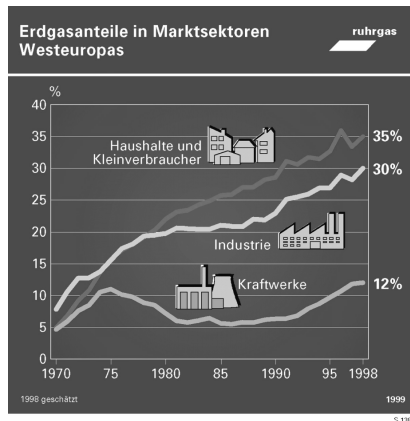
**Bild 8: Erdgastransport beeinträchtigt das Landschaftsbild nur in der Bauphase (links: Bauphase – rechts: ca 1 Jahr später)**

## 3. Marktsektoren für Erdgas und ihre Bedeutung für Westeuropa

In Bild 9 (nächste Seite) sind die Marktsektoren für Erdgas dargestellt. Hauptabnehmer ist der Bereich Haushalt und Kleinverbrauch. Das Erdgas hat hier in einem harten Substitutionswettbewerb



**Bild 7: Entwicklung der Erdgasfördertechnik**



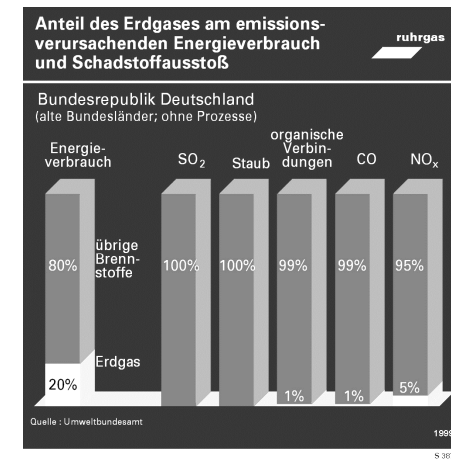
**Bild 9: Im harten Substitutionswettbewerb hat Erdgas im Haushalt und in der Industrie bedeutende Marktanteile erobert**

bewerb Erdöl und Kohle abgelöst. Der Erdgasanteil in diesem Segment beträgt heute ca. 35 % mit positiven Wachstumsraten. Derselbe Trend betrifft den Erdgaseinsatz in der Industrie. Leichte Handhabbarkeit, niedrige Emissionen und wirtschaftlicher Einsatz haben Erdgas zu einem bevorzugten Brennstoff der Industrie werden lassen. Bei Erdgas in Kraftwerken ist erst in den letzten Jahren ein Anstieg zu verzeichnen. Die Diskussion um den Ausstieg aus der Kernkraft sowie die hohen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kohlekraftwerke sind eine Ursache für eine verstärkte Verstromung von Erdgas; dazu kommen hohe Wirkungsgrade und niedrige Investitionskosten. Erdgasbetriebene GuD-Kraftwerke erreichen heute die höchsten Wirkungsgrade thermischer Umwandlungsanlagen (56 % bis 58 %).

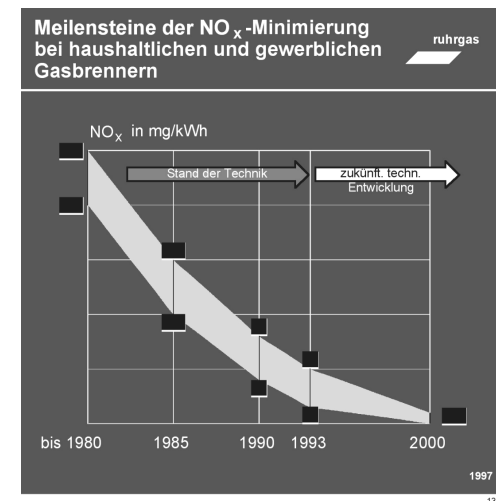
#### 4. Erdgas und Umwelt

Umweltverträglichkeit ist ein wichtiges Attribut des Erdgases. In Bild 10 sind für die Bundesrepublik Deutschland die dem Erdgas anzulastenden Emissionen dargestellt. Erdgas hat die geringsten Werte aller fossilen Brennstoffe.

Entwicklungs- und Forschungsprojekte der Gaswirtschaft haben zu diesem Stand wesentlich beigetragen. In den vergangenen 15 Jahren wurden von der Gaswirtschaft sowie den Brenner- und Geräteherstellern schadstoff- und NO<sub>x</sub>-arme Brenner entwickelt. Vor allem die von der Ruhrgas entwickelte Vormischtechnik hat zu einer deutlichen Reduzierung der Emissionen geführt (Bild 11).



**Bild 10: Erdgas hat die niedrigsten Schadstoffemissionen aller fossilen Brennstoffe**



**Bild 11: Entwicklungsschritte zu extrem NO<sub>x</sub>-armen Erdgasbrennern**

Die Methanemissionen der Gaswirtschaft bei Förderung und Transport wurden in der Vergangenheit weit überschätzt. Zu Beginn der Klimadiskussion wurden Erdgasverluste – vor allem in Russland – in der Größenordnung von 20 % bis 30 % kolportiert. Sorgfältige wissenschaftliche Studien zeigen, dass nur 1,3 %, das sind 20 Mio. Tonnen/Jahr, der weltweiten Erdgasförderung freigesetzt werden. Die Methanemissionen der Gasindustrie und ihre Klimawirksamkeit wurden damit weit überschätzt. Die Verwendung von Erdgas führt im Vergleich zu anderen fossilen Brennstoffen zu einer erheblichen Reduzierung der klimawirksamen Emissionen.

## 5. Zukünftige Anwendungstechnologien im Bereich Haushalt und Kleinverbrauch

Die Väter der Gaswirtschaft hatten vor ca. 30 Jahren die Vision einer flächendeckenden Erdgasversorgung. Langfristige Verträge und Investitionen wurden eingegangen. Dieses langfristige Denken ist kennzeichnend für die Energiewirtschaft.

Die Vision, die die Forschung und Entwicklung heute hat, ist die Vision eines Erdgasvollversorgten Hauses mit der Nutzung regenerativer Energien (Sonnen- und Umweltwärme) (Bild 12).

Erdgas in Verbindung mit moderner Anlagen- und Gerätetechnik ist in der Lage, die Bedürfnisse der Kunden nach Wärme, Licht und Kraft umfassend und umweltverträglich zu erfüllen. Erdgasbetriebene Wäschetrockner, Heizungskessel, Warmwasserspeicher, Mini-Kraftwerke, Grill und Terrassenstrahler für kalte Sommerabende bis hin zum Erdgasfahrzeug zeigen das gesamte Anwendungsspektrum von Erdgas. Ein solches wie in Bild 12 dargestelltes Haus mit einer Konzentration aller denkbaren Erdgastechnologien wird es wahrscheinlich nie geben, aber Teiltechnologien sind heute schon vorhanden und werden eingesetzt. Alle diese Neuentwicklungen verfolgen das Ziel, die Energie Erdgas für den Kunden rationell und umweltschonend einzusetzen. Erdgas bietet in Kombination mit regenerativen Energien (Sonne oder Erdwärme) eine ideale Kombinationsmög-



Bild 12: Wärme, Licht und Kraft aus Erdgas

lichkeiten (Bild 13). Damit kann ein wesentlicher Beitrag zur Senkung des Primärenergiebedarfes und damit zum Ressourcen- und Klimaschutz geleistet werden.

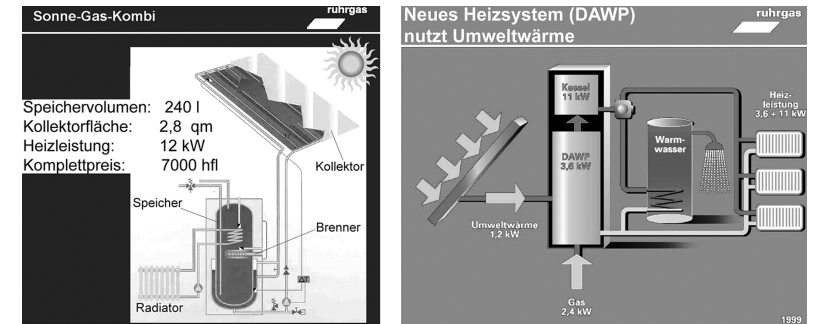


Bild 13: Erdgas und regenerative Energien

Die Diskussion um die Kernenergie sowie die hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen kohlebefuerter Großkraftwerke unterstützen die Entwicklung von erdgasbetriebenen Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen für mittlere und kleine Leistungsbereiche. Als erdgasaffine Zukunftstechnik findet insbesondere die Brennstoffzelle zunehmend Beachtung (Bild 14 nächste Seite).

Brennstoffzellen erzeugen Strom und Wärme auf elektrochemischem Wege. Sie unterliegen damit nicht den Begrenzungen des Carnot-Wirkungsgrades. Da kein Verbrennungsprozess abläuft, sind die Schadstoffemissionen extrem gering. Die erste Nutzung von Brennstoffzellen gibt es in der Weltraum- und Militärtechnik (U-Boote). Dort werden Brennstoffzellen zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Weltraumstationen und U-Booten ist eines gemeinsam: Es sind geschlossene Systeme, die keinerlei Emissionen vertragen. Die nahezu emissionsfreie Brennstoffzellentechnik ist hier die ideale Anwendung. Überträgt man dieses Bild des geschlossenen Lebensraumes auch auf unsere Erde, so liegt der Schluss nahe, auch hier emissionsfreie Technologien zur Energieumwandlung einzusetzen. Brennstoffzellen, und dies zeigt Bild 15 (nächste Seite), sind in vielen Bereichen unserer Energieversorgung einsetzbar – vom Laptop bis zur industriellen Stromerzeugung. Heute kommerziell verfügbare Brennstoffzellen, wie z. B. die Phosphorsäure-Brennstoffzelle der Firma ONSI, sind technisch ausgereift, jedoch im Vergleich zu konventionellen Kraft-Wärme-Kopplungs-Systemen zu teuer. Hersteller und Energiewirtschaft sind gefordert, Entwicklungen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durchzuführen.

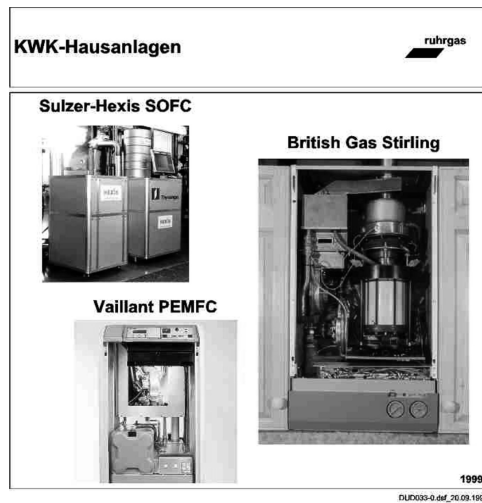


Bild 14: Die Brennstoffzelle als Kleinkraftwerk im Haus

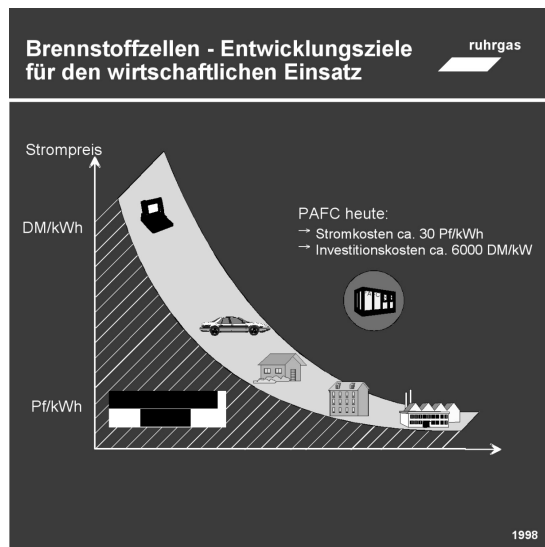


Bild 15: Anwendungsbereiche für Brennstoffzellen und ihre Wirtschaftlichkeit

Ein neues Anwendungsgebiet für Brennstoffzellen ist der Einsatz in Fahrzeugen. DaimlerChrysler entwickelt zusammen mit der Firma Ballard PEM-Brennstoffzellen, die statt Verbrennungsmotoren als Antriebe eingesetzt werden. Sollte die Brennstoffzelle im Fahrzeugbereich in großen Stückzahlen Anwendung finden, so ist eine Absenkung der Investitionskosten und damit Verbesserungen der Wirtschaftlichkeit auch für den stationären Bereich zu erwarten. Bild 16 stellt die Potentiale von Brennstoffzellen im Vergleich zu konventionellen Antriebsaggregaten der Kraft-Wärme-Kopplung und der Stromerzeugung dar.

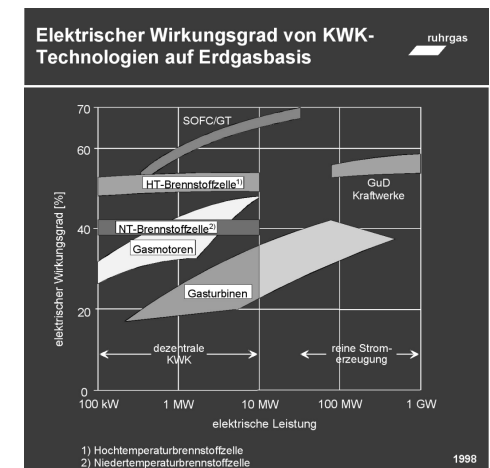


Bild 16: Elektrische Wirkungsgrade von Stromerzeugungssystemen auf Erdgasbasis

## 6. Erdgas ist offen für zukünftige Entwicklungen

Nachhaltige Energiesysteme müssen offen sein für zukünftige neue technische Entwicklungen. Die heutige Versorgungsstruktur besteht aus

- Transportleitungen, die mit hohem Druck (bis 100 bar) Erdgas über große Entfernungen transportieren
- unterirdischen Speichern, die bei gleichbleibender Förderung für einen Ausgleich der saisonalen Verbrauchsschwankungen sorgen
- ein Mittel- und Niederdruckverteilungssystem, das Erdgas bis zum Endverbraucher führt.

Diese Struktur ist offen für zukünftige technische Entwicklungen in der

- Gaserzeugung (Methan aus Biomasse, Wasserstoff aus regenerativen Quellen, Produktion von Erdgas aus konventionellen und nicht-konventionellen Lagerstätten)
- Gasanwendung (Brennstoffzellen, GuD-Kraftwerke, Erdgas in Fahrzeugen)

## 7. Rolle des Erdgases in einem nachhaltigen Energiesystem

Spiegelt man die Bedeutung des Erdgases an den Anforderungen an ein nachhaltiges Energiesystem, ergibt sich folgendes Bild:

### Eingriffe in die Umwelt

Erdgas hat von allen fossilen Brennstoffen bei Produktion, Transport, Speicherung und Verwendung die geringsten Auswirkungen auf unser Ökosystem.

### Schonung der Ressourcen

Durch hocheffiziente Transport- und Anwendungstechnologien wird Erdgas optimal eingesetzt.

### Langfristige Verfügbarkeit

Die Ressourcen reichen bis weit in das nächste Jahrtausend. Sie sind für Europa strategisch gut erreichbar und bieten so die Chance zur Entwicklung zukünftiger Energiesysteme, z.B. zu einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft.

### Offen für neue technische Entwicklungen

Die Versorgungsstruktur (Transport-, Speicher- und Anwendungssystem) ist offen für neue Produktions- und Anwendungstechnologien.

Erdgas kann damit eine Brücke zu einer wirklich „nachhaltigen“ Energiewirtschaft bilden, die der Anforderung des Philosophen Hans Jonas gerecht wird und das Sein zukünftiger Generationen gewährleistet.

## Literatur:

### **Energie und Umwelt**

Wo liegen optimale Lösungen?

Herausgeber:

Union der deutschen Akademien der Wissenschaften  
Heidelberger Akademie der Wissenschaften  
durch Jürgen Wolfrum und Sigmar Wittig

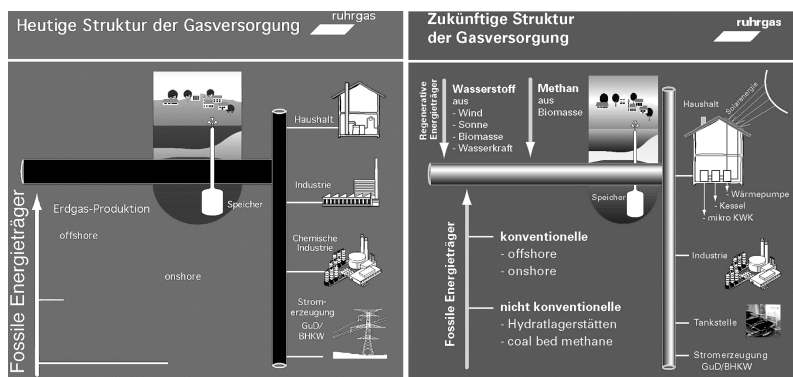


Bild 17: Heutige und zukünftige Struktur der Gasversorgung

