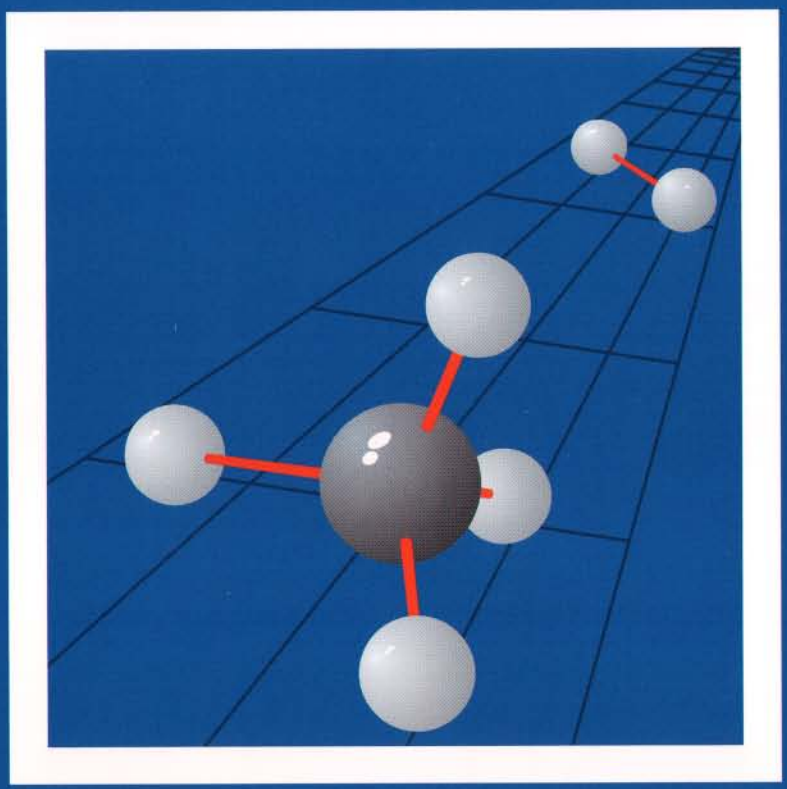
ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

Die Richtung stimmt

Erdgas als Brücke zur idealen Energie



Inhalt	Seite

1. Vorwort	3
2. Eigenschaften einer idealen Energie	3
3. Zukunftsoption regenerative Energien	4
4. Energiezukunft Wasserstoff ?	6
5. Erdgas im Vergleich zur idealen Energie	8
6. Auf dem Weg zum Ideal	10

Herausgeber:
ASUE
Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e.V.
Bismarckstraße 16 · 67655 Kaiserslautern
Telefon (0631) 360 90 70
http://www.asue.de

Vertrieb:
Verlag Rationeller Erdgaseinsatz
Postfach 2547 · 67613 Kaiserslautern
Telefax (0631) 360 90 71

Die Richtung stimmt
Bestell-Nummer: 07 08 98
Schutzgebühr: 3,00 DM

1. Vorwort

Umwelt- und Klimaschutz sind eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Dem Energiebereich als einem Schlüsselsektor in einer modernen Volkswirtschaft kommt dabei besondere Bedeutung zu. Die Anstrengungen, die Umweltauswirkungen der Energieversorgung weiter zu verringern, orientieren sich am Leitbild einer idealen Energie.

Diese Broschüre erläutert die Anforderungen, die an eine ideale Energie zu stellen sind. Dargelegt wird, inwieweit erneuerbare Energien eine Option für die Zukunft sein können. Näher untersucht wird der Beitrag der Sekundärenergie Wasserstoff zur Lösung von Umwelt- und Klimaproblemen und wie sich unter Ausnutzung der wirtschaftlichen Potentiale des heutigen Systems der Übergang in ein nichtfossiles Energiezeitalter vollziehen könnte.

Erdgas weist unter den heute zur Verfügung stehenden fossilen Energieträgern die niedrigsten Schadstoff- und Kohlendioxidemissionen auf. Es wird aufgezeigt, inwieweit Erdgas die Anforderungen an eine ideale Energie erfüllt. Im Ergebnis bleibt festzuhalten, daß Erdgas aufgrund seiner Eigenschaften und seines technischen Innovationspotentials eine Brücke zu einer dauerhaften umwelt- und klimaverträglichen Energieversorgung schlagen kann.

2. Eigenschaften einer idealen Energie

Die Liste der Anforderungen, die an eine ideale Energie gestellt werden, ist umfangreich:

- kurzfristig nutzbar
- technisch sicher
- keine Umwandlungsverluste
- wettbewerbsfähig
- speicherbar
- transportierbar
- unerschöpflich
- effiziente Anwendung
- vielseitig einsetzbar
- schadstofffrei
- rückstandsfrei
- emissionsfrei

An den genannten Maßstäben müssen sich alle Energien messen lassen.

3. Zukunftsoption regenerative Energien

Eines wird schnell deutlich: Keine derzeit oder in absehbarer Zeit verfügbare Energie kann alle genannten Kriterien alleine erfüllen.

Es ist daher nicht so sehr die Frage nach der idealen Energie, sondern vielmehr nach einem idealen Energiesystem – oder besser Energieversorgungssystem – zu stellen. So kam zum Beispiel die Weltenergiekonferenz 1995 in Tokio zu dem Schluß, daß in einem sicheren und umweltgerechten Energiesystem regenerative Energien langfristig eine stärkere Rolle spielen müssen als heute. Sonne, Wind, Wasserkraft und Biomasse sind praktisch unerschöpflich und ihre Nutzung belastet Natur und Umwelt nur wenig. Diesen Vorteilen stehen erhebliche Nachteile gegenüber. Bei der Stromerzeugung aus Sonnenenergie ist beispielsweise der Materialaufwand sehr hoch und die Energieausbeute immer noch recht gering. Hinzu kommt, daß Wind und Wasserkraft, aber auch Biomasse nicht überall, Sonne und Wind zudem nur zeitlich begrenzt und nicht kontinuierlich nutzbar sind.

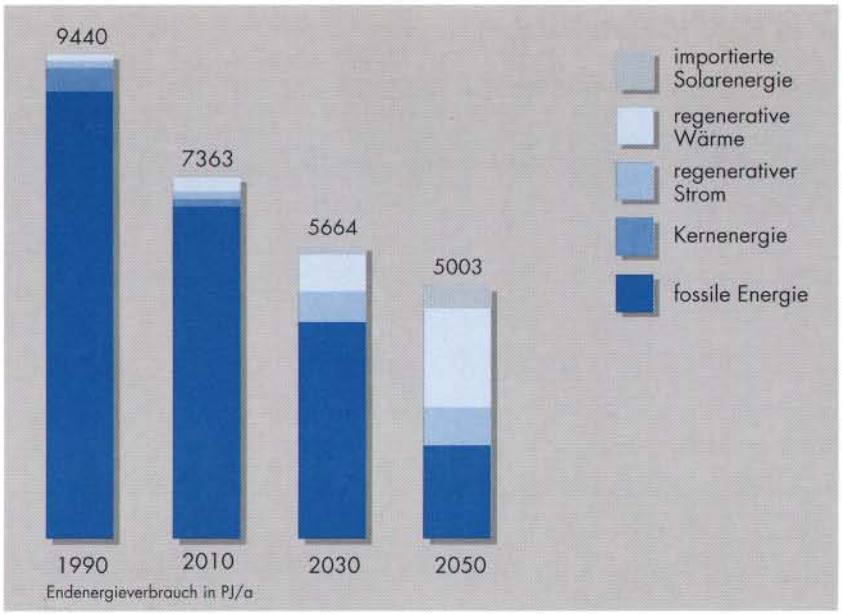
Regenerative Energien können daher nur in Verbindung mit aufwendigen Speicher- und Transportsystemen zu einer eigenständigen Alternative zur herkömmlichen Energieversorgung werden. Der Aufbau solcher Systeme ist aus wirtschaftlichen Gründen solange nicht sinnvoll, wie leicht transportier- und speicherbare fossile Energieträger ausreichend und kostengünstig zur Verfügung stehen. Regenerative Energien können aber heute schon in Einzelfällen die beste Lösung für eine Vollversorgung sein, und sie können insgesamt die konventionelle Energieversorgung ergänzen und damit einen wachsenden Beitrag zur Umweltentlastung leisten. Diese Kombinationsmöglichkeiten sollten in jedem Fall genutzt werden.

Sonnenkollektoranlage

Energiequelle	tageszeitliche Schwankungen	saisonale Schwankungen	Gegenläufigkeit zu Energiebedarf
Windkraft	●	●	○
Solarstrahlung	●	●	●
Umgebungswärme			
- Außenluft	●	●	●
- Erdreich	–	●	○
- Grundwasser	–	–	–
Biomasse			
- diskontinuierlicher Anfall (z.B. Ernterückstände)	–	●	●*
- kontinuierlicher Anfall (z.B. Müll, Gülle)	–	–	–
Wasserkraft	–	○	○

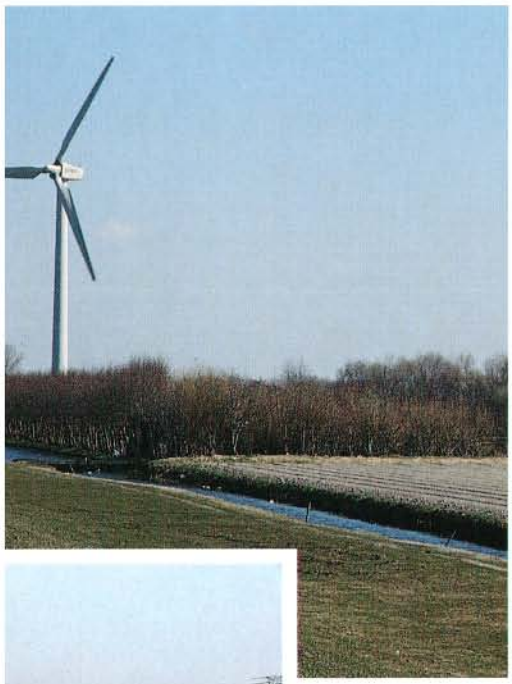
* abhängig von der Dauer der Verwendbarkeit

Eigenschaften regenerativer Energiequellen

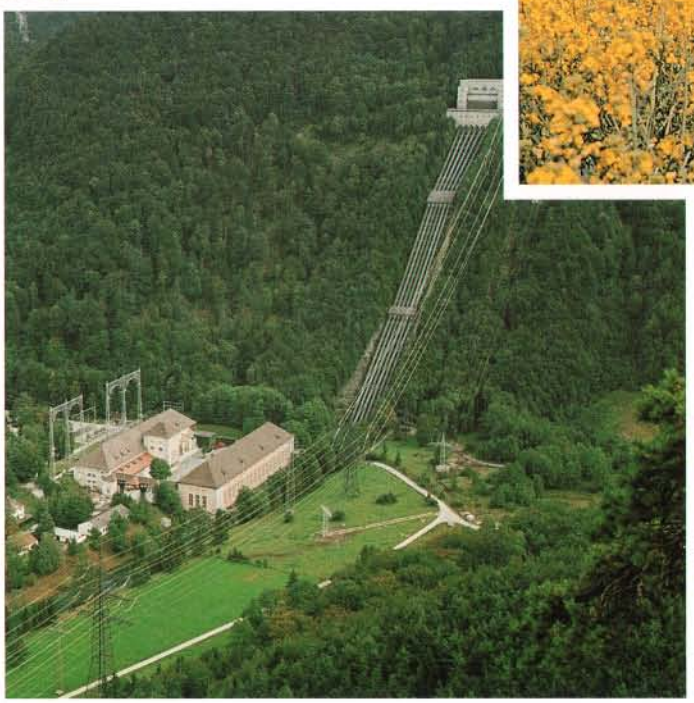


Szenario für eine Energiewirtschaft mit hohen regenerativen Anteilen in Deutschland. Quelle: Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung im Institut für Technische Thermodynamik der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart

Windkraftanlage



Biomasse



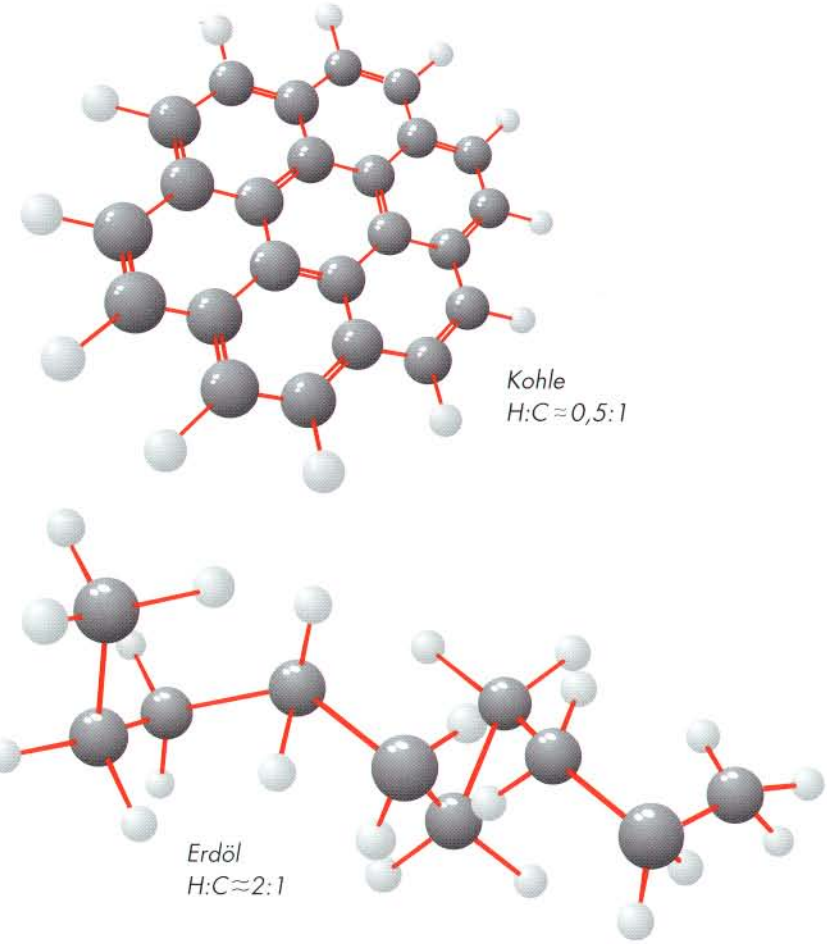
Wasserkraftwerk

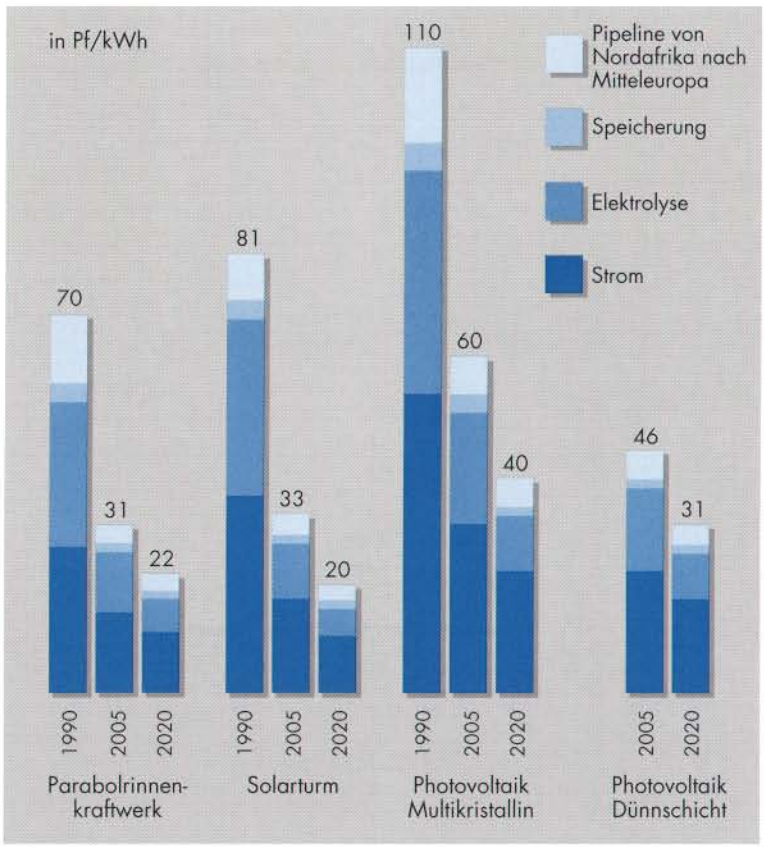
4. Energiezukunft Wasserstoff?

In vielen Szenarien für eine zukünftige Energieversorgung wird die Möglichkeit, Wasserstoff als Energieträger einzusetzen, diskutiert. Wasserstoff kommt den Vorstellungen einer idealen Energie sehr nahe. Er ist effizient und vielseitig einsetzbar, kann gut transportiert und gespeichert werden, enthält keine Schadstoffe und verbrennt weitgehend rückstands- und emissionsfrei.

Wasserstoff ist auf der Erde in unermeßlichen Mengen vorhanden, allerdings fast ausschließlich in chemisch gebundener Form, z. B. im Wasser. Der als Energieträger nutzbare gasförmige Wasserstoff muß erst unter Einsatz von Energie in großtechnischen Produktionsanlagen hergestellt werden. Wasserstoff ist also wie Strom eine Sekundärenergie.

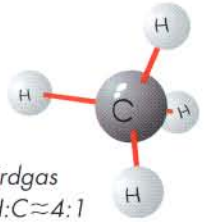
Heute ist Wasserstoff in erster Linie ein Rohstoff, der in der Chemie seit langem in großen Mengen eingesetzt wird. Der Rohstoff Wasserstoff wird überwiegend aus Erdgas, aber auch aus Mineralöl, mit Hilfe der sogenannten Dampf-Reformierung erzeugt. Für die Verwendung als Energieträger ist dieses Verfahren nicht sinnvoll, da die direkte Verbrennung von Erdgas oder Mineralöl energetisch günstiger und hinsichtlich der Emissionen gleichwertig ist. Hier kommt als Verfahren nur die Wasserspaltung mit Hilfe von Strom, die sogenannte Elektrolyse, in Frage. Damit der erzeugte Wasserstoff tatsächlich CO_2-frei ist, muß auch der verwendete Strom CO_2-frei erzeugt werden. Stromquellen können deshalb nur regenerative Energien, wie Wasserkraft, Sonne und Wind oder ggf. Kernenergie sein.





Kosten des Wasserstoffs in Mitteleuropa auf der Basis solaren Stroms
Quelle: DLR

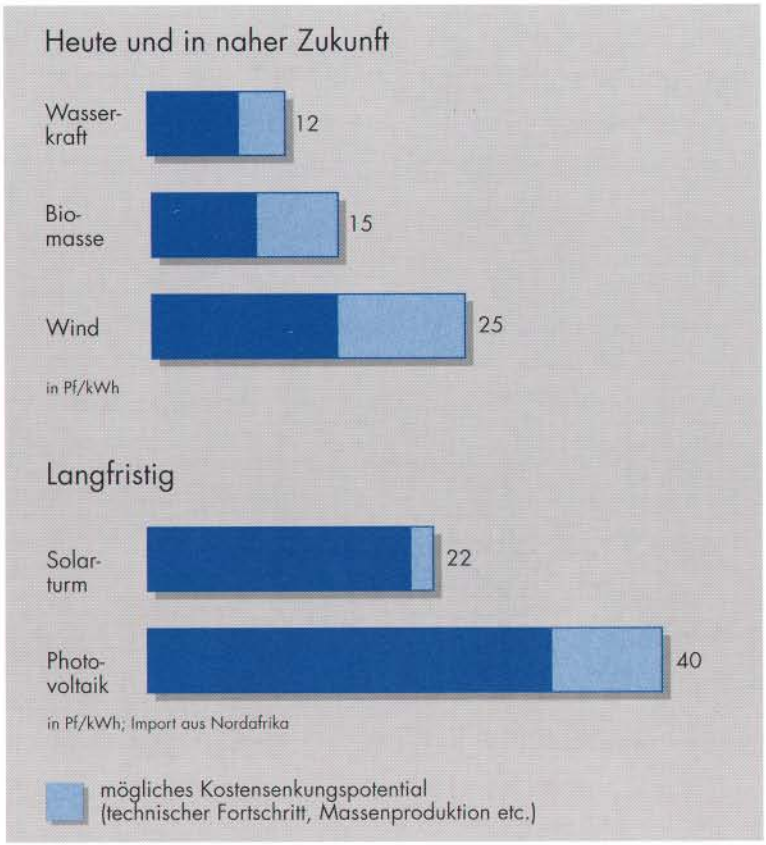
Wasserstoff



Erdgas
H:C≈4:1

Wasserstoffwirtschaft

In Verbindung mit regenerativen Energien hat Wasserstoff vor allem die Funktion eines Transport- und Speichermediums, mit dem in großer Entfernung vom Verbraucher reichlich vorhandene Potentiale für regenerative Stromerzeugung genutzt und die schwankende Produktion ausgeglichen werden können. Ferner lassen sich mit Hilfe von Wasserstoff regenerative Energien auch in Anwendungsbereichen einsetzen, die mit Strom gegenwärtig nur schwer oder gar nicht erreicht werden können, wie z. B. im Straßen- und Luftverkehr. Wasserstoff macht eine weitgehend auf regenerativen Energien basierende Energieversorgung zumindest theoretisch möglich.



Gestehungskosten von Wasserstoff auf der Basis verschiedener regenerativer Energieträger. Quelle: DLR

Nach einer auf der Welt-Wasserstoff-Konferenz 1996 in Stuttgart für Deutschland vorgestellten Studie lassen sich auf dem Weg zur Wasserstoffwirtschaft drei Phasen unterscheiden. Am Anfang steht eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs durch die Nutzung aller Potentiale der rationellen Energieverwendung. Dieser Phase folgt eine starke Ausweitung der direkten Nutzung von Strom und Wärme aus regenerativen Energien. Erst in der letzten Phase, die im dritten Jahrzehnt des nächsten Jahrhunderts beginnt, wird Wasserstoff in energiewirtschaftlich relevanten Größenordnungen erzeugt. Der Einsatz von Wasserstoff erfolgt, um den Anteil der regenerativen Energien am Energieverbrauch von dann 20 - 25 % weiter zu steigern und damit insgesamt die CO_2-Emissionen bis Mitte des nächsten Jahrhunderts auf rund 20 % des heutigen Wertes zu senken.

Ein solches klimaverträgliches Energieversorgungssystem läßt sich nur aus dem bestehenden, weitestgehend auf fossilen Energieträgern beruhenden System heraus entwickeln. Lediglich eine evolutionäre Entwicklung unter Ausnutzung der wirtschaftlichen Potentiale des heutigen Systems bietet Aussicht, daß der Übergang in ein nichtfossiles Energiezeitalter geschafft werden kann.

5. Erdgas im Vergleich zur idealen Energie

Eine universell einsetzbare ideale Energie wird es mit großer Wahrscheinlichkeit nie geben. Wasserstoff ist hinsichtlich seiner Anwendungsmöglichkeiten beinahe ideal, aber als Sekundärenergie mit erheblichen Umwandlungsverlusten behaftet und noch für lange Zeit nicht zu wirtschaftlichen Bedingungen verfügbar. Er kann auch immer nur so umweltverträglich sein wie der Energieträger aus dem er gewonnen wird.

Es ist aber durchaus ein Energieversorgungssystem denkbar, das die Energiebedürfnisse einer modernen Volkswirtschaft langfristig sicher befriedigt und die Auswirkungen der Energieversorgung auf die Umwelt soweit reduziert, daß es der Vorstellung von einer idealen Energie weitgehend entspricht.

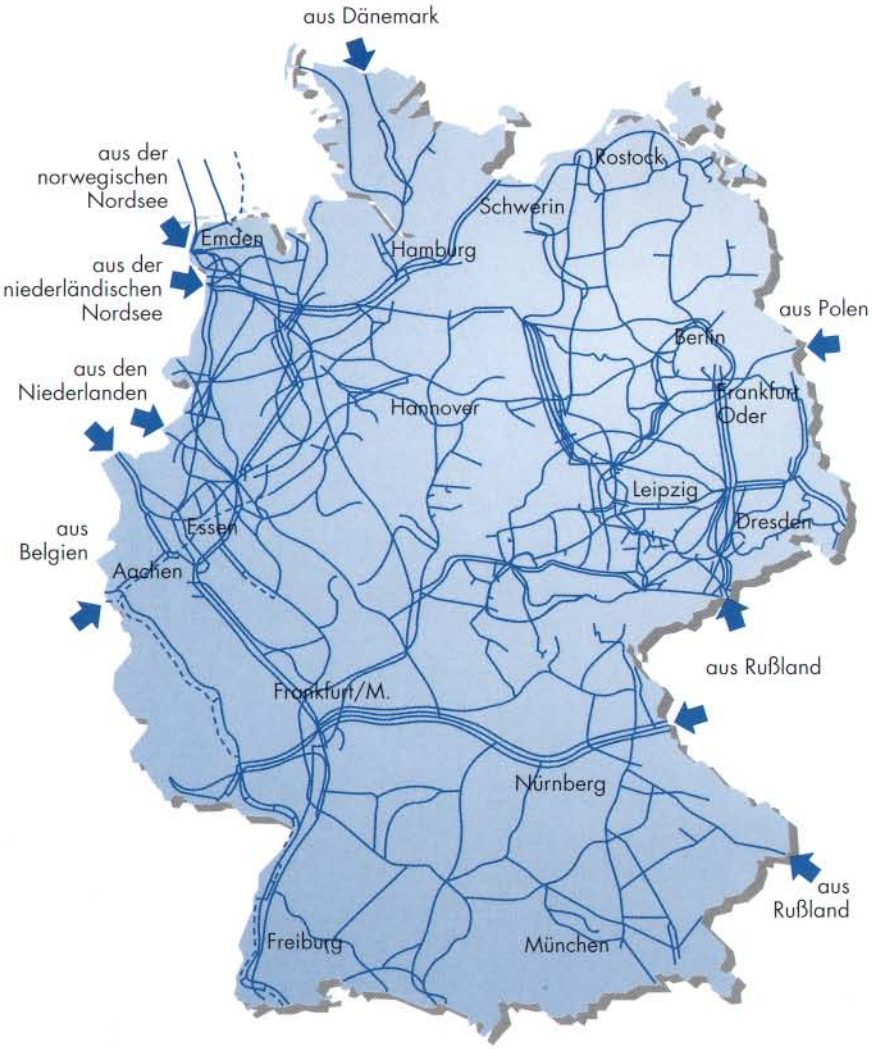
Erdgas kommt dem Wasserstoff in physikalischer Hinsicht am nächsten. Welche Anforderungen an eine ideale Energie Erdgas konkret erfüllen kann, zeigt die nachfolgende Gegenüberstellung.

Anforderungen an eine ideale Energie	**Erdgas konkret**
kurzfristig nutzbar	Erdgas ist in Deutschland seit Jahrzehnten verfügbar und erreicht heute rund 90 % der Haushalte, Industrie und Gewerbebetriebe.
technisch sicher	Erdgas garantiert bei Produktion, Transport, Speicherung und Anwendung einen anerkannt hohen Sicherheitsstandard.
keine Umwandlungsverluste	Erdgas gelangt als Primärenergie ohne Umwandlung von der Förderung zum Kunden.
wettbewerbsfähig	Erdgas stellt sich erfolgreich dem Wettbewerb zu allen Energien. So kommt Erdgas jährlich in 70 % der Neubauten zum Einsatz.
speicherbar	Erdgas wird in Deutschland in über 30 Untertageanlagen (rund 14 Mrd. m^3) gespeichert. Dies entspricht ca. 15 % des jährlichen Erdgasverbrauchs.
transportierbar	Erdgas gelangt in unterirdischen Leitungen ohne Belastung der öffentlichen Verkehrswege zum Kunden.
unerschöpflich	Erdgas ist nicht unerschöpflich. Aber die sicher gewinnbaren und wahrscheinlichen Erdgasreserven reichen bis weit ins nächste Jahrtausend (statische Reichweite ca. 170 Jahre).
effiziente Anwendung	Erdgas in Verbindung mit innovativer Technik realisiert höchste Wirkungsgrade in allen Anwendungsfeldern.
vielseitig einsetzbar	Erdgas wird zur Erzeugung von Wärme, Strom sowie Kälte eingesetzt. Es ist für alle industriellen Prozesse und als Kraftstoff für Fahrzeuge geeignet.
schadstofffrei	Erdgas enthält praktisch keine Schadstoffe.
rückstandsfrei	Erdgas verbrennt ohne feste Rückstände.
emissionsfrei	Erdgas verbrennt insgesamt emissionsarm. Es hat aufgrund des günstigen Wasserstoff-/Kohlenstoffverhältnisses die geringsten CO_2-Emissionen aller fossilen Energieträger.

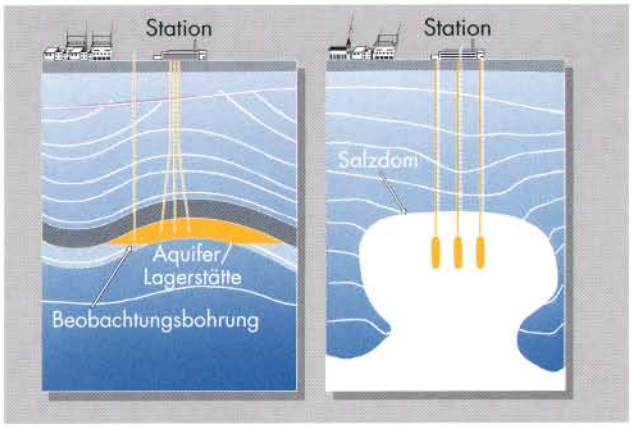
Fazit: Erdgas kommt dem idealen Energieträger recht nahe

Erdgasleitungen in Deutschland

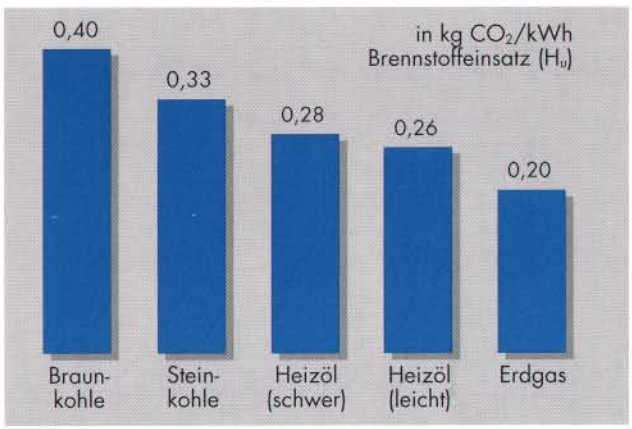
Erdgasleitungen
—— vorhanden
---- in Bau oder Planung
Erdgasübernahmestelle



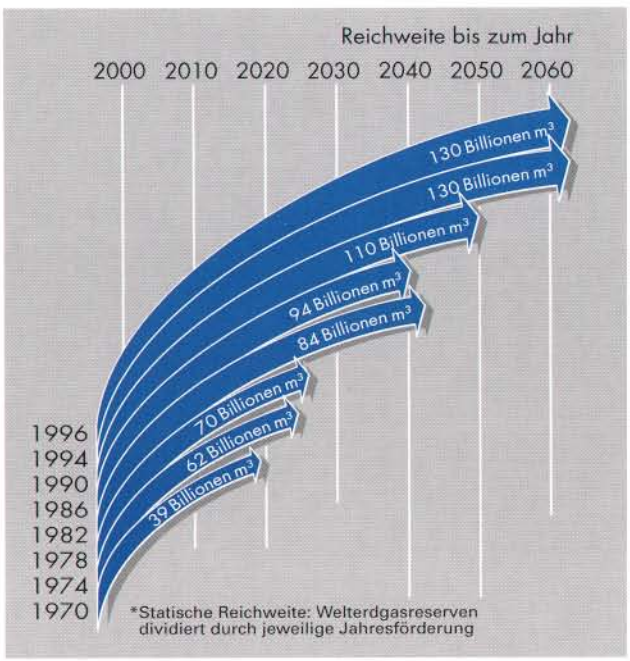
Die Erdgasverbraucher in Deutschland erhalten Erdgas durch ein weitverzweigtes, rund 335.000 km langes Pipelinesystem, von dem in der Grafik nur das Leitungsnetz der Ferngaswirtschaft abgebildet ist. Das unterirdisch verlegte Pipelinenetz ist ein sehr effektives und umweltschonendes Energieversorgungssystem.



Möglichkeiten von Erdgas-Untertagespeichern



Substitution kohlenstoffreicher durch kohlenstoffärmere Brennstoffe



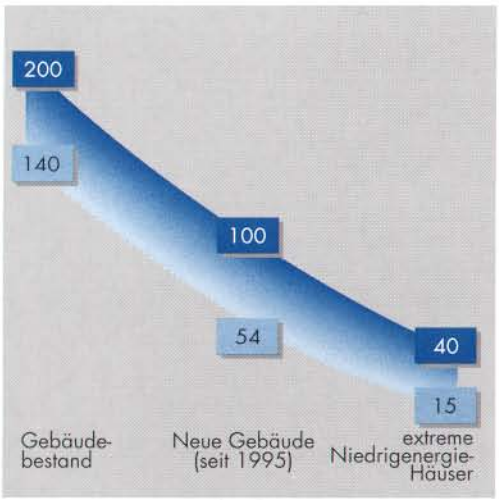
*Entwicklung der sicher gewinnbaren Welterdgasreserven und ihrer statischen Reichweite**

6. Auf dem Weg zum Ideal

Der Weg zu einem idealen Energieversorgungssystem ist durch eine drastische Reduzierung des Energieverbrauchs und eine deutliche Erhöhung der Energieeffizienz einerseits sowie dem allmählichen Ersatz von fossilen durch regenerative Energieträger andererseits gekennzeichnet.

Erdgas hat bereits heute einen großen Anteil an der Steigerung der Energieeffizienz. Die derzeit verfügbaren Erdgasanwendungstechniken für die verschiedenen Formen der Wärme- und Prozeßenergieerzeugung sind hochentwickelt. In der Stromerzeugung erzielen Erdgaskraftwerke, z.B. mit Gas- und Dampfturbinen-Prozessen, höchste Wirkungsgrade.

Aufgrund des im Vergleich zu allen anderen fossilen Energieträgern niedrigsten Kohlenstoffanteils emittieren Erdgasanlagen bei gleicher Nutzenergieausbeute am wenigsten Kohlendioxid (CO_2) und können damit einen wesentlichen Beitrag zur angestrebten Senkung der CO_2-Emissionen im Rahmen des Klimaschutzes leisten.

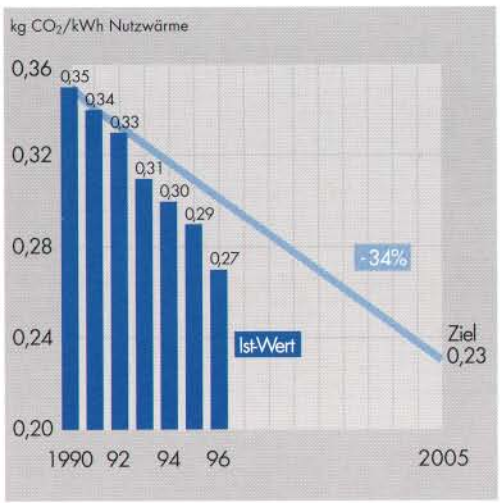


Energieeinsparung durch Senkung des spezifischen Jahres-Heizwärmebedarfs $\left(\frac{kWh}{m^2a}\right)$

Gasturbine

Fortschreitende Emissionsreduzierung

Die deutsche Wirtschaft hat 1995 gegenüber der Bundesregierung eine Selbstverpflichtungserklärung zur CO_2-Minderung bis zum Jahre 2005 abgegeben. Teil dieser Initiative ist die Klimaschutzerklärung des deutschen Gasfaches. Im Bereich der Raumwärme der privaten Haushalte sollen die bei der Erzeugung einer Kilowattstunde Nutzwärme aus Erdgas entstehenden spezifischen CO_2-Emissionen bis zum Jahr 2005 auf 0,23 kg abgesenkt werden. Bezogen auf das Jahr 1990 bedeutet dies eine Minderung der spezifischen CO_2-Emissionen um etwa 34 %. Insgesamt rechnet das Gasfach für den Haushalts- und Kleinverbrauchersektor im Jahre 2005 gegenüber 1990 mit einer CO_2-Minderung von 30 bis 40 Mio t.



Klimaschutzerklärung der Gaswirtschaft – spezifische CO_2-Emissionen im Bereich der Raumwärme der privaten Haushalte

Neben der möglichen Gefährdung des Weltklimas durch den Verbrauch fossiler Energien bestehen die Umweltprobleme durch die klassischen Schadstoffe weiter. Staub-, Schwefel- und Rußemissionen spielen beim Erdgas praktisch keine Rolle, während sich auch bei der Erdgasanwendung Stickstoffoxidemissionen nicht völlig vermeiden lassen.

Bei allen herkömmlichen Verbrennungsprozessen bilden sich aus dem in der Verbrennungsluft enthaltenen Stickstoff (N_2) und Sauerstoff (O_2) bei hohen Temperaturen Stickstoffoxide (NO_x). Dies gilt auch für die konventionelle Verbrennung von Wasserstoff. Bei anderen Energieträgern entsteht NO_x darüber hinaus durch den im Brennstoff gebundenen organischen Stickstoff.

Das deutsche Gasfach hat durch Neuentwicklungen die NO_x-Emissionen drastisch verringert. So konnten für die im Jahre 1994 neu installierten Erdgasgeräte im Leistungsbereich bis 1.000 kW die durchschnittlichen NO_x-Emissionen im Vergleich zum Basiswert von 1985 mehr als halbiert werden. Damit hat das deutsche Gasfach seine 1986 abgegebene freiwillige Selbstverpflichtung, die bereits niedrigen NO_x-Emissionen von Erdgasfeuerungsanlagen weiter zu verringern, erfüllt.

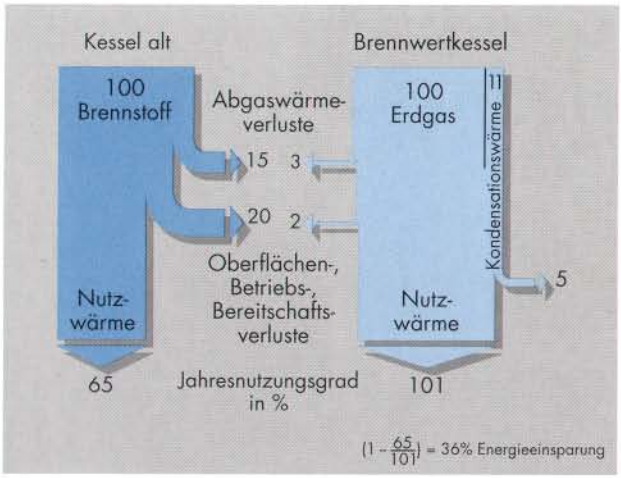
Innovative Technik

Das deutsche Gasfach beweist seit Jahren durch vielfältige Innovationen seine hohe Leistungsfähigkeit. Moderne Erdgasanwendungstechniken haben neben der deutlichen Reduzierung der Emissionen auch zu einer erheblichen Verbesserung der Energieausnutzung geführt:

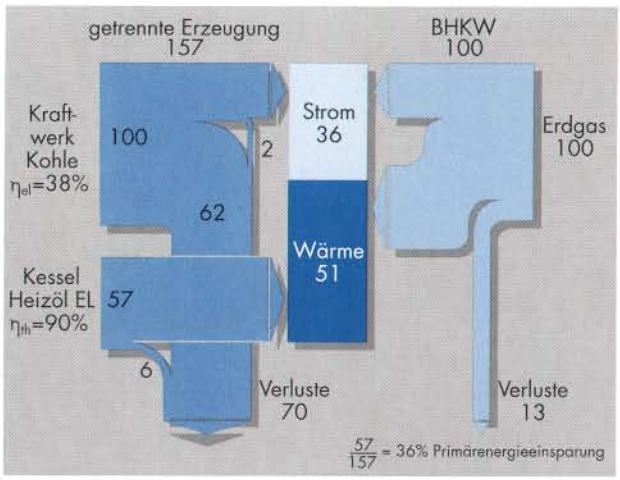
Brennwertkessel ermöglichen die zusätzliche Nutzung der Abgaswärme. Neu konzipierte Geräte erreichen Wirkungsgradverbesserungen bis zu 30 % gegenüber Altanlagen. Derzeit werden jährlich weit über 100.000 Brennwertgeräte installiert, mit zunehmender Tendenz.

Gaswärmepumpen erzeugen aus Umwelt- oder Abwärme Nutzwärme oder -kälte. Sie können einen wichtigen Beitrag zur Senkung des Primärenergiebedarfs und der damit verbundenen CO_2-Belastung liefern. Im Vergleich zu herkömmlichen Heizungen lassen sich bis über 40 % Primärenergie einsparen.

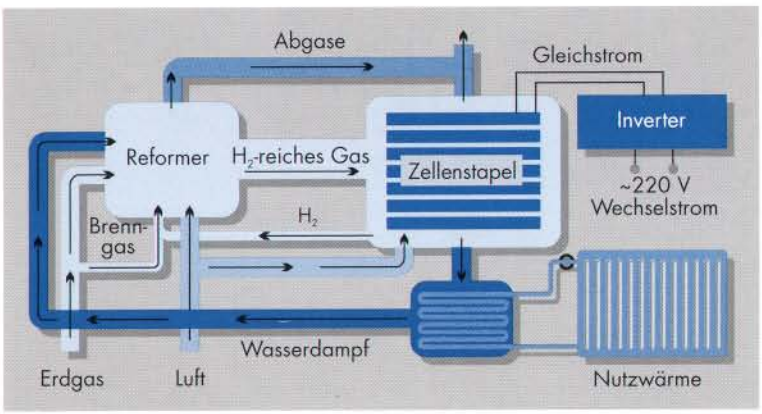
Eine signifikante Entlastung für die Umwelt wird mit der Kraft-Wärme-Kopplung erreicht. Durch die Kombination unterschiedlicher Anlagen (Gasmotor oder Gasturbine mit Generator) ist es möglich, mit hohen Wirkungsgraden dezentral Strom, Wärme und Kälte zu erzeugen. Im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme können bei derartigen Systemen bis zu 40 % weniger Brennstoff verbraucht werden, mit entsprechender Reduzierung der CO_2-Emissionen. Für die zentrale Stromerzeugung in Großkraftwerken sind Gas- und Dampfturbinenanlagen mit Werten von über 55 % gegenüber sonst üblichen rd. 40 % Weltmeister beim elektrischen Wirkungsgrad. Sie emittieren über die Hälfte weniger CO_2.



Energieeinsparung durch Brennwertnutzung mit Erdgas



Energieeinsparung durch Kraft-Wärme-Kopplung mit Erdgas



Aufbau eines Brennstoffzellenaggregats

Phosphorsaure Brennstoffzelle

Oben links: Erdgasbus im öffentlichen Personennahverkehr

Links: Blockheizkraftwerk

Unten: Absorptions-kälteanlage

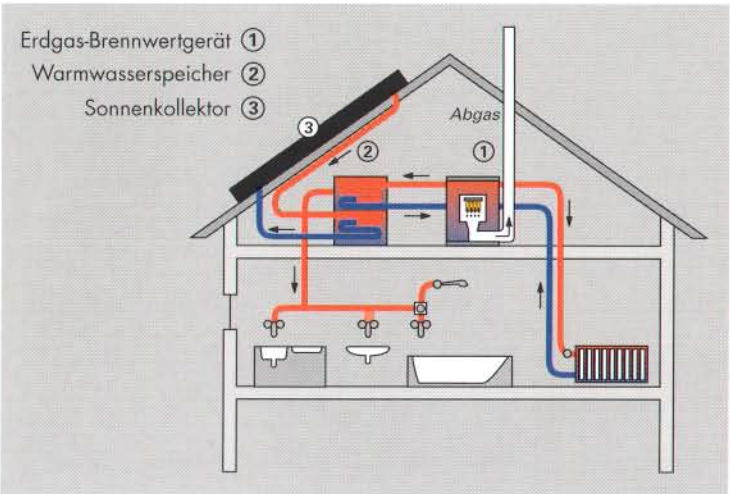
Noch höhere elektrische Wirkungsgrade sind durch Brennstoffzellen möglich. In ihnen wird auf direktem elektrochemischem Weg, also ohne Verbrennung, Strom und Wärme produziert. Die dabei entstehenden Emissionen sind praktisch vernachlässigbar. In der Forschung werden derzeit vier Entwicklungslinien verfolgt (phosphorsaure, Protonenaustauscher-Membran-, Schmelzkarbonat- und Festoxid-Brennstoffzellen). Phosphorsaure Brennstoffzellen haben bereits in Feldversuchen ihre Tauglichkeit bewiesen.

Die Brennstoffzellen nutzen Wasserstoff, der in der Regel aus Erdgas gewonnen wird. Die von der Gaswirtschaft unterstützte Brennstoffzellenforschung schafft die Voraussetzungen für eine künftige, direkte Nutzung von regenerativ, CO_2-frei erzeugtem Wasserstoff in diesen Anlagen. Auch bei vielen anderen Wasserstoffanwendungen kann auf vorhandene Erdgastechnik zurückgegriffen werden.

Erdgas und regenerative Energien

Erdgas wird immer häufiger in Kombination mit regenerativen Energien eingesetzt und macht deren Nutzung oft erst möglich. So zeigen Untersuchungen, daß bei der solaren Warmwasserbereitung Erdgas der optimale Partner ist. Beim Einsatz von Erdgas liegen die CO_2-Emissionen um rund zwei Drittel niedriger als bei der Nachheizung mit Strom und um ein Drittel niedriger als bei der Kombination von Heizöl mit Solarenergie.

Sonnenkollektoranlage



Erdgas-Wärmeversorgung mit Brennwertgerät und Sonnenkollektoranlage zur Brauchwassererwärmung

Fazit: Die Richtung stimmt – Erdgas in Verbindung mit innovativer Technik bildet die Brücke zu einer dauerhaft umwelt- und klimaverträglichen Energieversorgung