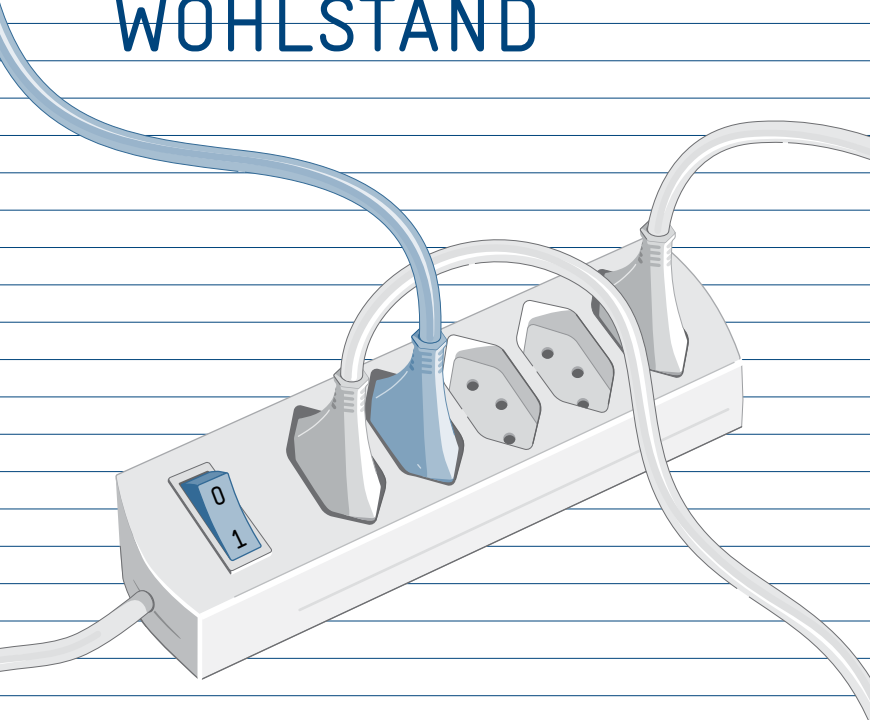


# ENERGIE FÜR WIRTSCHAFT UND WOHLSTAND

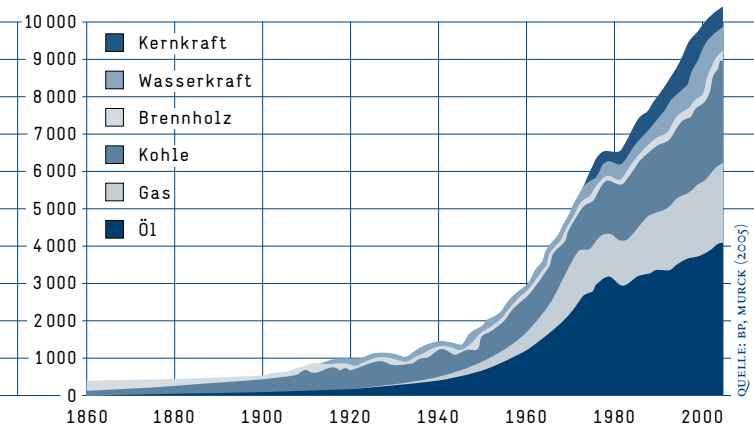


WOHER DIE ENERGIE KOMMT,  
WER SIE VERBRAUCHT UND WARUM  
SIE FÜR UNSEREN WOHLSTAND  
SO WICHTIG IST

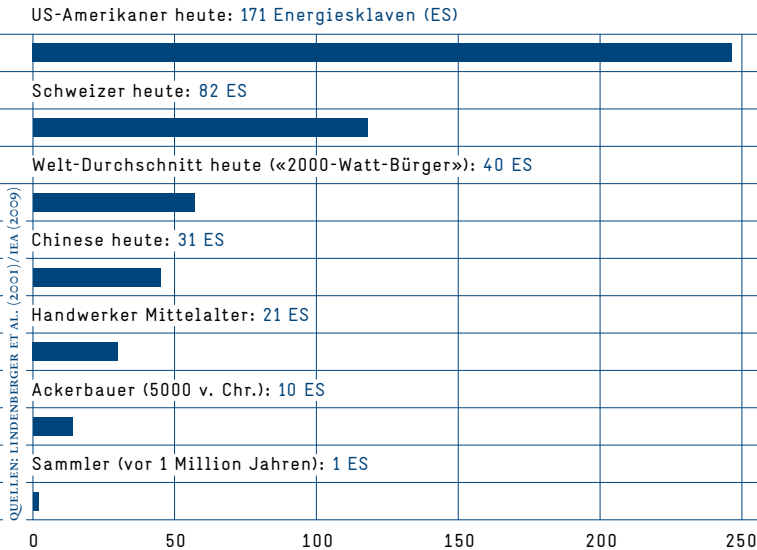
## GESCHICHTE DES ENERGIEVERBRAUCHS

**Der Mensch benötigt Energie** In Anlehnung an die Verhältnisse im Altertum, als anstrengende Arbeiten oft durch Sklaven verrichtet wurden, kann Energie als menschliche Leistung mal Zeit gemessen werden. Ein «Energiesklave» vermag rund 60 Watt Dauerleistung zu erbringen – etwa die Leistung einer Glühbirne. Die historische Entwicklung des Energieverbrauchs illustriert steigende Produktivität und steigenden Wohlstand. Als Jäger und Sammler war der Mensch auf seine Körperkraft angewiesen. Durch die Beherrschung des Feuers und den Einsatz von Tieren stieg der Tagesverbrauch eines Ackerbauers vor 7000 Jahren auf 14 KWh – das entspricht 10 Energiesklaven. Im Mittelalter kamen Wind- und Wasserräder als Energielieferanten hinzu. Der grosse Sprung kam aber erst mit der Industrialisierung sowie der steigenden Mobilität. Heute verbraucht ein Schweizer 118 KWh pro Tag – die Energie von 82 Sklaven.

ENTWICKLUNG DES WELTWEITEN PRIMÄRENERGIEVERBRAUCHS (IN MTOE)



ENERGIEVERBRAUCH SEIT DER URZEIT (PRO KOPF UND TAG IN KWH)

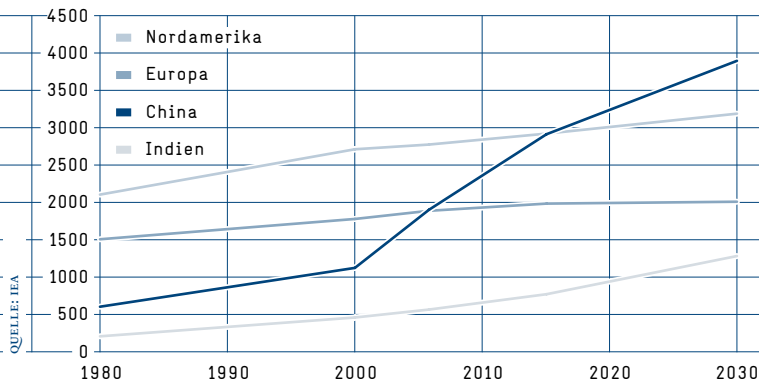


**Energie ist Abbild und Motor der Entwicklung** Bis ins späte 18. Jahrhundert waren Brennholz sowie kinetische Energie von Wind und Wasser, welche vor allem den Bedarf von Mühlen und später Textilfabriken deckten, die wichtigsten Energielieferanten. Am Ende des 18. Jahrhunderts trat die Dampfmaschine von James Watt ihre Erfolgsgeschichte an. Mit der beginnenden Industrialisierung nahm der Verbrauch von Stein- und Braunkohle zur Dampferzeugung sprunghaft zu. Wenige Jahre später setzte die Nutzung des elektrischen Stroms ein. Fabriken begannen, von Dampf auf Strom umzustellen. Damit aber war die Relevanz von Kohle nicht gebrochen, da auch die Stromerzeugung einen Primärenergieträger voraussetzt. Bis heute sind Kohlekraftwerke weltweit die wichtigsten Stromlieferanten. Im 20. Jahrhundert nahm ausserdem mit dem rasanten Anstieg des motorisierten Verkehrs der Ölverbrauch zu. Aufgrund der hohen Energiedichte sind Öl bzw. die daraus gewonnenen Brennstoffe Benzin, Diesel oder Kerosin sehr viel geeigneter für den Einsatz im Mobilitätsbereich als beispielsweise Kohle.

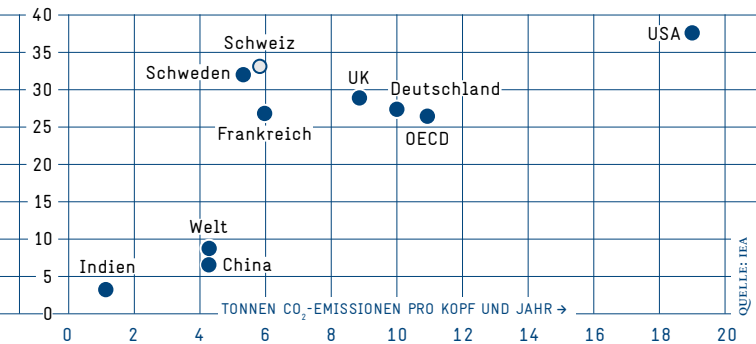
## WELTWEITER ENERGIEVERBRAUCH

**Schwellenländer verursachen Verbrauchswachstum** Der künftige Energieverbrauch wird vor allem durch die bevölkerungsreichen Schwellenländer wie China und Indien bestimmt. Gemäss Prognose der Internationalen Energieagentur (IEA) werden bis 2030 rund 90% der erwarteten Energieverbrauchszunahme durch Nicht-OECD-Länder verursacht. Das Wirtschaftswachstum im Industriesektor, die Bevölkerungs- und Wohlstandszunahme sowie der steigende Grad an Urbanisierung lassen dort die Energienachfrage emporschnellen. So hat der Energiebedarf Chinas denjenigen von Europa bereits überholt. Das Land verbrauchte 2006 die Energie, welche in 1900 Millionen Tonnen Erdöl steckt. 2030 dürfte China fast doppelt so viel Energie verbrauchen wie Europa. Gewonnen wird sie heute vor allem aus Kohle, die auch in der längeren Frist als ökonomisch lukrativ gilt. Allein im Jahre 2006 ging in China alle zwei Tage ein Kohlekraftwerk ans Stromnetz. Würde jeder Chinese so viel Energie wie ein Schweizer konsumieren, stiege der Weltenergieverbrauch um rund 25%. Dies illustriert die politische Relevanz: Öl, Gas und Kohle gelten als strategische Ressourcen, um die künftig ein Verteilungskampf droht.

GESAMTENERGIEVERBRAUCH: CHINAS RESSOURCENHUNGER NIMMT ZU (IN MTOE)



WIRTSCHAFTSLEISTUNG (BIP [PPP 2000] PRO KOPF IN TAUSEND USD) UND CO<sub>2</sub> (2006)



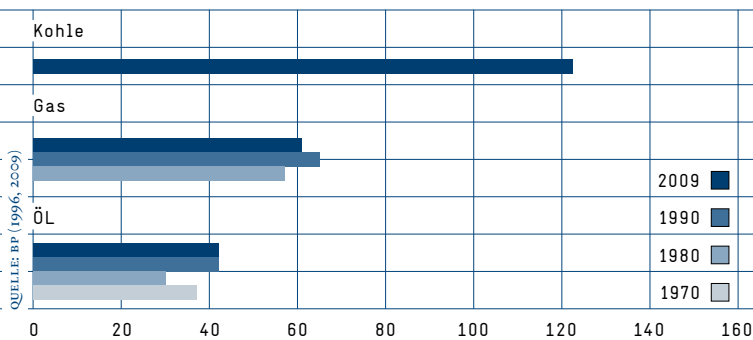
**Energieverbrauch verursacht CO<sub>2</sub>-Emissionen** Die bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehenden Treibhausgase wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) gelten als Hauptursache der Klimaerwärmung. Da Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen wesentlich von der Wirtschaftsleistung sowie dem Lebensstandard abhängen, sind die westlichen Industrienationen – allen voran die USA – die grössten Emittenten. Allerdings unterscheiden sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf oder Wirtschaftsleistung beträchtlich. Dies hängt vor allem mit der Stromproduktion zusammen. In Ländern wie Frankreich oder der Schweiz, wo Kern- und Wasserkraft dominieren, sind die Emissionen tiefer.

Bedeutende CO<sub>2</sub>-Emissionen verzeichnen zudem Schwellenländer wie China und Indien. Weil deren Pro-Kopf-Emissionen heute aber noch sehr gering sind, dürfte der gesamte CO<sub>2</sub>-Ausstoss mit der wachsenden Wirtschaft und der steigenden Mobilität deutlich zunehmen. Dies zeigt, dass für eine effektive Klimapolitik internationale Lösungen benötigt werden. Einen ersten Versuch stellte das Kyoto-Protokoll von 1997 dar. Das im Jahr 2012 auslaufende Abkommen soll durch ein neues ersetzt werden, das auch die grössten Emittenten, USA und China, einbindet.

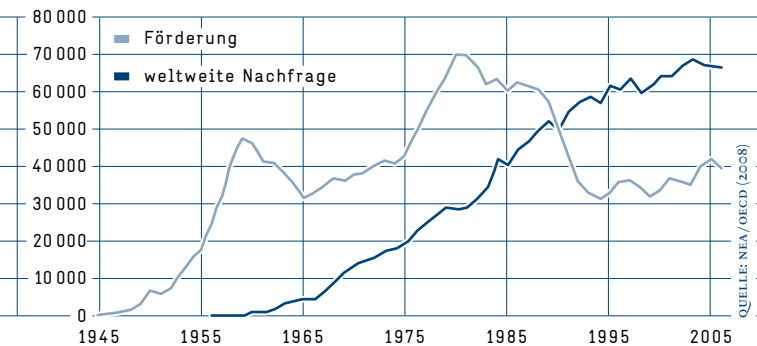
## ENERGIERESERVEN

**Fossile Rohstoffe sind endlich** Fossile Energiequellen sind nach verbreiteter Auffassung das Produkt abgestorbener organischer Bestandteile, welche sich, in Sedimenten eingeschlossen, zu energetisch hochwertigen Kohlenwasserstoffen umwandeln. Da dieser Prozess Jahrmillionen dauert, gelten fossile Rohstoffe als endlich. Neue Technologien und steigende Preise lassen die (lohnende) Exploration von bislang unentdeckten oder unrentablen Vorkommen zu. Deshalb blieben die geschätzten Erdölressourcen – trotz gestiegenen Verbrauchs – in den vergangenen Jahren praktisch konstant. Dennoch wird die Ölförderung irgendwann ein Maximum erreichen. Nimmt die Nachfrage ab diesem Zeitpunkt nicht drastisch ab, impliziert der Angebotsmangel massive Preisanstiege. Dieses Phänomen wird auch «Peak Oil» genannt. Dies wurde erstmals vom amerikanischen Geologen Marion King Hubbert beschrieben. Er prognostizierte den «Peak Oil» in den USA korrekt auf die frühen 1970er Jahre. Eine Modellierung des weltweiten Fördermaximums ist jedoch praktisch unmöglich, da es an Kenntnissen über den künftigen Verbrauch, die technischen Entwicklungen und tatsächlichen Reserven mangelt. So wurde der weltweite «Peak Oil» schon für verschiedene Jahre zwischen 1989 und 2007 vorausgesagt.

RESERVESCHÄTZUNGEN FOSSILER ENERGIETRÄGER (IN JAHREN)



WELTWEITE URANFÖRDERUNG UND -NACHFRAGE (IN TONNEN)

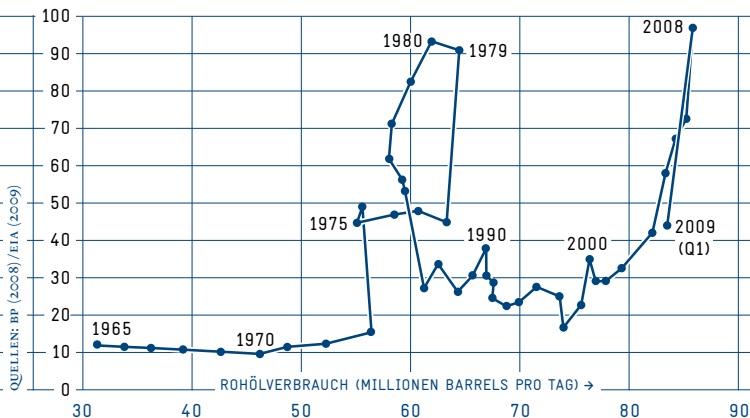


**Uran-Produktion hinkt der Nachfrage hinterher** Kernkraftwerke decken heute rund 16% des weltweiten Strombedarfs. Zu deren Energieerzeugung eignet sich in erster Linie der Rohstoff Uran. Dieser wird vor allem in Minen in Kanada, Australien, Kasachstan, Russland, Niger, Namibia, Usbekistan und den USA abgebaut. Die weltweite Förderung nahm jedoch nach 1980 auffallend stark ab. Diese Entwicklung hängt mit dem Ende des Kalten Krieges und den atomaren Abrüstungsverträgen zwischen Russland und den USA zusammen. Dabei wurde das Uran von Kernwaffen in grossen Mengen für die Stromproduktion rückgewonnen. Seit 2003 nehmen die Bestände aus solchen sekundären Quellen ab, und die Förderung von Natururan steigt tendenziell wieder an. Die identifizierten Reserven für Uran reichen gemäss IAEA bei heutiger Reaktortechnik und aktuellem Verbrauch für rund 100 Jahre. Unter Einbezug der noch unentdeckten, jedoch vermuteten Reserven dürften es gegen 300 Jahre sein, und durch die – jedoch deutlich kostspieligere – Gewinnung von Uran aus Meerwasser würden die Reserven praktisch unbegrenzt. Weil die Stromgestehungskosten der Kernkraftwerke vor allem von fixen Baukosten bestimmt werden, verändern höhere Uranpreise die gesamten Produktionskosten nur geringfügig.

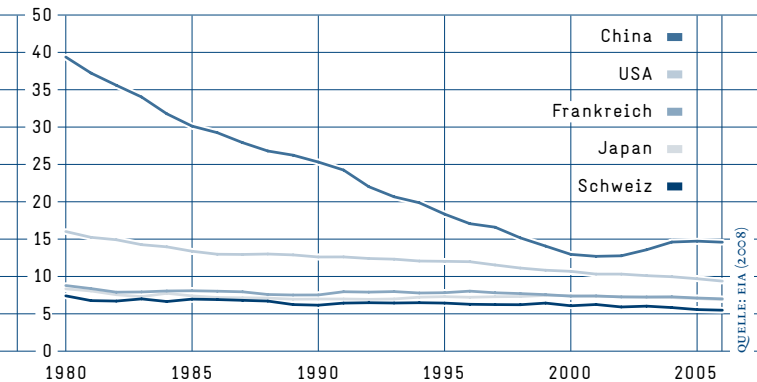
## ENERGIE UND WIRTSCHAFT

**Ölnachfrage ist kaum preisabhängig** Gemäss ökonomischer Theorie nimmt der Verbrauch eines Gutes mit steigenden Preisen ab. Diese negative Preiselastizität scheint beim Öl nur begrenzt zu existieren. Seit 1965 steigen tendenziell Verbrauch wie auch Ölpreise. Tatsächlich hängt der Verbrauch nicht nur vom Preis, sondern noch viel stärker vom Einkommen bzw. von der Wirtschaftsleistung ab. Dennoch lassen sich in der Grafik Ansätze einer negativen Preiselastizität erkennen. So etwa beim ersten Preisaufschlag 1975 oder bei der Erdölkrise 1979, als sich mit dem Anstieg des Ölpreises auch Verbrauchsreduktionen abzeichneten. Auch im ersten Quartal 2009 nahm der Verbrauch nach dem rasanten Preisanstieg sichtbar ab. Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass die Verbrauchsreduktion primär durch den hohen Preis verursacht wurde. Vielmehr ist sie auf die geringere Wirtschaftsleistung im Zuge der schwächeren Konjunktur zurückzuführen. Aufgrund der geringeren Nachfrage brach der Ölpreis in der Folge zusammen. Langfristig wird der Ölpreis einen grosseren Einfluss auf die Nachfrage haben, da neue Technologien eine einfachere Substitution ermöglichen.

ROHÖLVERBRAUCH VS. JAHRES-DURCHSCHNITTSPREIS (BARREL IN USD 2007)



ENERGIEVERBRAUCH PRO BIP-EINHEIT (MJ PRO USD 2000)

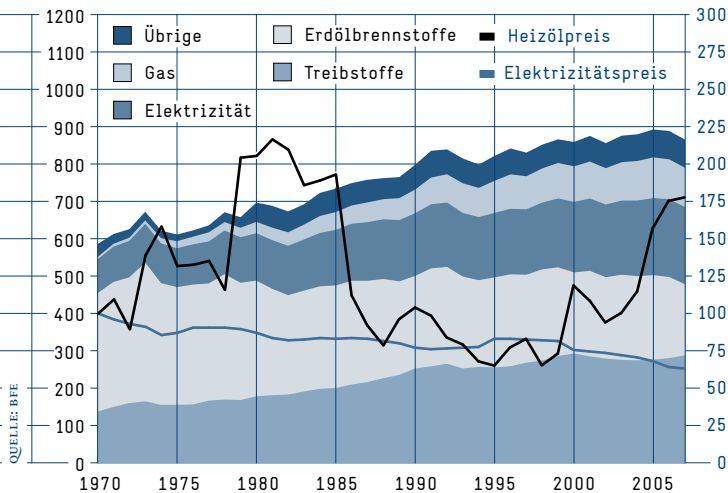


**Bei der Energieintensität bestehen regionale Unterschiede** Energie kann neben Arbeit und Kapital als dritter Produktionsfaktor angesehen werden. Dabei stellt Energie ein Substitut für die Arbeit dar, schliesslich ist sie für den Betrieb von Maschinen notwendig. Die Energieintensität einer Volkswirtschaft kann durch die Relation von Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung (gemessen als Bruttoinlandsprodukt = BIP) dargestellt werden. Internationale Unterschiede sind auf diverse Faktoren zurückzuführen. Einerseits wird der Energieeinsatz durch die sektorale Wirtschaftsstruktur bestimmt: Ein hoher Anteil Schwerindustrie impliziert einen höheren Energiebedarf, wogegen ein grosser Dienstleistungssektor den Bedarf reduziert. Andererseits bestimmen aber auch Faktoren wie Klima (Heizung/Kühlung), Transportdistanzen oder Energiepreise den Verbrauch. Bei hohen Energiepreisen nehmen Anreize für einen effizienten Energieeinsatz, z.B. durch die Erneuerung des Maschinenparks, zu. Auffallend stark nahm in der Vergangenheit die Energieintensität in China ab, dennoch verbraucht es für die gleiche Wertschöpfung noch etwa doppelt so viel Energie wie entwickelte Länder.

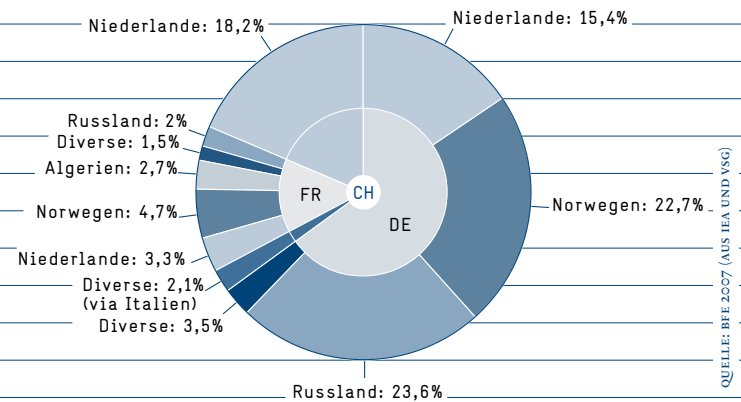
## SCHWEIZER ENERGIEPRODUKTION UND IMPORTE

**Erdöl deckt die Hälfte des Energieverbrauchs** 1970 deckte Erdöl mit einem Anteil von fast 80% den weitaus grössten Teil des Schweizer Energiebedarfs. Bis heute ist der Ölverbrauch praktisch konstant geblieben, wobei der Anteil für Treibstoffe (Verkehr) im Vergleich zu den Brennstoffen (Heizungen) kontinuierlich zunahm. Parallel dazu reduzierte sich die Relevanz des Erdöls am Gesamtenergieverbrauch. Dies kann auf die Substitution von Erdöl durch Erdgas und in jüngerer Zeit auch durch Wärmepumpen bei den Heizsystemen zurückgeführt werden. Die Substitution von Ölheizungen durch alternative Technologien hängt nicht zuletzt mit der Preisunsicherheit auf Seiten der Konsumenten zusammen. Während der beiden Ölkrisen der 1970er Jahre stiegen insbesondere die Heizölpreise sprunghaft an. Gas und Benzin und v.a. Elektrizität wiesen geringere Preisveränderungen auf. Heute decken Erdölbrennstoffe nur noch 22%, -treibstoffe hingegen über 33%, Elektrizität 24% und Gas 12% des Endverbrauchs.

CH-ENDVERBRAUCH (IN PJ) UND REALE ENERGIEPREISE (PREISINDEX 1970 = 100)



HERKUNFT DER SCHWEIZER GASIMPORTE (2007)

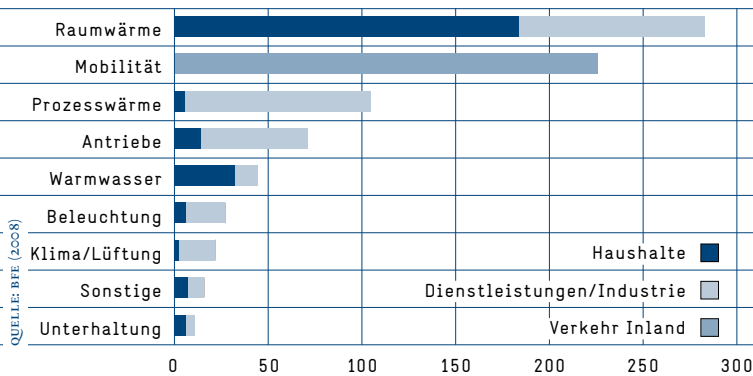


**Gas stammt vor allem aus Holland und Russland** Da die Schweiz bei fossilen Energieträgern von Importen abhängig ist, gilt die Abstützung auf unterschiedliche Lieferländer als wichtiges Instrument der Versorgungssicherheit. Während die Schweiz beim Öl durch eine Vielzahl von Staaten beliefert wird, sind es beim Gas im Wesentlichen nur drei. Zwar wird häufig darauf hingewiesen, dass Gas v.a. aus politisch stabilen Ländern wie Deutschland oder den Niederlanden stammt. Betrachtet man deren Beschaffungsportfolios, zeigt sich aber, dass vor allem Russland mit einem Anteil von 26% ein wichtiger Lieferant für die Schweiz ist. Aufgrund abnehmender Ressourcen und steigender Nachfrage wird Europa künftig vermehrt Gas importieren. Um eine einseitige Abhängigkeit zu vermeiden, versucht Europa, u.a. durch den Bau der Nabucco-Pipeline russisches Territorium zu umgehen und Lieferländer im kaspischen Raum direkt zu erschliessen. Daneben soll vermehrt aus Afrika importiert werden. Allerdings besteht mittelfristig beim russischen Erdgas eine gegenseitige Abhängigkeit: Da das russische Leitungsnetz Richtung Europa ausgerichtet ist, braucht Russland Europa als zahlungskräftigen Konsumenten.

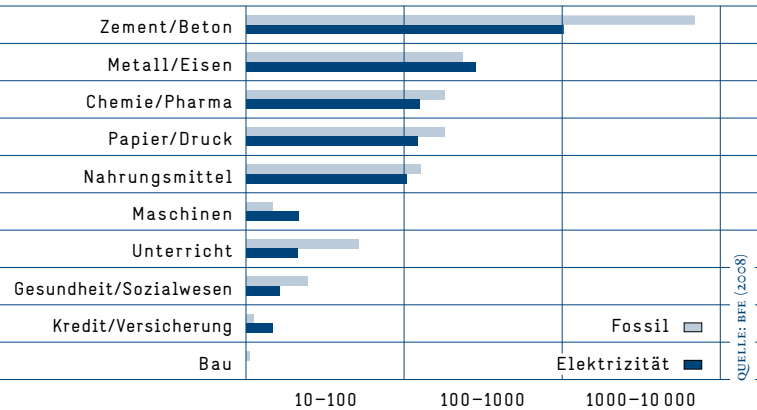
## VERWENDUNG DER ENERGIE IN DER SCHWEIZ

**Raumwärme beansprucht die meiste Energie** Für Heizung und Mobilität werden in der Schweiz rund 63% der Endenergie verwendet. Eine Aufschlüsselung nach Verbrauchsgruppen zeigt, dass die Haushalte den grössten Anteil der Raumwärme für sich beanspruchen. Unter Berücksichtigung dieser Grössenverhältnisse müssten effektive Massnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs vor allem bei der Raumwärme und der Mobilität ansetzen. Im Bereich der Raumwärme stehen neue Heiz- und Wärmedämmungssysteme bzw. umfassende Baustandards wie z.B. Minergie-P im Vordergrund. Deren Relevanz ist bislang jedoch gering: Ende 2008 basierten etwa 1% der Wohngebäude auf Minergie. Von den rund 17 000 Wohn-Neubauten im Jahr 2007 wurden 1700 nach Minergie-Standard errichtet. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass sich der Aufpreis für ein Einfamilienhaus von rund 7% gemäss einer Studie der Zürcher Kantonalbank erst dann rentieren soll, wenn der Ölpreis ein Niveau von etwa 200 CHF pro Barrel erreicht. Im Bereich Verkehr dominieren nach wie vor Lenkungsabgaben als Mittel zur Verbrauchsreduktion – längerfristig könnten technische Neuerungen wie Elektrofahrzeuge relevant sein.

ENERGIEVERBRAUCH UND VERWENDUNGSZWECK 2006 (IN PJ)



ENERGIEVERBRAUCH PRO VOLLZEITSTELLE 2007 (IN GJ)



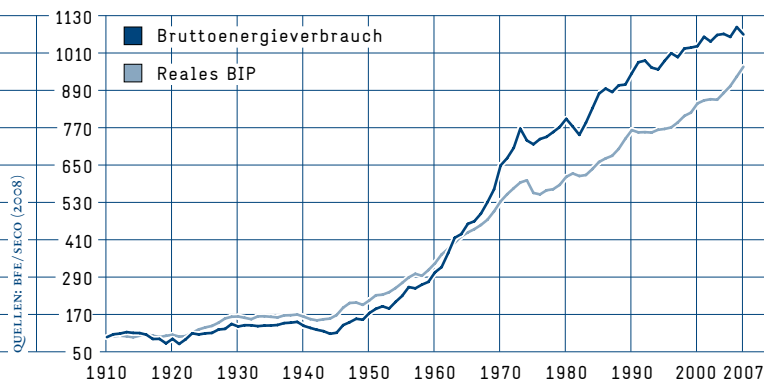
**Energiebedarf variiert nach Branche** Die energieintensivsten Branchen in der Schweizer Wirtschaft sind die Zement- und Betonindustrie, gefolgt von der Metallindustrie, den Chemie- und Pharmaproduzenten sowie den Papier- und Nahrungsmittelherstellern. Aufgrund der energieintensiven Brennvorgänge ist der Energieverbrauch eines Zementfabrikanten mit Abstand am höchsten und liegt etwa um den Faktor zehn über demjenigen eines Metallarbeiters. Etwa 90% dieser Energie stammen produktionsbedingt aus fossilen Energieträgern.

Für die energieintensiven Unternehmen hat der Preis für Brennstoffe und Elektrizität einen enormen Einfluss auf die Profitabilität. So führten die hohen Rohstoff- und Energiepreise im Sommer 2008 dazu, dass in Teilen der energieintensiven Industrien die Kosten für Energie teilweise bereits höher lagen als jene für das Personal. Mit den hohen Energiepreisen steigen umgekehrt die Anreize für Effizienzmassnahmen, beispielsweise durch die Optimierung von Prozessabläufen, durch Wärmerückgewinnung oder effizientere Motorsteuerungen.

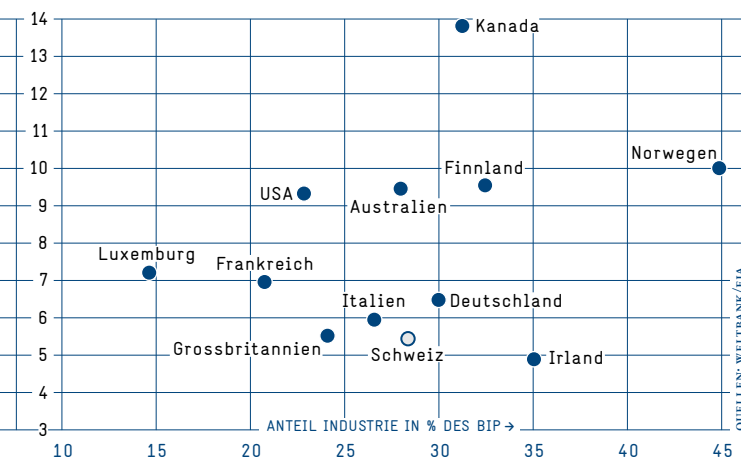
## ENERGIE UND WIRTSCHAFT IN DER SCHWEIZ

**Energie als Grundlage des Wirtschaftswachstums** Sowohl die Produktion von Gütern und Dienstleistungen als auch deren Konsum setzt den Einsatz von Energie voraus. Zwischen Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch besteht daher auch in der Schweiz ein enger Zusammenhang. Das zeigt auch die Statistik: Seit 1910 ging ein einprozentiges Wirtschaftswachstum (Bruttoinlandprodukt, BIP) mit einem Energieverbrauchswachstum von rund 1,1% einher. In den 1960er Jahren stieg der Bruttoenergieverbrauch deutlich überproportional zum BIP, nach 1995 allerdings kehrte sich diese Entwicklung um. Das BIP steigt seither etwas stärker als der Energieverbrauch. So nahm der Energieverbrauch zwischen 1995 und 2007 mit ca. 0,3% pro 1% BIP-Wachstum unterproportional zu. Diese Entwicklung weist darauf hin, dass die Energieeffizienz der Schweizer Wirtschaft in den letzten Jahren tendenziell zugenommen hat. Zurückzuführen ist diese Entwicklung nicht zuletzt auf technologische Neuerungen, auf die Substitution von ineffizienten fossilen Energieträgern durch Elektrizität sowie auf strukturelle Veränderungen: die energieintensive Industrie wurde vermehrt durch den Dienstleistungssektor abgelöst.

BIP UND BRUTTOENERGIEVERBRAUCH IN DER SCHWEIZ (IN % VON 1910)



ENERGIEINTENSITÄT (IN MJ PRO USD 2000) UND GRÖSSE DES INDUSTRIESEKTORS (2006)



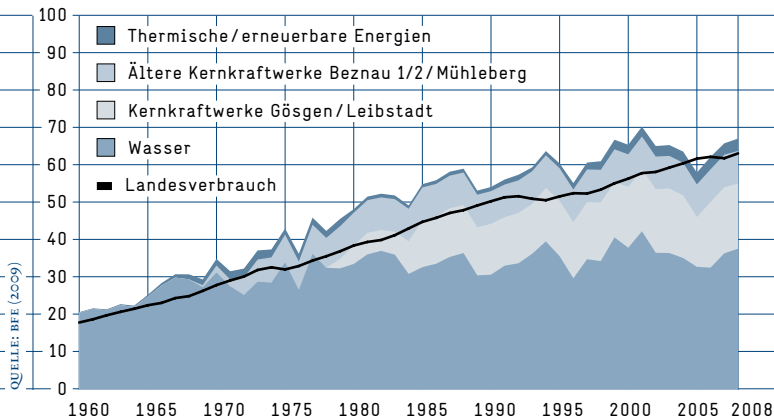
**Die Schweizer Industrie produziert mit weniger Energie** Obschon der Industrie- in den vergangenen Jahren zunehmend dem Dienstleistungssektor gewichen ist, beläuft sich sein Anteil am Bruttoinlandprodukt noch immer auf rund 28%. Damit liegt die Schweiz ungefähr im Mittelfeld der entwickelten Länder. Weil die Industrie im Allgemeinen als überdurchschnittlich energieintensiv gilt, müsste die Schweizer Wirtschaft im internationalen Vergleich relativ viel Energie aufwenden. Das trifft aber nicht zu: Pro Wirtschaftsleistung (gemessen als BIP-Einheit) ist der Energieverbrauch ähnlich hoch wie in Grossbritannien, dort aber macht der BIP-Anteil der Industrie nur gerade rund 24 Prozent aus. Dies weist einerseits auf eine relativ hohe Energieeffizienz der Produktion hin. Andererseits wurden aber auch besonders energieintensive Teile der Wertschöpfungskette ins Ausland ausgelagert. Die Energie, welche für die Produktion importierter Güter bzw. im Ausland erstellter Vorleistungen aufgewendet wird, bezeichnet man auch als «graue Energie» – sie wird nicht zum Schweizer Energieverbrauch addiert.



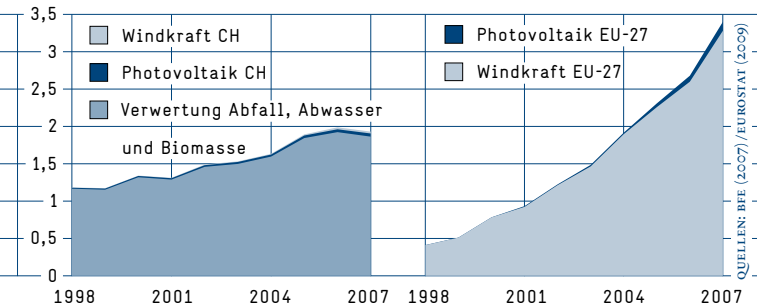
## STROMPRODUKTION IN DER SCHWEIZ

**Kern- und Wasserkraft erzeugen den Schweizer Strom** Weil die Schweiz bei den fossilen Energien gänzlich von Importen abhängig ist, kommt der Elektrizität eine besondere strategische Bedeutung für die Versorgungssicherheit zu. Bis 1969 wurde in der Schweiz Strom in erster Linie durch Wasserkraft produziert. Dann ging mit Beznau I das erste Kernkraftwerk ans Stromnetz. Der steigende Strombedarf wurde in der Folge fast ausschliesslich durch neue Kernkraftwerke gedeckt. Die Wasserkraft wurde dagegen nur noch geringfügig ausgebaut. Konventionell-thermische Kraftwerke und neue erneuerbare Energien spielen bislang eine marginale Rolle. Heute deckt die Schweiz mit ihren eigenen Kraftwerken ungefähr ihren Verbrauch. Allerdings ist die Schweiz im Sommer Netto-Exporteur, in den Wintermonaten muss sie Strom importieren. Mit der Abschaltung der älteren Kernkraftwerke würde daher der Importbedarf nach 2019 über das ganze Jahr sprunghaft zunehmen. Importe setzen aber ausreichende Leitungskapazitäten über die Grenzen hinweg sowie ausländische Produktionskapazitäten für den Export voraus – beides könnte in Zukunft knapp werden.

STROMERZEUGUNG UND LANDESVVERBRAUCH (IN TWh)



ANTEIL ERNEUERBARER ENERGIEN OHNE WASSERKRAFT IN DER SCHWEIZ/EU  
(IN % DER GESAMTELEKTRIZITÄTSPRODUKTION)

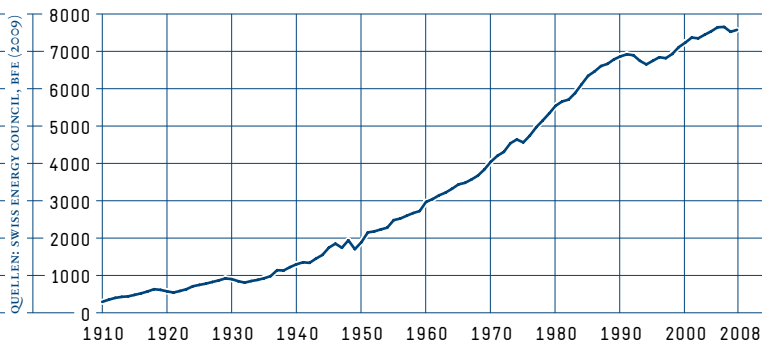


**Anteil der Erneuerbaren wächst von tiefem Niveau aus** Der drohende Anstieg des Stromimportbedarfs, steigende Preise für fossile Energieträger sowie die Klimapolitik haben neue erneuerbare Energieträger zunehmend ins Zentrum der Energiepolitik gebracht. Seit Ende der 1990er Jahre steigt ihr Anteil sowohl in der Schweiz als auch in der EU stetig an – allerdings von tiefem Niveau aus. In der EU machten im Jahr 2007 Windenergie und Photovoltaik (PV) knapp 3,5% der Stromproduktion aus. Dabei sind Deutschland und Spanien führend mit Anteilen von 7 bzw. 9% an ihrer gesamten Stromproduktion. In der Schweiz liegt der Anteil bei nur rund 0,1%. Inclusive der energetischen Verwertung von Abfall und Abwasser beträgt der Anteil erneuerbarer Energien etwa 2%. Weil die Produktionskosten über den Marktpreisen für Strom liegen, sind zur Förderung staatliche Subventionen (Einspeisevergütungen) nötig. Bei der PV liegen diese in der Schweiz bei 490–900 CHF/MWh, bei Windanlagen bei 200 CHF/MWh. Zum Vergleich: An der Börse wurde Schweizer Grundlaststrom im ersten Halbjahr 2009 zu rund 75 CHF/MWh gehandelt. Ein Ersatz der Kernkraftwerke durch neue erneuerbare Energien dürfte sich daher als kostspielig erweisen.

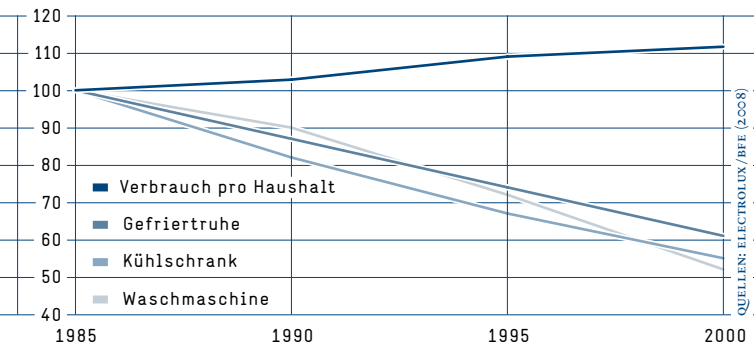
## STROMVERBRAUCH IN DER SCHWEIZ

**Pro-Kopf-Verbrauch steigt an** Eine Alternative zum Aus- bzw. Neubau von Grosskraftwerken stellt theoretisch die Reduktion des Verbrauchs dar. In der Praxis aber nahm der Pro-Kopf-Stromverbrauch in der Schweiz in der Vergangenheit fast kontinuierlich zu, auch wenn die Zunahme nach 1990 etwas abflachte. Mit einem Verbrauch von 7600 KWh pro Kopf liegt die Schweiz im Jahr 2008 im europäischen Durchschnitt. Die skandinavischen Länder Norwegen, Schweden und Finnland verbrauchen zwar pro Kopf zwei- bis dreimal mehr als die Schweiz, decken aber gleichzeitig mit der Elektrizität einen höheren Anteil ihres Gesamtenergieverbrauchs. In der Zukunft dürfte in der Schweiz der Pro-Kopf-Stromverbrauch eher ansteigen als sinken. Vor allem durch die Substitution von ineffizienten Ölheizungen durch Wärmepumpen oder längerfristig z.B. durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen würde der Verbrauch massiv ansteigen. Würde jeder zehnte Personenwagen elektrisch betrieben, nähme der jährliche Stromverbrauch in der Schweiz um etwa 2% (Annahme 20 KWh pro 100 km) zu. Das scheint auf den ersten Blick wenig zu sein. Sollten jedoch die Autos zur gleichen Zeit ihre Batterien laden, würde der Kraftwerksbedarf überproportional ansteigen.

PRO-KOPF-STROMVERBRAUCH IN DER SCHWEIZ (IN KWH)



GERÄTEEFFIZIENZ VS. VERBRAUCH PRO HAUSHALT (IN % DES VERBRAUCHS VON 1985)



**Stromverbrauch steigt trotz effizienterer Geräte** Auch die steigende Effizienz elektrischer Geräte stellt keine Garantie für einen in Zukunft sinkenden Stromverbrauch dar. Die Erfahrung zeigt, dass die elektrischen Geräte in der jüngeren Vergangenheit bedeutend weniger Strom für die gleiche bzw. sogar eine bessere Leistung benötigten. So konnte beispielsweise der Verbrauch bei gängigen Geräten wie Waschmaschinen, Kühlschränken oder Gefriertruhen zwischen 1985 und dem Jahr 2000 durch verbesserte Technik um durchschnittlich etwa 40% verringert werden.

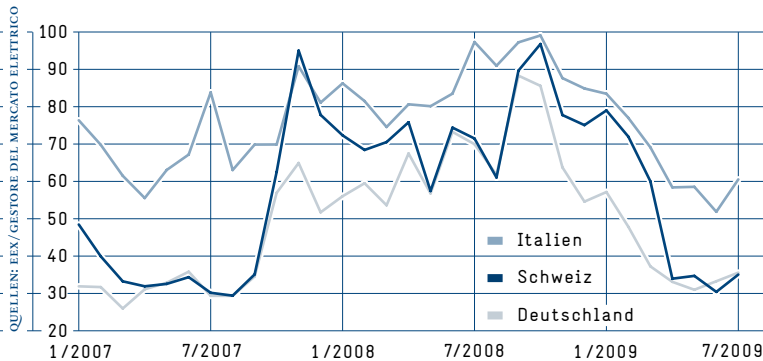
Ungeachtet dessen nahm der Elektrizitätsverbrauch pro Schweizer Haushalt zu: über dieselbe Zeitspanne sogar um über 10%. Der Grund für diese stetige Zunahme liegt nicht zuletzt bei Mengeneffekten: Mit dem steigenden Haushaltseinkommen steigt die Anzahl der elektrischen Geräte im Haushalt wie beispielsweise Tumbler, Computer, Geschirrspül- und Espresso-Maschine. Steigender Wohlstand hat die höhere Effizienz überkompensiert. Ähnliche Effekte existieren bei der Raumheizung: Zwar wurde diese durch neue Technologie und Isolation effizienter, allerdings stieg der Raumanpruch pro Person an.

## STROMPREISE IN DER SCHWEIZ UND EUROPA

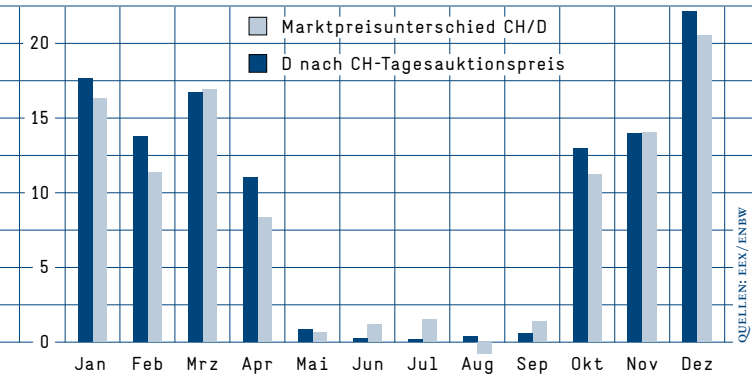
**Europa macht die Schweizer Preise** Strategien für eine Sicherstellung der Schweizer Stromversorgung müssen den europäischen Kontext berücksichtigen. Einerseits ist die Schweiz eng in das europäische Stromnetz integriert und gilt als eigentliche Stromdrehscheibe. Andererseits wird seit Anfang 2007 Strom für das Marktgebiet Schweiz an der European Energy Exchange (EEX) in Leipzig gehandelt. Obwohl nur ein kleiner Anteil an der Börse gehandelt wird, gilt der Börsenpreis doch als Referenz für ausserbörsliche Strompreise.

Aufgrund der engen Vernetzung bildet sich der Strompreis für die Schweiz somit im internationalen Kontext. Bei der Preisbildung spielen variable Gestehungskosten der Kraftwerke eine zentrale Rolle. Weil in Europa v.a. Kohle- und Gaskraftwerke Strom produzieren, orientiert sich der Strompreis an den Kosten für Kohle und Gas. Da Strom über die Grenzen hinweg gehandelt wird, entwickeln sich die Preise in den europäischen Ländern zunehmend parallel. Allerdings bleiben zwischen den Ländern häufig Preisniveau-Unterschiede bestehen. Mangelnde Übertragungskapazitäten bei den Netzen limitieren den Handel und verhindern eine vollständige Preiskonvergenz.

PREISE FÜR GRUNDLAST IM BÖRSLICHEN HANDEL (IN EUR/MWH)



AUKTIONSPREIS VS. PREISUNTERSCHIED IM JAHR 2008 (IN EUR/MWH)



**Strom wird über Grenzen gehandelt** Ursprünglich waren Übertragungsnetze auf das Inland fokussiert. Für den wachsenden internationalen Handel reichen diese Netzkapazitäten häufig nicht. Stromhändler müssen daher Grenzkapazitäten im Rahmen von Auktionen erwerben. Der Export von Strom in ein Nachbarland lohnt sich, solange die Preise dort höher sind. Händler sind bei solchen Preisunterschieden bereit, einen Preis für die Grenzkapazitäten zu bezahlen. Die Nachfrage der Händler nach der Grenzkapazität übersteigt das Angebot, solange der Auktionspreis kleiner als die Strompreisdifferenz ist. Im Marktgleichgewicht entspricht die Auktionsgebühr dem Preisunterschied.

Zu Netzengpässen kommt es auch an der Schweizer Nordgrenze, insbesondere im Winter bei tieferer inländischer Produktion. Dann konkurriert die Schweiz mit Italien um Stromimporte aus Deutschland und Frankreich. Im Marktgleichgewicht steigen die Schweizer Preise auf italienisches Niveau. Und an der Grenze Schweiz-Deutschland bezahlen die Händler einen Auktionspreis, welcher dem Marktpreisunterschied zwischen Deutschland und Schweiz-Italien entspricht.

## ENERGIE, LEISTUNG UND UMRECHNUNGEN

**Definition Energie** Generell wird Energie definiert als die Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten. Energie ist notwendig, um z.B. einen Körper zu beschleunigen oder um eine Substanz zu erwärmen. Energie kann weder vernichtet noch erzeugt, sondern lediglich umgewandelt werden. Energie kann in verschiedene Formen umgewandelt werden. Z.B. kann die kinetische Energie von bewegten Luftmolekülen vom Rotor einer Windkraftanlage in Rotationsenergie umgesetzt werden. Diese kann durch einen Generator in elektrische Energie umgewandelt werden. Bei jeder Art von Energieumwandlung wird ein Teil der Energie in Wärme (Reibung) transformiert.

**Primärenergie** Primärenergieträger kommen direkt in der Natur vor. Dazu gehören z.B. Stein- und Braunkohle, Erdöl und -gas sowie erneuerbare Energiequellen. In den meisten Fällen muss Primärenergie in Kraftwerken, Raffinerien usw. in Sekundärenergieträger umgewandelt werden. Sekundärenergie ist Energie, die als Ergebnis eines Umwandlungsprozesses und unter Energieverlust aus Primärenergie gewonnen wird (z.B. Strom, Fernwärme, Heizöl oder Benzin).

**Energie als Joule oder Kilowattstunde** Für die Messung von Energie wird die Einheit Joule verwendet. Ein Joule ist jene Energie, die benötigt wird, um über die Strecke von einem Meter die Kraft von einem Newton aufzuwenden bzw. für die Dauer einer Sekunde die Leistung von einem Watt aufzubringen ( $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$ ).

**Energie als Öläquivalent** Energie wird häufig als Öläquivalent dargestellt: Tons of Oil Equivalent (Toe), Million Tons of Oil Equivalent (Mtoe) und Barrel of Oil Equivalent (Boe). Dabei entspricht ein Barrel Öl einem Fass mit einem Inhalt von 159 Litern. Eine Toe entspricht der Menge Energie, welche bei der Verbrennung von einer Tonne Rohöl freigesetzt wird. Die Energie entspricht dabei etwa 42 Gigajoule (GJ).

**Leistung und Energie** Leistung ist Energieverbrauch (Arbeit) pro Zeiteinheit. Leistung kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt gemessen werden, während Energie über eine bestimmte Zeitspanne gemessen wird. Stromverbraucher bezahlen die Elektrizitätswerke für die gelieferte Energie. Die Stromrechnung ist umso höher, je mehr Leistung bezogen wird und je länger die Zeitspanne des Bezugs ist. Die Energie ist also proportional zur Leistung und zur Zeit.

Leistung ist der Fluss von Energie pro Zeit. Die Einheit der Leistung ist Watt. Ein Watt entspricht einem Joule pro Sekunde:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ MW} = 1 \text{ MJ/s}$$

Energie kann folglich auch als Produkt von Zeit und Leistung dargestellt werden. Ein Joule entspricht einer Wattsekunde:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \times 1 \text{ s} = 1 \text{ Ws}$$

$$1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MJ} = 1 \text{ kWh}$$

### Umrechnungen

$$1 \text{ Kilojoule (KJ)} = 1000 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ Megajoule (MJ)} = 1 \text{ Million Joule}$$

$$1 \text{ Gigajoule (GJ)} = 1 \text{ Milliarde Joule}$$

$$1 \text{ Terajoule (TJ)} = 1 \text{ Billion Joule}$$

$$1 \text{ Petajoule (PJ)} = 1000 \text{ Billionen Joule}$$

$$1 \text{ Kilowattstunde (kWh)} = 1000 \text{ Wattstunden}$$

$$1 \text{ Megawattstunde (MWh)} = 1000 \text{ kWh} = 1 \text{ Million Wattstunden}$$

$$1 \text{ Gigawattstunde (GWh)} = 1 \text{ Mio. kWh} = 1 \text{ Milliarde Wattstunden}$$

$$1 \text{ Terawattstunde (TWh)} = 1 \text{ Mrd. kWh} = 1 \text{ Billion Wattstunden}$$

$$1 \text{ Toe} = 42 \text{ GJ} = 11\,630 \text{ kWh}$$

Energie gilt als wichtige Grundlage für die wirtschaftliche Entwicklung und den Wohlstand. Energie wird sowohl in den Produktionsprozessen der Industrie und Landwirtschaft als auch im Dienstleistungsgewerbe verwendet. Umgekehrt setzt aber auch der Konsum von Gütern und Dienstleistungen die Verwendung von Energie voraus. Energie stellt daher für jede Volkswirtschaft eine strategische Ressource dar. Deren Verfügbarkeit und Preis bestimmen wesentlich die Leistungsfähigkeit und damit in entscheidendem Ausmass die Konkurrenzfähigkeit eines Landes. Aufgrund des weltweit ansteigenden Energiehungers sowie der natürlichen Begrenztheit der fossilen Energieressourcen, die bislang den weitaus grössten Teils dieses Hungers gestillt haben, stellen sich vermehrt Fragen der Versorgungssicherheit. Umgekehrt gilt es angesichts der Diskussionen um Klimaschutz, den Verbrauch fossiler Energieträger zu begrenzen.

Die vorliegende Publikation zeigt Zusammenhänge auf und liefert interessante Daten. In einem ersten Teil werden Fragen in Bezug auf die Entwicklung des weltweiten Energieverbrauchs, der fossilen Reserven und der Energieeffizienz beantwortet. Im zweiten Teil wird der Fokus auf die Schweiz gelegt und deren Gesamtenergieverbrauch, ihre Energieimporte und die Wichtigkeit der Energie für die Wirtschaft analysiert. In einem dritten Teil werden Themen wie Stromproduktion, erneuerbare Energien, Geräteeffizienz, Strompreise und Stromhandel behandelt.

Inhalt und Redaktion: Michel Grandjean, Urs Meister (Avenir Suisse)

Korrektur: Marianne Sievert

Gestaltung: blackbox.ch

Download: [www.avenir-suisse.ch](http://www.avenir-suisse.ch)

Bestellung: [assistant@avenir-suisse.ch](mailto:assistant@avenir-suisse.ch)