

Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland bis 2050

Dipl.-Ing. Michael Beer

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Abstract

Der Endenergieverbrauch hat in den letzten Jahren leicht abgenommen, während der Stromverbrauch absolut gestiegen ist. Ein Großteil des Stromes wird für die Bereitstellung von mechanischer Energie und Prozesswärme eingesetzt. Einige Energiedienstleistungen, besonders im Bereich der Information und Kommunikation, sind nur durch Strom realisierbar.

Der Bedarf an Nutzenergie ist von den Bedürfnissen der Menschen sowie dem zu deren Befriedigung verfügbaren Budget abhängig. Alle sozioökonomischen Rahmenbedingungen für Szenariorechnungen lassen sich darauf zurückführen. Zur Bereitstellung von Energiedienstleistungen ist Strom vor allem geeignet, weil er einfach und komfortabel handhabbar ist.

Im Projekt „Energiezukunft 2050“ wurden in drei aufeinander aufbauenden Szenarien der Energiebedarf und dessen Deckung in Deutschland bis 2050 bestimmt. Gegenüber der Referenzentwicklung wurde in Szenario 2 die Verwendung effizienterer Technologien untersucht. In Szenario 3 wird zudem von einem höheren Umweltbewusstsein der Bevölkerung ausgegangen.

Der Trend eines steigenden Strombedarfs setzt sich in allen drei Szenarien fort. Dadurch wird der Einsatz hocheffizienter Anwendungen, insbesondere im Verkehr, möglich. Für die Entwicklung der CO₂-Emissionen aus der Stromverwendung ist die Art der Stromerzeugung entscheidend.

1 Endenergieverbrauch in Deutschland

1.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland

Betrachtet man die Entwicklung des Endenergieeinsatzes in Deutschland von 1990 bis 2007 in Abbildung 1, erkennt man, dass nach der Phase der Wiedervereinigung der Energieverbrauch in den letzten 10 Jahren um etwa 10 % gesunken ist.

Der Steinkohleverbrauch ist, bedingt durch den Einsatz in der Industrie, nahezu konstant geblieben, der Braunkohleeinsatz jedoch auf ein Zehntel gesunken. Der Heizöl- wie auch der Kraftstoffeinsatz ist seit Ende der 1990er Jahre rückläufig. Die Wärmebereitstellung durch Fernwärme – seit Jahren nahezu konstant – wurde zum Teil durch Erdgas und sonstige Energieträger - wie Holzpellets, Solarthermie oder Wärmepumpen, abgelöst. Gegenüber dem Trend des gesamten Endenergieverbrauchs ist der Stromverbrauch jährlich um etwa 1 % angestiegen.

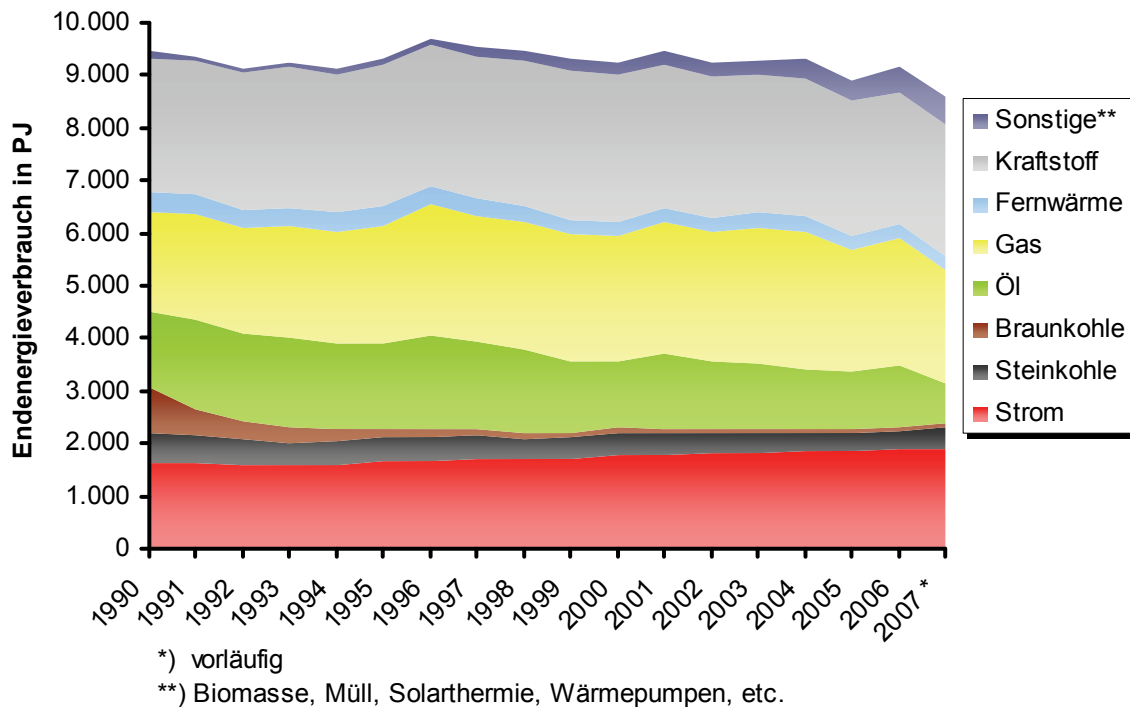


Abbildung 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland /AGEB-01 08/

1.2 Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf Anwendungsarten

Endenergie wird für unterschiedliche Zwecke verwendet. Abbildung 2 zeigt, wie sich der Endenergieverbrauch auf die einzelnen Anwendungsarten (außen) sowie die vier Anwendungssektoren (innen) aufteilt. Die Anwendungsarten entsprechen letztlich der Nutzenergie.

Diese ist per Definition die Energie, welche beim Verbraucher nach der letzten Umwandlung für den jeweiligen Zweck zur Verfügung steht. Darüber hinaus ist sie die technische Form der Energie, welche der Verbraucher letztlich benötigt, also z. B. Wärme, mechanische Energie, elektromagnetische Strahlung (z. B. in Form von sichtbarem Licht), Nutz-Elektrizität (z. B. für Galvanik und Elektrolyse) oder elektromagnetische Strahlung. Die Nutzenergie kann im Gegensatz zur Endenergie und deren Verwendungszweck oftmals nicht ohne weiteres angegeben werden.

Mit 30 % des gesamten Endenergieverbrauchs nimmt die Bereitstellung mechanischer Energie im Verkehr den weitaus größten Teil ein. Allerdings werden etwa zwei Drittel der Endenergie für die Wärmeerzeugung zu Heizzwecken, für warmes Wasser und thermische Prozesse verwendet. Für die Prozesswärmebereitstellung in der Industrie, dem zweitgrößten Energieverbraucher, wird etwas weniger als ein Fünftel der Energie benötigt. Die Haushalte als drittgrößter Energieverbraucher setzen die meiste Energie zur Raumwärmebereitstellung ein.

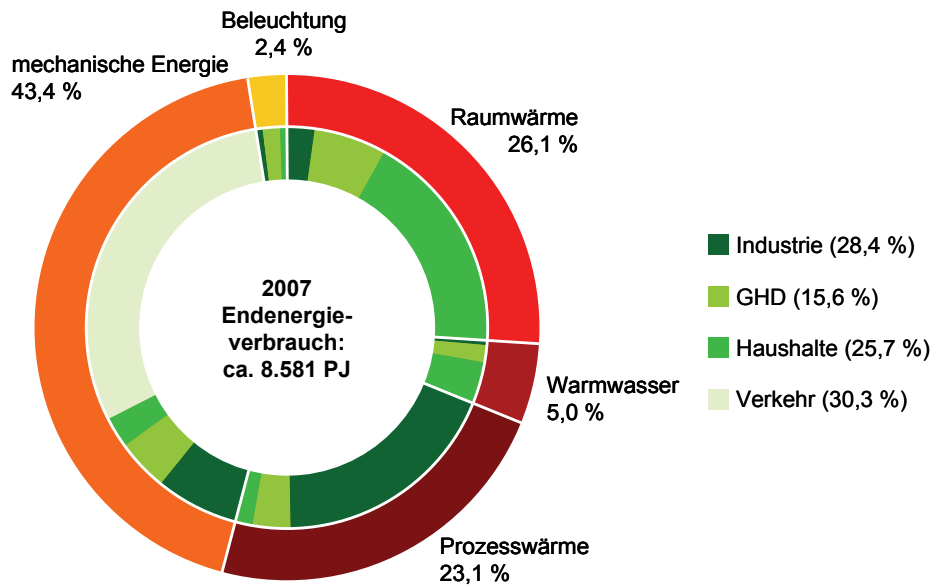


Abbildung 2: Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die Anwendungsarten und Sektoren /BMW-01 09/

1.3 Einsatz von Strom in Deutschland

Beim Einsatz von Strom in Deutschland gestaltet sich die Aufteilung auf die Anwendungsarten im Vergleich zur Endenergiebilanz durchaus unterschiedlich. Zwar entfällt auch beim Strom knapp die Hälfte des Verbrauchs auf die Bereitstellung von mechanischer Energie, wie in Abbildung 3 ersichtlich. Andere Anwendungen, wie die Erzeugung von Raumwärme oder Warmwasser, werden jedoch mit ca. 12 % des Stromverbrauchs deutlich seltener durch Strom gedeckt. Der Anteil der Prozesswärmebereitstellung aus Strom in der Industrie hat in den letzten Jahren zugenommen und liegt bei etwa 59 TWh. Gründe für den Wechsel vom Brennstoffeinsatz hin zur Stromverwendung sind in der einfacheren Prozessführung zu sehen /FFE-13 07/. So können beispielsweise Bauteile gezielter erwärmt, moderne Technologien wie Laser eingesetzt oder die Automatisierung vorangetrieben werden.

Einige Anwendungen sind ohne Stromeinsatz heute kaum bzw. nicht mehr vorstellbar. Der Bereich der Information und Kommunikation, der auch die Computertechnologien und die modernen HiFi-Anwendungen in steigendem Maße umfasst, kann nicht mit anderen Energieträgern realisiert werden. Ebenso ist die Nutzung von nicht-elektrischer Beleuchtung, wie Gaslaternen, Kerzen und Kienspan, heute fast nicht mehr denkbar.

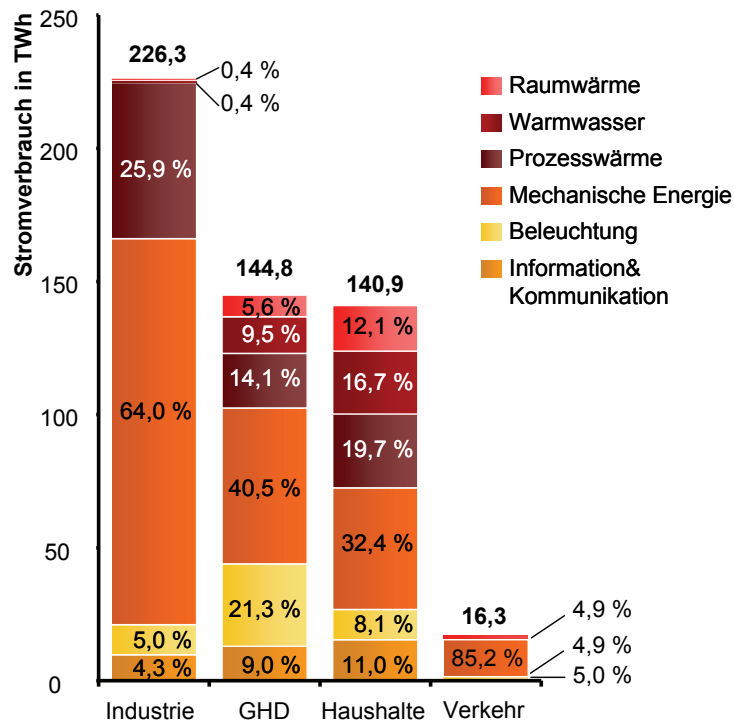


Abbildung 3: Stromverbrauch nach Sektor und Anwendungsart /BDEW-04 08/

2 Einflussfaktoren auf den Strombedarf

2.1 Bedarfsdeterminanten als Basis der Fortschreibung

Für Aussagen über die Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland müssen zunächst die Einflussfaktoren auf den Energiebedarf allgemein bekannt sein. Hierbei fällt auf, dass die Begriffe „Bedarf“ und „Verbrauch“ oft synonym gebraucht werden, obwohl sie eigentlich an unterschiedlichen Ebenen ansetzen. Der Energie-„Bedarf“ ist gegenüber dem konkret messbaren „Verbrauch“ ein abstrakter Begriff und charakterisiert eine Nachfrage nach Energiedienstleistungen.

Die Ebene der Energiedienstleistungen kann ein Hilfsmittel bei der Ermittlung der Nutzenergie sein. Sie gibt den Nutzen an, der aus einer Energieanwendung gezogen wird. Eine Energiedienstleistung kommt durch das Zusammenwirken von Endenergieeinsatz, Umwandlungstechnik und Nutzerverhalten zustande. Der Wunsch nach einer Energiedienstleistung ist Ursache und auslösendes Moment des Energiebedarfs, wie Beleuchten von Flächen und Räumen, Bewegen und Transportieren, Erwärmen und Kühlen von Stoffen und Gütern, physikalische und chemische Stoffumwandlung, Umformen und vielem anderem mehr. /VDEW-01 97/

Aus dem Bedarf an Energiedienstleistungen resultiert daher letztendlich der Energieverbrauch. Menschen fragen nicht originär Energie nach. Sie setzen vielmehr Technologien ein, um ihre Bedürfnisse zu befriedigen.

Die verschiedenen Stufen der menschlichen Bedürfnisse wurden von Abraham Maslow 1943 hierarchisch in der in Abbildung 4 dargestellten Bedürfnispyramide angeordnet.

Die Bedürfnisse der niedrigsten Stufe - die so genannten Grund- oder Existenzbedürfnisse - müssen zunächst befriedigt sein, ehe die Motivation ansteigt, um die Bedürfnisse einer höheren Stufe zu befriedigen. In jeder Ebene können technische Hilfsmittel eingesetzt werden, um die Bedürfnisse zu

erfüllen. Diese wiederum bedingen meist einen Energieeinsatz und stellen Nutzenergie bereit, die als Dienstleistung den empfundenen Mangel beseitigt.

Somit generieren letztlich die Bedürfnisse der Menschen einen Bedarf an Energie. Die zeitliche Änderung dieses Bedarfs kann durch Determinanten beschrieben werden, welche wiederum die Basis einer Fortschreibung des Energieverbrauchs bilden.

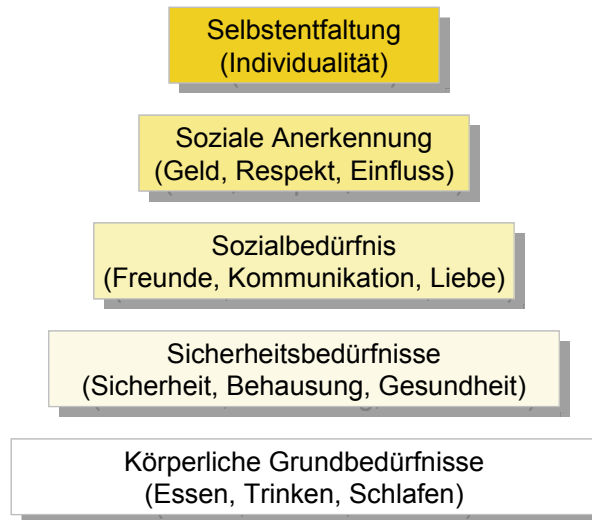


Abbildung 4: Bedürfnispyramide nach Maslow

Zur Befriedigung der Bedürfnisse steht in der Regel nicht unendlich viel Zeit- und Geldbudget zur Verfügung, so dass ein Kompromiss zwischen der Höhe der nachgefragten Energiedienstleistungen und der zu deren Deckung eingesetzten Technologien gefunden werden muss.

Wie in Abbildung 5 gezeigt, lässt sich die Änderung der Stromnachfrage im Grunde auf zwei Parameter reduzieren, die durch das Bedürfnis eines Menschen sowie dessen verfügbares Budget beeinflusst sind. Durch den Bedarf an Energiedienstleistungen, wie auch durch die Änderung der Technikstruktur, kann sich die absolute Höhe der Stromnachfrage ändern. Durch einen Wandel der eingesetzten Technologien kann zusätzlich die relative Zusammensetzung des zur Bedarfsdeckung eingesetzten Energieträgermixes variiert werden.

So wird beispielsweise beim Austausch eines Gasherdes durch einen Elektroherd der Stromverbrauch steigen. Beim Ersatz eines konventionellen Elektroherdes durch einen effizienten Induktionsofen wird der Stromverbrauch sinken. Die Entwicklung des Stromverbrauchs ist nun nicht ausschließlich von wirtschaftlichen Überlegungen abhängig, wie sich aus diesem Beispiel erahnen lässt. Eine Vielzahl an unterschiedlichen Wünschen bestimmt, welcher Herdtyp gekauft wird.

Aussagen über die Summe aller Menschen, Bevölkerungsanzahl und Altersstruktur, lassen sich mit der Wissenschaft der Demographie treffen. Das verfügbare Budget aller Menschen ergibt die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Die in Abbildung 5 grau dargestellten Begriffe sind Beispiele für konkrete Einflussparameter, die sich jedoch alle auf die Bedürfnisse und das zur Verfügung stehende Budget zurückführen lassen. Arbeitsmarkt und Produktionsindizes stehen in Wechselwirkung mit den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Gesetze und politische Verordnungen entstehen durch das Bedürfnis nach Sicherheit und Ordnung.

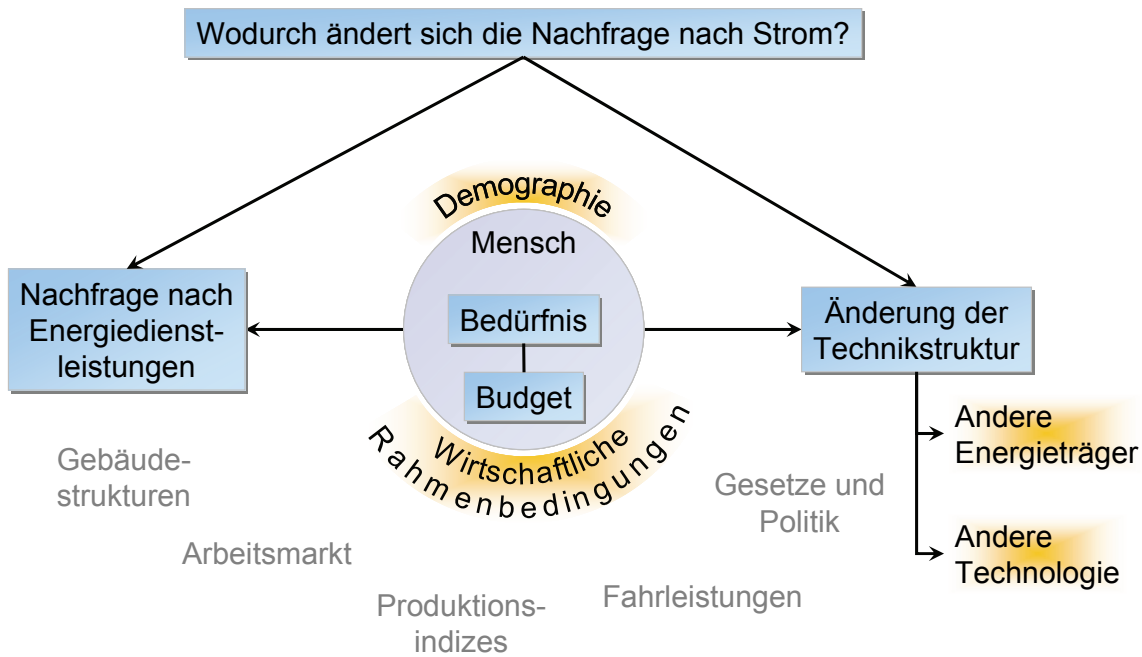


Abbildung 5: Einflussfaktoren auf den Strombedarf

2.2 Eigenschaften von Strom

Wieso hat nun gerade der Stromverbrauch in den letzten Jahren stetig zugenommen? Wie bereits in Kapitel 1.3 beschrieben, sind einige Anwendungen besonders im IT-Bereich ohne Strom nicht realisierbar. Aber auch sonst ist Strom ein sehr universeller Energieträger, der in alle Energiearten umwandelbar ist – er ist 100 % Exergie.

Die Umwandlung von Strom in Nutzenergie ist in vielen Fällen effizienter als die Verwendung anderer Technologien und Energieträger. Elektromotoren können beispielsweise Wirkungsgrade bis 98,2 % erreichen /ETG-02 08/, während auch zukünftige PKW-Dieselmotoren lediglich 26 % Wirkungsgrad erzielen können /FFE-17 03/.

Am Einsatzort setzt Strom keine Schadstoffe und geringere Lärmemissionen frei als andere Energieträger. Das ist unter anderem der Grund dafür, dass in London Elektrostraßenfahrzeuge von der City-Maut befreit sind. Jedoch profitieren andere Anwendungen ebenso von dieser Emissionsfreiheit. Kochen mit Scheitholz sorgt für einigen Charme in Berghütten – in Wohnungen sind die damit verbundenen Feinstaubemissionen allerdings unerwünscht. Abgesehen davon ist der Komfortgewinn durch den Einsatz von Strom wohl der Hauptgrund für seinen steigenden Einsatz. Strom ist überall leicht verfügb- und handhabbar.

Als Sekundärenergieträger muss Strom zunächst durch Kraftwerke bereitgestellt werden. Ein Vorteil dabei ist die breite Palette der Primärenergieträger, aus denen er gewonnen werden kann. Die Art der Stromerzeugung und der eingesetzte Energieträgermix bestimmen letztendlich durch deren CO₂-Emissionen die Umweltbelastung oder -verträglichkeit des Stromverbrauchs.

3 Das Projekt „Energiezukunft 2050“

3.1 Methodische Vorgehensweise

An der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. wurden im Projekt „Energiezukunft 2050“ die Entwicklung des Energieverbrauchs und dessen Deckung bis zum Jahr 2050 in drei Szenarien untersucht.

Wie in Abbildung 6 dargestellt, wurde für die Anwenderseite ausgehend von der Endenergiebilanz eine Analyse der Endenergieanwendungsbilanz differenziert nach den Anwendungsarten in den einzelnen Sektoren durchgeführt. Daran anschließend wurde der Technikbestand zur Bereitstellung der Nutzenergie bzw. der Energiedienstleistungen in den jeweiligen Sektoren analysiert. Vom Gesichtspunkt des heutigen und des prognostizierten Standes der Technik wurden mögliche langfristige Trends betrachtet, die eine Abschätzung über die Entwicklung der Bedarfsdeterminanten und der Technik ermöglichen.

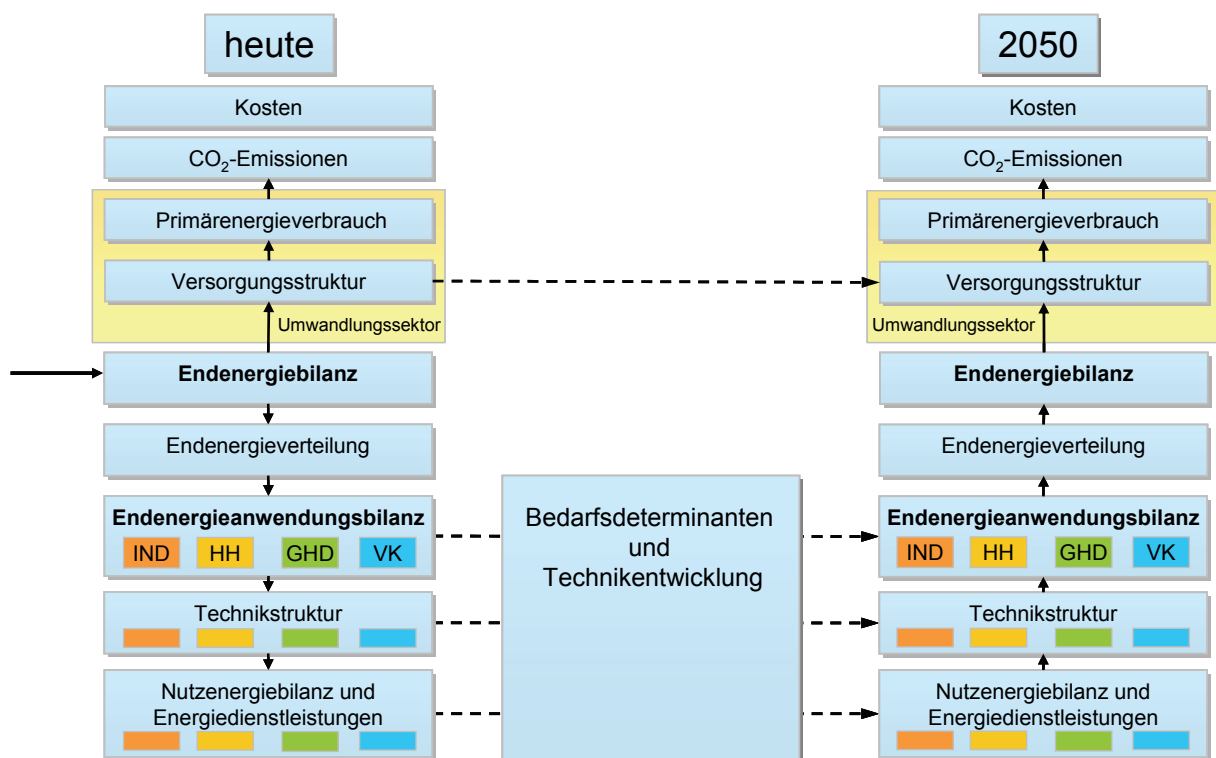


Abbildung 6: Methodische Vorgehensweise im Projekt „Energiezukunft 2050“

Aus dieser Entwicklung des Energiebedarfs wurde wiederum auf den zukünftigen Endenergieverbrauch zurückgerechnet. Dieser bildet die Basis für die Fortschreibung der Versorgungsstruktur aus der letztlich der Primärenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen bestimmt werden können.

3.2 Beschreibung der Szenarien

Im Projekt „Energiezukunft 2050“ wurde in drei aufeinander aufbauenden Szenarien die Entwicklung des Energiebedarfs und –verbrauchs untersucht. Als unterste Ebene der Fortschreibung wurden folgende Bedarfsdeterminanten verwendet:

- Bevölkerungsentwicklung und –struktur
- Beschäftigtenanzahl in Gewerbe-Handel-Dienstleistung
- Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes und der Produktionsindizes

- Anzahl und Struktur der Wohngebäude
- Verkehrsleistungen für Personen- und Güterverkehr

Dominierend für die zukünftige Entwicklung des gesamten Wirtschaftssystems und der Energiewirtschaft im Besonderen ist die demografische Entwicklung. Bis 2050 wird die Wohnbevölkerung um 10 % abnehmen. Zugleich wird sich der Anteil der über 65-Jährigen von etwa 17 % auf ca. 32 % nahezu verdoppeln /STBA-01 06/. Die Arbeitsproduktivität – das Bruttoinlandsprodukt je Beschäftigtem – nimmt nach /IFO-01 09/ um etwa 1,6 % jährlich zu. Dennoch wird das gesamte BIP-Wachstum bis 2050 aufgrund des Bevölkerungsrückganges sinken. Die übrigen Randbedingungen sind stark an diese zwei Trends gekoppelt.

Im Folgenden sind die drei Szenarien stichpunktartig beschrieben.

Szenario 1: Referenzentwicklung

Die Nachfrage nach Energiedienstleistungen nimmt gemäß den Entwicklungen in der Vergangenheit weiter zu. Durch den Wunsch nach stetiger Verbesserung der eigenen Situation steigen auch die Komfortansprüche weiter an. Dies äußert sich im Bereich der Energieverwendung beispielsweise durch vermehrten Einsatz von Effektbeleuchtung, Wellness-Anwendungen im Haushalt oder den Trend zu mehr Unterhaltungselektronik.

Szenario 2: Erhöhte Technikeffizienz

In Szenario 2 - „Erhöhte Technikeffizienz“ wird ein gegenüber Szenario 1 unverändertes Verbraucherverhalten unterstellt. Die zugrundeliegenden Bedarfsdeterminanten, wie beheizte Flächen, Verkehrsleistungen oder Produktionsindizes, werden demzufolge nicht verändert. Jedoch wird bei Neuanschaffung oder Ersatz von Anlagen die beste verfügbare Technik im Sinne der Energieeffizienz eingesetzt.

Szenario 3: Positive Entwicklung

In Szenario 3 - „Positive Entwicklung“ wird gegenüber den vorangegangenen Szenarien zusätzlich zur Technikeffizienz, wie in Szenario 2, auch noch eine Verhaltensänderung der Bevölkerung unterstellt. Die bewusster und sparsamere Nutzung von Energie führt, ggf. unter Tolerierung von geringen Komforteinbußen, zu einer Reduktion des Bedarfs. Beispielsweise könnte eine Absenkung der Raumtemperatur, die je Grad etwa 6 % Energieeinsparung bedeutet, durch wärmere Kleidung erreicht werden. Insgesamt stellen sich durch die Sensibilisierung der Bevölkerung Änderungen auf gesellschaftlicher Ebene ein, die sich senkend auf den Energiebedarf auswirken (z. B. HomeOffice oder Onlinehandel).

3.3 Ergebnisse des Projektes

In Abbildung 7 sind die Ergebnisse der Szenarienrechnung für die Entwicklung des Stromeinsatzes bis 2050 dargestellt.

In Szenario 1 steigt demnach der Stromverbrauch von etwas über 515 TWh in 2005 um 20 % auf etwa 625 TWh an. Hauptverursacher ist der steigende Strombedarf in der Industrie und im Verkehr, der den effizienz- und demografisch bedingten Verbrauchsrückgang in Haushalten und GHD überkompensiert.

Aufgrund der in Szenario 2 erreichbaren Effizienzsteigerungen pendelt sich der Stromverbrauch auf einen nahezu konstanten Wert ein. Auch in diesem Szenario steigt der Strombedarf in der Industrie an, wenn auch nicht so stark, wie im Referenzszenario. Durch einen höheren Anteil von Elektrostraßenfahrzeugen im Verkehr wird auch der Stromeinsatz im Verkehr zunehmen. Demgegenüber können in GHD Einsparungen von 36 %, in Haushalten sogar 40 % durch den Einsatz effizienterer Technologien erreicht werden.

Durch Verhaltensänderungen, wie in Szenario 3 angenommen, kann gegenüber einer Effizienzsteigerung nur noch eine leichte Reduzierung des Stromeinsatzes um etwa 4 % bis 2050 gegenüber dem Jahr 2005 bewirkt werden.

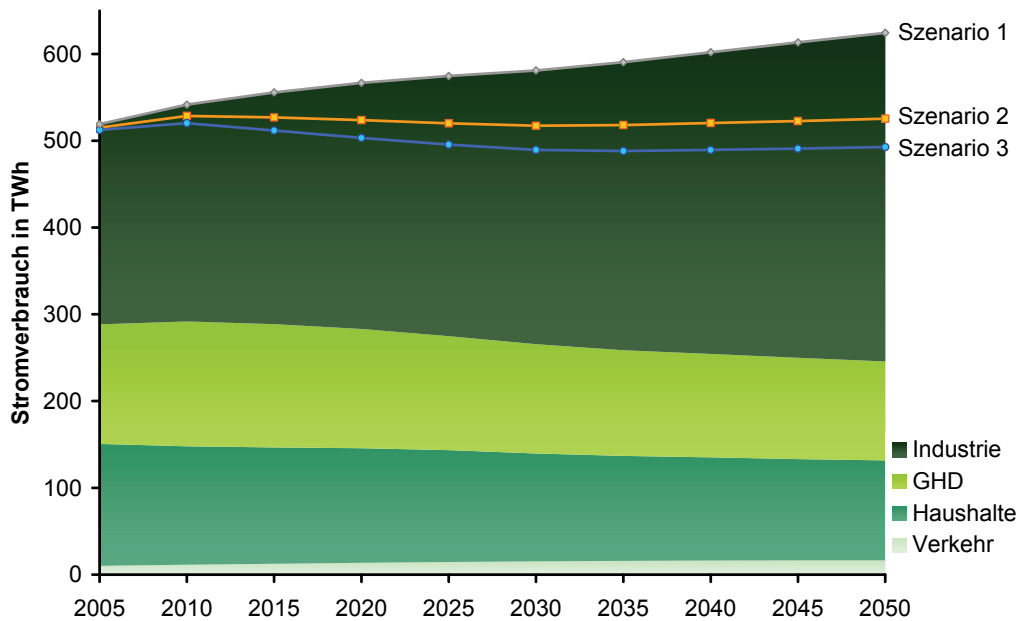


Abbildung 7: Entwicklung des Stromverbrauchs in den Szenarien

Relativ zum gesamten Endenergieverbrauch, der in allen drei Szenarien abnimmt, steigt die Bedeutung von Strom als universeller Energieträger in den Anwendungssektoren in Zukunft weiter an.

Abbildung 8 zeigt die relativen und absoluten Unterschiede des Stromverbrauchs für das Jahr 2050 in Szenario 1 und Szenario 3. Durch Einsatz effizienter Technologien und Verhaltensänderung liegt der Stromverbrauch im Szenario „Positive Entwicklung“ um mehr als ein Fünftel unter dem der Referenzentwicklung.

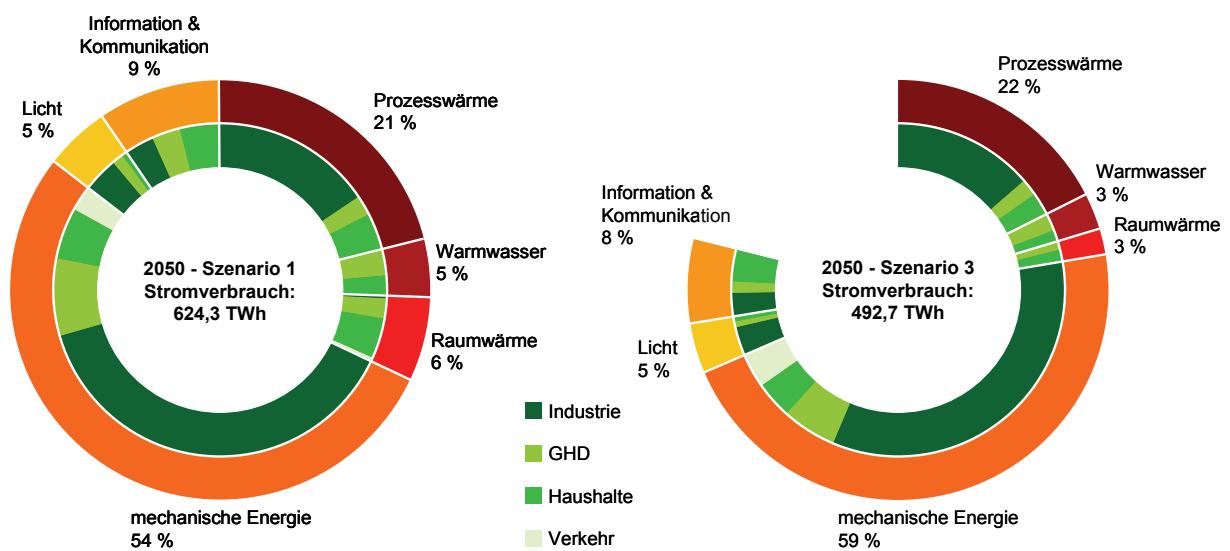


Abbildung 8: Vergleich von Szenario „Referenz“ und Szenario „Positive Entwicklung“

Besonders bei der Wärmebereitstellung können 30 % Strom eingespart werden, da durch Dämmmaßnahmen eine starke Reduktion des Energiebedarfs erreicht werden kann. Die Einsparungen im Industriesektor sind weniger auf Verhaltensänderung zurückzuführen, als auf eine Ausweitung des Automatisierungsgrades und dem damit möglichen Energie(spar-)management.

Im Bereich der Information und Kommunikation kann der Strombedarf durch effiziente Technologien sowie der Reduzierung von Standby-Verlusten und weiterer Maßnahmen um 30 % gegenüber der Referenzentwicklung gesenkt werden. Der Trend zu „Green IT“, etwa der Virtualisierung von Serveranwendungen (mehrere softwarebasierte „virtuelle“ Server auf einer Hardware), bietet hierfür mannigfaltige Möglichkeiten.

Im gesamten Endenergieverbrauch profitiert der Verkehr am meisten von einer Verhaltensänderung und dem Rückgang der Fahrleistungen. Durch den steigenden Einsatz von Elektrostraßenfahrzeugen und die Substitution von Mineralölderivaten nimmt aber der Stromverbrauch in diesem Sektor bei einem energieeffizienten Entwicklungspfad gegenüber der Referenz zu.

4 Fazit und Schlussfolgerungen

Strom ist für viele Anwendungen der ideale Energieträger, da sich seine Anwendung sehr unkompliziert und komfortabel gestaltet. Um Voraussagen für eine zukünftige Entwicklung des Strombedarfs treffen zu können, müssen unter Umständen viele Einflussfaktoren und komplexe Zusammenhänge berücksichtigt werden. Alle Parameter lassen sich aus demografischen und ökonomischen Veränderungen ableiten und insbesondere mit Verhaltensänderungen begründen.

In Zukunft wird die Bedeutung von Strom für moderne Energieanwendungen weiter ansteigen. Vor allem Computertechnologien und Elektromobilität können an Einfluss gewinnen.

Die Verwendung von Strom konkurrierte früher einerseits gegen andere Technologien und Energieträger, z. B. der Ersatz von Gasbeleuchtung (4,8 lm/W) das ist doch lange vorbei!! durch Glühbirnen (15 lm/W). Andererseits kann auch innerhalb der Stromanwendung eine Konkurrenz und Effizienzverbesserung entstehen, etwa durch den Einsatz von Energiesparlampen (70 lm/W).

Energiesparendes Verhalten und effiziente Technologien können den Trend zu mehr Stromverbrauch reduzieren. Über die Umweltverträglichkeit entscheidet neben der Konkurrenztechnologie in der Anwendung insbesondere der Energieträgermix der Strombereitstellung.

5 Literaturverzeichnis

- AGEB-01 08 *Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2007*. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., 2008
- BDEW-04 08 *Endenergieverbrauch in Deutschland 2007* in: Energie-Info. Berlin: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2008
- BMWi-01 09 *Zahlen und Fakten - Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung*. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), 2009
- ETG-02 08 Kleimaier, M.; Hofmann, W.; de la Haye, R.; Drubel, O.; Doppelbauer, M.; Baake, E.; Mertens, A.; Mutschler, P.; Oswald, B.; Petri, E.; Pyc, I.; Raphael, T.; Ponick, B.; Schröppel, W.: *Effizienz- und Einsparpotentiale elektrischer Energie in Deutschland - Perspektive bis 2025 und Handlungsbedarf - Kurzfassung*. Frankfurt am Main: Energietechnische Gesellschaft im VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (ETG), 2008
- FFE-13 07 Beer, M.; Gobmaier, T.; Hauptmann, F.; Mauch, W.; Podhajsky, R.; Steck, M.; von Roon, S.: *Ganzheitliche dynamische Bewertung der KWK mit Brennstoffzellentechnologie - Forschungsvorhaben im Forschungsverbund EduaR&D*. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FFe), 2007
- FFE-17 03 Corradini, R.; Krimmer, A.: *Systemvergleich alternativer Antriebstechnologien*. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (FFe), 2003
- IFO-01 09 Karl, H.-D.: *Energiezukunft 2050 – Sozioökonomische Rahmenbedingungen*.

München: Institut für Wirtschaftsforschung (ifo), 2009

STBA-01 06 *Bevölkerung Deutschlands bis 2050 - 11. koordinierte Bevölkerungsvoraberechnung*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, 2006

VDEW-01 97 *Begriffe der Versorgungswirtschaft – Teil D Energie, Heft 1 (Energiewirtschaftliche Grundbegriffe)*. Frankfurt, VDEW - VDEW Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V., 1997