

# Energiezukunft 2050

## 1 Abstract

Im Projekt „Energiezukunft 2050“ wurde zunächst der IST-Zustand des Energieverbrauchs in Deutschland detailliert untersucht. Unter Zugrundelegung der eingesetzten Technologien kann der Bedarf an Energiedienstleistungen ermittelt werden, dessen zeitliche Entwicklung die Grundlage der Fortschreibung bildet.

In drei aufeinander aufbauenden Szenarien wurden schließlich der Energiebedarf und dessen Deckung in Deutschland bis 2050 analysiert. Gegenüber der Referenzentwicklung (Szenario 1) wurde in Szenario 2 die Verwendung effizienterer Technologien untersucht. In Szenario 3 wird zudem von einem höheren Umweltbewusstsein der Bevölkerung ausgegangen.

## 2 Allgemeiner Kontext und Zielsetzung

### 2.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland

Betrachtet man die Entwicklung des Endenergieeinsatzes in Deutschland von 1990 bis 2007 - wie in **Abbildung 1** dargestellt - 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. Abweichend vom Trend des gesamten Endenergieverbrauchs ist der Stromverbrauch jährlich um etwa 1 % angestiegen.

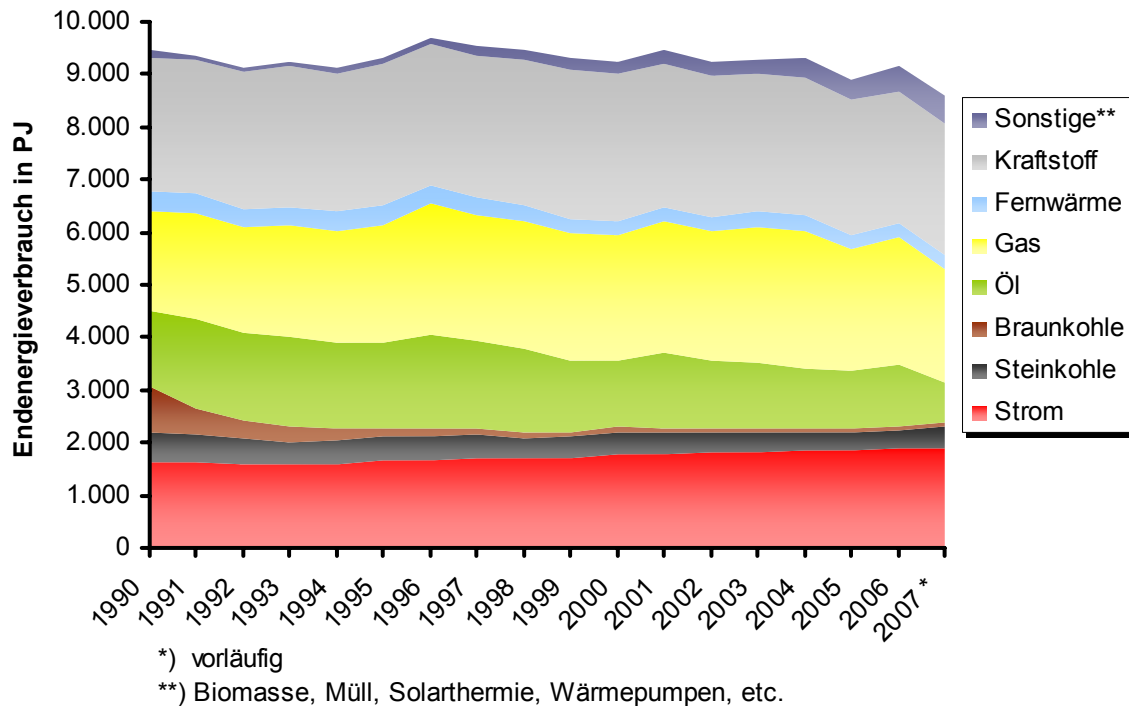


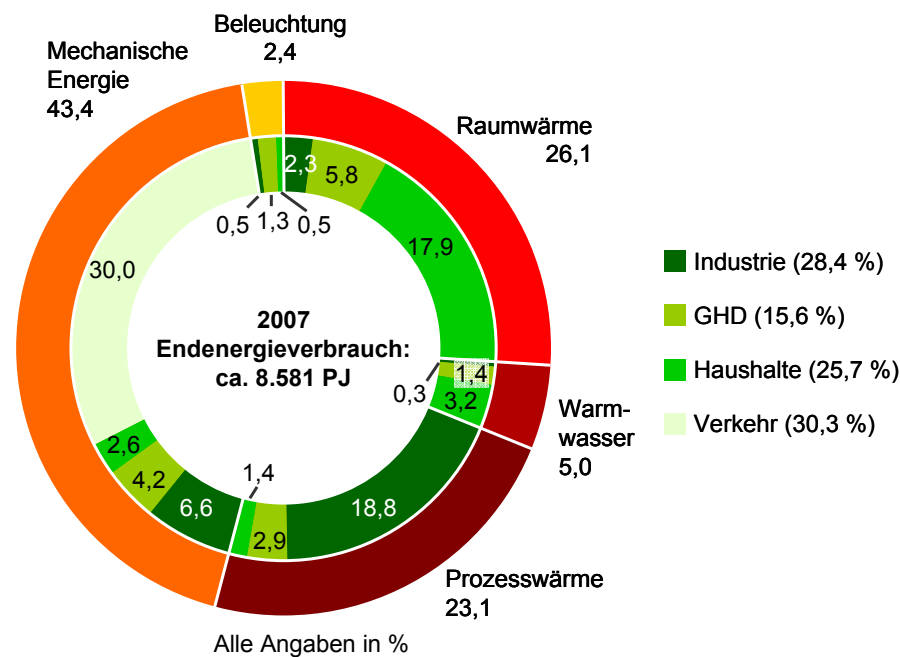
Abbildung 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland /AGEB-01 08/

## 2.2 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) oder Nutz-Elektrizität (z. B. für Galvanik und Elektrolyse). Die Nutzenergie kann im Gegensatz zur Endenergie und deren Verwendungszweck oftmals nicht ohne weiteres angegeben werden.

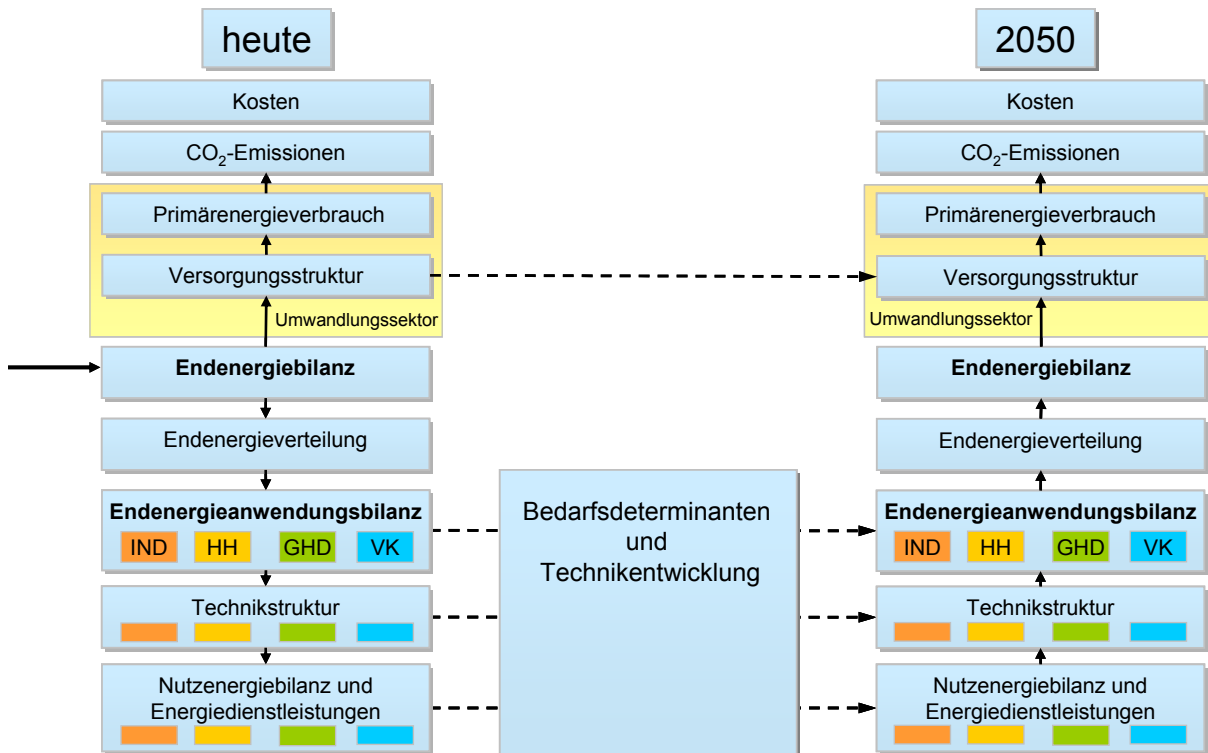
Mit 30 % des gesamten Endenergieverbrauchs nimmt die Bereitstellung mechanischer Energie im Verkehr den weitaus größten Teil ein. Generell werden etwa zwei Drittel der Endenergie für die Wärmeerzeugung zu Heizzwecken, für warmes Wasser und thermische Prozesse verwendet. Die Prozesswärmebereitstellung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



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

### 3 Vorgehensweise

Wie in **Abbildung 3** dargestellt, wurde für die Anwenderseite ausgehend von der Endenergiebilanz eine Analyse der Endenergieanwendungsbilanz durchgeführt, differenziert nach den Anwendungsarten in den einzelnen Sektoren. 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 3: Schematische Darstellung der Vorgehensweise**

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 CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt werden können.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Beschreibung der Szenarien

Als gemeinsame Basis für alle Szenarien 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
- Energieträger- und CO<sub>2</sub>-Zertifikatepreise

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 STB 06. Die Arbeitsproduktivität – das Bruttoinlandsprodukt je Beschäftigtem – nimmt 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.

Die Rahmenbedingungen für die drei Szenarien sind in **Tabelle 1** zusammenfassend dargestellt. Aufbauend auf Szenario 1 wird in Szenario 2 und 3 die Technikentwicklung variiert und in Szenario 3 zusätzlich das Verbraucherverhalten geändert.

**Tabelle 1: Die drei Szenarien im Überblick**

	<b>SZ1: Referenz</b>	<b>SZ2: Erhöhte Technikeffizienz</b>	<b>SZ3: Umweltbewusstes Handeln</b>
Zugrunde gelegte Bedarfsdeterminanten	Bevölkerungsentwicklung und -struktur Beschäftigtenanzahl in Gewerbe-Handel-Dienstleistung Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes und der Produktionsindizes Anzahl und Struktur der Wohngebäude Verkehrsleistungen für Personen- und Güterverkehr Energieträger- und CO <sub>2</sub> -Zertifikatepreise		
Änderung gegenüber Szenario 1		Technikentwicklung: - Höhere Technikeffizienz - geringere CO <sub>2</sub> -Emissionen - IEKP-Ziele für Regenerative und KWK werden erreicht - Laufzeit der Kernenergie 40 a, Neubau möglich	
Änderung gegenüber Szenario 1 und 2			Verhaltensänderung: - Komforteinbußen - Senkung des Bedarfs - Laufzeit der Kernenergie 60 a

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 Lebenssituation 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.

Als Auswirkungen dieser Entwicklung seien beispielsweise genannt:

- Aufgrund der Überalterung der Gesellschaft und steigender Bequemlichkeit verdoppelt sich die Zahl der Aufzüge.
- Die steigende Bedeutung von Information und Kommunikation führt zu einer Verachtfachung der Serveranzahl.
- Durch einen Trend zur Urbanisierung wird die Verkehrsleistung im Personenverkehr sinken.

Im Umwandlungssektor sind folgende Randbedingungen berücksichtigt:

- Der Anteil der Stromerzeugung aus KWK und regenerativen Energieträgern – insbesondere Wind – steigt an und liegt 2020 fast doppelt so hoch wie heute.
- Die CCS-Technologie wird weiterentwickelt und ist ab 2030 einsetzbar.
- Der Kernenergieausstieg findet wie vereinbart statt.

### 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 maximaler Energieeffizienz eingesetzt.

Im Vergleich zu Szenario 1 bedeutet dies:

- Die Nutzungsgrade insbesondere der Raumwärmebereitstellung steigen z.B. durch den Einsatz von Wärmepumpen stark an.
- Die enormen Effizienzpotenziale bei der Beleuchtung werden vollständig ausgeschöpft.
- Batterie- und wasserstoffbetriebene Elektrostraßenfahrzeuge steigern die Effizienz im Verkehr.

Im Bereich der Stromerzeugung werden in Szenario 2 die Randbedingungen variiert.

- Der KWK- und regenerative Stromerzeugungsanteil nimmt stärker zu, so dass die IEKP-Ziele erreicht werden.
- Die CCS-Technologie ist bereits 2025 technisch verfügbar.
- Die Laufzeit der Kernkraftwerke wird, wie bei deren Bau vorgesehen, auf 40 Jahre festgelegt und neue Kernkraftwerke dürfen gebaut werden.

### Szenario 3: Umweltbewusstes Handeln

In Szenario 3 – „Umweltbewusstes Handeln“ – wird gegenüber den vorangegangenen Szenarien zusätzlich zur Technikeffizienz, wie in Szenario 2, auch noch eine Verhaltensänderung der Bevölkerung unterstellt. Die bewusstere und sparsamere Nutzung von Energie führt – ggf. unter Tolerierung von geringen Komforteinbußen – zu einer Reduktion des Energiebedarfs. Insgesamt stellen sich durch die Sensibilisierung der Bevölkerung Änderungen auf gesellschaftlicher Ebene ein, die sich senkend auf den Energiebedarf auswirken.

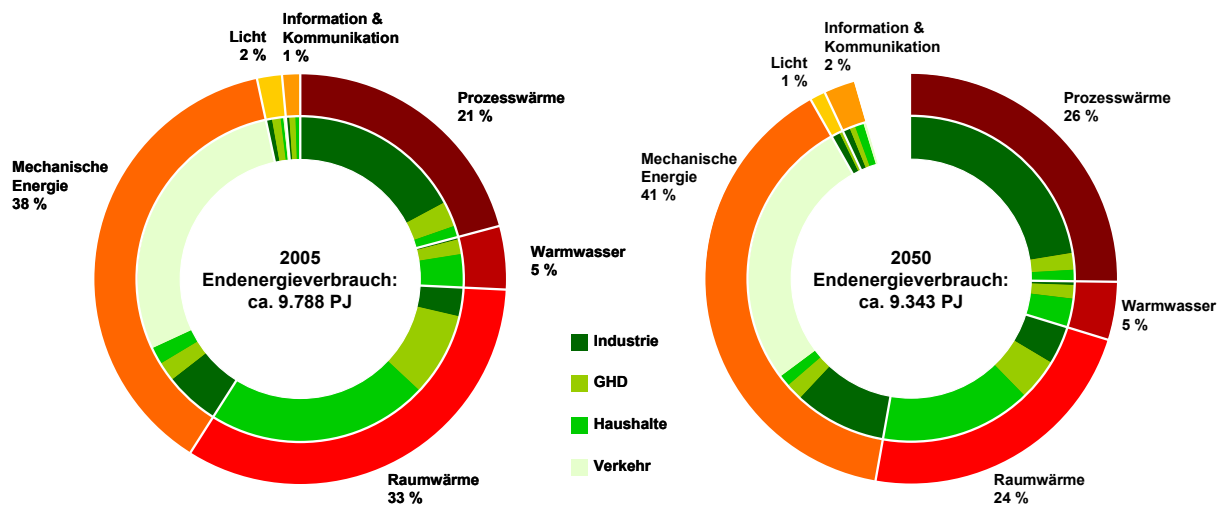
- Beispielsweise könnte eine Absenkung der Raumtemperatur, die je Grad etwa 6 % Energieeinsparung bedeutet, durch wärmere Kleidung kompensiert werden.
- Jede zehnte Aufzugfahrt kann als vermeidbar angesehen werden und wird durch Treppensteigen ersetzt.
- HomeOffice und Onlinehandel sorgen dafür, dass die Verkehrsleistungen sowohl im Güter- als auch Personenverkehr stark zurückgehen.

Für den Umwandlungssektor wird gegenüber Szenario 2 die Laufzeit der Kernkraftwerke auf 60 Jahre erhöht, wie dies beispielsweise in den USA bereits praktiziert wird.

## 4.2 Ergebnisse der Szenarienrechnung

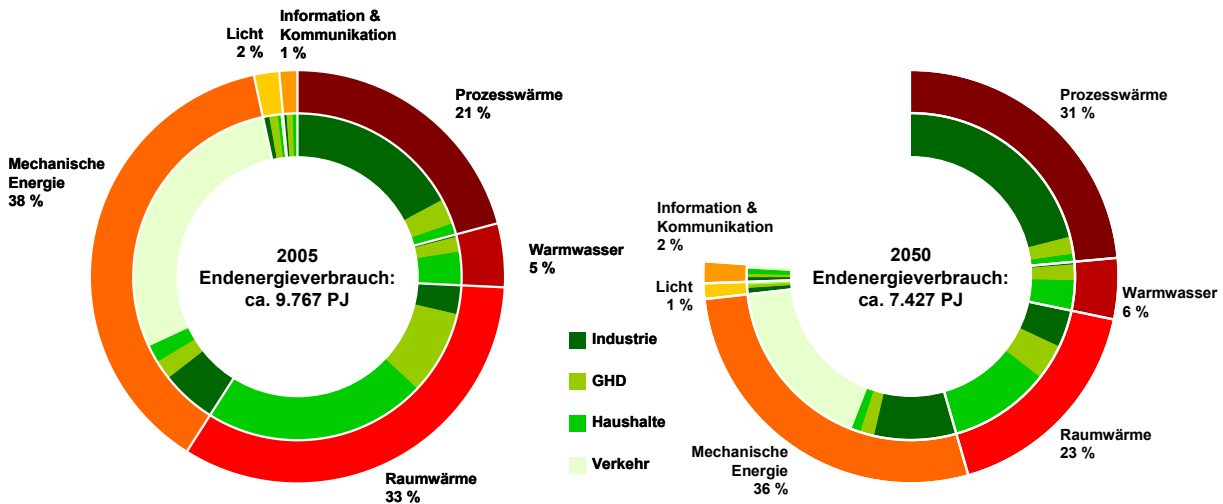
In **Abbildung 4** bis **Abbildung 6** ist die Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf Anwendungsarten für das Zieljahr 2050 in den drei analysierten Szenarien dargestellt.

In den Ringdiagrammen in **Abbildung 4** ist die Änderung der Endenergieverwendung von 2005 (links) und 2050 (rechts) dargestellt. Im inneren Ring ist jeweils die Verteilung des Verwendungszwecks nach Sektoren gezeigt. Es ist erkennbar, dass sich gegenläufige Trends in einzelnen Sektoren teilweise aufheben. Während beispielsweise der Bedarf an Endenergie zur Bereitstellung mechanischer Energie in Haushalten und GHD zurückgeht, wird dieser Trend durch den steigenden Bedarf in der Industrie kompensiert. Die Industrie legt auch in allen anderen Anwendungsbereichen zu. Da sie im Bereich der Raumwärmebereitstellung unterrepräsentiert ist, nimmt dieser Anteil insgesamt ab.



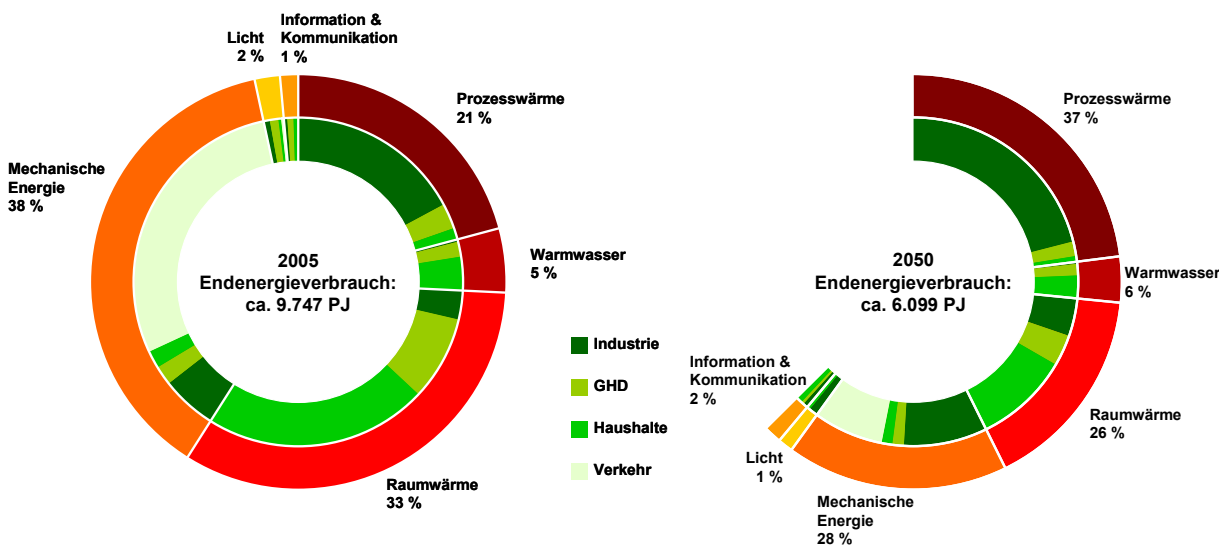
**Abbildung 4: Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die Anwendungsarten in Szenario 1 - Referenzentwicklung**

Große Einsparmöglichkeiten ergeben sich insbesondere im Verkehr und in den Haushalten. Deutlich ist dies in **Abbildung 5** sichtbar. Die Raumwärme, in 2005 noch für ein Drittel des Endenergieverbrauchs verantwortlich, reduziert sich bis 2050 auf ein Viertel des gesamten Verbrauchs. Die größte Reduzierung wird in GHD und Haushalten erzielt. Aber auch der Verkehr profitiert von effizienterer Technik. Lediglich die Industrie legt in allen Bereichen der Energieanwendung aufgrund steigender Wirtschaftsleistung zu.



**Abbildung 5:** Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die Anwendungsarten in Szenario 2 – Erhöhte Technischeffizienz

Insbesondere im Verkehr kann die Energienachfrage durch eine Verhaltensänderung massiv reduziert werden, wie **Abbildung 6** zeigt. In der Industrie ergibt sich in Szenario 3 kaum ein anderer Energieverbrauch als in Szenario 2. Die übrigen Sektoren können den Verbrauch jedoch weiter reduzieren.

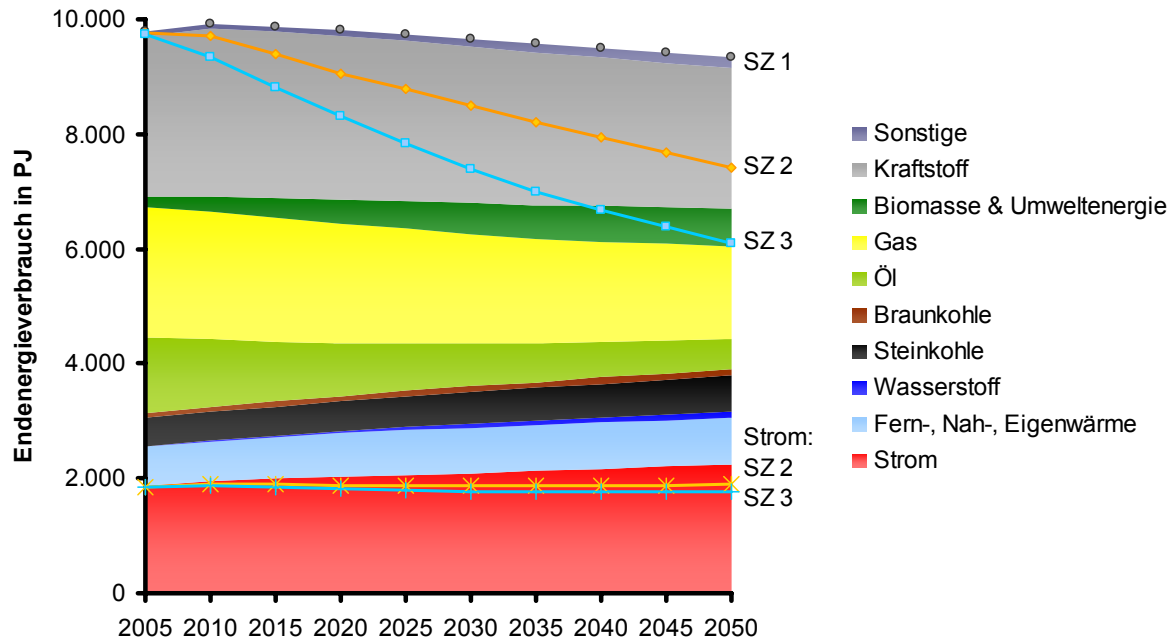


**Abbildung 6:** Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die Anwendungsarten in Szenario 3 – Umweltbewusstes Handeln

An der Entwicklung des Energieträgereinsatzes, wie sie in **Abbildung 7** dargestellt ist, werden die Auswirkungen der verschiedenen Szenariovorgaben deutlich. Während der Endenergieverbrauch in Szenario 1 im gesamten Betrachtungszeitraum nur leicht abnimmt (-4,5 % gegenüber 2005), sinkt er in Szenario 2 durch den Einsatz effizienter Technik um nahezu ein Viertel. Im dritten Szenario sinkt der Endenergieverbrauch bis 2050 um ca. 37 % im Vergleich zu 2005 und liegt damit um mehr als ein Drittel unter dem in Szenario 1. Der Verbrauchsrückgang bewirkt insbesondere einen stark reduzierten Einsatz von fossilen Energieträgern. Demgegenüber sinkt der Stromverbrauch nur leicht (Szenario 3) oder steigt in Zukunft sogar weiter an.



Für die Zusammensetzung des Energieträgermixes in den Anwendungssektoren spielen die Energieträgerpreise eine untergeordnete Rolle. Ob ein Energieträger eingesetzt wird, hängt daneben von anderen Faktoren, wie der Regelbarkeit, dem Komfort oder vorhandenen Anlagenstrukturen, ab.



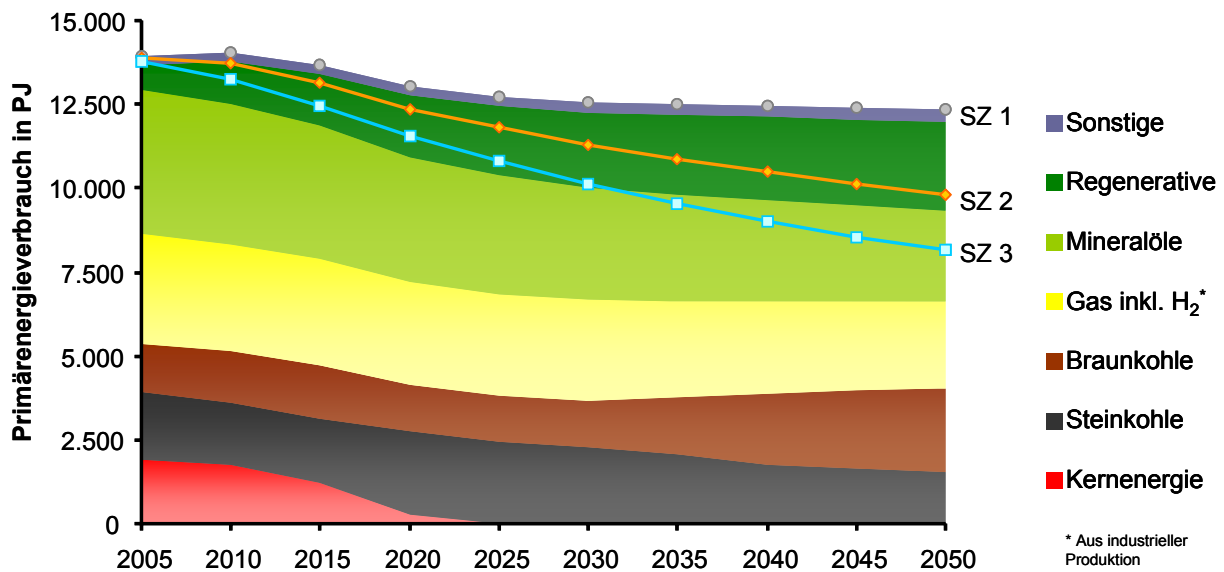
**Abbildung 7: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Szenarien im Vergleich**

Der aus den Szenarien resultierende Primärenergieverbrauch ist in **Abbildung 8** dargestellt.

Für Szenario 1 ist zusätzlich zum Gesamtverlauf die Aufteilung der einzelnen Energieträger eingetragen. Im gesamten Betrachtungszeitraum sinkt der Primärenergieverbrauch leicht – bis 2020 stärker als im Zeitraum bis 2050. Der Anteil der fossilen Energieträger sinkt stetig – bis auf Braunkohle, die ab 2030 in CCS-Kraftwerken eingesetzt wird und eine Renaissance erlebt. Der absolute Anteil der regenerativen Energien steigt bis 2050 um das 3,5-fache an.

In Szenario 2 sinkt der Primärenergieeinsatz stärker und liegt im Jahr 2050 um ca. 21 % unter dem Energieverbrauch der Referenzentwicklung. Durch die angesetzte Verhaltensänderung sowie die hohe Technischeffizienz in Szenario 3 beträgt der Primärenergieeinsatz zur Deckung der Energienachfrage im Jahr 2050 sogar nur noch zwei Drittel gegenüber Szenario 1.

Unterstellt man eine Verlängerung der Kernenergielaufzeiten und lässt einen Neubau von Kernkraftwerken zu, können Kraftwerke mit CCS nicht konkurrenzfähig betrieben werden.



**Abbildung 8: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs der drei Szenarien**

Durch die aus der Referenzentwicklung resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen wird die Reduzierung der Emissionen um 21 % bis 2012 gegenüber 1990 (Kyoto-Ziel) nicht erreicht, wie in **Abbildung 9** ersichtlich ist. Durch den Wegfall der Stromerzeugung aus Kernenergie, der im angenommenen Entwicklungspfad nicht durch die Regenerativen kompensiert werden kann, wird der im Kyoto-Protokoll vorgesehene Wert erst im Jahr 2035 erzielt. Ab diesem Jahr sinkt jedoch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß stark auf etwa 600 Mio. t pro Jahr in 2050 ab.

Im Entwicklungspfad nach Szenario 2 wird das Kyoto-Ziel 2012 erreicht und in Szenario 3 sogar übererfüllt. Durch eine erhöhte Technikeffizienz können so jährliche Emissionen von 415 Mio. t im Jahr 2050 erreicht werden. Ändert sich zusätzlich das Verbraucherverhalten, so können in 2050 etwa weitere 100 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Gegenüber 1990 entspricht dies einer Reduktion von etwa 70 %.

In Szenario 1 wird keines der verschiedenen, in **Abbildung 9** eingezeichneten, CO<sub>2</sub>-Minderungsziele erreicht. Die für die EU bzw. die G8-Staaten festgelegten Ziele werden in Szenario 2 und 3 übertroffen. Mit großer Anstrengung (Szenario 3) kann das IEKP-Ziel einer Reduzierung der Emissionen um 40 % bis 2020 gegenüber 1990 umgesetzt werden. Das Ziel der Bundesregierung, bis zum Jahr 2050 80 % an CO<sub>2</sub> gegenüber 1990 einzusparen, wird auch in diesem Extremszenario nicht erreicht.

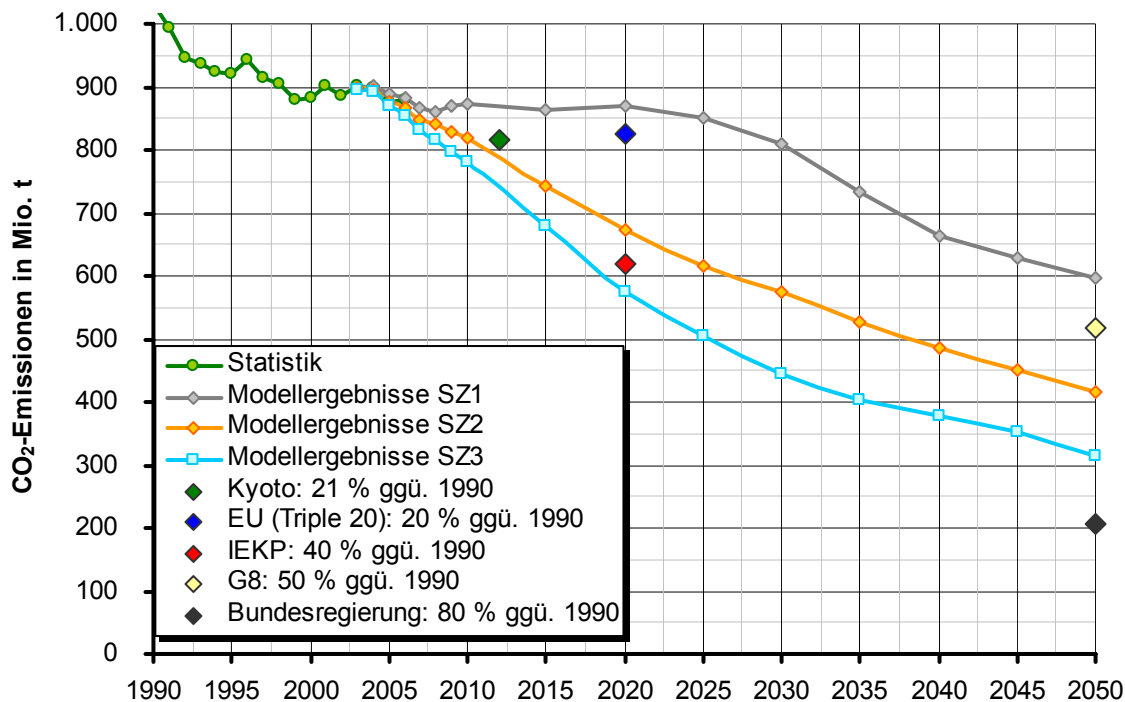


Abbildung 9: CO<sub>2</sub>-Emissionen der drei Szenarien und anvisierte Ziele

### 4.3 Fazit und Ausblick

Der starke Rückgang des Energieverbrauchs, wie er in Szenario 2 und Szenario 3 errechnet wurde, ist keineswegs das Ergebnis einer natürlichen „Business-As-Usual“-Entwicklung. Sowohl die Einführung von Technologien mit höherer Energieeffizienz als auch die Änderung der Bedarfsdeterminanten gegenüber Szenario 1 sind mit Anstrengungen verbunden, die von der Bevölkerung nur durch umfangreiche gesetzliche Vorgaben durchgeführt werden. Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen sind allerdings nur möglich, wenn sich alle Akteure umweltbewusst verhalten.

In den Sektoren Industrie und Energieversorgung mit wenigen großen Akteuren hat der Staat schon heute einfachere Möglichkeiten, durch restriktive Maßnahmen auf die Verhaltensänderung einzuwirken, z. B. durch die Teilnahme am CO<sub>2</sub>-Zertifikatehandel. Ein Teil der externen Kosten der Energieversorgung kann so in die betriebswirtschaftliche Rechnung der Unternehmen aufgenommen und internalisiert werden. In Zukunft reicht die Beschränkung auf einen Teil der Emissionsverursacher nicht aus. Vielmehr müssen alle Akteure, d. h. auch Haushalte, GHD und der Verkehrssektor, einen verpflichtenden Anteil zur Energieeinsparung leisten.

Während der Energieverbrauch in den Sektoren Verkehr, Haushalte und Gewerbe-Handel-Dienstleistung für alle drei Szenarien bis 2050 zurückgeht, steigt er in der Industrie auch in Zukunft weiter an. Dies ist primär bedingt durch ein weiteres langfristiges Wirtschaftswachstum in Deutschland. Der absolute Energieverbrauch steigt daher auch bei stark reduzierter Energieintensität – also dem Energieverbrauch je BIP-Einheit – auch zukünftig an. Durch die seit vielen Jahren vergleichsweise hohe Besteuerung der Energie sind deutsche Unternehmen deutlich energieeffizienter als

Unternehmen in Ländern mit niedrigeren Energiekosten. Eine weitere starke Erhöhung der Effizienz ist nur mit hohem monetärem Aufwand möglich.

Im Folgenden sollen weitere denkbare Hebel zur Energieeinsparung in der Industrie dargestellt werden, ohne Bewertung unerwünschter externer Effekte, wie z. B. volkswirtschaftlicher Konsequenzen:

- Eine Beschleunigung der Effizienzerhöhung ist durch höhere Emissionssteuern bzw. Befreiung von diesen Steuern möglich, beispielsweise wenn die Unternehmen ein Energiemanagement, jährliche Effizienz-Maßnahmen und die Teilnahme an Energie-Effizienztischen nachweisen können.
- Ein weiterer Rückgang des Energieverbrauchs der Industrie ist nur durch die Abwanderung energieintensiver Prozesse und deren Nachfolgeprozesse möglich. Gegenüber den im Projekt betrachteten Effizienzverbesserungen würden deutlich stärkere Vorgaben dazu führen, dass die Produktion in anderen Ländern deutlich billiger wird und ein Teil der Unternehmen abwandert. Die verbleibende Industrie würde auch effizienter produzieren bzw. wegen des Kostendrucks die Produktion einstellen. Dies kann beispielsweise durch ein Verbot von energieintensiven Prozessen erreicht werden.
- Jede Abwanderung der Grundstoffindustrie generiert auch eine Abwanderung eines Teils der Folgeprozesse und des Know-hows in andere Länder. Dies hat nicht nur die Schwächung des deutschen Wirtschaftsraumes, sondern auch eine weitere Erhöhung der Importabhängigkeit zur Folge.

Als Ergebnis der Szenarienrechnung und des Projektes „Energiezukunft 2050“ lassen sich folgende Ergebnisse festhalten und Schlussfolgerungen ziehen:

- Durch einen Entwicklungspfad wie in Szenario 3 – „Umweltbewusstes Handeln“ – sind große Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen möglich. Gegenüber 1990 lassen sich etwa 70 % an CO<sub>2</sub> jährlich einsparen. Das von der Bundesregierung erklärte Einsparziel von 80 % wird demnach selbst in diesem Extrem-Szenario nicht erreicht.
- Um dies zu erreichen, sind große Anstrengungen, insbesondere auf der Anwenderseite, notwendig. Nicht nur energieeffiziente Technologien müssen flächendeckend eingesetzt werden, sondern es muss auch zu einem Wechsel des Verbraucherverhaltens kommen. Die errechneten hohen Einsparungen sind teilweise mit Komforteinbußen verbunden.
- Die Politik ist gefordert, Rahmenbedingungen (durch Anreize, restriktive Gesetze und Verordnungen) zu schaffen, um den Anwendern Planungssicherheit zu geben. Derzeit greifen die meisten politischen Vorgaben nur bei EVU und Industrie, da dabei nur wenige Akteure und große Anlagen betrachtet werden müssen.
- Wichtig ist die laufende Überprüfung, ob die Gesetze und Verordnungen eingehalten werden. Untersuchungen zur EnEV zeigen in Deutschland eine Sanierungseffizienz von lediglich 30 % /KLE 00/, d. h. in nur einem Drittel der Sanierungen im Wohngebäudebereich werden die Vorgaben zur Energieeinsparung eingehalten.
- Eine Art „Gebäude-TÜV“ – die Überprüfung von Sanierungsmaßnahmen – könnte ein neues Aufgabenfeld etwa für zertifizierte Energieberater werden.

- Im Verkehrssektor wird Elektromobilität eine bedeutende Rolle zur Erhöhung der Effizienz spielen. Hierzu sind zusätzliche Investitionen in Forschung und Entwicklung notwendig, um diese Technologie zur Marktreife zu entwickeln. Die Konsequenz wäre trotz Effizienzgewinn eine Erhöhung des Stromverbrauchs in Deutschland. Saldiert mit den Einsparungen im Kraftstoffverbrauch kommt jedoch weniger Primärenergie und – energiepolitisch bedeutsam – ein anderer, diversifizierter Primärenergiemix zum Einsatz.
- Auch wenn mit derzeit etwa 2 % nur ein relativ geringer Anteil des gesamten Endenergieverbrauchs auf den Bereich der Beleuchtung entfällt, sind hier die relativ höchsten Effizienzpotenziale zu erwarten. Beim Einsatz energiesparender Leuchten kann etwa die fünffache Lichtausbeute gegenüber herkömmlichen Glühlampen erreicht werden.
- Im IT-Bereich, der in den letzten Jahren einen großen Zuwachs erlebt hat, können große Verbrauchsreduzierungen durch Konsolidierung und Virtualisierung von Serveranwendungen erreicht werden. Mehrere physikalisch getrennte Server, z. B. Mail-, Datenbanken-, Druckerserver etc., werden dazu per Software auf einer einzigen Hardware realisiert. Auch verschiedene Softwareapplikationen können auf einem „virtuellen“ Server betrieben werden, der dadurch besser ausgenutzt werden kann. Als Client können vergleichsweise energiesparende Computersysteme verwendet werden.

Deutschland ist eine exportorientierte Industrienation. Um die Energieeffizienz aller Sektoren und speziell der Industrie richtig zu bewerten, sollte demnach nicht nur der Energieverbrauch innerhalb der Grenzen Deutschlands, sondern der von deutschen Bürgern verursachte Energieverbrauch bestimmt werden. Dazu müssten sowohl der Export wie auch der Import von Gütern ganzheitlich, d. h. einschließlich deren energetischen Herstellungsaufwandes, erfasst und saldiert werden.

Für eine nachhaltige Energieversorgung stehen damit in den nächsten Jahren und Jahrzehnten Herausforderungen an, die jetzt in Angriff genommen und vorbereitet werden müssen.

## 5 Literatur

- AGEB-01 08 Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2007. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., 2008
- BMWI-01 09 Zahlen und Fakten - Energiedaten - Nationale und Internationale Entwicklung. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), 2009
- KLE 00 Kleemann, M. et al.: Die Entwicklung des Energiebedarfs zur Wärmebereitstellung in Gebäuden, Bericht des Bremer Energie-Instituts, April 2000
- STB 06 Statistisches Bundesamt: *11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung – Annahmen und Ergebnisse*, Wiesbaden, 2006

Auftraggeber:	EnBW, E.ON Energie, RWE Power, Vattenfall Europe
Ansprechpartner:	M. Beer, R. Corradini
Bearbeiter:	M. Beer, R. Corradini, C. Fieger, T. Gobmaier, L. Köll, R. Podhajsky, M. Steck, M. Zotz H.-D. Karl (ifo)