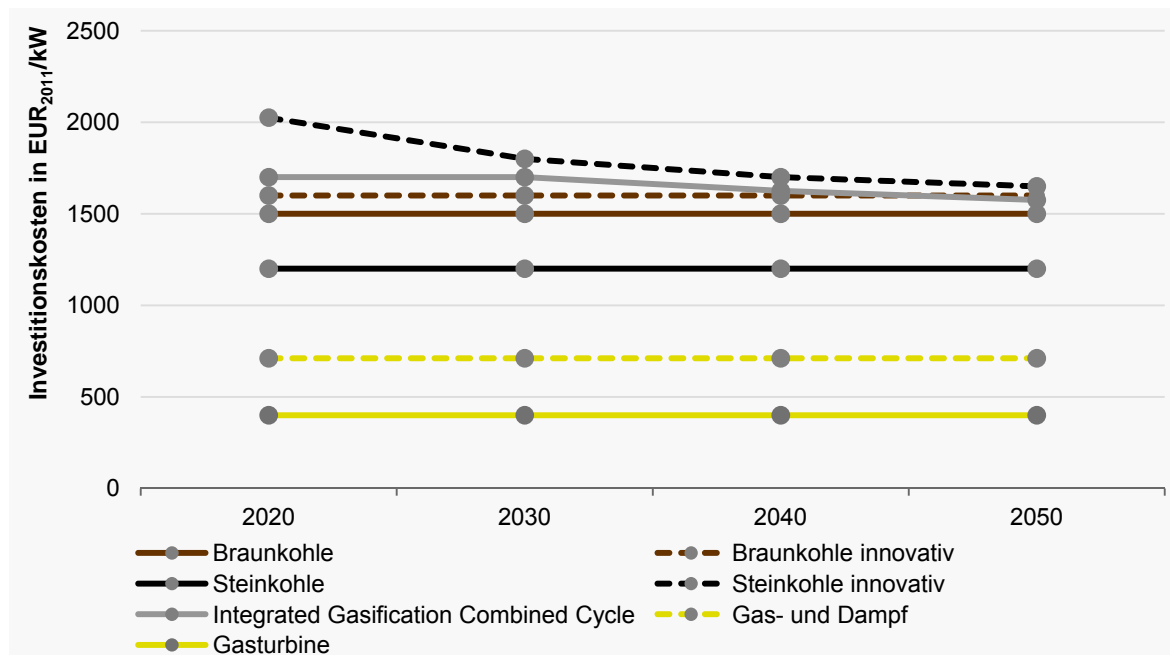


Techno-ökonomischer Fortschritt bei konventionellen Kraftwerkstechnologien

(Abschnitt 8.2.4.1.1 des Berichts)

Die Investitionskosten konventioneller Kraftwerkstechnologien werden in den nächsten Jahren stabil bleiben. Der Fokus zukünftiger Entwicklungen liegt auf der Optimierung des Teillastverhaltens.

Investitionskosten für konventionelle Kraftwerkstypen 2020-2050, in EUR₂₀₁₁/kW



Quelle Prognos/EWI/GWS 2014

Der Fokus in der technologischen Entwicklung liegt in Zukunft weniger auf einer Steigerung des maximalen Wirkungsgrades unter Vollast als vielmehr auf der Optimierung des Teillastverhaltens. Diese Weiterentwicklungen kommen sowohl bei existierenden Kraftwerken durch Retrofit-Maßnahmen als auch beim Bau von Neuanlagen zum Tragen.

Steinkohlekraftwerke stellen eine ausgereifte und etablierte Erzeugungstechnologie dar. Elektrizität kann bei einem maximalen Wirkungsgrad von bis zu 50 % erzeugt werden. In Braunkohlekraftwerken ist eine Wirkungsgradsteigerung durch innovative Braunkohlevortrocknungsverfahren möglich. Der Wirkungsgrad lässt sich so auf bis zu 47 % steigern.

Während Gasturbinen aufgrund ihrer Flexibilität und niedrigen Investitionskosten zukünftig vor allem zur Bereitstellung von gesicherter Leistung an Bedeutung gewinnen werden, zeichnet Gas- und Dampfkraftwerke ein hoher Wirkungsgrad (bis leicht über 60%) bei ebenfalls vergleichsweise niedrigen Investitionskosten aus.

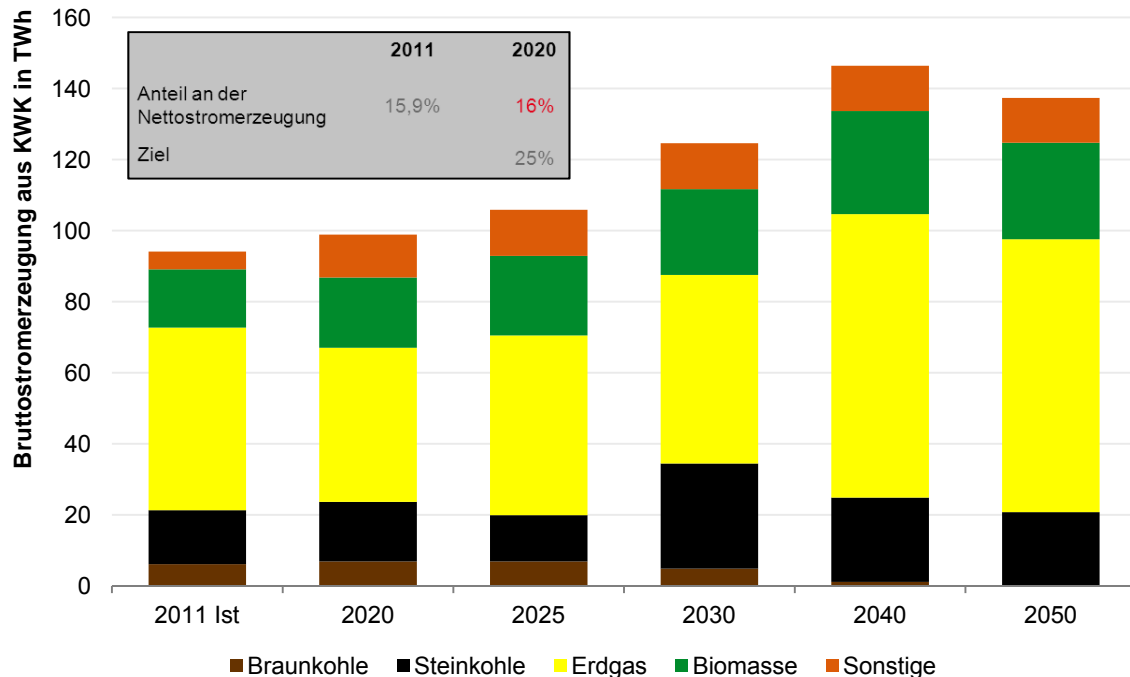
Kombi-Prozesse mit integrierter Vergasung (Integrated Gasification Combined Cycle) sind technisch komplex und damit verfahrenstechnisch aufwändig und weisen vergleichsweise hohe Investitionskosten auf. Wenn die Kosten nicht weiter reduziert werden, ist nicht davon auszugehen, dass diese Technologie im Wettbewerb mit etablierten Technologien bestehen kann.

Kraft-Wärme-Kopplung und Fernwärme

(Abschnitt 3.2.4.2 des Berichts)

Die Bruttostromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) nimmt bis 2040 zu. Aufgrund unterschiedlicher Zielkonflikte bleibt der Ausbau allerdings deutlich hinter den energiepolitischen Erwartungen zurück.

Bruttostromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in Referenzprognose und Trendszenario nach Energieträgern 2011-2050, in TWh



Quelle Prognos/EWI/GWS 2014

In der Referenzprognose steigt der Anteil des in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugten Stroms gegenüber 2011 minimal an und erreicht bis 2020 einen Anteil von 16,1 % an der Nettostromerzeugung.

Die Verfehlung des KWK-Ziels von 25% in 2020 resultiert unter anderem aus abnehmenden Residualnachfragen im Elektrizitätsmarkt (durch das Wachstum der erneuerbaren Energien) und im Wärmemarkt (durch Effizienzmaßnahmen). Vor allem Verbesserungen der Energieeffizienz reduzieren das Potenzial für Kraft-Wärme-Kopplung und wirken somit der Erreichung des KWK-Ziels entgegen.

Die Effizienzverbesserungen durch gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme steht darüber hinaus auf der Angebotsseite im Wettbewerb mit hocheffizienten Wärmetechnologien, wie beispielsweise Brennwertkesseln, sowie mit erneuerbaren Energien, die ohne Brennstoffeinsatz Energie bereitstellen.

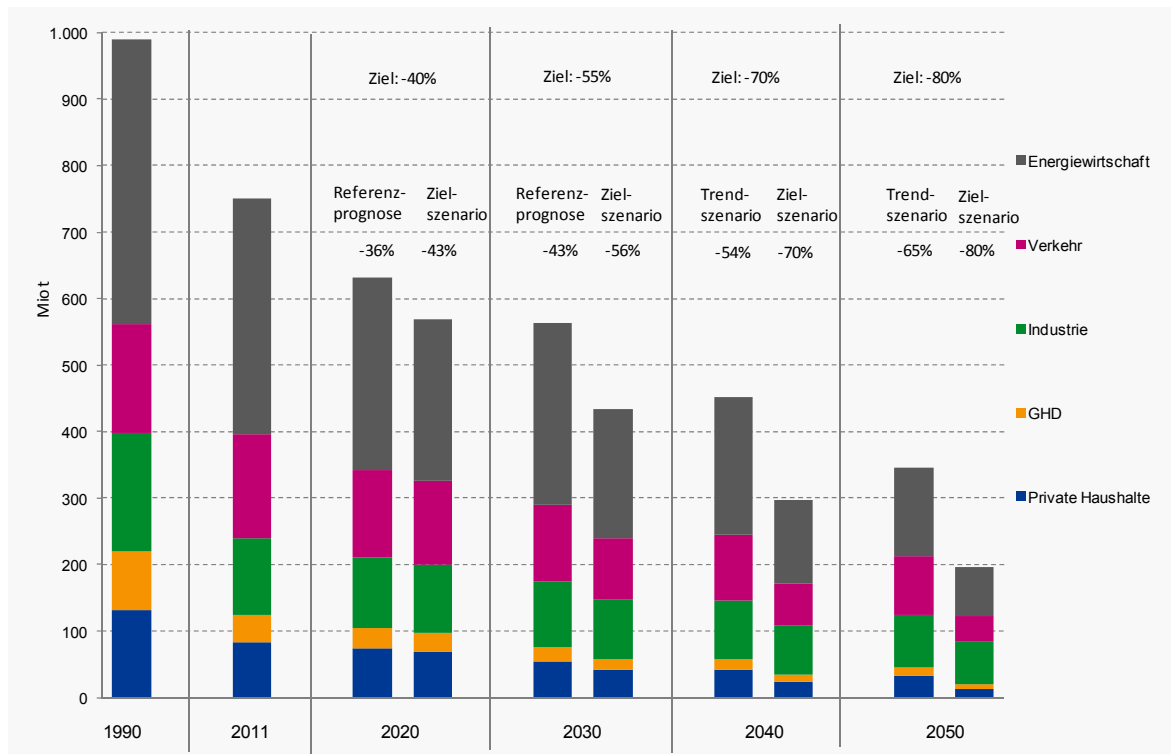
Gegenüber der großtechnischen Erzeugung von Strom und Wärme könnten Anlagen in der dezentralen Objektversorgung einen Beitrag zu Erreichung der Ziele leisten. Allerdings ist auch hier die Rentabilität stark von den jeweiligen (Opportunitäts-) Kosten für den Bezug des elektrischen Stroms aus dem Netz der öffentlichen Versorgung abhängig. Anpassungen in den Regelungen zur Eigenerzeugung und Selbstverbrauch führen dazu, dass dezentrale KWK-Technologien weiterhin eine vergleichsweise geringe Rolle spielen.

Zielszenario

(Abschnitt 4.1 bis 4.4 des Berichts)

In Referenzprognose und Trendszenario werden die Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung überwiegend nicht erreicht. Das Zielszenario zeigt, was erforderlich wäre, um die im Energiekonzept definierten energie- und Klimaschutzpolitischen Ziele zu erreichen.

Energiebedingte Treibhausgasemissionen in Referenzprognose / Trendszenario und Zielszenario 1990 – 2050, in Mio t CO₂-Äquivalenten



Quelle: Prognos/EWI/GWS 2014

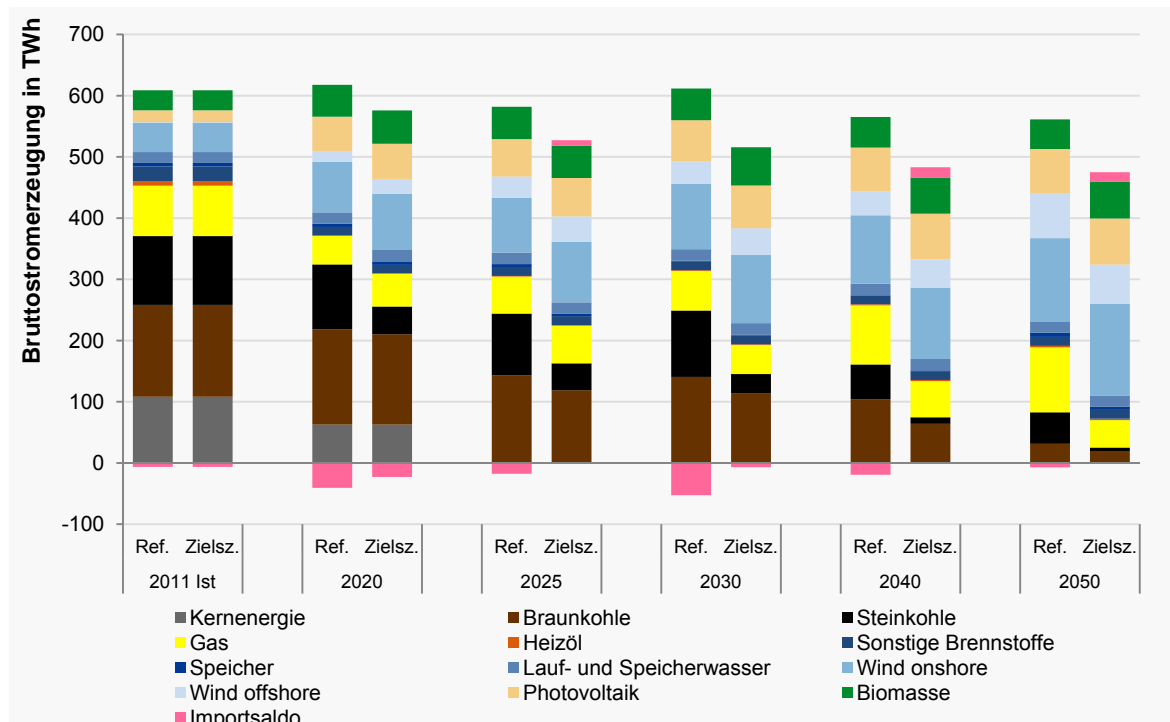
Die Zielerreichung erfordert gegenüber dem bereits ambitionierten Referenzszenario und Trendszenario weitere zusätzliche Maßnahmen zur Reduktion von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen, die sich nicht in allen Fällen rechnen. Im Bereich des Endenergieverbrauchs müssen beispielsweise mehr Gebäude besser energetisch saniert, die Effizienzpotenziale in Unternehmen weiter ausgeschöpft und die Elektromobilität verstärkt voran getrieben werden.

Das Zielszenario geht von anderen Grundvoraussetzungen aus als Referenzprognose und Trendszenario. Es unterstellt, dass die energie- und klimapolitischen Ziele vorrangig verfolgt werden und es der Politik gelingt, in vielen Bereichen bestehende Hemmnisse zu überwinden. Aus Sicht der Autoren ist das nicht wahrscheinlich.

Zusätzliche Maßnahmen und Ergebnisse im Zielszenario: Strom- und Fernwärmeerzeugung (Abschnitt 4.5 des Berichts)

Um die energiepolitischen Ziele zur Reduktion der Treibhausgasemissionen zu erreichen, muss vor allem die Erzeugung aus CO₂-intensiven Kraftwerken weiter reduziert werden.

Bruttostromerzeugung in Referenzprognose/Trendszenario und Zielszenario nach Energieträgern 2011-2050, in TWh



Quelle Prognos/EWI/GWS 2014

Um die mittel- bis langfristigen nationalen Treibhausgasemissionen auf die Zielwerte des Energiekonzepts (gegenüber 1990 minus 55 % bis 2030 und minus 80 % bis 2050) zu reduzieren, müsste die Erzeugung in CO₂-intensiven Kraftwerken gegenüber Referenzprognose und Trendszenario stärker gesenkt werden, als dies bei den erwarteten CO₂-Zertifikatspreisen im Rahmen des EU-Emissionshandelssystems (ETS) absehbar ist.

Dazu wären zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass nationale Maßnahmen innerhalb des Energiesektors im EU-ETS den CO₂-Preis dämpfen und die Emissionen im europäischen Ausland entsprechend erhöhen würden.

Bis 2020 wären zur Erreichung der Ausbauziele der Offshore Windenergie neben einer Sicherung der Finanzierung des Netzausbaus auch die benötigten Planungszeiträume zu reduzieren und bei der Anpassung der Fördersysteme stärker zu berücksichtigen.

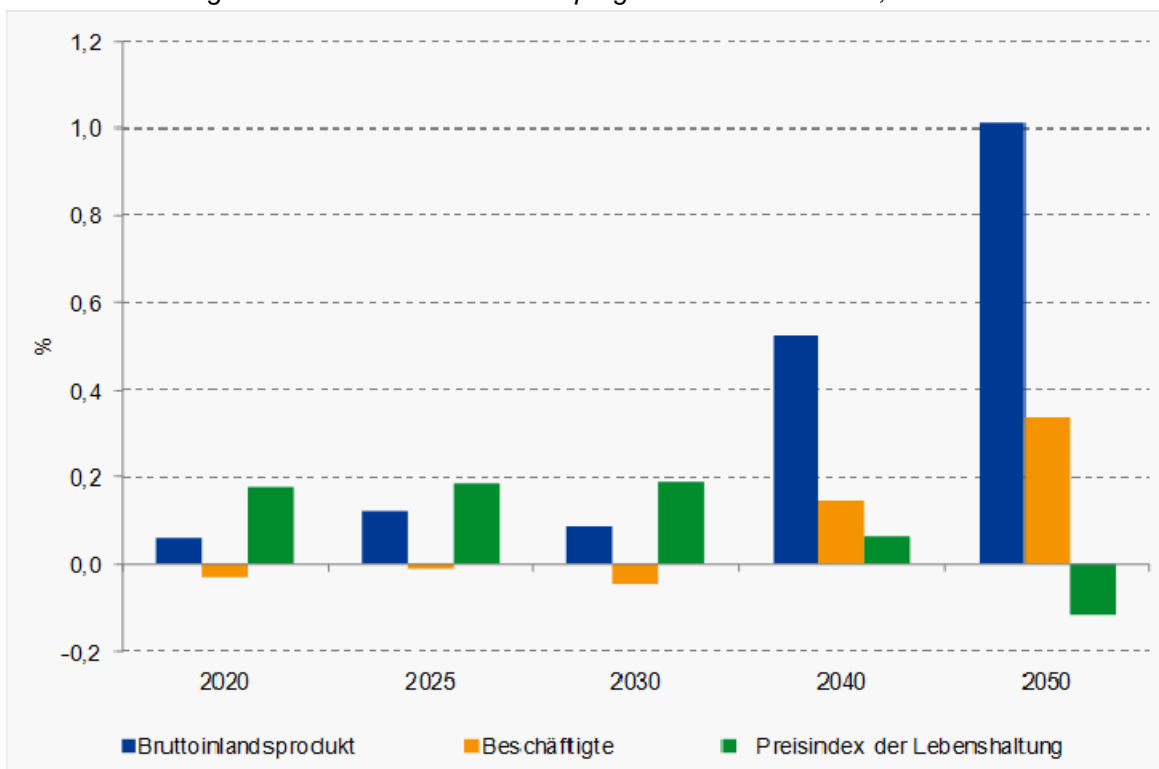
Trotz einer stärkeren Förderung von Klein- und Mikro-KWK-Anlagen wird das KWK-Ziel für 2020 auch im Zielszenario nicht erreicht. Die Ursachen hierfür sind rückläufige residuale Elektrizitäts- sowie Wärmenachfragen und damit Zielkonflikte zwischen Effizienzverbesserungen und Ausbau erneuerbarer Energien einerseits sowie Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung andererseits.

Gesamtwirtschaftliche Effekte

(Abschnitt 5 des Berichts)

Die Umsetzung des Zielszenarios anstelle von Referenzprognose / Trendszenario ist mit gesamtwirtschaftlichen Effekten verbunden. Mittelfristig wäre die Umsetzung des Zielszenarios ökonomisch zu verkraften, langfristig hätte sie eher positive Auswirkungen.

Abweichungen des Bruttoinlandsprodukts (preisbereinigt), der Beschäftigung und des Preisindex der Lebenshaltung im Zielszenario von Referenzprognose / Trendszenario, 2020 – 2050 in %



Quelle: Prognos/EWI/GWS 2014

Gesamtwirtschaftliche Effekte des Zielszenarios werden im Vergleich zu Referenzprognose / Trendszenario ausgewiesen. Dazu werden Differenzen zwischen beiden Szenarien u.a. bei Strompreisen und Investitionen in Energieeffizienz in ein gesamtwirtschaftliches Modell eingestellt. Die Effekte beschreiben nicht Wirkungen „der Energiewende“, sondern Differenzen, die sich ergeben, wenn über die Referenzprognose hinaus die Ziele des Energiekonzepts erreicht werden.

Die Erreichung der energie- und Klimaschutzpolitischen Ziele über Referenzprognose / Trendszenario hinaus ist mittelfristig ökonomisch verkraftbar. Bis zum Jahr 2030 bleiben die Wirkungen auf BIP, Beschäftigung und Preisniveau gering.

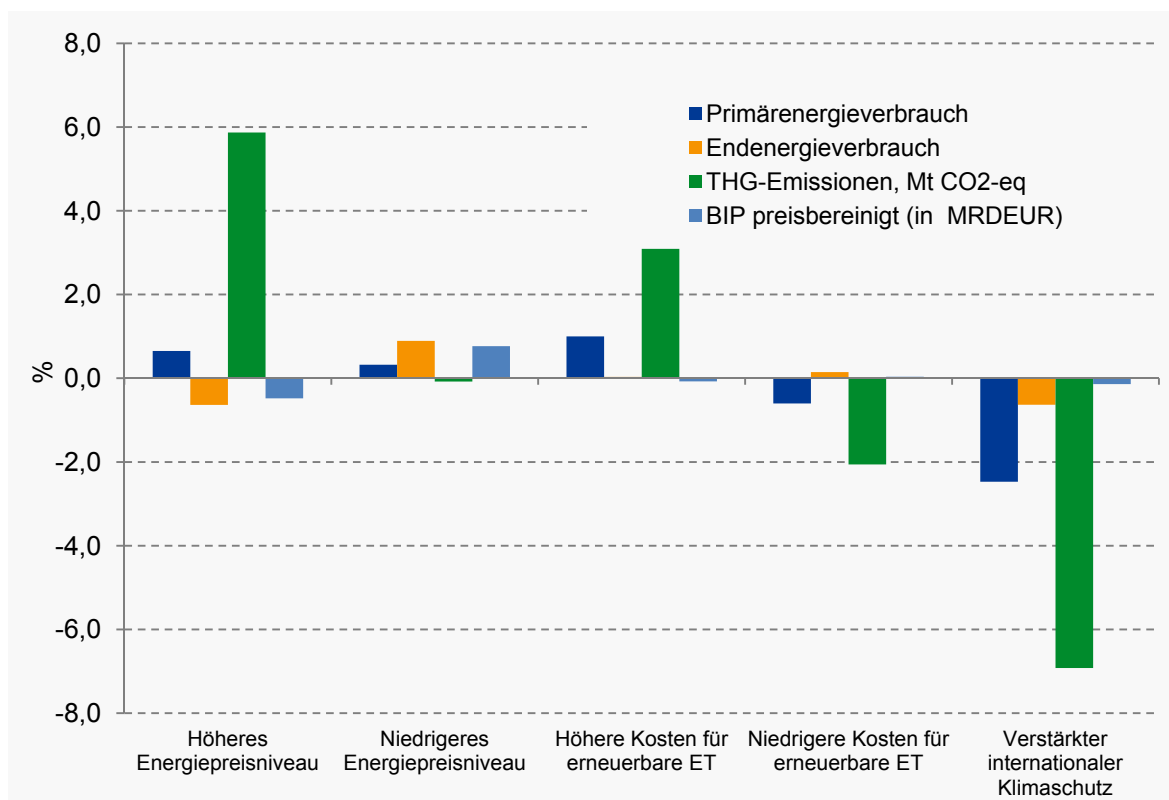
Langfristig zahlen sich die Energieeinsparungen und der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien auch gesamtwirtschaftlich aus. Energieeffizienz leistet dabei den größten Beitrag. Das BIP liegt im Zielszenario im Jahr 2050 um 1,0 % über dem Trendszenario. Die Zahl der Erwerbstätigen ist dann um 118 Tausend höher.

Sensitivitäten

(Abschnitt 6 des Berichts)

In fünf Sensitivitätsrechnungen wurde geprüft, wie sich unterschiedliche Preise für fossile Energieträger, andere Annahmen für die Kostenentwicklung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie höhere CO₂-Preise auf zentrale Ergebnisse auswirken. Mit Ausnahme der Sensitivität mit höheren CO₂-Preisen, die nach 2030 zu einem deutlichen Rückgang der CO₂-Emissionen führen, sind die Effekte gering. Die Grundaussagen der Referenzprognose und des Trendszenarios bleiben auch bei geänderten Annahmen wichtiger Parameter in den Sensitivitäten erhalten.

Abweichungen des Energieverbrauchs, der THG-Emissionen und des Bruttoinlandsprodukts (preisbereinigt), in den 5 Sensitivitäten von Referenzprognose / Trendszenario, 2050 in %



Prognos/EWI/GWS 2014

In der mittleren Frist im Jahr 2020 verändern sich zentrale Größen in den Sensitivitäten gegenüber der Referenzprognose nur wenig. Im Jahr 2050 weichen vor allem die THG-Emissionen in mehreren Sensitivitäten um mehrere Prozent von den Werten im Trendszenario ab. Dahinter stehen vor allem Verschiebungen im Brennstoffmix in der Stromerzeugung. Die Effekte auf Endenergieverbrauch und BIP bleiben in allen Sensitivitäten gering.

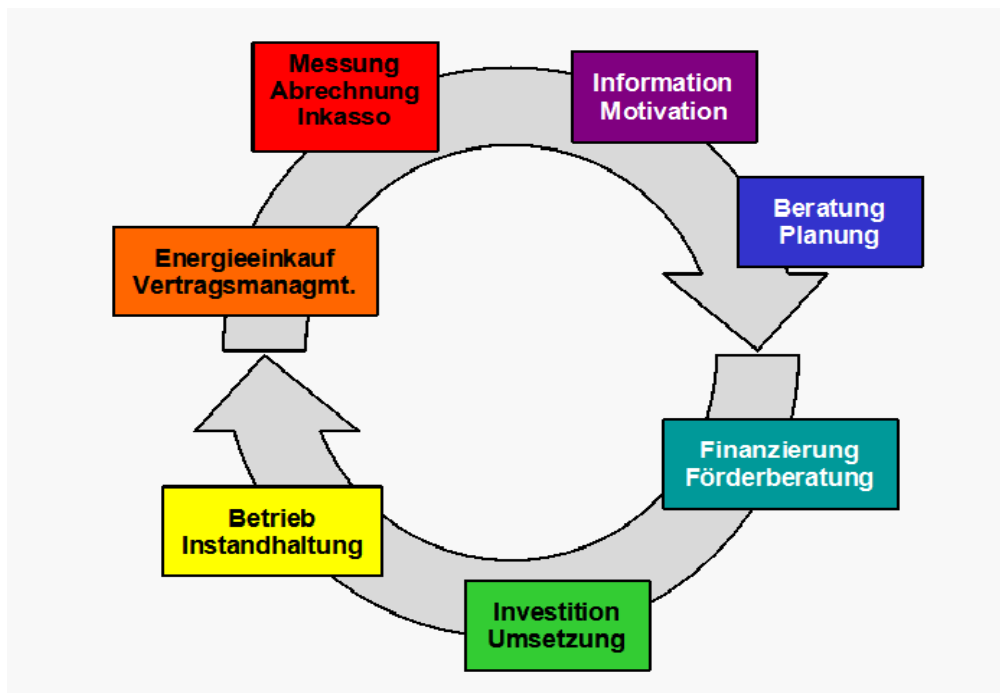
Damit zeigt sich, dass die Ergebnisse der Referenzprognose bzw. des Trendszenarios robust sind mit Blick auf die Annahmen zu internationalen Energiepreisen und Technologiekosten für erneuerbare Energien. Verstärkte internationale Klimaschutzbemühungen würden dagegen bis 2050 die ermittelten THG-Emissionen gegenüber dem Trendszenario deutlich reduzieren.

Energieeffizienz

(Abschnitt 8.2.3 des Berichts)

Eine effiziente Energienutzung ist eine wesentlich Voraussetzung, um die energie- und Klimaschutzpolitischen Ziele zu erreichen. Die Steigerung der Energieeffizienz erfordert oft Investitionen in Einspartechnologien. In allen Verbrauchssektoren und Anwendungsbereichen bestehen bislang ungenutzte und teilweise wirtschaftliche Potenziale für Energieeinsparungen.

Schritte zur Steigerung der Energieeffizienz



Quelle: Prognos/EWI/GWS 2014

Die effiziente Energienutzung ist eine wesentliche Voraussetzung, sollen die energie- und klimapolitischen Ziele erreicht werden. Je weniger Energie bei gegebener Wirtschaftsleistung verbraucht wird, umso leichter fällt es, eine sichere, wirtschaftliche umweltschonende Energieversorgung zu gewährleisten.

In vielen Fällen setzt eine höhere Energieeffizienz technische Maßnahmen und Investitionen in sparsame Technologien voraus. Verbesserte betriebliche Abläufe und aufmerksames Verhalten können ebenfalls dazu beitragen, Energie sparsamer zu nutzen. In der Regel bedarf es einer durchgängigen Wirkungskette angefangen von der Motivation und Information über die zielgerichtete Planung und Investition bis hin zur betrieblichen optimalen Umsetzung einer Maßnahmen, damit die Energieeinsparung tatsächlich realisiert werden kann.

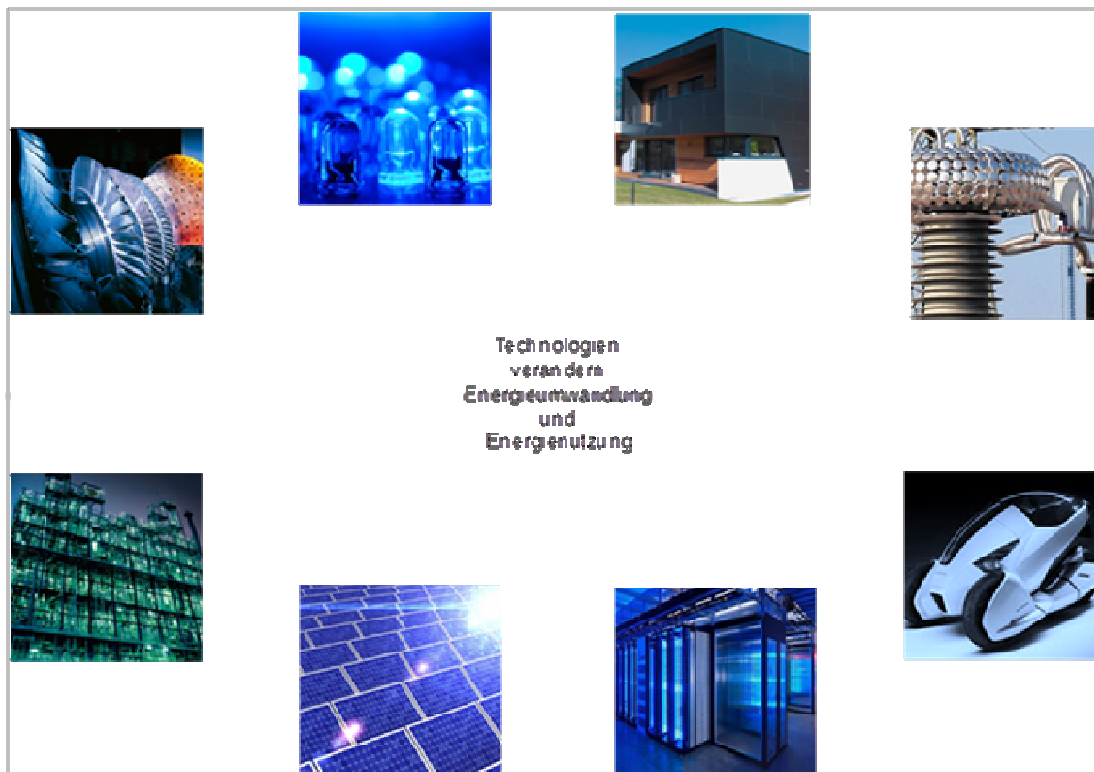
Es bestehen ungenutzte und teilweise wirtschaftlich realisierbare Potenziale für Energieeffizienz und Energieeinsparung in allen Sektoren, in allen Anwendungssystemen und bei allen Verwendungszwecken. In vielen Bereichen bestehen die Potenziale allein aufgrund der Tatsache, dass die technologischen Systeme nicht ausreichend auf den Bedarf hin dimensioniert und betrieben werden.

Langfristige technologische Entwicklung

(Abschnitt 8.2.4 des Berichts)

Neue und weiterentwickelte Technologien in der Nutzung und Umwandlung von Energie sind die Schlüssel zur Steigerung der Energieeffizienz und zum kostengünstigen Ausbau erneuerbarer Energien. Der Markterfolg neuer Technologien hängt entscheidend vom wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Umfeld ab.

Anwendungsbereiche neuer Technologien



Quelle: Prognos/EWI/GWS 2014

Technologien und Technikentwicklungen spielen in allen Feldern der Energienutzung, der Energiebereitstellung und der Energieversorgung eine wesentliche Rolle. Neue Technologien und technische Weiterentwicklungen führen sowohl zu mehr Energieeffizienz als auch zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien. Darüber hinaus verändern sie Organisation und Geschäftsmodelle in der Energiewirtschaft.

Auf der Nachfrageseite wird der technische Fortschritt auch in Zukunft vor allem im Rhythmus der normalen Investitionszyklen implementiert. Neben anwendungs- und branchenspezifischen Technologien spielen dabei Querschnittstechnologien eine bedeutende Rolle, die in vielen Bereichen eingesetzt werden können. Kurzfristig wirken sich vor allem die Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnik, Vernetzung, Regel- und Steuerungstechnik sowie Miniaturisierungen aus. Mittel- und langfristig werden u.a. neue Werkstoffe, maßgeschneiderte Oberflächen, Bionik und Robotik großen Einfluss haben.

Außer technischen Aspekten sind für die Einführung neuer Technologien wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Umfeldbedingungen von zentraler Bedeutung.

Prognosen und Szenarien Dritter

(Abschnitt 8.4 des Berichts)

Zur Einordnung der Ergebnisse wurden die im Rahmen des Projekts erstellte Referenzprognose und das Trendszenario sowie das Zielszenario mit ähnlichen Arbeiten Dritter verglichen. Dabei zeigte sich, dass ein Vergleich wegen zum Teil sehr unterschiedlicher Charakteristika und Annahmen nur bedingt aussagekräftig ist.

Um Referenzprognose und Trendszenario einerseits sowie Zielszenario andererseits in einen größeren Rahmen einzuordnen, wurde deren Ergebnisse mit aktuellen Prognosen und Szenarien Dritter verglichen. Dabei handelt es sich um folgende Arbeiten:

- EU Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050, Reference Scenario 2013 (European Commission 2013)
- Energieprognose 2012-2040 (ExxonMobil 2012)
- Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global (BMU 2012)
- Politikszenarios für den Klimaschutz VI (UBA 2012)
- Energieszenarien 2011 (Prognos/EWI/GWS 2011)
- 100% erneuerbare Stromversorgung bis 2050: klimaverträglich, sicher, bezahlbar (SRU 2010)

Wegen zum Teil unterschiedlicher Charakteristika (Prognosen, Politikszenarios, Zielszenarien, BAU-Szenario) sowie zum Teil unterschiedlicher sozioökonomischer Rahmendaten lassen sich die betrachteten Arbeiten nur bedingt vergleichen.

- Der Vergleich der beiden betrachteten Prognosen – der hier erarbeiteten Energierferenzprognose und der Prognose 2012-2040 von ExxonMobil – zeigt ähnliche Entwicklungen der Primärenergieproduktivität. Der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch und in der Stromerzeugung ist in der Energierferenzprognose höher als in der Energieprognose von ExxonMobile. Der Vergleich absoluter Größen wäre wegen deutlich unterschiedlicher sozioökonomischer Rahmendaten nicht aussagekräftig.
- Das im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit erstellte Zielszenario und die vergleichbaren Zielszenarien des BMU 2012 zeigen eine ähnliche Absenkung des Primärenergieverbrauchs. Um diese zu erreichen, ist in unserem Zielszenario wegen der optimistischeren Wachstumsannahmen eine stärkere Steigerung der Primärenergieproduktivität erforderlich als in den BMU-Szenarien. Die energiebedingten CO₂-Emissionen verringern sich wegen des in den BMU-Zielszenarien schnelleren Ausbaus der erneuerbaren Energien weiter als im aktuellen Szenario.