



Bayerische Energieszenarien 2050

Kurzfassung
des Endberichts



Kurzfassung des Endberichts

Bayerische Energieszenarien 2050





Auftraggeber **Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft,
Energie, und Technologie**
Referat VI/1
Prinzregentenstraße 28
80538 München

Auftragnehmer **Leipziger Institut für Energie GmbH**
Lessingstraße 2
04109 Leipzig

Telefon 03 41 / 22 47 62 - 0
Telefax 03 41 / 22 47 62 - 10
Internet www.ie-leipzig.com



Kooperationspartner

EEFA GmbH & Co. KG
Windthorststraße 13
48143 Münster

Telefon 02 51 / 488 23 - 13
Telefax 02 51 / 488 23 - 23
Internet www.eefa.de

Bearbeitung **Andreas Weber** (Projektleitung IE)
Büro Berlin
Telefon 0 30 / 2 78 78 46 50
E-Mail andreas.weber@ie-leipzig.com

Hans Georg Buttermann (Projektleitung EEFA)
Telefon 02 51 / 488 23 - 15
E-Mail h.g.buttermann@eefa.de

Tina Baten
Werner Bohnenschäfer

Laufzeit Februar 2011 bis Juli 2012

Datum 31.08.2012



INHALTSVERZEICHNIS

HINTERGRUND.....	1
1 ANALYSE DES IST-ZUSTANDES	3
1.1 <i>Energieverbrauch in Bayern</i>	3
1.2 <i>Energiebereitstellung</i>	3
1.3 <i>Energiebedingte CO₂-Emissionen</i>	4
2 SZENARIORAHMEN	5
3 ENTWICKLUNG DES ENDENERGIEVERBRAUCHS IN BAYERN.....	7
3.1 <i>Referenzszenario</i>	7
3.1.1 <i>Verarbeitendes Gewerbe (Industrie)</i>	8
3.1.2 <i>Verkehr</i>	9
3.1.3 <i>Private Haushalte</i>	10
3.1.4 <i>Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</i>	11
3.2 <i>Alternativszenario</i>	11
3.2.1 <i>Rahmenannahmen</i>	11
3.2.2 <i>Endenergieverbrauch</i>	13
4 KRAFTWERKSPARK	14
5 PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH UND CO ₂ -EMISSIONEN.....	18
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE BAYERISCHE ENERGIEPOLITIK	21

HINTERGRUND

Die energie- und umweltpolitischen Rahmenbedingungen in Europa, Deutschland und Bayern haben sich grundlegend verändert. Die global wachsende Nachfrage nach Rohstoffen hat insbesondere auch bei Energie zu steigenden Preisen geführt. Hinzu kommt, dass der Einfluss der Umweltpolitik auf den Energieverbrauch, aber auch auf das Wirtschaftswachstum und den Wohlstand spürbar zugenommen hat. Diese Trends werden vermutlich auch in Zukunft grundsätzlich wirksam bleiben.

Viele energie- und umweltpolitische Entscheidungen entfalten Wirkungen weit in die Zukunft hinein. Mit der Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen bis 2020 und der Richtlinie 2009/29/EG zur Änderung der EU-Emissionshandelsrichtlinie 2003/87/EG hat die EU nicht nur Minderungsziele sowohl für die ET- als auch die Nicht-ET-Sektoren¹ in den einzelnen Mitgliedstaaten formuliert, sondern auch erhebliche Änderungen des bisherigen Emissionshandelssystems umgesetzt. So sollen in Deutschland die Treibhausgasemissionen gegenüber 2005 in den Nicht-ET-Sektoren um 14 % und in den ET-Sektoren um 21 % reduziert werden. Außerdem sollen die Emissionsberechtigungen für den Stromsektor ab 2013 vollständig versteigert werden und auch für die übrigen am Emissionshandel beteiligten Anlagen steigt der Auktionsanteil ab 2013 von zunächst 20 % bis 2027 allmählich auf 100 %, so dass die Versteigerung auch in der Industrie zur alleinigen Zuteilungsmethode wird.

Zugleich ist die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen insgesamt erklärtes Ziel der europäischen Umwelt- und Klimaschutzpolitik. Die Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (23. April 2009) sieht als verbindliches Ziel für die EU vor, den Anteil erneuerbarer Quellen am Energieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 20 % zu steigern. In Deutschland soll der Anteil erneuerbarer Energiequellen am Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 18 % erhöht werden. Entsprechend dem Bayerischen Energiekonzept wird angestrebt, dieses Ziel zu übertreffen und in Bayern einen Deckungsanteil von 20 % zu erreichen.

Mit dem vom Bundeskabinett Ende September 2010 beschlossenen Energiekonzept wurden wichtige Schritte unternommen, um die Energieversorgung langfristig neu auszurichten. Mit dem Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie bis zum Jahr 2022 und der sofortigen Stilllegung von acht Kernkraftwerken im Juli 2011 hat die zeitliche Perspektive des Umbaus der Energieversorgung zusätzlich an Dynamik gewonnen. Hohe Prioritäten setzt das Energiekonzept beim Ausbau erneuerbarer Energiequellen oder bei dem Ziel, die Energieeffizienz in Deutschland durch geeignete Maßnahmen spürbar zu erhöhen.

¹ ET=Emission Trading. Der europäische Emissionshandel umfasst nur einen Teil aller Treibhausgasemissionen und Verursacher. Einbezogen sind die Kohlendioxid-Emissionen der sog. ET-Sektoren: aus der Stromerzeugung in thermischen Kraftwerken ab 20 MW Leistung und aus den sechs Industriebranchen 1) Eisen- und Stahlverhüttung, 2) Kokereien, Raffinerien und Cracker, 3) Zement- und Kalkherstellung, 4) Glas-, Keramik- und Ziegelindustrie, 5) Papier- und Zelluloseproduktion sowie 6) Cracker in Chemiefabriken. Andere Industrien, der Transportsektor, die Privathaushalte und übrigen Verbraucher (Landwirtschaft, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen etc.) sind vom Emissionshandel ausgenommen (Nicht-ET-Sektoren).

Für ein Bundesland wie den Freistaat Bayern, auf den rund 14 % des Primärenergieverbrauchs in Deutschland entfallen, das jedoch – einmal abgesehen von erneuerbaren Energiequellen wie Sonne, Wasser- und Windkraft oder Biomasse – über kaum nennenswerte Vorkommen an heimischen Energieträgern (Erdöl, Erdgas) verfügt, sind diese bevorstehenden Veränderungen von erheblicher Bedeutung.

Damit die bayerische Staatsregierung den Umbau der Energieversorgung effizient vorantreiben und aus landespolitischer Sicht die richtigen Weichen stellen kann, hat die Leipziger Institut für Energie GmbH (IE) in Kooperation mit dem EEFA-Forschungsinstitut GmbH & Co. KG (EEFA) im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie die Studie „Bayerische Energieszenarien 2050“ erarbeitet. Durch die Berechnung von Szenarien sollen auf wissenschaftlicher Basis mögliche Entwicklungspfade in Abhängigkeit äußerer Rahmenbedingungen aufgezeigt und durch anschließende differenzielle Analyse der Einfluss dieser auf Bayern untersucht werden, um eine Diskussionsgrundlage für die künftige Energieversorgung in Bayern zu schaffen.

Die Studie ist wie folgt aufgebaut: Nach Analyse der Ist-Situation in Bayern (mit vergleichendem Blick zu Deutschland und zur EU; Kapitel 1) werden die untersuchten Szenarien in ihren Ausprägungen und Rahmenannahmen beschrieben (Kapitel 2). Darauf aufbauend wird zunächst das Referenzszenario (Kapitel 3) entwickelt und die Veränderung des Energieverbrauchs nach Sektoren und Energieträgern bis 2050 vertieft dargestellt. Die Entwicklungen der alternativen Politiksznarien – derer innerhalb der Studie drei untersucht werden – werden im Vergleich zum Referenzszenario beschrieben. Hierbei wird auf Änderungen des Endenergieverbrauchs (Kapitel 4) ebenso eingegangen wie auf die unterschiedlichen Ausprägungen der Kraftwerksstrukturen (Kapitel 5). Neben der szenarienbasierten Analyse und der Bereitstellung eines Zahlenwerkes für die bayerischen Entwicklungsperspektiven im Bereich der Energiewirtschaft (Kapitel 6) werden zusammenfassend energiepolitische Handlungsempfehlungen (Kapitel 7) abgeleitet.

Kap. 1	Analyse des Ist-Zustandes und der Rahmenbedingungen	EU Deutschland Bayern
Kap. 2	Energieszenarien und Rahmenannahmen	Sozioökonomie Preise Technologien
Kap. 3	Referenzszenario	Endenergie Sektoren Energieträger
Kap. 4	Alternative Politiksznarien	Endenergie Sektoren Energieträger
Kap. 5	Kraftwerkspark	Leistung Technologien Netze
Kap. 6	Primärenergieverbrauch und CO ₂ -Emissionen	Referenz- und Alternativszenarien
Kap. 7	Zusammenfassung und energiepolitische Handlungsempfehlungen	Referenz- und Alternativszenarien



1 ANALYSE DES IST-ZUSTANDES

1.1 Energieverbrauch in Bayern

Ausgehend vom Jahr 1990 hat sich bis 2008 der **Endenergieverbrauch insgesamt** um 12,5 % erhöht, wobei zum Höchststand im Jahr 2001 der Endenergieverbrauch um 18,7 % über dem Wert von 1990 lag. Seit 2001 folgt der Endenergieverbrauch einem insgesamt rückläufigen Trend und hat sich seither um 5,3 % verringert.

Strukturell hat der Sektor „Verarbeitendes Gewerbe“ (Industrie) im Jahr 2008 einen Anteil am Gesamt-Endenergieverbrauch in Höhe von 21,7 %. Der Sektor „Verkehr“ trägt zu 33,0 % zum Endenergieverbrauch bei, der Sektor „Haushalte und übrige Verbraucher“ (private Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)) stellt mit 45,3 % den größten Anteil des Endenergieverbrauchs.

Ausgehend vom Jahr 1990 ist der **Primärenergieverbrauch insgesamt** im Freistaat Bayern bis zum Jahr 2008 um 14,3 % angestiegen.

Den strukturell größten Anteil stellt im Jahr 2008 mit knapp 40 % die Gruppe der Mineralöle und Mineralölprodukte, gefolgt von den Kernbrennstoffen mit 27,2 %, Gase mit 18,9 %, Wasserkraft und sonstige erneuerbare Energieträger mit 10,1 % und Kohle mit 3,2 %. In diesem Zusammenhang sind auch Verschiebungen in der Energieträgerstruktur zu erwähnen: so sind bei Kohle und Mineralöl tendenziell rückläufige Anteile zu beobachten, wobei erneuerbare Energieträger, Gase und Kernbrennstoffe im Betrachtungszeitraum jeweils an Bedeutung gewonnen haben.

1.2 Energiebereitstellung

Mit Blick auf die zu entwickelnden Energieszenarien ist es essentiell, die Struktur der Energiebereitstellung insbesondere von elektrischer Energie zu erfassen. Gemeinhin folgt die Entwicklung der Stromerzeugung im Freistaat Bayern der Entwicklung des Stromverbrauchs. So ist auch der Stromaustauschsaldo Bayerns – also die Größe, welche die Summe aus Im- und Export widerspiegelt – für die Jahre 1990 bis 2008 jeweils nahezu ausgeglichen bzw. wird jedes Jahr ein marginaler Stromüberschuss erzeugt und exportiert (Abbildung K 1-1).

Tragende Säule bei der Stromerzeugung ist die Kernenergie mit einem Anteil von 57 %, gefolgt von den erneuerbaren Energien mit 23 %. Der Anteil von Erdgas an der Stromerzeugung ist tendenziell steigend und betrug im Jahr 2008 11 %, der Anteil von Kohle tendenziell sinkend und betrug 6 %. Mit Blick auf die CO₂-Emissionen lässt sich feststellen, dass 2008 in Bayern 80 % des Stroms nahezu CO₂-frei erzeugt wurden.

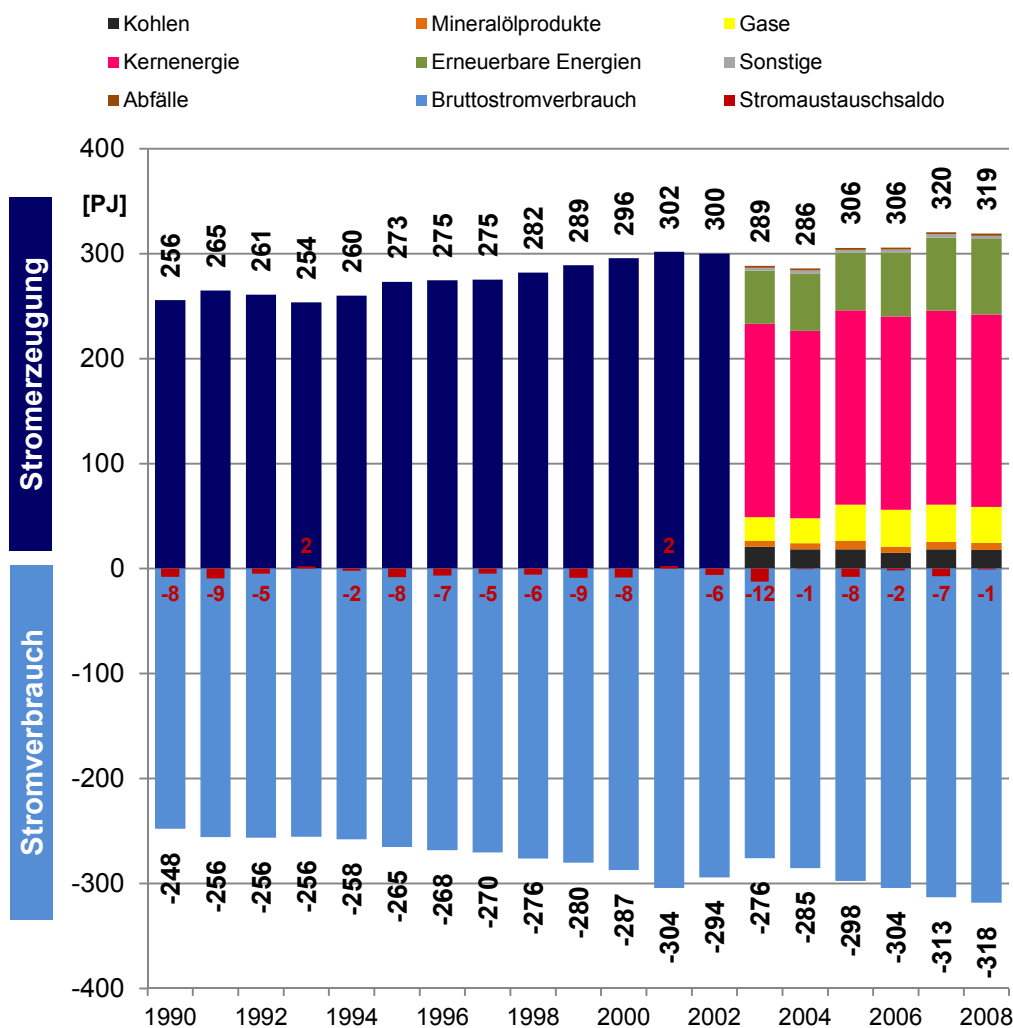


Abbildung K 1-1 *Stromerzeugung, Stromverbrauch und Stromausgleichsbeitrag für Bayern, 1990 bis 2008*
 ab 2003 ist auch die Energieträgerstruktur der Stromerzeugung angegeben;
 ein negativer Stromausgleichsbeitrag bedeutet Stromexport
 Quelle: LfStD

1.3 Energiebedingte CO₂-Emissionen

Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind im Freistaat Bayern zwischen 1990 und 2008 um 4,9 % zurückgegangen. Bezogen auf den Höchststand im Jahr 1998 ist sogar ein Rückgang um 13,2 % zu verzeichnen.

Bildet man den Quotienten aus absoluten CO₂-Emissionen und Zahl der Einwohner, so zeigt sich, dass die spezifischen Emissionen von 1990 (7,4 tCO₂/EW) bis zum Jahr 2008 (6,4 tCO₂/EW) um 13 % zurückgegangen sind (vgl. Abbildung K 1-2).

In Deutschland sind im Zeitraum zwischen 1990 und 2008 die absoluten energiebedingten CO₂-Emissionen zwar um 21 % zurückgegangen und die spezifischen CO₂-Emissionen je Einwohner sogar um 23 % gesunken. Jedoch liegen diese in Deutschland im Ver-

gleich zum Freistaat Bayern nach wie vor signifikant höher: 11,9 t CO₂/EW im Jahr 1990 und 9,2 t CO₂/EW im Jahr 2008.

Dieser Umstand ist von erheblicher Bedeutung, wenn man die deutschen Minderungsziele auf ein einzelnes Bundesland überträgt. Im Jahr 2008 lagen die spezifischen CO₂-Emissionen in Bayern gut 30 % unter dem bundesdeutschen Wert. Dieser Umstand muss bei Betrachtungen zu bundeslandspezifischen Potenzialen einerseits und Anstrengungen zur Senkung der CO₂-Emissionen andererseits Beachtung finden.

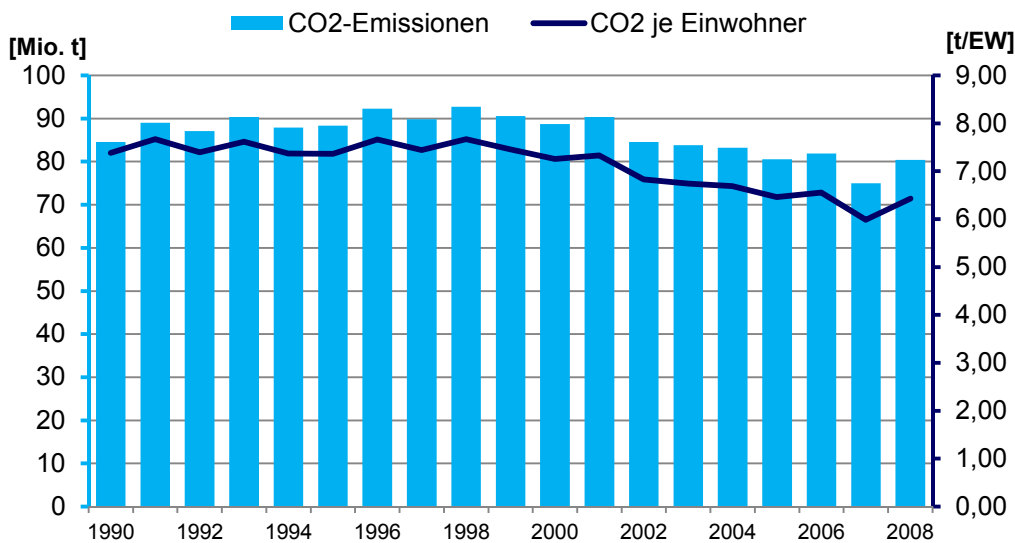


Abbildung K 1-2 Entwicklung der CO₂-Emissionen in Bayern, absolut und je Einwohner
Quelle: LfStaD, eigene Berechnungen IE Leipzig

2 SZENARIORAHMEN

Im Zentrum der Studie wurden die energiewirtschaftlichen Wirkungen analysiert, die sich aufgrund des im September 2010 vom Bundeskabinett beschlossenen Energiekonzeptes sowie des im Juli 2011 beschlossenen Ausstiegs aus der Kernenergienutzung bis 2022 für Bayern ergeben. Dazu nutzt die vorliegende Studie die "Szenario-Technik". Mit Hilfe von Szenarien können unterschiedliche energiewirtschaftliche und ökonomische Entwicklungspfade für den Freistaat Bayern miteinander vergleichbar gemacht werden.

Zu diesem Zweck wurde ein **Referenzszenario** entwickelt, das die zukünftigen Veränderungen in der Wirtschaft und bei der Endenergieversorgung in Bayern, unter den Bedingungen, wie sie im Energiekonzept der Bundesregierung skizziert sind, für die Zeit bis 2050 fortschreibt.

Ausgehend vom Energiekonzept und der aus der Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima resultierenden Neubewertung der langfristigen energiepolitischen Ausrichtung hierzulande, bilden folgende Grundannahmen die Basis für das Referenzszenario:



- Die **Laufzeitverlängerung der Kernenergie** (um durchschnittlich 12 Jahre) wird **zurückgenommen**. Stattdessen werden alle Kernkraftwerke in Deutschland gemäß einem Stufenplan (13. Novelle des Atomgesetzes) stillgelegt. Für Bayern folgt aus dem Ausstiegsbeschluss konkret, dass neben dem bereits stillgelegten Kernkraftwerk Isar 1 (878 MW), im Jahr 2015 das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (1.275 MW), 2017 Grundremmingen B (1.284 MW), 2021 Grundremmingen C (1.288 MW) und 2022 Isar 2 (1.400 MW) außer Betrieb genommen werden.
- Deutschland beabsichtigt den CO₂-Ausstoß entsprechend der Zielformulierung der Industriestaaten bis 2050 **um mindestens 80 % gegenüber 1990** zu reduzieren. Bis 2020 sollen die Treibhausgas-Emissionen um 40 % verringert werden. Ein wichtiges Instrument zur Erreichung dieser Ziele ist der seit 2005 europaweit eingeführte **Emissionshandel**.
- Die verstärkte **Nutzung erneuerbarer Energiequellen** ist nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Mitgliedstaaten und in der Europäischen Union (EU) insgesamt erklärtes Ziel der Umwelt- und Klimaschutzpolitik. Die Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (vom 23. April 2009) sieht als verbindliches Ziel für die EU insgesamt vor, den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 20 % zu steigern bzw. im Verkehrssektor einen Anteil regenerativer Energien in Höhe von mindestens 10 % zu erreichen. Für die einzelnen Mitgliedsstaaten legt die EU-Richtlinie differenzierte nationale Zielwerte fest. In Deutschland soll der **Anteil erneuerbarer Energien** am Bruttoendenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 18 % erhöht werden. Bis 2050 strebt die Bundesregierung eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 60 % an (Zwischenziele 2030: 30 %; 2040: 45 %). Der Anteil der erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch soll bis 2020 auf 35 % und bis 2050 auf 80 % ausgebaut werden.

Dieses Referenzszenario, das die zukünftige Veränderung der Wirtschaft und des Energieverbrauchs in Bayern aus dem Trend von Einflussfaktoren, Verhaltensmustern und Wirkungszusammenhängen der Vergangenheit sowie aus den aktuellen bzw. absehbaren energiepolitischen Entwicklungen (unter besonderer Berücksichtigung des Energiekonzeptes für Deutschland) ableitet, bildet den Vergleichsmaßstab für die Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter auf das Gesamtsystem anhand alternativer Szenarien.

Hierzu werden im Rahmen der Prognoserechnungen **drei alternative Politiksznarien** erstellt und nachfolgend differenziell analysiert:

- **Szenario I:** Scheitern eines internationalen Klimaschutzabkommens und daraus abgeleitet reduzierte Anforderungen an die CO₂-Reduktion und den Ausbau erneuerbarer Energien.
- **Szenario II:** Erhalt der vollständigen elektrischen Bedarfsdeckung aus bayerischer Energieerzeugung.
- **Szenario III:** Kombination der Prämissen aus Szenario I und Szenario II.

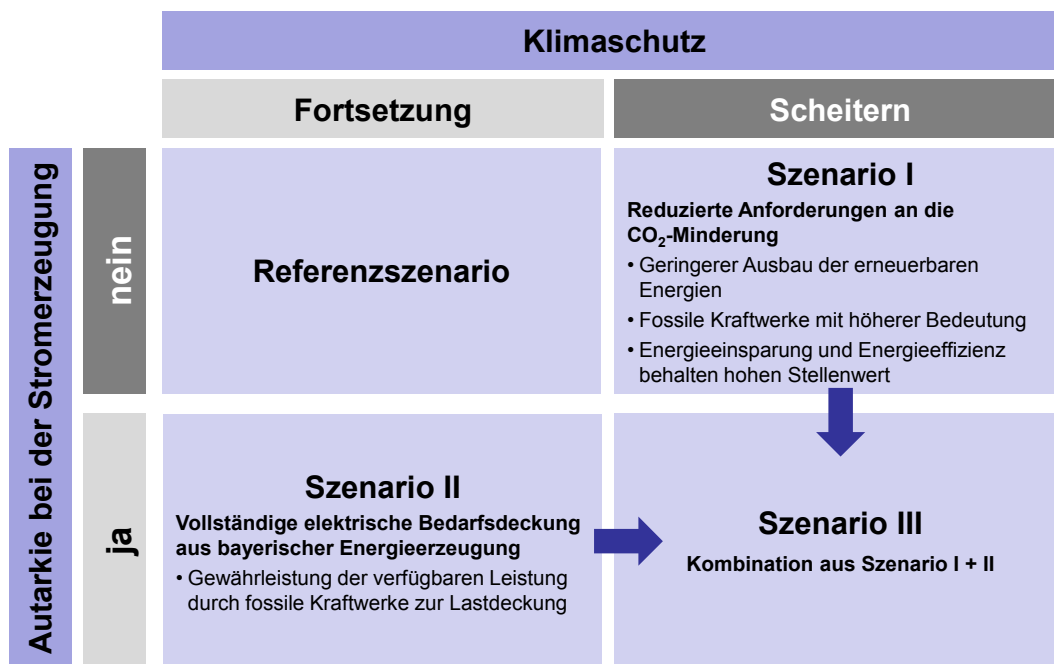


Abbildung K 2-1 Szenarien im Überblick

Die Rahmenannahmen und exogenen Vorgaben der Szenarien sind im Detail der Langfassung zu entnehmen. Für die Entwicklungen bei den Endenergieverbrauchssektoren wurde gegenüber dem Referenzszenario ein weiteres **Alternativszenario** entworfen, mit dem die Effekte von allgemein reduzierten Anforderungen an die CO₂-Minderungsziele abgebildet werden. Bezogen auf die Stromerzeugungsoptionen (Kraftwerkspark) und daraus abgeleitet den Primärenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen im Freistaat Bayern bilden die Ergebnisse (Endenergie) des Referenzszenarios auch die Basis für das Szenario II, die Ergebnisse des Alternativszenarios sind in die Szenarien I und III eingeflossen.

3 ENTWICKLUNG DES ENDENERGIEVERBRAUCHS IN BAYERN

3.1 Referenzszenario

Insbesondere Impulse bei den Energie- und CO₂-Zertifikatspreisen, aber auch die angemessene Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung stellen wichtige Steuerungsgrößen für die künftige Entwicklung des Energieverbrauchs in Bayern und seiner Struktur dar. Im Endenergiebereich erfolgte die Analyse der Energienachfrage in Bayern bis zum Jahr 2050 in Referenz- und Alternativszenario getrennt nach den Bereichen

- Verarbeitendes Gewerbe
- Verkehr (gewerblich und privat)
- Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) und
- Private Haushalte.



Die zu erwartenden Entwicklungen der sektoralen Endenergieverbräuche in Bayern sind im Detail in der Langfassung dargestellt.

Über alle Sektoren zusammengefasst wird der Endenergieverbrauch in Bayern im Jahr 2050 bei 960 PJ (Referenzszenario) liegen und damit rund 381 PJ bzw. 28,3 % niedriger sein als 2008 (siehe Abbildung K 3-1).

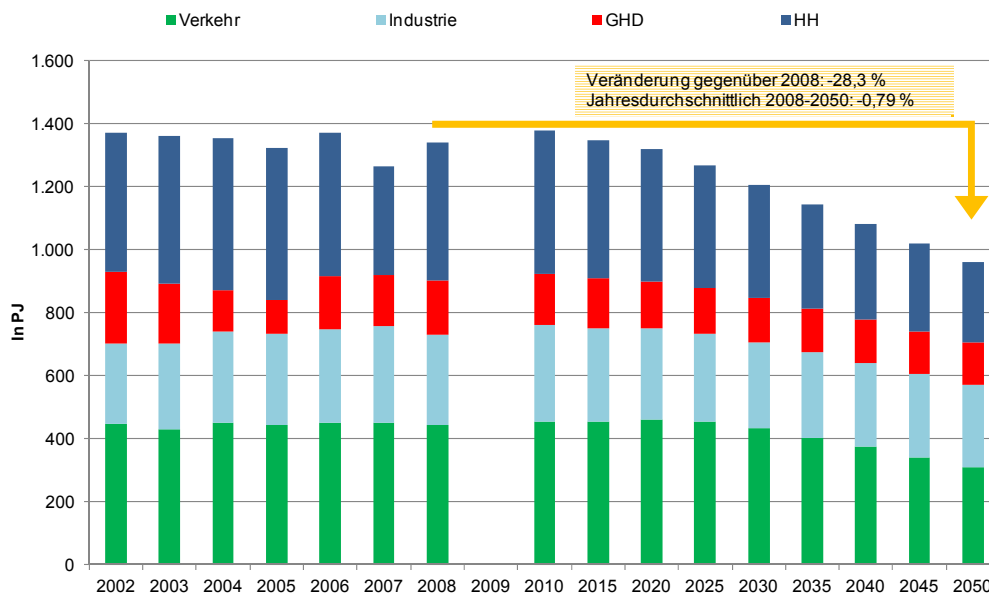


Abbildung K 3-1 Endenergieverbrauch in Bayern nach Sektoren
Quelle EEFA, eigene Berechnungen

3.1.1 Verarbeitendes Gewerbe (Industrie)

Da insbesondere der Einsatz des Produktionsfaktors Energie auch in Zukunft immer kostenintensiver wird, ist damit zu rechnen, dass der Trend zur Entkopplung von Industrieproduktion und Energieverbrauch in Zukunft weiter fortbestehen wird. Dieser grundsätzliche Befund ist allerdings, was einzelne Wirtschaftszweige angeht, deutlich zu differenzieren. Denn aufgrund des bereits erreichten hohen Standes der Technik bei vielen Herstellungsverfahren, sind in manchen Bereichen der Industrie nur noch vergleichsweise geringe Effizienzverbesserungen zu erwarten. Die Verbesserung der Energieeffizienz ist nicht zwangsläufig gleichbedeutend mit einem Rückgang des absoluten Verbrauchs, da Einsparungen und Substitutionseffekte beispielsweise durch eine Ausweitung der Industrieproduktion kompensiert werden können. In Zukunft dominieren in der bayerischen Industrie Einspareffekte, so dass der Energieverbrauch kontinuierlich zurückgeht. Zwischen 2010 und 2050 sinkt der Energieverbrauch um 44,7 PJ bzw. 14,5 % (Abbildung K 3-2), wobei der spezifische Brennstoffeinsatz der Industrie deutlich stärker sinkt, als der spezifische Stromeinsatz.

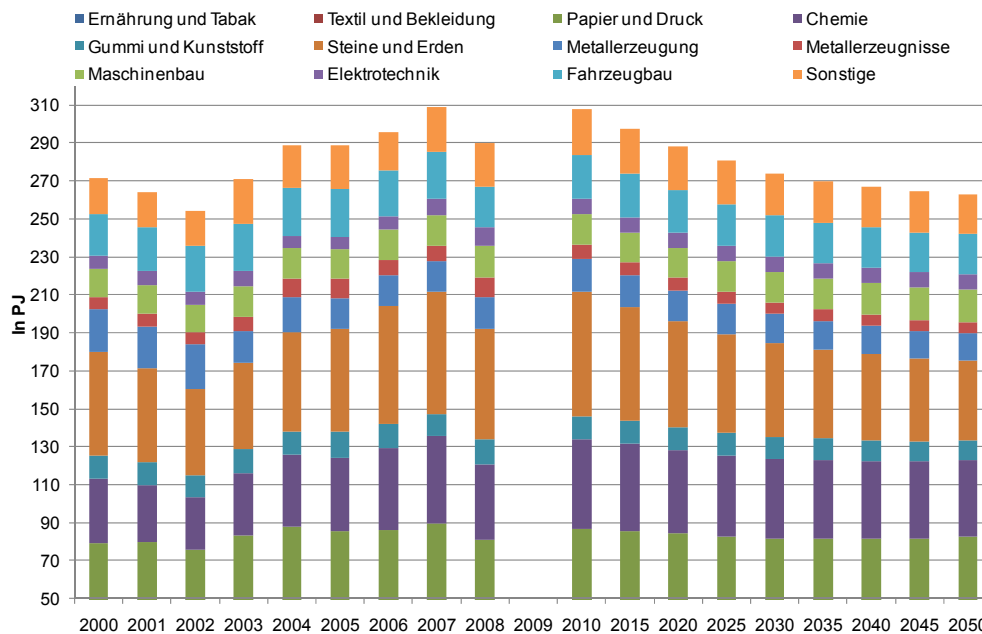


Abbildung K 3-2 *Energieverbrauch des Übrigen Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes nach Wirtschaftszweigen in Bayern.*

Quelle: Historie nach Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie; Prognose: EEFA

3.1.2 Verkehr

Das Verkehrsaufkommen ist in der Vergangenheit sowohl im Gütertransport als auch im Personenverkehr kräftiger gestiegen als der Energieverbrauch. Die Entwicklung des verkehrsinduzierten Energieverbrauchs hängt vor allem von dem zu bewältigen Verkehrsaufkommen und dem modal split ab. Er wird aber auch durch die technologischen Verbesserungen bei den Fahrzeugen geprägt.

Fasst man die einzelnen Verkehrsbereiche zusammen, ist bis zum Jahr 2050 ein Rückgang des Endenergieverbrauchs im Verkehr zu beobachten. In Bayern wird der Endenergieverbrauch des Verkehrs im Jahr 2050 um fast 31 % unter dem Niveau des Jahres 2008 liegen (Abbildung K 3-3). Der Verbrauchsrückgang wird ausschließlich durch Substitutionen, die Veränderung der Antriebstechnik und Einsparungen im Straßenverkehr hervorgerufen. Dem steht eine deutliche Zunahme des Energieverbrauchs im Schienenverkehr und der Nachfrage nach Kerosin im Luftverkehr gegenüber.

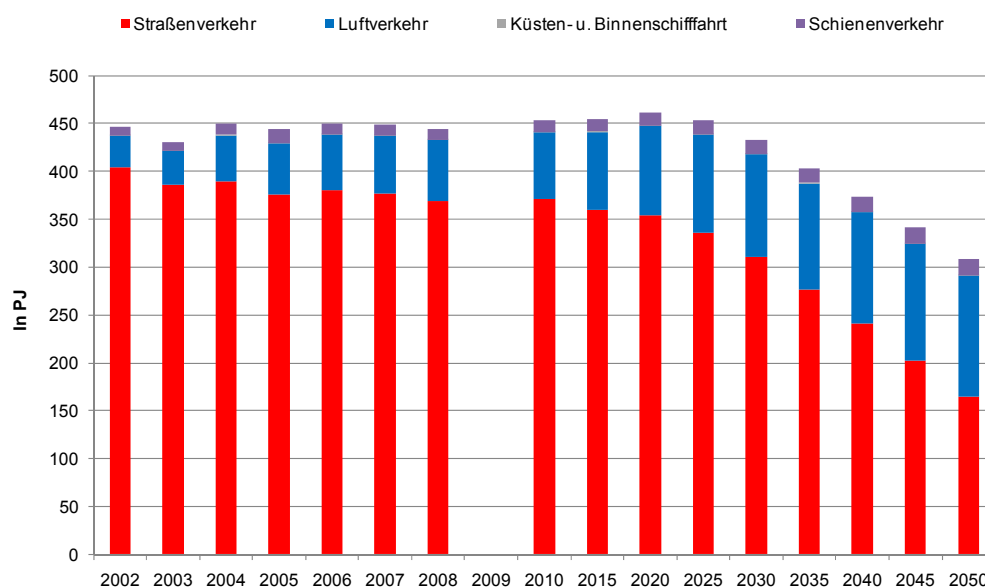


Abbildung K 3-3 Endenergieverbrauch im Verkehr in Bayern nach Verkehrsträgern
 Quelle EEFA, eigene Berechnungen nach Energiebilanzen Bayern und Verkehrsprognose Bayern bis 2025 (Intriplan Consult GmbH)

Der Marktanteil der konventionellen Kraftstoffe (Otto- und Dieselmotoren) schrumpft im Prognosezeitraum von 78,2 % im Jahr 2008 auf einen Marktanteil von nur noch 33,1 % im Jahr 2050. Hingegen nimmt die Bedeutung von Flugturbinenkraftstoff aufgrund des Wachstums im Luftverkehr deutlich zu. Die Nachfrage nach elektrischem Strom im Verkehrssektor erhöht sich zwischen 2008 und 2050 deutlich. Der Stromverbrauch steigt auf mehr als das Vierfache am Ende des Prognosezeitraums. Der Grund hierfür ist in einer zunehmenden Hybridisierung und Elektrifizierung des Pkw-Bestandes zu sehen.

3.1.3 Private Haushalte

Der Energieeinsatz der Privaten Haushalte umfasst neben dem Verbrauch zum Beheizen von Wohnungen jene Energiemengen, die zur Warmwasserbereitung, zur Beleuchtung, zum Betrieb von Haushaltsgeräten und Geräten der Unterhaltungselektronik bzw. Informations- und Kommunikationstechnik aufgewendet werden. Fasst man alle Verbrauchskomponenten zusammen, ist in Bayern mit einem im Vergleich zum Jahr 2008 rückläufigen Energieverbrauch der Privaten Haushalte zu rechnen. Insgesamt wird sich der Energieverbrauch bis zum Jahr 2050 um 39 % gegenüber 2008 verringern (Abbildung K 3-4). Diese Verbrauchsentwicklung wird vom Rückgang des Energiebedarfs zur Beheizung von Wohnungen geprägt und damit vom Tempo der energetischen Gebäudesanierung in Bayern.

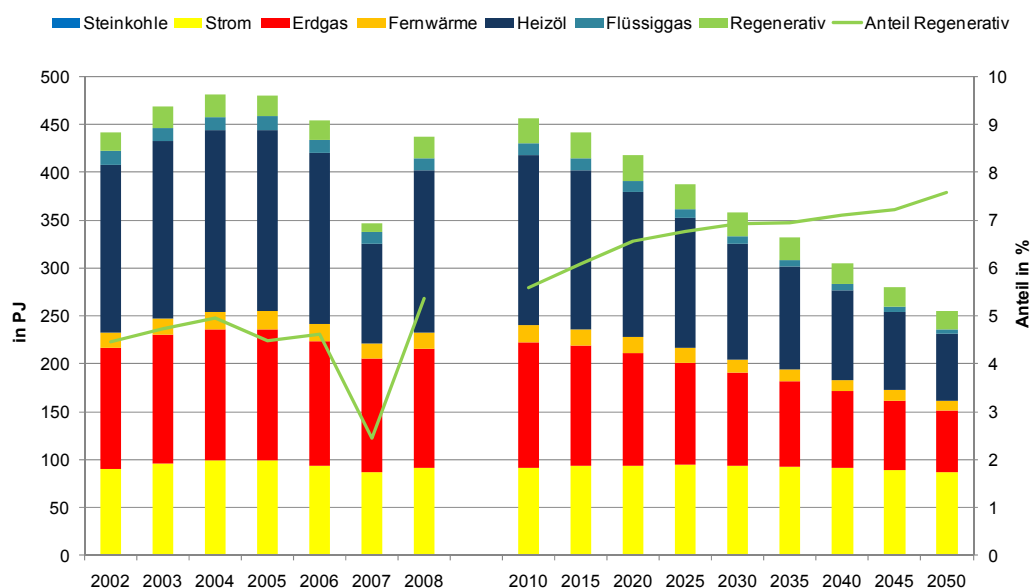


Abbildung K 3-4 Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte in Bayern bis 2050
Quelle: Eigene Berechnungen EEFA

3.1.4 Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Die Energiebilanz Deutschland erfasst unter dem Begriff "Gewerbe, Handel, Dienstleistungen" (GHD) Wirtschaftszweige wie die Land- und Forstwirtschaft, die industriellen Kleinbetriebe, das Baugewerbe, den Groß- und Einzelhandel, Banken und Versicherungen, Sonstige Dienstleistungen, Organisationen ohne Erwerbscharakter sowie den Staat und die Gebietskörperschaften. Die einzelnen GHD-Bereiche unterscheiden sich hinsichtlich des Energieverbrauchs und seiner Determinanten zum Teil erheblich. Bis zum Jahr 2050 wird der Endenergieverbrauch der Kleinverbraucher in Bayern gegenüber 2008 um rund 22 % sinken. Die Energieträgerstruktur wird dabei relativ konstant bleiben.

3.2 Alternativszenario

3.2.1 Rahmenannahmen

Mit dem Alternativszenario werden die Auswirkungen des Scheiterns eines internationalen Klimaschutzabkommens und daraus abgeleitet reduzierte Anforderungen an die CO₂-Reduktion und den Ausbau erneuerbarer Energien analysiert. Die wichtigsten Rahmenannahmen für das Alternativszenario sind im Einzelnen:

- Ein vollständiges oder temporäres Scheitern der Klimaschutzpolitik wird zu weniger anspruchsvollen Minderungszielen führen.
- In Folge weniger ambitionierter CO₂-Minderungsziele, werden die CO₂-Preise weniger stark ansteigen als im Referenzszenario. Der preisdämpfende Effekt auf dem Markt für CO₂-Emissionshandelsrechte hängt darüber hinaus auch von der veränderten Energiepreisentwicklung auf dem Weltmarkt ab.



- Der Beitrag erneuerbarer Energiequellen zur Strom- und Wärmeerzeugung steigt auch im Alternativszenario weiter an, denn erneuerbare Energiequellen senken auch das Energieversorgungsrisiko spürbar.
- Eine im Vergleich zum Referenzszenario deutliche Lockerung der EU-weiten CO₂-Ziele hätte eine Erhöhung der Nachfrage nach fossilen Brennstoffen in Europa zur Folge. Die wachsende Nachfrage bewirkt bei weiter abnehmenden fossilen Vorräten (dies gilt insbesondere für Rohöl) einen Anstieg des Preisniveaus auf dem Weltmarkt.
- Die Preise der einzelnen Primärenergieträger auf dem Weltmarkt für Energie reagieren in gewissem Umfang unterschiedlich auf die EU-weiten Emissionsminderungsvorgaben sowie die damit verbundenen Zielsetzungen der europäischen Energie- und Umweltpolitik (Förderung der Energieeffizienz, erneuerbarer Energien usw.). Ambitionierte CO₂-Ziele in Europa werden im Wesentlichen durch die Verdrängung der Kohle aus der Stromerzeugung erreicht. Scheitern die strengen Fernziele, dürfte die heute erkennbare starke Ausrichtung neuer Stromerzeugungskapazitäten auf CO₂-extensive Energieträger wie Erdgas wegen der zunehmenden CO₂-Verfügbarkeit im Emissionshandelsmarkt spürbar abnehmen. Hingegen werden konventionelle Stromerzeugungsanlagen auf Basis Steinkohle, die im Referenzszenario aufgrund hoher CO₂-Preise bei stark sinkenden Caps unter Druck geraten, zunehmend attraktiver.
- Im Alternativszenario steigt der Kohleverbrauch (Importkohle) in der Verstromung gegenüber dem Referenzszenario an, der Einsatz von Kraftwerksgas nimmt hingegen europaweit ab. Da der Ausbau erneuerbarer Energiequellen hinter der Entwicklung im Referenzszenario zurückbleibt, steigt die Nachfrage nach Erdgas und Mineralölprodukten in den übrigen Wirtschaftszweigen (Haushalte, GHD und Verkehr).
- Gegenüber dem Referenzszenario sind abweichende Preisentwicklungen auf dem Weltmarkt bei einem Scheitern der Klimaschutzpolitik zu beobachten. In nominaler Rechnung steigt der Preis für Rohöl im Alternativszenario von 81 \$ je barrel im Jahr 2010 auf 268 \$ je barrel im Jahr 2050 (zum Vergleich Referenzszenario 2050: 218 \$ je barrel). Der Preis für Importkohle erreicht im Jahr 2050 ein Niveau von 197 \$/t (nominal) und liegt damit im Alternativszenario um knapp 22 \$/t über dem Vergleichswert des Referenzszenarios. Im Referenzszenario nimmt die Bedeutung des Erdgaseinsatzes in der Stromerzeugung zu, so dass die Verbrauchsrückgänge im Wärmemarkt (Haushalte, GHD, Industrie) überkompensiert werden. Im Alternativszenario ergibt sich ein Rückgang des EU-weiten Gasverbrauchs, der Importpreis des Erdgases verdoppelt sich im Alternativszenario zwischen 2010 und 2050 fast auf 42 €/MWh. Im Referenzszenario ist im gleichen Zeitraum ein Preisanstieg um mehr als 125 % auf 45,80 €/MWh zu erwarten.

3.2.2 Endenergieverbrauch

Im Falle des Scheiterns der Klimaschutzpolitik ergibt sich ein Endenergieverbrauch, der absolut gesehen bis zum Jahr 2050 auf 1.046,2 PJ sinkt und damit um 85,9 PJ bzw. 8,9 % über dem Referenzniveau liegt. Der Blick auf die einzelnen Energieträger zeigt folgende Entwicklung: Verglichen mit dem Referenzszenario nimmt der Verbrauch von elektrischem Strom und Erdgas aufgrund von preisinduzierten Substitutionen überproportional zu. Bei den Kraftstoffen, die in der Darstellung der Tabelle K 3-1 zusammen mit Schmierstoffen, Flüssiggas u. a. zu übrigen Mineralölprodukten zusammengefasst sind, werden Einsparungen im motorisierten Individualverkehr die durch den vorgezogenen Übergang auf Pkw mit Elektromotor erreicht, gegen Ende des Untersuchungszeitraums durch das dynamische Wachstum des Kerosinverbrauchs aus dem Luftverkehr überkompensiert. Insgesamt liegt der Verbrauch übriger Mineralölprodukte im Jahr 2050 um 4,6 PJ über dem Verbrauch im Referenzszenario.

Tabelle K 3-1 *Endenergieverbrauch insgesamt nach Energieträgern in Szenario I*
Quelle: EEFA, eigene Berechnungen

In PJ	2010	2020	2030	2040	2050
Endenergieverbrauch in PJ					
Kohle	19,5	16,0	14,3	13,9	13,7
Heizöl, leicht	219,3	190,8	159,7	129,2	103,1
Übrige Mineralölprodukte	474,7	453,2	400,0	320,4	250,9
Erdgas	288,3	275,2	247,8	222,5	206,5
Strom	268,4	282,4	301,2	321,8	331,6
Fernwärme	38,4	34,3	30,4	27,2	24,3
Erneuerbare	70,9	88,7	100,0	110,9	116,5
Insgesamt	1.379,5	1.340,4	1.253,0	1.145,9	1.046,2
Abweichung von der Referenz in PJ					
Kohle	0,0	0,6	1,0	1,3	1,6
Heizöl, leicht	0,0	7,1	12,7	12,2	12,0
Übrige Mineralölprodukte	0,0	-4,2	-3,2	0,5	4,6
Erdgas	0,0	10,5	18,2	21,5	26,6
Strom	0,0	5,2	13,3	21,7	30,8
Fernwärme	0,0	1,1	2,0	2,3	2,7
Erneuerbare	0,0	1,6	2,9	4,9	7,6
Insgesamt	0,0	21,9	47,1	64,3	85,9

Für die einzelnen Sektoren des Endenergieverbrauchs ergeben sich im Alternativszenario bis 2050 zusammenfassend folgende Perspektiven: In allen Verbrauchsbereichen steigt der Endenergieverbrauch bis 2050 gegenüber dem Referenzszenario an. Nur im Verkehr können in der Zeit zwischen 2020 und 2030 geringe Einsparungen erzielt werden. Die mit Abstand größten Zuwächse beim Endenergieverbrauch sind in der Industrie und bei den Privaten Haushalten zu erwarten. Beide Sektoren liegen hier mit 36,3 PJ über dem Referenzniveau.

4 KRAFTWERKSPARK

Für die Ermittlung des Primärenergieverbrauches und der damit verbundenen CO₂-Emissionen ist es zunächst wichtig, die – je nach Szenario – unterstellten Strukturen des Kraftwerksparks zu definieren. Überdies orientieren sich die Vorgaben der Szenarien an konkreten Festlegungen für die jeweilige Ausgestaltung der Kraftwerksstrukturen:

- Im **Referenzszenario** werden die Vorgaben und Ziele des Bayerischen Energiekonzeptes „Energie innovativ“ weitestgehend umgesetzt. Die Ausbauziele insbesondere bei den erneuerbaren Energien wurden von Seiten der Gutachter geprüft und für hinreichend plausibel erachtet. Im Referenzszenario können Stromimporte zur Deckung von Last und Verbrauch notwendigerweise infrage kommen.
- Das **Szenario I** orientiert sich an einer Energiepolitik, die von einem „Scheitern der internationalen Klimaschutzbemühungen“ gekennzeichnet ist. Ausgehend von einem höheren Endenergieverbrauch gegenüber der Referenz kann die Stromnachfrage durch einen weniger ambitionierten Ausbau von Erzeugungskapazitäten auf Basis erneuerbarer Energieträger und – im Gegenzug dazu – stärkeren Fokus auf fossile Erzeugungskapazitäten gedeckt werden. In Szenario I können Stromimporte zur Deckung von Last und Verbrauch notwendigerweise infrage kommen.
- Eine vollständige elektrische Bedarfsdeckung bildet den Prognoserahmen für das **Szenario II**. Für die Stromnachfrage werden die Ergebnisse des Referenzszenarios verwendet. Innerhalb des Szenario II gilt es also, den künftigen Kraftwerkspark derart auszugestalten, dass unter den Prämissen des Bayerischen Energiekonzeptes und den unter Klimaschutzaspekten eingeschlagenen energiepolitischen Rahmenbedingungen zudem eine vollständige Bedarfsdeckung von Last und Verbrauch für Bayern gesichert ist. In diesem Szenario sind demnach per Saldo keine Stromimporte vorzusehen.
- Die Kombination aus den Prämissen des Szenario I und II ist die Grundlage für den Entwurf eines Kraftwerksparks für das **Szenario III**. Hierbei wird die Stromnachfrage aus dem Szenario I abgeleitet. Die Deckung der Stromnachfrage soll per Saldo ausschließlich durch Kapazitäten innerhalb Bayerns gedeckt werden, wobei die Ausgestaltung des Kraftwerksparks an weniger ambitionierten Zielen für den Ausbau erneuerbarer Energien orientiert ist und künftig auch fossile Kraftwerke zugebaut werden können bzw. müssen.

Auf die Herausforderungen einer zunehmenden volatilen Einspeisung aus regenerativen Energien muss neben den Netzen auch der Kraftwerkspark in Bayern durch Errichtung schnell regelbarer Kapazitäten angepasst werden. Der schrittweise Ausstieg aus der Kernenergienutzung erfordert zudem die Errichtung ausreichender Ersatzkapazitäten. Eine Erhöhung der Speicherkapazitäten auf unterschiedlichen Netzebenen muss diesen Umbau flankieren.

Gemäß der technischen Lebensdauern bzw. Ausstiegsregelungen werden alle Bestandskraftwerke in Bayern – bis auf Wasserkraftanlagen – bis zum Ende des Betrachtungszeit-

raumes im Jahr 2050 ausscheiden. Kurz bis mittelfristig werden ca. 6,1 GW an Kernkraftwerksleistung bis zum Jahr 2022 abgeschaltet, im gleichen Zeitraum werden die Hälfte (1,5 GW) der Erdgaskraftwerke, 0,4 MW an Kohlekraftwerksleistung sowie die gesamte Leistung an Heizölkraftwerken altersbedingt aus dem Kraftwerkportfolio herausgenommen (Abbildung K 4-1). Die Grafik beschreibt den Wegfall von Erzeugungskapazitäten des Kraftwerksbestandes (Stand 2010). Diese grundlegende Betrachtung ist die Basis für die Ermittlung der erforderlichen Ersatzkapazitäten.

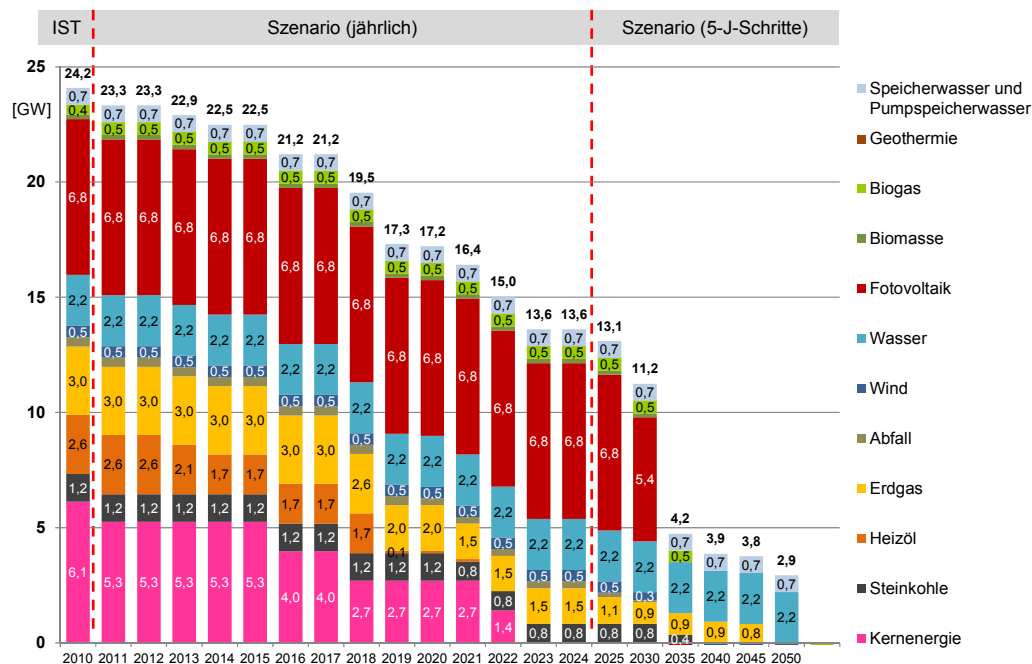


Abbildung K 4-1 Entwicklung der installierten elektrischen Netto-Leistung der Bestandskraftwerke (Stand 2010)

Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Es wurden **vier verschiedene Kraftwerksstrukturen** entwickelt, um die vier unterschiedlichen Szenariendefinitionen adäquat abzubilden. Neben dem Referenzszenario, welches das Bayerische Energiekonzept „Energie innovativ“ zur Grundlage hat, wurde ein weiteres Szenario (Szenario I) erstellt, welches das Scheitern eines internationalen Klimaabkommens und damit einhergehende Auswirkungen auf den Ausbau der erneuerbaren Energien und die fossilen Kraftwerkskapazitäten in Folge der veränderten ökonomischen Randbedingungen abbildet. In Szenario II wurden grundsätzlich die Rahmenannahmen des Referenzszenarios übernommen, jedoch ergänzt um die Bedingung, dass die vollständige Bedarfsdeckung der Stromnachfrage (notwendige Erzeugung zur Deckung des Verbrauchs sowie Last) durch bayerische Kraftwerkskapazitäten gesichert sein muss. Mit Szenario III wurden die Prämissen Scheitern des Klimaschutzabkommens und Erhalt der vollständigen Bedarfsdeckung kombiniert. Szenario III baut damit grundlegend auf Szenario I auf, erweitert um den Autarkieaspekt.

Installierte Netto-Leistung und gesicherte elektrische Leistung

Die installierte elektrische Netto-Leistung im Jahr 2020 unterscheidet sich in den Szenarien nur unwesentlich (Abbildung K 4-2). Lediglich in Szenario II und III werden zur Sicherstellung der autarken Bedarfsdeckung aufgrund des teilweisen Wegfalls der Kernkraftwerke zusätzliche Kraftwerkskapazitäten auf Basis von Erdgas benötigt.

Nach dem Jahr 2020 entwickeln sich die erneuerbaren Energien in Szenario I und III auf einem niedrigeren Niveau als im Referenzpfad und in Szenario II. Aufgrund der Annahme, dass ein Scheitern eines internationalen Klimaabkommens den Neubau an Kohlekraftwerken wirtschaftlich wieder attraktiv werden lässt, werden demnach in Szenario I und III derartige Kapazitäten zugebaut. Zur Sicherung der Bedarfsdeckung ist der erforderliche Zubau an Erdgaskraftwerken in Szenario III am größten.

Nach dem Jahr 2030 wird der Ausbaupfad der erneuerbaren Energien im Referenzszenario und in Szenario II bezogen auf die Jahre 2011 bis 2020 gemäßigt fortgeschrieben und ist zudem durch hohe Ersatzinvestitionen (die Anlagen aus den „Boomjahren“ 2000 bis 2020 erreichen ihre technische Lebensdauer) geprägt. Diese Ersatzinvestitionen werden in Szenario I und III nicht vollumfänglich getätigt, so dass in diesen Szenarien von einem Rückgang der installierten Netto-Leistung insbesondere bei Fotovoltaikanlagen bis zum Jahr 2050 ausgegangen werden muss.

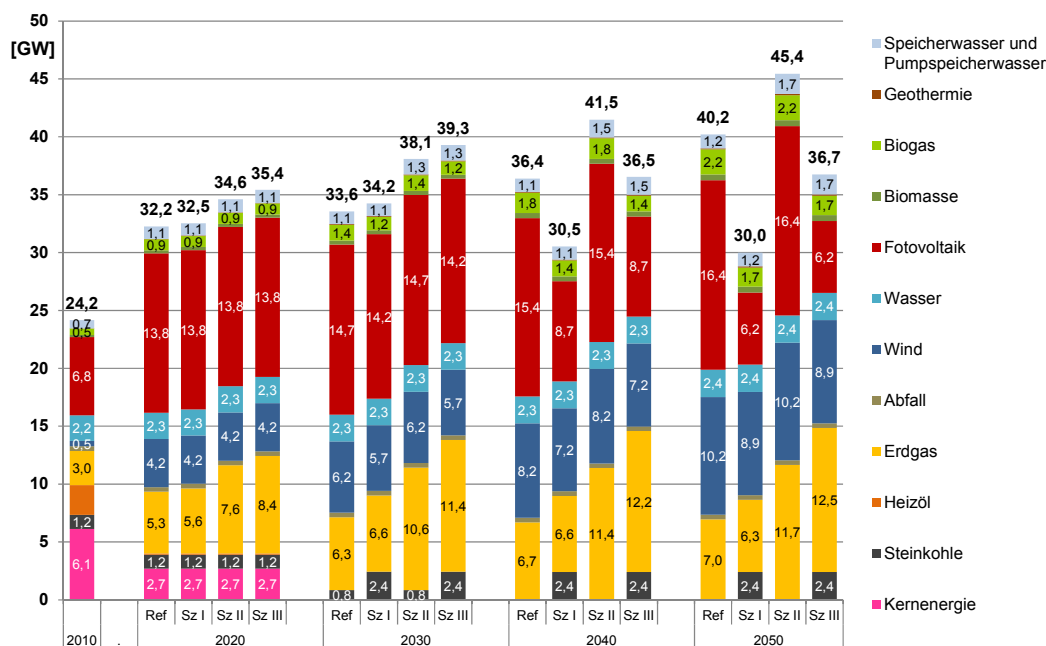


Abbildung K 4-2 Installierte Netto-Leistung der Kraftwerke in Bayern in den Szenarien
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Die Kapazitäten an Wind- und Fotovoltaikanlagen können nicht der gesicherten Leistung der Stromeinspeisung zugerechnet werden. Demnach wird in allen Szenarien die gesicherte Leistung maßgeblich durch Erdgas- und teilweise Kohlekraftwerke bereitgestellt (vgl. Abbildung K 4-3). Ausgehend vom Jahr 2010 müssen die ausscheidenden gesicher-

ten Kapazitäten an Kernenergie, Kohle und Heizöl ersetzt werden. Die Sicherstellung der inländischen Bedarfsdeckung in Szenario II und III wird durch einen verstärkten Zubau an Erdgaskraftwerken sowie Kohlekraftwerken (nur Szenario III) sowie durch einen verstärkten Zubau an Pumpspeicherkraftwerken sichergestellt.

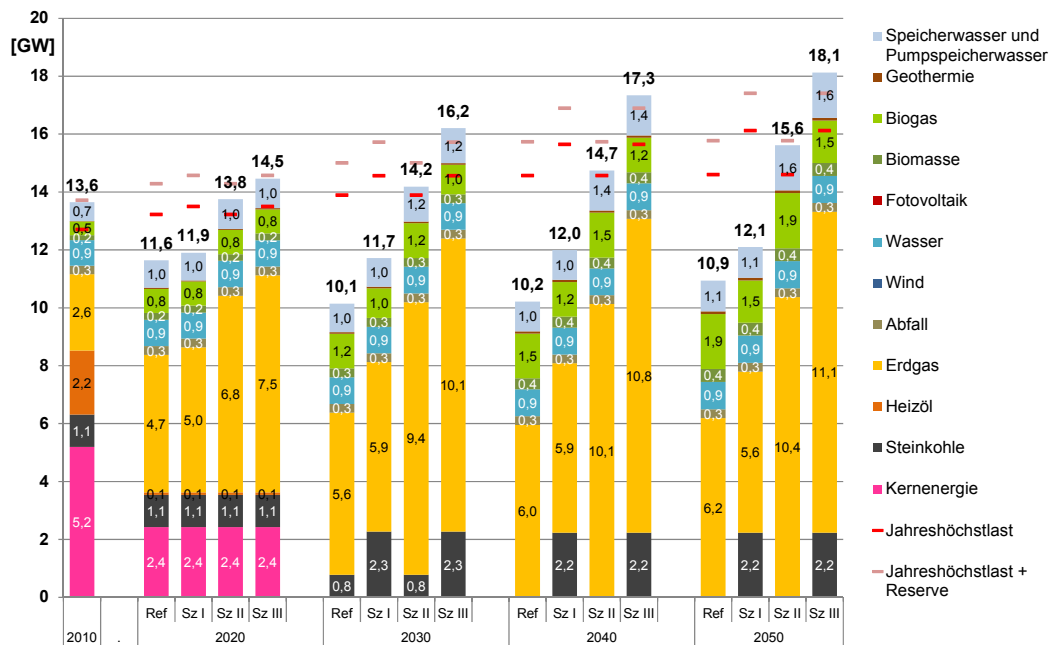


Abbildung K 4-3 Gesicherte Leistung der Kraftwerke in Bayern in den Szenarien
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Stromerzeugung

Die Struktur der Stromerzeugung (vgl. Abbildung K 4-4) ist im Jahr 2010 überwiegend durch die Kernenergie geprägt. Der Kernenergieausstieg führt dazu, dass ein rascher Ausbau der erneuerbaren Energie in Kombination mit dem Ausbau an Gaskraftwerken diese Strommengen ersetzen muss. Dieser „Strukturwandel“ muss bis zum Jahr 2022, in dem das letzte Kernkraftwerk Bayerns vom Netz geht, weitestgehend abgeschlossen sein. Für die Zeit nach 2020/2022 bestehen dann verschiedene Optionen, je nachdem, ob unter einem internationalen Klimaschutzabkommen die bisherigen Entwicklungen weitergeführt werden oder bei Scheitern desselben ein geringerer Zubau an erneuerbaren Kapazitäten und der Neubau von Kohlekraftwerken zu erwarten ist.

Generell erfolgt in allen untersuchten Szenarien die künftige Stromerzeugung überwiegend auf Basis erneuerbarer Energien, wobei in den Szenarien I und III der Anteil geringer ausfällt als im Referenzszenario und in Szenario II. In den Szenarien II und III ist die gesamte Stromerzeugung am höchsten, da definitionsgemäß der Ausbau der Kraftwerke bedarfsorientiert erfolgt und per Saldo keine Importe in Anspruch genommen werden sollen.

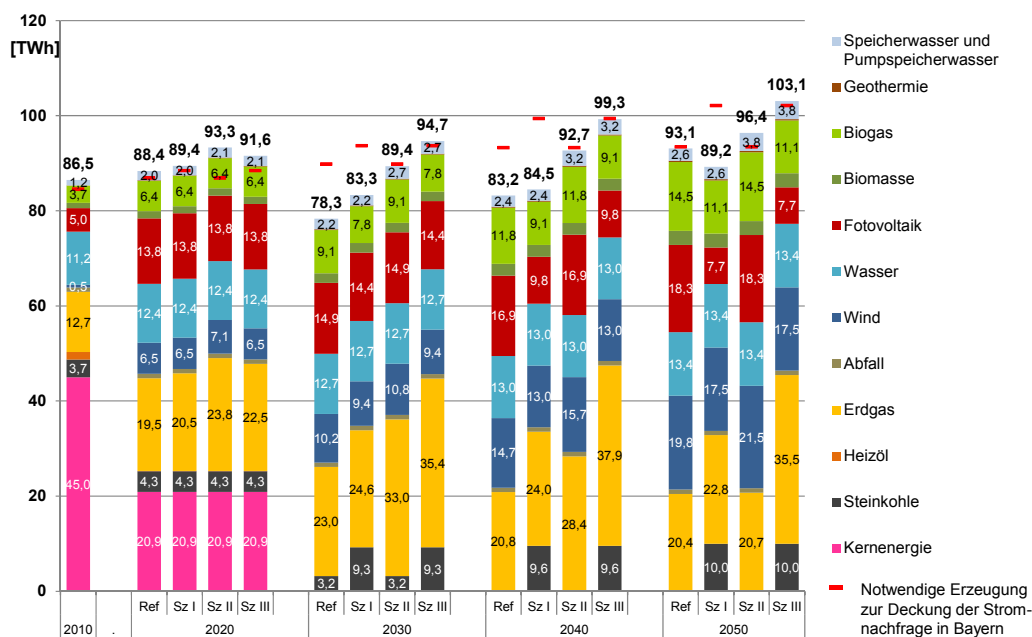


Abbildung K 4-4 **Stromerzeugung in Bayern in den Szenarien**
 Quelle: Berechnungen IE Leipzig

5 PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH UND CO₂-EMISSIONEN

Der **Primärenergieverbrauch** ist in Bayern zwischen 1990 und 2008 um 14,3 % gestiegen (Abbildung K 5-1). Er wird maßgeblich durch die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und die im Umwandlungssektor eingesetzten Energieträger bestimmt.

Im Referenzszenario und in Szenario II ergeben die Berechnungen, dass der Primärenergieverbrauch in Bayern bis 2020 um 7 % gegenüber dem Jahr 2008 zurückgehen wird. Bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes wird im Referenzszenario und in Szenario II der Primärenergieverbrauch im Jahr 2050 um rund 34 % gegenüber dem Jahr 2008 gesunken sein. Gegenüber dem Jahr 1990 bedeutet der Rückgang des Primärenergieverbrauchs in diesen beiden Szenarien bis zum Jahr 2050 eine Senkung von rund 25 %.

In den Szenarien I und III fällt der Rückgang aufgrund des höheren Endenergieverbrauchs und des höheren Energieeinsatzes im Umwandlungsbereich geringer aus. Der Primärenergieverbrauch sinkt zwischen 2008 und 2020 um 5,6 % (Szenario I) bzw. 5,4 % (Szenario III) und zwischen 1990 und 2050 um 15,7 % (Szenario I) bzw. 14,7 % (Szenario III).

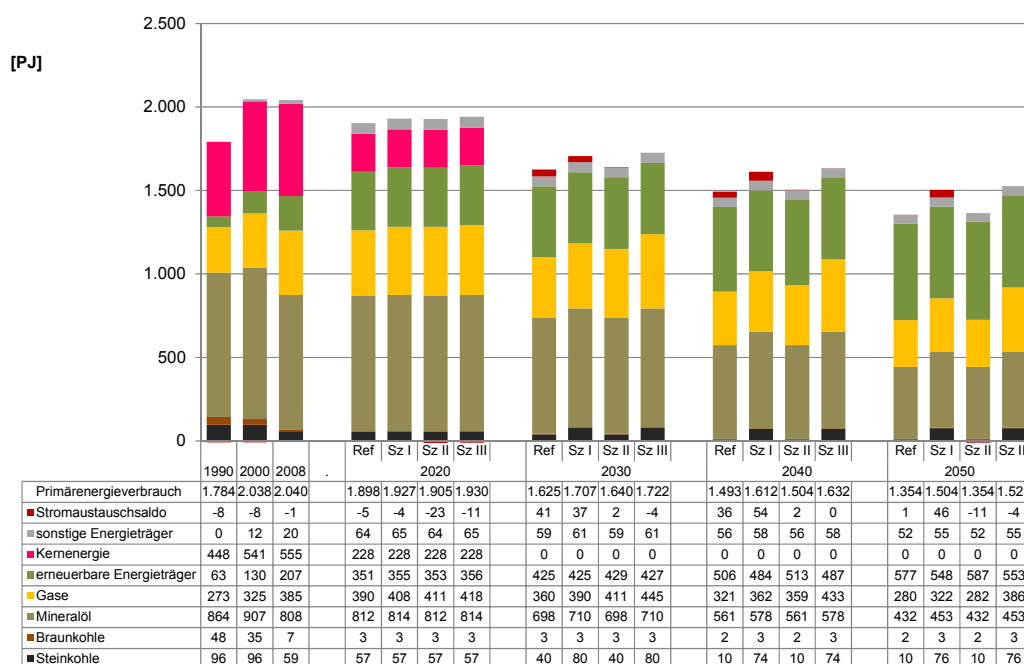


Abbildung K 5-1 Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Bayern in den Szenarien
 Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen und eigene Berechnungen IE Leipzig

Die absoluten **CO₂-Emissionen** in Bayern sind zwischen 1990 und 2008 um 4,9 % zurückgegangen (Abbildung K 5-2). In den Szenariobetrachtungen sinken die CO₂-Emissionen im Referenzszenario am stärksten. Der Wert für das Jahr 2020 liegt 9,6 % unter dem des Jahres 1990. Bis 2050 gehen die CO₂-Emissionen gegenüber 2008 um 46,7 % und gegenüber 1990 um 49,3 % zurück.

In Szenario III fallen aufgrund des höheren Verbrauchs an emissionswirksamen Energieträgern (Endenergieverbrauch, Stromerzeugung) die Senkungen der CO₂-Emissionen am geringsten aus, wenngleich trotzdem ein beachtlicher Rückgang der CO₂-Emissionen zu beobachten ist. In Szenario III liegt der Wert der CO₂-Emissionen im Jahr 2020 um 8,2 % und im Jahr 2050 um 34,7 % unterhalb des Wertes von 1990.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der CO₂-Ausstoß bezogen auf die Zahl der Einwohner (Abbildung K 5-3). Im Jahr 1990 lag dieser Wert für Bayern bei 7,4 t/EW (Deutschland: 12,3 t/EW) und beträgt im Jahr 2008 für Bayern 6,4 t/EW (Deutschland: 9,6 t/EW). Bis 2020 entwickelt sich dieser Wert in allen Szenarien auf ca. 6,1 bis 6,2 t/EW. Ähnlich wie bei der Entwicklung der absoluten CO₂-Emissionen ist der Rückgang im Referenzszenario am deutlichsten. Hier beträgt der Wert im Jahr 2050 3,8 t/EW. In Szenario III wird im Jahr 2050 ein Wert von 4,8 t/EW erreicht.

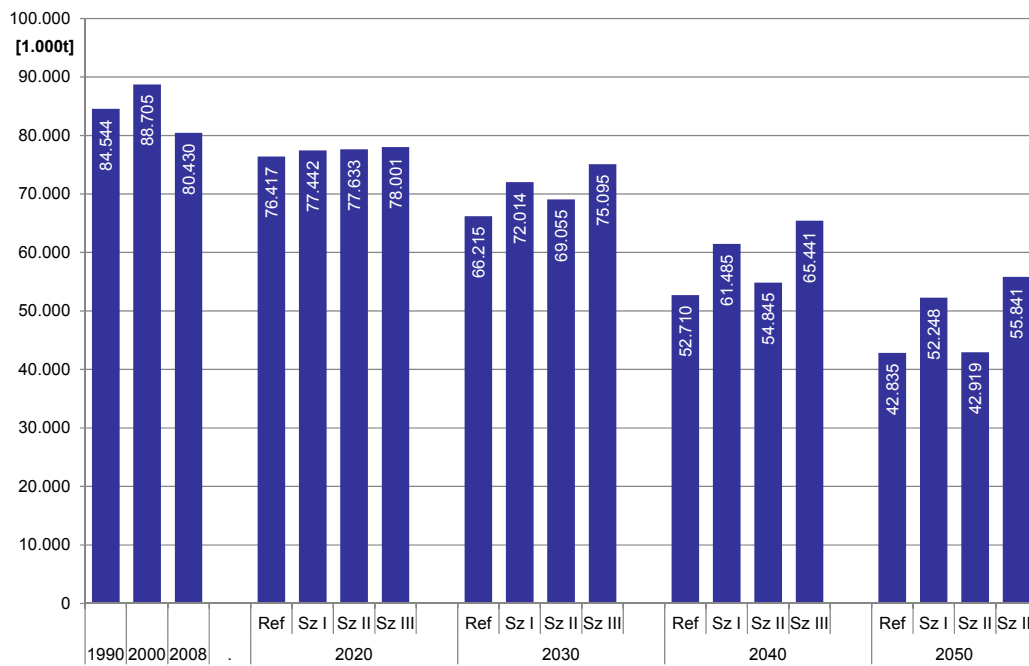


Abbildung K 5-2 Entwicklung der CO₂-Emissionen in Bayern in den Szenarien
 Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen und eigene Berechnungen IE Leipzig

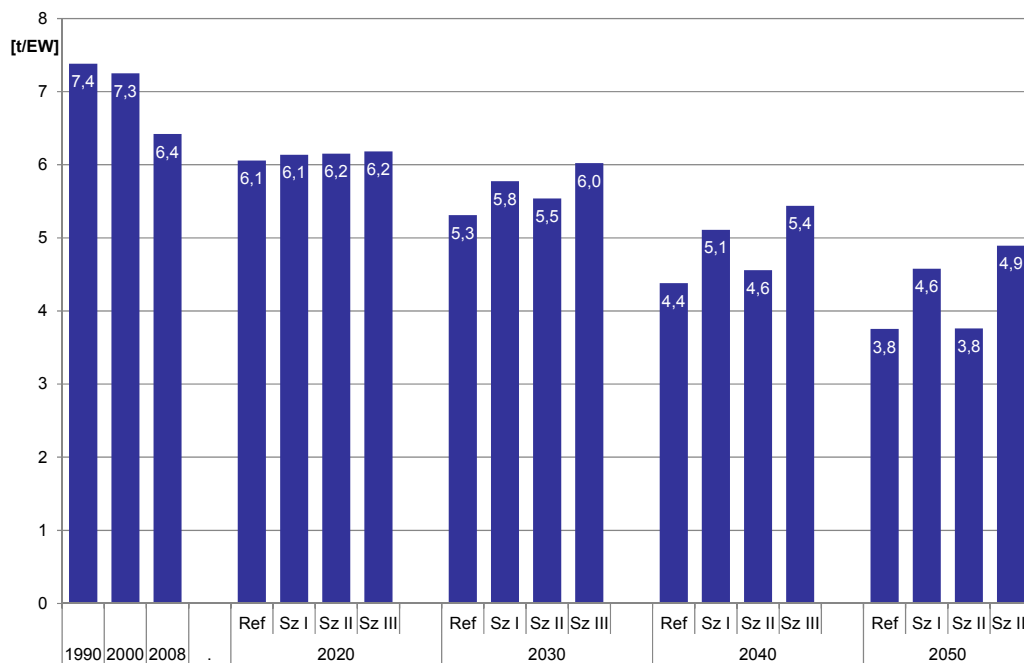


Abbildung K 5-3 Entwicklung der CO₂-Emissionen je Einwohner in Bayern
 Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen und eigene Berechnungen IE Leipzig

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE BAYERISCHE ENERGIEPOLITIK

Im Zentrum der Studie wurden die energiewirtschaftlichen Wirkungen analysiert, die sich aufgrund des im September 2010 vom Bundeskabinett beschlossenen Energiekonzeptes sowie des im Juli 2011 beschlossenen Ausstiegs aus der Kernenergienutzung bis 2022 für Bayern ergeben; ergänzend wurde das vom Ministerrat im Mai 2011 für den Freistaat Bayern verabschiedete Energiekonzept „Energie Innovativ“ berücksichtigt. Dazu nutzt die vorliegende Studie die "Szenario-Technik". Mit Hilfe von Szenarien können unterschiedliche energiewirtschaftliche und ökonomische Entwicklungspfade für den Freistaat Bayern miteinander vergleichbar gemacht werden.

Die gegenwärtig von der Bundesregierung favorisierte Strategie, die energie- und umweltpolitischen Ziele mit einem massiven Ausbau der erneuerbaren Energiequellen bei gleichzeitigem Ausstieg aus der Kernenergie zu erreichen, erfordert einen grundlegenden Umbau des Energiesystems in Bayern, in Deutschland und auf europäischer Ebene.

Dieser Umbau des Energiesystems trifft in den Bundesländern auf unterschiedliche energiewirtschaftliche Ausgangssituationen. In der föderalen Struktur Deutschlands ist die Mitwirkung der Bundesländer (Raumplanung, Genehmigungsverfahren, Ausgestaltung von Förderinstrumenten usw.) daher besonders wichtig. Unter Berücksichtigung der großen Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern – etwa bei der Nutzung erneuerbarer Energien oder der Kernenergie – sollte die Auswahl der Techniken, Minderungsoptionen und Brennstoffe zum Umbau der Energieversorgung zur Erreichung der im Energiekonzept der Bundesregierung definierten Ziele mit möglichst geringen Kosten erfolgen. Konkret folgt daraus für die Umsetzung des Energiekonzeptes auf der Ebene der Bundesländer, dass Regionen mit größeren Potentialen und kostengünstigeren Erzeugungs- bzw. Minderungstechniken größere Zielbeiträge leisten als Regionen, die nur über eingeschränkte Potenziale oder vergleichsweise teure Technikoptionen verfügen.

Für das **Referenzszenario** folgt aus der kostenorientierten Lastenverteilung, dass eine einfache Übertragung der im bundesdeutschen Energiekonzept anvisierten energie- und klimapolitischen Ziele auf den Freistaat Bayern nicht sinnvoll ist. Im Gegensatz zu sog. Zielszenarien, die den energiewirtschaftlichen Pfad zu einem vorgegebenen Ziel beschreiben und die Frage beantworten, mit welchen Instrumenten bzw. Maßnahmen das Zielbündel erreicht werden kann bzw. mit welchen gesamtwirtschaftlichen Kosten die Zielerreichung verbunden ist, beschreibt das Referenzszenario in dieser Studie die energetische Entwicklung einzelner Sektoren in Abhängigkeit der gegebenen Rahmenbedingungen. Dabei werden staatliche Eingriffe zugunsten oder zulasten einzelner Technologien auf das notwendige Minimum begrenzt. Es liegt dabei auf der Hand, dass die im Energiekonzept für Deutschland festgelegten Ziele unter dem Aspekt der Kostenoptimierung in Bayern nicht zwangsläufig 1:1 umgesetzt werden müssen oder können. Im Unterschied zu anderen Bundesländern sind die bisherigen Entwicklungen und die aktuelle Ausgangssituation für Bayern beispielsweise durch einen hohen Anteil an Kern- und Wasserkraft bei der Stromerzeugung sowie einen – trotz positiver Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung – weitestgehend stagnierenden bzw. leicht rückläufigen Primärenergieverbrauch gekennzeichnet. Der CO₂-Ausstoß pro Einwohner und Jahr liegt in Bayern im

Jahr 2010 mit 6,4 t nur etwa bei 2/3 des gesamtdeutschen Wertes (Deutschland: 10,0 t/EW). Vor diesem Hintergrund ist es offensichtlich, dass insbesondere der Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 (und der damit verbundene adäquate Ersatz von Kraftwerkskapazitäten) sowie die weitere positive Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung den Freistaat Bayern mit Blick auf die Zielsetzungen der Bundesregierung bei der Senkung der CO₂-Emissionen und des Energieverbrauchs vor massive Herausforderungen stellen.

Im Falle signifikanter Abweichungen der zu erwartenden energiewirtschaftlichen Entwicklungen in Bayern zu den Zielen des Energiekonzeptes Deutschland kann die Lücke zum Ziel durch zusätzliche Anstrengungen in den übrigen Bundesländern geschlossen werden. Eine zusätzliche Option, Zielverfehlungen im Inland zu kompensieren, stellt der Außenhandel bzw. Import von Energie dar (z. B. zur Erhöhung des Beitrags erneuerbarer Energien). Dies macht deutlich, dass zunehmend nationale und europäische Maßnahmen zur Zielerreichung koordiniert werden müssen.

Die szenarienbasierten Untersuchungen zur Entwicklung des Endenergie- und Primärenergieverbrauchs sowie des Kraftwerksparks und der CO₂-Emissionen haben gezeigt, dass im Referenzszenario die Übertragung der Ziele des Energiekonzeptes der Bundesregierung auf den Freistaat Bayern nicht 1:1 gelingen kann.

So sinkt der **Endenergieverbrauch** in Bayern – bei insgesamt dynamisch wachsender Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung – bis 2050 gegenüber 2008 im Referenzszenario um 28 %.

Für die Diskussion der Energieeffizienz (die im Energiekonzept Deutschlands eine Schlüsselrolle zur Erreichung der Ziele spielt) sind weniger die absoluten Verbrauchszahlen, sondern spezifische Kennziffern entscheidend. Der Endenergieverbrauch je Einwohner wird sich in Bayern bis 2050 – bezogen auf das Jahr 2008 – um 21 % reduzieren. Bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (real) nimmt die Energieintensität in Bayern zwischen 2008 und 2050 von knapp 3,2 GJ/1.000 € um 57 % auf etwa 1,4 GJ/1.000 € ab.

Die Auswirkungen der Entwicklungen beim Endenergieverbrauch und beim Umbau der Stromerzeugungsstruktur führen gegenüber 2008 bis zum Jahr 2050 zu einer spürbaren Senkung des **Primärenergieverbrauchs** um 35 %.

Der **CO₂-Ausstoß** in Bayern markiert – bezogen auf die Einwohnerzahl – im Vergleich zu Deutschland schon heute auf einem sehr niedrigen Niveau von 6,4 t/EW (Deutschland: 10,0 t/EW). Absolut wird in Bayern ein Rückgang der CO₂-Emissionen um 36 % bis 2050 gegenüber dem Niveau des Jahres 1990 (7,4 t/EW) erreicht. Im Jahr 2050 werden dann je Einwohner 3,8 t CO₂ emittiert. Betrachtet man die Ziele des Energiekonzeptes der Bundesregierung, welche eine Senkung der CO₂-Emissionen um 80 % bis 2050 vorsehen, so entfallen im Jahr 2050 auf jeden Einwohner Deutschlands 2,6 t CO₂ (1990: 13,1 t/EW).

Die Berechnungen haben gezeigt, dass insbesondere die Übertragbarkeit der Bundesziele auf ein sich dynamisch und über dem Bundesdurchschnitt entwickelndes Bundesland wie den Freistaat Bayern zu hinterfragen ist. Bereits heute liegen die spezifischen Werte – wie beispielsweise der Energieverbrauch je Einwohner bzw. je Wirtschaftsleistung oder die CO₂-Emissionen je Einwohner bzw. je erzeugter Kilowattstunde Strom –

unterhalb des bundesdeutschen Durchschnitts. Demnach sind in der Diskussion über die Erreichung der im Energiekonzept der Bundesregierung aufgeführten Ziele immer auch die Ausgangssituation, die Potenziale und die **Entwicklungsperspektiven einzelner Bundesländer** mit in den Blick zu nehmen.

Generell ist der Aspekt der Umweltverträglichkeit, also auch des rationellen Einsatzes von Energie, ein energiepolitisches Ziel und sollte auch für das Bundesland Bayern künftig im Fokus der Energiepolitik bleiben. Hierfür empfehlen die Gutachter ein fortlaufendes **Monitoring zur Entwicklung der Energieeffizienz** anhand geeigneter Indikatoren für alle Verbrauchsbereiche.

Der Umbau der **Stromversorgungsstruktur**, welche aktuell in Bayern überwiegend durch Kernkraftwerke gekennzeichnet ist, stellt nach Ansicht der Gutachter das Bundesland Bayern kurz- bis mittelfristig vor enorme Herausforderungen. Der Ersatz der Kernkraftwerkskapazitäten durch erneuerbare Energien und Erdgaskraftwerke, auch vor dem Hintergrund des Zeitfensters von rd. 10 Jahren, kann als ambitioniert bewertet werden. Unabhängig, ob internationale Klimaschutzbemühungen verstärkt oder abgeschwächt fortgeführt werden, gelten die Zielvereinbarungen innerhalb der EU und Deutschlands zumindest bis 2020. Diese Perspektive gibt den Handlungsrahmen für die energiepolitischen Entscheidungen der kommenden Jahre vor. Für die Zeit nach 2020 können dann geänderte Rahmenbedingungen gelten, denen beispielsweise in Szenario I Rechnung getragen wird. Weder im Referenzszenario noch in Szenario I ist die notwendige Erzeugung zur Deckung der Stromnachfrage, insbesondere ab 2018 durch die Stilllegung der Kernkraftwerke, sichergestellt. Nur durch den kurzfristigen Zubau von 6.600 MW an Erdgaskapazitäten bis 2021 könnte eine inländische Deckung der Last sowie des Stromverbrauchs gewährleistet werden (Szenario II).

Einer weiteren Herausforderung beim Umbau der Stromversorgung in Bayern müssen sich in allen Szenarien kurz- bis mittelfristig Politik und Wirtschaft stellen: Durch den massiven Ausbau der Wind- und Fotovoltaikkraftwerke (+4.000 MW Windkraft und +7.000 MW Fotovoltaik bis 2021) werden zunächst große Erzeugungskapazitäten geschaffen, die an das Stromnetz angeschlossen werden müssen. Im Referenzszenario werden im Jahr 2021 insgesamt 33 GW (2050: 40 GW) Netto-Kraftwerksleistung in Bayern installiert sein, bei einer Jahreshöchstlast von ca. 13 GW (2050: 15 GW). Es gilt dabei zu beachten, dass Wind- und Fotovoltaikkapazitäten zur sicheren Deckung der Netzlast keinen Beitrag leisten, jedoch zu Starkwind- bzw. Mittagszeiten eine enorme Stromproduktion aus diesen Anlagen resultieren kann, deren Überschuss entsprechend abtransportiert und verteilt werden muss.

Der Ausbau der **erneuerbaren Energien** ist einerseits von der Bundesgesetzgebung abhängig, auf die die Bundesländer jedoch ihre Einflussmöglichkeiten geltend machen können. Andererseits müssen in jedem Bundesland vor Ort die notwendigen infrastrukturellen Voraussetzungen (Netzausbau, Speicher etc.) geschaffen werden, um den Ausbau der erneuerbaren Energien ermöglichen zu können.

Eng mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien sind in allen Szenarien – wie bereits zuvor festgestellt - der Ausbau der Stromnetze und der Ausbau an Reserve- und Regelkapazitäten in Form von **Erdgaskraftwerken und Energiespeichern** verbunden. Hier stellen die Gutachter fest, dass in Bezug auf energiepolitische Handlungsempfehlungen sehr



schnelle und ambitionierte Entscheidungen notwendig sind. Insbesondere die wirtschaftlichen Anreize zur Errichtung von Gaskraftwerken sind aus gegenwärtiger Sicht nicht ausreichend, um den erforderlichen Zubau kurz- bis mittelfristig zu realisieren. Hier sind energiepolitische Konzepte notwendig. Änderungen des Strommarktdesigns sind allerdings nur auf Bundesebene möglich. Neben Erdgaskraftwerken können und müssen künftig auch Energiespeicher sowie intelligente Netze wichtige Funktionen zur Aufrechterhaltung der Netzstabilität und Versorgungssicherheit übernehmen. Hierfür sind verschiedene Systemlösungen denkbar und teilweise auch verfügbar, die großtechnische Umsetzung unter wirtschaftlichen Aspekten ist jedoch – mit Ausnahme von Pumpspeichern – nicht erkennbar. Jedoch können Fortschritte auf dem Gebiet der Energiespeicher zu positiven Entwicklungen führen, die aus gegenwärtiger Sicht jedoch nicht oder nur unsicher zu bewerten sind. Speichertechnologien bleiben bis auf weiteres primär Gegenstand für Forschung und Entwicklung.

Der Aspekt, die **vollständige Bedarfsdeckung** der bayerischen Stromnachfrage (Last und Verbrauch) durch den bayerischen Kraftwerkspark auch künftig aufrecht zu erhalten, ist nach den Berechnungen sehr ambitioniert und mit einem hohen Zubaubedarf an Kraftwerksleistung auf Basis von erneuerbaren Energien und Erdgas verbunden. Aus Sicht der Gutachter wird zumindest mittelfristig – insbesondere mit zunehmend ausschließender Kraftwerksleistung bei der Kernenergie – der Import von Strom nach Bayern notwendig werden. Auch dabei sollte eine spezifische Betrachtung nach den Möglichkeiten und Erfordernissen einzelner Regionen und Bundesländer nicht außer Acht gelassen werden. Innerhalb Deutschlands (bzw. Europas) liegen die Erzeugungs- und Verbrauchsschwerpunkte nicht zwingend lokal beieinander. An anderer Stelle unter geeigneteren Rahmenbedingungen erzeugte Energie kann in verbrauchsstarke Regionen wie Bayern – vorausgesetzt die Übertragungsstrukturen sind vorhanden oder werden ausgebaut – transportiert werden, was im Energiekonzept der Bundesregierung auch so beschrieben ist.

Das Energiekonzept der Bundesregierung und das Bayerische Energiekonzept „Energie Innovativ“ geben im Prinzip die Ziele zum Umbau der Energieversorgung vor. Die Erreichung dieser Ziele sollte jedoch fortlaufend überprüft werden, um gegebenenfalls energiepolitische Rahmenbedingungen anzupassen.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung.

Unter Telefon **089 122220** oder per E-Mail unter **direkt@bayern.de** erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.



Dieser Code bringt Sie direkt zur Internetseite <http://www.stmwivt.bayern.de>. Einfach mit dem QR-Code-Leser Ihres Smartphones abfotografieren. Kosten abhängig vom Netzbetreiber.

IMPRESSUM

Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Energie und Technologie
Postanschrift: 80525 München
Hausadresse: Prinzregentenstraße 28 | 80538 München
Telefon: 089 2162-2303 | 089 2162-0
Fax: 089 2162-3326 | 089 2162-2760
E-Mail: info@stmwivt.bayern.de | poststelle@stmwi.bayern.de
Internet: <http://www.stmwi.bayern.de>

Stand: September- 2012

HINWEIS

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben von parteipolitischen Informationen oder Werbemitteln. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Die Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts kann dessen ungeachtet nicht übernommen werden.



Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie
www.stmwi.bayern.de