

**Bayerns Weg zum nachhaltigen Klimaschutz
- ein Szenario der zukünftigen Energieversorgung**

Kurz-Gutachten

**im Auftrag der
bayerischen
SPD-Landtagsfraktion**

**Dr. Harald Bradke, Karlsruhe
Dr. Joachim Nitsch, Stuttgart**

Stuttgart, Karlsruhe, 24. Juli 2008

Dr.-Ing. Harald Bradke ¹
Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung
(Fraunhofer ISI)
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
Telefon: 0721/6809-153
Fax: 0721/6809-272
harald.bradke@isi.fraunhofer.de

Dr. Ing. Joachim Nitsch ²
Hofmeisterstr. 16
70565 Stuttgart
Telefon: 0711/7801907
jo.nitsch@t-online.de

¹ Leiter Competence Center „Energiepolitik und Energiesysteme“

² Bis Ende 2005 Leiter der Abteilung „Systemanalyse und Technik“ am Institut für Technische Thermodynamik des DLR Stuttgart; Gutachter für innovative Energiesysteme und Klimaschutzstrategien im Energiebereich

Inhaltsverzeichnis

1. Die Herausforderungen	5
2. Entwicklung des Endenergiebedarfs in Bayern auf der Basis einer konsequenten Effizienzstrategie (Nachhaltigkeitsszenario).....	6
2.1 Die Ausgangssituation	7
2.2 Methodik der Ermittlung der zukünftigen Endenergienachfrage	8
2.3 Zentrale Ergebnisse der Effizienzstrategie im Nachhaltigkeitsszenario– Zeitraum bis 2030. ..	9
3. Das Nachhaltigkeitsszenario - eine langfristig angelegte Klimaschutzstrategie.....	13
3.1 Einstieg in ein langfristig tragfähiges Energiekonzept auf der Basis eines consequenten EE- Ausbaus – Ausbauziele 2020	14
3.2. Über 2020 hinaus - auf dem Weg in eine klimaschonende und zukunftssichere Energieversorgung.....	20
4. Der Umbau der Stromversorgung.....	24
5. Primärenergiebilanz und Entwicklung der CO₂-Emissionen.....	26
6. Chancen eines consequenten Umbaus der Energieversorgung für die Wirtschaft	28
7. Umfassendes energiepolitisches Handeln aller wesentlichen Akteure ist erforderlich	29
8. Literatur	32
9. Tabellenanhang	33

1. Die Herausforderungen

Die eindeutigen Erkenntnisse des UN-Klimarats (IPCC) zeigen, dass erste Klimaveränderungen bereits eingetreten sind und sich weiter beschleunigen. Die Zeit für ein wirksames Umsteuern, um diese Veränderungen in tolerierbaren Grenzen zu halten, beginnt knapp zu werden. Deutlich steigende Öl- und Gaspreise bei wachsender globaler Nachfrage weisen zusätzlich auf drohende Verknappungstendenzen und möglicherweise schwerwiegende Rückwirkungen auf Volkswirtschaften hin. Zahlreiche Untersuchungen (vgl. u.a. den „Stern-Report“) zeigen inzwischen, dass die Aufwendungen für einen wirksamen Klimaschutz bei raschem und umfassendem Handeln beherrschbar sein werden, ja sogar nützliche Wachstumsimpulse hervorrufen können. Dagegen werden Nichthandeln, zögerliches Abwarten oder unzureichende Aktivitäten zu prohibitiv hohen Kosten bzw. Schäden führen, (vgl. u. a. die Angaben des DIW vom März 2008 zu den zukünftigen Kosten des Klimawandels in den einzelnen Bundesländern).

Die Herausforderungen an einen noch rechtzeitig wirksamen Klimaschutz sind gewaltig – nicht zuletzt deshalb, weil die Industriestaaten die letzten ein bis zwei Jahrzehnte nicht genutzt haben, ihren enorm hohen Energieverbrauch durch technische und strukturelle Maßnahmen zu reduzieren und sich jetzt die Schwellen- und Entwicklungsländer anschicken, diese Verhaltensweisen zu übernehmen. Und sie steigen mit jedem Jahr des Nichthandelns oder Verzögerns. Die Modellrechnungen des IPCC weisen darauf hin, dass die globalen Treibhausgasmissionen bis zur Jahrhundertmitte mindestens halbiert werden müssen. Diejenigen der Industriestaaten müssen dafür auf rund 20% reduziert werden, damit Schwellen- und Entwicklungsländern noch Spielraum für ihre wirtschaftliche Entwicklung bleibt. Nur dann werden die Auswirkungen des Klimawandels für unsere Gesellschaft und Volkswirtschaften erträglich bleiben. Klimaschutz ist also keine kurzfristige und einmalige Aufgabe (z.B. Umsetzungen des „Ziels 2020“), sondern verlangt einen umfassenden Paradigmenwechsel in der Energieversorgung und eine jahrzehntelang währenden Gestaltungsprozess, an dem sich alle wichtigen Akteure beteiligen müssen. Dieser Prozess muss in den nächsten 10-15 Jahren eingeleitet und mit der notwendigen Dynamik versehen werden, wenn ein ausreichender Klimaschutz und eine substantielle Ressourcenschonung rechtzeitig wirksam werden sollen.

Erfreulicherweise sind vor diesem Hintergrund inzwischen einige wichtige energiepolitische Entscheidungen getroffen worden, die wichtige Impulse für den notwendigen Umbau der Energieversorgung geben. Sie sind für die zukünftige Gestaltung der deutschen und damit auch der baden-württembergischen Energieversorgung von wesentlicher Bedeutung:

- Die Ergebnisse und Handlungsempfehlungen des G-8 Gipfels 2007 in Heiligendamm sowie der Klimakonferenz in Bali zur konsequenten Fortführung und Intensivierung des weltweiten Klimaschutzes u. a. durch eine Ausweitung und Verbesserung des Handels mit CO₂-Zertifikaten. Eine erneute Bekräftigung und Konkretisierung des Reduktionsziels 2050 fand jüngst beim G-8 Gipfel 2008 in Japan statt.
- Der Beschluss des EU-Ministerrats vom 9. März 2007, den Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Energieverbrauch bis 2020 auf 20% zu steigern; der Beschluss einer

Reduktion der Treibhausgasemissionen in der EU von mindestens 20% bis 2020 (bei Beteiligung anderer Industrieländer um 30%); die Konkretisierung der Ziele 2020 für die einzelnen europäischen Länder im Januar 2008 mit Eckdaten für Deutschland von einer CO₂-Reduktion um 14% gegenüber dem Jahr 2005 für die nicht am CO₂-Zertifikatehandel beteiligten Sektoren, sowie einem Anteil der EE von 18% am Endenergieverbrauch.

- Die Bestätigung der grundsätzlichen energiepolitischen Zielsetzungen der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2020 hinsichtlich Effizienzsteigerung, Ausbau der KWK und Ausbau der EE in Deutschland beim Energiegipfel am 3. Juli 2007 auf der Basis der dort vorgelegten Szenarien, sowie die daraus resultierenden konkreten klima- und energiepolitischen Beschlüsse in der Klausur der Bundesregierung in Meseberg vom 23. August 2007. Sie verlangen eine Verdopplung der Energieproduktivität (bezogen auf 1990), was einer jährlichen 3%igen Steigerung entspricht, eine Steigerung des Anteils der Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf 25% und einen Beitrag der EE bei Strom von ca. 30%, bei Wärme von ca. 14% und bei Kraftstoffen von 12%, was einem Endenergieanteil von rund 18% entspricht.

Diese Zielsetzungen für 2020 sowie das längerfristig zu erreichende Minderungsziel einer 80%igen Reduktion der Treibhausgasemissionen in den Industrieländern (gegenüber 1990) sind, insbesondere vor dem Hintergrund der Vergangenheitsentwicklung der Energieversorgung, äußerst anspruchsvoll. Trotzdem sei nochmals betont, dass sie für einen wirksamen Klimaschutz aus heutiger Sicht Mindestanforderungen darstellen. Bei einer Zielverfehlung werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit die in den IPCC-Berichten prognostizierten gravierenden Klimaveränderungen einstellen, die mittel- bis langfristig schwerwiegende, möglicherweise sogar verheerende Rückwirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft haben können. Jedes energiepolitische Konzept, das hinter diesen Zielsetzungen zurückbleibt, kann nicht den Anspruch erheben, Lösungen für einen wirksamen Klimaschutz und eine global nachhaltige Energieversorgung anzubieten.

2. Entwicklung des Endenergiebedarfs in Bayern auf der Basis einer konsequenten Effizienzstrategie (Nachhaltigkeitsszenario)

Eine strukturell und ökonomisch vernünftige und möglichst rasche Erschließung erneuerbarer Energien verlangt parallel einen wesentlich effizienteren Umgang mit Energie bei der Bereitstellung und Nutzung. Ein Jahrhundert lang wurde die Energieversorgung von der Angebotsseite dominiert und entsprechend konzipiert. Die größtenteils niedrigen Energiepreise erleichterten diesen Prozess. Sowohl Umweltschäden durch Energiebereitstellung und -nutzung als auch Ressourcenverknappungen wurden weitgehend ausgeblendet bzw. fanden nur sehr langsam Eingang in Planung und Ausbau von Energiesystemen. Heute zeichnet sich ab, dass diese Art der Energieversorgung an Grenzen stößt und angesichts steigender Energiepreise gleichzeitig eine volkswirtschaftliche Verschwendung ersten Ranges darstellt. Der Umbau der gesamten Energieversorgung hin zu effizienteren (und damit auch verstärkter dezentraleren)

Strukturen ist daher neben einer weitgehenden Nutzung erneuerbarer Energien die zweite Säule einer nachhaltigen Gestaltung des zukünftigen Energiesystems.

Damit ein wirksamer Klimaschutz entlang des erforderlichen CO₂- Reduktionspfades zeitgerecht und volkswirtschaftlich optimal erreichbar ist, muss das gesamte Energieversorgungssystem mit allen Bereitstellungs- und Nutzungsbereichen betrachtet und die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Sektoren beachtet werden. Das bedeutet, dass in allen drei Bereichen „Stromversorgung“, „Wärmeversorgung“ und „Verkehr“ intensive Schritte bei der Umgestaltung der bisherigen Energieversorgung vorgenommen werden müssen. Den Bereichen „Verkehr“ und „Wärmeversorgung“, die derzeit den größten Beitrag an den CO₂- Emissionen verursachen, ist dabei wesentlich mehr Aufmerksamkeit zu widmen als dies bisher der Fall war. Die oft festzustellende Hervorhebung bzw. isolierte Betrachtung des Stromsektors ist angesichts der großen Herausforderungen zu einseitig und kann sogar zu falschen Schlussfolgerungen hinsichtlich der zu ergreifende Maßnahmen führen.

Parallel und gleichrangig sind die Teilstrategien **„Effizientere Energienutzung (EFF)“**, **„effizientere Bereitstellung von Strom und Wärme (KWK)“** und **„Substantielle Nutzung erneuerbarer Energien (EE)“** zu aktivieren. Während die längerfristige Ablösung fossiler und nuklearer Energien in allen Bereichen nur von den EE übernommen werden können, sind kurz- bis mittelfristig eine wesentlich effizientere Energienutzung und der Ausbau der KWK am wirksamsten und kostengünstigsten. Ihre vorrangige und vollständige Mobilisierung erlaubt es erst, die anspruchsvollen Zwischenziele für das Jahr 2020 rechtzeitig und ökonomisch effizient zu erreichen.

Für einen nachhaltigen Weg zum Klimaschutz muss daher zunächst die Nachfrage nach Energie detailliert untersucht werden, da diese mit ihren Anforderungen an die Angebotsseite im Wesentlichen die Höhe des Energiebedarfs und damit auch die daraus resultierenden Emissionen bestimmt. Auch beeinflusst die Nachfrageseite die Rahmenbedingungen für andere Energietechnologien ganz wesentlich. So bestimmt z.B. der Niedertemperatur-Wärmebedarf die Potenziale für die Kraft-Wärme-Kopplung oder er kann durch Wärmedämm-Maßnahmen Brennstoffe "freisetzen", die dann sinnvoller und ohne weitere Steigerung der Nachfrage in anderen Bereichen eingesetzt werden können wie etwa Erdgas, welches dann verstärkt für KWK-Anlagen oder GuD-Kraftwerke zur Verfügung steht oder im Verkehr zum Einsatz kommen kann.

2.1 Die Ausgangssituation

Ausführliche Daten des Endenergieverbrauchs in Bayern liegen für das Jahr 2004 vor [Energiebilanz Bayern, 2007]. Die Hälfte der bayerischen Endenergienachfrage in 2004 in Höhe von 1 364 PJ/a wurde im Jahr 2004 durch Mineralölprodukte gedeckt, etwa 22 % durch Gase, 19 % durch Strom, 9,5% durch erneuerbare Energien und der Rest durch sonstige Energieträger. Nachgefragt wurden rund 46 % der Endenergie von Haushalten und sonstigen Kleinverbrauchern, 33 % vom Verkehr und 21 % vom Verarbeitenden Gewerbe (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Energiebilanz Bayern). Der Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes ist also, im Vergleich zum Bundesdurchschnitt mit 27%, in Bayern weniger stark ausgeprägt, was der Hauptgrund für

den vergleichsweise niedrigeren Pro-Kopf-Verbrauch Bayerns ist. Der Anteil des Verkehrs ist demgegenüber deutlich höher (Bundesdurchschnitt 28%). Für die Abschätzung des Endenergieverbrauchs im Jahre 2006, dem Basisjahr dieses Gutachtens, wurde von einem nahezu konstanten Energieverbrauch im Vergleich zu 2004 ausgegangen.

2.2 Methodik der Ermittlung der zukünftigen Endenergienachfrage

Die Nachfrage nach Endenergie wird von einer Vielzahl von exogenen Einflussfaktoren bestimmt. Die wichtigsten sind die Bevölkerungsentwicklung, Art und Höhe der Industrieproduktion und die Verkehrsleistung. Auch die Energieträgerpreise haben natürlich einen bedeutenden Einfluss auf die Energienachfrage, da Energieeffizienztechnologien bei steigenden Energiepreisen relativ an Wirtschaftlichkeit gewinnen und damit rascher umgesetzt werden können. Auch steigt der objektive wie auch der "gefühlte" Stellenwert von Energie aufgrund ihres Kostenanteils an den Gesamtausgaben der Bürger und der Unternehmen. Dies beeinflusst damit sowohl das Verhalten der privaten Konsumenten als auch die Investitionsentscheidungen in der Wirtschaft. Neben diesen direkten Wirkungen beeinflussen hohe Energiepreise auch das gesamte Konsumverhalten, da der Teil des Einkommens, der mehr für Energie ausgegeben werden muss, nicht mehr für den Konsum anderer Produkten und Dienstleistungen zur Verfügung steht. So ist zu beobachten, dass bei steigenden Energiepreisen z.B. kleinere Fahrzeuge bevorzugt gekauft werden, Fernreisen reduziert werden und nicht mehr alle Räume beheizt werden.

Als Ausgangspunkt für die Abschätzung der zukünftigen Höhe der Endenergienachfrage in Bayern bei einer nachhaltigen Klimaschutzpolitik dienen die Annahmen der exogenen Einflussfaktoren aus der "Energieprognose Bayern 2030" [Fahl u.a., 2007] vom Oktober 2007. Seit der Festlegung der Rahmendaten für diese Untersuchung sind jedoch sowohl bei der Entwicklung der Energiepreise als auch in der Wahrnehmung des Energie- und Klimathemas in der Bevölkerung und der nationalen wie internationalen Politik sehr deutliche Veränderungen eingetreten, die eine Neubewertung der dortigen Szenarien erforderlich machen und den Spielraum für weitergehende Effizienzsteigerungen deutlich vergrößert haben. Im Rahmen dieses Kurzgutachtens und aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden die exogenen Parameter weitestgehend übernommen, während der erwartete zukünftige Verlauf der Energieträgerpreise an die jüngste Entwicklung angepasst wurde. Ersichtlich ist aus **Abbildung 1** am Beispiel Rohöl, dass selbst der hier gewählte „Aktuelle Preispfad“ von einer relativ zurückhaltenden weiteren Preissteigerung ausgeht, wogegen sogar die „hohe Preisvariante“ in [Fahl u.a. 2007], ganz zu schweigen von der „niedrigen Variante“, die zukünftige Realität kaum widerspiegeln dürfte. Angesichts der zu erwartenden zukünftigen Entwicklung der Energiepreise ist daher die Mobilisierung technisch und strukturell möglicher Energieeinsparpotenziale von herausragender volks- und privatwirtschaftlicher Bedeutung. Sie dürfte wegen der wachsenden einzelwirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit in Zukunft auch leichter fallen, als in den letzten 15 Jahren mit relativ niedrigen Energiepreisen.

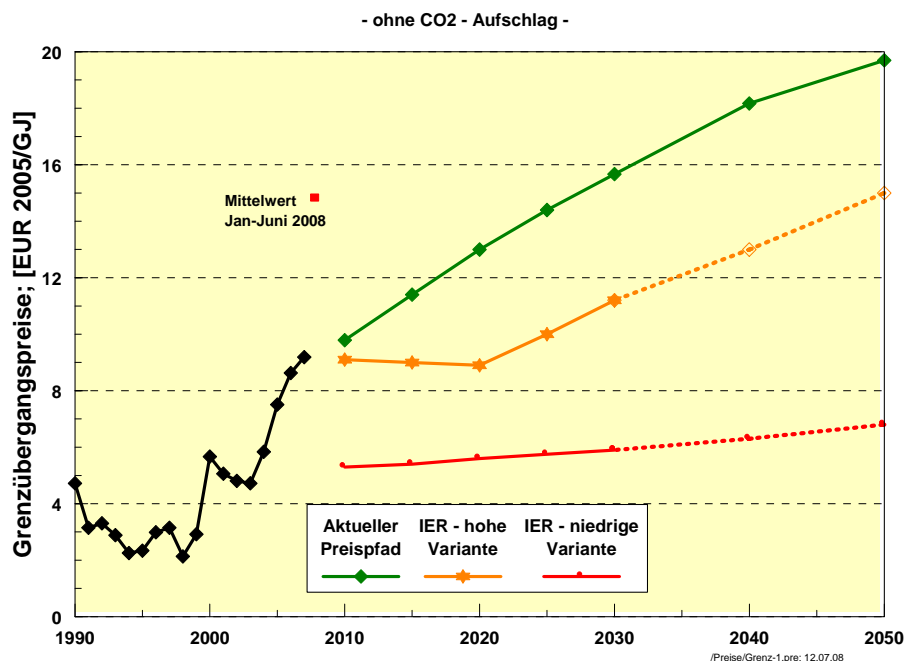


Abbildung 1: Verlauf der jahresdurchschnittlichen realen Grenzübertrittspreise für Rohöl seit 1990 und in verschiedenen Energiepreispfaden bis 2030 bzw. 2050 in €/GJ (Geldwert 2005).

2.3 Zentrale Ergebnisse der Effizienzstrategie im Nachhaltigkeitsszenario– Zeitraum bis 2030.

Entwicklung im Verarbeitenden Gewerbe

Die Entwicklung der Nettoproduktionswerte in Höhe von knapp 2,0 % pro Jahr wurde unverändert von der „Energieprognose Bayern 2030“ übernommen. Die spezifische Energienachfrage der einzelnen Sektoren wurde jedoch an die zukünftig zu erwartende Energiepreisentwicklung angepasst. Damit sinkt der spezifische Strombedarf in Summe über das gesamte Verarbeitende Gewerbe von 2002 bis 2030 um 1,40 %/a; der Brennstoffbedarf kann um 2,26 %/a reduziert werden. Aufgrund des unterstellten Wirtschaftswachstums steigt damit der absolute Strombedarf des Verarbeitenden Gewerbes zwischen 2002 und 2030 um jährlich 0,54 %, während der absolute Brennstoffbedarf um jährlich 0,34 % zurückgeht. Dies führt bis 2030 zu einer etwa konstanten Endenergienachfrage (Strom + Brennstoffe) für diesen Sektor.

Entwicklung im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Dieser Sektor ist in Statistiken meist mit dem Sektor „Privathaushalte und Sonstige Kleinverbraucher“ zusammengefasst und hat neben Abgrenzungsunsicherheiten zu diesen Verbrauchergruppen auch teilweise Überschneidungen mit dem Verarbeitenden Gewerbe. Als Indikator für die Wirtschaftsentwicklung dient hier die Anzahl der Beschäftigten, welche im Mittel der Jahre von 2002 bis 2030 nur um 0,33 %/a steigt, da hier Fortschritte in der Arbeitsproduktivität zu erwarten sind. In dem Nachhaltigkeitsszenario kann der Raumwärmebedarf pro Beschäftigten im Zeitraum bis 2030 um jährlich rund 2,3 %. Der Energiebedarf für die Erwär-

mung von Brauchwasser ist hier bereits relativ gering, er kann jedoch durch technische Maßnahmen um jährlich rund 0,5 % weiter reduziert werden. Wesentlich in diesem Sektor ist der Strombedarf, der vor allem auch für EDV-Server und deren Klimatisierung benötigt wird. Hier sind technischen Effizienzmaßnahmen in der Entwicklung, so dass hier der zukünftige spezifische Strombedarf deutlich sinken wird. Allerdings wird auch die Anzahl der Anwendungen und die Größe und Leistungsfähigkeit der Geräte die Einsparungen zum Teil kompensieren, so dass nur ein Rückgang im spezifischen Strombedarf pro Beschäftigten von jährlich rund 0,5% erwartet wird. In absoluten Größen kann im Nachhaltigkeitsszenario davon ausgegangen werden, dass der Strombedarf um jährlich rund 0,24 % und der Brennstoffbedarf um jährlich 1,62 % zurückgehen wird.

Entwicklung in Privathaushalten.

Die Anzahl der Bevölkerung wird entgegen dem allgemeinen Trend in Deutschland auch noch bis zum Jahr 2030 leicht zunehmen (0,13 %/a). Aufgrund eines weiterhin hohen Wohlstandsniveaus und des demografischen Wandels dürfte sich auch die Wohnfläche noch um durchschnittlich 0,64 %/a erhöhen. Allerdings ist davon auszugehen, dass auf Grund der erwarteten steigenden Energiepreise und des in Folge knapper werdenden frei verfügbaren Einkommens nicht alle Räume gleichermaßen beheizt werden, so dass die voll beheizte Fläche pro Kopf nur noch gering zunehmen wird. Gemeinsam mit den gegenwärtigen bereits beschlossenen oder diskutierten politischen Instrumenten zur Senkung des Heizwärmebedarfs in Gebäuden wird dieser bis 2030 absolut um jährlich rund 1,64 % zurückgehen. Insbesondere der Strombedarf für Raumwärmeerzeugung, der gegenwärtig in Bayern rund 25 % des gesamten Stromverbrauchs in privaten Haushalten verursacht, kann aufgrund der Umrüstung der Nachtspeicherheizungen stark zurückgehen. Da elektrische Wärmepumpen vor allem in sehr energieeffizienten Neubauten und energetisch sanierten Altbauten zum Einsatz kommt und dort in Verbindung mit entsprechenden Niedertemperatur-Heizflächen zum Einsatz kommt, sind hier beachtliche Brennstoffsubstitutionen und Stromeinsparungen zu erzielen.

Der restliche Strombedarf der Haushalte entwickelt sich uneinheitlich. Bei einigen Geräten ist bereits eine Marktsättigung erreicht und auch die Einsparpotentiale sind bei einigen der Gerätegruppen weitgehend ausgeschöpft, während bei anderen noch deutliche Wachstumspotentiale zu erwarten sind und auch neue energieeffiziente Techniken gegenwärtig in der Entwicklung befindlich sind. Vor allem ist zu erwarten, dass neue elektronische Geräte und Anwendungen, die heute noch nicht bekannt sind, zu einem wesentlichen Strommehrverbrauch führen werden. Diese gegenläufigen Effekte führen zu einer relativ konstanten Höhe des jährlichen Strombedarfs für Geräte in privaten Haushalten bis 2030. Insgesamt ist im Nachhaltigkeitsszenario ein Rückgang des absoluten Strombedarfs um jährlich rund 0,84 % zu erwarten, bei den Brennstoffen könnten es jährlich knapp 1,5 % sein.

Entwicklung im Verkehr.

Der Verkehrssektor wird von den steigenden Rohölpreisen am stärksten getroffen, und auch die internationalen Bemühungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen werden in diesem Sektor Erfolge zeigen. So werden technische Maßnahmen zur Verbrauchsreduktion wirtschaftlich bereitgestellt werden, der jüngst begonnene Trend zu kleineren und effizienteren

Fahrzeugen wird sich weiter durchsetzen, und nicht jede Kurzstrecke wird mit dem Pkw zurückgelegt werden, wie auch die Anzahl der Kurz- und Langstreckenflüge deutlich zurückgehen wird. Eine Reihe von Gütertransporten wird bei den erwarteten Treibstoffpreisen nicht mehr stattfinden, und die Auslastungsgrade der Verkehrsträger werden weiter zunehmen. Auch wenn diese Auswirkungen jeweils für sich betrachtet nur gering sind, führen sie in der Summe im Nachhaltigkeitsszenario zu einer Reduktion des Treibstoffbedarfs von jährlich 1,0 % bis 2030.

Ausblick auf 2030 bis 2050.

Der bewährte Ansatz, das Effizienzpotenzial bzw. die Nachfrage nach Endenergieträgern anhand der Entwicklung der wesentlichen Einzeltechnologien zu betrachten, stößt mit zunehmendem Zeithorizont in einzelnen Bereichen an seine Grenzen, da viele der dann im Einsatz befindlichen Technologien heute noch nicht absehbar sind. Andere Bereiche, wie z.B. die Raumwärmenachfrage sind aufgrund der langen Re-Investitions- und Sanierungszyklen und der thermodynamischen Gesetzmäßigkeit auch langfristig noch relativ gut abschätzbar. In der vorliegenden Abschätzung der Energiebedarfsentwicklung nach 2030 wurde im Wesentlichen eine Trendfortschreibung des bis 2030 ermittelten Verlaufs durchgeführt, wobei ein abnehmender Grenznutzen bei Annäherung an die gegenwärtig zu erwartenden technisch-wirtschaftlichen Grenzen der weiteren Reduktion des Energieverbrauchs unterstellt wurde. Da sich Bayern nicht dauerhaft von der Bevölkerungsentwicklung in Deutschland wird abkoppeln können und damit neben einem langsamen Rückgang der Bevölkerung nach 2030 auch die Wertschöpfung langsamer wachsen wird wie in der Zeit bis 2030 ist diese Vorgehensweise insgesamt eine relativ konservative Abschätzung.

Resultierender Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch Bayerns kann trotz wachsender Wirtschaftstätigkeit und einem weiteren Anstieg wesentlicher Parameter, wie Bevölkerung, Wohnflächen und Verkehrsleistung stetig sinken (**Tabelle 1; Abbildung 2**). Er erreicht um 2020 wieder das Niveau des Jahres 1990 und sinkt dann bis 2030 weiter auf 1 100 PJ/a (d.h. um 19% gegenüber 2004) und auf 890 PJ/a bis zur Jahrhundertmitte auf 65% des Niveaus von 2004. Relativ am stärksten sinkt die Nachfrage nach Wärme von derzeit rund 660 PJ/a um 43% auf 380 PJ/a in 2050. Der Kraftstoffverbrauch reduziert sich von 450 PJ/a um 34% auf 290 PJ/a in 2050. Relativ geringe Reduktionstendenzen zeigt der Stromverbrauch, der bis 2030 lediglich um 3% auf 256 PJ/a sinkt. Bis 2050 reduziert er sich auf 220 PJ/a, was 83% des heutigen Niveaus entspricht.

Tabelle 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in den einzelnen Verbrauchssektoren

PJ/a	2004	2010	2015	2020	2025	2030
Industrie	288	270	269	267	263	257
GHD	263	263	257	250	236	221
Haushalte	363	378	348	317	290	263
Verkehr	450	447	421	395	377	359
Gesamte Endenergie	1364	1358	1294	1229	1168	1101

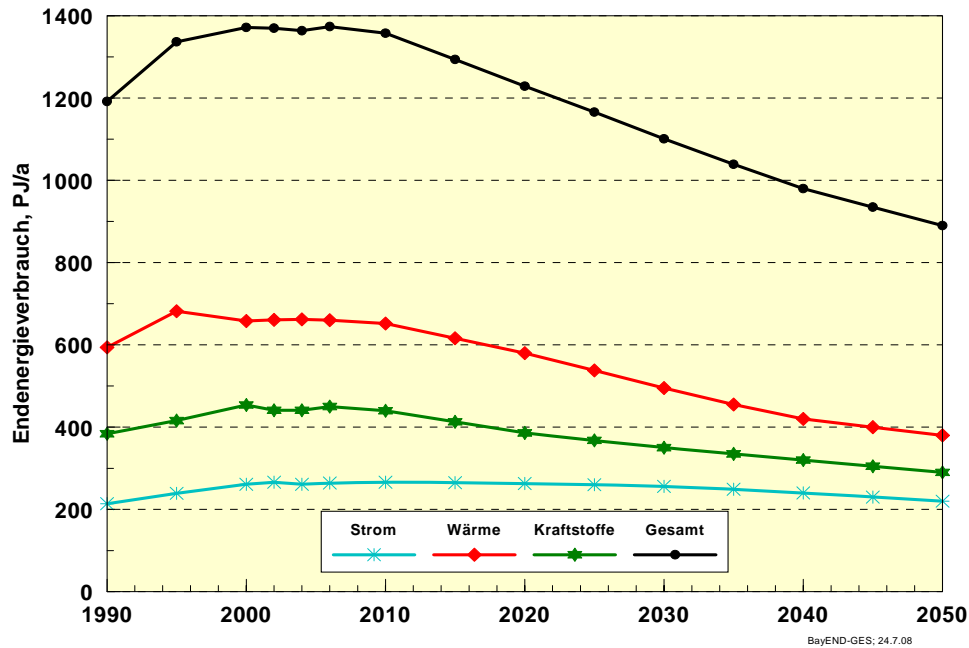


Abbildung 2: Verlauf des Endenergieverbrauchs in Bayern seit 1990 und im Nachhaltigkeitszenario bis 2050 getrennt nach Stromverbrauch, Wärmeverbrauch und Kraftstoffverbrauch.

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung des Endenergieverbrauchs von Strom in den einzelnen Sektoren. Während er in der Industrie (= Verarbeitendes Gewerbe) und im Sektor (Klein-) Gewerbe, Handel und Dienstleistungen zunächst noch leicht steigt bzw. konstant bleibt, kann in den Haushalten ein deutlicher Rückgang induziert werden. Dies führt bis 2020 zu einem konstanten Verbrauchsniveau, sinkt dann leicht bis 2030 und deutlicher bis 2050.

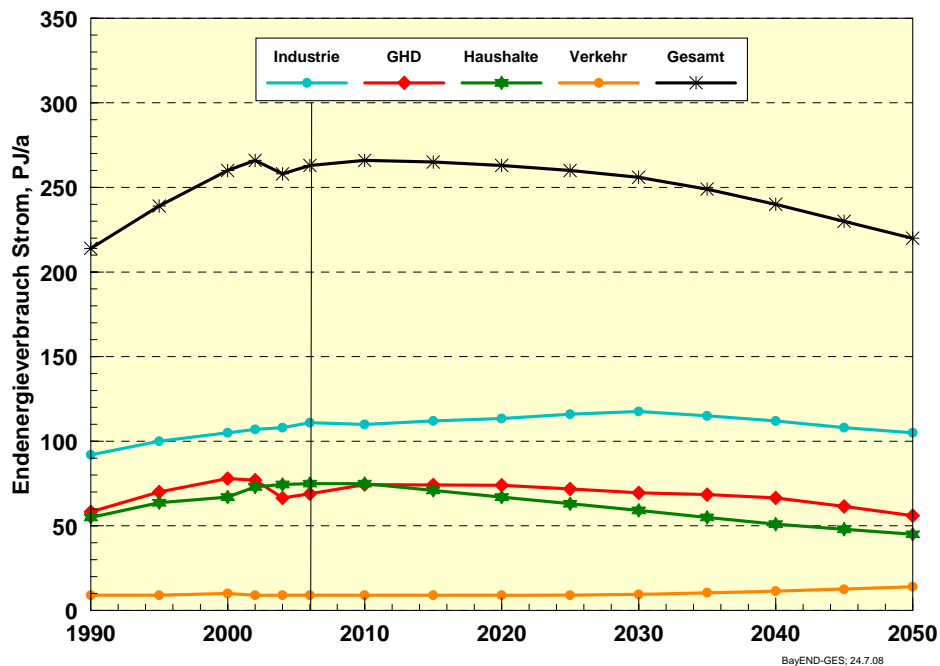


Abbildung 3: Verlauf des Endenergieverbrauchs von Strom in sektoraler Aufteilung ab 1990 und im Nachhaltigkeitszenario.

Schließlich ist die zukünftige Energieträgerstruktur des Endenergieverbrauchs von Bedeutung (**Abbildung 4**). Kohle spielt als Endenergie nur eine geringe Rolle. Unter Fernwärme ist die mittels Heizkraftwerke gewonnene Wärme aufgeführt, die in größeren Fernwärmenetzen verteilt wird. Trotz sinkender Wärmenachfrage nimmt ihr Beitrag noch leicht zu, sie gewinnt also relativ an Bedeutung. Die Nutzwärme aus dezentralen Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen, die deutlich wächst, ist unter den jeweils eingesetzten Energieträgern, also vorwiegend Erdgas und Biomasse aufgeführt. Deutlich sinkt die Nachfrage nach Öl. In 2030 werden nur noch rund 50% des heutigen Bedarfs benötigt, in 2050 sind es nur noch 30%. Der Gaseinsatz (für Wärmezwecke) sinkt infolge des deutlichen Rückgangs der Nachfrage nach Raumwärme ebenfalls und beläuft sich in 2030 noch auf 67% des heutigen Wertes und bis 2050 auf 26%.

Einen deutlichen Anstieg erfährt der Einsatz erneuerbarer Energien im Wärme- und Kraftstoffbereich. Mit 330 PJ/a in 2050 ist er um das 4,5-fache höher als heute (Details im nächsten Abschnitt). Zusätzlich steigt auch der Anteil erneuerbarer Energien bei der Stromerzeugung. Insgesamt wird die starke Abhängigkeit von Öl und Erdgas im Endenergiebereich (72% der Endenergie) deutlich gemildert. Bis 2020 sinkt dieser Anteil auf 58% und bis 2050 auf 33%, die Endenergiestruktur wird wesentlich ausgewogener.

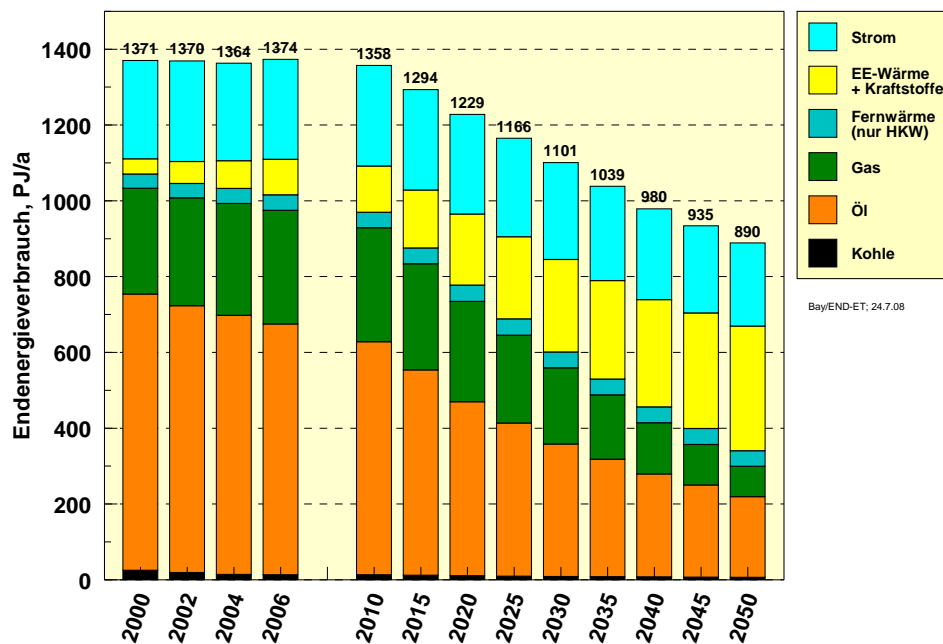


Abbildung 4: Strukturelle Veränderung des Endenergieverbrauchs im Nachhaltigkeitsszenario bis 2050 nach Energieträgern.

3. Das Nachhaltigkeitsszenario - eine langfristig angelegte Klimaschutzstrategie

Natürliche, unerschöpfliche Energieströme wie Solarstrahlung, Wind, Wasserkraft, Biomasse, Erdwärme, Wellenenergie u. a. stehen der Menschheit in sehr großer Menge zur Verfügung. Sie erlauben es, mittels heute entwickelter Technologien ein Vielfaches unseres Energiebedarfs zu decken. Die kontinuierliche Weiterentwicklung dieser Technologien steigert die technisch-ökonomischen Potenziale an gewinnbarer Elektrizität, Nutzwärme und Kraftstoffen

aus diesen Energiequellen stetig. Aufgrund der regionalen Gebundenheit des Angebots erneuerbarer Energien (EE) ergeben sich auf Länderebene sehr unterschiedlich strukturierte Potenzialwerte. In praktisch jedem Land existieren jedoch attraktive Segmente der Nutzung. Auf absehbare Zeit werden diese „heimischen“ Potenziale der Orientierungsrahmen für die nationale Erschließung sein, da ihre vollständige Mobilisierung Jahrzehnte in Anspruch nehmen wird. Darüber hinaus gibt es jedoch weiterreichende Optionen. So haben südliche Länder (z.B. die Mittelmeerregion) wegen der relativ hohen Solareinstrahlung sehr hohe Potenziale, die ihren zukünftig denkbaren Energieverbrauch bei weitem übersteigen. Diese Länder können daher, wenn sie ihren Energiebedarf mittels EE selbst hinreichend gedeckt haben, in einigen Jahrzehnten „Exportregionen“ für entsprechende aus erneuerbaren Energiequellen gewonnene Energieträger werden. Hieraus lassen sich sehr attraktive Möglichkeiten für eine fruchtbare und friedensstiftende internationale Kooperation und einen weltweiten Handel mit Technologien der Nutzung von EE ableiten.

Mit erneuerbaren Energien lassen sich die Kriterien einer nachhaltigen Energieversorgung, insbesondere die eines dauerhaften globalen Klimaschutzes, prinzipiell erfüllen. Längerfristig ist eine globale Energieversorgung allein auf der Basis erneuerbarer Energien technisch machbar. Auf begrenzte und klimagefährdende fossile Energien kann aufgrund dieser großen Potenziale mittel- bis langfristig verzichtet werden. Die weitere Mobilisierung anderer nicht-fossiler Energiequellen, wie Kernenergie oder Kernfusion, ist nicht erforderlich. Sie würde die anstehenden Probleme der heutigen Energieversorgung eher vergrößern als zu ihrer Lösung beitragen, die notwendige Steigerung der Entwicklungsdynamik bei erneuerbaren Energien hemmen und dem notwendigen Strukturwandel in der Energiewirtschaft im Wege stehen.

3. 1 Einstieg in ein langfristig tragfähiges Energiekonzept auf der Basis eines konsequenten EE-Ausbaus – Ausbauziele 2020

Der Versorgungsbeitrag der EE in Bayern basiert im Wesentlichen auf Wasserkraft und Biomasse, die derzeit rund 93% der aus EE stammenden Primärenergie bereitstellen. Der Beitrag der Wasserkraft ist allein den topografischen Gegebenheiten des Landes zu verdanken und ist kein Verdienst einer vorausschauenden aktiven Energiepolitik. Er liegt schon seit Jahrzehnten auf einem relativ hohen Niveau zwischen 12 und 14 TWh/a, was derzeit rund 75% des gesamten EE-Stroms entspricht. Der wachsende Beitrag der Biomasse hat, neben der traditionell großen Nutzung von Holz für Heizzwecke, seine Ursache zum einen in der Wirkung des EEG, zum anderen in energiepolitischen Initiativen der Landesregierung. Der Primärenergiebeitrag der Biomasse wuchs von rund 82 PJ/a in 2002 auf 105 PJ/a in 2004. Unterstellt man weitere dem Bundesdurchschnitt vergleichbare Wachstumsraten der Biomasse so belief sich ihr Beitrag zum Primärenergieverbrauch Ende 2006 auf schätzungsweise 130 PJ/a und macht damit nahezu 70% des Primärenergiebeitrags der EE aus. Dank guter Einstrahlungsbedingungen profitiert Bayern auch bei der Fotovoltaik überproportional vom EEG. Ca. 40% der in 2006 bundesweit installierten Leistung von 2 800 MW dürfte in Bayern installiert sein. Weit abgeschlagen ist dagegen die Nutzung der Windenergie mit lediglich 340 MW in 2006 (bzw. 387 MW Ende 2007). Damit werden in Bayern derzeit nur Bruchteile der in vergleichbaren Bundesländern (Thüringen, Rheinland-Pfalz) installierten Windkraftanlagen betrieben. In der flächenspezifischen Installationsdichte liegt Bayern mit 5,5 kW/km² sogar bei der Hälfte des

entsprechenden Wertes in Baden-Württemberg, das mit ähnlichen restriktiven Rahmenbedingungen ausgestattet ist (siehe Kasten „Windenergie“). Im Wärmebereich liegt Bayern, dank hoher Nutzung der Biomasse und einer überproportionalen Nutzung von Solarkollektoren (rund 30% der bundesweit installierten Kollektoren) über dem bundesdeutschen Mittelwert.

In Prozentanteilen beliefen sich Ende 2006 die Beiträge der EE in Bayern (Klammerwerte sind Anteile auf Bundesebene) auf rund 21% beim gesamte EE-Strom (11,7%), bei der Wärmebereitstellung auf rund 11% (6%), bei der gesamten Endenergie ebenfalls auf 11% (7,5%), und bei der Primärenergie auf rund 9% (5,6%). Bereinigt man die Werte um den Beitrag der Wasserkraft, so lauten die entsprechenden Werte bei EE-Strom ohne Wasserkraft 5,5% (8,4%), bei Endenergie ohne Wasserkraft 7,5% (6,7%) und bei der Primärenergie ohne Wasserkraft auf 7% (5,1%). Ersichtlich ist, dass auch ohne Wasserkraft dank der hohen Biomassenutzung in Bayern gute Ausgangsbedingungen für einen weiteren deutlichen Ausbau der EE bestehen. Defizite gegenüber der bundesdeutschen Situation bestehen lediglich im Strombereich bedingt durch den sehr geringen Ausbau der Windenergie. Die Zielsetzungen der Bundesregierung hinsichtlich des Ausbaus der EE bis 2020 und die dazu erforderlichen Ausbaustrategien (vgl. u.a. „Leitstudie 2007“) können also unter Berücksichtigung der spezifischen bayrischen Gegebenheiten auch auf dieses Bundesland überragen werden.

Unter diesen Randbedingungen zeigen **Tabelle 2** und **Abbildung 5** den möglichen Ausbauzustand der EE in Bayern im Jahr 2020. Der Beitrag des EE-Stroms steigt von 17,5 TWh/a auf rund 32 TWh/a, was 40% des heutigen Bruttostromverbrauchs entspricht. Er kann sich also nahezu verdoppeln. Nur noch geringe Ausbaumöglichkeiten von ca. zusätzlichen 10% besitzt die Wasserkraft. Neben der weiteren Stromerzeugung aus Biogas und Biomasse (einschließlich der biogenen Anteile des Mülls), kann vor allem die Stromerzeugung aus Windkraft und aus Solarenergie (Fotovoltaik) bedeutend gesteigert werden. Auch die Stromerzeugung mittels geothermischer Energie kann in 2020 merkbare Beiträge leisten. Ohne die Wasserkraft beträgt der Anteil der EE in 2020, bezogen auf den derzeitigen Bruttostromverbrauch 22%. Bayern hätte sich damit etwa an die bundesdeutsche Situation angeglichen und müsste sich nicht hinter den naturgegebenen hohen Anteilen der Wasserkraft „verstecken“.

Insgesamt bewirkt dieser Beitrag der erneuerbaren Energien bis 2020 einen Leistungszuwachs an EE-Anlagen von derzeit 4 550 MW (alle EE, ohne Pumpspeicherleistung) auf 13 150 MW, also um 8 600 MW, wovon sich allein der Zuwachs bei der Fotovoltaik auf 5 500 MW beläuft. Der entsprechende Wert für das gesamte Bundesgebiet lautet 38 000 MW (ohne Fotovoltaik 22 700 MW). In Bayern würden somit 23% aller EE-Anlagen zur Stromerzeugung zwischen 2007 und 2020 installiert. Für Fotovoltaik allein sind es 36%, bei allen anderen EE-Anlagen entsprechen 14%. Aufgrund des fluktuierenden Angebots des Stroms aus Wind und Fotovoltaik ist der Zuwachs an „gesicherter“ Leistung, die einen Beitrag zur jederzeit gesicherten Strombereitstellung leisten kann, deutlich geringer. Er beläuft sich auf ca. 1 600 MW und beträgt somit in 2020 insgesamt 4 500 MW. 58% davon stammen von der Wasserkraft.

Auch die EE-Beiträge zur Wärme- und Kraftstoffversorgung können etwa verdoppelt werden. Im Jahr 2020 können somit 38,8 TWh/a (140 PJ/a) EE-Wärme und 13,3 TWh/a (48 PJ/a) Biokraftstoffe bereitgestellt werden. Neben der Erschließung des restlichen Potenzials der Biomasse (Einzelheizungen, insbesondere aber Nahwärmanlagen mit KWK und Heizwerken) können Solarkollektoren (Einzelanlagen und Nahwärmanlagen) und Erdwärme (Wärme-

pumpen, hydrothermale Nahwärmanlagen und Abwärmenutzung bei der Stromerzeugung) deutlich wachsende Beiträge leisten. Die installierte Kollektorfläche beträgt dann 17 Mio. km², die thermische Leistung der Erdwärme (Wärmepumpen und hydrothermal) erreicht einen Wert von ca. 2 000 MW_{th.}. Der Beitrag der EE an der Wärmeversorgung kann damit von derzeit 11% auf 21% (bezogen auf den Verbrauch von 2006) steigen. Deutliche Effizienzsteigerungen im Wärmebereich können den Anteil noch entsprechend erhöhen. Der Einsatz an Biokraftstoffen in 2020 orientiert sich an dem von der Bundesregierung angestrebten Anteil, der für das Jahr 2020 inzwischen von 17% auf 12% reduziert wurde

Tabelle 2: Eckdaten des Ausbaus von EE in Bayern zwischen 2004 und 2020.

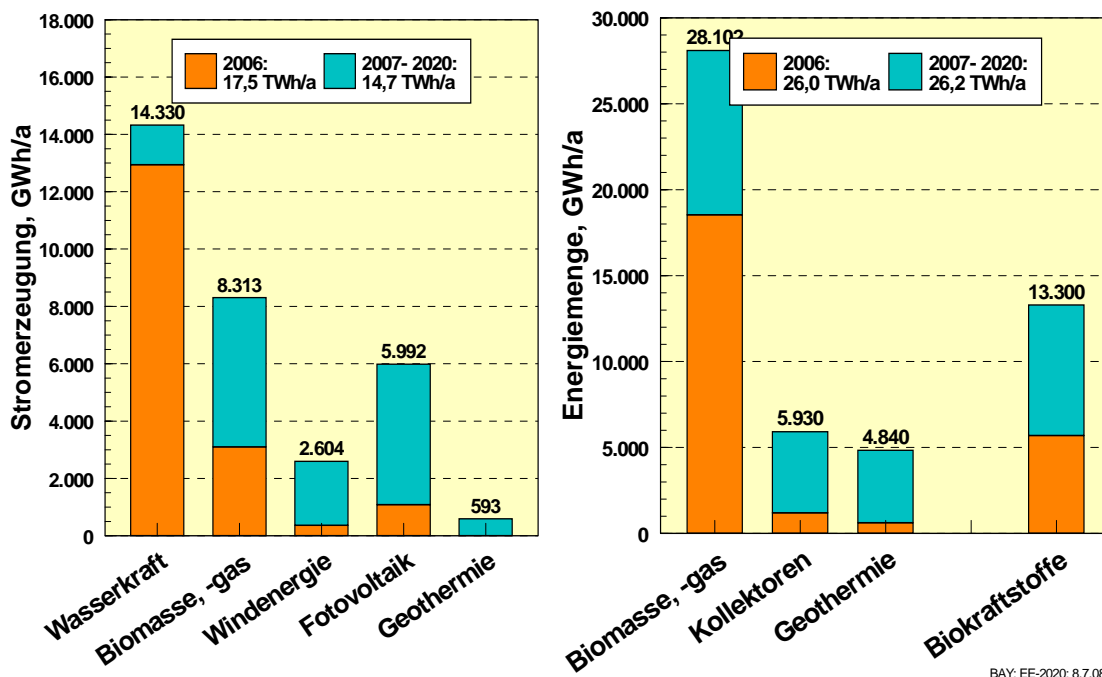
GWh/a	2004	2006 ²⁾	2020	Durchschnittl. jährliche Zuwachsrate 2006-2020	Verhältnis gegenüber Periode 2002-2006
Strom, gesamt	15 410	17 490	31 830	1 025¹⁾	1,4¹⁾
- Wasserkraft	12 450	12 942	14 330	100	
- Biogas, Klär- und Deponiegas	805	1 274	4 090	200	1,04
- feste Biomasse, organ. Abfall im Müll	1 453	1 825	4 225	172	0,84
- Windenergie	224	366	2 605	160	3,0
- Fotovoltaik	477	1 083	5 990	350	1,6
- Geothermie	0	0	590	42	
Wärme, gesamt	18 045	20 350	38 870	1 323	1,05
- Biomasse, -gas, organ. Abfälle im Müll	16 840	18 533	28 100	683	0,70
- Solarkollektoren	750	1 200	5 930	338	1,73
- Geothermie	455	617	4 840	302	5,6
Kraftstoffe, gesamt	2 100	5 700	13 300	543	0,50
- „Importstrom“ (Offshore- Wind)	0	0	415	30	
Endenergie EE, gesamt	35 553	43 540	84 415	2 863	1,05
Primärenergie EE, gesamt	43 217	53 570	106 650	3 800	0,95
Primärenergie in PJ/a	156	193	384	13,7	

1) bereinigt um jährliche Schwankungen des Wasserkraftangebots;

2) Abschätzung auf der Basis diverser Einzelangaben und Übernahme von mittleren Wachstumsraten auf Bundesebene

Der gesamte Endenergiebeitrag der EE steigt bis 2020 auf 84,4 TWh/a (bzw. 304 PJ/a), was bezogen auf den derzeitigen Endenergieverbrauch einem Anteil von 22% entspricht. Reduziert um den Beitrag der Wasserkraft sind es 18%. Die gesamte Primärenergie der EE – berechnet nach der Wirkungsgradmethode – steigt von 193 PJ/a auf 384 PJ/a und deckt damit 19% des heutigen Primärenergieverbrauchs. Biomasse ist auch in 2020 mit 245 PJ/a Primärenergieeinsatz der dominierende erneuerbare Energieträger in Bayern; ihr Anteil sinkt nur leicht von derzeit 68% auf 64% in 2020. Ihr Beitrag zum Primärenergieverbrauch beläuft sich dann (bezogen auf den Verbrauch des Jahres 2006) auf 12% gegenüber 6,5% in 2006 bzw. 5,2% in 2004. Neben der weiteren Erschließung aller biogenen Reststoffe wird dafür eine

fläche für Energiepflanzen benötigt, die mit 450 000 ha etwa dem Doppelten des derzeitigen Wertes (217 000 ha in 2007) entspricht. Dabei wird vorausgesetzt, dass, wie bereits heute, rund 50% des Biokraftstoffs nichtbayerischen Ursprungs ist. Das maximale nachhaltig nutzbare Potenzial der Biomassenutzung in Bayern wird bei rund 300 PJ/a Einsatzenergie gesehen, was rund 20% des für das gesamte Bundesgebiet ermittelten Potenzials entspricht. In 2020 wären so also rund 80% dieses Potenzials erschlossen.



BAY: EE-2020; 8.7.08

Abbildung 5: Ausbau erneuerbarer Energien in Bayern zwischen 2006 und 2020 getrennt nach Stromerzeugung (links) und Wärme- und Kraftstoffbereitstellung (rechts).

Vergleicht man die bisherigen mit den zukünftig erforderlichen jährlichen Zubauraten (Tabelle 2, fünfte und sechste Spalte), so genügt bei der Biomasse eine Aufrechterhaltung des bisherigen Trends (im Wärmebereich ist sogar ein leichter Rückgang möglich), um das Ausbauziel 2020 zu erreichen. Beim Wind ist im Gegensatz dazu eine Verdreifachung der bisherigen Ausbauraten erforderlich, bei Fotovoltaik und Kollektoren muss die Ausbauraten auf das 1,6 – 1,7-fache gesteigert werden, bei der Erdwärme muss sie sogar verfünffacht werden. Bezogen auf die gesamte Endenergie ist nur eine geringfügige Steigerung des Zubaus der letzten vier Jahre erforderlich. Der hier für 2020 vorgeschlagene Ausbau kann also als angemessen bezeichnet werden. Darunter zu bleiben – wie es etwa die Eckpunkte der bayrischen Landesregierung (Juni 2008) vorsehen – bedeutet, die jetzt eingetretene Ausbaudynamik der EE abzu-bremsen und damit die weitere Ausweitung dieser Märkte empfindlich zu behindern. Das würde sich nicht zuletzt zum Schaden der einschlägigen bayrischen Unternehmen im EE-Bereich auswirken.

Windenergie in Bayern – bisher ausgebremst.

Die Stromerzeugung aus Windenergie hat auch in Binnenländern interessante energiewirtschaftliche Potenziale. In Bayern kann die Windenergie aus technisch-ökonomischer Sicht und unter Beachtung aller aus der Sicht des Naturschutzes notwendigen Einschränkungen ca. 5 TWh/a Strom bereitstellen, was rund 6% des Bruttostromverbrauchs 2006 entspricht. Das Windkraftpotenzial entspricht also etwa einem Drittel des Wasserkraftpotenzials Bayerns. Um dieses Potenzial umzusetzen sind ca. 3 500 MW Windleistung erforderlich. Bei einer mittleren Anlagengröße von 3,5 MW entspricht dies also 1000 Anlagen. Bei größerer Einheitsleistung reduziert sich die Anlagenzahl entsprechend.

Die derzeitige Stromerzeugung aus Wind (Ende 2007) beläuft sich bei einer Leistung von 387 MW mit 343 Anlagen auf ca. 420 GWh/a. Damit werden nur ca. 10% dieses Potenzials genutzt. Bayern liegt damit weit hinter allen vom Windangebot her vergleichbaren Flächenstaaten Deutschlands. So sind etwa in Rheinland-Pfalz bereits 1100 MW Windleistung installiert. Bezieht man die installierte Windleistung auf die jeweilige Landesfläche (**Abbildung 6**), so liegt Bayern mit 5,5 kW/m² bei einem Zehntel des Wertes von Rheinland-Pfalz und bei einem Fünftel des Wertes von Hessen. Auch diese Länder richten sich nach den gesetzlichen Vorgaben und Restriktionen und besitzen ähnlich schützenswerte Landschaften wie Baden-Württemberg. Trotzdem kann die dortige Nutzung der Windenergie als landschaftsverträglich betrachtet werden. Selbst Baden-Württemberg, wo der Windausbau erheblichen Restriktionen unterworfen ist, hat mit 11 kW/km² noch das Doppelte des bayrischen Wertes. Der Grund für den sehr geringen Ausbau der Windenergie in Bayern liegt in den besonders restriktiven Vorgaben der Landesregierung, die zu einer starken Einschränkung bei der Auswahl von Vorranggebieten auf der regionalen Ebene geführt haben. Mit einer gewissen Systematik sind viele gute Standorte sind mit dem Argument einer „optischen Beeinträchtigung“ ausgeschlossen worden, ausgewiesene Standorte sind dagegen oft nicht windreich genug.

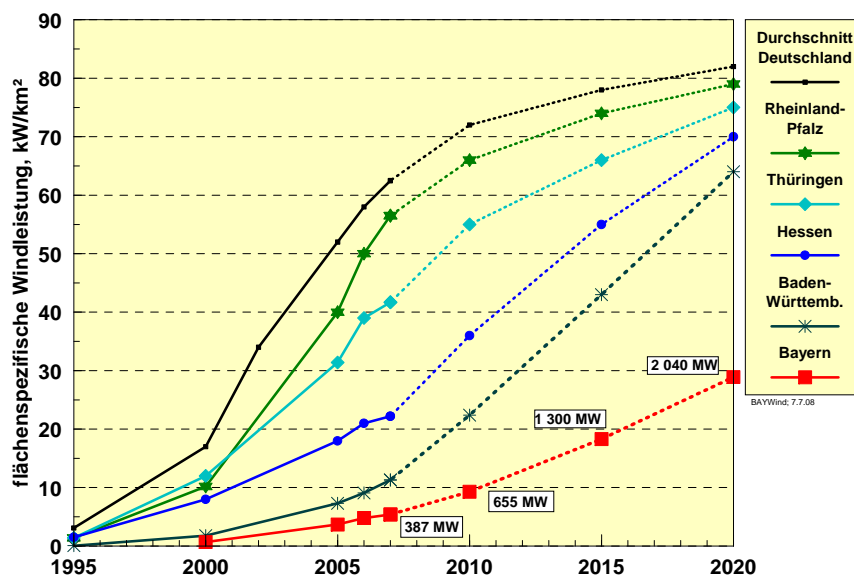


Abbildung 6: Flächenspezifische Windleistung verschiedener mit Bayern vergleichbarer Bundesländer, sowie von Deutschland insgesamt und mögliche Entwicklung bis 2020.

Die jetzigen Vorranggebiete sollten daher überarbeitet und den Kommunen sollte mehr Freiheit bei der Errichtung von Windanlagen auf ihrer Gemarkung zugestanden werden. Bis 2020 können bei einem sehr zurückhaltenden Ausbau gut 2 000 MW Windleistung installiert werden, also etwa 60% des Potenzials. Das entspricht ca. 570 Anlagen je 3,5 MW an ca. 200 Standorten mit einer mittleren Ausbeute von 2,6 TWh/a, was eine Steigerung gegenüber heute um lediglich 230 Anlagen bedeutet. 2020 liegt dann die flächenspezifische Windleistung mit 30 kW/km² immer noch sehr niedrig im Verhältnis zu vergleichbaren Bundesländern.

Das durch den beschriebenen Ausbau angestoßene Investitionsvolumen für EE-Anlagen in Bayern unter Berücksichtigung der zukünftig noch eintretenden Kostenreduktionen zeigt **Abbildung 7**. Das jährliche Investitionsvolumen dürfte derzeit bei rund 3 Mrd. €a liegen. Der deutliche Anstieg in den letzten Jahren ist vor allem durch das deutlich gestiegene Marktvolumen der Fotovoltaik (ca. 400 MW/a) verursacht worden. Bei etwa gleichbleibenden Marktvolumina sinkt das Investitionsvolumen der Fotovoltaik zukünftig jedoch wieder, weil durch den starken Ausbau in Deutschland noch eine deutliche weitere Kostenreduktion induziert wird.

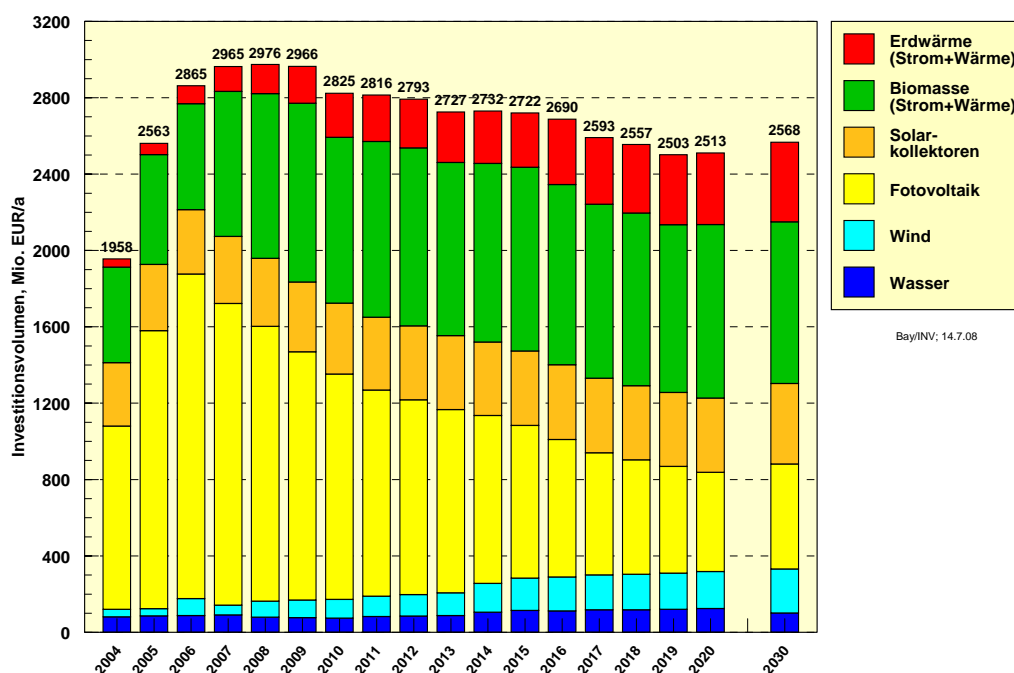


Abbildung 7: Investitionsvolumen beim Zubau von EE-Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Bayern bis 2020 und Ausblick auf 2030.

Das Gesamtvolumen für den Ausbau aller EE-Anlagen sinkt damit ebenfalls leicht auf rund 2,5 Mrd. €a bis 2020. Das zwischen 2008 und 2020 kumulierte Investitionsvolumen beläuft sich auf 43,5 Mrd. €. Der größte Beitrag fällt auf die Biomasse mit 14,2 Mrd. €, gefolgt von der Fotovoltaik mit 13,4 Mrd. €, den Solarkollektoren mit 6,6 Mrd. € und der Erdwärme mit 5 Mrd. €. Aus der Abbildung ersichtlich ist, dass eine Drosselung der gegenwärtigen Ausbaudynamik zu einem drastischen Rückgang der in Bayern getätigten Investitionen in EE-Anlagen führen würde.

Die durch diesen Ausbau induzierten volkswirtschaftlichen Differenzkosten (= Mehr- bzw. Minderkosten gegenüber heute und zukünftig anlegbaren Strom- und Wärmepreisen) sind bis auf diejenigen für die Fotovoltaik gering. Im Strombereich entsprechen sie etwa den über das EEG auf alle Stromverbraucher umgelegten Mehrkosten. Derzeit belaufen sie sich für die in Bayern installierten Anlagen auf 0,75 Mrd. €a für den Strombereich und auf 0,72 Mrd. €a für den Wärmebereich. Für die Stromerzeugung lediglich aus Windkraft, Biomasse und Erdwärme belaufen sie sich derzeit auf rund 0,20 Mrd. €a. Unter der Annahme einer eher zurückhaltenden zukünftigen Energiepreisentwicklung steigt dieser Wert für diese Anlagen in

der Summe noch auf 0,27 Mrd. €/a bis zum Jahr 2012 um dann bis 2020 auf nahezu Null zurückzugehen. Nach 2020 werden die Differenzkosten negativ; d.h. der Einsatz von EE-Strom aus diesen Quellen erspart der Volkswirtschaft Kosten gegenüber einer ausschließlich fossilen Stromerzeugung. Daraus ist ersichtlich, dass die Errichtung von Wind- und Biomasseanlagen zur Stromerzeugung eine volkswirtschaftlich sehr sinnvolle Investition darstellt. Die Fotovoltaik verursacht dagegen derzeit Differenzkosten von 0,69 Mrd. €/a. Diese steigen unter denselben Preisannahmen bis 2020 noch auf 1,3 Mrd. €/a und sinken erst danach wieder.

In die volkswirtschaftliche Gesamtbilanz der Kosten der EE-Stromerzeugung sind auch die „Differenzkosten“ der Stromerzeugung aus Wasserkraft einzubeziehen. Diese sind negativ, da die Stromerzeugung in bestehenden Anlagen kostengünstiger ist als der Marktpreis für Strom. Dieser den Betreibern zukommende Gewinn wird im allg. nicht berücksichtigt, wenn über „Subventionen“ für den Ausbau von EE-Anlagen diskutiert wird. In der Gesamtbilanz, also einschließlich der Wasserkraft und der Fotovoltaik, steigen die Differenzkosten der EE-Stromerzeugung bis 2015 noch auf 1,2 Mrd. €/a um dann trotz stetigen weiteren Ausbau allmählich gegen Null zu gehen.

Im Wärmesektor steigen die Differenzkosten nur noch auf rund 0,75 Mrd. €/a im Jahr 2010. Bis 2020 sind sie mit dann – 0,25 Mrd. €/a bereits negativ und dämpfen damit weitere durch weiter steigende Öl- und Erdgaspreise verursachten Kostenanstiege. Da neue Anlagen zur Wärmenutzung mittels EE im Allgemeinen eine Nutzungsdauer von 15 bis 20 Jahren haben, kann davon ausgegangen werden, dass sich bei der jetzigen und noch zu erwartende Energiepreissituation praktisch alle Neuanlagen zur EE-Wärmenutzung über ihre Nutzungsdauer auch amortisieren.

Mit dem EE-Ausbau zwischen 2006 und 2020 geht eine Minderung der CO₂-Emissionen von rund 13 Mio. CO₂/a einher, wenn im Strombereich von der Vermeidung der Stromerzeugung in effizienten Gaskraftwerken bzw. des Zukaufs von Kohlestrom im Verhältnis 50:50 ausgegangen wird. Daraus wird ersichtlich, dass für eine wirksame Minderung von Treibhausgasen bis zum Jahr 2020 parallel zum Abbau der Kernenergie eine sehr ehrgeizige Strategie der Effizienzsteigerung und des Vermeidens unnötigen Energieverbrauchs treten muss.

3.2. Über 2020 hinaus - auf dem Weg in eine klimaschonende und zukunftssichere Energieversorgung

Die Zweckmäßigkeit des bis 2020 eingeleiteten Ausbaus der EE, der oben anhand der Differenzkosten diskutiert wurde, zeigt sich bei der Fortschreibung dieser Entwicklung bis 2050 besonders deutlich. Wird die bis dahin eingeleitete Dynamik des EE-Ausbaus systematisch fortgeschrieben, d.h. werden die bis dahin entstandene Wachstumsmärkte stabilisiert (u. a. auch durch eine konsequente Exportstrategie bei den entsprechenden Technologien) und parallel die noch verbleibenden Restpotenziale einer weiteren Effizienzsteigerung ausgeschöpft, so kann der Weg in eine klima- und ressourcenschonende Energieversorgung konsequent fortgesetzt werden. Der mögliche konsequente weitere Ausbau der EE in Bayern bis 2050 ist in den **Abbildungen 8, 9 und 10** illustriert.

In der Stromerzeugung können EE ab 2030 mit 42,4 TWh/a (entsprechend 53% des heutigen Stromverbrauchs) zur dominierenden Energiequelle werden. Bis 2050 führt die Ausbaudyna-

mik zu einer Stromerzeugung von 62 TWh/a, was knapp 80% des heutigen Bruttostromverbrauchs entspricht. Davon werden 48 TWh/a im Lande selbst erzeugt. In 2030 (2050) trägt die Wasserkraft mit 14,5 TWh/a (14,5), die Biomasse mit 11,4 TWh/a (13,2), die Windenergie mit 4,2 TWh/a (5,1 TWh/a), die Erdwärme mit 1,4 TWh/a (3,5) und die Fotovoltaik mit 8,7 TWh/a (12,0) zur Stromerzeugung Bayerns bei. Dies ist ein sehr ausgewogener Mix aller EE-Ressourcen des Landes.

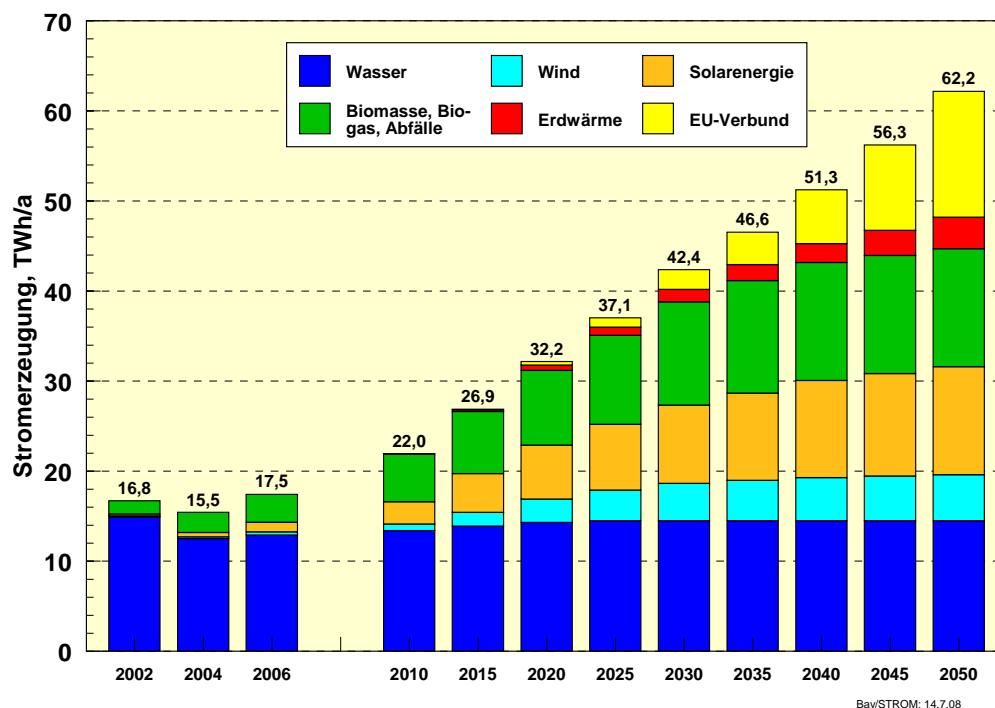


Abbildung 8: Struktur der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Bayern nach Energieträgern.

Aufgrund großer und kostengünstiger EE-Potenziale außerhalb von Bayern wird, beginnend in 2020, aber auch ein europäischer Stromverbund³ zur Nutzung dieser Potenziale (Wind-Offshore, Solarthermischer Strom u. a.) Bestandteil jeder EE-Ausbaustrategie sein. Auch Bayern wird dann von diesen Möglichkeiten profitieren. Für 2050 wurde für Bayern von einem Beitrag von rund 14 TWh/a ausgegangen. Er liegt damit bei 17% des heutigen Stromverbrauchs. Ein Teil dieses EE-Stroms würde auch für die Bereitstellung kostengünstigen Wasserstoffs mittels Elektrolyse eingesetzt werden.

Ebenso deutlich steigt die Wärmeerzeugung aus EE auf insgesamt 65,4 TWh/a (235 PJ/a) bis 2050 (**Abbildung 9**). Bezogen auf den heutigen Verbrauch entspricht dies einem Anteil von 36%. Da aber besonders im Wärmebereich große Effizienzpotenziale mobilisierbar sind, wird der zukünftige relative Anteil der EE noch deutlich höher ausfallen. Nach Ausschöpfung des Biomassepotenzials um 2035 übernehmen Solarkollektoren und Erdwärme das weitere Wachstum und stellen in 2050 mit zusammen 30 TWh/a eine ähnlich große Wärmemenge wie die Biomasse bereit.

³ Im den Handlungsvereinbarungen der am 14. Juli in Paris neu etablierten „Mittelmeerunion“ ist auch ein „Mediterranean Solar Plan“ enthalten, der u.a. die Vorbereitung dieses europäischen Solarstromverbundes zum Ziel hat.

In anderen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die Erschließung des Wärmemarktes mit EE in größerem Umfang auf eine deutliche Ausweitung von Nahwärmenetzen angewiesen ist. Bei der Nutzung von Biogas in BHKW muss z.B. gewährleistet sein, dass die Abwärme möglichst vollständig einer Nutzung zugeführt wird. Auch feste Biomasse lässt sich wesentlich effizienter und sauberer in größeren Heizanlagen und Heizwerken verbrennen als in Einzelheizungen. Solarwärme kann für den Raumwärmebereich in größerem Ausmaß ebenfalls nur über Nahwärmesysteme und Großspeicher erschlossen werden. Die Wärmenutzung aus hydrothermalen Anlagen und aus Anlagen zur Nutzung der Erdwärme in großen Tiefen ist ebenfalls nur mit Nahwärmenetzen möglich. Diese strukturelle Entwicklung muss also parallel zur Erschließung der Energiequellen selbst erfolgen.

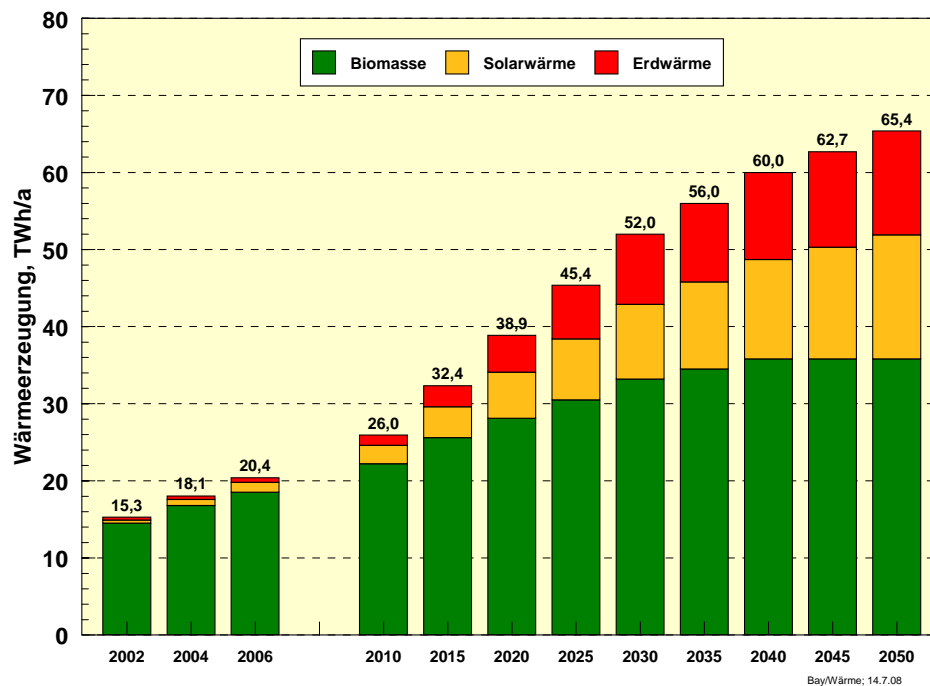


Abbildung 9: Struktur der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Bayern

Im Verkehrssektor geschieht der Ausbau der Biokraftstoffe in Anlehnung an die Zielsetzungen der Bundesregierung. Dies erfordert entsprechend der neuen Bioenergiestrategie des BMU einem 12%igen Beitrag im Jahr 2020 entsprechend 48 PJ/a. Der Beitrag von Biokraftstoffen (der 2. Generation) wächst danach noch weiter im Rahmen der zulässigen ökologischen Grenzen, die eine nachhaltige Bereitstellung von Biokraftstoffen sicherstellen. Für Bayern kann daraus eine Grenze bei ca. 55 PJ/a Biokraftstoffen abgeleitet werden. Da ab 2030 Strom aus EE zu relativ günstigen Kosten zur Verfügung stehen wird – insbesondere unter Berücksichtigung der kostengünstigen EE-Potenziale außerhalb von Bayern – kann das Kraftstoffspektrum durch die Bereitstellung von Wasserstoff aus EE-Strom erweitert werden. Damit kommen bis 2050 weitere 40 PJ/a emissionsfreie Kraftstoffe hinzu, so dass in 2050 insgesamt 95 PJ/a an Kraftstoffen aus EE zur Verfügung stehen. Ab 2030 kann auch in nennenswertem Maße vom Einsatz von Elektrofahrzeugen ausgegangen werden. Diese könnten z.B. über ei-

nen noch stärkeren Ausbau der Stromerzeugung aus dem europäischen Stromverbund mit EE-Strom versorgt werden.

Die primärenergetische Gesamtbilanz des EE-Ausbaus bis 2050 zeigt **Abbildung 10**. Von derzeit 193 PJ/a steigt der Beitrag der EE zur Energieversorgung Bayerns auf 384 PJ/a in 2020, auf 492 PJ/a in 2030 bis auf 626 PJ/a in 2050. Das ist das 3,2-fache des heutigen Beitrags. Bezogen auf den derzeitigen gesamten Primärenergieverbrauch entspricht dies einem Anteil von 31%.

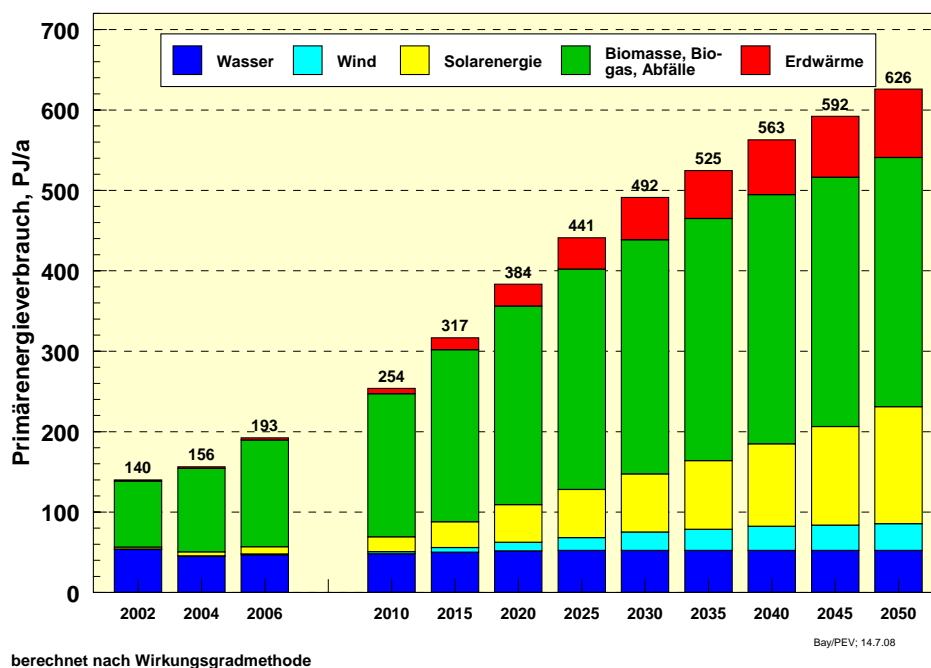


Abbildung 10: Entwicklung der Primärenergie aus erneuerbaren Energien (Wirkungsgradmethode) in Bayern bis 2050

Dabei ist zu beachten, dass durch die Berechnungsvorschrift gemäß der Wirkungsgradmethode die Stromerzeugung aus Wasserkraft, Windenergie und solarer Strahlungsenergie (Stromerzeugung ist identisch mit der Primärenergie) relativ zu Energien, die Nutzenergie über thermische Energiewandlung bereitstellen, unterrepräsentiert wird. Das gilt insbesondere im Vergleich zu den Beiträgen der Kernenergie und der fossilen Energien zur Stromerzeugung. Aussagekräftiger ist daher der Beitrag der EE zum gesamten Endenergieverbrauch, der sich in 2050 – bezogen auf den heutigen Verbrauch – auf einen Anteil von 37% beläuft. Die parallel ablaufenden Effizienzsteigerungen in der zukünftigen Energieversorgung führen jedoch zu einem reduzierten Energiebedarf mit entsprechend höheren Anteilen der EE.

Der hier bis 2050 angenommene Ausbau der EE führt zu einer CO₂-Minderung von insgesamt rund 40 Mio. t CO₂/a, also rund 50% des derzeitigen Ausstoßes an CO₂-Emissionen in Bayern, wenn bei der Substitution von Strom von einem 50:50 Verhältnis von Steinkohle- und Gaseinsatz in effizienten Kraftwerken ausgegangen wird.

4. Der Umbau der Stromversorgung

Die Stromerzeugungsstruktur Bayerns ist mit einem Kernenergieanteil von derzeit 63% extrem einseitig auf eine risikoreiche Energiequelle fixiert. Weitere 19% stammen aus EE, Gas und Öl decken rund 10% und Kohle (einschl. Sonstige) stellen 8% des Stroms bereit. Mit 7,8 TWh/a Strom aus HKW und BHKW (2005) werden knapp 10% des Bruttoverbrauchs mittels Kraft-Wärme-Kopplung bereitgestellt. Auf den beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie bis 2020 hat sich die Landesregierung in den letzten Jahren nicht vorbereitet und kommt demnach in ihren Prognosen zum Schluss, dass diese Energiequelle auf längere Zeit – also deutlich nach 2020 - unverzichtbar ist. In der Tat verlangt ein zeitgerechtes Abschalten der fünf bayrischen Kernkraftwerke aus heutiger Sicht beträchtliche Anstrengungen, die entsprechenden erforderlichen Leistungen und Strommengen in dem kritischen Zeitraum 2015 bis 2025 bereitzustellen. Bis auf einen vernachlässigbaren Rest Anfang 2020 sind bis dahin rund 49 TWh/a Kernenergiestrom zu ersetzen. Wie bereits gezeigt, kann eine verringerte Nachfrage nach Strom bis zu diesem Zeitpunkt nur einen geringen Beitrag von ca. 1,5 TWh/a dazu beitragen. Neben dem weiteren Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und der bereits erläuterten Ausweitung des Beitrags der EE werden deshalb auch zusätzliche Strommengen aus fossil gefeuerten Kondensationskraftwerken bereitgestellt werden müssen. Diese können entweder aus im Lande errichteten Kraftwerken stammen oder sie können aus anderen Bundesländern bezogen werden.

In **Tabelle 3** sind die Eckdaten eines möglichen Umbaus der Stromversorgung zusammengestellt. Der Beitrag aus KWK verdoppelt sich bis 2020, u. a. dank des deutlichen Zuwachses der Biomasse. Der Beitrag der übrigen inländischen EE steigt auf insgesamt 23,5 TWh/a, nur geringe Mengen (0,4 TWh/a) dürften bis zu diesem Zeitpunkt z.B. aus Offshore-Windkraft stammen. Dementsprechend sind noch insgesamt 37,8 TWh/a aus fossilen Kraftwerken bereitzustellen. Das ist gegenüber 2006 ein Mehrbedarf von 28,7 TWh/a, also noch 60% der wegfallenden Strommenge aus Kernenergie. Sie wird im Nachhaltigkeitsszenario zum Teil durch einen Anstieg der Stromerzeugung aus gasgefeuerten Kraftwerken in Höhe von 18,4 TWh/a und den Import fossilen Stroms (aus Kohlekraftwerken) in Höhe von 10,3 TWh/a bereitgestellt. Bis 2030 verringert sich diese Menge wieder wegen der weiter steigenden Beiträge der KWK, der übrigen EE im Lande und einen steigenden Anteil von EE-Strom aus dem europäischen Stromverbund. Der fossile Mehrbedarf gegenüber 2006 verringert sich auf insgesamt 15,2 TWh/a. Erst im Jahr 2050 sind die Folgen der einseitigen Festlegung auf die Kernenergie vollständig beseitigt. Neben einem Beitrag der KWK von 30% (einschließlich Biomasse) decken EE (ohne Biomasse) 60% des gesamten Bruttostromverbrauchs. Die restlichen 10% stammen aus Gas-GuD-Kraftwerken. Ein Teil des EE-Stroms (beginnend in 2030 mit 1 TWh/a und steigend bis 2050 auf 14 TWh/a) wird im Rahmen von Lastmanagementmaßnahmen und zur Entlastung des Verkehrssektors zur Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse eingesetzt.

Der steigende Beitrag der KWK verringert den Primärenergiebedarf 2050 um etwa 115 PJ gegenüber einer getrennten Erzeugung der betreffenden Strom- und Wärmemengen, was 6% des heutigen Primärenergieverbrauchs entspricht. Da die KWK in größeren Fernwärmenetzen nur noch relativ gering steigt, muss die dezentrale KWK (Nahwärme, größere und kleine BHKW) den Großteil des Wachstums der KWK übernimmt. Dies ist bei Biomasse i.d.R. der Fall, aber auch fossil gefeuerte BHKW müssen in größerem Umfang errichtet werden. Eine

differenzierte, lokale bzw. kommunale KWK-Strategie mit dem Schwerpunkt der Errichtung von kleineren HKW und BHKW mit angepasster Leistung bietet die größte Flexibilität hinsichtlich der erforderlichen Ausweitung der KWK. Ihre Etablierung ist das Schlüsselement einer wirksamen Strategie des Ausbaus der Kraft-Wärmekopplung.

Tabelle 3: Eckdaten des Umbaus der Strombereitstellung in und für Bayern bis 2050.

TWh/a	2006	2020	2030	2050
Strom aus KWK	8,6¹⁾	17,3	23,5	25,2
- fossil (Erdgas, Kohle, Müll)	5,5	9,0	12,0	12,0
- Biomasse	3,1 ²⁾	8,3	11,5	13,2
Strom aus übrigen EE	14,3	23,5	28,7	35,0
Strom aus fossilen Kondensations-Kraftwerken	9,1	27,5	18,0	8,4
- davon Kohle	3,0	3,0	2,0	0
- davon Erdgas, Öl	6,1	24,5	16,0	7,4
Strom aus Kernenergie	49,3	0,3	0	0
Gesamte Bruttostromerzeugung	81,3	68,6	70,2	68,6
Stromsaldo fossil	-0,7	10,3	6,5	0
EE-Stromverbund	0	0,4	2,2	14,0
Bruttostromverbrauch³⁾	80,6	79,3	78,9	82,6

1) Hochrechnung ausgehend von 7,8 TWh/a im Jahr 2005 [Fahl u.a., 2007]

2) Stromerzeugung 2006 aus Biomasse wird komplett unter KWK aufgeführt, obwohl dies derzeit nur für einen Teil der Biomasse-Stromerzeugung zutrifft;

3) Ab 2030 wird Strom aus EE auch zur Erzeugung von Wasserstoff für den Verkehrssektor eingesetzt. Daher steigt der Bruttostromverbrauch trotz sinkender Endenergienachfrage.

In der Gesamtbilanz kann der Wegfall von 6 400 MW Kernkraftwerksleistung bis 2020 durch eine gering verringerte Nachfrage nach Strom (entsprechend rund 300 MW Leistung), durch 1 600 MW an „gesicherter“ Leistung aus zusätzlichen erneuerbaren Energien, durch zusätzliche 1 400 MW Leistung aus gasgefeuerten Kraftwerken ausgeglichen, wobei bei letzteren auch der Zuwachs an KWK enthalten ist. Zusätzlich entspricht der in 2020 erforderliche Strombezug einer Leistung von rund 2 100 MW. Außerdem werden bestehende Gaskraftwerke mit höherer Auslastung betrieben. Diese beispielhaft dargestellte Aufteilung ist nur eine Möglichkeit, den Abgang der Kernenergie zu kompensieren. Zu diesen für den Ersatz der Kernenergie notwendigen Neubauten kommt der Ersatz von fossilen Kraftwerken, die bis 2020 aus Altersgründen außer Betrieb genommen werden. Die zweckmäßigste Aufteilung zwischen im Land errichteten Kraftwerken und zu beziehenden Strommengen kann nur bei Betrachtung der gesamten deutschen Stromversorgung (Kraftwerke und Versorgungsnetze) ermittelt werden (siehe z.B. [Leitstudie 2007]).

Im Zuge des Ersatzes und des Neubaus von Kraftwerken ist generell auf eine Investitionsstrategie bei fossilen Kraftwerken zu achten, die den weiteren deutlichen Ausbau der EE nach 2020 nicht blockiert, sondern ihn im Gegenteil unterstützt, damit längerfristig ein Gesamtsystem mit optimaler Nutzung aller Stromerzeugungstechniken entsteht. Dazu gehören flexible, gut regelbare Kraftwerke hoher Effizienz, die bei Bedarf auf das fluktuierende Stromangebot aus EE reagieren können. Deshalb sind neu zu bauende Großkraftwerke vorrangig als hocheffiziente Gas-GuD-Kraftwerke zu errichten.

Wegen des deutlichen Zubaus der EE steigt die insgesamt installierte Leistung in Bayern von derzeit rund 16,5 GW auf 20 GW in 2020, auf 26 GW in 2030 und auf 27,4 GW in 2050. Zusammen mit den außerhalb des Landes in Anspruch genommenen Leistungen steigen die entsprechenden Werte für 2020 auf 22,2 GW, für 2030 auf 26,5 GW und für 2050 auf 30 GW. Die gesicherte Leistung unter Berücksichtigung der reduzierten Beiträge fluktuierender erneuerbarer Energien nimmt im Betrachtungszeitraum leicht von derzeit 14,5 GW auf 13 GW in 2050 ab, da wegen der zurückgehenden Stromnachfrage und einem verstärkten Lastmanagement auch die Höchstlast sinkt.

5. Primärenergiebilanz und Entwicklung der CO₂-Emissionen.

Der anstehende Strukturwandel der Energieversorgung verändert auch die Primärenergiebilanz Bayerns in beträchtlichem Maße (**Abbildung 11**). Zum einen verringert sich der Gesamteinsatz deutlich. In 2020 werden noch 82% des heutigen Einsatzes benötigt, in 2030 noch 76%. Bis 2050 sinkt der Wert auf rund 60%. Zum anderen erfolgt sukzessive die Ablösung der nuklearen und der fossilen Energiequellen. Trotz des notwendigen Ersatzes für die Kernenergie sinkt auch die Nachfrage nach fossilen Energien bis 2020 infolge verstärkter Effizienzerfolge leicht von derzeit 1 300 PJ/a auf rund 1 200 PJ/a. Allerdings steigt der Gaseinsatz um knapp 30% auf 495 PJ/a bei deutlicherem Rückgang des Mineralöls. Erst nach 2020 beschleunigt sich der Rückgang fossiler Energiequellen deutlich. Im Jahr 2030 werden noch rund 1 000 PJ/a benötigt und im Jahr 2050 nur noch 560 PJ/a. Entsprechend wachsen die Beiträge der EE (**Tabelle 4**). Ihr Anteil an der Primärenergie steigt von derzeit 9,6% (2006) über 23% in 2020 und 32% in 2030 auf 53% im Jahr 2050. Damit ist der Übergang in eine nachhaltige Energieversorgung schon sehr weitgehend erfolgt.

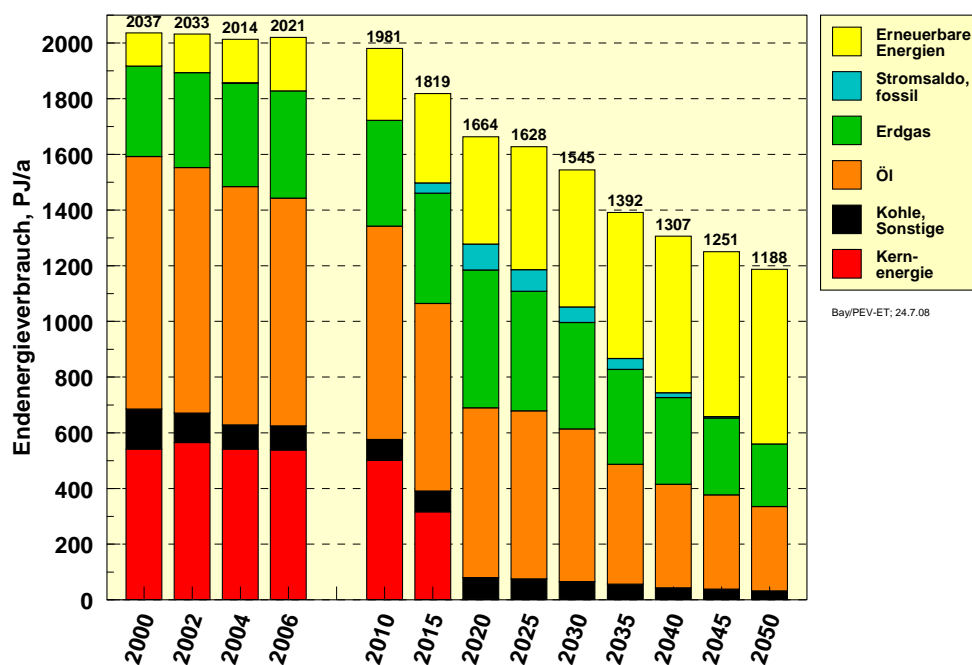


Abbildung 11: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Bayern im Nachhaltigkeitsszenario bis 2050 nach Energiequellen (berechnet nach Wirkungsgradmethode)

Tabelle 4: Anteile erneuerbarer Energien am jeweiligen Energieverbrauch nach Nutzungssektoren.

Prozent	2002	2004	2006	2010	2020	2030	2040	2050
Bruttostrom	22,4	19,2	21,7	27,2	40,7	53,7	65,5	75,3
Wärme	7,9	9,8	11,1	14,3	24,1	37,8	51,4	60,0
Kraftstoffe	1,1	1,7	4,6	6,5	12,4	16,1	21,0	32,3
Endenergie, gesamt	8,6	9,4	11,4	14,8	24,7	35,7	45,9	56,3
Primärenergie	6,8	7,7	9,6	13,1	23,1	31,9	43,1	52,8

Dem Verlauf der fossilen Energien folgen die CO₂-Emissionen. Berücksichtigt sind auch die Emissionen des zwischen 2015 und 2040 zu importierenden fossilen Stroms, der als Kohlestrom bewertet wurde. Zwischen 1990 und 2000 hatte Bayern keine Erfolge beim Klimaschutz erreicht. Die CO₂-Emissionen stiegen sogar auf rund 90 Mio. t/a. Seit 2001 sinken sie jedoch merklich und haben im Jahr 2004 einen Wert von 82,7 Mio. t/a erreicht (**Abbildung 12**). Eine Fortschreibung bis 2006 ergibt 80,6 Mio. t/a.

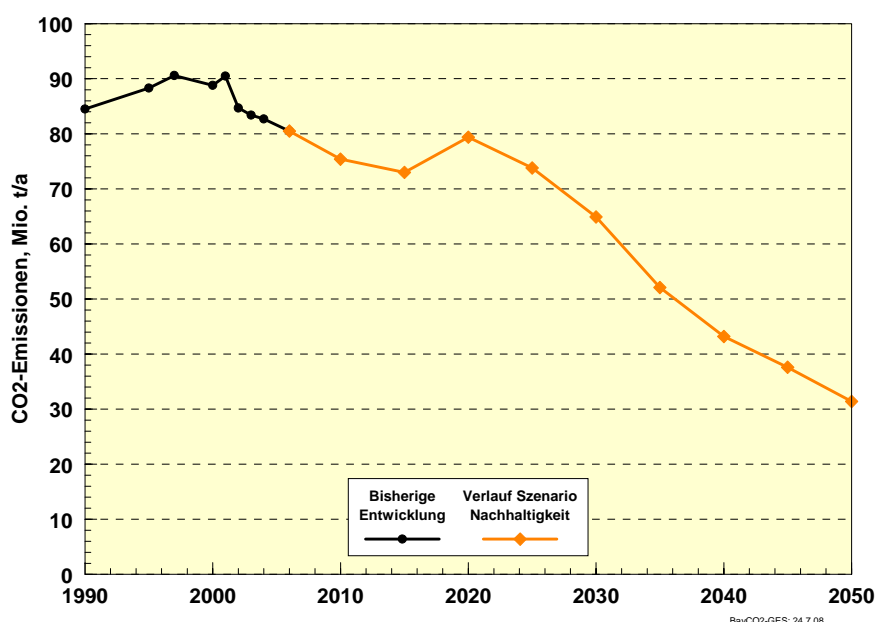


Abbildung 12: Verlauf der CO₂-Emissionen Bayerns im Szenario Nachhaltigkeit bis 2050

Der zukünftig durch Effizienzsteigerungen und EE-Ausbau induzierte Rückgang wird durch den Abbau der Kernenergie unterbrochen, der bis 2020 nicht vollständig kompensiert werden kann. Allerdings steigt das Emissionsniveau auch beim Ausstieg aus der Kernenergie nicht über das heutige Niveau. Der im Stromsektor sich bis 2020 einstellende Anstieg der CO₂-Emissionen kann durch Reduktionserfolge im Wärmebereich und im Verkehr wettgemacht werden. Nach 2020 kann sich die Reduktion der CO₂-Emissionen zügig fortsetzen. Im Szenario Nachhaltigkeit wird bis 2050 ein Niveau von rund 30 Mio. t CO₂/a erreicht, was 35% des Niveaus von 1990 entspricht.

Zusammen mit dem Rückbau der Kernenergie, der einer notwendigen Kompensation von ca. 26 Mio. t CO₂/a entspricht (50:50 Mix Kohle und Gas), muss also bis 2050 eine CO₂-Reduktion von insgesamt rund 75 Mo. t CO₂/a erbracht werden. Der Ausbau der EE trägt dazu 40 Mio. t/a bei, die Effizienzsteigerung liefert 35 Mio. t/a. In der Fortschreibung nach 2030

ist von einer relativ konservativen Abschätzung der weiter erzielbaren Effizienzsteigerungen ausgegangen worden. Bei entsprechend ehrgeizigeren Bemühungen, induziert durch neue Technologien, aber auch durch ein stetig hohes Energiepreisniveau, könnte sich Bayern bis 2050 auch dem für Industriestaaten angestrebten CO₂-Emissionsniveau von 20%, bezogen auf 1990, annähern.

6. Chancen eines konsequenten Umbaus der Energieversorgung für die Wirtschaft

Eine Strategie mit deutlich steigenden Investitionen in effizientere Energienutzungstechnologien sowie in KWK- und EE-Technologien führt im Vergleich zur Beibehaltung der jetzigen Versorgungsstrukturen zu einer deutlich höheren Wertschöpfung im Land. Außerdem liegt der Schwerpunkt der Investitionen in den innovativen Technologien der KWK und der EE, von denen ein größerer Teil im Land selbst hergestellt werden können, während bei herkömmlichen Ersatzinvestitionen der größte Anteil der Investitionen auf konventionelle (Groß-) -Kraftwerke entfällt. Hinzu kommen in der Umbaustrategie noch deutlich höhere Investitionen in Stromeinspartechnologien, sowie Investitionen in die energetische Sanierung des Gebäudebestands. Sie bewirken, dass entsprechend weniger Aufwendungen für den Einkauf fossiler Energieträger anfallen. Ebenfalls können die durch steigende Preise zukünftiger CO₂-Emissionszertifikate entstehenden Kostenbelastungen reduziert werden. Das Land kann sich mit dieser Strategie zunehmend von den Risiken stark bzw. sprunghaft steigender Energiepreise abkoppeln, die Importabhängigkeit von Öl und Gas sinkt kontinuierlich.

Die Stimulierung des Absatzes von „neuen Energietechnologien“ in Bayern durch einen beschleunigten Umbau der Energieversorgung hat daher eine große Bedeutung für die zukünftige Leistungsfähigkeit der bayrischen Volkswirtschaft. Bayern erfüllt die Voraussetzungen, um den wachsenden Bedarf an neuen und komplexen Systemlösungen zu einem bedeutenden Teil selbst zu decken, die für ein weiteres Vordringen neuer Energietechnologien auf Landes-, Bundes- und internationaler Ebene immer wichtiger werden. Es verfügt in vielen Bereichen über eine hervorragende wissenschaftlich-technologische Basis. Da sich einige der neuen Technologien noch im Demonstrationsstadium befinden oder am Beginn ihrer Markteinführung stehen, und auch die schon eingesetzten Technologien noch Verbesserungspotenziale besitzen, bedürfen sie auch künftig einer kontinuierlichen Weiterentwicklung. Vor allem für viele kleine und mittlere Unternehmen ist es besonders zu Beginn ihrer Aktivitäten sehr wichtig, Rückkopplungen von regionalen, für sie gut erreichbaren Märkten zu bekommen, um sich in diesen Geschäftsfeldern erfolgreich zu etablieren. Angesichts der wachsenden Bedeutung, die dezentralen Technologien für die zukünftige Energieversorgung auch international zukommt und angesichts der bereits in einigen Bereichen feststellbaren dynamischen Entwicklung von Exportmärkten, bieten sich für Bayern vielfältige Chancen, die genutzt werden sollten.

7. Umfassendes energiepolitisches Handeln aller wesentlichen Akteure ist erforderlich

Angesichts der Größe der Herausforderungen ist es offensichtlich, dass die Umbauziele für 2020 und die Aufrechterhaltung dieser Dynamik danach nur mit einer **Vielzahl von Maßnahmen und Instrumenten** erreicht werden können. Zwar liegt die Umsetzungskompetenz aufgrund rechtlicher Gegebenheiten zum geringeren Teil bei der Landesregierung, trotzdem gibt es auch hier Möglichkeiten, landespolitische Vorstellungen einzubringen und umzusetzen. Die wichtigsten derzeitigen energie- und klimapolitischen Instrumente auf Bundesebene sind das EEG, das KWK-Gesetz, die Energieeinsparverordnung, die verstärkte Unterstützung für die Sanierung des Gebäudebestands, die Quote bzw. Beimischungspflicht von Biokraftstoffen, das Marktanzreizprogramm zur Förderung von EE im Wärmebereich, das Treibhausgasemissionshandelsgesetz und das jüngst verabschiedete Regenerative Wärmegesetz. Auch wenn davon auszugehen ist, dass die Bundesregierung hier die noch erforderlichen Präzisierungen und punktuellen Verschärfungen vornehmen wird, um die von ihr genannten Zielsetzungen zu erreichen, bleibt dennoch genügend Spielraum für eine Landesregierung sich engagiert für eine wirksame Umsetzung der Bundesziele 2020 einsetzen. Entsprechendes gilt für energierelevante EU- Richtlinien, wie z.B. die Vorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz und des EE-Ausbaus. Im Folgenden wird ein geraffter Überblick über die erforderlichen Maßnahmen gegeben:

(A) Um den notwendigen verstärkten Ausbau der KWK zu sichern, sind im Zusammenhang mit dem KWK-Gesetz weitere wirksame Maßnahmen von Bedeutung. Verbesserte allgemeine Rahmenbedingungen (z.B. der Emissionszertifikatehandel) sind für eine dynamische Entwicklung des KWK-Marktes allein nicht ausreichend. Auch das derzeitige KWK-Gesetz hat eine zu geringe Wirkung. Hier sollte sich das Land verstärkt für eine verbesserte Unterstützung auf Bundesebene einsetzen.

Es kommt sehr darauf an, rasch neue Anwendungsfelder und Technologien für die KWK zu erschließen. Hier kann die Landesregierung direkt Einfluss nehmen. **Demonstrationsvorhaben** mit fortschrittlichen KWK-Technologien im dezentralen Bereich sind in einer deutlich größeren Zahl erforderlich, um Betriebserfahrungen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen und in ausreichend großer Vielfalt zu gewinnen und um potenzielle Investoren zu ermutigen. Gleichzeitig ist aber über die Demonstrationsphase hinaus sicherzustellen, dass bis 2020 **eine breite Einführung der dezentralen KWK** möglich ist. Geeignet dafür erscheint eine umfassende KWK-Ausbaustrategie aller Energieversorger des Landes unter besonderer Beteiligung der Kommunen. Die Entwicklung dieser Strategie sollte eine zentrale politische Forderung in der Energiepolitik des Landes sein. Sonst bleiben die Appelle an eine Ausweitung der KWK, wie stets in der Vergangenheit, ohne Wirkung. Die Genehmigung des Neubaus von Kondensationskraftwerken sollte an das Vorliegen einer derartigen Strategie gekoppelt sein.

Weiterhin ist es erforderlich, generell die Akzeptanz und die Kenntnis zu den Einsatzmöglichkeiten der KWK (unter Einschluss der Kältererzeugung) zu erhöhen. Folgende **Maßnahmen** werden dazu empfohlen:

- Verpflichtung aller Kommunen, zukünftig ein vorausschauendes aktives Energiemanagement im Rahmen kommunaler Energiekonzepte sowohl für die öffentlichen Gebäude als auch für alle privaten Wohn- und Gewerbegebäude zu betreiben. Kommunale Verwaltungen sollten vorausplanend energetische Konzepte für Neubaugebiete und für Gebäude- bzw. Quartiersanierungen „in der Tasche haben“ und sie von Planungsbeginn an zur Grundlage von Verhandlungen mit privaten oder gewerblichen Investoren machen. Zur wirkungsvollen Durchsetzung einer derartigen Strategie ist die Bündelung der energierelevanten Verantwortlichkeiten erforderlich. Kommunen sollten sich vor dem Hintergrund des notwendigen Klimaschutzes stärker der eigenen Gestaltungsmöglichkeiten und der eigenen Verantwortung im Energiebereich bewusst werden. Dazu gehört an vorrangiger Stelle auch die Einbindung bzw. Inanspruchnahme oder Verpflichtung der (noch) vorhandenen **Stadtwerke**.
- Erstellung von zielgruppenspezifischem Informationsmaterial zu den Einsatzmöglichkeiten von KWK-Anlagen (kommunale Verwaltungen, Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors, Wohnungsbaugesellschaften, Architekten) und eine stärkere Beachtung dieser Thematik bei der Ausbildung von Handwerkern, Technikern und Ingenieuren sowie Durchführung gezielter Weiterbildungsmaßnahmen im gewerblichen Bereich (kleinere und mittlere Planungsbüros, Handwerksbetriebe, Contractoren, potentielle Nutzer).

Verknüpft damit ist die finanzielle **Unterstützung des Baus von Nahwärmenetzen, insbesondere auch bei Sanierungen im Altbaubestand** von herausragender Bedeutung. Sie sollte denselben Stellenwert erlangen wie die Unterstützung des Ausbaus der Verkehrsinfrastrukturen, entsprechend sollten ähnliche Finanzmittel dafür zur Verfügung stehen. Ein konsequenter Ausbau von Nahwärmenetzen ist auch für eine deutliche Ausweitung des Beitrags der EE wesentlich. Folgende Punkte sind von Bedeutung:

- Weitere gesetzgeberische Flankierung für den verstärkten Ausbau von kommunalen Nahwärmeversorgungen in Neubaugebieten und im Gebäudebestand. Die Änderung der Gemeindeordnung hat die Spielräume bereits wesentlich erweitert, in Bebauungsplänen weitgehende Festlegungen zu Gunsten des Klimaschutzes vorzunehmen. Falls dies noch nicht in allen Punkten bekannt oder rechtssicher ist, sollte die Landesregierung dafür Sorge tragen, dass Unklarheiten und Informationsdefizite hinsichtlich der Ausschöpfung kommunaler Gestaltungsmöglichkeiten baldmöglichst ausgeräumt werden;
- Gewährleistung verlässlicher Förderbedingungen über die oft langjährige Akquisitionsphase von Wärmeabnehmern; insbesondere Zuschüsse mit anfänglich hohen Anteilen für Impulsdemonstrationsprojekte im Altbaubestand;
- Erstellung eines Leitfadens zur Bedeutung von Nahwärmenetzen für kommunale Verwaltungen und von Informationsmaterial für die Bürger sowie ein verstärkter Erfahrungsaustausch mit Ländern, die schon über einen hohem KWK-Anteil und Nahwärmeausbau verfügen.

(B) Im EE-Bereich ist stromseitig bereits eine ausreichende Unterstützung durch das EEG gewährleistet. Hinzukommen muss jedoch insbesondere der Abbau übertriebener restriktiver Regelungen im Bereich der Genehmigung von Windkraftanlagen durch Überarbeitung und Ausweitung der jetzigen Vorranggebiete und durch stärkere Mitspracherechte der Kommunen bei der Genehmigung von Windanlagen auf ihrer Gemarkung (siehe auch „Kommunale Energiekonzepte“). Auch ist eine verstärkte Förderung des Wettbewerbs im Stromsektor u. a. durch aktive Unterstützung der Regulierungsbehörde nützlich.

Wärmeseitig muss das „Gesetz zur Nutzung Erneuerbarer Wärmeenergie“ ausgeweitet werden, da die Wachstumsdynamik der EE im Wärmebereich noch beschleunigt werden muss. Notwendig sind eine Fortschreibung dieses „Einstiegsgesetzes“ auf der Basis eines Erfahrungsberichts nach zwei Jahren mit Empfehlungen für eine zeitliche Dynamisierung des Pflichtanteils an erneuerbaren Energien sowie baldige Vorschläge zur Ausdehnung des Gesetzes auf Altbaubestand (außer Produktionsstätten).

Parallel zur Weiterentwicklung des regenerativen Wärmegesetzes ist eine gezielte Landesförderung zur Unterstützung der Markteinführung wichtiger EE-Technologien im Wärmebereich sinnvoll. Dazu gehören Solare Nahwärmeversorgungen mit saisonaler Wärmespeicherung und KWK-Anlagen im Bereich der Tiefengeothermie. Eine Verbindung mit der Förderung von Nahwärmenetzen (Punkt A) sollte hergestellt werden.

(C) Möglichkeiten einer rationelleren Energienutzung sind in allen Nutzungsbereichen gegeben. Daraus resultiert eine Fülle notwendiger Einzelmaßnahmen, die auf Landesebene angegangen werden können. Die Nähe zu den einzelnen Zielgruppen prädestiniert das Land für Motivation, Information, Beratung und Fortbildung im Bereich der Effizienzsteigerung.

- Die größten homogenen Einsparpotentiale liegen im **Raumwärmebereich** - und dort im Bereich der Altbausanierung - so dass hier ein Schwerpunkt liegen sollte. Dazu gehört u. a. die Ausweitung der Mittel zur beschleunigten energetischen Sanierung von Altbauten.
- Die vorbildliche Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen in den **Liegenschaften des Landes** hat eine wichtige Vorbildfunktion und ist für die Vermittlung einer glaubwürdigen Energiepolitik unverzichtbar. Gleichzeitig kann damit die Demonstration wichtiger KWK- und EE-Technologien verknüpft werden.
- Von großer Bedeutung ist eine stärkere Intensivierung der **Stromeinsparung in privaten Haushalten und in Handel, Dienstleistungen und Gewerbe**. Hier kann das Land den Bund dazu drängen, bei der Auszeichnung des Verbrauchs von Elektrogeräten (z.B. Lebenszykluskosten) und der Einführung des „Top Runner“ –Prinzips rascher voran zu kommen. Auch sollte die Klimatisierung und Kühlung von Büro- und Geschäftsgebäuden mittels KWK-Wärme und Solarwärme (Adsorptionskühlung) generell Vorrang erhalten vor der elektrisch betriebenen Kompressionskühlung.
- Bayern hat einen relativ hohen Anteil an **Stromheizungen** (Direkt- und Nachtspeicherheizungen). Im Zuge der empfohlenen forcierten Altbausanierung sollten derartige

Heizungen generell ersetzt werden. Tarifliche Begünstigung von Strom für Nachtspeicherheizungen sollte schrittweise abgebaut werden.

- Im **Verkehrsbereich** sind effizienzsteigernde Maßnahmen in allen Bereichen dringend erforderlich, da dort der Ersatz fossiler Energien besonders aufwendig und kostspielig ist. Die technische Weiterentwicklung sparsamer Antriebssysteme, verbrauchsarmer Fahrzeugen und neuer Fahrzeugkonzepten (z.B. „Plug-in-Hybrid“) ist dabei zwar unverzichtbar, ihre beschleunigte Einführung ist jedoch durch unterstützende Maßnahmen zu fördern. Dazu gehören u. a.: Eine stetige Fortschreibung der Grenzwerte für CO₂-Emissionen, eine CO₂-bezogene KfZ-Steuer und ein allgemeines Tempolimit. Auch eine Stärkung umweltverträglicherer Verkehrsträger (Schienenverkehr, Schiff, Busse) ist erforderlich, u. a. durch Förderung des ÖPNV, des nichtmotorisierten Verkehrs, der Ausdehnung der LKW-Maut und der Förderung des kombinierten Ladungsverkehrs durch neuartige Umschlagstechniken. Auf mittlere Sicht sind auch das Verkehrswachstum dämpfende Maßnahmen erforderlich, wie siedlungsplanerische Maßnahmen („kurze Wege“, Förderung regionaler Wirtschaftsstrukturen) und eine Umorientierung im Infrastrukturausbau. Die Klimawirkungen des Flugverkehrs sind vordringlich zu reduzieren u. a. durch Ausdehnung des Emissionshandels auf den Flugverkehr und die Besteuerung von Kerosin. Ein weiterer Ausbau der Flugverkehrsinfrastruktur, insbesondere von Regionalflughäfen sollte unterbleiben.

8. Literatur

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: „Eckpunkte der bayrischen Energiepolitik.“ München, Juni 2008.

U. Fahl, B. Rühle, M. Blesl, L. Eltrop u.a.: „Energieprognose Bayern 2030.“ Gutachten im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie. IER Stuttgart, ISSN 0938-1228, Oktober 2007.

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: „Energiebilanz Bayern – Daten, Fakten, Tabellen (Schwerpunkt Daten des Jahres 2004); München, 2007.

Bayerischer Landtag: „Anfrage zu wichtigen Eckdaten für den Energiesektor in Bayern.“ Drucksache Nr. 15/815 vom 3.8.2007.

„Leitstudie 2007“ – Aktualisierung und Neubewertung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien.“, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (BMU), J. Nitsch in Zusammenarbeit mit DLR-Stuttgart, Februar 2007.

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: „Daten zur Bayerischen Energieversorgung 2006.“ München, Februar 2007.

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: „Gesamtkonzept Bayern zur Energiepolitik.“ München, 2004.

J. Nitsch, F. Staiß, H. Bradke u.a.: „Struktur und Entwicklung der zukünftigen Stromversorgung Baden-Württembergs.“ DLR Stuttgart, ZSW Stuttgart, ISI Karlsruhe im Auftrag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg. März 2002.

9. Tabellenanhang

Tabelle A1:

Endenergie nach Verwendungsbereichen, PJ/a				
	Strom	Wärme	Kraftstoffe	Gesamt
1990	214	594	384	1192
1995	239	682	416	1337
2000	261	658	454	1372
2002	266	661	441	1370
2004	261	662	441	1364
2006	264	660	450	1374
2010	266	652	440	1358
2015	265	616	413	1294
2020	263	580	386	1229
2025	260	538	368	1166
2030	256	495	350	1101
2035	249	455	335	1039
2040	240	420	320	980
2045	230	400	305	935
2050	220	380	290	890

Tabelle A2:

Endenergie nach Energieträgern, PJ/a						
	Kohle	Ol	Gas	Fernwärme (nur HKW) + Kraftstoffe	EE-Wärme	Strom
2000	25	729	279	38	40	260
2002	19	704	285	38	58	266
2004	14	684	295	40	73	258
2006	13	662	300	41	94	264
2010	12,8	615	301	41	122	266
2015	12	542	280	42	153	265
2020	10,7	459	265	43	188	263
2025	9,5	404	232	43	217	260
2030	8,4	350	201	42	244	256
2035	8	310	170	42	260	249
2040	7,5	272	135	42	283	240
2045	7	243	107	42,5	305	230
2050	6,5	213	80	41	329	220

Tabelle A3:

Endenergie Strom nach Verbrauchssektoren, PJ/a					
	Industrie	GHD	Haushalte	Verkehr	Gesamt
1990	92	58,3	55	9	214
1995	100	70	63,7	9	239
2000	105	78	67	10	260
2002	107	77	73	9	266
2004	108	66,5	74,5	9	258
2006	111	69	75	9	263
2010	110	74,4	75	9	266
2015	112	74,2	71	9	265
2020	113,5	74	67	9	263
2025	116	71,8	63,1	9	260
2030	117,6	69,5	59,2	9,5	256
2035	115	68,5	55	10,5	249
2040	112	66,5	51	11,5	240
2045	108	61,5	48	12,5	230
2050	105	56	45	14	220

Tabelle A4: .

Strom- und Nutzwärmeerzeugung (GWh/a); potentielle Erträge mit der am Jahresende install. Leistung											ARES-BAY-A	
	STROM							WÄRME			Strom gesamt	Wärme gesamt
	Wasser	Wind	Photovolt.	Geotherm. Strom	Strom-import	Biomasse Strom	Biogene Abfälle Strom	Biomasse Wärme *)	Kollektoren	Geotherm. Wärme		
2000	12218	63	96	0	0	829	450	14560	267	377	13656	15203
2001	12467	100	145	0	0	938	450	14874	324	387	14101	15585
2002	14771	154	211	0	0	1067	500	15439	421	403	16703	16262
2003	12114	192	311	0	0	1324	550	16010	555	425	14492	16990
2004	12340	224	477	0	0	1658	600	16836	748	455	15299	18039
2005	13025	252	745	0	0	2055	630	17709	962	508	16708	19179
2006	12942	366	1083	0	0	2448	650	18534	1178	617	17489	20329
2007	13091	425	1430	2	0	3026	713	19521	1429	757	18688	21707
2008	13208	518	1774	7	0	3585	750	20525	1717	916	19841	23158
2009	13319	623	2120	23	0	4153	750	21475	1991	1112	20988	24579
2010	13424	742	2468	58	0	4536	750	22266	2280	1357	21978	25904
2011	13492	874	2818	88	0	4926	750	23076	2589	1609	22948	27274
2012	13560	1020	3171	118	0	5301	750	23820	2909	1875	23919	28603
2013	13628	1176	3546	148	0	5615	750	24470	3245	2156	24863	29871
2014	13734	1378	3905	178	0	5911	750	25081	3597	2446	25856	31124
2015	13857	1610	4265	208	0	6191	750	25637	3964	2749	26881	32349
2016	13963	1864	4624	290	0	6459	750	26151	4342	3151	27950	33644
2017	14067	2137	4976	355	0	6727	750	26642	4724	3532	29012	34898
2018	14160	2426	5321	453	0	7000	750	27132	5114	3985	30109	36231
2019	14246	2718	5674	523	0	7278	750	27620	5517	4404	31188	37541
2020	14332	3016	5992	593	0	7563	750	28102	5930	4840	32245	38872
2030	14504	6355	8671	1398	0	10716	750	33091	9745	9116	42394	51952
2040	14504	8538	10780	2100	2249	12434	750	35848	12857	11257	51354	59962
2050	14506	8928	11948	3500	10147	12434	750	35848	16059	13450	62212	65357

BAYERN/ARES-BAY-A; 14.7.2008

**) einschließlich biogene Abfälle

Tabelle A5:

Jährliche Leistungsinvestitionen; MW/a										ARES-BAY-A	
	STROM (MWel/a)						WÄRME (MWth/a)			Strom gesamt MWel/a	Wärme gesamt MWth/a
	Wasser	Wind	Photovolt.	Geotherm. Strom	Strom- import	Biomasse Strom*)	Biomasse Wärme **)	Kollek- toren	Geotherm. Wärme		
2000	0	18	50	0	0	80	500	84	4	148	588
2001	55	33	60			15	114	105	6	163	225
2002	45	52	80			29	236	175	10	206	421
2003	40	37	120			37	167	245	14	234	426
2004	37	35	200			61	220	350	20	333	590
2005	38	34	320	0	0	67	224	389	30	459	643
2006	38	81	400	0		62	224	398	55	581	677
2007	38	48	400	0,5		86	240	428	70	572	739
2008	32	80	400	1		91	336	462	78	604	876
2009	31	90	400	3		87	437	511	86	611	1034
2010	30	100	400	5	5	75	587	560	95	610	1242
2011	34	110	400	5		70	652	616	103	619	1371
2012	34	120	400	5		71	690	665	111	630	1466
2013	34	130	400	5		67	740	714	120	636	1574
2014	41	150	400	5		66	791	763	127	662	1681
2015	44	165	400	5	0	65	843	812	135	679	1790
2016	43	176	400	10	0	63	827	861	142	692	1830
2017	45	182	400	10	0	63	820	910	149	700	1879
2018	45	188	400	10	0	64	814	959	157	707	1930
2019	46	194	400	10	0	65	809	1015	165	715	1989
2020	48	200	400	10	0	66	800	1085	170	724	2055
2030	38	230	550	12	0	46	343	1190	180	875	1713
2040	41	200	600	11	35	25	815	1575	190	911	2580
2050	48	250	650	28	122	0	343	1960	200	1097	2503

BAYERN/ARES-BAY-A; 14.7.2008

*) einschl. Strom aus biogenen Abfällen

**) nur reine Heizanlagen, -werke

Tabelle A6:

Jährliche und kumulierte Investitionen (Mio EUR/a; Mio EUR)											ARES-BAY-A		
Strom- und Wärmemarkt getrennt; Nahwärmenetze getrennt ausgewiesen											Gesamt Strom	Gesamt Wärme ohne Nahwärme !	Gesamt- Investition
	Wasser	Wind	Photovolt.	Strom- import	Kollektoren	Biomasse Wärme	Biogas/ Biomasse KWK **)	Geotherm. Wärme++)	Geotherm. Strom	Nahwärme- netze			
2000	50	23	300	0	96	100	100	20	0	87	473	216	689
2001	112	41	342	0	113	97	40	13	0	35	535	222	757
2002	93	62	432	0	180	191	51	21	0	55	638	392	1031
2003	84	43	612	0	242	149	101	29	0	79	840	419	1260
2004	81	40	960	0	332	209	187	43	0	107	1267	583	1850
2005	86	38	1456	0	348	223	231	58	0	122	1811	629	2441
2006	88	89	1700	0	338	219	219	93	0	119	2097	650	2747
2007	91	52	1580	0	351	260	346	119	7	157	2075	731	2806
2008	79	84	1440	0	355	320	316	132	14	236	1933	807	2739
2009	77	92	1300	0	365	387	315	145	39	247	1822	896	2718
2010	74	99	1180	0	371	458	197	157	63	227	1613	986	2599
2011	83	106	1080	0	380	497	205	169	60	237	1534	1046	2579
2012	85	113	1020	0	384	515	203	180	58	235	1478	1079	2556
2013	87	120	960	0	384	533	171	192	55	225	1392	1109	2501
2014	105	151	880	0	381	561	175	202	53	224	1364	1145	2509
2015	114	170	800	0	385	588	180	213	50	220	1314	1186	2501
2016	112	178	720	0	386	569	177	223	95	230	1283	1178	2461
2017	118	183	640	0	386	554	172	233	91	218	1203	1172	2375
2018	118	186	600	0	382	544	171	242	87	226	1162	1169	2331
2019	120	190	560	0	380	533	169	252	84	215	1123	1165	2288
2020	125	194	520	0	379	516	167	252	81	280	1087	1146	2233
2030	101	231	550	0	395	225	329	238	92	407	1303	858	2160
2040	108	194	564	111	506	467	232	239	88	206	1296	1212	2509
2050	127	231	585	377	612	210	303	240	220	245	1843	1062	2905
D 08 - 20	126	194	1031	37	495	575	268	255	94	298	1750	1324	3074
Kum 08-20	1632	2520	13399	487	6430	7477	3481	3309	1228	3879	22748	17216	39964
D 21 - 50	112	212	556	100	465	352	265	241	110	292	1355	1058	2413
Kum 21-50	3348	6370	16665	2990	13959	10554	7959	7230	3305	8757	40637	31743	72380

++) einschließlich Geothermie-WP

**) HKW und BHKW mit fester Biomasse + BHKW mit Bio-, Klärgas + Dep.gasanlagen

BAYERN/ARES-BAY-A; 14.7.2008

Tabelle A7: Differenzkosten (Mehr- bzw. Minderkosten gegenüber Preisfad A) in Mio. €_{2005/a} bzw. in Mio. €₂₀₀₅

Differenzkosten des Szenarios (Mio EUR/a) Jahreskosten des Bestands integriert										ARES-BAY-A Preisfad A: Deutlich				
	Wasser	Wind	Photovolt.	Strom- import	Kollektoren)	Biomasse Strom	Biomasse Wärme*)	Geotherm. Strom	Geotherm. Wärme*)	Gesamt Strom	Gesamt Wärme	Gesamt	Strom ohne PV	
2000	-55	9	75	0	59	68	255	0	336	97	649	746	22	
2001	-63	12	106	0	68	70	247	0	336	125	651	776	20	
2002	-143	18	145	0	82	73	236	0	337	93	655	748	-51	
2003	-59	22	199	0	100	81	224	0	338	243	662	905	43	
2004	-71	25	285	0	125	96	218	-0	340	335	683	1018	50	
2005	-101	29	413	0	146	115	222	-0	343	456	711	1167	43	
2006	-115	34	560	0	164	130	197	-0	345	609	705	1315	49	
2007	-138	37	693	0	181	157	190	1	345	750	716	1466	56	
2008	-161	43	812	0	195	179	202	2	343	875	740	1615	62	
2009	-185	48	916	0	209	196	210	5	334	979	753	1732	63	
2010	-211	52	1006	0	220	200	213	8	315	1056	747	1803	50	
2011	-238	57	1084	0	226	199	186	12	291	1114	704	1818	30	
2012	-266	60	1155	0	229	195	150	15	264	1158	643	1802	4	
2013	-296	63	1216	0	227	182	103	17	231	1182	562	1744	-34	
2014	-327	66	1268	0	220	167	49	19	194	1192	464	1655	-76	
2015	-361	68	1309	0	209	148	-15	20	152	1185	346	1531	-125	
2016	-391	68	1340	0	201	131	-53	18	107	1166	255	1421	-174	
2017	-423	65	1358	0	189	110	-100	18	62	1129	151	1280	-229	
2018	-456	60	1364	0	173	87	-152	12	11	1067	32	1100	-297	
2019	-490	51	1356	0	152	61	-209	8	-37	987	-94	893	-370	
2020	-527	37	1332	0	124	32	-282	4	-90	878	-248	630	-454	
2030	-820	-158	368	-0	-355	-228	-932	-49	-430	-887	-1718	-2605	-1255	
2040	-1154	-533	-290	-130	-824	-527	-1505	-188	-767	-2822	-3097	-5918	-2532	
2050	-1532	-780	-681	-834	-1347	-832	-1953	-381	-1188	-5041	-4488	-9529	-4360	
Summen:														
2001-2010	-1249	320	5135	0	1491	1298	2159	16	3375	5520	7025	12544	385	
2011-2020	-3775	594	12783	0	1950	1313	-322	144	1186	11059	2814	13873	-1724	
2021-2030	-6734	-608	8502	0	-1153	-980	-6073	-225	-2603	-45	-9829	-9874	-8547	
2031-2040	-9872	-3459	392	-648	-5895	-3776	-12188	-1182	-5989	-18545	-24072	-42617	-18937	
2041-2050	-13433	-6568	-4854	-4817	-10856	-6796	-17291	-2845	-9775	-39313	-37922	-77235	-34459	
Gesamt:														
2001-2030	-11757	307	26419	0	2288	1631	-4237	-65	1958	16534	9	16543	-9886	
2031-2050	-23305	-10027	-4462	-5464	-16751	-10572	-29479	-4027	-15764	-57858	-61995	-119852	-53396	
2001-2050	-35063	-9720	21958	-5464	-14463	-8942	-33716	-4092	-13807	-41324	-61986	-103309	-63281	

*) einschließlich Nahwärmenetze

BAYERN/ARES-BAY-A: 14.7.2008

Tabelle A7: Stromkosten neuer EE-Anlagen (€₂₀₀₅/kWh); bei KWK-Anlagen unter Berücksichtigung von Wärmegutschriften

Mittlere Stromkosten der jeweiligen neuen Anlagen (EUR/kWh)								ARES-BAY-A	
	Wasser	Wind	Photovolt.	Geotherm. Strom	Strom- import	Feste Biomasse	Biogase	Mittel- wert	Mittelwert ohne PV
2000	0,043	0,139	0,735			0,082	0,123	0,065	0,049
2001	0,043	0,136	0,690			0,082	0,123	0,063	0,047
2002	0,037	0,133	0,649			0,082	0,121	0,059	0,042
2003	0,046	0,129	0,606			0,083	0,120	0,075	0,052
2004	0,048	0,126	0,568	0,000		0,082	0,124	0,091	0,058
2005	0,048	0,124	0,535	0,685		0,081	0,127	0,106	0,060
2006	0,050	0,122	0,496	0,682		0,082	0,127	0,131	0,067
2007	0,051	0,119	0,456	0,447		0,085	0,128	0,137	0,072
2008	0,053	0,116	0,414	0,366		0,088	0,128	0,139	0,076
2009	0,053	0,113	0,372	0,266		0,089	0,126	0,137	0,079
2010	0,053	0,109	0,337	0,198		0,091	0,124	0,135	0,080
2011	0,052	0,106	0,307	0,185		0,090	0,122	0,131	0,081
2012	0,053	0,104	0,289	0,173		0,088	0,120	0,130	0,081
2013	0,054	0,102	0,269	0,160		0,086	0,119	0,128	0,082
2014	0,055	0,101	0,246	0,147		0,084	0,118	0,123	0,082
2015	0,056	0,099	0,223	0,134		0,083	0,116	0,118	0,082
2016	0,056	0,096	0,200	0,106		0,081	0,113	0,112	0,080
2017	0,056	0,093	0,178	0,095		0,079	0,111	0,106	0,079
2018	0,056	0,090	0,166	0,073	0,087	0,077	0,108	0,102	0,078
2019	0,056	0,088	0,154	0,065	0,085	0,075	0,105	0,097	0,076
2020	0,056	0,085	0,143	0,057	0,082	0,072	0,102	0,093	0,074
2030	0,057	0,073	0,106	0,044	0,076	0,060	0,096	0,079	0,069
2040	0,056	0,064	0,097	0,044	0,058	0,050	0,088	0,072	0,063
2050	0,057	0,064	0,092	0,045	0,056	0,037	0,080	0,065	0,058

BAYERN/ARES-BAY-A; 14.7.2008

Tabelle A8:

Primärenergieverbrauch nach Energiequellen, PJ/a							
	Kern- energie	Kohle, Sonstige	Öl	Erdgas	Stromsaldo, fossil	Erneuerbare Energien	
2000	541	144	907	325	0	120	
2002	565	106	882	341	0	139	
2004	541	87	856	371	3	156	
2006	538	87	818	385	0	193	
2010	501	75	766	380	0	259	
2015	316	75	674	396	37	321	
2020	3	77	610	495	93	386	
2025	0	75	604	429	78	442	
2030	0	65	549	382	56	493	
2035	0	56	431	341	39	525	
2040	0	43	372	312	17	563	
2045	0	38	339	276	5	593	
2050	0	32	303	225	0	628	