

## Eine zukunftsfähige Energieversorgung für Baden-Württemberg

Ausstieg aus der Kernenergie bis 2020,  
aus der Kohle bis 2040

Das Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040

Eine zukunftsfähige Energieversorgung zeichnet sich dadurch aus, dass bis 2020 auf die Nutzung der Kernenergie verzichtet wird, bis 2040 auch die Kohle nicht mehr benötigt wird und ab ca. 2060 die gesamte effizienzoptimierte Energieversorgung ausschließlich mittels erneuerbaren Energien (EE) erfolgt. Damit dieser „Fahrplan“ eingehalten werden kann, müssen die wesentlichen Umstellungsstrategien, also der umfassende Ausbau der EE verstärkt weitergeführt und die längst fällige deutliche Effizienzsteigerung der gesamten Energienutzung unverzüglich eingeleitet werden.

Das im folgenden dargestellte Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040 von Dr. Joachim Nitsch skizziert diesen Weg für Baden-Württemberg über den Zeitraum 2010 – 2050.

Dr. Joachim Nitsch war bis Ende 2005 Leiter der Abteilung „Systemanalyse und Technikbewertung“ am Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart. Er ist unter anderem Berater und Gutachter für innovative Energiesysteme und Klimaschutzstrategien und unterstützt als Energiereferent den LNV.

Stuttgart, 09.05.2011

## Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040 - eine zukunftsfähige Energieversorgung für Baden-Württemberg.

### Zusammenfassung

Eine zukunftsfähige Energieversorgung zeichnet sich dadurch aus, dass bis 2020 auf die Nutzung der Kernenergie verzichtet wird, bis 2040 auch die Kohle nicht mehr benötigt wird und ab ca. 2060 die gesamte effizienzoptimierte Energieversorgung ausschließlich mittels erneuerbaren Energien (EE) erfolgt. Damit dieser „Fahrplan“ eingehalten werden kann, müssen die wesentlichen Umstellungsstrategien, also der umfassende Ausbau der EE verstärkt weitergeführt und die längst fällige deutlich Effizienzsteigerung der gesamten Energienutzung unverzüglich eingeleitet wird. Das Szenario „NACHHALTIGKEIT 2020/2040“ skizziert diesen Weg für Baden-Württemberg über den Zeitraum 2010 – 2050:

1. Das Land kann dann einen angemessenen Beitrag an den aktuellen EU- und bundespolitischen Zielsetzungen zum Klimaschutz erbringen, wenn bereits **bis 2020** wesentliche Ziele bei der Umgestaltung der Energieversorgung umgesetzt werden:
  - **Eine deutliche Verbesserung der Effizienz** der gesamten Energienutzung: Die dazu notwendige (und mögliche) Steigerung der jahresdurchschnittlichen Energieproduktivität auf 3,3%/a erfordert eine Verdopplung des gegenwärtigen Trends der Effizienzentwicklung. Entscheidend ist insbesondere eine deutliche Verringerung des Wärmebedarfs im Gebäudebestand. Die Effizienzsteigerung führt bis 2020 zu einer Verringerung des **Endenergieverbrauchs um 23%** und **des Stromverbrauchs um 12%** gegenüber 2008.
  - **Eine deutliche Steigerung der jährlichen Zubaurate erneuerbarer Energien (EE)** gegenüber der Periode 2000-2008: Dies ergibt bis 2020 eine **zusätzlich** bereitgestellte Energiemenge von 25 TWh/a (= Mrd. kWh/a), davon 14 TWh/a Strom, 9 TWh/a Wärme und 2 TWh/a Biokraftstoffe. Der Beitrag erneuerbarer Energien steigt damit von derzeit 9,5% des Endenergieverbrauchs bis 2020 **auf 23%**; **für Strom allein steigt der Anteil von 12% des Bruttostromverbrauchs (bzw. 14,7% der Stromerzeugung in Baden-Württemberg) auf dann 33,5% (41%)**.
  - **Eine Verbesserung der Umwandlungseffizienz** bei der Stromerzeugung: Die seit langem stagnierende **Kraft-Wärmekopplung (KWK)** auf fossiler Basis wird bis 2020 auf eine Stromerzeugung von 13 TWh/a ausgebaut (entsprechend 18% des Stromverbrauchs 2020). Die Stromerzeugung aus Biomasse (5,2 TWh/a in 2020) erfolgt zu mindestens 50% ebenfalls in KWK. Eine differenzierte, lokale bzw. kommunale Strategie mit dem Schwerpunkt bei kleineren HKW und BHKW ist das Schlüsselement dieser Strategie.

---

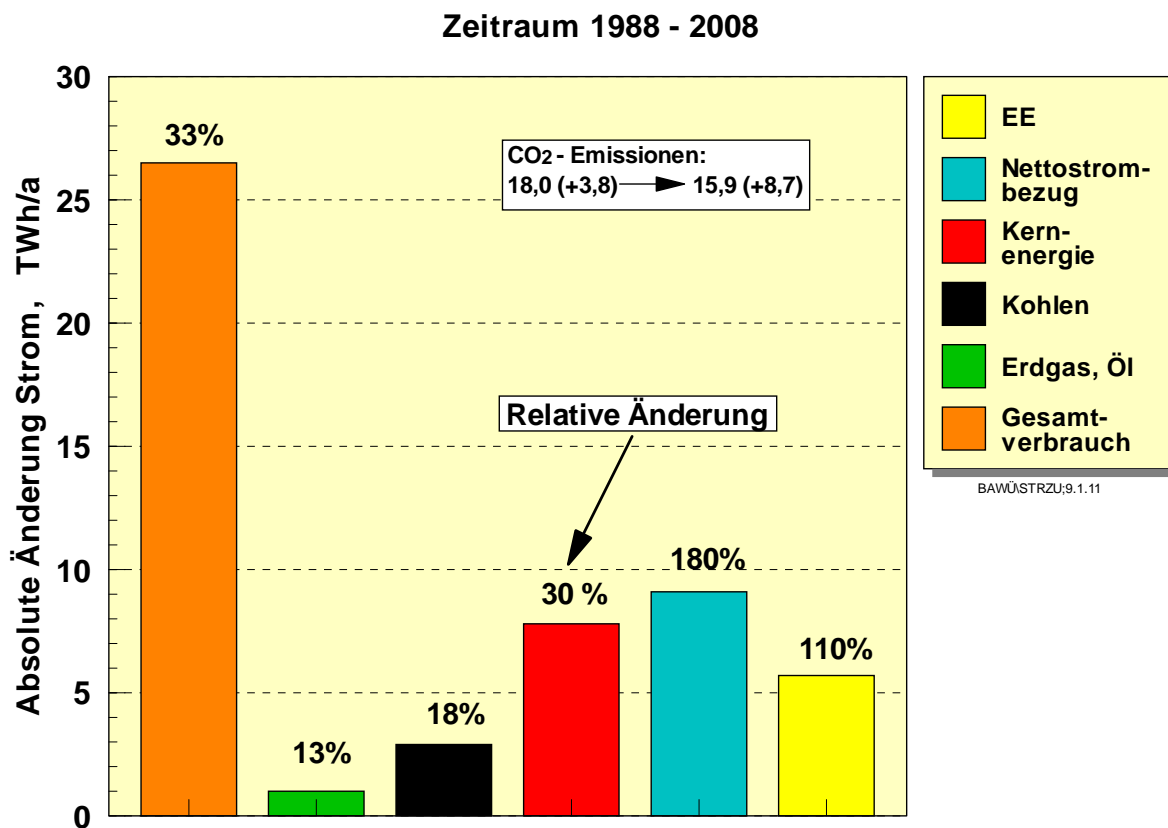
<sup>1</sup> Bis Ende 2005 Leiter der Abteilung „Systemanalyse und Technikbewertung“ am Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart. Berater und Gutachter für innovative Energiesysteme und Klimaschutzstrategien im Energiebereich; u.a. Energiereferent des LNV; E-Mail: jo.nitsch@t-online.de.

2. Im Zuge des Umbaus der Stromversorgung ist eine **Investitionsstrategie bei fossilen (Groß-) Kraftwerken** durchzuführen, die den weiteren Ausbau der EE unterstützt und längerfristig die optimale Nutzung aller EE- Stromerzeugungstechniken gewährleistet. Es werden gut regelbare Kraftwerke hoher Effizienz benötigt, die bei Bedarf auf das fluktuierende Stromangebot aus EE reagieren können. Neu zu bauende Kraftwerke sind daher **ausschließlich als Gas-Kraftwerke** zu errichten. Dies sind GuD-Kraftwerke, sowie Heizkraftwerken und BHKW mittlerer bis kleiner Größe. Die **Kernkraftwerke in Baden-Württemberg, werden bis ca. 2020 abgeschaltet**. Der Wegfall von 4 620 MW Kernkraftwerksleistung (und eine Reduktion des gegenwärtigen Stromimports) wird durch verringerte Nachfrage nach Strom (entsprechend rund 1 500 MW Leistung), durch 950 MW an „gesicherter“ Leistung aus zusätzlichen EE und zusätzliche 2 500 MW Leistung aus gasgefeuerten Kraftwerken ausgeglichen. Die Kohlekraftwerksleistung bleibt bis 2020 unverändert, der Einsatz der Kraftwerke erfolgt jedoch verstärkt in KWK.
  
3. In der Gesamtbilanz (unter Einschluss der durch den Stromimport verursachten Emissionen) erreicht man **bis 2020** gegenüber 2008 eine **Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 14 Mio. t CO<sub>2</sub>/a bzw. 17% auf 68 Mio. t CO<sub>2</sub>/a** (davon Stromimport 6,4 Mio. t/a) Der größte Reduktionsbeitrag von 10 Mio. t CO<sub>2</sub>/a wird im Wärmesektor erbracht, der Verkehr trägt weitere 5 Mio. t CO<sub>2</sub>/a an Minderung bei. Die Stromversorgungsstruktur ist bis 2020 soweit umgebaut (34% EE; 26% Erdgas; 25% Kohle; 15 % fossiler Import), dass danach eine **zügige Weiterentwicklung** zu einer nahezu zu 100% auf EE basierenden Stromversorgung bis etwa zur Jahrhundertmitte erfolgen kann.
  
4. Der bis 2020 eingeleitete Umstrukturierung der Energieversorgung ermöglicht in der konsequenten **Fortschreibung bis 2050** ihren umfassenden Umbau. **Der Primärenergiebedarf sinkt bis dahin auf 720 PJ/a (Endenergieverbrauch 550 PJ/a), was 45% (50%) des Wertes von 2008 entspricht; EE decken davon 65% (70%).** Die Stromversorgung beruht in 2050 bereits zu 91% auf EE, die verbleibenden Gaskraftwerke dienen unterstützend zur jederzeitigen Bereitstellung gesicherter Leistung. Die in 2050 noch benötigte fossile Energie beläuft sich mit 250 PJ/a noch auf 22% des derzeitigen Bedarfs. **Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um rund 80% auf 16 Mio. t/a reduziert.**
  
5. Nach 2050 kann der Restbedarf an fossiler Energie (Erdgas, Öl) zügig durch weitere EE ersetzt werden. Die wesentliche „Primärenergiequelle“ ist EE-Strom aus Wind und Solarstrahlung. Die genaue Zusammensetzung ergibt sich aus der Optimierung von lokaler, regionaler und überregionaler Nutzung der EE-Quellen. Der **EE-Strom kann in chemischer Form (EE-Wasserstoff oder EE-Methan) fixiert** werden. Damit können die verbleibenden Segmente der Energieversorgung bedient werden, die nicht direkt oder über herkömmliche Speicher mit EE-Strom versorgt werden können, also Prozesswärme für die Industrie und weitere Kraftstoffe. Auch die verbleibenden Gaskraftwerke und KWK-Anlagen werden damit versorgt.

# Langfassung

## 1. Ausgangssituation und Bilanz

Der Primärenergieverbrauch in Baden-Württemberg ist in den letzten 20 Jahren (zwischen 1988 und 2008) um 18 % auf 1626 PJ/a gestiegen. Der zusätzliche Bedarf wurde insbesondere durch Erdgas (Zuwachs 115 PJ/a), Kernenergie (80 PJ/a) und erneuerbare Energien (EE; 115 PJ/a) gedeckt. Auch der Nettostrombezug nahm deutlich zu. Der Steinkohleverbrauch sank gering um 10 PJ/a, deutlich dagegen der Mineralölverbrauch um 80 PJ/a. Noch ausgeprägter sind die Wachstumstendenzen beim Stromverbrauch. Er stieg in demselben Zeitraum um 33% (**Bild 1**) auf insgesamt 81,4 TWh/a (2008). Alle Energieträger wurden dafür stärker in Anspruch genommen - die Kernenergie mit einem Anstieg um 8 TWh/a, gefolgt von knapp 6 TWh/a der EE, 3 TWh/a der Kohle und knapp 1 TWh/a von Erdgas. Am stärksten ist jedoch der Nettostromimport mit einem Zuwachs von 9 TWh/a auf 14,1 TWh/a in 2008 gestiegen.



**Bild 1: Veränderungen der Stromversorgungsstruktur Baden-Württembergs zwischen 1988 und 2008 in absoluten und relativen Werten (Gesamter Bruttostromverbrauch 1988: 55 TW/a; 2008: 81,4 TWh/a); Quelle: Energiebericht 2010, Hrsg. WiMi und Stat. Landesamt Baden-Württemberg, Juli 2010**

Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Lande selbst (Quellenbilanz<sup>2</sup>) sind seit 1988 kaum gesunken. Sie beliefen sich im Jahr 2008 insgesamt auf 72,9 Mio. t CO<sub>2</sub>/a (2008) gegenüber 74 Mio. t CO<sub>2</sub>/a im Jahr 1988. Nach dieser Bilanzierungsmethode sind die Emissionen der Stromerzeugung von 18 auf 15,9 Mio. t CO<sub>2</sub>/a gesunken. Berücksichtigt man jedoch zusätzlich die durch den Stromimport entstandenen Emissionen, die überwiegend aus fossilen Kraftwerken stammen, so sind die durch den baden-württembergischen Energieverbrauch insgesamt verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 77,8 Mio. t CO<sub>2</sub>/a auf 81,8 Mio. t CO<sub>2</sub>/a angestiegen; diejenigen der Stromerzeugung allein von 21,8 Mio. t/a auf 24,6 Mio. t CO<sub>2</sub>/a (Bild 1).

Der seit 1988 erfolgte Energiezuwachs (der weitgehend bis 2006 erfolgt ist, seit 2007 gibt es Sättigungstendenzen), die sehr starke Dominanz der riskanten Kernenergie (22% der Primärenergie, 41% des Bruttostromverbrauchs), sowie der weitere Anstieg der durch Baden-Württemberg verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen stellen aus der Sicht des Klimaschutzes, des notwendigen Abbaus risikoreicher Energien sowie der Schonung und des effizienten Einsatzes fossiler Ressourcen völlig unbefriedigende Entwicklungen dar. Die bis vor kurzem noch beabsichtigte Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke hätte zusätzlich dazu beitragen, den notwendigen raschen Strukturwandel der Energieversorgung zu behindern. Bisheriger Lichtblick in der Energiepolitik des Landes ist das Wachstum der EE auf einen Anteil von 8,8 % (bzw. auf 143 PJ/a) bezogen auf den Primärenergieverbrauch bzw. stromseitig (bezogen auf den Bruttostromverbrauch) auf 12,2 % (bzw. auf 9,9 TWh/a) in 2008. Für die Bewältigung der zukünftigen Herausforderungen an eine nachhaltige Energieversorgung ist Baden-Württemberg damit aber bei weitem noch nicht gerüstet.

## 2. 2011 - 2020: Der wesentliche erste Schritt in eine zukunftsfähige Energieversorgung für Baden-Württemberg

Damit Baden-Württemberg seinen angemessenen Beitrag an den aktuellen EU- und bundespolitischen Zielsetzungen zum Klimaschutz erbringen kann und in die Lage versetzt wird, in vielen Bereichen eine Spitzenposition im Bereich der Erforschung und Demonstration fortschrittlicher Energietechnologien beizubehalten oder auszubauen, sind bereits bis 2020 sehr ehrgeizige Ziele bei der Umgestaltung der Energieversorgung anzustreben. Die zeitgerechte Umsetzung dieser Zielsetzungen ist die wesentliche Voraussetzung dafür, dass der weitere vollständige Umbau der Energieversorgung im Zeitraum 2020 bis 2050 wirksam und ungehemmt erfolgen kann. Die wesentlichen **Ziele 2020** sind:

- **Verbesserung der Effizienz der gesamten Energienutzung durch eine Verringerung des Endenergieverbrauchs um 23% gegenüber 2008 durch:**

Die Reduktion des Stromverbrauchs um 12%, die Reduktion des Brennstoffverbrauchs zur Wärmebereitstellung (insbesondere für Raumwärme) um 29% und die Reduktion des Kraftstoffverbrauchs um 21%. Dazu ist eine durchschnittliche jährliche Steigerung der Energieproduktivität (Quotient Bruttoinlandsprodukt/Primärenergieverbrauch) um 3,3% erforderlich, was etwa einer **Verdopplung des langjährigen Trends** entspricht. Insbesondere beim Stromverbrauch, der in der Vergangenheit kontinuierlich anstieg, ist eine **rasche**

---

<sup>2</sup> In der Quellenbilanz sind nur die im Land entstandenen Emissionen bilanziert. Für eine vollständige Bilanz entsprechend dem Verursacherprinzip müssen die durch Stromimporte verursachten Emissionen zusätzlich berücksichtigt werden.

**Trendumkehr unverzichtbar.** Hierzu bietet sich, neben der effizienteren Nutzung in allen Einsatzbereichen auch ein schneller Ersatz der in Baden-Württemberg besonders stark vertretenen Elektroheizungen an. Der Hauptbeitrag der Verbrauchsreduktion stammt jedoch aus der Reduktion des Raumwärmebedarfs durch eine beschleunigte energetische Sanierung des Altbaubestands (**Tabelle 1**). Auch im Verkehr gilt es, die beträchtlichen Effizienzpotenziale beschleunigt zu mobilisieren. Dazu gehören neben der Weiterentwicklung moderner Antriebssysteme auch strukturelle Maßnahmen (u. a. allgemeines Tempolimit; leichtere Fahrzeuge, verstärkter Umstieg von Straße auf Schiene, für Kurzstrecken auch auf Rad und Fuß).

**Tabelle 1: Eckdaten der Effizienzsteigerung der Energieversorgung Baden-Württembergs bis 2020 im Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040**

Energieart	2008	2020	Reduktion %	Notwendige Steigerung der Energieproduktivität (%/a) <sup>*)</sup>
Endenergie Strom, PJ/a	263	230	-12	2,1
Endenergie Wärme (oh. Strom)	539	380	-29	3,9
Endenergie Kraftstoffe	303	240	-21	3,0
<b>Gesamte Endenergie</b>	<b>1105</b>	<b>850</b>	<b>-23</b>	<b>3,2</b>
<b>Primärenergieverbrauch</b>	<b>1626</b>	<b>1232</b>	<b>-24</b>	<b>3,3</b>
Bruttostromerzeugung im Land, TWh/a	67,3	58,5	- 13	
Bruttostromverbrauch, TWh/a	81,4	72,0	- 12	
Endenergie Strom, TWh/a	73,1	63,9	-12	

\*) mittlere Wachstum des Bruttonationalprodukts 2008 bis 2020 ca. 1%/a in Anlehnung an die Annahmen im Energiekonzept der Bundesregierung

- **Deutliche Steigerung der jährlichen Zubaurate erneuerbarer Energien, insbesondere zur Stromerzeugung, gegenüber der Periode 2000-2008:**

Mindestens erforderlich ist bis 2020 eine zusätzlichen Energiemenge aus erneuerbaren Energien, ausgehend von einem Niveau in 2008 von 29,5 TWh/a (106 PJ/a), von insgesamt 25 TWh/a (bzw. 89 PJ/a) mit rund **14 TWh/a Strom, 9 TWh/a Wärme und 2 TWh/a Biokraftstoffe** gegenüber den Werten des Jahres 2008. Der Beitrag erneuerbarer Energien steigt damit von derzeit rund 9,6% bis 2020 auf 23% des (reduzierten) Endenergieverbrauchs. Im Einzelnen verändern sich die Anteile an der landeseigenen Bruttostromerzeugung von 14,7% auf 41 %, (am gesamten Bruttostromverbrauch von 12,2% auf 34%), am Wärmeverbrauch von 10% auf 22% und am Kraftstoffverbrauch von 5,8% auf 10,5%. Primärenergieseitig steigt der Beitrag der EE von 8,8% auf 20% (**Tabelle 2**).

Das jährliche Marktwachstum der EE zur Stromerzeugung muss dazu gegenüber der Periode 2000-2008 **mehr als doppelt so schnell erfolgen (Tabelle 2)**. Insbesondere müssen die jährlichen Zuwachsraten bei Wind gut verfünffacht werden. Die Nutzung der Windenergie kann damit bis 2020 an das Nutzungsniveau vergleichbarer Bundesländer anschließen.

ßen (vgl. untenstehenden Kasten; **Bild 2**). Das schon beträchtliche Marktwachstum der Fotovoltaik muss nochmals nahezu verdreifacht werden, während bei der Stromerzeugung aus Biomasse das deutliche Wachstum der letzten fünf Jahre zurückgeht, da sich tendenziell bereits Potenzialgrenzen abzeichnen.

Wegen der begrenzten Biomassepotentiale fällt das jährliche Wachstum der EE-Technologien im Wärmebereich sehr unterschiedlich aus. Einer notwendigen Steigerung der jährlichen Zuwachsraten bei Kollektoren und Geothermie auf das 3,5 bzw. 3,7-fache steht nahezu eine Halbierung des bisherigen jährlichen Zuwachses bei Biomasse gegenüber. Auch der jährliche Zuwachs bei Biokraftstoffen wird deutlich reduziert. Der rasche Ausbau von Biokraftstoffen der „1. Generation“ (Biodiesel, Ethanol) ist aus der Sicht des Klimaschutzes relativ ineffizient und je nach Anbaumethode bzw. in Anspruch genommen Fläche sogar problematisch.

**Tabelle 2: Ausbau von EE im Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040 bis 2020.**

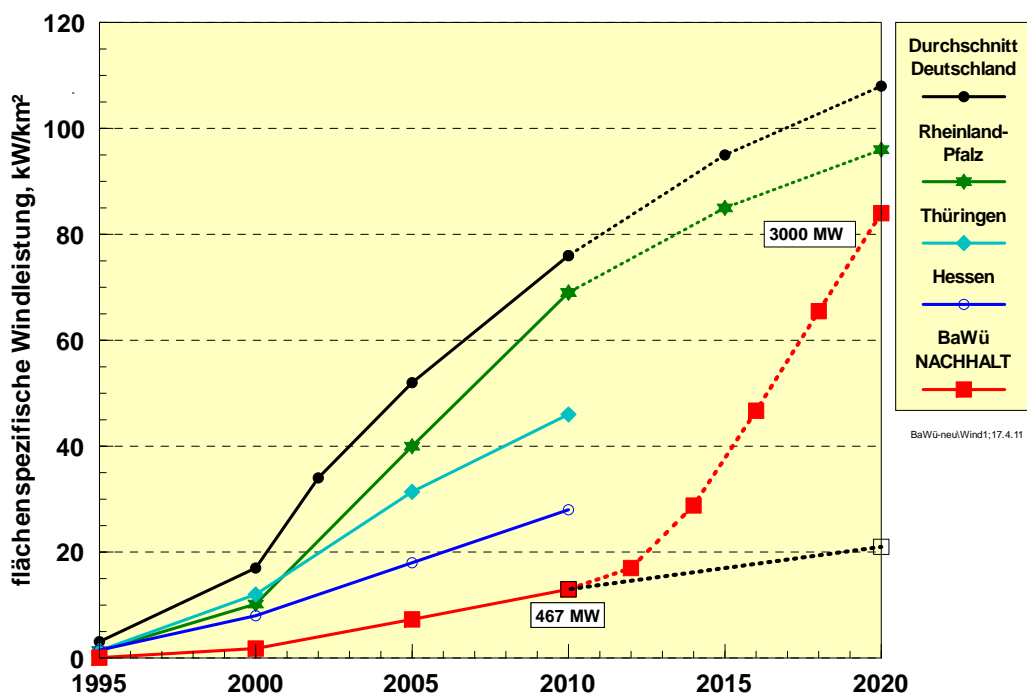
GWh/a	2008	2020	Durchschnittl. jährliche Zuwachsrate 2009-2020	Zuwachsrate gegenüber Periode 2000-2008
<b>Strom, gesamt</b>	<b>9 896</b>	<b>24 200</b>	<b>1192</b>	<b>2,6</b>
- Wasserkraft	5 242	6 000	63	
- Biomasse, -gas, organ. Abfall	3 029	5 200	181	0,6
- Windenergie	595	4 950	363	5,3
- Fotovoltaik	1 030	5 200	348	2,7
- Geothermie	0	300	25	
- Importstrom (Offshore- Wind)	0	2 550	208	
<b>Wärme, gesamt</b>	<b>14 757</b>	<b>23 600</b>	<b>737</b>	<b>1,0</b>
- Biomasse, -gas, organ. Abfall	13 611	18 100	374	0,6
- Kollektoren	898	4 000	259	3,5
- Geothermie	248	1 500	104	3,7
<b>Kraftstoffe, gesamt</b>	<b>4 850</b>	<b>7 000</b>	<b>179</b>	<b>0,3</b>
<b>Erneuerbare, gesamt</b>	<b>29 503</b>	<b>54 800</b>	<b>2 108</b>	<b>1,2</b>
Primärenergie EE, gesamt	39 720	69 765		

Quellen für 2008: EE in Baden-Württemberg 2008, Hrsg.: UM und WiMi BaWü, Dezember 2009.

## Windenergie in Baden-Württemberg – große ungenutzte Potenziale.

In Baden-Württemberg kann die Windenergie unter Beachtung aller aus der Sicht des Naturschutzes notwendigen Beschränkungen ca. 15 -17 TWh/a Strom bereitstellen, was 20 bis 24 % des angenommenen Bruttostromverbrauchs 2020 entspricht. Da Anlagengröße und damit die Ausbeute je Standort noch zunehmen werden, kann dieser Wert als konservativer Richtwert angesehen werden. Um dieses Potenzial umzusetzen sind ca. 9000 MW Windleistung erforderlich. Bei einer mittleren Anlagengröße von 4 MW im Endausbau entspricht dies 2250 Anlagen.

Die derzeitige Stromerzeugung aus Wind (Ende 2010) beläuft sich bei einer Leistung von 467 MW mit 368 Anlagen auf 663 GWh/a. Damit werden nur rund 5% dieses Potenzials genutzt. Baden-Württemberg liegt damit, zusammen mit Bayern, weit hinter allen vom Windangebot her vergleichbaren Flächenstaaten Deutschlands. So sind etwa im deutlich kleineren Rheinland-Pfalz bereits 1300 MW Windleistung bzw. gut 1000 Anlagen installiert. Bezieht man die installierte Windleistung auf die jeweilige Landesfläche (**Bild 2**), so liegt Baden-Württemberg mit 13 kW/km<sup>2</sup> bei weniger als einem Fünftel des Wertes von Rheinland-Pfalz und bei einem Viertel des Werts von Thüringen. Auch diese Länder richten sich nach den gesetzlichen Vorgaben und besitzen ähnlich schützenswerte Landschaften wie Baden-Württemberg. Der Grund für den sehr geringen Ausbau der Windenergie in Baden-Württemberg liegt in den bisherigen besonders restriktiven Vorgaben der Landesregierung, die zu einer starken Einschränkung bei der Auswahl von Vorranggebieten auf der regionalen Ebene geführt haben. Viele gute Standorte sind mit dem Argument einer „optischen Beeinträchtigung“ ausgeschlossen worden, ausgewiesene Standorte sind dagegen wirtschaftlich oft uninteressant.



**Bild 2: Flächen-spezifische Windleistung verschiedener mit Baden-Württemberg vergleichbarer Bundesländer, sowie von Deutschland insgesamt und mögliche Entwicklung bis 2020 (Baden-Württemberg mit Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040 und Zielwert des ursprünglichen Energiekonzepts 2020)**

Eine Überprüfung der Vorranggebiete auf der Basis eines aktuellen Windatlas hat begonnen und muss innerhalb kürzester Zeit zu einem deutlich effektiveren Flächeangebot führen. Auch außerhalb von Vorranggebieten muss es im Einzelfall möglich sein, moderne Windanlagen zu errichten (Repowering). Bis 2020 können gemäß dem Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040 rund 3 000 MW Windleistung installiert werden, etwa 33% des Potenzials. Das erfordert rund 1000 neue Anlagen je 2,5 MW. Die gesamte Stromausbeute beträgt dann 5 TWh/a. 2020 hat dann Baden-Württemberg in der flächenspezifische Windleistung mit 84 kW/km<sup>2</sup> zu vergleichbaren Bundesländern aufgeschlossen.

- **Verbesserte Umwandlungseffizienz bei der fossilen Stromerzeugung durch Ausbau der Kraft-Wärmekopplung:**

Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (einschließlich 50% der Stromerzeugung aus Biomasse) bis 2020 auf 15,5 TWh/a, was dann einem Beitrag von rund 25% an der (reduzierten) Bruttostromerzeugung entspricht (**Tabelle 3**). Die zusätzliche Nutzwärme (Fernwärme, Nahwärme, Objektversorgung, industrielle KWK) verdrängt Heizöl und Gas im Wärmesektor. Sie wird auch zur Kühlung und Kälteerzeugung eingesetzt, wodurch sich ihre Abnahme im Sommer verstetigen lässt und Strom für Kühlzwecke eingespart werden kann. Die dezentrale KWK (Nahwärme, größere und kleine BHKW) übernimmt den Großteil des Wachstums der KWK. Eine differenzierte, lokale bzw. kommunale KWK-Strategie mit dem Schwerpunkt der Errichtung von kleineren bis mittleren gasgefeuerten HKW und BHKW mit angepasster Leistung bietet die größte Flexibilität hinsichtlich der erforderlichen Ausweitung der KWK. Ihre Etablierung ist das zentrale Schlüsselement einer wirksamen Strategie des Ausbaus der Kraft-Wärmekopplung.

**Tabelle 3: Eckdaten des Umbaus der Stromerzeugung in Baden-Württemberg bis 2020 im Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040.**

	2008 in TWh/a	2020 in TWh/a	2008 in %	2020 in %
Strom aus fossiler KWK	5,3	13,0	6,5 (7,8) *	18,0 (22,3)
Biomasse (ohne und mit KWK)	3,0	5,2	3,8 (4,6)	7,2 (8,9)
Strom aus übrigen EE im Land	6,8	16,5	8,4 (10,1)	22,9 (28,3)
Strom aus fossilen Kondensationskraftwerken	18,6	23,8	22,9 (27,7)	33,1 (40,8)
- davon Kohle	15,5	11,8		
- davon Erdgas, Öl	3,5	12,0		
Strom aus Kernenergie	33,4	0	41,0 (49,7)	0 (0)
<b>Gesamte Bruttostromerzeugung</b>	<b>67,2</b>	<b>58,4</b>	<b>82,6 (100)</b>	<b>85,4 (100)</b>
Stromimport fossil/ nuklear	14,2	11,0	17,4	15,3
EE-Stromimport (Offshore)	0	2,6	0	3,6
<b>Bruttostromverbrauch</b>	<b>81,4</b>	<b>72,0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen in BaWü, Mio. t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>15,9</b>	<b>18,8</b>		
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen. einschl. Stromimport; Mio. t CO<sub>2</sub>/a</b>	<b>24,6</b>	<b>25,2</b>		

\*) Werte in Klammer: Bezug auf Bruttostromerzeugung im Land

- **Aufbau einer zur Ausweitung erneuerbarer Energien „passenden“ Kraftwerksstruktur**

Im Zuge des Umbaus der Kraftwerkstrukturen ist unbedingt auf eine Investitionsstrategie bei fossilen Kraftwerken zu achten, die den weiteren Ausbau der EE nach 2020 nicht blockiert damit längerfristig ein Gesamtsystem mit optimaler Nutzung aller Stromerzeugungs-

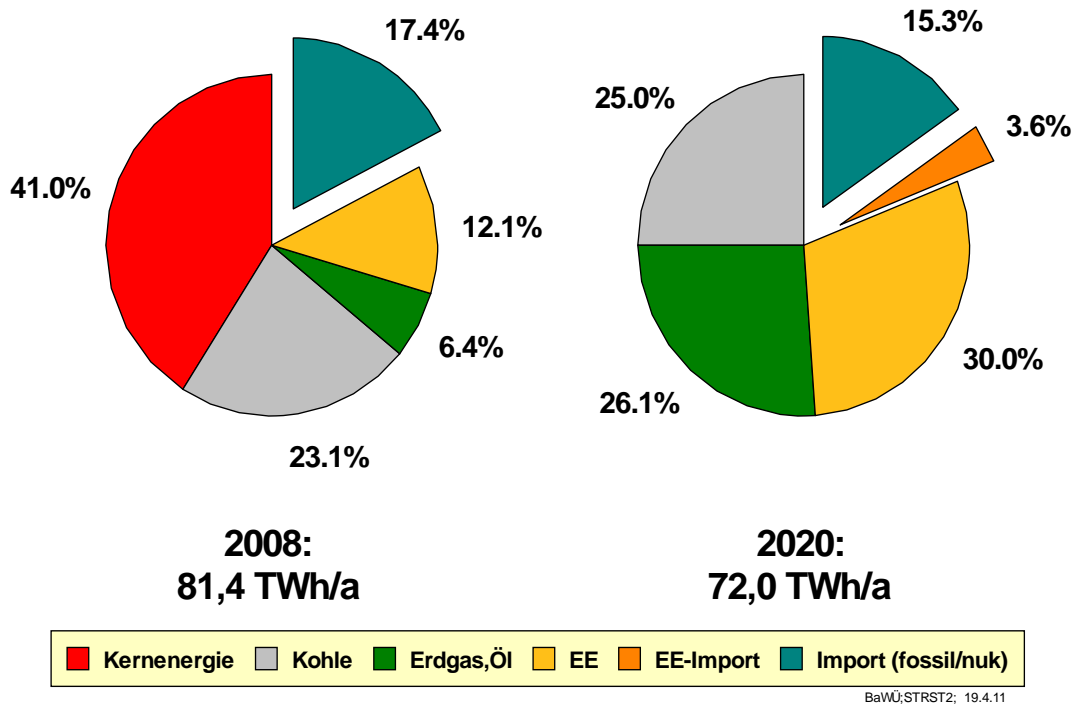
techniken entsteht. Neu zu bauende fossile Kraftwerke können nur flexible, gut regelbare Kraftwerke hoher Effizienz sein, die bei Bedarf auf das fluktuierende Stromangebot aus EE reagieren können. Deshalb sind ausschließlich gasgefeuerte Kraftwerke zu errichten. Der dazu erforderliche Gasbedarf wird kompensiert durch die im Gebäudesektor erzielbaren Einsparungen des Gasverbrauchs infolge einer umfassenden Sanierungsstrategie. Die Leistung von Kohlekraftwerken bleibt bis 2020 konstant. Für die anstehenden Neubauten von Kohlekraftwerken sind also Altkraftwerke mit mindestens derselben Leistung stillzulegen; gleichzeitig muss ein höherer Leistungsanteil in KWK betrieben werden. Die mittlere Auslastung von Kohlekraftwerken sinkt, entsprechend verringert sich die Stromerzeugung im Kondensationsbetrieb von 15,2 TWh/a auf rund 12 TWh/a, von Kohle-Kraftwerken insgesamt (einschl. KWK) von 19 TWh/a auf 18 TWh/a (Tabelle 3). Ein zusätzlicher Zubau von Kohlekraftwerken als Ersatz für außer Betrieb gehende Kernkraftwerke ist **nicht erforderlich**. Er wäre auch aus ökonomischer Sicht auch nicht sinnvoll, da bei dem ab 2013 stattfindenden ausgeweiteten CO<sub>2</sub>-Zertifikatehandel mit vollständiger Versteigerung der Zertifikate und bei einer zu erwartenden geringeren Auslastung infolge des Wachstums der EE keine ökonomischen Vorteile für weitere (neue) Kohlekraftwerke gegeben sind.

Wegen des Rückbaus der Kernenergienutzung wird auch in 2020 Strom aus fossilen Kondensationskraftwerken benötigt. Gegenüber 2008 ist eine zusätzliche Stromerzeugung von 5 TWh/a erforderlich, die ausschließlich aus Gaskraftwerken erfolgt. Sie ist gering gegenüber dem Rückgang des Strombeitrags der Kernenergie um 33 TWh/a, da Effizienzsteigerungen beim Stromverbrauch, der Ausbau der KWK und der deutliche Zuwachs bei den EE den weitestgrößten Teil der Substitution übernehmen, (Tabelle 3; **Bild 3**). Auch der fossil-nukleare Nettostromimport, der derzeit bei 17% des Gesamtverbrauchs liegt, wird deutlich reduziert. Ein weiterer Teil des fossilen Imports (2,6 TWh/a) wird bis 2020 durch Strom aus Offshore-Windanlagen ersetzt.

In der Gesamtbilanz wird der Wegfall von 4 620 MW Kernkraftwerks-(brutto-)leistung und die Reduktion des fossilen Stromimports (entsprechend rund 330 MW) bis 2020 durch verringerte Nachfrage nach Strom (entsprechend rund 1 500 MW Leistung), durch 950 MW an „gesicherter“<sup>3</sup> Leistung aus zusätzlichen erneuerbaren Energien und zusätzliche 2 500 MW Leistung aus gasgefeuerten Kraftwerken (GuD-Kond.kraftwerke, Heizkraftwerke und BHKW) ausgeglichen, wobei bei letzteren auch der Zuwachs an fossiler KWK enthalten ist. Gasgefeuerte Kraftwerke und HKW unterschiedlicher Größe sind die eigentliche „Brückentechnologie“ beim Umbau der Stromversorgung in Richtung hoher EE-Anteile. Es wird ersichtlich, dass das abgestimmte Zusammenwirken dieser drei Optionen eine belastbare Strategie des Ersatzes der Kernenergie ergibt, ohne dass dazu ein Ausbau von Kohlekraftwerken erforderlich ist. Gleichzeitig ermöglicht die so in 2020 vorhandene Kraftwerksstruktur unproblematisch einen weiteren Umbau der Stromversorgung in Richtung einer längerfristig ausschließlich auf erneuerbaren Energien beruhenden Versorgung.

---

<sup>3</sup> Die „gesicherte“ bzw. jederzeit verfügbare Leistung von EE berücksichtigt die Fluktuationen von Wind- und Solarstrom. Es werden dazu 15% der installierten Windleistung an Land, 20% der Offshore-Windleistung und 0% der installierten Fotovoltaikleistung angerechnet. Die insgesamt installierte Leistung aller EE betrug in 2008 ca. 2 950 MW und wächst bis 2020 auf 10 600 MW (davon 3 000 MW Wind- und 5 900 MW Fotovoltaikleistung).



**Bild 3: Struktur der Stromerzeugung in Baden-Württemberg (einschließlich Stromimport) in 2008 und in 2020 entsprechend Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040.**

Trotz vollständigem Ausstieg aus der Kernenergie kann im Stromsektor der CO<sub>2</sub>-Ausstoß nahezu konstant gehalten werden. Unter Berücksichtigung der durch den Stromimport verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen, steigt er geringfügig von 24,6 Mio. t/a auf 25,2 Mio. t CO<sub>2</sub>/a in 2020. Die für den Klimaschutz bis 2020 notwendige Reduktion der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen kann allerdings in den Sektoren Wärmebereitstellung und Verkehr erbracht werden.

### 3. Wechselwirkung der einzelnen Bereiche der Energieversorgung

Die Verknüpfung der Maßnahmen in den drei Sektoren „Stromerzeugung“, „Wärmebereitstellung“ und „Kraftstoffbereitstellung“ führt beim Ausstieg aus der Kernenergie bis 2020 zu einer Reduktion der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg bis 2020 auf etwa 68 Mio. t CO<sub>2</sub>/a, (**Tabelle 4**). Darin sind die durch fossilen Stromimport verursachten Emissionen in Höhe von 6,4 Mio. t CO<sub>2</sub>/a enthalten (Bilanzierung nach Verursacherprinzip).

Die bis 2020 für den Klimaschutz erforderlichen CO<sub>2</sub>-Reduktionsbeiträge können dafür in der Wärmeversorgung erbracht werden, die mit 35 Mio. t CO<sub>2</sub>/a derzeit für den größten Einzelbeitrag verantwortlich ist. Mit den oben geschilderten Maßnahmen ist eine Reduktion um 11 Mio. t CO<sub>2</sub>/a bis 2020 möglich. Auch im Verkehrssektor sind, insbesondere durch verbesserte Energieeffizienz, CO<sub>2</sub>-Reduktionen um 5 Mio. t CO<sub>2</sub>/a möglich. In der Gesamtbilanz ergibt dies eine Reduktion um knapp 14 Mio. t CO<sub>2</sub>/a gegenüber 2008. Ein wirksamer Einstieg in eine erhebliche Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist also mit einem Ausstieg aus der Kernenergie vereinbar. Die durch den Ausstieg hervorgerufene Dynamik ermöglicht nach 2020 die rasche Fortsetzung der „Entkarbonisierung“ der Energiewirtschaft auf der Basis einer dafür geeigneten

ten Stromversorgungsstruktur, sowie der im Wärmemarkt und im Verkehr bis 2020 eingeleiteten Umstrukturierungsmaßnahmen.

**Tabelle 4: Gesamtbilanz des Einstiegs in eine zukunftsfähige Energieversorgung Baden-Württembergs bis zum Jahr 2020 entsprechend dem Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040**

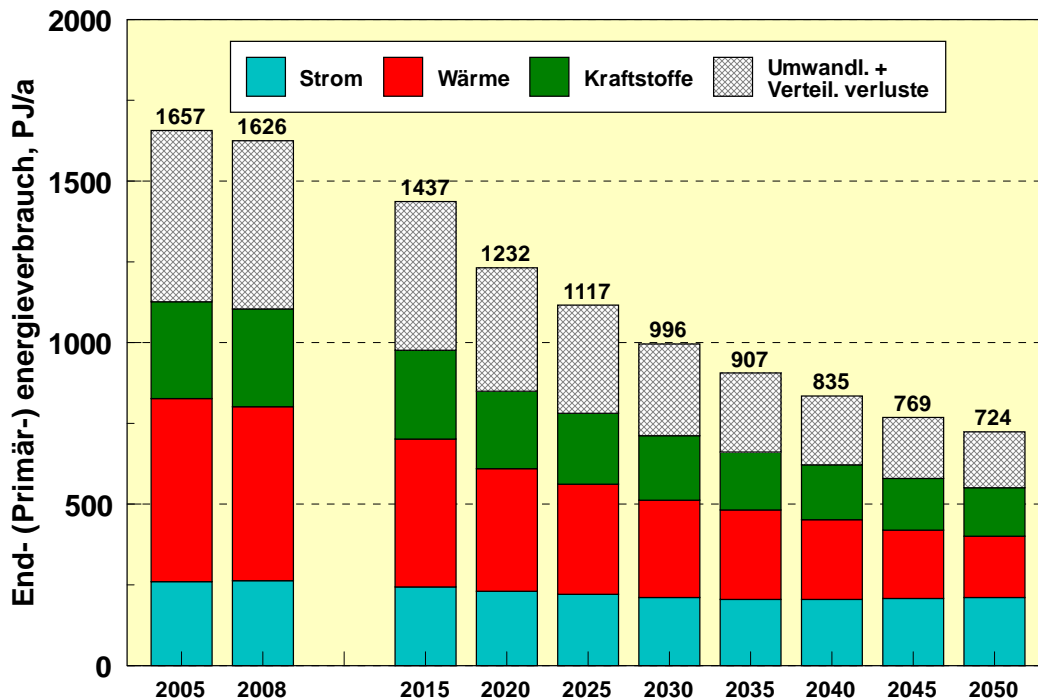
Sektor	2008	2020	Änderung, %
<b>STROM:</b> Endenergie, PJ/a	263	230	- 12
- davon Erneuerbare Energien	36	83	+ 130
- davon fossile Kraft-Wärme-Kopplung	19	46	+140
CO <sub>2</sub> - Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a; einschließlich Importstrom	24,6	25,2	+ 2
<b>NUTZWÄRME:</b> Endenergie, PJ/a	539	380	-30
- davon Erneuerbare Energien	53	85	+ 60
CO <sub>2</sub> - Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a	35,2	25,8	- 27
<b>KRAFTSTOFFE:</b> Endenergie, PJ/a	303	240	-21
- davon Erneuerbare Energien	17	25	+47
CO <sub>2</sub> - Emissionen, Mio. t CO <sub>2</sub> /a	22,0	17,0	- 27
<b>GESAMT: Endenergie, PJ/a</b>	<b>1 105</b>	<b>850</b>	<b>-21</b>
<b>- davon Erneuerbare Energien</b>	<b>106</b>	<b>193</b>	<b>+67</b>
<b>Gesamt: Primärenergie, PJ/a</b>	<b>1626</b>	<b>1214</b>	<b>-22</b>
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen, Mio. t CO<sub>2</sub>/a; einschließlich Importstrom</b>	<b>81,8</b>	<b>68,0</b>	<b>-27</b>

#### 4. 2020 bis 2050: der Übergang in eine klimaschonenden und zukunftsfähige Energieversorgung

Der eingeleitete Umbau der Energieversorgung schafft die Voraussetzungen, bis 2050 den vollständigen Übergang in eine klimaschonende und zukunftsfähige Energieversorgung durchzuführen. Die bis 2020 entstandene Dynamik des EE-Ausbaus führt zur Entstehung stabiler Wachstumsmärkte, die es ermöglichen, die EE bis zum Jahr 2050 zur dominierenden Energiequelle zu machen. Diese Inlandsmärkte ermöglichen auch ein erfolgreiches Bestehen auf dem sehr wahrscheinlich stark wachsenden EE-Weltmarkt. Ebenfalls können die bis dahin noch nicht genutzten Potenziale einer Effizienzsteigerung weiter effektiv ausgeschöpft werden. Dem Weg in eine klima- und ressourcenschonende Energieversorgung nach 2020 stehen somit keine grundsätzlichen Hemmnisse mehr im Weg. Die entscheidenden Hürden sind in diesem Szenario bereits im Jahrzehnt 2010 – 2020 genommen worden.

**Bild 4** zeigt die Bilanz dieser Strategie (Szenario „NACHHALTIGKEIT 2020/2040“) für die Verbrauchssektoren Strom, Wärme und Kraftstoffe einschließlich der Umwandlungs- und Verteilungsverluste bis 2050. Der Endenergieverbrauch sinkt nach 2020 (850 PJ/a) weiter auf 710 PJ/a in 2030 und schließlich auf 550 PJ/a in 2050. Dank sehr weitgehend umgesetzter Effizienzpotenziale, insbesondere im Wärmebereich, beträgt er dann nur noch 50% des heutigen Wertes. Während der Endenergieverbrauch an Strom, u.a. wegen „neuer“ Verbraucher, wie

Elektromobilität und Wärmepumpen, „nur“ um insgesamt 20% sinkt, reduziert sich der Endenergieverbrauch für Wärme (ohne Stromeinsatz für Wärme) wegen der hohen Effizienzpotenziale bei der energetischen Altbausanierung mit 190 PJ/a in 2050 massiv auf 35% des heutigen Wertes. Der Endenergieverbrauch an Kraftstoffen sinkt ebenfalls deutlich und beträgt in 2050 mit 150 PJ/a noch 50% des heutigen Verbrauchs. Wegen des Wegfalls des größten Teils der thermischen Kraftwerke bei gleichzeitigem Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung reduzieren sich auch die Umwandlungsverluste ebenfalls deutlich. Der Primärenergieverbrauch des Jahres 2050 beläuft sich daher mit 724 PJ/a auf noch 45% des Wertes von 2008. Die gesamte Energiestruktur hat damit einen Effizienzgrad erreicht, der für einen stabilen und zukunftsfähigen Zustand angemessen ist.



BWEND-BW: 19.4.11

**Bild 4: Struktur des End- und Primärenergiebedarfs in Baden-Württemberg nach Verbrauchssektoren im Szenario „NACHHALTIGKEIT 2020/2040“**

In Verbindung mit der Effizienzstrategie können erneuerbare Energien nach 2020 ihre volle Wirkung entfalten. Während sie zu diesem Zeitpunkt mit 250 PJ/a erst 20% der Primärenergie nachfrage decken (2008: 143 PJ/a entsprechend 8,8%), erreichen sie in 2050 mit 470 PJ/a bereits 65% des verbleibenden Gesamtbedarfs (**Bild 5**). Der Bedarf an fossilen Energien sinkt stetig, auch in der Phase des Ausstiegs aus der Kernenergie. Von 1120 PJ/a in 2008 sinkt er bereits bis 2020 auf 960 PJ/a, um dann in 2050 nur noch 255 PJ/a zu betragen, also noch 22% des heutigen Wertes.

Zeitweise (2020) wird mit 350 PJ/a der Erdgasbedarf zunehmen, da der Rückgang im Heizungsbereich den kurzfristig verfügbaren Bedarf in der Stromerzeugung (einschl. KWK) nicht vollständig kompensieren kann. Aber bereits in 2025 liegt die Erdgasnachfrage mit 280 PJ/a unter dem heutigen Bedarf. In 2050 werden mit 150 PJ/a noch 50% der heutigen Erdgasmenge, noch 16% der heutigen Mineralölmenge und praktisch keine Kohle mehr benötigt. Zusätzlich reduziert sich die CO<sub>2</sub>-Intensität des fossilen Mixes, da sich die Aufteilung stärker zu

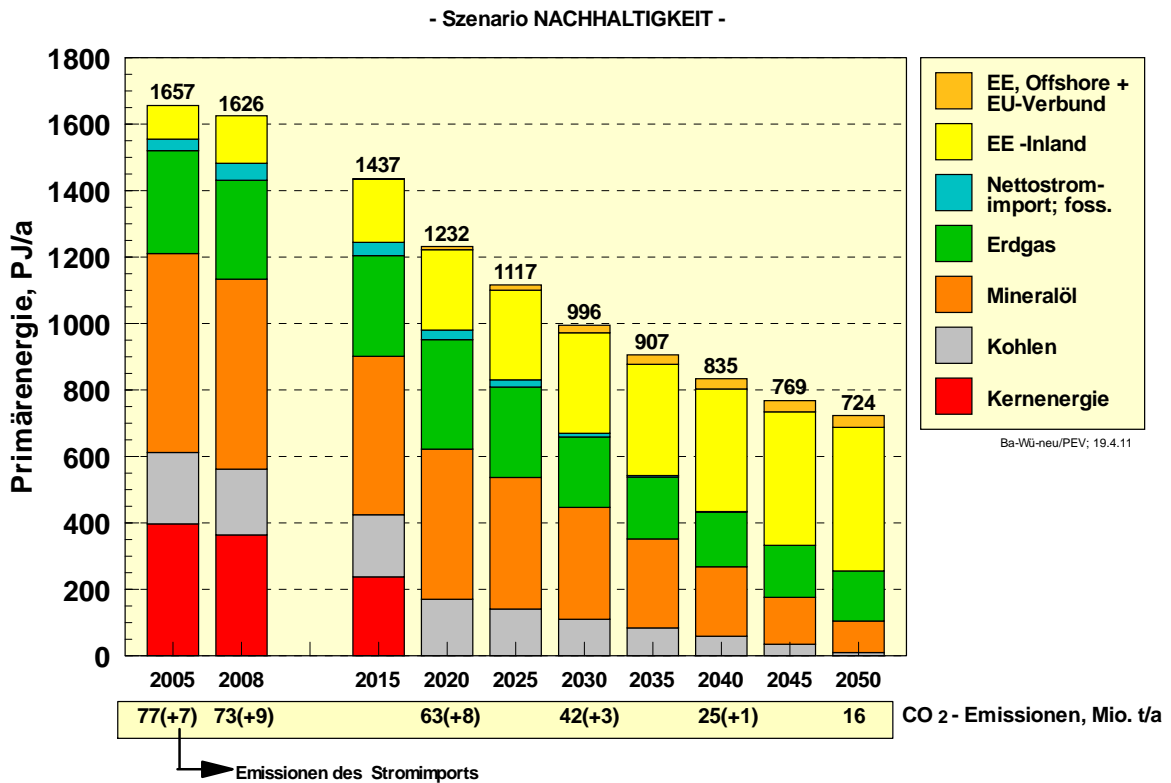


Bild 5: Struktur des Primärenergiebedarfs in Baden-Württemberg nach Energieträgern im Szenario „NACHHALTIGKEIT 2020/2040“ und resultierende CO<sub>2</sub>-Emissionen

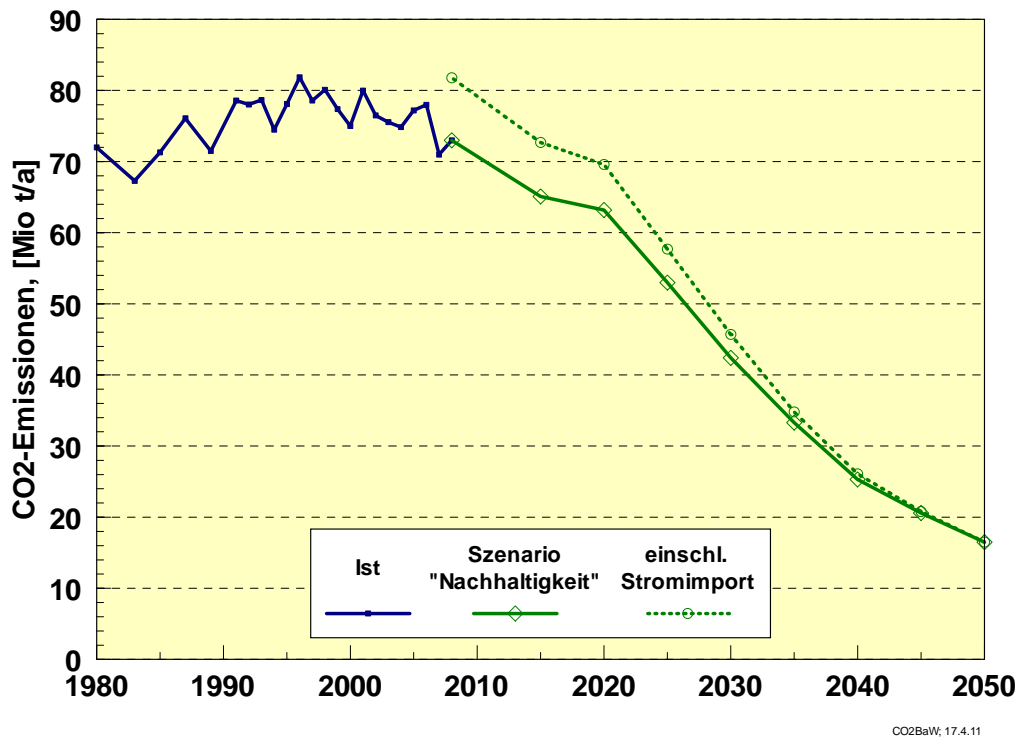
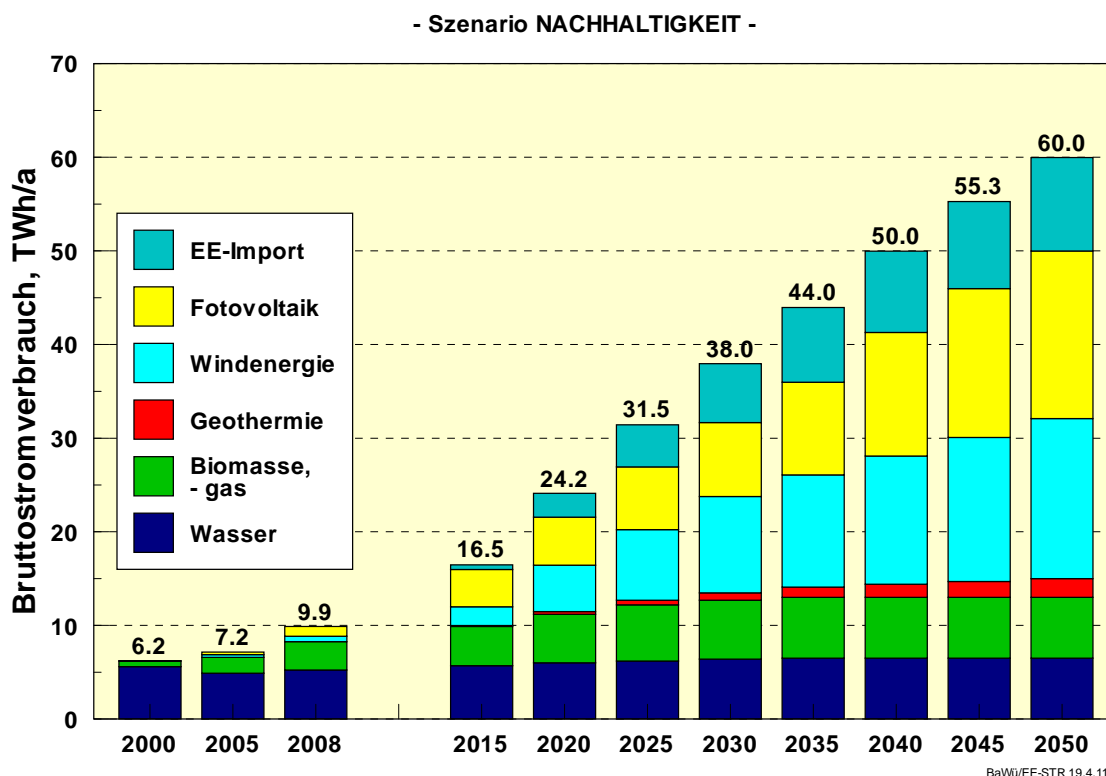


Bild 6: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen Baden-Württembergs (ab 2008 einschließlich der durch Stromimport induzierten Emissionen) im Szenario NACHHALTIGKEIT 2020/2040

Erdgas verschiebt. Die verbleibenden CO<sub>2</sub>-Emissionen belaufen sich in 2050 noch auf 16 Mio. t CO<sub>2</sub>/a, können also gegenüber 2008 um 80% reduziert werden (**Bild 6**). Durch Baden-Württemberg induzierte CO<sub>2</sub>-Emissionen außerhalb des Landes treten dann nicht mehr auf. Ersichtlich ist in Bild 6 der „Knick“ in der stetigen Reduktion des CO<sub>2</sub> um 2020 infolge des kompletten Ausstiegs aus der Kernenergie bis dahin.

Deutlicher als die gesamte Energieversorgung ändert sich die Struktur der Strombereitstellung (**Bild 7, Bild 8**). Die Stromerzeugung aus EE in **Baden-Württemberg** wächst nach 2020 weiterhin deutlich und beläuft sich in 2050 auf 50 TWh/a. 6,4 TWh/a stammen aus der Wasserkraft, 6,5 TWh/a aus Bioenergie, 2 TWh/a aus Geothermie, 17,1 TWh/a aus Windenergie, und 18,0 TWh/a aus der Fotovoltaik. Der derzeitige fossil-nukleare Nettostromimport<sup>4</sup> wird kontinuierlich reduziert (2020: 11 TWh/a; 2030: 6 TWh/a). An seine Stelle tritt EE-Strom aus dem europäischen EE-Verbund, der sich bei den sich abzeichnenden längerfristigen Zielsetzungen der EU nach 2020 etablieren wird. Hierbei wird es sich vorwiegend um Strom aus Windanlagen (Europäische Küsten und Offshore-Standorte) und solarthermische Kraftwerke (Südeuropa, längerfristig auch Nordafrika) handeln. Ausgehend von 2,6 TWh/a in 2020 beläuft er sich in 2050 auf 10 TWh/a (15%), liegt also unter der derzeitigen fossil-nuklearen Stromimportmenge.

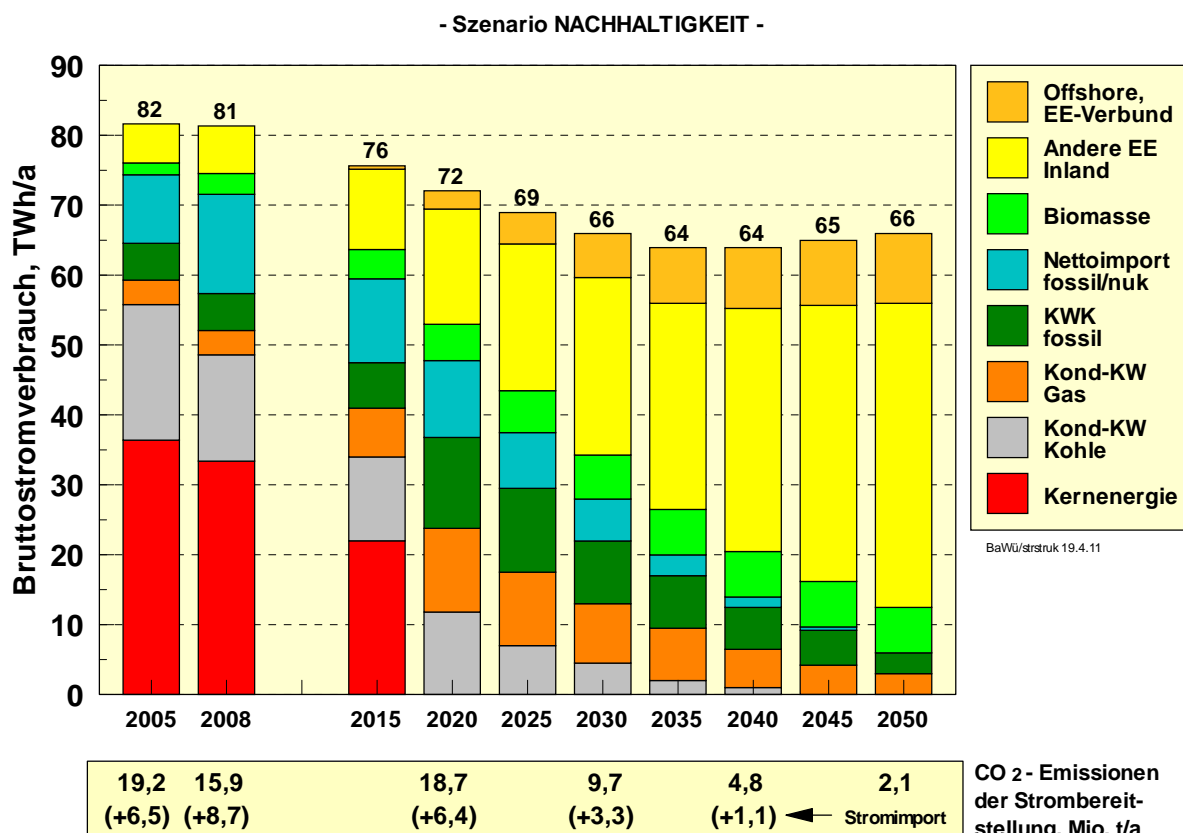


**Bild 7: Struktur der Stromerzeugung aus EE in Baden-Württemberg und EE-Import nach Energiequellen im Szenario „NACHHALTIGKEIT 2020/2040“.**

Die verbleibende Strommenge aus fossilen Kraftwerken in 2050 (ausschließlich gasbefeuerte Anlagen) beläuft sich auf 6 TWh/a (9%), davon die Hälfte in Kraft-Wärme-Kopplung. Reine Kondensationsanlagen (GuD-Kraftwerke, Gasturbinen) haben nur noch eine geringe Auslas-

<sup>4</sup> Im Gegensatz zur Bundesrepublik als Ganzes ist Baden-Württemberg ein Stromimportland. Derzeit stammen 17% (14 TWh/a) des Bruttostromverbrauchs aus anderen Bundesländern bzw. aus dem Ausland. Dieser fossil-nukleare Stromimport, der in den letzten Jahren gestiegen ist, wird im Szenario kontinuierlich reduziert (vgl. Bild 7).

tung und dienen, in Verbindung mit einem bundesdeutschen bzw. europäischen Lastmanagement, der Aufrechterhaltung einer stabilen und jederzeit gesicherten Stromversorgung. Nach 2020 sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung rasch und betragen in 2030 nur noch 6 Mio. t CO<sub>2</sub>/a. In 2050 ist die Stromerzeugung nahezu emissionsfrei.



**Bild 8: Struktur des Bruttostromverbrauchs in Baden-Württemberg nach Energieträgern und Kraftwerksarten im Szenario „NACHHALTIGKEIT 201/2050“.**

Mit dem Szenario „NACHHALTIGKEIT 2020/2040“ ist ein Weg aufgezeigt, wie Baden-Württemberg bis 2020 aus der Kernenergie und bis 2040 aus der Stromerzeugung mit Kohle aussteigen kann und gleichzeitig seinen angemessenen Beitrag zum globalen Klimaschutz leisten kann. Entscheidend ist dabei, wie das Szenario darlegt, dass der Umsteuerungsprozess bei der Energienutzung hin zu deutlich höherer Effizienz und die Wachstumsdynamik der EE **bereits heute massiv eingeleitet werden müssen, damit bereit in 2020 wesentliche Schritte des Umbaus**, insbesondere der Stromversorgung, erfolgt sind. Nur so können sie rechtzeitig die notwendige Nutzungsintensität erreichen, die dann für mehrere Jahrzehnte aufrechterhalten werden muss um die Zielsetzungen für 2050 zeitgerecht zu erreichen.

## 5. Chancen eines konsequenten Umbaus der Energieversorgung für die Wirtschaft

Eine Strategie mit deutlich steigenden Investitionen in effizientere Energienutzungstechnologien sowie in EE-Technologien und (dezentrale) KWK-Technologien führt im Vergleich zur Beibehaltung der jetzigen Versorgungsstrukturen zu einer deutlich höheren Wertschöpfung im Land. Der Schwerpunkt der Investitionen liegt bei innovativen Technologien, von denen ein größerer Teil im Land selbst hergestellt werden können, als das bei herkömmlichen Ersatzinvestitionen unter Aufrechterhaltung konventioneller (Groß-) Kraftwerke der Fall ist. Hinzu

kommen in der Umbaustrategie deutliche Investitionen in Stromeinsparttechnologien, sowie beträchtliche 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 CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate entstehenden Kostenbelastungen reduziert werden. Das Land kann sich mit dieser Strategie zunehmend von den Risiken stark bzw. sprunghaft steigender Energiepreise abkoppeln und die Importabhängigkeit von Öl und Gas deutlich verringern.

Die Stimulierung des Absatzes von „neuen Energietechnologien“ in Baden-Württemberg durch einen beschleunigten Umbau der Energieversorgung hat daher eine große Bedeutung für die zukünftige Leistungsfähigkeit der baden-württembergischen Volkswirtschaft. Baden-Württemberg erfüllt die Voraussetzungen, 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. 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 Baden-Württemberg bei einer Umsetzung dieses Szenarios vielfältige Chancen, die ohne Zeitverzug genutzt werden sollten.

#### **Quellen:**

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.

J. Nitsch: „Über den Tag hinaus denken – Konzept einer nachhaltigen Energieversorgung für Baden-Württemberg (Szenario NACHHALTIGKEIT 2008)“; Stuttgart, Mai 2008.

„Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2008“; Hrsg. Wirtschaftsministerium und Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart, Dezember 2009.

„Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ Hrsg. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart, Juli 2009.

M. Schmidt, A. Vogel-Sperl, F. Staiß: „Möglichkeiten des Ausbaus der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in BW auf einen Anteil von 25% bis zum Jahr 2020“; Gutachten im Auftrag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg, ZSW Stuttgart, Februar 2009.

„Energiebericht 2010“, Hrsg. Wirtschaftsministerium und Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, Juli 2010.

BMWi, BMU: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin 28.9.2010

J. Nitsch, T. Pregger, M. Sterner, B. Wenzel u.a.: „Leitszenario 2010 – Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland.“ Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), DLR Stuttgart, IWES Kassel, IFNE Teltow, Februar 2011.

J. Nitsch: „Wo steht die Windenergie in Baden-Württemberg heute?“. In: Die Gemeinde, Organ des Gemeindetags Baden-Württemberg; BWGZ 6/2011, März 2011, S. 244-247.

## Anhang: Ausbau der Windenergie in Baden-Württemberg

Tabelle A1: Zubau 1998-2010: Zweistelliger jährlicher Leistungszubau

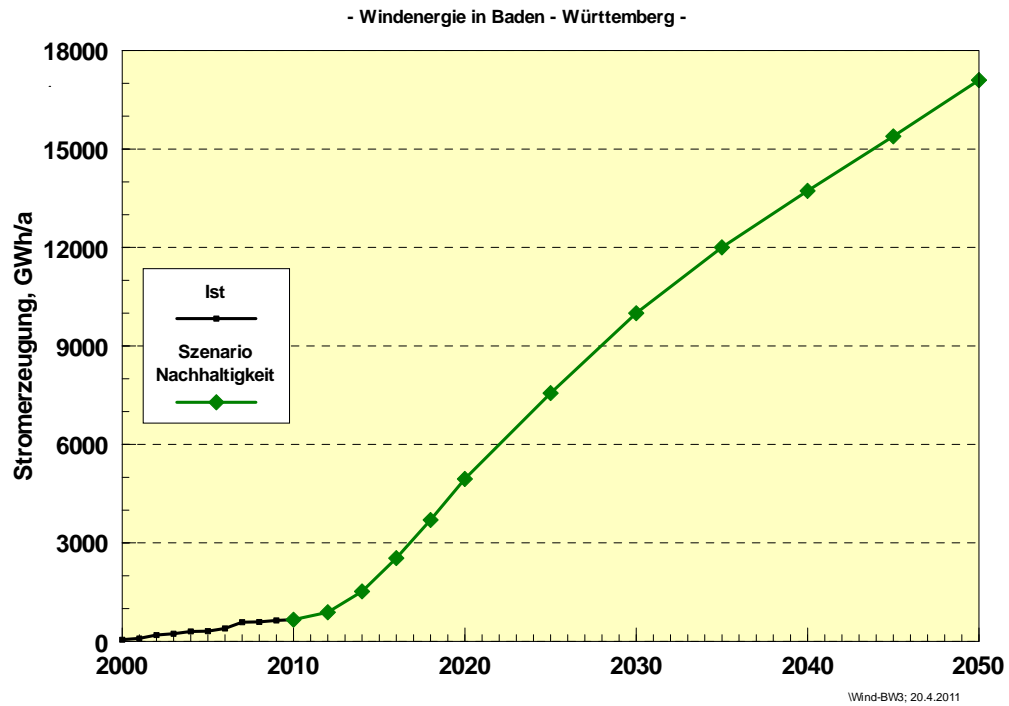
	Installierte Leistung MW	mittlere Ausnutzung h/a	Strom- produktion GWh/a	Mittlere Größe kW	Anzahl	Jährl. Umsatz Leistung *) MW/a	Netto- Zuwachs Anzahl/a
1998	22	818	18	500	44	8	
1999	32	688	22	600	53	10	9
<b>2000</b>	<b>61</b>	<b>869</b>	<b>53</b>	<b>700</b>	<b>87</b>	<b>29</b>	<b>34</b>
2001	108	852	92	800	135	47	48
2002	180	1072	193	900	200	72	65
2003	209	1120	234	950	220	29	20
2004	249	1229	306	1020	244	40	24
<b>2005</b>	<b>262</b>	<b>1191</b>	<b>312</b>	<b>1048</b>	<b>250</b>	<b>13</b>	<b>6</b>
2006	325	1215	395	1161	280	30	30
2007	404	1450	586	1206	335	79	55
2008	422	1410	595	1213	348	18	13
2009	452	1417	640	1254	360	30	12
<b>2010</b>	<b>467</b>	<b>1420</b>	<b>663</b>	<b>1269</b>	<b>368</b>	<b>15</b>	<b>8</b>

Tabelle A2: 2010- 2050: Dreistelliger jährlicher Leistungszubau erforderlich

	Installierte Leistung MW	mittlere Ausnutzung h/a	Strom- produktion GWh/a	Mittlere Größe kW	Anzahl	Jährl. Umsatz Leistung *) MW/a	Netto- Zuwachs Anzahl/a
<b>2010</b>	<b>467</b>	<b>1420</b>	<b>663</b>	<b>1269</b>	<b>368</b>	<b>15</b>	<b>8</b>
2011	517	1430	739	1300	397	50	29
2012	617	1440	888	1400	440	100	43
2013	787	1460	1148	1500	524	170	84
2014	1030	1480	1524	1600	644	243	119
<b>2015</b>	<b>1340</b>	<b>1500</b>	<b>2009</b>	<b>1725</b>	<b>777</b>	<b>310</b>	<b>133</b>
2016	1670	1520	2538	1850	902	330	126
2017	2010	1550	3115	1975	1018	340	115
2018	2342	1580	3700	2100	1115	340	98
2019	2674	1610	4304	2250	1188	342	73
<b>2020</b>	<b>3000</b>	<b>1650</b>	<b>4949</b>	<b>2400</b>	<b>1250</b>	<b>355</b>	<b>62</b>
2025	4450	1700	7565	2800	1589	330	68
2030	5880	1750	10290	3150	1867	320	55
2035	6707	1790	12006	3400	1973	340	21
2040	7500	1830	13725	3700	2027	500	11
2045	8250	1865	15386	4000	2062	480	7
<b>2050</b>	<b>9000</b>	<b>1900</b>	<b>17101</b>	<b>4300</b>	<b>2093</b>	<b>470</b>	<b>6</b>

\*) Neubau und Ersatz von Altanlagen (20 a)

Wind; 20.4.2011



**Bild A1: Stromerzeugung aus Windenergie in Baden-Württemberg: Von marginalen Beiträgen zur tragenden Säule der EE-Stromerzeugung**