

# **Struktur und Entwicklung der zukünftigen Stromversorgung Baden-Württembergs**

**unter Berücksichtigung der Liberalisierung der Energie-  
märkte, der technologischen Entwicklung, der  
Verfügbarkeit fossiler Ressourcen und der wachsenden  
Bedeutung erneuerbarer Energiequellen**

**Eine Untersuchung im Auftrag des Wirtschaftsministeriums  
Baden-Württemberg**

- Zusammenfassung -

Arbeitsgemeinschaft:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V.,  
Institut für Technische Thermodynamik, Stuttgart

Fraunhofer-Institut Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI),  
Karlsruhe

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart

Stuttgart, Karlsruhe März 2002

## Die Bearbeitung der Studie erfolgte durch:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (**DLR**) e.V.  
Pfaffenwaldring 38-40  
70569 Stuttgart

Fraunhofer-Institut Systemtechnik und Innovations-  
forschung (**ISI**)  
Breslauer Str. 48  
76139 Karlsruhe

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (**ZSW**)  
Heßbrühlstr. 21 c  
70565 Stuttgart

Joachim **Nitsch** (Projektleitung)

Uwe **Klann**

Michael **Nast**

Harald **Bradke**

Eberhard **Jochem**

Wilhelm **Mannsbart**

Frithjof **Staiß**

Eduard **Mantel**

Friedhelm **Steinborn**

## **Gliederung der Zusammenfassung:**

- (1) Herausforderungen und Ziele**
- (2) Die Ausgangssituation**
- (3) Die Entwicklung der Energienachfrage**
- (4) Die Option Kraft-Wärme-Kopplung**
- (5) Die Option Regenerative Energien (REG)**
- (6) Die zukünftige Stromversorgung Baden-Württembergs**
- (7) Auswirkungen der Szenarien für den Klimaschutz**
- (8) Volkswirtschaftliche Wirkungen der Szenarien**
- (9) Handlungsempfehlungen**
- (10) Fazit**



## (1) Herausforderungen und Ziele

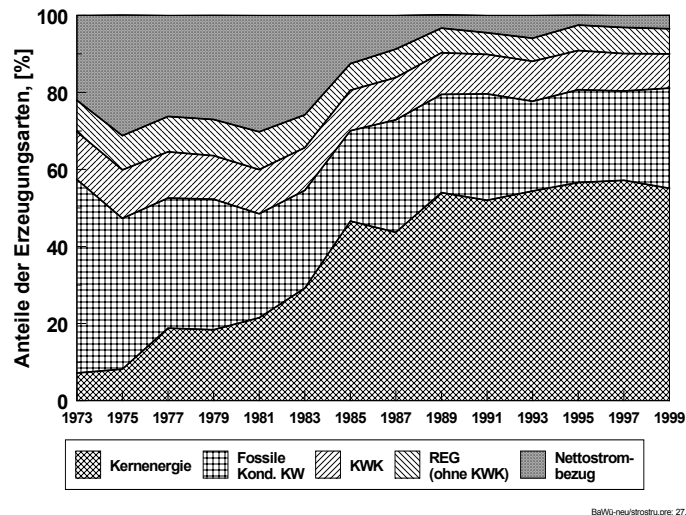
Wirksame Klimaschutzpolitik und eine weitsichtige Energie- und Wirtschaftspolitik, welche Ressourcenschonung, eine gesicherte Energieversorgung und auch noch mittel- bis langfristig erschwingliche Energiepreise zum Ziele haben, erfordern eine aktive Gestaltung des anstehenden Strukturwandels in der Energieversorgung. Die Landesregierung hat sich im Umweltplan mit einer **Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf unter 65 Mio. t/a und einer Verdopplung des Beitrags von REG ehrgeizige Ziele bis zum Jahr 2010** gesetzt. Außerdem strebt sie eine Fortführung des Prozesses der Liberalisierung und Harmonisierung der Energiemärkte zum Zwecke des „wirtschaftlich optimalen“ Einsatzes von Energieträgern in Baden-Württemberg (BW) an. Darüber hinaus erfordern die Zielsetzungen einer international wirksamen Klimaschutzpolitik, dass auch BW seine CO<sub>2</sub> -Emissionen von derzeit 78 Mio. t/a längerfristig auf nur noch 25 Mio. t/a senkt. Angesichts der gegensätzlich gearteten Entwicklungstendenzen der letzten 10 Jahre in der Energieversorgung von BW bedarf es noch großer Anstrengungen, wenn die für 2010 gesetzten Ziele zeitgerecht erreicht werden sollen. Selbst im Erfolgsfall ist der Zeitabschnitt bis 2010 nur ein „Einstieg“ in eine langfristig angelegte Klimaschutzstrategie.

Durch die Vereinbarung der Bundesregierung und der Energiewirtschaft, die Nutzung der Kernenergie aufzugeben, entsteht **für BW zusätzlicher Handlungsdruck**. Die durch Kernenergie derzeit vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 17 Mio. t/a sind entsprechend der Ausstiegsvereinbarung zur Kernenergie bis zum Jahr 2022 zusätzlich zu kompensieren, wenn gleichzeitig die längerfristigen Klimaschutzziele eingehalten werden sollen. Aus dieser Herausforderung erwachsen aber auch zahlreiche Chancen, die weitere Entwicklung im Strombereich frühzeitig in eine für das Land günstige Entwicklungsrichtung zu lenken, so dass neben der Erfüllung der klimapolitischen und energiepolitischen Ziele auch zahlreiche neue wirtschaftliche und arbeitsmarktpolitische Impulse entstehen können.

Das Wirtschaftsministerium hat die Arbeitsgemeinschaft DLR/ISI/ZSW im Februar 2001 beauftragt, eine Untersuchung durchzuführen, die sich dieser doppelten Zielsetzung widmet und **wirksame Ansatzmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen für die Energie- und Wirtschaftspolitik** in diese Richtung ausarbeitet. Der Stromsektor stand dabei im Mittelpunkt der Untersuchung. Die zukünftig möglichen Strukturveränderungen werden mittels drei Szenarien erläutert, die von einer relativ einflusslosen Entwicklung (TREND) über eine mittelaktive Gestaltungslinie (EFFIZIENZ) bis zu einer an den Klimaschutzziele orientierten Umbaustrategie (NACHHALTIGKEIT) reichen. Um den erforderlichen Gestaltungsprozess vollständig beschreiben zu können, werden die zukünftigen Entwicklungen bis zum Jahr 2050 beschrieben.

## (2) Die Ausgangssituation

Der Bruttostromverbrauch in BW hat sich in den letzten 25 Jahren nahezu verdoppelt auf derzeit 71 TWh/a; der Zuwachs ist deutlich höher als im Bundesdurchschnitt. **Zwischen 1973 und 1989 durchlief die Strombereitstellung einen beträchtlichen Strukturwandel**. Die Kernenergie steigerte ihren Anteil von 7 auf 54 %, der Nettostrombezug ging dafür von 22 auf 6 % und der Einsatz von Erdgas und Heizöl von 36 auf 7 % zurück. Die Steinkohle behielt im wesentlichen ihren Anteil von rund 28 %. In den letzten 10 Jahren hat sich dagegen die Strombereitstellungsstruktur nur noch unwesentlich verändert. In BW werden derzeit 62 % des Stroms CO<sub>2</sub>-frei erzeugt (90 % Kernenergie; 10 % REG), was zu einer entsprechend geringen CO<sub>2</sub>-Intensität von 0,25 kg/kWh<sub>el</sub> führt (D = 0,56 kg/kWh<sub>el</sub>). Die **CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung** (17,3 Mio. t/a in 1999 entsprechend 22 % der Gesamtemissionen) sind trotzdem **seit 1973 gestiegen**, da der Einsatz an fossilen Energieträgern nahezu konstant blieb, aber ein Wechsel von Heizöl zu Kohle stattfand. Der Zuwachs an Strom aus Kernenergie konnte etwa gerade den Verbrauchszuwachs kompensieren.



**Abbildung 1: Anteile von Strom aus Kondensationskraftwerken (nuklear, fossil), KWK und REG sowie des Nettostrombezugs am Bruttostromverbrauch in BW zwischen 1973 und 1998**

Von großer Bedeutung für die zukünftige Entwicklung ist die Entwicklung der jeweiligen Beiträge von Strom aus Kondensationskraftwerken, aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und aus REG, (**Abb. 1**). Während der Anteil an Kondensationsstrom (einschließlich Nettostrombezug) 1989 bei 80 % lag, beträgt er derzeit 85 %. Der Anteil der KWK sank in dieser Zeit von 12 auf knapp 9 %, derjenige der REG (ohne Biomasse) von 8,2 auf 6,5 %; die KWK ist auch in absoluten Werten seit 1996 rückläufig. **Diese Entwicklung ist aus der Sicht des effizienten Einsatzes fossiler Ressourcen und der angestrebten Steigerung regenerativer Energien unbefriedigend.**

### (3) Die Entwicklung der Energienachfrage

Für den Leitindikator der Energiepreisentwicklung, den **Ölpreis**, wird von einem Anstieg bis zum Jahr 2050 auf 37 \$/barrel in einer niedrigen Variante und auf 57 \$/barrel in einer oberen Variante ausgegangen. Die **Bevölkerung** wird im Vergleich zum Bund unterproportional auf rund 9,5 Millionen Menschen abnehmen; das Bruttoinlandsprodukt (**BIP**) dagegen überproportional mit etwa 1.000 DM pro Kopf und Jahr steigen (entsprechend 1,6 bis 0,8 %/a), so dass sich das BIP von heute bis 2050 nahezu verdoppelt.

Trotzdem kann der gesamte **Endenergiebedarf** in BW selbst im relativ eingriffslosen Szenario TREND bis 2050 um rund 15 % (entsprechend 0,3 %/a) unter dem entsprechenden Wert von 1999 liegen (**Abb. 2**). Diese Entwicklung wird vor allem durch den reduzierten Brennstoffbedarf getragen. Der **Strombedarf** nimmt dagegen im Szenario TREND in allen Sektoren weiter zu, bis 2050 insgesamt um 20 % (entsprechend 0,4 %/a). Bei der Industrie, dem größten Stromverbraucher, wird er bis 2050 etwa mit 0,2 %/a nur unterproportional wachsen. In 2050 wird dann der Sektor „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit einer Wachstumsrate von 0,7 %/a die Höhe des absoluten Strombedarfs der Industrie erreicht haben. Der Strombedarf der privaten Haushalte wird etwa auf dem Niveau von 1999 verbleiben.

Im **Szenario NACHHALTIGKEIT** sinkt der **Endenergiebedarf in BW bis 2050** stärker um 0,9 %/a und liegt dann um **37 % unter dem derzeitigen Verbrauch**. Auch der **Strombedarf** sinkt in diesem Szenario durchschnittlich um 0,14 %/a und liegt damit **um 7 % unter dem von 1999**. Den größten Beitrag zur Stromeinsparung liefert mit 35 % der Sektor Haushalte, gefolgt von der Industrie mit 22 %. Im Sektor „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ werden mit 17 % die niedrigsten Potenziale gesehen.

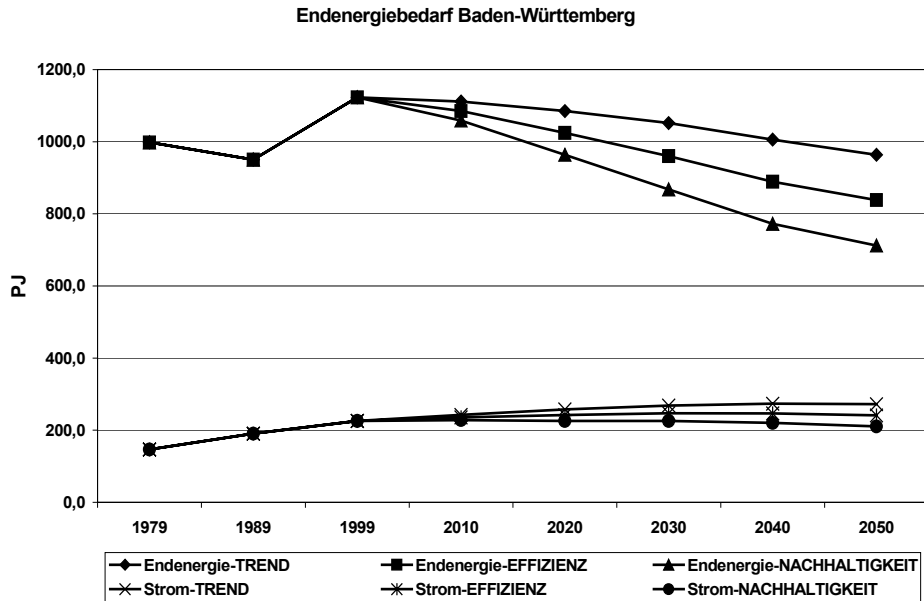
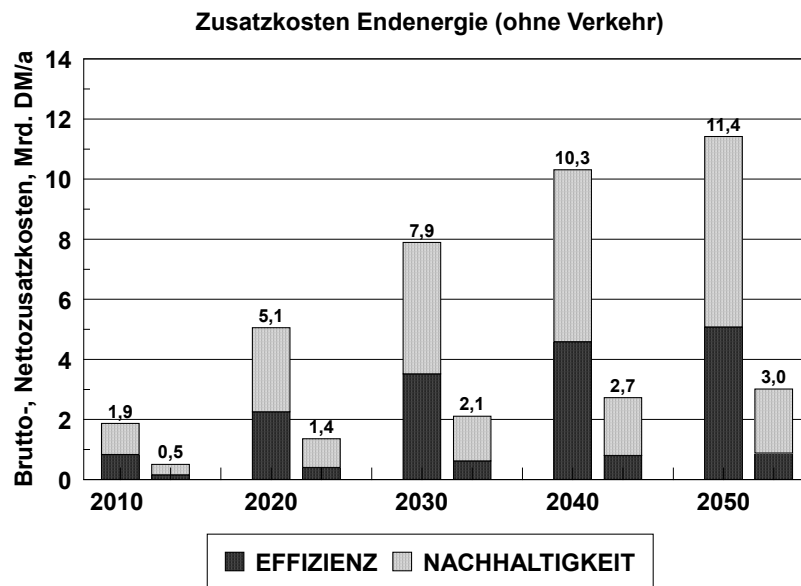


Abbildung 2: Entwicklung des Endenergiebedarfs und des Strombedarfs in Baden-Württemberg in den Szenarien bis 2050



BaWü-neu/sparkos1.pre;1.12.01

Abbildung 3: Jährliche Brutto- und Netto- Zusatzkosten für die effizientere Endenergienutzung in BW in den Szenarien EFFIZIENZ und NACHHALTIGKEIT; (brutto = links; netto = rechts)

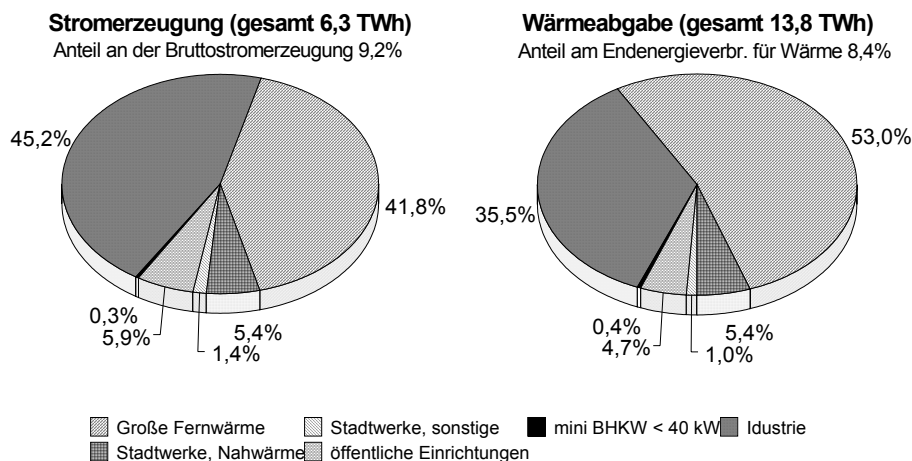
Im Szenario NACHHALTIGKEIT werden deutlich mehr Investitionen in Einspartechnologien getätigt, darunter auch solche, die gegenüber dem Szenario TREND zu zusätzlichen Kosten führen. Diese können den eingesparten Brennstoffkosten gegenübergestellt werden. Die resultierenden Brutto-Zusatzkosten steigen von 2 Mrd. DM/a in 2010 auf rund 11 Mrd. DM/a. im Jahr 2050 (Abb. 3). Aufgrund der stark verminderten Energienachfrage reduzieren sich die **Netto-Zusatzkosten** jedoch auf **3,0 Mrd. DM/a im Jahr 2050**. Dieser Wert entspricht rund **0,3 % des Brutto-Inlandsprodukts** von BW im Jahr 2050. Der größere Teil der Zusatzkosten fällt im Bereich der effizienteren Stromnutzung an: Bis zum Jahr 2050 steigen die entsprechende Werte auf 6,5 Mrd. DM/a brutto bzw.

**1,7 Mrd. DM/a netto. Dies sind weniger als 0,2 % des BIP von BW im Jahre 2050.** Diese vom Verbraucher zusätzlich aufzubringenden Mittel erlauben eine Reduktion des Stromverbrauchs gegenüber der Entwicklung im Szenario TREND um 17 TWh/a bis 2050, was ein Viertel des derzeitigen Stromverbrauchs entspricht.

#### (4) Die Option Kraft-Wärme-Kopplung

**Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) trägt derzeit in BW rund 9 % zur Stromerzeugung** bei, was deutlich unterhalb des bundesdeutschen Mittelwertes von ca. 12 % liegt. Die gleichzeitig genutzte Wärme deckt etwa 8 % des entsprechenden Endenergieverbrauches. Die größten Anteile entfallen auf die industrielle KWK und die großstädtische Fernwärme (**Abb. 4**). Dezentrale KWK-Anlagen (BHKW) in Einzelobjekten oder in Verbindung mit kleineren Wärmenetzen sind gemessen an ihrem möglichen Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung der Wärmeversorgung mit derzeit 250 MW<sub>el</sub> Leistung noch von marginaler Bedeutung. Der Beitrag der KWK an der Stromerzeugung hat in den letzten Jahren abgenommen, was auf die Folgen der Liberalisierung des deutschen Strommarktes zurückzuführen ist. Die tatsächliche Entwicklung der KWK steht damit in starkem Widerspruch zu politischen Zielsetzungen, die ihre große Bedeutung für eine nachhaltige Energieversorgung hervorheben. Die strukturellen Bedingungen gestatten andererseits ein erhebliches Wachstum mit weitgehender Ausschöpfung der technisch-strukturellen Potenziale bis zum Jahr 2020.

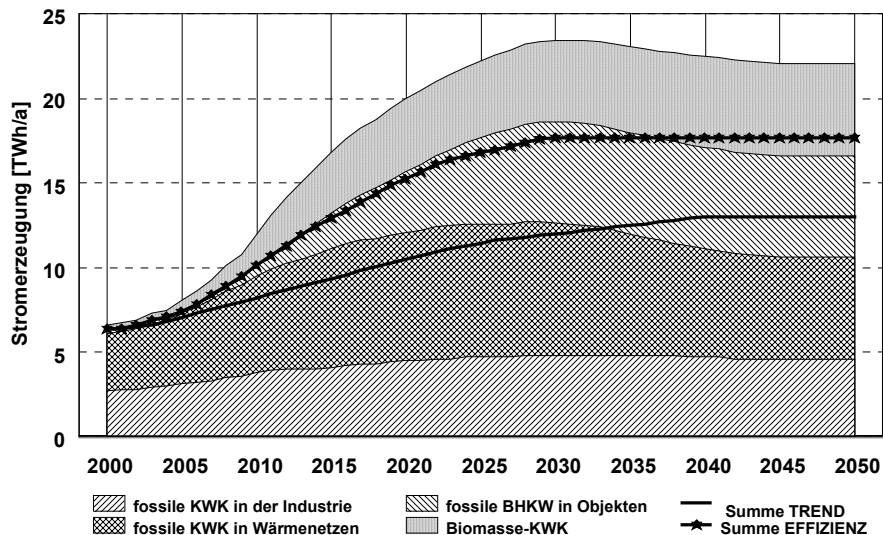
Im Bereich der **großen Fernwärme** ließe sich die Stromerzeugung in bestehenden Heizkraftwerken – bei unveränderter Wärmeabgabe - von **gegenwärtig 2,6 auf 5,7 TWh<sub>el</sub>/a erhöhen**, wenn im Zuge des Anlagenersatzes die bestehenden Kohle-Dampfkraftwerke mit Vorschaltgasturbinen ausgerüstet oder durch Erdgas-GuD-Kraftwerke mit einem deutlich höheren elektrischen Wirkungsgrad ersetzt werden. In der **Industrie** bewegt sich die Ausschöpfungsrate gegenwärtig bei 30 %. Infolge verbesserter Anlagentechnik, der verstärkten Nutzung von Abwärme aus Hochtemperaturprozessen, dem Aufbau von industriell-kommunalen Wärmeverbänden und dem Vordringen kleinerer BHKW (Motoren und Gasturbinen) kann die Ausschöpfung erheblich gesteigert werden. Eine Verdoppelung der KWK-Stromerzeugung in der **Industrie auf 6 TWh<sub>el</sub>** möglich.



**Abbildung 4: Strom- und Wärmebereitstellung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Baden-Württemberg im Jahr 1999**

Die Potenziale **dezentraler KWK-Anlagen im Siedlungsbereich** liegen bei etwa 20 % der gegenwärtigen Stromerzeugung in BW. Für ihre verstärkte Erschließung kommen im Wesentlichen drei Schlüsselemente in Betracht: (1) die verstärkte Errichtung von Nahwärmenetzen im Neubaubereich als auch im Gebäudebestand, (2) Anwendungen im Bereich der objektorientierten KWK mittels

BHKW im Leistungsbereich von etwa 10 bis 100 kW<sub>el</sub> und (3) Kleinst-BHKW mit Leistungen von 2 bis etwa 10 kW<sub>el</sub> zur Versorgung größerer Ein- und Zweifamilienhäuser, Reihenhäuser, kleinerer Mehrfamilienhäuser sowie kleinerer Nichtwohngebäude. Obwohl hier drei Viertel des Wärmebedarfes aller Gebäude anfallen, spielte die KWK in der Vergangenheit (außerhalb der Versorgung über Wärmenetze) keine Rolle. Seit etwa drei Jahren sind entsprechende Motor-BHKW kleiner Leistung auf dem Markt. Darüber könnten sich Brennstoffzellen in einigen Jahren als Alternative zur getrennten Strom- und Wärmeversorgung in Wohngebäuden durchsetzen. Insgesamt kann die Stromerzeugung aus dezentralen KWK-Anlagen im Siedlungsbereich von heute rund 0,9 auf 8,3 TWh vervielfacht werden.



**Abbildung 5: Strukturelle Entwicklung der KWK-Stromerzeugung im Szenario NACHHALTIGKEIT und Summenwerte für die Szenarien TREND und EFFIZIENZ zwischen 2000 und 2050**

Die Szenarien zur zukünftigen Stromversorgung unterstellen eine Zunahme der KWK-Stromerzeugung bis zum Jahr 2020 von **derzeit rund 6 TWh/a** auf 10,5 TWh/a (TREND), 15 TWh/a (EFFIZIENZ) und 20 TWh/a (NACHHALTIGKEIT); (Abb. 5). Um das Jahr 2030 erreicht die KWK im Szenario NACHHALTIGKEIT ein **Maximum mit 23 TWh/a, was einem Anteil von 34 % an der gesamten Stromerzeugung entspricht**. Danach geht der Beitrag aufgrund der zurückgehenden Wärmenachfrage und der wachsenden Bedeutung der Geothermie und der Solarthermie wieder leicht zurück. Die Nutzung von Biomasse (einschließlich Biogas) gewinnt in allen Szenarien an Bedeutung. Im Szenario NACHHALTIGKEIT werden um das Jahr 2020 rund 4,3 TWh KWK-Strom aus Biomasse bereitgestellt, was etwa 20 % der gesamten KWK-Stromerzeugung entspricht. **Langfristig können rund 5,5 TWh/a Strom aus Biomasse stammen.**

### (5) Die Option Regenerative Energien (REG)

Seit 1994 steigt der Anteil der **REG am Primärenergieverbrauch** um etwa 0,1 %-Punkte je Jahr und lag Ende 1999 mit knapp 40 PJ/a bei **2,5 %**. Wegen des starken Anstiegs des Stromverbrauchs liegt der **Beitrag der REG an der (Netto-) Stromerzeugung (5 TWh/a) mit rund 7,5 % Anteil heute niedriger als 1985 (8,4 %)**. Um die angestrebte Verdopplung der REG bei der Stromerzeugung und der Primärenergie bis 2010 zu erreichen, muss bei Strom der bisherige mittlere Wachstumstrend um das Fünffache, bei der Primärenergie um das Dreifache gesteigert werden. Auch muss der Beitrag zur Wärmeversorgung deutlich wachsen, wenn der Primärenergieanteil verdoppelt werden soll. Für den REG - Wärmebereich gibt es jedoch derzeit keine dem EEG adäquaten Förderinstrumente.

Die längerfristig erschließbaren technischen REG-Potenziale belaufen sich mindestens auf **50 TWh/a** (Abb. 6; Summe der drei rechten Balken). Außer der Wasserkraft und der Biomasse besitzen alle Technologien noch beträchtliche Kostenreduktionsmöglichkeiten, die bei entsprechenden Marktvolumina mobilisiert werden können. Derzeit existiert ein kostengünstiges Potenzial mit Stromkosten bis zu **0,15 DM/kWh** in Höhe von **4 TWh/a**, ausschließlich aus „großer“ Wasserkraft, Biomasse und Biogas (linker Balken in Abb. 6). Längerfristig (> 2020) kann durch weitere Mobilisierung aller Technologien dieses kostengünstige Potenzialsegment auf knapp **20 TWh/a** anwachsen (3. Balken von rechts in Abb. 6). In ähnlicher Weise wie das Stromerzeugungspotenzial lässt sich das Potenzial zur Nutzwärmebereitstellung strukturieren. Insgesamt ergibt sich ein längerfristiges Nutzungspotenzial von **260 PJ/a**, was **rund 45 % der derzeitig zur Wärmeerzeugung eingesetzten Brennstoffmenge** entspricht.

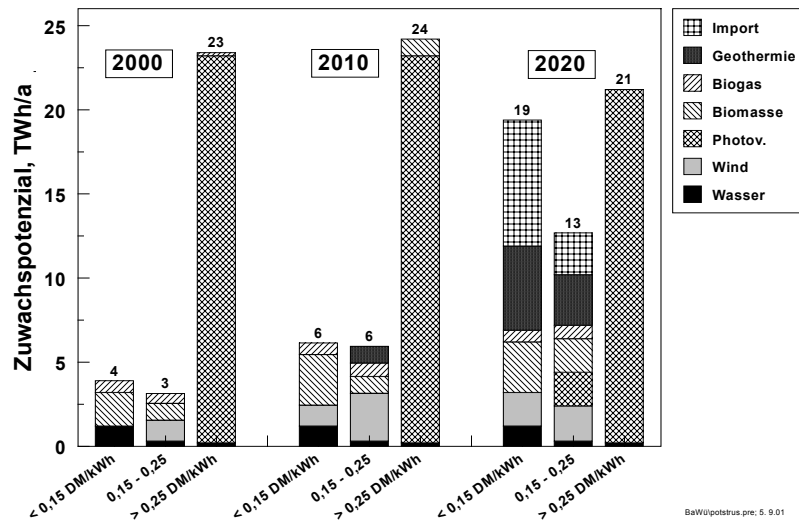


Abbildung 6: Kostenstruktur der in den Jahren 2000, 2010 und 2020 verfügbaren Potenziale von REG zur Stromerzeugung in und für Baden-Württemberg

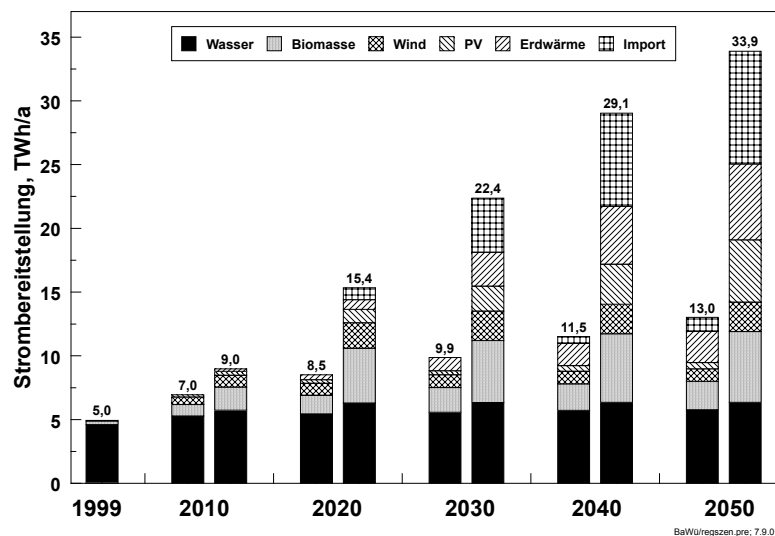
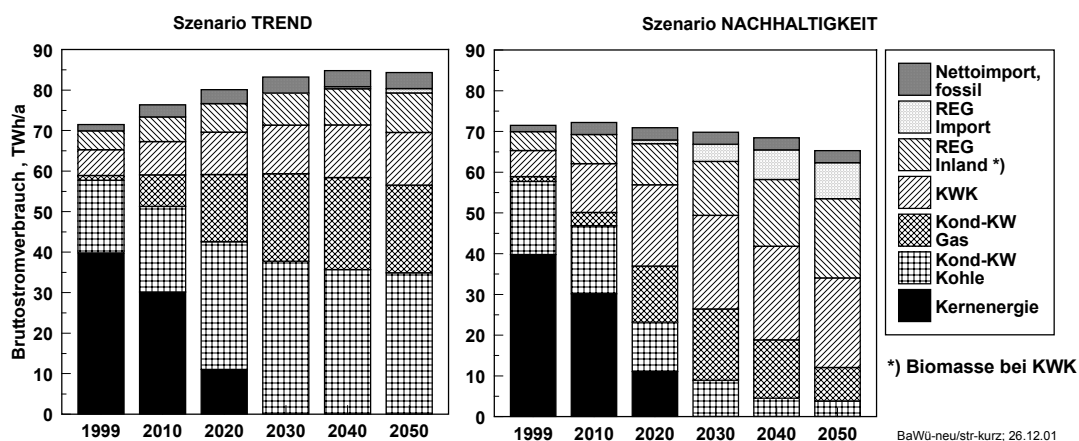


Abbildung 7: Strombereitstellung aus REG in den Szenarien TREND (linke Balken) und NACHHALTIGKEIT (rechte Balken) bis zum Jahr 2050

Während im Trendfall über die bestehende Regelungen hinaus keine wesentlichen neuen Förderimpulse entstehen, orientiert sich der REG -Ausbau im **Szenario NACHHALTIGKEIT bis 2010 am Verdopplungsziel**, und nutzt die dadurch entstehende Ausbaudynamik für weitere länger anhaltende Wachstumsimpulse (**Abb.7**). In Fortführung dieser Wachstumsdynamik stellen **REG im Jahr 2050 mit 34 TWh/a** (einschließlich Biomasse-KWK) nahezu **60 % des Stroms in BW** bereit. Am Primärenergieverbrauch haben sie einen Anteil von 36 %. **REG sind damit zur vorrangigen Energiequelle geworden**. Im Vergleich dazu wachsen REG im Szenario TREND ab 2010 relativ gering und liegen in 2030 erst bei 13 % an der Nettostromerzeugung und bei 17 % REG in 2050. Am Primärenergieverbrauch haben sie einen Anteil von lediglich 10 %. REG sind in diesem Szenario auch in 2050 noch eine nachrangige Energiequelle. Szenario EFFIZIENZ liegt mit einem Anteil am Primärenergieverbrauch bis 2050 von 22 % dazwischen. REG sind zu diesem Zeitpunkt in diesem Szenario eine mit Erdgas, Mineralöl und Kohlen etwa gleichrangige Energiequelle.

## (6) Die zukünftige Stromversorgung Baden-Württembergs

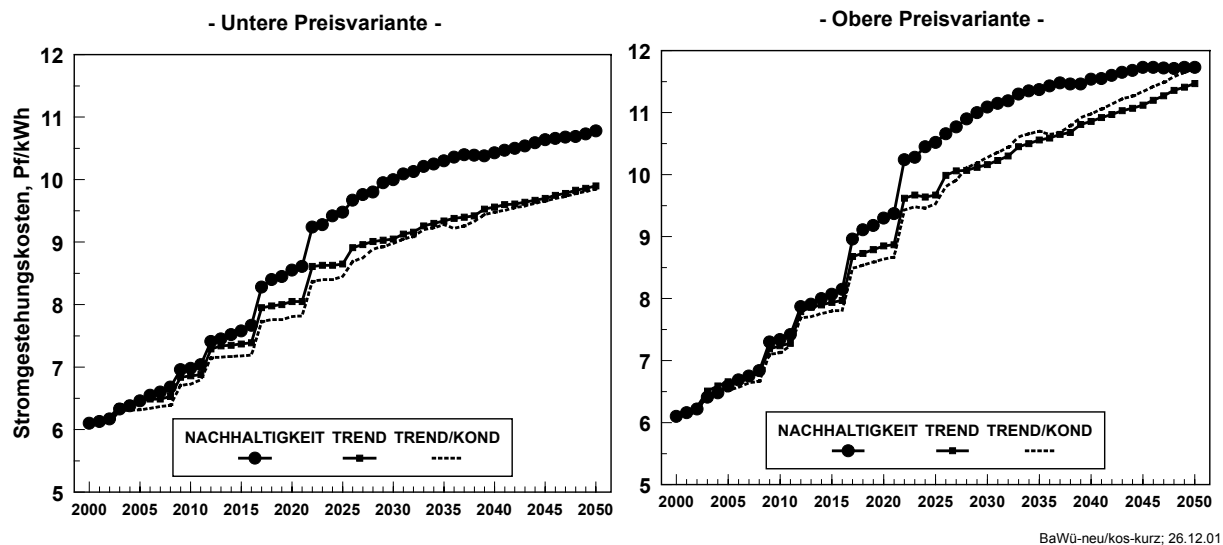
Szenario **TREND** (**Abb. 8**, links) ist durch einen nahezu gleichbleibenden Beitrag von Kondensationskraftwerken von rund 58 TWh/a gekennzeichnet. Die wachsenden KWK- und REG- Beiträge können etwa den Zuwachs des Bruttostromverbrauchs von 72 (1999) auf 84 TWh/a (2050) kompensieren. Bis 2030 sind Kondensationskraftwerke mit einer Leistung von 5,3 GW (Kohle) und 3,8 GW (Gas) neu zu errichten. Das Szenario TREND ähnelt mit einem Anteil an Kondensationsstrom von etwa 70 % im Jahr 2050 in seiner Grundstruktur weitgehend dem heutigen Zustand. Die deutlich stärkere Ausschöpfung von Potenzialen der Stromeinsparung, der KWK und von REG führt dagegen im **Szenario NACHHALTIGKEIT** (**Abb. 8** rechts) zu einem **sehr weitgehenden Strukturwandel** der Stromversorgung. Der Beitrag an Kondensationskraftwerken geht auf nur noch 12 TWh/a im Jahr 2050 zurück. Bis 2030 sind Kondensationskraftwerke mit einer Leistung von nur noch 1,5 GW (Kohle) und 1,9 GW (Gas) neu zu errichten. Die Struktur der Stromversorgung verschiebt sich deutlich zur dezentralen Erzeugung. Aus fossilen Kondensationskraftwerken kommen im Jahr 2050 noch 22 % des Stroms, aus KWK (einschließlich Biomasse) 35 % (davon wiederum 75 % aus dezentralen Anlagen) und aus REG - Anlagen 43 %. Während im Szenario TREND durch die Stromversorgung unakzeptabel hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 35 Mio. t/a entstehen, steigen die **CO<sub>2</sub>-Emissionen** im Szenario NACHHALTIGKEIT trotz Abbau der Kernenergie nicht über 21 Mio. t/a (2020), um bei konsequenter Weiterführung dieser Strategie in 2050 mit **11 Mio. t/a um 35 % unter dem heutigen Niveau** zu liegen.



**Abbildung 8:** Strukturveränderungen der Stromversorgung in den Szenarien TREND und NACHHALTIGKEIT bis 2050

Der mittleren Stromkosten der derzeitigen (abgeschriebenen) Altkraftwerke **belaufen sich frei Kraftwerk auf 4,4 Pf/kWh**. Die zukünftige Kostenentwicklung ist im wesentlichen durch den all-

mählichen Übergang zu Neukraftwerken geprägt und wird überlagert durch die Veränderung der Energiepreise und die Zubauintensität von KWK- und REG-Anlagen. Der Stromkostenverlauf in der Szenariovariante TRENDE/KOND (KWK und REG „eingefroren“) kann als der **niedrigste Verlauf der zukünftigen Stromkosten** unter den gegebenen Rahmenbedingungen (Kernenergieausstieg bis 2022; festgelegter Mix von Steinkohle und Erdgas) interpretiert werden. In der **unterer Preisvariante** (Abb. 9, links) liegen die Stromkosten des Szenarios TRENDE wegen der geringen Wachstumsdynamik von KWK und REG nur geringfügig über denjenigen von TRENDE/KOND. Sie steigen von **derzeit 6 Pf/kWh** (Bezug ist Übergabe an Mittelspannungsnetz) auf langfristig knapp **10 Pf/kWh**. Ab etwa 2008 beginnen im Szenario NACHHALTIGKEIT die mittleren Stromkosten über diejenigen des Szenarios TRENDE zu steigen. Um 2020 sind sie 0,5 Pf/kWh höher, die Maximaldifferenz mit 1,0 Pf/kWh ist 2030 erreicht. Die Preisdifferenz zum Szenario TRENDE ist sowohl auf die unter Klimaschutz Gesichtspunkten in diesem Szenario angenommenen höheren Anteile an GuD-Kraftwerken als auf den deutlichen Ausbau von REG-Anlagen zurückzuführen.



BaWü-neu/kos-kurz; 26.12.01

**Abbildung 9: Verlauf der mittleren Stromgestehungskosten in den Szenarien bis 2050 (nach Übergabe an das Mittelspannungsnetz) für zwei Varianten der Preisentwicklung für Steinkohle und Erdgas**

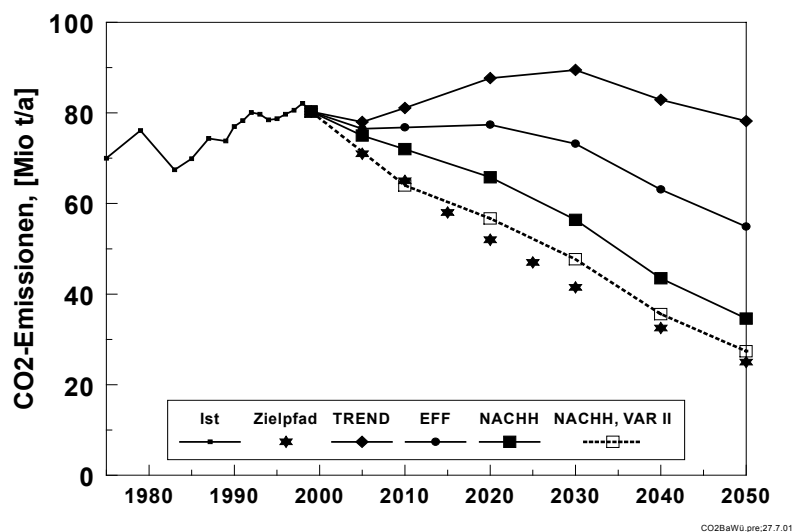
Legt man die **obere Preisvariante** zugrunde (Abb. 9, rechts), stellt sich zwischen den Szenarien bis etwa 2030 eine vergleichbare Kostendifferenz bei insgesamt höherem Kostenniveau ein. Danach wird aber allmählich die kostendämpfende Wirkung der hohen REG-Anteile im Szenario NACHHALTIGKEIT sichtbar. REG-Techniken haben bis dahin weitgehend ihre Kostendegressionspotenziale durchlaufen und entkoppeln die Stromkosten zunehmend vom weiteren Anstieg der Brennstoffpreise. Im Jahr 2050 ist praktisch ein Gleichstand der (aktuellen) Stromkosten **bei 12 Pf/kWh** erreicht, jedoch bei einem gegenüber dem Szenario TRENDE auf 30 % verringerten CO<sub>2</sub>-Emissionsniveau im Szenario NACHHALTIGKEIT. Ersichtlich ist auch, dass der Kostenverlauf in diesem Szenario an einem Plateau angelangt ist, während weiterhin sich stark auf fossile Energie abstützende Szenarien einen stetigen Aufwärtstrend aufweisen. Der Grund sind die sich längerfristig auf einem Niveau von ca. **12 Pf/kWh** einpendelnden Kosten der Stromerzeugung aus dem Mix an REG-Anlagen.

Werden externe Kosten durch entsprechende energiepolitische Instrumente internalisiert, so kann der Kostenschnittpunkt der Umbaustrategie mit der Trendentwicklung weiter nach vorne geschoben werden. Wird beispielhaft im Zeitraum 2010 bis 2020 die Differenz der **externen Kosten** der Steinkohle- und Erdgasverstromung voll auf die Strompreise umgelegt (**Steinkohle 4,5 Pf/kWh<sub>el</sub>; Gas 2,0 Pf/kWh<sub>el</sub>**), so wird das Szenario NACHHALTIGKEIT bereits ab 2025 kostengünstiger als das fossil dominierte Szenario TRENDE und stellt langfristig die eindeutig kostengünstigste Entwicklung dar.

## (7) Auswirkungen der Szenarien für den Klimaschutz

Die Stromversorgung trägt in BW mit derzeit 22 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen den geringsten Anteil zur Klimaproblematik bei, die Wärmeversorgung ist für 46 % und der Verkehr für 32 % der Emissionen verantwortlich. Deshalb wurden auch diese Bereiche in die Untersuchung zukünftiger Klimaschutz- und Energieversorgungsstrategien einbezogen und spezifische Teilszenarien entwickelt. Beim Verlauf der gesamten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (**Abb. 10**) kann bis 2005 generell ein Absinken erreicht und damit der bisherige Trend einer stetigen Zunahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen umgekehrt werden. Nach 2005 bewirkt der wachsende Beitrag fossiler Energien im Szenario TREND ein Anwachsen auf nahezu 90 Mio. t/a in 2030. Bis 2050 kann gerade wieder das heutige Niveau erreicht werden. **Eine trendorientierte Entwicklung stellt daher keine tolerierbare Entwicklung dar. Selbst wenn die Kernenergie auf dem heutigen Niveau erhalten bliebe, würde das sich einstellende CO<sub>2</sub>-Emissionsniveau mit 56 Mio. t/a in 2050 den Zielpfad deutlich verfehlen.**

Die im Szenario EFFIZIENZ ergriffenen Maßnahmen kompensieren im Mittel den Abbau der Kernenergie. Nach 2020 führt das Szenario zu einem stetigen Sinken der Emissionen und erreicht in 2050 mit 55 Mio. t/a 70 % der heutigen CO<sub>2</sub>-Emissionen (d.h. ebenso viel wie das Szenario TREND mit Beibehaltung der Kernenergie). Die aus Klimasicht bis zu diesem Zeitpunkt notwendigen deutlicheren Reduktionen würden also verfehlt. **Das Szenario NACHHALTIGKEIT erlaubt die angestrebte stetige Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen auch bei dem vorgesehenen Abbau der Kernenergie.** Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sinken bis 2020 mit 64 Mio. t/a auf 82 % des heutigen Wertes, bis 2030 mit 55 Mio. t/a auf 71 % und **bis 2050 mit 34,5 Mio. t/a auf 44 %** und nähern sich damit deutlich dem aus der Sicht des Klimaschutzes anzustrebenden Zielpfades für BW. Erreicht darüber hinaus **der Verkehrssektor** sein im Umweltplan angestrebtes CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel für 2005 (Variante NACH., VAR II), so kann der Zielpfad nahezu eingehalten werden.



**Abbildung 10:** Verlauf der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den drei Szenarien bis 2050 im Vergleich zu dem anzustrebenden Zielpfad

Für den Klimaschutz ergeben sich aus den Szenarioergebnissen folgende Schlussfolgerungen:

- ◆ Damit ein wirksamer Klimaschutz entlang des vorgeschlagenen CO<sub>2</sub>- Reduktionspfades überhaupt erreichbar ist, müssen in **allen drei Verbrauchssektoren** „Stromversorgung“, „Wärmeversorgung“ und „Verkehr“ intensive Schritte in der Umgestaltung der bisherigen Energieversorgung vorgenommen werden. Den Bereichen „Verkehr“ und „Wärmeversorgung“, die derzeit den weitest größten Beitrag an den CO<sub>2</sub>- Emissionen verursachen, ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da dort große bisher nicht mobilisierte Reduktionspotenziale vorhanden sind und – im Falle des Verkehrs – kräftige Wachstumstendenzen auftreten.

- ◆ Um dem anzustrebenden Reduktionspfad zeitgerecht folgen zu können, sind **parallel Aktivitäten** in den Bereichen „**Rationellere Energienutzung**“, „**Verstärkter Ausbau der KWK**“ und „**Wirksamer Einstieg in die Nutzung von REG**“ erforderlich. Ein Segment allein reicht nicht aus, die gesamten erforderlichen Reduktionen zu erbringen. Während kurz- bis mittelfristig Rationellere Energienutzung und KWK am wirksamsten sind, muss die längerfristige Reduktionsrolle von den REG übernommen werden. Damit REG jedoch zeitgerecht (ab etwa 2020) die erforderlichen Reduktionsbeiträge erbringen können, müssen sie bereits heute substantiell mobilisiert werden.
- ◆ Die in den Bereiche „Wärmeversorgung“ und „Verkehr“ erforderlichen Anstrengungen sind **unabhängig vom vereinbarten Abbau der Kernenergie** zu ergreifen. Längerfristig sind sie ohnehin unverzichtbar, wenn ein deutlicher Abbau der CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht werden soll. Kurzfristig tragen sie erheblich dazu bei, den in der Stromerzeugung bis 2020 entstehenden Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen infolge des Abbaus des hohen Kernenergieanteils zu kompensieren und ermöglichen so ein stetiges Absinken der Gesamtemissionen. Ihre CO<sub>2</sub>-Reduktionsumfang sollte sich daher an das Szenario NACHHALTIGKEIT bzw. NACHH., VAR II anlehnen.
- ◆ Die im Umweltplan angestrebten kurzfristigen CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele für 2005 und 2010 sind nur dann erreichbar, wenn **insbesondere im Verkehrsbereich** sehr rasche und weitreichende Anstrengungen unternommen werden. Geht man z.B. im Szenario TREND von einem konstanten Beitrag der Kernenergie bis 2010 aus, so ergäben sich in diesem Fall CO<sub>2</sub>-Emissionen 2005 von 76,5 Mio. t/a. und in 2010 von 75 Mio. t/a. Es wären also auch dann bis 2005 etwa 7 Mio. t/a und in 2010 mindestens 10 Mio. t/a CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion zusätzlich aus den Bereichen „Wärmeversorgung“ und „Verkehr“ zu erbringen, wenn die Reduktionsziele des Umweltplans zeitgerecht erreicht werden sollen. **Weder in der „Wärmeversorgung“, erst recht nicht im „Verkehr“ existieren jedoch zur Zeit adäquate Instrumente**, um den erforderlichen Reduktionsgradienten kurzfristig einzuleiten. Hier ist also dringender Handlungsbedarf gegeben.
- ◆ Die Szenarioanalysen zeigen, dass der Ersatz eines hohen Anteils Kernenergie in der Stromversorgung möglich ist, ohne klimapolitisch Schiffbruch zu erleiden. Allerdings muss dieser Umstieg mit sehr engagierten Anstrengungen in den klimastrategisch wichtigen Segmenten Effizienter Strom- und Wärmeeinsatz, KWK und REG einhergehen. **Diese Anstrengungen müssen bereits jetzt beginnen, wirksam zu werden**, damit beim Abschalten der größeren Kernkraftwerke bereits genügend „Vorleistungen“ erbracht sind. Bei verspätetem Einstieg besteht die Gefahr, dass dann zuviel fossile Großkraftwerken errichtet werden müssen.

## (8) Volkswirtschaftliche Wirkungen der Szenarien

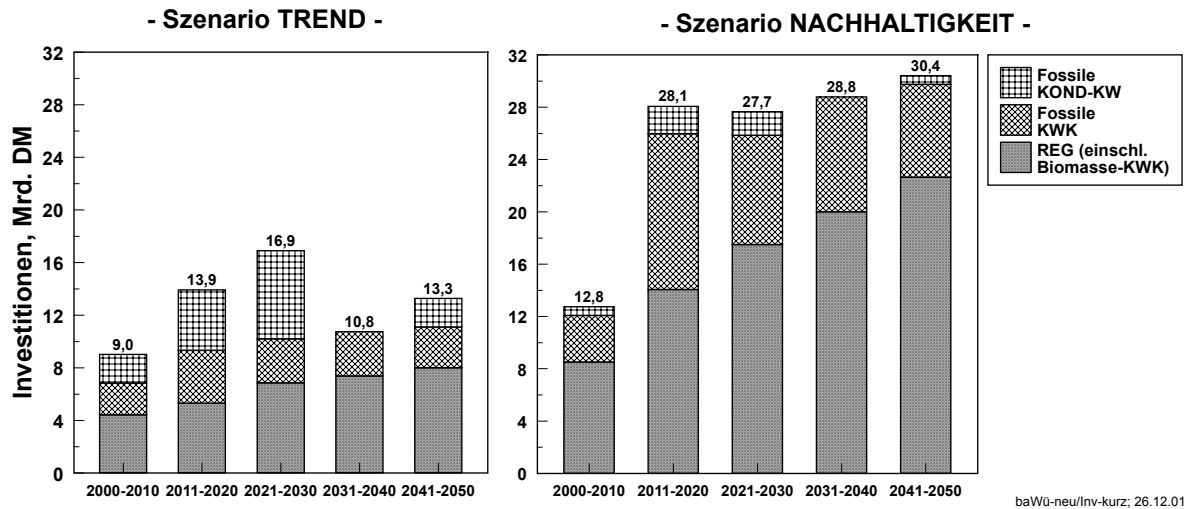
Der **Wirtschaftszweig „Elektrizitätsversorgung“** erzielt 0,9 % der gesamten Nettowertschöpfung in BW, stellt 0,5 % der Erwerbstätigen und ist für knapp 2 % der Investitionen verantwortlich. Die eigentliche Elektrizitätserzeugung hat um rund 35-50 % geringere Werte. Direkt in der Stromerzeugung waren 1999 rund 11 500 Beschäftigte, also 0,25 % aller Beschäftigten in BW tätig. Bezogen auf die Beschäftigung, den Umsatz und die Nettowertschöpfung sind die übrigen in **Tab. 1** aufgeführten Wirtschaftszweige erheblich bedeutsamer. Besonders wichtig hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen in der Energieversorgung ist, dass der **Wirtschaftszweig „Herstellung von Geräten und Anlagen zur Elektrizitätserzeugung und -verteilung“** von größerer wirtschaftlicher Bedeutung ist als die eigentliche Elektrizitätserzeugung. Je besser daher die Wettbewerbsposition der erstgenannten Branche ist, desto höher kann längerfristig ihr Anteil an der Wertschöpfungskette in der Stromerzeugung sein. Eine Strategie mit deutlich steigenden Investitionen in effiziente Stromnutzungstechnologien sowie KWK- und REG-Technologien kann damit im Vergleich zum jetzigen Zustand zu einer höheren Wertschöpfung im Land führen, sofern diese neuen Anlagen bzw. Teile davon in ähnlichem Umfang im Land erzeugt werden wie bisherige Kraftwerkstechnologien.

In der Tat nehmen die Investitionen in die Stromversorgung entsprechend der Szenariostrategien sehr unterschiedliche Ausmaße an (**Abb. 11**). Für das Szenario TREND beträgt das kumulierte Investiti-

onsvolumen im Zeitraum 2000-2050 64 Mrd. DM mit einem Maximum von 17 Mrd. DM im Jahrzehnt 2021-2030. **Mit 130 Mrd. DM** (bzw. um 28 Mrd. DM je Jahrzehnt) sind die Investitionen im **Szenario NACHHALTIGKEIT** doppelt so hoch; die der fossilen KWK mit 40 Mrd. DM und die der REG mit 82 Mrd. DM um das 2,5-fache höher als im Trendfall. Hinzu treten noch die deutlich höheren Investitionen in Stromeinspartechnologien. Im Wärmesektor sind die Unterschiede ähnlich ausgeprägt.

**Tabelle 1: Der Wirtschaftszweig „Elektrizitätsversorgung“ und die eigentliche „Elektrizitätserzeugung“ in Baden-Württemberg im Vergleich (Werte von 1997 und 1998)**

	Maschinenbau	Chemische Industrie	Herstellung von Kraftfahrzeugen	Herst. von Geräten der Elektr.-erzeugung und -verteilung u.ä.	Elektrizitätsversorgung	Davon nur Elektrizitätserzeugung
Umsatz, Mrd. DM/a	87,8	30,1	107,8	27,8	18,5	8,4
Nettowertschöpfung ca. Mrd. DM/a	28	7,6	22,7	8,4	4	3
% von BW	6,2	1,6	4,8	1,8	0,9	0,6
Erwerbstätige, Tsd.	264,7	59,6	216,1	89,8	23,4	14,3
% von BW	5,4	1,2	4,4	1,8	0,5	0,3
Investitionen, Mrd. DM/a	2,6	1,2	4,5	1,0	1,8	0,7
% von BW	2,6	1,2	4,6	1,0	1,8	0,7

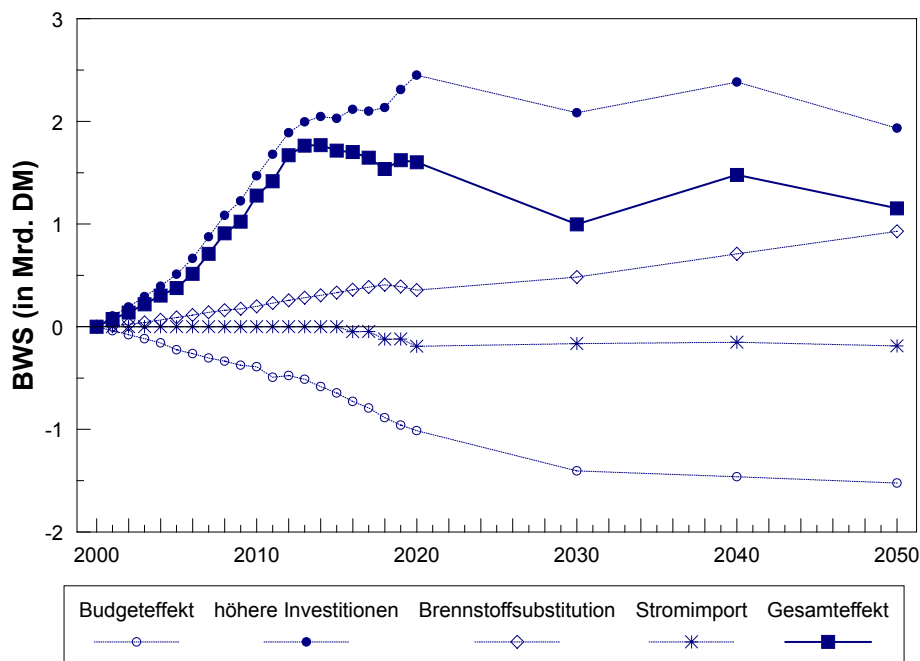


**Abbildung 11: Investitionen in die Stromversorgung in den Szenarien TREND und NACHHALTIGKEIT in den jeweiligen Jahrzehnten nach Anlagenkategorien REG, fossile KWK und Kondensationskraftwerken**

Der Gesamtumsatz des im Zeitraum 2000-2050 verkauften Stroms beläuft sich im Szenario TREND (untere Preisvariante) auf insgesamt **675 Mrd. DM**; er steigt jahresdurchschnittlich von derzeit ca. 10 Mrd. DM/a auf 16 Mrd. DM/a in 2050. Im Verhältnis dazu verursacht das Szenario NACHHALTIGKEIT, einschließlich der Netto-Zusatzkosten der verstärkten Stromeinsparung, um **72 Mrd. DM** höhere Gesamtkosten. Damit verursacht die Stromversorgung des Szenarios NACHHALTIGKEIT über den gesamten Betrachtungszeitraum **rund 11 % höhere Kosten** als diejenige des Szenarios TREND **bei allerdings deutlichen Erfolgen im Bereich des Klimaschutzes**. Der Gegenwartswert dieser Zusatzkosten beläuft sich (bei einer Diskontrate von 4 %/a) auf **22 Mrd. DM**.

In der oberen Preisentwicklung ist das Szenario NACHHALTIGKEIT mit 55 Mrd. DM Zusatzkosten nur noch um **knapp 8 % „teurer“** als das Szenario TREND, wobei sich die jährlichen Zusatzkosten hier in 2050 wieder der Nulllinie nähern. Sobald die aktuellen Zusatzkosten negativ werden, wird das bereits aus klimapolitischer Sicht günstige Szenario NACHHALTIGKEIT auch ökonomisch vorteilhafter als das Szenario TREND. Für die **Variante „Externe Kosten“** gilt dies bereits sehr viel früher. Die Kosten des Szenarios NACHHALTIGKEIT im Vergleich zu TREND sind mit kumulierten Zusatzkosten von rund 2 Mrd. DM bis 2050 **praktisch ausgeglichen**. Da diese externen Kosten anderweitig sowieso anfallen, also von der Gesellschaft innerhalb der nächsten 50 Jahre auch getragen werden müssen, stellt die Umsetzung des **Szenarios NACHHALTIGKEIT letztlich die volkswirtschaftlich günstigere Strategie dar; bei insgesamt natürlich höherem Kostenniveau**. Wirtschaftlich und energiepolitisch wirksam wird dies jedoch erst, wenn diese externen Kosten in der betriebswirtschaftlichen Kalkulation der Investoren und Verbraucher auftauchen.

Der negative Effekt höhere Strom- (und Wärme-) -preise im Szenario NACHHALTIGKEIT (vgl. Abb. 9) wird gesamtwirtschaftlich von den positiven Effekten aus den erhöhten Investitionen in Rationellere Energienutzung und in die Strom- und Wärmebereitstellung und durch die verringerten Brennstoffimporte dominiert. Angesichts des relativ geringen Beitrags der Energieversorgung an der gesamten Wertschöpfung sind allerdings die gesamtwirtschaftlichen Effekte klein: Die **Erwerbstätigkeit in BW und die Bruttowertschöpfung sind im Szenario NACHHALTIGKEIT um maximal 0,3 % höher als im Szenario TREND**.(Abb. 12). In absoluten Werten liegt die resultierende zusätzliche Bruttowertschöpfung bei maximal 2 Mrd. DM/a.



**Abbildung 12: Differenz der Bruttowertschöpfung (Szenario NACHHALTIGKEIT minus Szenario TREND) nach Budgeteffekt, höheren Investitionen, Brennstoffsubstitution und Stromimport, sowie der resultierende Gesamteffekt.**

Die Stimulierung des Absatzes von „neuen Energietechnologien“ in BW durch einen beschleunigten Umbau der Energieversorgung nach Szenario NACHHALTIGKEIT kann **wesentlich zum Aufwuchs eines entsprechenden Industrieclusters in BW beitragen**. Die Auswirkung einer derartigen Entwicklung kann die volkswirtschaftlichen Wirkungen der eigentlichen Strombereitstellung bzw. der Unterschiede verschiedener Ausbaustrategien (vgl. Abb. 12) **deutlich übertreffen**. BW erfüllt die Voraussetzungen, um den wachsenden Bedarf an komplexen Verfahren und neuen Systemlösungen zu einem bedeutenden Teil zu decken, die für ein weiteres Vordringen neuer Energietechnologien auf Landes-, Bundes- und internationaler Ebene immer wichtiger werden. Es verfügt, nicht zuletzt **dank der kontinuierlichen FuE-Förderung durch das Land**, in vielen Bereichen über eine hervorragende

wissenschaftlich-technologische Basis. Da sich viele der neuen Technologien noch im Demonstrationsstadium befinden oder am Beginn ihrer Markteinführung stehen, bedürfen sie auch künftig einer kontinuierlichen Weiterentwicklung. Vor allem für viele kleine und mittlere Unternehmen (KMU) ist es besonders zu Beginn ihrer Aktivitäten sehr wichtig, diese Rückkopplungen von regionalen, für sie gut erreichbaren Märkten zu bekommen.

Hier sind derzeit für den Bereich der REG und der dezentralen KWK **erhebliche Defizite im Land** feststellen. Im Gegensatz zu den technischen Entwicklungserfolgen spiegelt sich die Dynamik des Marktwachstums der REG auf Bundesebene seit Mitte der 90er Jahre nicht in BW wider: Im vergangenen Jahr wurde in Deutschland Investitionen in REG-Anlagen in Höhe von etwa 8,7 Mrd. DM getätigt. Verglichen damit nimmt sich das Investitionsvolumen in BW mit etwa 500 Mio. DM (2000) bzw. einem Anteil von knapp 6 % sehr bescheiden aus. Auch von dem gesamten direkten und indirekten Fördervolumen für REG in Höhe von ca. 2 Mrd. DM/a (einschließlich EEG) hat BW nur in bescheidenem Umfang profitiert. Das relativ geringe Umsatzvolumen begrenzt die Aktivitäten baden-württembergischer Unternehmen vielfach auf eine Nebengeschäft; BW läuft deshalb Gefahr, gegenüber anderen Bundesländern und dem Ausland zurückzufallen, wenn ein **effizienter Transfer von technologischem Know-how und innovativen Forschungsergebnissen in die Industrie**, speziell in kleine und mittlere Unternehmen (KMU) nicht ausreichend gelingt: **BW hätte dann im Energiebereich zwar „gesät“ aber nicht „geerntet“**. Eine klare Perspektive der Landesregierung zur Entwicklung der Märkte im Land, etwa in Bezug auf das Verdoppelungsziel bei REG und der verstärkten Nutzung dezentraler KWK-Anlagen, ist deshalb **nicht nur energie- und umweltpolitisch von Bedeutung, sondern auch industriepolitisch**: Eine regionale Entwicklungsperspektive ist vielfach eine Grundvoraussetzung, um längerfristig überregionale Märkte erfolgreich bedienen zu können. Angesichts der wachsenden Bedeutung, die dezentralen Technologien für die zukünftige Energieversorgung auch international zukommt und der bereits in einigen Bereichen feststellbaren dynamischen Marktentwicklung, bieten sich für Baden-Württemberg **vielfältige Chancen, die genutzt werden sollten**.

## (9) Handlungsempfehlungen

Angesichts der Größe der Herausforderung – eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 65 % bis 2050 bei gleichzeitigem Ausstieg aus der Kernenergie und weiterem Wirtschaftswachstum – ist es offensichtlich, dass diese Ziele nur mit einer **Vielzahl von Maßnahmen** erreicht werden können. Aufgrund rechtlicher Gegebenheiten liegt nur für einen Teil der notwendigen energiepolitischen Maßnahmen die Kompetenz auf Landesebene. Ausgangsbasis sind die aktuellen Instrumente der Bundesregierung, die sich auch auf BW auswirken. Die wichtigsten sind das EEG, das bevorstehende KWK-Gesetz, die Energieeinsparverordnung, ein Klimaschutzprogramm im Gebäudebestand, erhebliche Mittel für die Entwicklung und Demonstration umwelt- und klimaschonender Energieformen mit dem Schwerpunkt Brennstoffzelle, eine neue Selbstverpflichtung der deutschen Wirtschaft sowie ein Maßnahmenbündel im Verkehrsbereich.

Möglichkeiten einer **rationelleren Energienutzung** sind in praktisch allen Nutzungsbereichen gegeben. Daraus resultieren eine Fülle notwendiger Einzelmaßnahmen. Die größten homogenen Einsparpotentiale liegen im Raumwärmebereich - und dort im Bereich der Altbausanierung - so dass hier ein Schwerpunkt liegen sollte. Auf Landesebene sind insbesondere gezielte **finanzielle Förderprogramme** möglich. Darüber hinaus kann das Land über Bundesratsinitiativen Anregungen geben. Die Nähe zu den einzelnen Zielgruppen prädestiniert das Land für **Motivation, Information, Beratung, Fortbildung, Demonstrationsprojekte** sowie nicht zuletzt zur **Überwachung der Durchführung der Bundesgesetze**. Viele der notwendigen Maßnahmen werden schon seit einiger Zeit mit unterschiedlicher Intensität und Erfolgsquote vom Land durchgeführt. Wichtig ist daher eine **Evaluierung der Wirksamkeit der bisherigen Programme** und die anschließende Fokussierung auf die effizientesten Maßnahmenbündel. Eine vorbildliche Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen in den **Liegenschaften des Landes** hat eine wichtige Vorbildfunktion.

Um den längerfristigen **Ausbau der KWK** zu sichern, sind im Zusammenhang mit dem KWK-Gesetz rechtzeitig wirksame Anschlussregelungen von Bedeutung. Dafür kommen die kontinuierliche Anpas-

sung der Bonusregelung oder eine Quotenregelung (mit oder ohne Zertifikatshandel) in Frage. Die Verbesserung dieser **allgemeinen Rahmenbedingungen** ist für eine dynamische Entwicklung des KWK-Marktes generell notwendig, sie ist jedoch **nicht ausreichend**. Es kommt auch sehr darauf an, neue Anwendungsfelder und Technologien zu erschließen. Hier kann die Landesregierung direkt Einfluss nehmen. Im Vordergrund stehen **Demonstrationsvorhaben** im dezentralen Bereich, die in begrenztem Umfang bereits durch das Programm „Förderung von Demonstrationsvorhaben der rationalen Energieverwendung und der Nutzung erneuerbarer Energieträger“ des Wirtschaftsministeriums gefördert werden. Demonstrationsvorhaben sind aber in einer deutlich größeren Zahl erforderlich, um Betriebserfahrungen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen in ausreichend großer Vielfalt und in ausreichend kurzer Zeit zu gewinnen. Hier besteht erheblicher Nachholbedarf bei:

**Kleinst-BHKW:** Brennstoffzellen-BHKW zur Hausenergieversorgung, Motor-BHKW zur Versorgung mehrerer Reihenhäuser in Niedrigenergiebauweise (Mikro-Netz) und Stirling-BHKW in Mehrfamilienhäusern, u.a. auf der Basis von Holzpellets und Biogas.

**Größere BHKW in der Objektversorgung:** Mikrogasturbinen mit Kältenutzung für kleine Gewerbebetriebe, größere Brennstoffzellen-BHKW, kleine Nahwärmenetze zur Versorgung von Mehrfamilienhäusern im Gebäudebestand mittels Contractingkonzepten.

**Siedlungs-KWK:** Nahwärmenetze im Gebäudebestand mit Motor-BHKW, Nahwärmenetze mit Holz- oder geothermischen Heizkraftwerken, Nahwärmenetze mit Biogas-BHKW und saisonalem Wärmespeicher.

**Industrie-KWK:** Kleinere KWK-Anlagen mit Dampfauskopplung, KWK-Anlagen auf der Basis von Holz mit Feuerungswärmeleistungen unter 5 MW, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung unter 100 kW Kälteleistung, Nutzung von Hochtemperaturabwärme für die Stromerzeugung in sog. ORC-Prozessen.

Über die Demonstrationsphase hinaus ist sicherzustellen, dass längerfristig eine breitere Umsetzung möglich ist. Dazu ist es erforderlich, die Akzeptanz der KWK zu erhöhen und vorhandene Informationsdefizite abzubauen. Folgende **begleitende Maßnahmen** werden empfohlen, die auf bereits Vorhandenem aufbauen (z.B. Aktivitäten des Wirtschaftsministeriums und des Landesgewerbeamtes):

- ◆ Ausweitung des Impulsprogramms Altbau auf den Bereich der KWK.
- ◆ Erstellung von zielgruppenspezifischem Informationsmaterial zu den Einsatzmöglichkeiten von KWK-Anlagen (kommunale Verwaltungen, Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors, Wohnungsbaugesellschaften, Architekten).
- ◆ Stärkung des Themas in der Ausbildung von Handwerkern, Technikern und Ingenieuren sowie Durchführung gezielter Weiterbildungsmaßnahmen im gewerblichen Bereich (kleinere und mittlere Planungsbüros, Handwerksbetriebe, Contractoren, potentielle Nutzer).
- ◆ Fortführung der Förderung von Existenzgründungen im Energiebereich.
- ◆ Förderung der Erstellung von Wärmekatastern für den kommunalen und gewerblichen Bereich sowie Unterstützung von Kommunen, die im Bereich der Siedlungs-KWK tätig werden wollen.

Zur Stimulierung der für das **REG-Verdopplungsziel 2010** erforderlichen Investitionen in BW sind Mittel von derzeit rund 95 Mio. DM/a steigend auf 650 Mio. DM/a im Jahr 2010 aufzubringen. Derzeitig beteiligt sich das Land nur mit knapp 10 %; das EEG erbringt rund 30 % und die diversen Förderprogramme des Bundes knapp 40 %. Weitere Beträge werden durch Kommunen, Energieversorger und Privatleute aufgebracht. Stromseitig wird auch zukünftig das EEG den weitaus größten Beitrag leisten und im Jahr 2010 rund 280 Mio. DM/a beitragen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass sich Investoren in BW durch eine von der Landesregierung aktiv unterstützte Strategie des REG - Ausbaus steigende Anteile an den übrigen, sich weiterentwickelnden Förderprogrammen des Bundes sichern können. Damit stünden wachsende Beträge bis zu etwa 175 Mio. DM/a im Jahr zur Verfügung.

Die additiven finanziellen Aufwendungen des Landes sollten **kurzfristig auf 35 Mio. DM/a (2002), mittelfristig auf rund 70 Mio. DM/a (2005) und längerfristig (2010) auf 160 Mio. DM/a**, im Mittel der nächsten zehn Jahre also auf rund **75 Mio. DM/a** steigen, wenn das Verdopplungsziel zeitgerecht

erreicht werden soll. Das Land würde damit zu den in dieser Hinsicht führenden Bundesländern Bayern und NRW aufschließen. Der Beitrag des Landes am gesamten Fördervolumen würde von heute lediglich 10 % **auf rund 25 % steigen** und damit einen angemessenen Teil des Gesamtaufwandes darstellen. Zusammen mit der bundeseitigen Unterstützung und derjenigen des EEG könnten dadurch **Investitionen von jahresdurchschnittlich 1 400 Mio. DM/a** allein in BW angestoßen werden. Das ist etwa das **Fünffache** dessen, was das Land an Fördermitteln dazu aufwenden müsste.

**Stromseitig** besteht eine optimale Förderstrategie des Landes darin, gezielte Ergänzungen zum EEG vorzunehmen, sowie **innovativen dezentralen KWK-Anlagen (insbesondere mit Biomasse)** und der **Stromerzeugung aus Erdwärme** mittels einem größeren Demonstrationsprogramm zum Marktdurchbruch zu verhelfen. Die Ergänzungen beziehen sich auf die Unterstützung von zu modernisierenden **Wasserkraftwerken > 5 MW<sub>el</sub>**, sowie auf eine flankierende Unterstützung größerer PV-Anlagen, die zur Schaffung eines in BW anzustrebenden **50 MW/a – PV-Marktes bis 2010** aufgebracht werden müssen und die nicht ausschließlich aus dem EEG und dem 100 000 Dächer-Programm bzw. dessen Nachfolgern aufgebracht werden. Jahresdurchschnittlich sind dies im nächsten Jahrzehnt knapp **25 Mio. DM/a**. Kann das EEG entsprechend erweitert werden – wozu auch Initiativen des Landes im Bundesrat beitragen können - kann ein Anteil der sonst erforderlichen landesseitigen Unterstützung wegfallen.

Für das Land ist es vor allem vorteilhaft – **in Verbindung mit der rationelleren Energienutzung - eigene Akzente im Wärmebereich zu setzen**. Hier besteht noch beträchtlicher energiepolitischer Handlungsbedarf, der durch entsprechende landespolitische Schwerpunktsetzungen günstige Entwicklungen für die baden-württembergische Wirtschaft einleiten und auf die Stärken des Landes im REG-Bereich zugeschnitten werden kann. Letztere liegen vor allem in einer deutlich verstärkten Nutzung von Biomasse, Solarkollektorenanlagen und Erdwärme, wobei insbesondere deren Nutzung in Nahwärmeversorgungen (im Fall der Biomasse und des Biogases unter Einschluss der gekoppelten Stromerzeugung) von zentraler Bedeutung für die angestrebte Verdopplung der REG auch im Wärmebereich ist. Dementsprechend ist der wärmeseitige Beitrag des baden-württembergischen Förderprogramms mit deutlich zu steigenden Fördermitteln zu versehen, die im Jahresmittel des Jahrzehnts **um 50 Mio. DM/a** liegen sollten. Entsprechend größer sind auch die Möglichkeiten des Landes, auf die zukünftige Ausgestaltung dieses Marktes auch bundesweit Einfluss zu nehmen.

Über die monetäre Unterstützung hinaus ist im Wärmebereich die **Unterstützung des Baus von Nahwärmenetzen, insbesondere auch im Altbaubestand** von spezifischer Bedeutung. Dazu gehören u.a.: Gesetzliche Klarstellung in Gemeindeordnung und Baugesetzbuch zur Errichtung von Nahwärmenetzen (Anschlusspflicht u.ä.); Gewährleistung verlässlicher Förderbedingungen über die oft langjährige Akquisitionsphase; Erstellung eines Leitfadens zu Nahwärmenetzen für kommunale Verwaltungen und von Informationsmaterial für Bürger; verstärkter Erfahrungsaustausch mit Ländern mit hohem Nahwärmeausbau; Zuschüssen mit anfänglich hohen Anteilen für Impulsdemonstrationsprojekte im Altbaubestand.

## **(10) Fazit**

Die Umsetzung der genannten Maßnahmen bedingt eine **strategische politische Entscheidung von längerfristigem Charakter**. Erfahrungen in anderen Bundesländern und im Ausland zeigen, dass entsprechende Programme auf **mindestens 10 Jahre** ausgelegt sein müssen und eine angemessene finanzielle Ausstattung erfordern, wenn sie eine länger dauernde Wirkung erzielen sollen. Der entsprechende Mitteleinsatz ist dabei jedoch nicht als Belastung öffentlicher Haushalte zu verstehen, sondern vielmehr als **Investition in die Zukunft, nicht zuletzt auch unter industriepolitischen und arbeitsmarktpolitischen Gesichtspunkten**. BW verfügt in der Energietechnik über eine hervorragende wissenschaftlich-technische Basis und leistungsfähige Unternehmen, die in der Lage sind, den wachsenden Bedarf an innovativen Systemlösungen in der Energieversorgung zu decken. Insbesondere für viele kleine und mittlere Unternehmen ist dabei aber eine regionale Marktperspektive, die durch eine gezielte Förderung ausgelöst werden kann, eine Grundvoraussetzung, um längerfristig auch überregionale Märkte erfolgreich bedienen zu können.