



Gutachten zur Vorbereitung eines Klimaschutzgesetzes für Baden-Württemberg

**im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg**

**Maike Schmidt
Prof. Dr. Frithjof Staiß
Johannes Salzer**

Dr. Joachim Nitsch (extern)

Dezember 2011



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



Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW)
Industriestraße 6, D-70565 Stuttgart

Dipl.-Wirt.-Ing. Maike Schmidt
E-Mail: maike.schmidt@zsw-bw.de
Telefon: +49-(0)711-7870-232
www.zsw-bw.de

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	4
1 Einleitung und Auftrag.....	10
2 Politischer Rahmen auf Bundes- und europäischer Ebene	12
3 Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Energiebereitstellung.....	15
3.1 Struktureller Wandel der Stromerzeugung.....	15
3.2 CO ₂ -Emissionsreduktion im Stromsektor.....	25
4 Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Verbrauchssektoren.....	30
4.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs - Gesamtbetrachtung	30
4.2 Emissionsminderungspotenzial im Sektor Haushalte	35
4.3 Emissionsminderungspotenzial im Sektor Industrie	38
4.4 Emissionsminderungspotenzial im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD)	42
4.5 Emissionsminderungspotenzial im Sektor Verkehr.....	45
5 Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Treibhausgasemissionen	48
5.1 Entwicklung der energiebedingten CO ₂ -Emissionen	48
5.2 Entwicklung der nicht-energiebedingten Treibhausgasemissionen.....	50
5.2.1 Treibhausgasemissionen aus industriellen Prozessen, Produktanwendungen und aus der Gewinnung, Verteilung und Lagerung von Brennstoffen	50
5.2.2 Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft.....	52
5.2.3 Treibhausgasemissionen aus der Abfallwirtschaft	52
6 Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg – Mögliche Zielsetzungen für die Treibhausgas-Emissionsminderung bis 2020 und 2050	53
7 Handlungsfelder im Kontext der Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene.....	58
Abbildungsverzeichnis	67
Tabellenverzeichnis	69
Anhang	70
Literaturverzeichnis	78

Kurzfassung

Als zentrales Element für die Neuausrichtung der Energie- und Klimapolitik plant die Landesregierung Baden-Württemberg ein Klimaschutzgesetz mit verbindlichen Zielen. Mit dem vorliegenden Gutachten werden dazu konkrete Empfehlungen gegeben. Es orientiert sich dabei am Ziel des Koalitionsvertrages vom April 2011, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050 um rund 90 % gegenüber dem Niveau von 1990 abzusenken.

Weil es sich bei den Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg zu etwa 90 % um energiebedingte CO₂-Emissionen handelt, wurde ein **Energieszenario Baden-Württemberg 2050** entwickelt. Es ist kompatibel mit dem für das Bundesumweltministerium erstellten Leitszenario und berücksichtigt somit die Rahmenbedingungen auf europäischer und bundesdeutscher Ebene, gleichzeitig aber auch die landesspezifischen Gegebenheiten.

Abbildung A zeigt, dass erfolgreicher Klimaschutz über den Weg einer deutlichen **Reduktion des Endenergiebedarfs** führt. Dafür sind aufgrund der langen Zeitkonstanten im Energiebereich rechtzeitig die richtigen Weichen zu stellen. Gelingt dies nicht, müssen mit fortschreitender Zeit immer stärkere Gradienten erreicht werden, um das gesetzte Ziel für 2050 zu erreichen. Die Gefahr von Strukturbrüchen würde damit steigen. Im Sinne eines robusten Entwicklungspfades, der zwar ambitionierte, aber erreichbare Mittelfristziele setzt, geht das Energieszenario Baden-Württemberg 2050 davon aus, dass der Endenergieverbrauch gegenüber dem Wert von 305 TWh im Jahr 2010 bis 2020 um 19 % und bis 2050 auf etwa die Hälfte reduziert werden kann. Der bisherige Höchstwert wurde mit 313 TWh im Jahr 2005 erreicht. Der sich abzeichnende leicht rückläufige Trend muss bis 2020 noch deutlich verstärkt und auch darüber hinaus konsequent verfolgt werden. Das größte Potenzial weist dabei langfristig der Wärmemarkt auf (-66 %), insbesondere durch die energetische Sanierung von Gebäuden. Effizienzfortschritte im Verkehr werden zunächst aufgrund der weiterhin zu erwartenden Zunahme des Personen- und des Güterverkehrsaufkommens teilweise kompensiert, die langfristig erreichbaren Einspareffekte sind per Saldo dennoch sehr groß (-51 %). Allerdings erhöht die wachsende Bedeutung elektrischer Antriebe die Nachfrage nach Strom, die sich in geringerem Umfang auch in der Industrie und im Wärmemarkt (z. B. Wärmepumpen) zeigt. Dadurch werden Effizienzsteigerungen im Stromsektor entsprechend ausgeglichen, so dass die Nachfrage nach Strom langfristig lediglich um 14 % zurück geht.

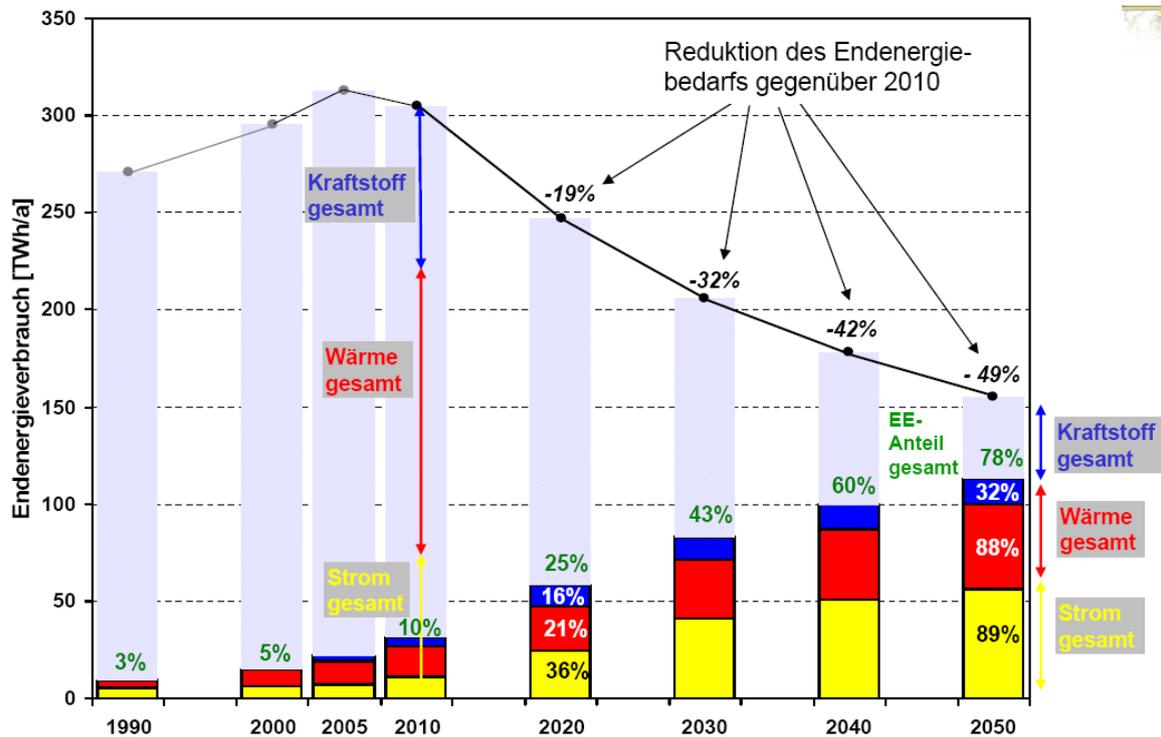


Abbildung A: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 - Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Nutzungsbereichen und jeweilige Beiträge der erneuerbaren Energien.

In Abbildung A ist darüber hinaus die so genannte zweite Seite der Medaille Klimaschutz, der **Ausbau erneuerbarer Energien** dargestellt. Ihr Anteil am Endenergieverbrauch wird sich bis 2020 auf 25 % erhöhen und langfristig mit 78 % die wesentliche Basis der Energieversorgung bilden. Besonders hoch ist der regenerative Anteil dann mit 89 % an der Stromversorgung.

Die **Stromversorgung** unterliegt infolge der Beschlüsse der Bundesregierung zur Energiewende einem besonders starken Wandel. Durch den endgültigen Ausstieg aus der Kernenergienutzung bis zum Jahr 2023 muss die Bedeutung erneuerbarer Energien weiter zunehmen. Der regenerative Anteil an der baden-württembergischen Stromerzeugung steigt dementsprechend von 17 % im Jahr 2010 auf 38,5 % im Jahr 2020 und 86,4 % in 2050, wenn davon ausgegangen wird, dass der Umfang der Stromimporte aus anderen Ländern bzw. Bundesländern unverändert bleibt (Abbildung B).

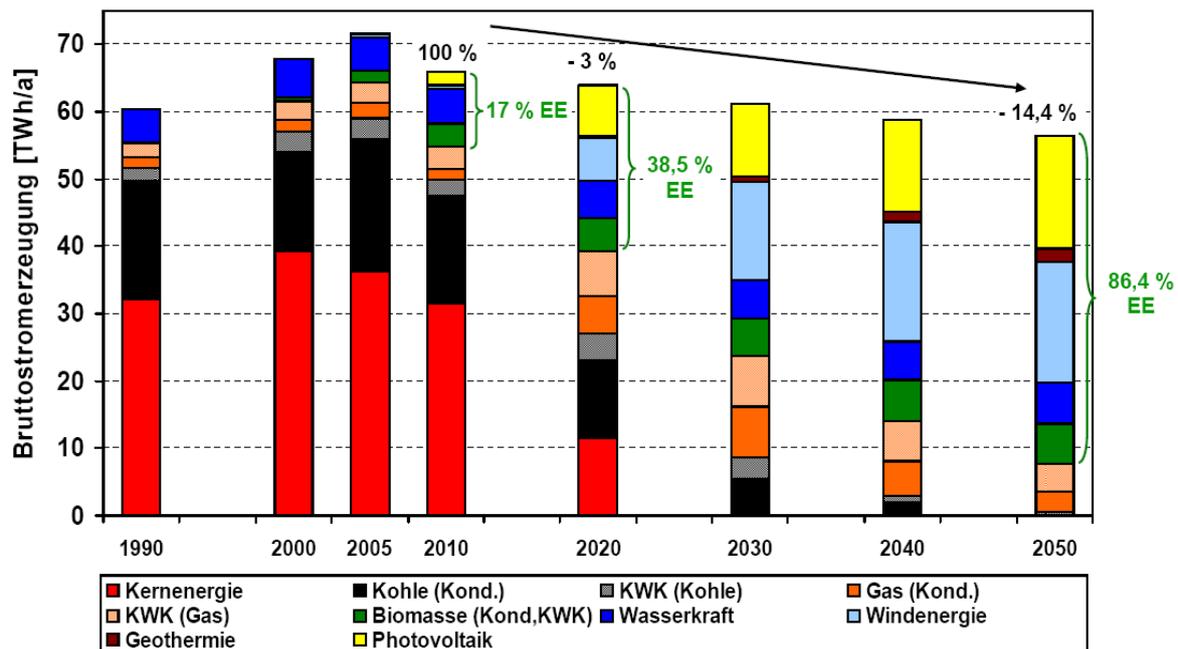


Abbildung B: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 - Entwicklung der Bruttostromerzeugung.

Aufgrund potenziellseitiger Randbedingungen bei Wasserkraft und Bioenergien sowie der bis dahin noch geringen Bedeutung der geothermischen Stromerzeugung wird sich die Entwicklung vor allem auf dem Zuwachs von Wind- und Photovoltaik-Anlagen abstützen. Dies führt dazu, dass sich die Zusammensetzung der Leistung im Stromerzeugungsmix sehr stark verändert, denn die so genannten äquivalenten Volllaststunden sind hier niedriger als bei anderen Kraftwerkstypen. So kann das regenerative Stromangebot zeitweise die Stromnachfrage deutlich übersteigen, während zu anderen Zeiten eine Unterdeckung besteht. Daraus folgt die **Notwendigkeit einer Re-Optimierung des Stromversorgungssystem**, in dem die verschiedenen Optionen wie Netzausbau, smart grids, der Einsatz von Speichern und das konventionelle Erzeugungssystem neu aufeinander abgestimmt werden. Hierbei handelt es sich nicht um ein Spezifikum Baden-Württembergs. Auch in anderen Bundesländern, in Deutschland und in Europa steht die Stromversorgung vor derselben Herausforderung. Von den fossilen Kraftwerken erfordert dies eine Flexibilisierung der Stromerzeugung, die in erster Linie durch Erdgas-Kraftwerke geleistet werden kann. Konkret bedeutet dies, dass bis 2020 z. B. zwei neue GuD-Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von etwa 500 MW, etwa 200 MW reine Spitzenlastkraftwerke sowie weitere etwa 1.000 dezentrale Anlagen mit durchschnittlich 0,5 MW Leistung errichtet werden müssen. Dabei handelt es sich zum überwiegenden Teil um effiziente Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Für die Umsetzung von Klimaschutzszenarien ist die Kenntnis der **Anforderungen an einzelne Verbrauchssektoren** von Bedeutung. Abbildung C zeigt dies für die vier Sektoren private Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD), Industrie und Verkehr in

absoluten Werten und die notwendige Verbrauchsreduktion gegenüber 2010 bis zum Jahr 2020 bzw. 2050 in Prozent. Daraus folgt, dass bereits zeitnah erhebliche Effizienzverbesserungen umgesetzt werden müssen. Die Anforderungen liegen bis 2020 je nach Sektor im Bereich von -16 % bis -27 % gegenüber der aktuellen Ausgangsbasis des Jahres 2010.

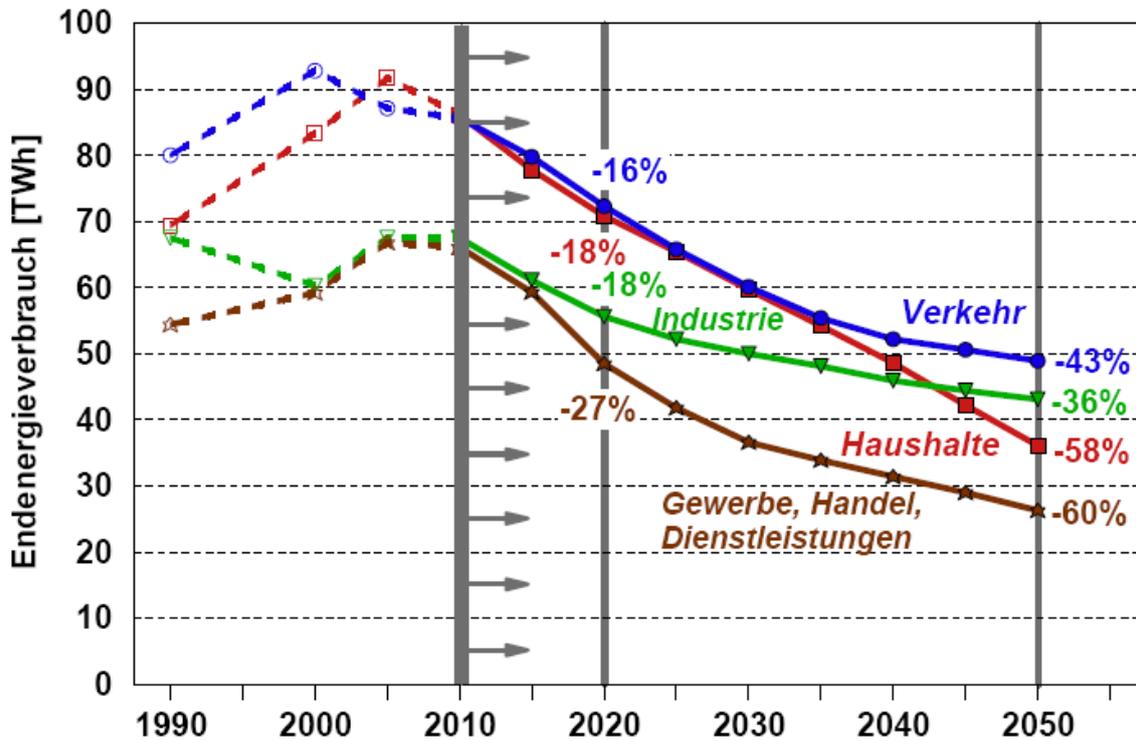


Abbildung C: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 - Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren.

Die zugehörigen **Treibhausgasminderungsziele** ergeben sich unter Berücksichtigung der Veränderungen im Energieträgermix und unter Einbeziehung der nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen. Dabei ist es methodisch notwendig, aber auch mit Blick auf die Akteursebene sinnvoll, den Stromsektor gesondert zu betrachten. Für die in Abbildung C dargestellten Anforderungen, die die Entwicklung des Stromverbrauchs in den einzelnen Sektoren einbeziehen, ergeben sich dadurch im maßgeblichen Zeitraum bis zum Jahr 2020 nur geringfügige Abweichungen.

Tabelle A zeigt die Empfehlung für die mittel- (-25 %) und langfristige (-90 %) Zielformulierung im geplanten Klimaschutzgesetz der Landesregierung in Bezug auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg. Die zusätzlich angegebenen sektorbezogenen Bandbreiten für das Jahr 2020 dienen als ergänzende Orientierung für die Ausgestaltung von Maßnahmenbündeln.

Tabelle A: Zusammenfassung der empfohlenen Treibhausgasminderungsziele für Baden-Württemberg.

Empfehlung für ambitionierte Treibhausgasminderungsziele in einem Klimaschutzgesetz (bezogen auf 1990)		
	2020	2050
	-25%	-90%
Sektorziele für die Treibhausgasminderung bis 2020 als Leitlinien für ein integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept (ggü. 1990 und 2010)		
	2020 ggü. 1990	2020 ggü. 2010
Stromerzeugung davon durch Teilnahme am Emissionshandel	-15 bis -18%	-9% -7%
Haushalte	-20 bis -28%	-30%
Industrie (energiebedingt) davon durch Teilnahme am Emissionshandel	-55 bis -60%	-38% -18%
Industrie (prozess- und produktanwendungsbedingt)	-23% ^{*)}	-8% (ggü. 2009)
GHD	-35 bis -40%	-38%
Verkehr	-20 bis -25%	-26%
Landwirtschaft (nicht-energiebedingte Emissionen)	-36% ^{*)}	-21% (ggü. 2009)
Abfallwirtschaft	-90% ^{*)}	-52% (ggü. 2009)

^{*)} Keine energiebedingten Emissionen daher ohne Neubewertung im Energieszenario Baden-Württemberg 2050; Emissionsminderungen übernommen aus dem Klimaschutzkonzept 2020 plus [24].

Neben dem für die meisten Klimaschutzziele auf internationaler (z. B. Kyoto-Protokoll) und nationaler Ebene relevanten Bezugsjahr 1990 wurde in Tabelle A auch die Treibhausgasminderung gegenüber 2010 angegeben. Denn diese aktuelle Basis ist für die Ausgestaltung von Maßnahmen wichtiger. In Tabelle B sind einige wichtige Handlungsfelder seitens der Energienachfrage zusammengestellt. **Die Handlungsfelder beziehen die bereits bestehenden und geplanten Maßnahmen auf Bundes- und europäischer Ebene ein. Die Spielräume des Landes sind dadurch teilweise eingeschränkt, es bieten sich jedoch auch Möglichkeiten, durch komplementäre Maßnahmen die Wirkung im Land zu verstärken bzw. die auf Bundesebene etablierten Förderinstrumente gezielt für die Zwecke des Landes zu nutzen.** Eine wesentliche Informationsbasis ist dafür auch das bislang geltende Klimaschutzkonzept 2020plus für Baden-Württemberg.

Mit dem vorliegenden Gutachten zum geplanten Klimaschutzgesetz der Landesregierung wird in erster Linie die so genannte Zielebene des Klimaschutzes adressiert und nicht die Handlungsebene. Die Skizzierung von Handlungsfeldern soll der Diskussion um den „besten Weg“ aber Impulse gegeben werden, ohne sie vorweg zu nehmen. Denn dies ist Gegenstand des von der Landesregierung geplanten integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes für Baden-Württemberg, das auf der Grundlage des Klimaschutzgesetzes entwickelt werden soll. In diesem Rahmen wird dann auch die Wirkungsebene zu betrachten sein.

Tabelle B: Wesentliche Handlungsfelder für den Klimaschutz im Energiebereich.

Handlungsfeld	Maßnahmen
I. Umbau im Stromsektor	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz für eine konsequente Umsetzung des EEG 2012 ohne Deckelung des Photovoltaikzubaues • Förderprogramm für die Nachrüstung von Biomassebestandsanlagen für deren Einsatz im Lastfolgebetrieb • verstärkter Ausbau der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung auf Erdgasbasis insbesondere durch Mitgestaltung der Novelle des KWKG auf Bundesebene
II. Energieeffizienz in Gebäuden	<ul style="list-style-type: none"> • landesweite Vorgabe zur Unterschreitung der Standards für den Neubau und Gebäudebestand bzw. Vorziehen der ab 2020 geltenden Anforderungen • Erarbeitung eines strategischen Sanierungskonzepts auf Landesebene
III. Raumwärmebereitstellung	<ul style="list-style-type: none"> • zeitnahe Umsetzung der EU-Richtlinie zur Erstellung von Wärme- und Kälteplänen • Ermittlung von Wärmequellen und –senken, um die geeigneten Gebiete für leitungsgebundene Wärmeversorgungen auf Basis dezentraler Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, vorhandener Abwärmepotenziale und erneuerbarer Energien zu identifizieren • Weiterentwicklung des Erneuerbare Wärme-Gesetzes (EWärmeG) Baden-Württemberg • Austausch von Elektrospeicherheizungen
IV. Senkung des Strombedarfs von Haushalten	<ul style="list-style-type: none"> • Austausch ineffizienter Heizungspumpen und ggf. vorhandener Geräteparks • verbraucherfreundliche Stromrechnungen und transparente Stromverbrauchsdaten
V. Klimatisierung im GHD-Sektor	<ul style="list-style-type: none"> • Statuscheck sowie Modernisierung und/oder Neubau effizienter Kälteanlagen und Maßnahmen zur Abwärmenutzung
VI. Prozesswärme in der Industrie	<ul style="list-style-type: none"> • Senkung des spezifischen Prozesswärmebedarfs und verstärkte Nutzung von Abwärme • Einsatz erneuerbarer Energien zur Prozesswärmebereitstellung
VII. Stromverbrauch in der Industrie und im GHD-Sektor	<ul style="list-style-type: none"> • Senkung des spezifischen Stromverbrauchs durch effiziente Motoren, Elektrogeräte und Beleuchtung • Unterstützung der Umsetzung der EU-Ökodesign-Richtlinie
VIII. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Rahmenbedingungen für Energiemanagementmaßnahmen, die Etablierung von Energieeffizienznetzwerken und Contracting-Maßnahmen
IX. Motorisierter Individualverkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von motorisiertem Individualverkehr durch eine integrierte Verkehrs- und Siedlungsplanung • Stärkung des ÖPNV und alternativer Verkehrsmittel (Fuß- und Radwegenetz etc.) • Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen im motorisierten Individualverkehr
X. Güterverkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung der CO₂-Emissionen und Stärkung von Alternativen zum Straßengüterverkehr
XI. Öffentliche Hand als Vorbild für Bürgerinnen und Bürger	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Vorbildfunktion der Öffentlichen Hand in Bezug auf Energieeffizienz, den Einsatz erneuerbarer Energien und Nutzerverhalten

1 Einleitung und Auftrag

Der Begründungszusammenhang für das geplante Klimaschutzgesetz für Baden-Württemberg ergibt sich aus dem Koalitionsvertrag der Landesregierung [1]. Darin heißt es: *„Der Klimawandel bedeutet eine massive Bedrohung unserer Lebensgrundlagen, der wir mit großer Entschlossenheit begegnen müssen. Ziel muss es sein, die Industriegesellschaft umzubauen, um die CO₂-Emissionen bis 2050 gegenüber dem Niveau von 1990 um rund 90 Prozent abzusenken. Wir stellen uns der Verantwortung und werden in der bevorstehenden Legislaturperiode einen Beitrag zur Erreichung der nationalen wie internationalen Klimaschutzziele leisten. In einer konsequenten Klimaschutzpolitik liegen zugleich enorme Chancen, um die Stellung Baden-Württembergs als Technologie- und Innovationsstandort zu stärken und Tausende neuer Arbeitsplätze zu schaffen.“* Das Klimaschutzgesetz ist damit das *„zentrale Element für die Neuausrichtung der Energie- und Klimapolitik“*, mit der sich *„Baden-Württemberg zu der führenden Energie- und Klimaschutzregion“* entwickeln soll. Dementsprechend enthält der Koalitionsvertrag Aussagen zu einer Reihe weiterer Ziele und Maßnahmen, die den Energiebereich als Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen betreffen. Sie sind allerdings zumeist qualitativer Natur, da zunächst auf der Grundlage des Klimaschutzgesetzes ein *„umfassendes integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept“* entwickelt werden soll.

Durch ein Klimaschutzgesetz mit verbindlichen Zielen wird der Klimaschutz fest im gesetzlichen Rahmen verankert und erhält einen neuen Stellenwert: Nach Inkrafttreten des Gesetzes ist bei zukünftigen Entscheidungen auf allen administrativen Ebenen den Belangen des Klimaschutzes stets Rechnung zu tragen. Klimaschutzaspekte werden auf diese Weise zu einem herausragenden Entscheidungskriterium.

Die Klimaschutzziele müssen einerseits hinreichend ambitioniert sein, um die notwendigen Umstrukturierungsprozesse anzustoßen. Andererseits müssen sie bei entsprechendem Engagement realistisch erreichbar sein. **Aufgabe des vorliegenden Gutachtens ist es daher, eine wissenschaftlich fundierte Informationsbasis für das geplante Klimaschutzgesetz in Baden-Württemberg zu schaffen und Empfehlungen für sektorale sowie für ein aggregiertes Treibhausgas-Minderungsziel abzuleiten.**

Den mit 92 % dominierenden Anteil der in Baden-Württemberg entstehenden Treibhausgasemissionen stellen CO₂-Emissionen dar, nur jeweils etwa 4 % sind Methan- und Lachgasemissionen¹. Dabei sind etwa 3,9 % prozessbedingte Emissionen aus der Industrie, rund 6 % stammen aus der Landwirtschaft und weniger als 1 % wird durch die Abfallwirtschaft emittiert. Mit rund 89 % ist der weitaus überwiegende Teil der gesamten Treibhausgasemissionen energiebedingt, wovon wiederum 99,5 % CO₂-Emissionen sind. Diejenigen energiebedingten Treibhausgasemissionen, die keine direkten CO₂-Emissionen

¹ Um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Treibhausgase untereinander zu erzielen, werden die einzelnen Gase nach ihrem „Global-Warming-Potential“ im Vergleich zu CO₂ bewertet und in CO₂-Äquivalenten ausgedrückt.

sind, weisen mit weniger 0,5 % an den Gesamtemissionen eine nahezu vernachlässigbare Größe auf. Auch die nicht-energiebedingten Emissionen müssen mit Blick auf das formulierte Langfristziel der Landesregierung reduziert werden, im Fokus aller Reduktionsvorhaben müssen jedoch klar die energiebedingten CO₂-Emissionen stehen.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen des vorliegenden Gutachtens ein Energieszenario Baden-Württemberg 2050 erarbeitet. Es bildet die Entwicklungen in allen Bereichen des Endenergieverbrauchs – Strom, Wärme und Kraftstoffe – ebenso ab wie den Bereich der Stromerzeugung. Während auf der Nachfrageseite das größte CO₂-Minderungspotenzial durch Bedarfsreduktionen in den Bereichen Wärme und Verkehr erschlossen werden kann, liegt der angebotsseitige Schwerpunkt des Energieszenarios 2050 auf der Stromerzeugung, weil sich hier mit der Einleitung der Energiewende auf Bundesebene eine sehr hohe Veränderungsdynamik der energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen ergibt. Insbesondere der mit dem 13. Änderungsgesetz zum Atomgesetz endgültig beschlossene, beschleunigte Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie erfordert hier gravierende strukturelle Veränderungen. Denn der Wegfall des als CO₂-frei geltenden Atomstroms und damit annähernd der Hälfte der heutigen Stromerzeugung in Baden-Württemberg, wirkt sich auch auf die Treibhausgasemissionen aus. Zentrale Herausforderung ist es deshalb, den strukturellen Wandel im Stromerzeugungssektor so zu gestalten, dass es nicht zu langfristig steigenden CO₂-Emissionen kommt. Hier heute gangbare Entwicklungspfade aufzuzeigen, ist nicht zuletzt wegen der langen Investitionszeiträume in der Stromversorgung zwingend erforderlich. Denn der heutige Neubau von fossilen Kraftwerken wird auch 2050 noch den Kraftwerkspark bestimmen und somit die CO₂-Emissionen des Stromsektors für sehr lange Zeit beeinflussen. Eine sowohl kurz- als auch langfristig tragfähige und klimaverträgliche Kraftwerksstruktur für Baden-Württemberg wurde im Rahmen des Energieszenarios 2050 modelliert. Dabei flossen auf der Erzeugungsseite neben den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene und vorhandenen Zielsetzungen auf Landesebene auch potenzielseitige und strukturelle Restriktionen ein.

Auf Basis der Brennstoffeinsätze zur Stromerzeugung ebenso wie zur Wärmebereitstellung in den jeweiligen Verbrauchssektoren und des Kraftstoffeinsatzes im Verkehrssektor wird im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 die Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen für Baden-Württemberg in 10-Jahresschritten vollständig abgebildet. Erweitert um eine Abschätzung der übrigen energiebedingten Treibhausgasemissionen und ergänzt durch Daten zu den nicht-energiebedingten Treibhausgasemissionen werden Gesamtminderungsziele für die Jahre 2020 und 2050 für Baden-Württemberg abgeleitet (vgl. Kapitel 6). Diese sind durch die Konzeption des Szenarios aus wissenschaftlicher Sicht einerseits als ambitioniert anzusehen, sie können andererseits als erreichbar eingestuft werden, wenn ein breiter politischer und gesellschaftlicher Wille dahinter steht. Damit können die empfohlenen Ziele als Ausgangspunkt für die Formulierung des Klimaschutzgesetzes dienen.

Aus dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 lassen sich weiterhin Bandbreiten für sektorspezifische CO₂-Minderungsziele ableiten. Diese können ergänzend zu den im Gutachten adressierten Haupthandlungsfeldern die Ausgangsbasis für die im Anschluss an das Klimaschutzgesetz folgende Erarbeitung eines integrierten Energie- und Klimaschutzkonzepts des Landes Baden-Württemberg bilden.

2 Politischer Rahmen auf Bundes- und europäischer Ebene

Die Landespolitik ist vor dem Hintergrund der europäischen und der nationalen Klimaschutz- und Energiepolitik zu sehen. Dies betrifft sowohl die **Zielebene** als auch die Handlungsebene. Die **Europäische Union** strebt langfristig an, ihre Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80-95 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Die „Roadmap für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“ zeigt auf, wie sich der notwendige grundlegende Wandel im europäischen Energiesystem vollziehen muss. Denn es ist absehbar, dass eine Fortsetzung gegenwärtiger Trends und unter den bislang ergriffenen Maßnahmen lediglich eine Abnahme der energiebedingten Treibhausgasemissionen um 40 % erreicht wird [2].

Die Roadmap sieht dabei eine Reduktion der „internen“ Emissionen um mindestens 80 % vor. Intern bedeutet dabei eine tatsächliche Verringerung der Emissionen innerhalb der EU und nicht einfach einen Ausgleich über den CO₂-Handel [2]. Die Bandbreiten innerhalb derer sich die Beiträge der einzelnen Sektoren für dieses Ziel bewegen müssen sind in Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Emissionssenkungen einzelner Sektoren gemäß der europäischen Roadmap für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050.

	2005	2030	2050
Treibhausgasemissionen gesamt gegenüber 1990	-7%	-40% bis -44%	-79% bis -82%
Stromerzeugung (CO₂)	-7%	-54% bis -68%	-93% bis -99%
Industrie (CO₂)	-20%	-34% bis -40%	-83% bis -87%
Verkehr (CO₂)	+30%	+20% bis -9%	-54%-67%
Haushalte und Dienstleistungen (CO₂)	-12%	-37% bis -53%	-88% bis -90%
Landwirtschaft (Nicht-CO₂)	-20%	-36% bis -37%	-42% bis -49%
andere Nicht-CO₂-Emissionen	-30%	-72% bis -73%	-70% bis -78%

Daran wird deutlich, dass die sektoralen Ziele zum Teil sehr ambitioniert sind, insbesondere für den Verkehr. Dies ergibt sich aus dem bisherigen Trend, der für das Jahr 2005 gegenübergestellt wurde.

Auf kürzere Sicht sind die Zielsetzungen auf EU-Ebene bereits sehr viel konkreter. Im Wesentlichen geht es dabei um die im Jahr 2007 beschlossenen „20-20-20-Ziele“ für das Jahr 2020 [3]:

- Reduktion der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % gegenüber 1990.
- Erhöhung des Beitrags erneuerbarer Energien zur Energieversorgung auf 20 %.
- Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 20 % gegenüber dem ohne weitere Maßnahmen zu erwartenden Niveau.

Für **Deutschland** wurden die wesentlichen Ziele im Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010 formuliert [4], das sowohl die kurzfristige als auch die längerfristige Perspektive konkretisiert. Daraus ergibt sich das in Tabelle 2 dargestellte quantitative Zieltabelleau.

Darüber hinaus wurden eine ganze Reihe von Unterzielen (z. B. 1 Mio. Elektrofahrzeuge bis 2020 und 6 Mio. Elektrofahrzeuge bis 2030, Erhöhung der energetischen Sanierungsrate von Gebäuden von 1 % p.a. auf 2 % p.a. bis 2020 usw.) und zahlreiche qualitative Ziele formuliert. Sie betreffen primär den Bereich der Energieeffizienz und die Umstrukturierung der Stromversorgung.

Tabelle 2: Quantitative Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung vom 28. September 2010.

	2020	2030	2040	2050
Treibhausgasemissionen gegenüber 1990	-40%	-55%	-70%	-80% bis -95%
Primärenergieverbrauch gegenüber 2008	-20%			-50%
Stromverbrauch	-10%			-25%
Endenergieverbrauch im Verkehr gegenüber 2005	-10%			-40%
Wärmebedarf	-20%			
Anteil erneuerbarer Energien am (Brutto-)Endenergieverbrauch	18%	30%	45%	60%
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch	35%	50%	65%	80%

Das im Rahmen des vorliegenden Gutachtens erstellte Energieszenario Baden-Württemberg 2050 orientiert sich sowohl an den europäischen als auch den bundesdeutschen Zielen und leitet unter Berücksichtigung der landesspezifischen Besonderheiten eine mögliche, konsistente Entwicklung für Baden-Württemberg her.

Es ist dabei nicht losgelöst von der **Handlungsebene**. Denn sie ist nicht nur entscheidend für das Erreichen von Zielen, sondern prägt wesentlich auch die Struktur von Klimaschutz- und Energieszenarien. Dies gilt insbesondere für die notwendige Transformation des Energiesystems, die ohne weitreichende Maßnahmen nicht gelingen wird.

Auf **europäischer Ebene** wurden die Mitgliedsstaaten u. a. verpflichtet, nationale Aktionspläne aufzustellen, die durch zahlreiche Direktiven ergänzt werden. Im Bereich der Energieeffizienz handelt es sich um insgesamt drei Aktionspläne, die bis jeweils zum 30. Juni der Jahre 2007, 2011 und 2014 erstellt werden müssen [5]. Sie sollen die erreichten Fortschritte dokumentieren und aufzeigen, mit welchen Maßnahmen der **indikative und für alle Mitgliedsstaaten einheitliche Zielwert zur Energieeinsparung** von 9 % bis Ende 2016 erreicht werden soll². In ihrem 2. Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland vom Sommer 2011 geht beispielsweise die Bundesregierung davon aus, dass der Zielwert deutlich übererfüllt wird [6]. Im Bereich der **erneuerbaren Energien** bestehen im Unterschied zur Energieeffizienz **verbindliche Ziele** für den Ausbau bis zum Jahr 2020 [7]. Gleichzeitig wird das europäische Gesamtziel auf nationale Einzelziele heruntergebrochen. Für Deutschland gilt ein Anteil von 18 % am Bruttoendenergieverbrauch³.

Die **Bundesregierung** hat über die bereits in den nationalen Aktionsplänen ausgeführten umfangreichen Maßnahmenkataloge vor allem seit dem Reaktorunglück von Fukushima eine ganze Reihe weiterer Maßnahmen auf den Weg gebracht, von denen einige bereits umgesetzt wurden und andere sich noch in der Planungsphase befinden.

An diesem Rahmen muss sich die Landespolitik orientieren, um eigene Handlungsspielräume zu identifizieren und schon allein aus Effizienzgründen komplementär zu agieren. Er kann Einschränkungen mit sich bringen, bietet aber auch erhebliche Chancen für die Umsetzung einer landespolitischen Klimaschutz- und Energiestrategie. Die Handlungsebene stellt zwar nicht den Schwerpunkt des vorliegenden Gutachtens dar, ist aber ein wesentliches Element für die Umsetzung des Energieszenarios Baden-Württemberg 2050. In Kapitel 7 wird dies berücksichtigt, in dem die wichtigsten Handlungsfelder umrissen werden. Damit sollen Notwendigkeiten und Optionen aufgezeigt, aber auch Impulse für die weitere politische und gesellschaftliche Diskussion gegeben werden.

² Die Richtlinie 2006/32/EG über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (EDL-RL) gibt den Mitgliedstaaten als indikatives Energieeinsparziel einen Richtwert für den Zeitraum zwischen Anfang 2008 und Ende 2016 vor. Dieser beträgt 9 % des jährlichen Durchschnittsverbrauchs aller von der EDL-RL erfassten Energieverbraucher in den letzten fünf Jahren vor Umsetzung der EDL-RL, für die amtliche Daten vorliegen. Für Deutschland war dies der Zeitraum 2001 bis 2005. Der Richtwert muss aufgrund von Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen für den Zeitraum zwischen Anfang 2008 und Ende 2016 erreicht werden. Die Einsparungen ergeben sich aus den kumulativen jährlichen Energieeinsparungen, die während des gesamten Anwendungszeitraums der EDL-RL erzielt wurden.

³ Der Bruttoendenergieverbrauch setzt sich gemäß EU-Richtlinie 2009/28/EG aus dem Endenergieverbrauch, dem Eigenverbrauch der Energiewirtschaft für die Strom- und Wärmeherzeugung und den Verteilungs- und Übertragungsverlusten zusammen. Der Endenergieverbrauch entspricht dabei der Summe aller Energieprodukte, die den Verbrauchssektoren Industrie, Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen und Verkehr zu energetischen Zwecken geliefert wurden.

3 Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Energiebereitstellung

Alle Bereiche der Energiebereitstellung sind von den Änderungen der energiepolitischen Rahmenbedingungen betroffen. Der weitaus stärkste strukturelle Wandel muss jedoch im Bereich der Stromerzeugung vollzogen werden. Aus diesem Grund konzentriert sich die Analyse der Erzeugungsseite im Rahmen dieses Gutachtens auf den Stromsektor. Der Einsatz von Fernwärme, Brenn- und Kraftstoffen wird hingegen auf der Verbrauchsseite erfasst (vgl. Abschnitt 4.1).

3.1 Struktureller Wandel der Stromerzeugung

Traditionell ist die Stromerzeugung in Baden-Württemberg sehr stark durch die Nutzung der Kernenergie geprägt. So stammte in 2010 knapp die Hälfte der landesweiten Bruttostromerzeugung von 66 TWh⁴ [8] aus den vier in Baden-Württemberg betriebenen Kernkraftwerken. Die in der Folge der Reaktorkatastrophe in Fukushima im März 2011 getroffenen politischen Entscheidungen zum beschleunigten Ausstieg aus der Kernenergie wirken sich schon in 2011 sehr deutlich auf die Stromerzeugungsstruktur bzw. den Kraftwerkspark in Baden-Württemberg aus: Die beiden Kraftwerksblöcke Neckarwestheim I und Phillipsburg I wurden unmittelbar nach den Ereignissen in Japan im Zuge des Moratoriums der Bundesregierung vom Netz genommen und bleiben gemäß dem 13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes [9] dauerhaft abgeschaltet. Sie konnten in 2011 nur in der Zeit vor dem 15. März 2011⁵ [10] zur Stromerzeugung beitragen. Auch für die beiden verbleibenden Kernkraftwerke Phillipsburg II und Neckarwestheim II wurde das Datum ihrer Stilllegung endgültig festgelegt. Phillipsburg II wird zum 31. Dezember 2019 vom Netz genommen, so dass 2020 nur noch Neckarwestheim II zur Stromerzeugung im Land beitragen wird. Der zweitwichtigste Energieträger mit einem Erzeugungsanteil von etwa 28 % in 2010 ist die Kohle. Durch die Bereitstellung von 18,3 TWh Kohlestrom sind 13,7 Mio. t CO₂ emittiert worden, was 91 % der CO₂-Emissionen im Stromsektor entspricht. Die verbleibenden etwa 9 % sind der Erzeugung von etwa 5 TWh Strom aus Erdgas zuzuschreiben. CO₂-freien Strom erzeugen die erneuerbaren Energien, deren Anteil in 2010 mit 11,2 TWh bereits bei 17 % lag. Dominierende Größe ist hier noch die Wasserkraft, gefolgt von Biomasse und Photovoltaik. Die Bruttostromerzeugung im Land reicht allein nicht aus um den Bedarf zu decken. In 2010 importierte Baden-Württemberg daher Strom in einer Größenordnung von rund 15,5 TWh.⁶

⁴ Vorläufige Werte.

⁵ Am 15. März 2011 erklärte Bundeskanzlerin Merkel, dass während des Moratoriums die sieben ältesten Reaktoren in Deutschland abgeschaltet werden sollen. Hierzu gehörten auch Neckarwestheim I und Phillipsburg I [10].

⁶ Nach dem Prinzip der Quellenbilanz werden die CO₂-Emissionen der Importstromerzeugung nicht in Baden-Württemberg bilanziert, sondern am Ort der Stromerzeugung (siehe hierzu auch Abschnitt 5.1).

Um langfristig die Stromerzeugung klimaverträglich zu gestalten, gleichzeitig aber die Versorgungssicherheit im Land nicht zu gefährden, sind zwei Bereiche von essenzieller Bedeutung. Dies ist zum einen die konsequente **Reduzierung des Stromverbrauchs** durch Effizienz- und Einsparmaßnahmen (bis 2020 -5,5 % und bis 2050 -12 % jeweils gegenüber 2010; siehe ausführlich Abschnitt 4.1). Zum zweiten ist es der konsequente **Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien**, speziell auch der fluktuierenden Erzeugung aus Windenergie und Photovoltaik. Um die Versorgungssicherheit zu jeder Zeit gewährleisten und die Residuallast zuverlässig decken zu können, ist der Ausbau der Erneuerbaren durch **Netzausbau, Erzeugungs- und Demand-Side-Management sowie durch den Auf- und Ausbau flexibel einsetzbarer konventioneller Kraftwerkstechnologie in Form von Gaskraftwerken** unterschiedlicher Leistung zu flankieren und sinnvoll zu ergänzen. Abbildung 1 bildet die zukünftige Zusammensetzung der Bruttostromerzeugung ab.

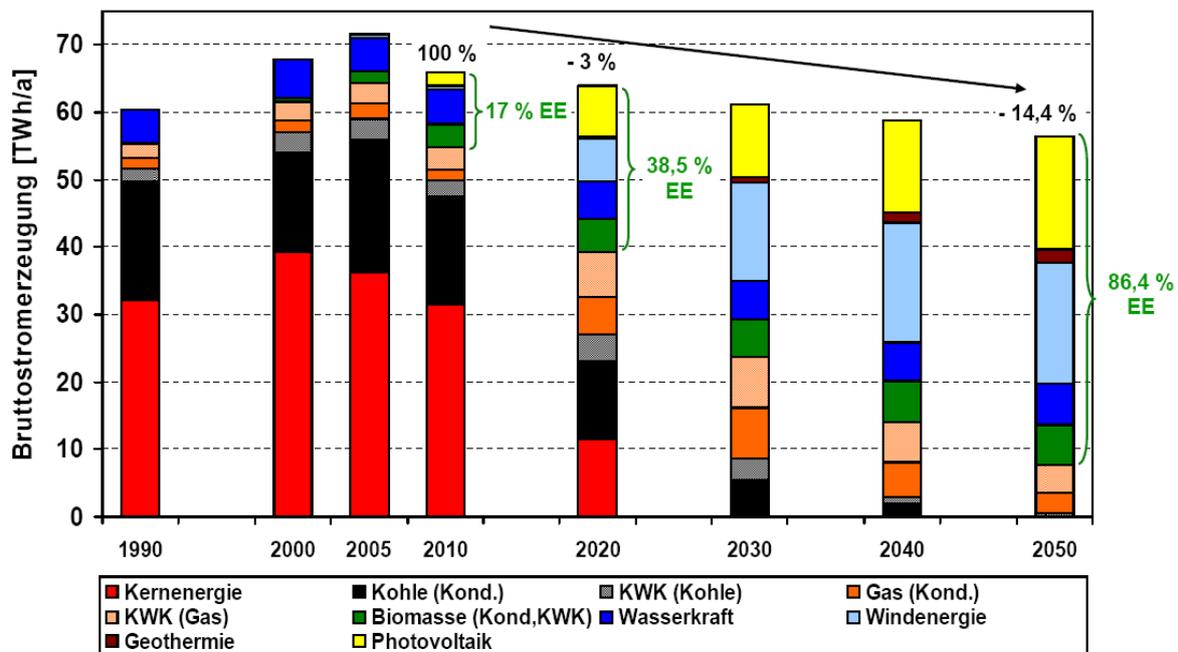


Abbildung 1: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der Bruttostromerzeugung.

Bis 2020 muss ein Großteil der wegfallenden, quasi CO₂-freien Stromerzeugung aus Kernenergie durch ebenfalls CO₂-freien bzw. biogenen CO₂-neutralen Strom aus erneuerbaren Energien ersetzt werden. Im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 steigt ihr Anteil an der Bruttostromerzeugung von 17 % im Jahr 2010 auf 38,5 % im Jahr 2020 und langfristig auf 86,4 % in 2050. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Importsaldo, d.h. der Bezug von Strom aus anderen Ländern bzw. Bundesländern auf dem Niveau der letzten Jahre von durchschnittlich etwa 20 % im Wesentlichen unverändert bleibt. Der Ausbau muss in allen Sparten gleichermaßen vorangetrieben werden. Er wird maßgeb-

lich durch die Gesetzgebung auf europäischer Ebene⁷, deren Umsetzung auf Bundesebene⁸ und die vorhandenen Förderinstrumente auf Bundesebene, allen voran das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), beeinflusst. Auf Bundesebene zeigt die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit beauftragte Leitstudie 2010 [11] einen Weg auf, wie die Zielsetzung des EEG, in Deutschland bis 2020 mindestens 35 % des Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Energien zu decken, erreicht werden kann. Die hier auf Bundesebene angestrebten spartenspezifischen Wachstumspfade wurden im Energieszenario 2050 an die landesspezifischen Gegebenheiten Baden-Württembergs angepasst. Dafür konnte auf die bereits vorhandenen Vorarbeiten des ZSW zu den Entwicklungsperspektiven der erneuerbaren Energien zurückgegriffen werden [12]. Die in Abbildung 2 dargestellten Zuwachsraten orientieren sich somit einerseits an den Bundeszielen, berücksichtigen aber gleichzeitig potenzielle Restriktionen, den aktuell erreichten Ausbaugrad und die gegenwärtige Zubaudynamik.

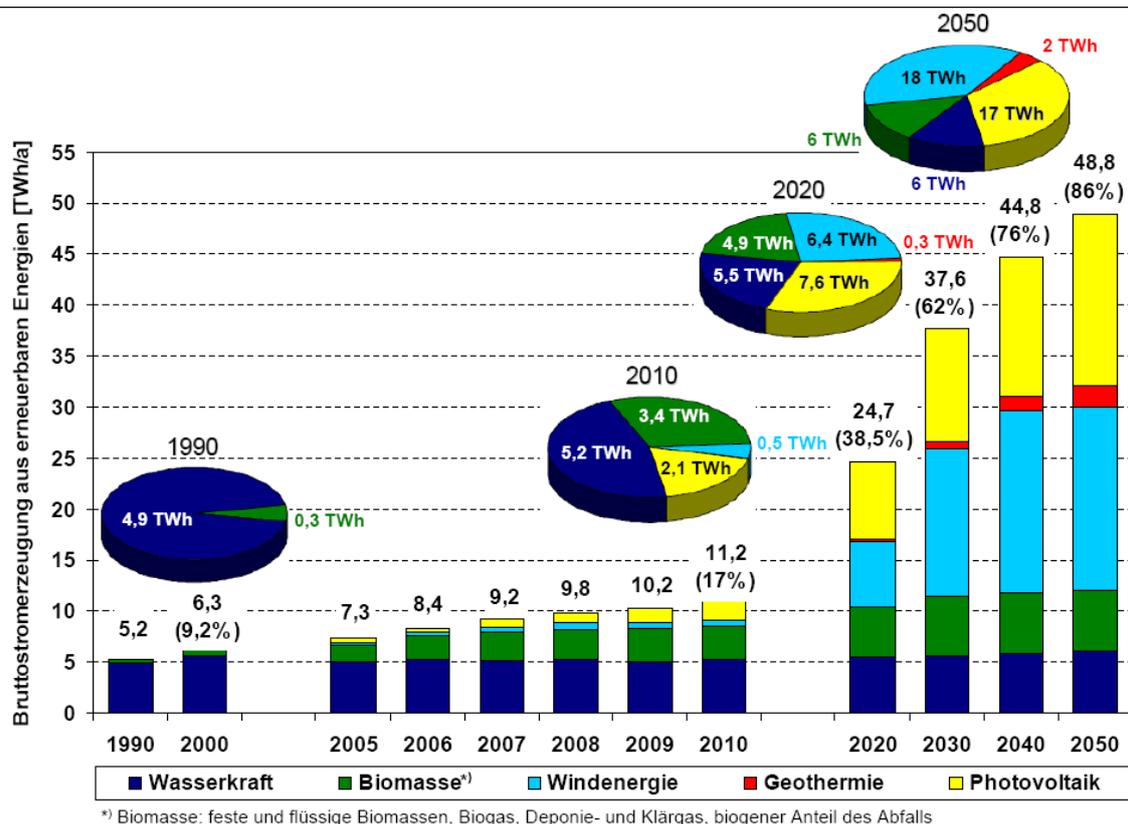


Abbildung 2: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Anteile an der Gesamtstromerzeugung.

⁷ RICHTLINIE 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen mit der verbindlichen Vorgabe für Deutschland bis 2020, 18 % des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien zu decken.

⁸ National Renewable Energy Action Plan – 2020: 38,6% regenerative Stromerzeugung in Deutschland.

Tabelle 3: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Stromerzeugung sowie installierte Erzeugungsleistung aus erneuerbaren Energien nach Sparten.

Stromerzeugung [TWh/a] (Leistung [MW])	2010	2020	2030	2040	2050
Wasserkraft	5,20 (832)	5,50 (873)	5,70 (905)	5,85 (930)	6,00 (950)
Biomasse⁹	3,38 (516)	4,90 (754)	5,70 (920)	6,00 (650)	6,00 (650)
Geothermie	0,0	0,30 (60)	0,75 (110)	1,40 (200)	2,00 (285)
Windenergie	0,54 (467)	6,35 (3.530)	14,53 (7.860)	17,75 (9.350)	18,00 (9.500)
Photovoltaik	2,08 (2.800)	7,6 (8.838)	10,9 (12.300)	13,8 (14.980)	16,7 (17.630)
EE –Erzeugung BW	11,2 (4.615)	24,7 (14.055)	37,6 (22.095)	44,8 (26.480)	48,8 (29.460)
Stromimportsaldo aus erneuerbaren Energien	-	2,85	8,55	11,75	14,15

Hervorzuheben ist, dass in den Bereichen der **Wasserkraft- und der Biomassenutzung enge potenzielle Wachstumsgrenzen** bestehen. **Das bis 2020 erschließbare Potenzial muss jedoch voll ausgeschöpft werden.** Die Wasserkraft bietet dabei den Vorteil einer kontinuierlichen Erzeugung bei geringen kurzfristigen Schwankungen. Sie kann somit zur Grundlastdeckung eingesetzt werden. Bedingt durch die Vergabezyklen für wasserrechtliche Konzessionen wird ein Teil des vorhandenen Gesamtpotenzials allerdings erst nach 2020 zur Verfügung stehen können.

Der Vorzug der Biomasse liegt mittelfristig vor allem in der Flexibilität und bedarfsabhängigen Steuerbarkeit der Stromerzeugung. Aufgrund der bisherigen Vergütungspraxis des EEG ist der überwiegende Teil der heute installierten Biomasseanlagen jedoch nicht in der Lage, bedarfsgerecht einzuspeisen und müsste zu diesem Zweck nachgerüstet werden [13]. Da hier absehbar für den Anlagenbestand kein Impuls auf Bundesebene zu erwarten ist – die Einführung der Marktprämie in Kombination mit der Flexibilitätsprämie für Biogasanlagen im EEG 2012 ist zunächst auf Neuanlagen beschränkt – sollte das Land aktiv werden und die Nachrüstung von Biomasseanlagen gezielt anreizen. Denn durch den garantierten EEG-Vergütungszeitraum von 20 Jahren (zuzüglich Inbetriebnahmehjahr) werden die in 2010 und 2011 errichteten Biomasseanlagen voraussichtlich bis 2030 und ggf. darüber hinaus zum Kraftwerkspark gehören.

Die ebenfalls grundlastfähige Nutzung der **Geothermie** wird bis zum Jahr 2020 eine untergeordnete Rolle spielen. Damit sie langfristig einen nennenswerten Beitrag zur Ener-

⁹ Biomasse: Feste und flüssige Biobrennstoffe, Biogas, Deponie- und Klärgas sowie der biogene Anteil des Abfalls. In Baden-Württemberg wird angesetzt, dass der biogene Anteil in Müllverbrennungsanlagen 60 % beträgt.

gieversorgung leisten kann, ist die weitere Technologieentwicklung von besonderer Bedeutung. Das Land sollte deshalb sein Engagement im Bereich der Forschung fortführen und gegebenenfalls noch verstärken. Zusammen mit der deutlichen Erhöhung der Vergütungssätze im EEG 2012 kann hier der entsprechende Impuls zum Ausbau gegeben werden, der in Baden-Württemberg langfristig benötigt wird.

Das Ziel der Landesregierung, **bis 2020 10% der Stromerzeugung aus Windenergie** bereitzustellen, verlangt nach mehreren Jahren mit sehr geringem Zubau an Windleistung eine deutliche Steigerung der Ausbaudynamik. Hierzu müssen die bereits eingeleiteten Maßnahmen hinsichtlich der Ausweisung von Eignungsflächen konsequent fortgesetzt werden. Da der Bau von Windenergieanlagen relativ langen Planungs- und Lieferzeiträumen unterliegt, ist mit einem spürbaren Aufwärtstrend in der Entwicklung frühestens 2013 zu rechnen. Dies bedeutet, dass der angestrebte Zubau bis 2020 innerhalb einer Zeitspanne von 6 bis 7 Jahren erfolgen muss. Dieses Ziel ist zwar als sehr ambitioniert einzustufen, bedeutet aber letztendlich nur, dass Baden-Württemberg die Versäumnisse der Vergangenheit im Vergleich zum Bund und anderen Bundesländern aufholt. Als Maß bietet sich hier die auf die Gebietsfläche bezogene installierte Windleistung an. Wie Abbildung 3 zeigt, zieht Baden-Württemberg im Energieszenario 2050 nach und kann bis 2020 ein Niveau von 100 kW/km² erreichen. Damit würde eine deutliche Annäherung an Rheinland-Pfalz erreicht, wo unter vergleichbaren Standortbedingungen bisher ein deutlich stärkerer Ausbau der Windenergienutzung stattfand. Gleichziehen kann Baden-Württemberg mit Rheinland-Pfalz bis 2020 jedoch nicht, da auch hier weiterhin ambitionierte Ausbaupläne verfolgt werden.

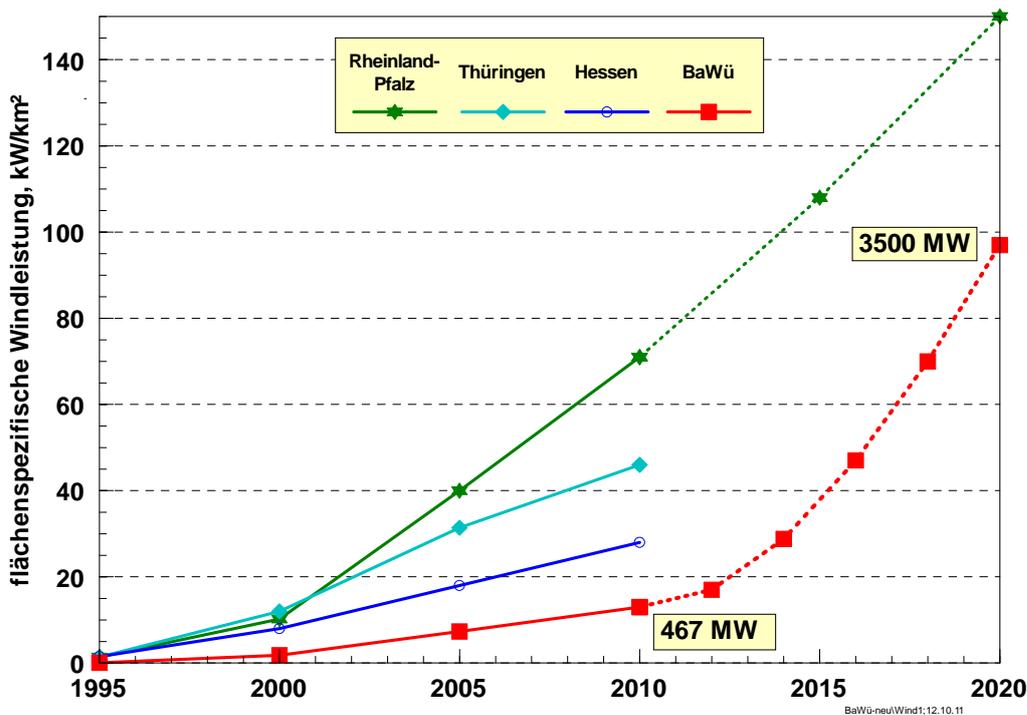


Abbildung 3: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Ausbau der Windenergie bis 2020.

Dabei ist von Bedeutung, dass die technische Weiterentwicklung der Windenergieanlagen zu immer größeren spezifischen Leistungen führt. Während heute Anlagen mit einer Leistung von 2 bis 3 MW wirtschaftlich am attraktivsten sind [14], entwickeln die Hersteller bereits Anlagen mit mehr als 6 MW. Werden leistungsstärkere Anlagen zugebaut, dann ist die gleiche Stromerzeugung mit einer deutlich geringeren Anlagenanzahl möglich. Diese Entwicklung kann das Erreichen des 10%-Ziels bis 2020 erleichtern, weil weniger Standorte erschlossen werden müssen. Es ist aber zu beachten, dass zum heutigen Zeitpunkt sehr große Anlagen noch mit erheblichen logistischen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Der Transport der Rotorblätter kann den Bau neuer Straßen erfordern, so dass der Flächenbedarf mitunter deutlich ansteigt. Insbesondere für Anlagen im Wald kann dies ein Problem sein und die Akzeptanz der Bevölkerung schmälern.

Hauptziel bis 2020 muss es daher sein, durch die Ausweisung geeigneter Flächen und die Schaffung einer breiten Akzeptanz die notwendige Zubaudynamik im Windenergiebereich zu erreichen. Nach 2020 muss der Bruttozubau dann auf einem Niveau oberhalb von 400 MW pro Jahr stabilisiert werden. Nach 2030 nimmt der Nettozubau ab, da dann ein zunehmender Teil der neu installierten Leistung Altanlagen ersetzt wird, die ihre technische Lebensdauer von 20 Jahren erreicht haben.

Die Entwicklung der Stromerzeugung aus **Photovoltaik** weist seit 2009 die größte Dynamik auf. In Baden-Württemberg wurde die installierte Leistung von 1.288 MW Ende 2008 auf 2.782 MW Ende 2010 mehr als verdoppelt. Auf diesem hohen Niveau wird sich das Wachstum in dieser Sparte nicht dauerhaft fortsetzen können. Angesichts der absehbar erzielbaren weiteren Senkungen der Investitionskosten für Photovoltaikanlagen erscheint jedoch der auf Bundesebene angestrebte Ausbau von 2.500 bis 3.500 MW pro Jahr als untere Grenze des Zubaus. Hieran orientiert sich auch der im Energieszenario 2050 unterstellte Ausbau, wobei der in der Vergangenheit von Baden-Württemberg erzielte Anteil am deutschlandweiten Zubau von rund 15 % fortgeschrieben wurde. Bis 2020 ist im Szenario ein jährlicher Zuwachs von ca. 600 MW hinterlegt. Nach 2020 sinkt die Nettozubaurate auf rund 350 MW/a. Der Ersatz von Altanlagen wird erst nach 2030, wahrscheinlich sogar erst nach 2040 eine zunehmende Rolle spielen, da für Photovoltaikanlagen von einer technischen Lebensdauer von mindestens 30 Jahren ausgegangen wird.

Der **Ausbau der fluktuierenden Stromerzeugung** aus Photovoltaik und Windenergie **impliziert einige Herausforderungen für das Energieversorgungssystem**. So steigt generell die Erzeugungsleistung der Photovoltaik-Anlagen kontinuierlich bis zum Mittag an und sinkt danach wieder ab. Sie trägt dadurch schon heute dazu bei, die Mittagsspitze im Lastverlauf zu reduzieren, zur Deckung der Abendspitze steht sie jedoch nicht zur Verfügung. Sowohl die inhärenten tageszeitlich bedingten Schwankungen, als auch die saisonale Verfügbarkeit der Photovoltaik sind gut vorhersagbar, während die durch die

jeweilige Wettersituation ausgelösten Schwankungen deutlich schwieriger zu prognostizieren sind. Letzteres gilt auch für die Erzeugung aus Windenergie. Ein optimaler Einsatz des Kraftwerksparks setzt zukünftig eine sehr hohe Qualität der Wetterprognosen voraus. Hier besteht, ebenso wie im Bereich der optimal auf das Erzeugungsprofil von Photovoltaik und Windenergie abgestimmten Speichertechnologien, noch Entwicklungsbedarf. Da die Photovoltaik hauptsächlich dezentral ins Niederspannungsnetz einspeist, steigen mit zunehmender Durchdringung die Anforderung an das Stromnetz. Es muss zukünftig auch eine Umkehr des Lastflusses verkräften, was insbesondere die Transformatoren betrifft, weil ein Rückfluss von Strom aus dem Niederspannungsnetz auf Mittelspannungsebene möglich werden muss. Der Ausbau der Windenergie verlangt mittelfristig eine Verstärkung des Stromnetzes auf den höheren Spannungsebenen.

Während in Abbildung 1 die Strukturänderung in der Stromerzeugung Baden-Württembergs dargestellt wurde, zeigt Abbildung 4 die korrespondierende Entwicklung der installierten Kraftwerksleistung.

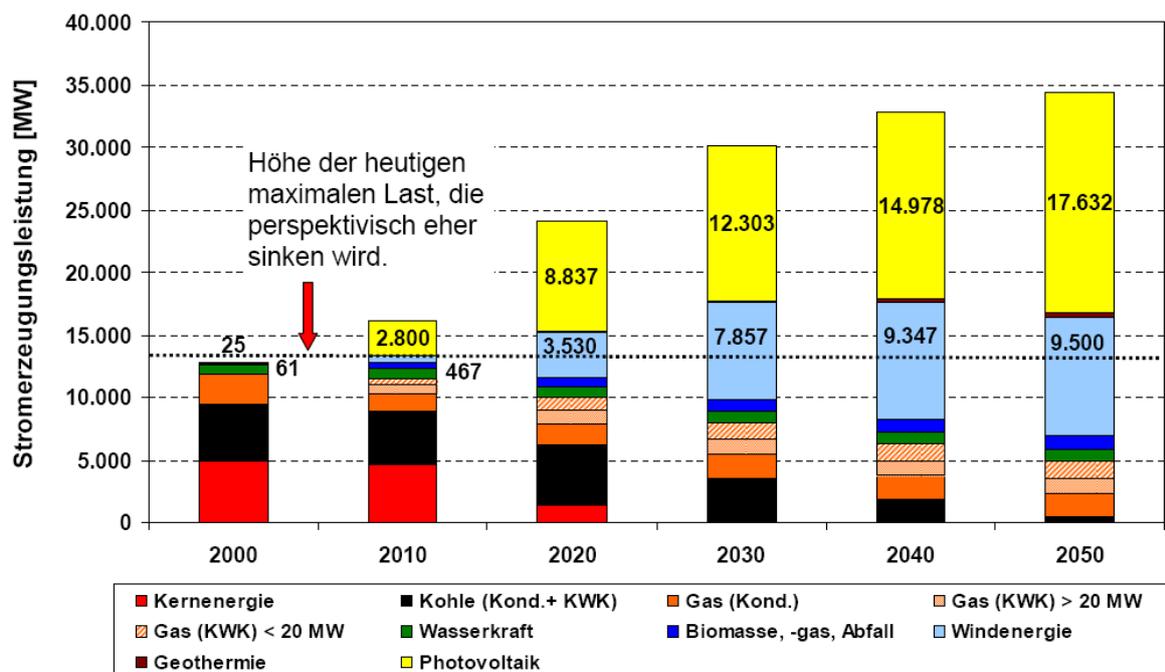


Abbildung 4: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der Kraftwerksleistung.

Aufgrund der im Vergleich zu anderen Quellen deutlich geringeren äquivalenten Volllaststunden von Windenergie- (Mittelwert 2020: 1.800 h/a) und Photovoltaik-Anlagen (Mittelwert 2020: 900 h/a) wird schon die in 2020 installierte Kraftwerksleistung aus Windenergie und Photovoltaik knapp das Doppelte der heutigen maximalen Last von rund 13.000 MW [15] betragen. Die Zusammensetzung der Leistung im Stromerzeugungsmix wird sich somit stark verändern. So kann das regenerative Stromangebot zeitweise die Stromnachfrage deutlich übersteigen, während zu anderen Zeiten eine Unterdeckung besteht. Daraus folgt die **Notwendigkeit einer Re-Optimierung des**

Stromversorgungssystem, indem die verschiedenen Optionen wie Netzausbau, smart grids, der Einsatz von Speichern und das konventionelle Erzeugungssystem neu aufeinander abgestimmt werden. Hierbei handelt es sich nicht um ein Spezifikum Baden-Württembergs. Vor derselben Herausforderung steht die Stromversorgung auch in anderen Bundesländern, in Deutschland und in Europa.

Der Ausstieg aus der Kernenergie erfolgt gemäß den gesetzlichen Vorgaben. Bis 2020 wird die Erzeugungsleistung auf 30 % der in 2010 verfügbaren Leistung reduziert. Ebenso geht die Stromerzeugung im Vergleich zu 2010 um rund zwei Drittel auf 11,4 TWh zurück. Ab 2023 wird es keine Stromerzeugung aus Kernenergie mehr geben. Die zweite Säule der konventionellen Stromerzeugung stellt der **Einsatz von Kohle** dar. Durch die bereits begonnenen Kraftwerksneubauten in Mannheim und Karlsruhe werden bis 2014 Kohlekraftwerksblöcke mit einer zusätzlichen Leistung von rund 1.700 MW in Betrieb gehen. Gleichzeitig ist bis dahin die Stilllegung von 406 MW in Mannheim vorgesehen [16]. Darüber hinaus ist ein weiterer Rückbau alter Kohlekraftwerke angekündigt [17], so dass bis 2020 von einem Nettozuwachs von rund 500 MW ausgegangen wird. Insgesamt geht im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 trotz des Leistungszubaus die Stromerzeugung aus Kohle bereits bis 2020 um 3 TWh zurück. Im bestehenden baden-württembergischen Kraftwerkspark wird der überwiegende Anteil des Kohlestroms im Kondensationsbetrieb erzeugt, der Anteil der deutlich effizienteren Kraft-Wärme-Kopplung lag in 2010 nur bei etwa 12 %. **Durch die in den beiden neuen Kraftwerksblöcken geplante Ausweitung der Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung steigt der KWK-Anteil in der Kohleverstromung bis 2020 auf knapp 26 %.** Nach 2025 wird die Erzeugungsleistung kontinuierlich reduziert, die Stromerzeugung sinkt entsprechend ab. Über die im Bau befindlichen Kraftwerkskapazitäten hinaus erfolgt kein weiterer Zubau im Bereich der Kohleverstromung, nicht zuletzt weil diese Kraftwerkstechnologie nicht über die notwendige Flexibilität zur Flankierung der fluktuierenden Einspeisung aus erneuerbaren Energien verfügt. Die Kraftwerksneubauten helfen jedoch, ein stabiles Maß an Erzeugungsleistung im Land zu halten und den Ausstieg aus der Kernenergie zu flankieren. Abbildung 5 zeigt, dass **vor allem Erdgas verstärkt zur Stromerzeugung eingesetzt werden muss, um einerseits zur Kompensation der wegfallenden Kernenergie beizutragen, zum anderen aber eine deutlich höhere Flexibilität im konventionellen Kraftwerkspark zu erreichen.**

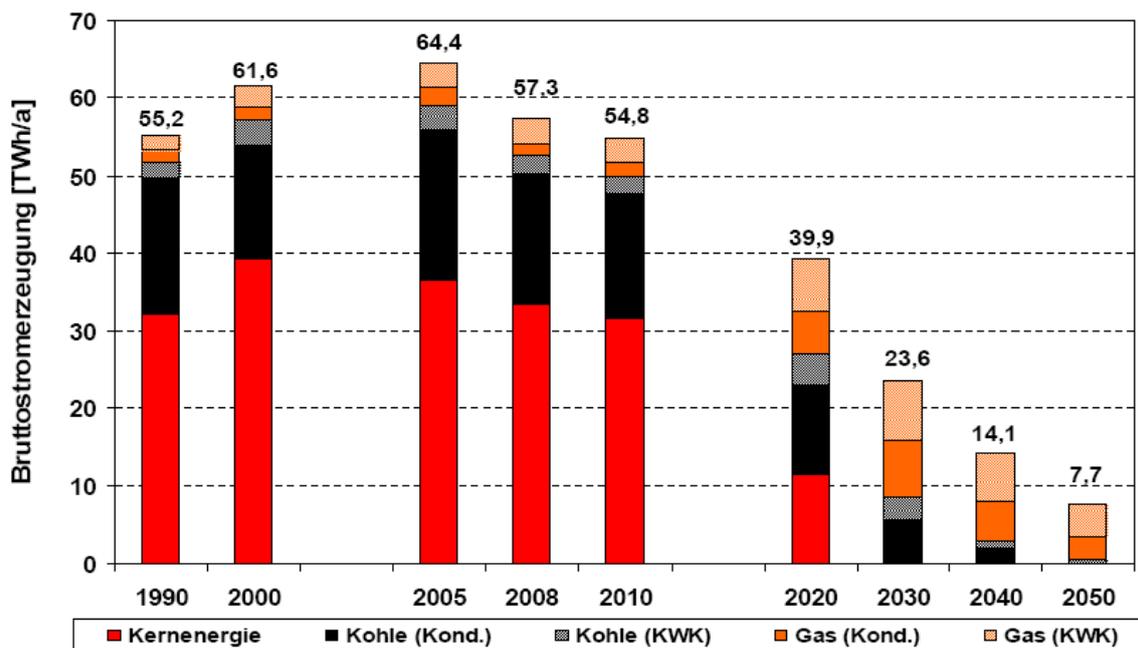


Abbildung 5: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Stromerzeugung aus konventionellen Energieträgern.

Der Bestand der Gaskraftwerke kann analog zu den Kohlekraftwerken in reine Kondensationskraftwerke bzw. Gasturbinen und in Kraftwerke mit Wärmenutzung unterteilt werden. Bei der Kraft-Wärme-Kopplung muss nach der Anlagenleistung und somit nach der Größe des Kraftwerks unterschieden werden. Große zentrale Gas- und Dampf-Kraftwerke (GuD) mit Leistungen von 300 bis 500 MW werden durch kleinere dezentral einspeisende Blockheizkraftwerke ergänzt, die in der Regel Leistungen deutlich unterhalb von 20 MW aufweisen. Der heutige Kraftwerksbestand weist eine sehr geringe Auslastung auf, weil die Kraftwerke als reine Spitzenlastkraftwerke eingesetzt werden und den Großteil der Zeit nur als Reserveleistung vorgehalten werden. Einer Ausweitung der Erzeugung bei entsprechendem Bedarf steht jedoch nichts entgegen. Wie Abbildung 6 verdeutlicht, **wird einerseits die Auslastung der Kraftwerke bis 2025 deutlich ansteigen, andererseits muss der bestehende Kraftwerkspark durch Zubau in allen drei Kategorien (große und kleine KWK, sowie reine Kondensationskraftwerke) sinnvoll verstärkt werden.**

Im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Leistung oberhalb von 20 MW muss der Zubau bis 2020 erfolgt sein. Ein oder zwei GuD-Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von rund 500 MW werden hier benötigt. Im Bereich der kleinen KWK (unterhalb von 20 MW) ist bis 2020 ein Leistungszuwachs in der gleichen Größenordnung erforderlich, was bei einer durchschnittlichen installierten elektrischen Leistung bei den kleinen KWK-Anlagen von 500 kW je Anlage 1.000 Anlagen entspricht.

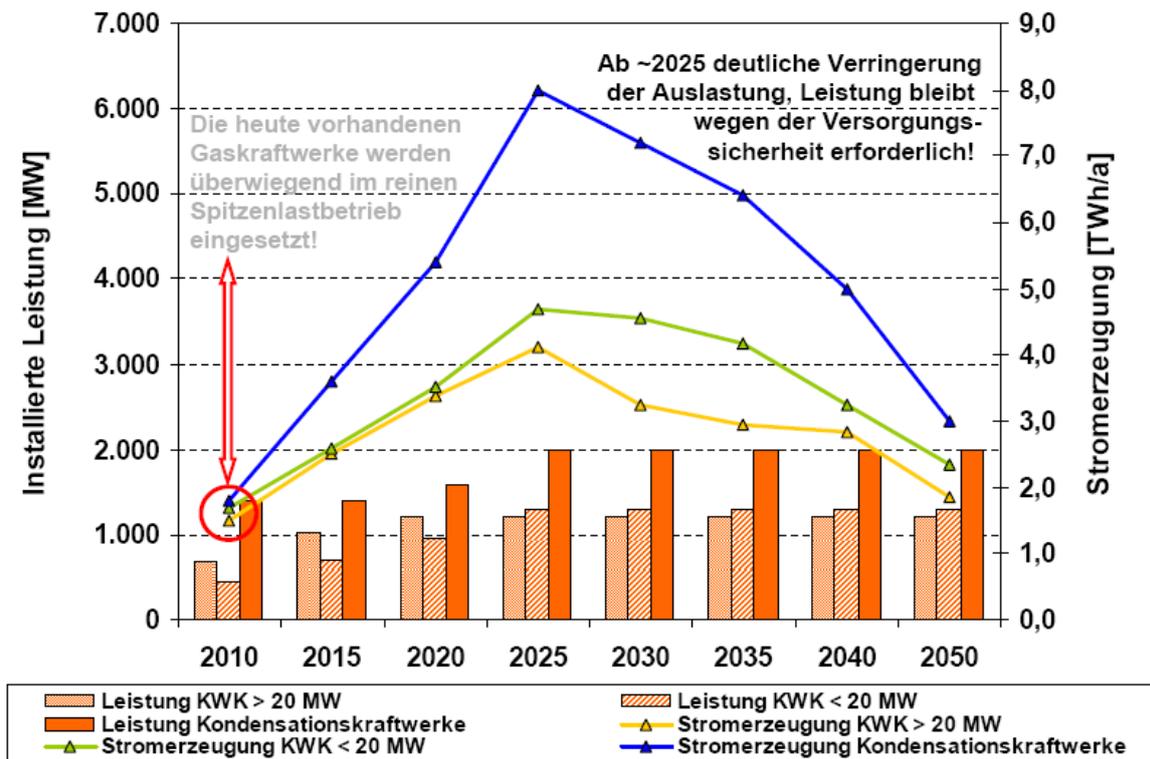


Abbildung 6: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der installierten Leistung und der Stromerzeugung in Gaskraftwerken.

Auch nach 2020 ist noch Ausbau notwendig, so dass bis 2025 1.300 MW installierte Gesamtleistung erreicht werden, wobei die Zahl der Anlagen sehr stark von den Anwendungsfällen abhängt. **Im Bereich der reinen Kondensationskraftwerke ist ebenfalls ein Leistungszubau notwendig. Dieser ist bis 2020 mit 200 MW relativ moderat. Bis 2025 müssen aber zur Kompensation der dann endgültig wegfallenden Kernenergie weitere 400 MW hinzukommen.** Insgesamt sollte somit bis 2025 der Umbau des konventionellen Kraftwerksparks abgeschlossen sein. **Die installierte Leistung im Gasbereich beträgt im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 dann insgesamt 4.500 MW.** Diese Kapazität ist auch 2050 noch vorzuhalten, um die Schwankungen der Wind- und Photovoltaikstromerzeugung ausgleichen zu können. Abbildung 6 zeigt neben der notwendigen Entwicklung der Kraftwerkskapazität auch die Stromerzeugung im Erdgasbereich. Bis 2025 steigt sie von 5 TWh (2010) zunächst überproportional zum Leistungszuwachs auf 16,8 TWh an, weil mit einer steigenden Auslastung insbesondere der großen Gaskraftwerke zu rechnen ist. Nach 2025 sinkt die Auslastung kontinuierlich, weil die Gaskraftwerke dann in wachsendem Ausmaß die Deckung der verbleibenden Residuallast übernehmen. Damit kann die bis 2025 aufgebaute flexibel einsetzbare konventionelle Kraftwerkskapazität auch noch 2050, in Verbindung mit den nationalen bzw. überregionalen Kapazitäten und Netzen die Versorgungssicherheit im Land gewährleisten. Um diese Bereitstellung der Erzeugungskapazität dauerhaft zu sichern, sind zukünftig neue Markt- bzw. Vergütungsmodelle zu entwickeln, die diese Leistungen honorieren.

Wegen der geringen Auslastung reichen dann die Erlöse aus der Stromerzeugung allein nicht mehr aus, um die notwendige Kostendeckung zu erzielen.

Anders als im Bereich der Kohlekraftwerke, wo sich die neu hinzukommende Kapazität bereits im Bau befindet, sind zumindest bis Ende 2014 in Baden-Württemberg keine Planungen für Erdgaskraftwerke dokumentiert [16]. Die vorhandene große Unsicherheit hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung im Energiebereitstellungssektor stellt eine beträchtliche Hürde für die notwendige Umstrukturierung der konventionellen Stromerzeugung dar. Auf Bundesebene hat die Bundesregierung deshalb zwei wichtige Maßnahmen angekündigt: Ein Planungsbeschleunigungsgesetz, das dazu beitragen soll, deutschlandweit bis 2020 eine zusätzliche konventionelle Kraftwerksleistung von 10 GW aufzubauen sowie ein neues Kraftwerksförderprogramm, das den Neubau hocheffizienter und flexibler Kraftwerke finanziell unterstützen soll [18]. Letzteres soll aus Wettbewerbsgründen auf Kraftwerksbetreiber mit einem Anteil von weniger als 5 % an den deutschen Erzeugungskapazitäten beschränkt werden. Insbesondere Stadtwerken könnte diese Förderung strategische Entscheidungen für die Investition in neue Kraftwerke erleichtern. Sofern das Land hier die Möglichkeit hat, auf Bundesebene steuernd einzugreifen, sollte auf eine finanziell ausreichende Ausstattung des Programms hingewirkt werden. Baden-Württembergs Energieversorgungsunternehmen könnten über die Inanspruchnahme dieser Förderung einen Teil der notwendigen Umstrukturierung finanziell absichern.

Weiterhin ist es notwendig, dass sich das Land im Rahmen der Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (KWKG) auf Bundesebene für eine der zukünftigen Entwicklung der KWK förderliche Ausgestaltung des Förderinstruments einsetzt [12], denn die derzeit bestehenden Regelungen reichen dafür keinesfalls aus (siehe auch Kapitel 7).

3.2 CO₂-Emissionsreduktion im Stromsektor

Bedingt durch die Struktur des baden-württembergischen Kraftwerksparks mit dem hohen Kernenergieanteil sind die CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung im Land vergleichsweise niedrig: Während 2010 in Baden-Württemberg rund 230 g CO₂ je Kilowattstunde Strom emittiert wurden, lag der Durchschnittswert auf Bundesebene mit 563 g CO₂/kWh [19] mehr als doppelt so hoch. Die CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung stammen aus der Verbrennung der fossilen Energieträger Kohle, Erdgas und Mineralöl sowie aus der Verbrennung von Abfallstoffen (ohne biogenen Anteil). Sie sind in Tabelle 4 für ausgewählte Jahre dargestellt: 1990 als Bezugsjahr für sämtliche Zielsetzungen, die sich aus dem Kyoto-Protokoll oder Folgevereinbarungen ableiten lassen, 2005 als Bezugsjahr für die Reduktionsziele aus dem Emissionshandel und dem Effort-Sharing auf EU-Ebene, 2010 als aktuelles Ausgangsjahr, 2020 als Kurzfristziel und 2050 für die Langfristperspektive. Da laut Statistischem Landesamt über die Jahre nicht durchgängig mit der gleichen statistischen Erhebungsmethodik hinsichtlich der getrennten Bilanzierung der

Strom- und Fernwärmeerzeugung gearbeitet wurde¹⁰ und an dieser Stelle ausschließlich die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung betrachtet werden¹¹, sind mit Bezug auf 1990 leichte Unschärfen nicht auszuschließen. Darauf deutet insbesondere die Tatsache hin, dass die Bruttostromerzeugung aus konventionellen Energieträgern 2010 annähernd wieder auf das Niveau von 1990 gesunken ist (Abbildung 5), die CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung aber 2010 deutlich niedriger liegen als 1990 (Tabelle 4). Sichtbare Verschiebungen zwischen diesen beiden Jahren liegen einerseits in der Ausweitung des Einsatzes von Erdgas, was deutlich geringere Emissionen verursacht als der Einsatz von Kohle. Andererseits wurde laut Statistik der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung deutlich gesteigert, was sich durch eine Überprüfung der Kraftwerksdaten allerdings so nicht bestätigen lässt. Wendet man die „Finnische Methode“ [20], ein international gebräuchliches Rechenschema zur Berechnung der CO₂-Emissionen aus Kraft-Wärme-Kopplung, an, ergibt sich eine leichte Überbewertung der CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung in 1990. Dies beeinflusst die in der Zukunft absolut zu erreichenden Emissionsminderungen jedoch nicht. **Im Energieszenario betragen die CO₂-Emissionen 14 Mio. t CO₂/a in 2020 (-9 % bezogen auf 2010) und 2,3 Mio. t CO₂/a in 2050 (-85 % bezogen auf 2010).**

Tabelle 4: *Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung.*

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
Bruttostromerzeugung aus konventionellen Energieträgern [TWh/a]	55,2	64,4	54,8	39,9	7,7
CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung [Mio. t CO₂ pro Jahr]	17,1	18,9	15,4	14,0	2,3
Veränderung gegenüber 1990		+10,5%	-10%	-18%	-87%
Veränderung gegenüber 2005			-18,5%	-26%	-88%
Veränderung gegenüber 2010				-9%	-85%

Quelle für die Jahre 1990, 2005, 2010: *Energiebericht [21]*.

In Abbildung 7 ist die Entwicklung in Fünfjahresschritten dargestellt. Bis 2015 ist gegenüber 2010 zunächst von einem geringfügigen Anstieg der absoluten Emissionsmenge auszugehen, was aus dem Zuwachs in der fossilen Stromerzeugung resultiert. Hierzu tragen sowohl die beiden Kohleblöcke Mannheim und Karlsruhe als auch der unterstellte Zubau im Gasbereich bei. Der nur geringe Anstieg ist auf die deutlich höheren Wirkungs-

¹⁰ Die Erhebungsmethodik wurde 2006 (rückwirkend bis 2003) auf eine getrennte Erfassung der CO₂-Emissionen aus Fernwärme und Stromerzeugung umgestellt, was zu einem höheren Anteil der CO₂-Emissionen bei der Fernwärme und niedrigeren Anteilen bei der Stromerzeugung führte, ohne dass es gravierende Änderungen im Kraftwerkspark gegeben hätte.

¹¹ Auch wenn hier nur eine Betrachtung der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung erfolgt, hat dies auf die Gesamtemissionsmenge keinen Einfluss, da auch die Emissionen der Fernwärmeerzeugung im Gesamtszenario erfasst werden (siehe auch Abschnitt 5.1). Sie werden lediglich anders zugeordnet.

grade der neuen Kraftwerksblöcke zurückzuführen, ebenso wie auf die Ausweitung der Nutzung in KWK (beim KWK-Betrieb wird der Wärmebereitstellung ein Teil der Emissionen zugerechnet).

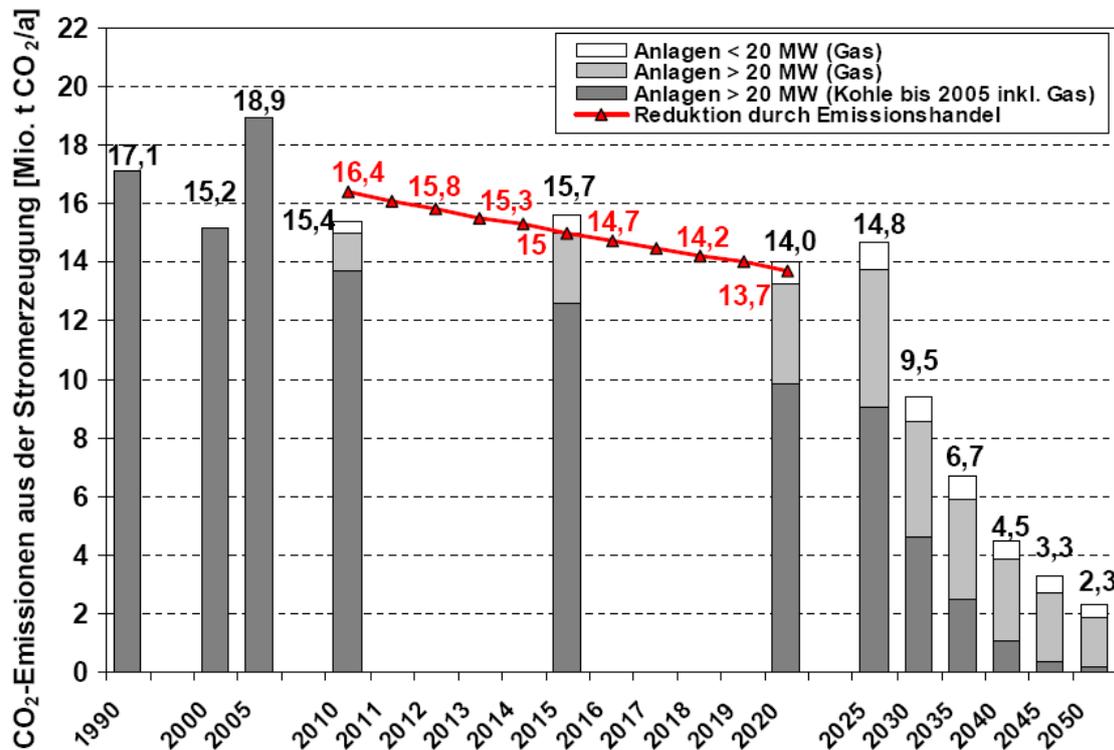


Abbildung 7: Entwicklung der CO₂-Emissionen aus der Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg im Zeitraum von 1990 bis 2050 unter Berücksichtigung der Wirkung des europäischen Emissionshandelssystems in der Handelsperiode 2013-2020¹².

Die Kraftwerksbetreiber von Anlagen mit einer Leistung über 20 MW unterliegen dem europäischen Emissionshandelssystem (ETS) und können nicht gesetzlich zu darüber hinaus gehenden Emissionsreduktionen verpflichtet werden. Das ETS setzt eine europaweit erlaubte Emissionsobergrenze für CO₂ („Cap“) fest, für die Zertifikate ausgegeben werden. Die für jede einzelne Anlage ausgegebenen Zertifikate wurden in der Vergangenheit auf Basis anlagenspezifischer Daten der Höhe nach bestimmt und den Betreibern kostenfrei zugeteilt. Wer aufgrund des tatsächlichen Anlagenbetriebs mehr als die zugeteilten Zertifikate benötigt, muss sich diese am Markt beschaffen. Wer Zertifikate übrig hat, kann diese entsprechend verkaufen. Durch eine schrittweise Absenkung des Cap werden so europaweit die Emissionen gesenkt. Mit Beginn der Handelsperiode 2013 müssen die Zertifikate im Energiebereitstellungssektor vollständig ersteigert werden. Da das Cap nur die europaweit bis 2020 zu erreichende Reduktion der Emissionsmengen festlegt, die am ETS teilnehmenden Unternehmen aber frei entscheiden können, ob sie selbst vor Ort an ihren Anlagen den Ausstoß von CO₂ reduzieren oder

¹² Zum Erreichen des EU-weiten CO₂-Emissionsminderungsziels von -21 % bis 2020 im Vergleich zu 2005 wird ab 2010 die Zertifikatsmenge jedes Jahr um 1,74 % reduziert.

Zertifikate am Markt zukaufen, kann eine direkte Reduktionswirkung des ETS auf die in Baden-Württemberg entstehenden Emissionen nach dem Prinzip der Quellenbilanz nicht unterstellt werden. Um den potenziellen Beitrag des ETS zum Emissionsminderungsziel aus dem Energieszenario 2050 dennoch berücksichtigen zu können, wurde analog zum „Beschluss der Kommission vom 27. April 2011 zur Festlegung EU-weiter Übergangsvorschriften zur Harmonisierung der kostenlosen Zuteilung von Emissionszertifikaten gemäß Artikel 10a der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates“ [22] davon ausgegangen, dass die Absenkung des Caps auf europäischer Ebene um 1,74 % pro Jahr beginnend im Jahr 2010 gleichermaßen auch in Baden-Württemberg zu einer Reduktion der zugeteilten Zertifikate führt. Hieraus ergibt sich eine Reduktion der verfügbaren Zertifikate für Emissionen aus baden-württembergischen Kraftwerken¹³ von 16,4 Mio. t CO₂ in 2010 [23] auf 13,7 Mio. t CO₂ in 2020 bzw. eine Absenkung um 16,5 %. Diese Menge liegt 0,5 Mio. t CO₂ pro Jahr über der Emissionssumme, die im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 den Kraftwerken mit einer elektrischen Leistung von mehr als 20 MW zugestanden wird. Denn danach dürfen in 2020 die fossil befeuerten Kraftwerke größer 20 MW noch 13,2 Mio. t CO₂ pro Jahr von den ausgewiesenen Gesamtemissionen der Stromerzeugung in Höhe von 14 Mio. t CO₂ emittieren. Die verbleibenden 0,8 Mio. t CO₂ entstehen bei der Stromerzeugung in dezentralen Einheiten mit einer Leistung unter 20 MW.

Theoretisch betrachtet kann das Reduktionsziel für die Stromerzeugung – bis 2020 -18% gegenüber 1990 – über das bestehende Instrument des Emissionshandels also nicht vollständig erreicht werden, sondern würde um 0,5 Mio. t CO₂ pro Jahr verfehlt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg von 1990 bis 2020 bei ausschließlicher Berücksichtigung des Emissionshandelssystems in der Handelsperiode 2013 bis 2020 in der Stromerzeugung (ohne Berücksichtigung indirekter Effekte).

	1990	2005	2010	2020
CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung [Mio. t CO₂ pro Jahr]	17,1	18,9	15,4	14,5
Veränderung gegenüber 1990		+10,5%	-10%	-15%
Veränderung gegenüber 2005			-18,5%	-23%
Veränderung gegenüber 2010				-7%

Quelle für die Jahre 1990, 2005, 2010: Energiebericht [21].

¹³ Hierin enthalten sind sowohl Feuerungsanlagen mit einer Kraftwerksleistung oberhalb von 50 MW als auch solche mit einer Leistung von 20 bis 50 MW. Eine Aufteilung nach der Betreiberstruktur liegt nicht vor. Daher ist davon auszugehen, dass Industriekraftwerke, die als Feuerungsanlagen eingestuft sind, hierin enthalten sind. Sonstige Industriezweige, die dem ETS unterliegen sind hierin nicht enthalten. Diese sind dem Sektor Industrie zugeordnet (siehe Abschnitt 4.3).

Allerdings konnte hierbei aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden, dass sich die Gesamtzertifikatmenge in Baden-Württemberg durch den Ersatz von Altkraftwerken reduziert: Da die Zuteilung der Emissionszertifikate für die jeweilige Anlage auf den kraftwerksspezifischen Angaben zu Leistung, Wirkungsgrad etc. im eingereichten Antrag beruht, werden die neuen Kraftwerke von Beginn an entsprechend ihrer geringeren spezifischen Emissionen eine geringere Zertifikatsmenge genehmigt bekommen, als dies bei den bestehenden Altkraftwerken der Fall ist. So wird nach Angaben der EnBW das neue Kohlekraftwerk in Karlsruhe einen spezifischen CO₂-Ausstoß von 740 g CO₂/kWh aufweisen und Altkraftwerke ersetzen, die im Durchschnitt etwa 850 g CO₂ pro kWh emittieren [17]. Da bei einer Stilllegung der Altkraftwerke deren Zertifikatskontingente erlöschen, könnte allein der Kraftwerkersatz die in Baden-Württemberg vorhandene Zertifikatmenge weiter verringern. Zudem ist denkbar, dass die Änderung des Zuteilungsverfahrens der Zertifikate hin zur vollständigen Versteigerung und weitere Faktoren wie Deutschlands Ausstieg aus der Kernenergie den Zertifikatspreis deutlich steigen lassen, was den Einsatz der verbleibenden alten Kohlekraftwerke in Baden-Württemberg zunehmend unrentabel werden ließe. Somit könnte die angestrebte Umstrukturierung im Kraftwerkspark hin zu einer verstärkten Nutzung von Erdgas letztlich durch den Emissionshandel befördert werden. Durch diese indirekten Effekte könnte sich die obengenannte zusätzliche Reduktion von 0,5 Mio. t CO₂ pro Jahr auch ohne zusätzliche Maßnahmen erreichen lassen.

Daneben kann das Land mit den am Emissionshandel teilnehmenden Energieversorgungsunternehmen freiwillige Vereinbarungen über die zu erzielende Emissionsreduktion treffen oder über die Schaffung der notwendigen stabilen Rahmenbedingungen die gewünschte Entwicklung anreizen.

Ableitung eines Sektorziels

Eine Umsetzung der Zielsetzungen aus dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 setzt voraus, dass auf Bundesebene die Zielsetzungen des Energiekonzepts der Bundesregierung ernsthaft verfolgt werden und die angekündigten Maßnahmen, allen voran der weitere Ausbau der Erneuerbaren Energien gemäß EEG, die Novelle des KWKG und die Weiterentwicklung zu einem flexiblen Kraftwerkspark über eine entsprechende Förderung von hocheffizienten Kraftwerksneubauten, zeitnah zur Umsetzung kommen. Darüber hinaus bedarf es auf Landesebene komplementärer Schritte (Haupthandlungsfelder siehe Kapitel 7), die insgesamt zu einer Realisierung von Einsparungen in Höhe von 1,6 Mio. t CO₂ in 2020 gegenüber 2010 führen. **Daraus ergibt sich als ambitionierter aber dennoch erreichbarer Zielwert für die CO₂-Reduktion bis 2020 im Stromerzeugungssektor bezogen auf 1990 in Höhe von 18 %.** Aufgrund der geschilderten Unsicherheiten hinsichtlich der Möglichkeiten der Emissionsminderungen außerhalb des Emissionshandels scheint ein **CO₂-Minderungsziel von -15 % bis -18 %** bezogen auf 1990 angemessen.

4 Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Verbrauchssektoren

4.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs - Gesamtbetrachtung

Die Stromerzeugung ist zwar derjenige Bereich des Energieszenarios Baden-Württemberg 2050, der kurz- bis mittelfristig den größten strukturellen Veränderungen unterliegt und entsprechende Maßnahmen erfordert, andererseits ist er derzeit nur für 22 % der energiebedingten Treibhausgasemissionen verantwortlich. **Der überwiegende Teil der Treibhausgasemissionen im Land stammt aus dem Einsatz von Brenn- und Kraftstoffen in den unterschiedlichen Verbrauchssektoren**, die im Weiteren betrachtet werden. Für die Entwicklung in den Einzelsektoren wurde insbesondere auf Daten aus den Expertengutachten zum Klimaschutzkonzept 2020plus [24] zurückgegriffen, wobei deren Annahmen auf Plausibilität und Aktualität geprüft und teilweise modifiziert wurden. Daraus ergibt sich der in Abbildung 8 dargestellte Verlauf des gesamten Endenergieverbrauchs in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2050 (schwarze Linie). Ausgangsbasis ist dabei das Jahr 1990. Mit einem Endenergieeinsatz von 313 TWh wurde in 2005 der bisherige Höchstwert erreicht. Mit einem Endenergieeinsatz von 313 TWh wurde in 2005 der bisherige Höchstwert erreicht.

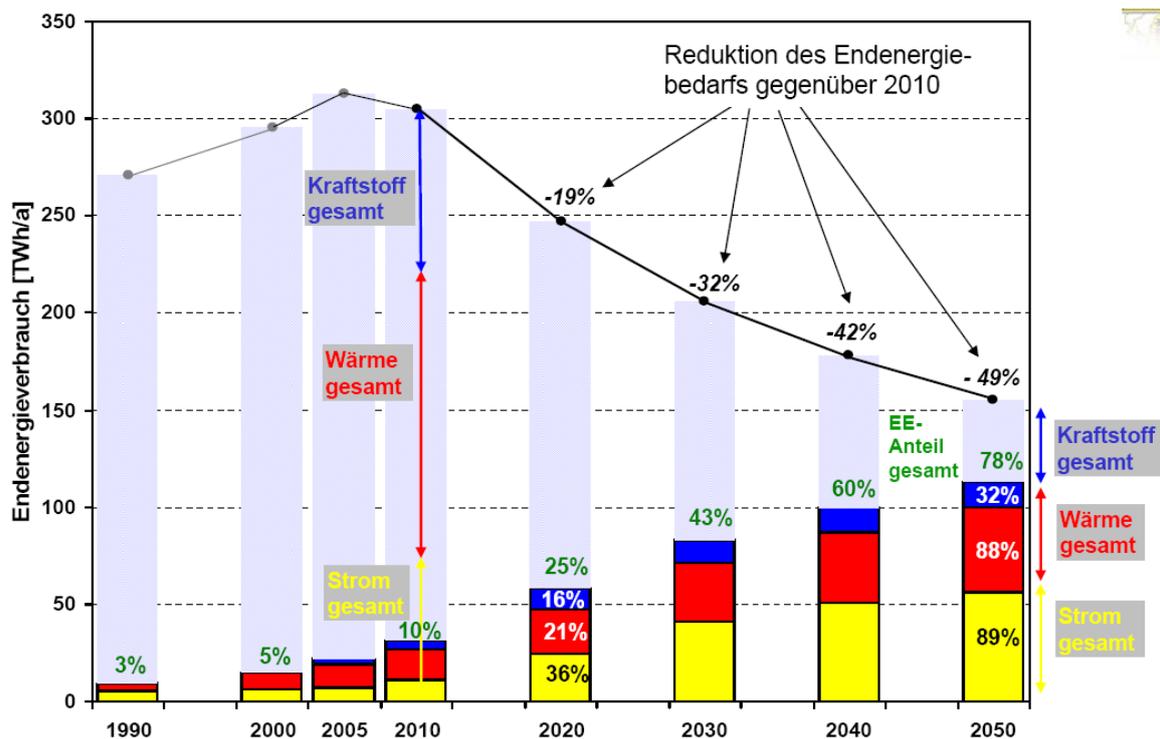


Abbildung 8: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch nach Nutzungsbereichen und jeweilige Beiträge der erneuerbaren Energien.

Davon waren 23 % den Stromanwendungen (einschließlich Stromeinsatz für Wärmezwecke) zuzuschreiben, knapp 50 % wurden zur Bereitstellung von Brennstoffen für Wärme (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in der Industrie) benötigt und 27 % wurden im Verkehrssektor für die Bereitstellung von Mobilität eingesetzt. In 2010 lag der

Endenergiebedarf 2,4 % unter dem Wert von 2005, was aber stärker konjunkturellen Ursachen als dem beginnenden strukturellen Wandel zuzuschreiben sein dürfte. Allerdings muss dieser Wandel nicht nur forciert werden, sondern er muss schon deutliche Wirkungen zeigen, denn im Vergleich zu 2010 ist **bis 2020 eine Endenergieverbrauchsreduktion um 19 % notwendig. Dieser Pfad muss danach konsequent fortgesetzt werden, um in 2050 etwas mehr als eine Halbierung des Endenergieverbrauchs zu erreichen. Die größte Reduktion ist dabei mit knapp 66 % in der Wärmebereitstellung notwendig, gefolgt vom Kraftstoffsektor (-51 %). Die Reduktion des Stromverbrauchs fällt dagegen mit 14 % relativ moderat aus.**

Damit bleibt das Energieszenario 2050 im Strombereich zwar hinter dem Ziel des Energiekonzepts der Bundesregierung zurück, bis 2020 den Stromverbrauch um 10 % und bis 2050 um 25 % zu senken. Aus Sicht der Gutachter ist dies jedoch dadurch gerechtfertigt, dass in Baden-Württemberg erstens auch zukünftig von einem deutlich höheren Wirtschaftswachstum auszugehen ist, als in den Szenarien der Bundesregierung unterstellt ist (im Bundesdurchschnitt 0,8 % pro Jahr) und zweitens die Energie- bzw. Stromproduktivität bereits deutlich über dem Bundesdurchschnitt liegt [24]. Effizienzfortschritte können deshalb nicht in gleichem Umfang umgesetzt werden. Daneben werden neue Einsatzfelder für Strom hinzukommen: im Bereich der Raumwärmebereitstellung Wärmepumpen und elektrisch betriebene Wärmerückgewinnungs- und Klimatisierungsanlagen, im Verkehrssektor die Elektromobilität (sowohl rein Batterie-elektrisch als auch mit Brennstoffzellen betriebene Antriebssystem¹⁴). Ebenso ist von einem vermehrten Einsatz von Strom zur Prozesswärmebereitstellung auszugehen.

Da es sich dabei in zunehmendem Maße um Strom aus erneuerbaren Energien handelt, ist diese Entwicklung aus Klimaschutzsicht sehr zweckmäßig, weil durch CO₂-frei erzeugten Strom der Einsatz von fossilen Brennstoffen mit den entsprechenden Emissionen vermieden wird. Hinzu kommt, dass neue Stromanwendungen wie Wärmepumpen und Elektromobilität auch zur Stabilisierung des Betriebs der zunehmend durch fluktuierende erneuerbare Energien geprägten Stromerzeugung beitragen können und somit doppelt positiv wirken. Wie aus Abbildung 8 weiterhin hervorgeht, muss der Ersatz konventioneller Energieträger durch erneuerbare Energien in allen Anwendungsbereichen die absolute Absenkung des Bedarfs kontinuierlich ergänzen. **Während 2010 der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch bei 10 % lag, steigt er im Energieszenario 2050 bis 2020 auf 25 % an. Bis 2050 können die erneuerbaren Energien einen Anteil von 78 % am gesamten, dann reduzierten Endenergieverbrauch erreichen, wenn die im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 empfohlenen Strategien erfolgreich umgesetzt werden.** Die hohen Anteile in der Stromerzeugung

¹⁴ Strom wird für Brennstoffzellenfahrzeuge nur dann benötigt, wenn der Wasserstoff zur Betankung durch Elektrolyse erzeugt wird. Im Szenario wird nicht zu letzt aus ökologischen Gründen unterstellt, dass der Wasserstoff für den Betrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen aus Überschussstrom aus erneuerbaren Energien erzeugt wird.

und in der Wärmebereitstellung kompensieren dabei den relativ geringen Anteil im Kraftstoffbereich. Hier wurde im Rahmen dieses Gutachtens auf eine Begrenzung der aus biogenen Quellen bereitstellbaren Kraftstoffe geachtet (vgl. dazu u.a. [11]). Der deutlich höhere Stromeinsatz für die Mobilität ist bereits bei den Stromanwendungen bilanziert.

Ergänzend ist hier anzufügen, dass es nicht zweckmäßig ist, den Strombedarf Baden-Württembergs ausschließlich im Land bereitzustellen. Im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 wird deshalb davon ausgegangen, dass wie bisher auch zukünftig der Stromimport in etwa gleichbleibender Höhe einen Beitrag zur Deckung des Strombedarfs im Land leisten wird. Dieser Anteil beträgt derzeit etwa 19% des gesamten Stromverbrauchs in Höhe von 81,5 TWh/a¹⁵. Der Importanteil ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich angestiegen, da die zwischen 2005 und 2010 rückläufige Stromerzeugung bei gleichbleibendem Verbrauch durch steigende Stromimporte ausgeglichen werden musste, wie aus Abbildung 9 ersichtlich ist.

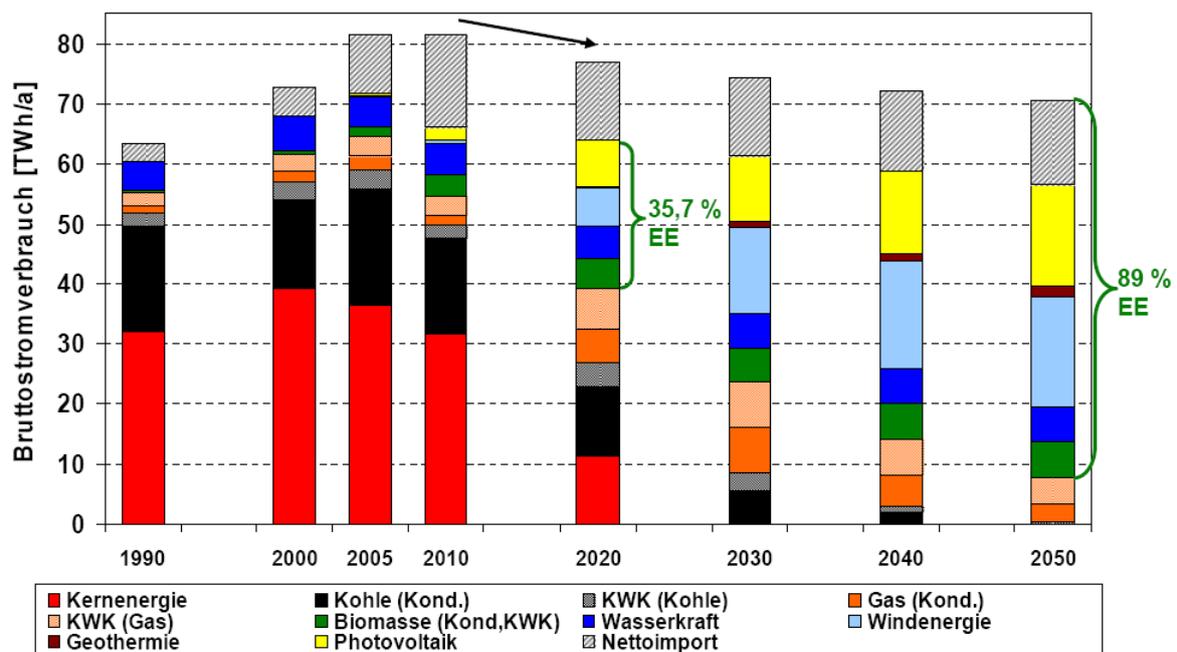


Abbildung 9: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Stromverbrauch nach Energieträgern.

In der CO₂-Bilanz des Landes erscheint der Importstrom nicht, weil diese auf dem Prinzip der Quellenbilanz beruht. Danach werden nur diejenigen Emissionen bilanziert, die durch den Einsatz von Brenn- oder Kraftstoffen im Land entstehen. Quellenbezogen bedeutet somit, dass die Emissionen am Ort der Entstehung, d. h. am Standort der Emissionsquelle (der Anlage bzw. am Ort des Verkehrsgeschehens) nachgewiesen werden [25].

¹⁵ Erste Abschätzung.

Der Bruttostromverbrauch wird bis 2020 im Vergleich zu 2010 um etwa 5,5 % absinken. Gleichzeitig steigt der Anteil der erneuerbaren Energien im Land auf 35,7 % womit das Bundesziel von mind. 35 % sogar leicht übertroffen werden kann, obwohl Baden-Württemberg nicht über Wind-Offshore-Potenziale verfügt, die auf Bundesebene zunehmend an Bedeutung gewinnen¹⁶. Langfristig wird davon ausgegangen, dass neben der Erzeugung im Inland auch der Importstrom aus erneuerbaren Quellen stammen wird, da sowohl auf Bundesebene als auch europaweit starke Bestrebungen zur langfristigen Dekarbonisierung der Stromversorgung bestehen. Dadurch steigt der Anteil der regenerativen Quellen an der Stromerzeugung in Baden-Württemberg auf 86 % (siehe Abbildung 1), der Anteil am Stromverbrauch (d.h. einschließlich des Imports) auf 89 %.

Der **Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung** setzt sich im Wesentlichen aus zwei Komponenten zusammen: Der Großteil wird für die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung benötigt, der kleinere Teil für die Prozesswärmeerzeugung in der Industrie. Je nach Anwendung sind hier bestimmte Temperaturen zu erreichen: Niedertemperaturprozesse verlangen Temperaturen bis 100 °C, Prozesse im mittleren Temperaturbereich benötigen etwa 100 °C bis 400 °C und Hochtemperaturprozesse liegen oberhalb von 400 °C. Die zur Wärmebereitstellung einsetzbaren erneuerbaren Energieträger sind nicht für alle Temperaturbereiche gleichermaßen geeignet. Umweltwärme bzw. oberflächennahe Geothermie und Solarthermie kommen nur im Niedertemperaturbereich und zur Raumwärmebereitstellung infrage. Wärme aus Tiefengeothermie kann je nach Standort auch mit Temperaturen über 100 °C bereitgestellt werden und Biomasse ist in allen Temperaturbereichen einsetzbar. Als Wärmequelle hinzu kommen muss in Zukunft die verstärkte Nutzung von Abwärme aus Industrieprozessen und aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) als wesentlicher Teil einer wirksamen Effizienzstrategie. Hierfür sind vor allem strukturelle Veränderungen in der Wärmebereitstellung erforderlich. Wo immer möglich, ist ein Ausbau von Nahwärmenetzen erforderlich, die auch durch mehrere Wärmequellen gespeist werden können. Denkbar sind Kombinationen mehrerer erneuerbarer Energiequellen, etwa solarthermische Großanlagen und Biomasse-KWK-Anlagen oder regenerativer Wärme mit industrieller Abwärme etc. Allein mit den heutigen einzelhausorientierten Anwendungen wird der **Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmesektor** nicht die in Abbildung 10 gezeigte Steigerung **von 10,4 % im Jahr 2010 auf 21 % im Jahr 2020 und 88 % im Jahr 2050** erreichen können. Die im Szenario 2050 ermittelten Einzelbeiträge der erneuerbaren Energien zur Wärmebedarfsdeckung können Tabelle 6 entnommen werden.

¹⁶ Der Offshore-Windstrom wird nach der aktuellen statistischen Erfassung den Bundesländern zugerechnet, in denen die Stromleitungen anlanden. Eine eigene Erfassung des Offshore-Windstroms im Sinne eines „17. Bundeslandes“ erfolgt bislang nicht.

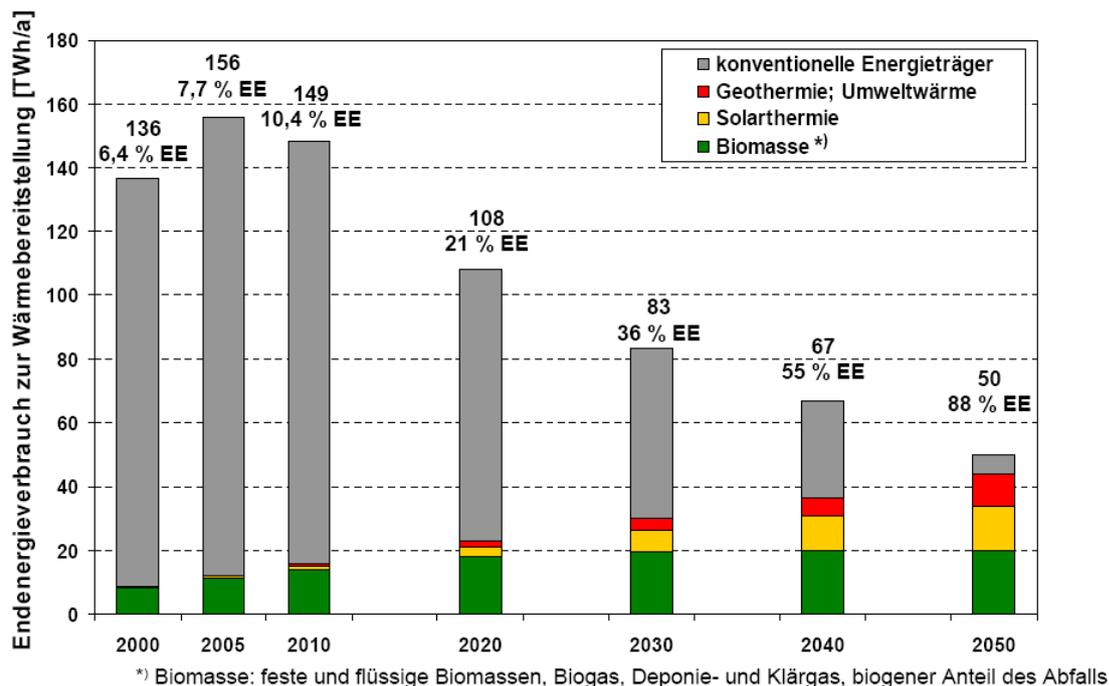


Abbildung 10: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch für Wärme nach Energieträgern von 2000 bis 2050.

Tabelle 6: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Wärmebedarfsdeckung.

Endenergie Wärme (TWh/a)	2010	2020	2030	2040	2050
Biomasse	14,00	17,85	19,40	19,78	19,95
Solarthermie	1,13	3,15	6,83	10,83	14,08
Geothermie, Umweltwärme	0,36	1,63	3,81	5,80	9,87
EE-Wärme, ges.	15,49	22,64	30,05	36,41	43,90

Erste Voraussetzung für die Einleitung dieses Strukturwandels ist eine flächendeckende Erfassung des Wärmebedarfs und vorhandener Wärmequellen, um gezielt an geeigneten Standorten die Potenziale ausschöpfen zu können. Das Land sollte diese zwingend erforderlichen Aktivitäten mit einer Verpflichtung zur Erstellung kommunaler Wärme- und Kältepläne befördern. Da auf EU-Ebene bereits diskutiert wird, von den Mitgliedsstaaten die Aufstellung nationaler Wärme- und Kältepläne zu fordern [26], würde Baden-Württemberg als Vorreiter die sich ohnehin abzeichnende Entwicklung vorwegnehmen und könnte somit auch deutlich schneller davon profitieren (siehe auch Kapitel 7).

Für den Bereich des Wärmebedarfs in Gebäuden hat die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept sehr ambitionierte Ziele gesetzt: Bis 2020 soll eine Reduzierung des Wärmebedarfs um 20 % erreicht werden, bis 2050 soll ein nahezu klimaneutraler Gebäudebe-

stand¹⁷ erreicht werden [4]. Hierzu soll im Jahr 2012 die Energieeinsparverordnung (EnEV) dahingehend novelliert werden, dass ab 2020 für Neubauten das Niveau „klimaneutrales Gebäude“ eingeführt wird, was verbrauchsseitig dem Passivhausstandard entsprechen dürfte. Für den Gebäudebestand soll ein entsprechender Sanierungsfahrplan entwickelt werden. Ein weiteres Ziel ist es, die Sanierungsrate auf durchschnittlich 2 % pro Jahr zu steigern, was auch über die Bereitstellung entsprechender Fördermittel im CO₂-Gebäudesanierungsprogramm erreicht werden soll. Angedacht war auch die Möglichkeiten der steuerlichen Abschreibung von Modernisierungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen im Rahmen eines eigenen Gesetzes deutlich auszuweiten. Hier gibt es zwischen Bund und Ländern jedoch bislang keine Einigung.

Diese Zielsetzungen auf Bundesebene decken sich weitgehend mit den in den Gutachten zum Klimaschutzkonzept 2020plus getroffenen Annahmen zur Entwicklung des Raumwärmebedarfs in den Sektoren Haushalte und Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD) einschließlich des öffentlichen Sektors [24]. Diese wurden in der sektorspezifischen Betrachtung daher weitgehend übernommen, wobei der seit Erstellung der Gutachten entstandene Zeitversatz entsprechend Berücksichtigung fand.

4.2 Emissionsminderungspotenzial im Sektor Haushalte

Der Endenergieverbrauch der Haushalte setzt sich aus dem Strombedarf und dem Einsatz von Brennstoffen zur Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung zusammen. Abbildung 11 zeigt, wie sich die jeweiligen Anteile im Energieszenario 2050 entwickeln müssen, um letztlich den notwendigen Beitrag zur CO₂-Emissionsminderung zu erbringen.

¹⁷ „Klimaneutral“ bedeutet hier, dass die Gebäude nur noch einen sehr geringen Energiebedarf aufweisen und der verbleibende Energiebedarf überwiegend durch erneuerbare Energien gedeckt wird.

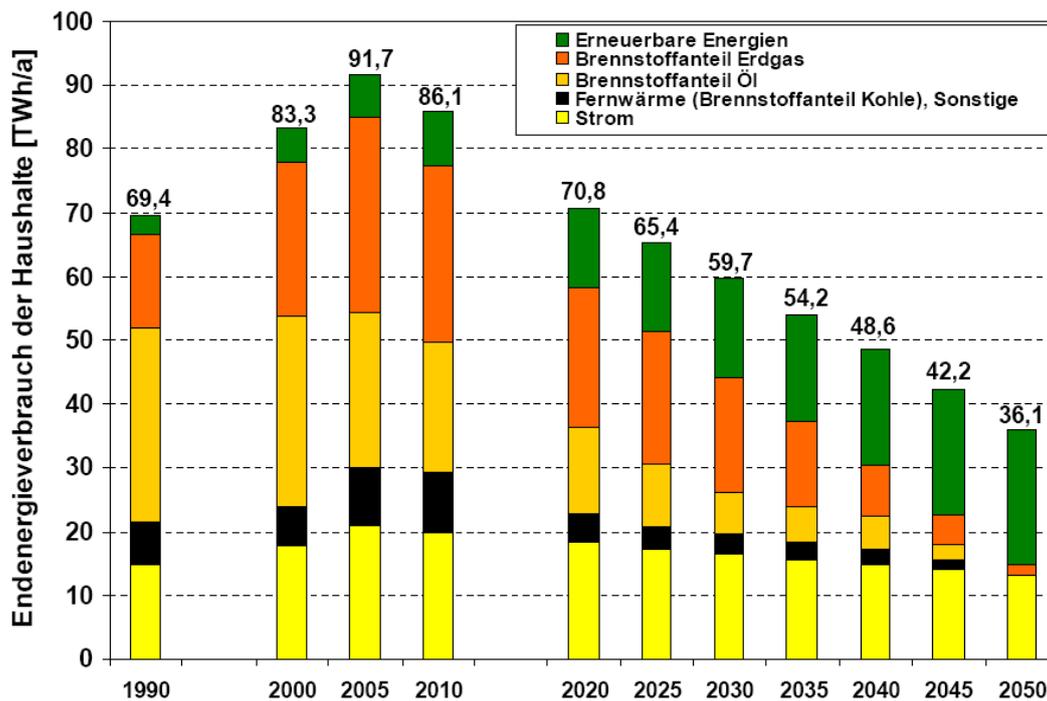


Abbildung 11: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch der Haushalte und Struktur der Energiebereitstellung.

Tabelle 7 zeigt, dass dazu der Endenergieverbrauch der Haushalte bereits bis zum Jahr 2020 um 18 % gegenüber 2010 reduziert werden muss. Dies entspricht einer Rückführung auf das Niveau von 1990.

Tabelle 7: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch der Haushalte.

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
Endenergieverbrauch der Haushalte [TWh/a]	69,4	91,7	86,1	70,8	36,1
Veränderung gegenüber 1990		+32%	+24%	+2%	-48%
Veränderung gegenüber 2005			-6%	-23%	-61%
Veränderung gegenüber 2010				-18%	-58%

Trotz der deutlichen Steigerung des Endenergieverbrauchs von 1990 bis 2010 stiegen die CO₂-Emissionen nur mäßig an (Abbildung 12). In 2010 konnte annähernd wieder das Niveau von 1990 erreicht werden. Dies ist auf den zunehmenden Brennstoffwechsel von Öl zu Gas und auf den wachsenden Anteil erneuerbarer Energien zurückzuführen. Dieser Trend muss bis 2020 noch forciert werden. So ist der Endenergieverbrauch bis 2020 auf das Niveau von 1990 abzusenken. Durch den fortgesetzten Wechsel hin zu erneuerbaren Energien in der Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung sinken die CO₂-Emissionen der Haushalte weiter kontinuierlich ab. Dabei werden nach dem Prinzip der Quellenbilanz den Haushalten nur die Emissionen aus dem direkten Brennstoffeinsatz zur Wärmebe-

reitstellung zugerechnet. Die Emissionen aus der Stromerzeugung sind bereits im Stromerzeugungssektor erfasst. Abbildung 12 zeigt den Verlauf der erreichbaren Emissionsminderung.

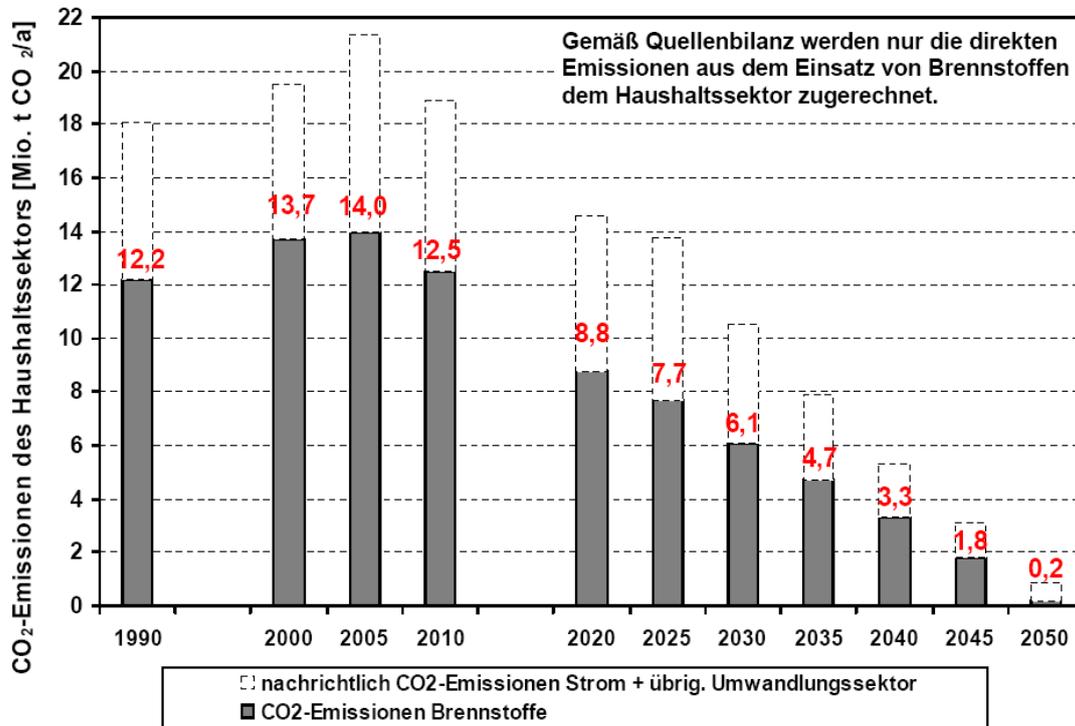


Abbildung 12: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der direkten energiebedingten CO₂-Emissionen der Haushalte.

Das Jahr 2005 ist das Jahr mit dem höchsten absoluten CO₂-Ausstoß in der dargestellten Zeitreihe. In 2010 wurde annähernd das Niveau von 1990 wieder erreicht (der Ausstoß lag rund 2 % höher). Bis 2020 muss gegenüber dem Jahr 2010 eine absolute Reduktion um 3,7 Mio. t CO₂/a erfolgen. Je nach Bezugsjahr führt dieser Wert zu unterschiedlichen prozentualen Absenkungen, wie in Tabelle 8 dargestellt. Gegenüber 1990 beträgt die Reduktion 28 %, gegenüber 2010 30 %.

Tabelle 8: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO₂-Emissionen der Haushalte (ohne Strom).

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
CO ₂ -Emissionen der Haushalte [Mio. t CO ₂ /a]	12,2	14	12,5	8,8	0,2
Veränderung gegenüber 1990		+15%	+2%	-28%	-98%
Veränderung gegenüber 2005			-11%	-37%	-99%
Veränderung gegenüber 2010				-30%	-98%

Ableitung eines Sektorziels

Eine Umsetzung der Zielsetzungen aus dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 setzt voraus, dass auf Bundesebene die Zielsetzungen des Energiekonzepts der Bundesregierung ernsthaft verfolgt werden und die angekündigten Maßnahmen, allen voran die entsprechende finanzielle Ausstattung des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms, zeitnah zur Umsetzung kommen. Darüber hinaus bedarf es auf Landesebene komplementärer Schritte (Haupthandlungsfelder siehe Kapitel 7), die insgesamt zu einer Realisierung von Einsparungen in Höhe von 3,7 Mio. t CO₂ in 2020 führen. Zur Bewertung dieser Zielsetzung wurden die für das Klimaschutzkonzept 2020plus erarbeiteten Maßnahmen bzw. deren Einsparwirkung [24] herangezogen. Bei vollständiger Umsetzung ist auf Basis des Klimaschutzkonzepts 2020plus eine Emissionsminderung um 2,5 bis 3 Mio. t CO₂/a in 2020 möglich. Gegenüber der im Energieszenario 2050 ergibt sich somit ein Defizit von 0,7 bis 1,2 Mio. t CO₂/a. **Eine ambitionierte aber dennoch erreichbare Zielgröße bis 2020 für den Haushaltssektor für die CO₂-Minderung scheint daher bezogen auf 1990 zwischen 20 % und 28 % zu liegen.**

4.3 Emissionsminderungspotenzial im Sektor Industrie

Der Endenergieverbrauch der Industrie setzt sich aus dem Stromverbrauch und dem Einsatz von Brennstoffen für die Prozesswärmebereitstellung, Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung zusammen. Bemerkenswert ist hier, dass die absolute Höhe des Endenergieverbrauchs sowohl in 2005 als auch in 2010 exakt mit dem Verbrauchswert von 1990 übereinstimmt, was letztlich auf eine erhebliche Steigerung der Energieproduktivität zurückzuführen ist. Dabei hat die Zusammensetzung des Endenergieverbrauchs eine deutliche Veränderung erfahren. Der Mineralöleinsatz konnte mehr als halbiert werden, der Erdgaseinsatz, der Anteil der erneuerbaren Energien und nicht zuletzt der Stromverbrauch sind dagegen angestiegen (Abbildung 13 und Tabelle 9). **Die für die Zukunft angestrebte Verbrauchsreduktion – bis zum Jahr 2020 um 18 % gegenüber 2010 – zielt auf den vollständigen Ersatz von Mineralöl, eine deutliche Reduktion des Kohle- und des Erdgasanteils bei paralleler Ausweitung des Einsatzes erneuerbarer Energien ab**, wobei im Hochtemperaturbereich längerfristig vorwiegend Biomasse und regenerativer Strom fossile Brennstoffe ersetzen werden.

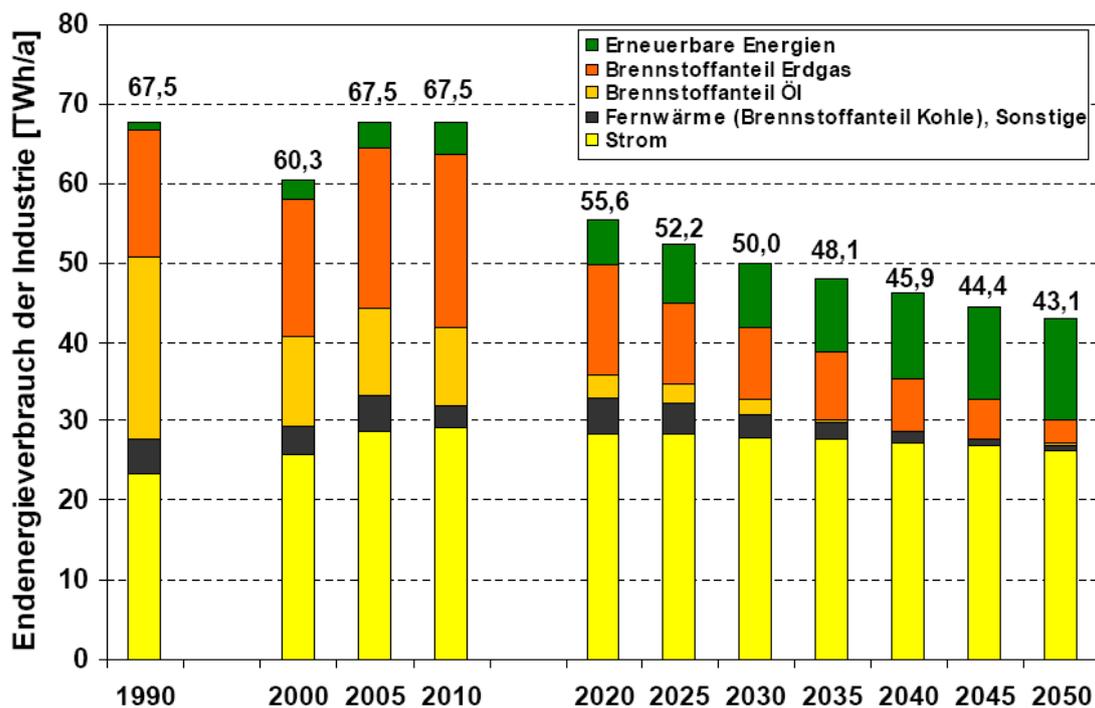


Abbildung 13: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch im Sektor Industrie und Struktur der Energiebereitstellung.

Tabelle 9: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch der Industrie.

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
Endenergieverbrauch der Industrie [TWh/a]	67,5	67,5	67,5	55,6	43,1
Veränderung gegenüber 1990		+/- 0	+/- 0	-18%	-36%
Veränderung gegenüber 2005			+/- 0	-18%	-36%
Veränderung gegenüber 2010				-18%	-36%

Die bereits begonnene Umstrukturierung hinsichtlich des Brennstoffeinsatzes hat im Vergleich zu 1990 bis zum Jahr 2010 bereits zu erheblichen CO₂-Emissionsminderungen (-34 %) geführt. Wie Abbildung 14 zeigt, emittierte der Industriesektor 1990 noch 3,6 Mio. t CO₂/a mehr als in 2010 (die CO₂-Emissionen des Stromverbrauchs werden gemäß Quellenbilanz nicht der Industrie zugeordnet).

Bis 2020 müssen im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 die CO₂-Emissionen der baden-württembergischen Industrie um weitere 2,7 Mio. t CO₂/a gesenkt werden. Einen Beitrag hierzu wird ähnlich wie im Energiebereitstellungssektor das EU-weite Emissionshandelssystem (European Emission Trading System (ETS)) leisten, da die folgenden Industriezweige bzw. Prozesse dem ETS unterliegen: Mineralölraffinerien, Erschmelzen von Roheisen/Stahl, Herstellung von Zementklinker, Brennen von Kalkstein, Herstellung

von Glas, Brennen keramischer Erzeugnisse, Herstellung von Zellstoff und Herstellung von Papier und Pappe.

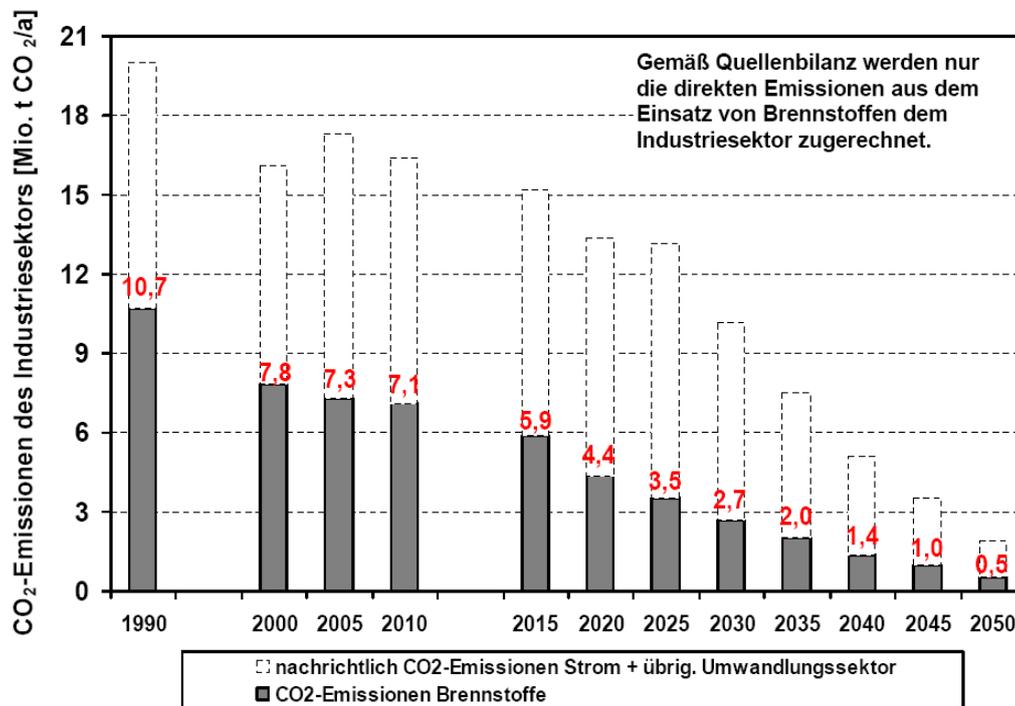


Abbildung 14: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der direkten, energiebedingten CO₂-Emissionen im Sektor Industrie.

Mit Beginn der Handelsperiode 2013 werden weitere Branchen hinzu kommen. Da bislang für Baden-Württemberg nur Daten für die bereits vom Emissionshandel erfassten Branchen vorliegen, konnte hier nur deren Entwicklung analysiert werden. Hierbei wurde unterstellt, dass die für die Handelsperiode 2013 bis 2020 angekündigten neuen, auf Benchmarks beruhenden Zuteilungsregeln dazu führen, dass die baden-württembergischen Unternehmen Zertifikatebudgets erhalten, die der Höhe ihrer Emissionen entsprechen und nicht wie in der Vergangenheit eine deutlich höhere Anzahl an Zertifikaten. Die europäischen Benchmarks sollen jeweils orientiert an den effizientesten Anlagen innerhalb einer Branche festgelegt werden. Da die baden-württembergischen Unternehmen im Bundesvergleich deutlich effizienter mit Energie umgehen, als der Durchschnitt und dies vermutlich auch im europäischen Vergleich der Fall ist, kann davon ausgegangen werden, dass sie hier die Benchmarks setzen und ihre Emissionen vollständig über die zugewiesenen Zertifikate decken können. Die Gesamtmenge der ausgegebenen Zertifikate reduziert sich ab 2010 um 1,74 % pro Jahr (Abbildung 15). Dieser Ansatz ist nicht vollständig kompatibel zum Prinzip der Quellenbilanz, weil die Betriebe frei entscheiden können, wie sie ihrer Reduktionsverpflichtung nachkommen. Sie können auch die Zertifikate, die durch Einsparungen außerhalb Baden-Württembergs frei werden, zukaufen, was dann nach der Quellenbilanz keinen CO₂-Einspareffekt in Land zur Folge hätte.

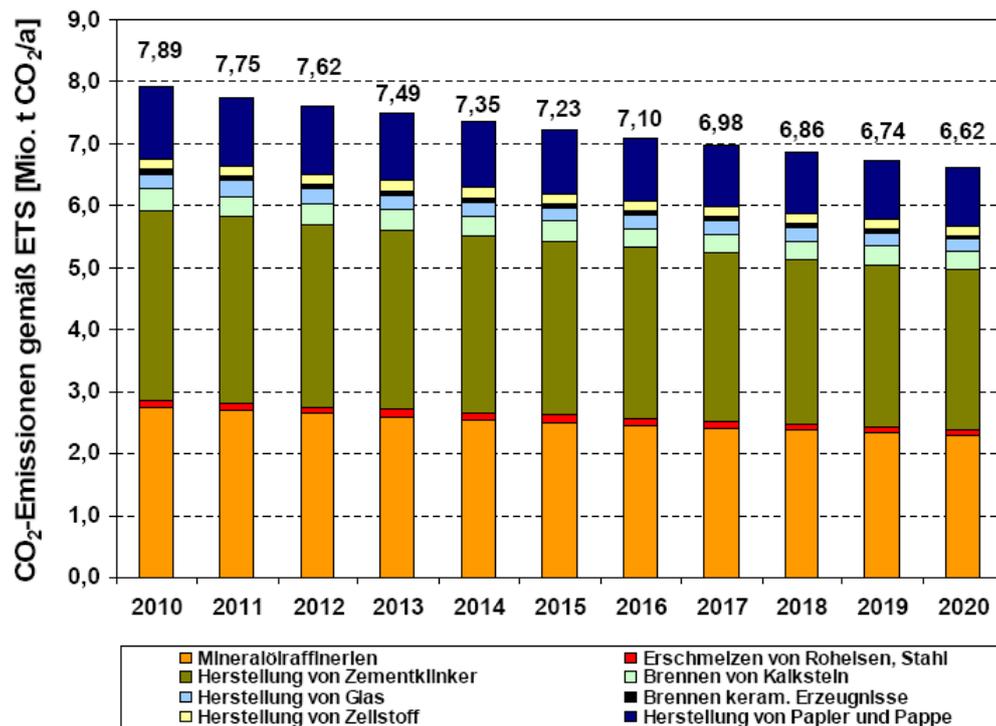


Abbildung 15: Entwicklung der CO₂-Emissionen in den dem Emissionshandel unterstehenden Sektoren der Industrie im Zeitraum von 2010 bis 2020 (eigene Berechnung auf Basis von [23]).

Die theoretisch durch den Emissionshandel bis 2020 bewirkten Einsparungen belaufen sich auf knapp 1,3 Mio. t CO₂/a. Zum Erreichen des Gesamtziels für die Industrie sind Einsparungen von weiteren 1,4 Mio. t CO₂/a erforderlich. Je nach Bezugsjahr führt dieser Wert zu unterschiedlichen prozentualen Absenkungen, wie in Tabelle 10 dargestellt. Gegenüber 2010 beträgt die Reduktion bis 2020 38 %.

Aufgrund fehlender Daten zur Zuordnung in [23] sind von der Industrie betriebene Feuerungsanlagen mit einer Leistung oberhalb von 20 MW hier nicht enthalten. Diese sind im Stromerzeugungssektor (siehe Abschnitt 3.2) erfasst. Auch die Einspeisung von Fernwärme aus Industriekraftwerken ist hier mangels Datenbasis nicht erfasst.

Tabelle 10: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO₂-Emissionen der Industrie (ohne Strom).

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
CO ₂ -Emissionen der Industrie [Mio. t CO ₂ /a]	10,7	7,3	7,1	4,4	0,5
Veränderung gegenüber 1990		-32%	-34%	-59%	-95%
Veränderung gegenüber 2005			-3%	-40%	-93%
Veränderung gegenüber 2010				-38%	-93%

Ableitung eines Sektorziels

Die Umsetzung der Zielsetzungen aus dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 setzt voraus, dass auf Bundesebene die Zielsetzungen des Energiekonzepts der Bundesregierung ernsthaft verfolgt werden und die angekündigten Maßnahmen, insbesondere die zeitnahe Etablierung und entsprechende Mittelausstattung des Energieeffizienzfonds [4] zur Umsetzung kommen. Darüber hinaus bedarf es auf Landesebene komplementärer Schritte (Haupthandlungsfelder siehe Kapitel 7), die zusammen mit dem Emissionshandel zu einer Realisierung von Einsparungen in Höhe von 2,7 Mio. t CO₂ in 2020 führen. Zur Bewertung dieser Zielsetzung wurden die für das Klimaschutzkonzept 2020plus erarbeiteten Maßnahmen bzw. deren Einsparwirkung [24] herangezogen. Bei vollständiger Umsetzung wäre auf Basis des Klimaschutzkonzepts 2020plus außerhalb des Emissionshandels eine Emissionsminderung um etwa 1,2 Mio. t CO₂/a in 2020 möglich. Gegenüber dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 ergäbe sich somit ein Defizit von 0,2 Mio. t CO₂/a. **Eine ambitionierte aber dennoch erreichbare Zielgröße für die CO₂-Minderung bis 2020 in der Industrie scheint daher bezogen auf 1990 zwischen 55 und 60 % zu liegen. Hiervon wurden bis 2010 schon 34 %-Punkte erreicht.**

4.4 Emissionsminderungspotenzial im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD)

Der Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen ist aus Sicht der Energieversorgung ein sehr inhomogener Sektor. So wird hierunter nicht nur der Endenergieverbrauch der entsprechenden Unternehmen bilanziert, sondern auch der Endenergieverbrauch der Landwirtschaft und des öffentlichen Sektors. Ein großer Anteil des Brennstoffeinsatzes wird für die Raumwärme- und Wasserbereitstellung aufgewandt. Ähnlich wie im Haushaltssektor ist der Endenergieverbrauch zwischen 1990 und 2005 kontinuierlich gestiegen. Der Verbrauch in 2010 lag nur leicht darunter. Wie Abbildung 16 und Tabelle 11 zeigen, ist der Zuwachs vor allem beim Strom- und Erdgasbedarf und dem Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärmebereitstellung zu verzeichnen. Der Einsatz von Mineralöl war dagegen rückläufig.

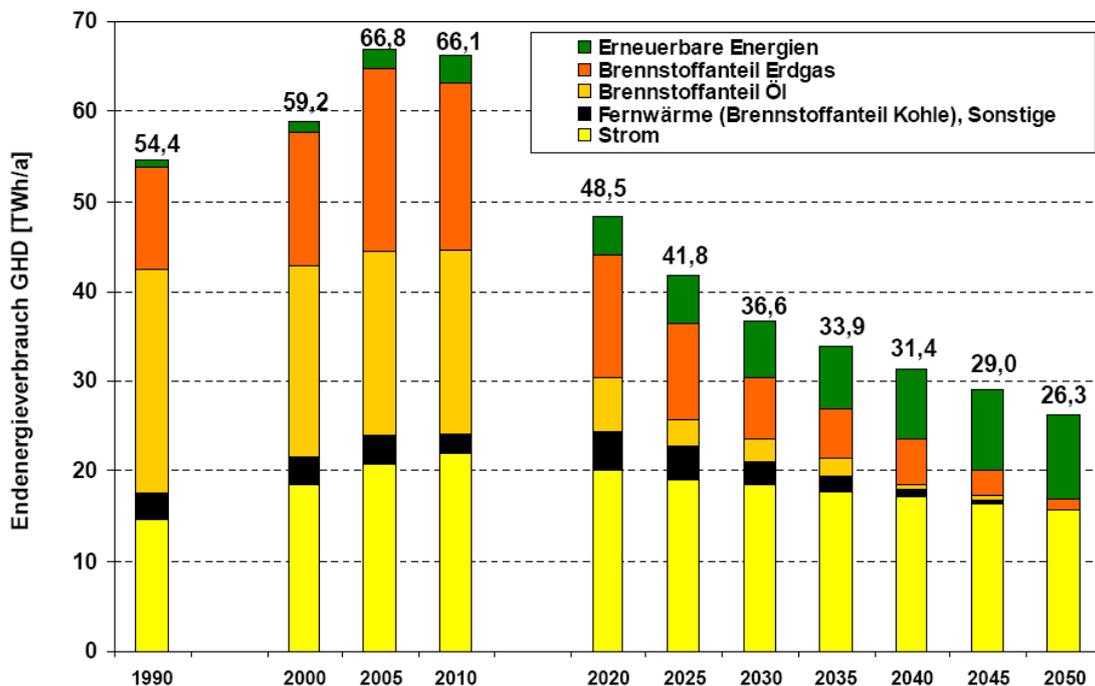


Abbildung 16: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch im Sektor GHD und Struktur der Energiebereitstellung.

Tabelle 11: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch des GHD-Sektors.

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
Endenergieverbrauch GHD [TWh/a]	54,4	66,8	66,1	48,5	26,3
Veränderung gegenüber 1990		+ 23%	+ 22%	-11%	-52%
Veränderung gegenüber 2005			- 1%	-27%	-60%
Veränderung gegenüber 2010				-27%	-60%

Nach dem Prinzip der Quellenbilanz werden auch dem GHD-Sektor nur die direkten Emissionen aus dem Brennstoffeinsatz zugerechnet. Daher wirkt sich die Stromverbrauchssteigerung nicht auf die CO₂-Bilanz aus. **Durch die gleichzeitige Verschiebung vom Energieträger Mineralöl zu Erdgas und den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien konnten die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 2005 konstant gehalten werden, für 2010 ist sogar eine leichte Reduktion zu verzeichnen (Abbildung 17).**

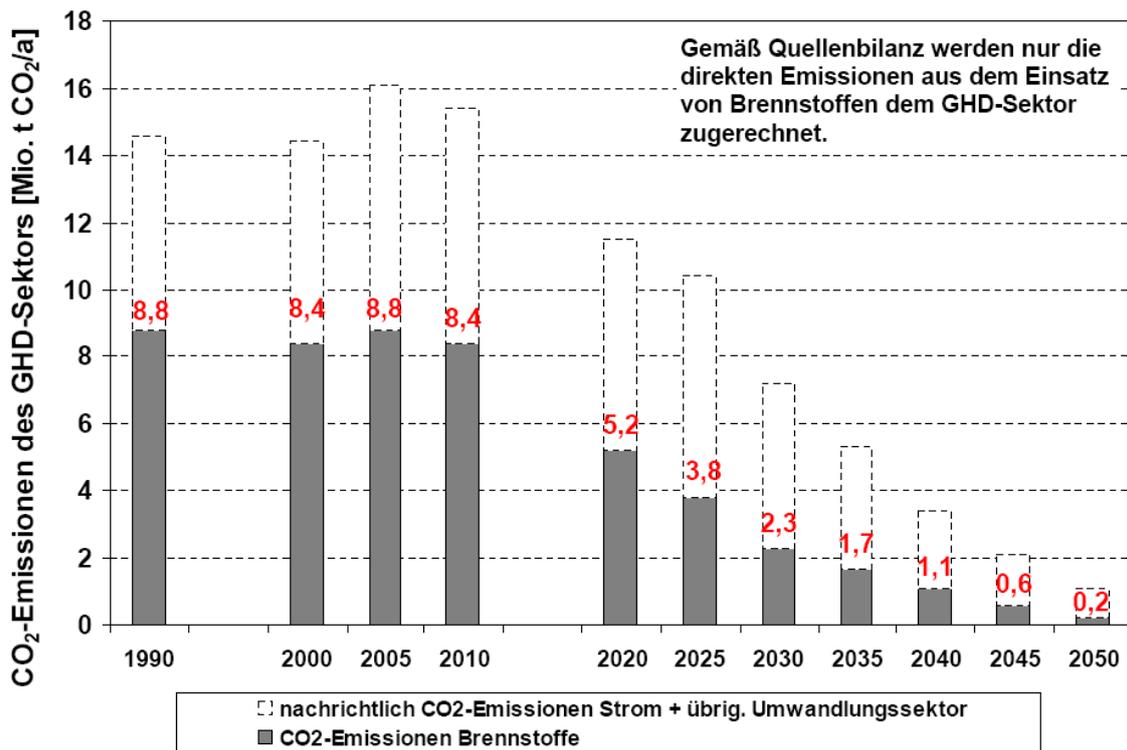


Abbildung 17: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 - Entwicklung der direkten energiebedingten CO₂-Emissionen im Sektor GHD.

Gemäß Energieszenario Baden-Württemberg 2050 muss bis 2020 gegenüber dem Jahr 2010 eine absolute Reduktion um 3,2 Mio. t CO₂/a erfolgen. Je nach Bezugsjahr führt dieser Wert zu den in Tabelle 12 dargestellten unterschiedlichen prozentualen Absenkungen. Gegenüber 2010 beträgt die CO₂-Reduktion bis 2020 beispielsweise 38 %.

Tabelle 12: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO₂-Emissionen des GHD-Sektors (ohne Strom).

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
CO ₂ -Emissionen GHD [Mio. t CO ₂ /a]	8,8	8,8	8,4	5,2	0,2
Veränderung gegenüber 1990		+/-0%	-5%	-41%	-98%
Veränderung gegenüber 2005			-5%	-41%	-98%
Veränderung gegenüber 2010				-38%	-98%

Ableitung eines Sektorziels

Die Umsetzung der Zielsetzungen aus dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 setzt voraus, dass auf Bundesebene die Zielsetzungen des Energiekonzepts der Bundesregierung ernsthaft verfolgt werden und die angekündigten Maßnahmen, insbesondere die entsprechende finanzielle Ausstattung des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms, zeitnah zur Umsetzung kommen. Darüber hinaus bedarf es auf Landesebene komplementärer Schritte (Haupthandlungsfelder siehe Kapitel 7), die insgesamt zu Einsparungen in

Höhe von 3,2 Mio. t CO₂ in 2020 führen. Zur Bewertung dieser Zielsetzung wurden die für das Klimaschutzkonzept 2020plus erarbeiteten Maßnahmen bzw. deren Einsparwirkung herangezogen. Bei vollständiger Umsetzung ist auf Basis des Klimaschutzkonzepts 2020plus [24] eine Emissionsminderung um etwa 2,8 t CO₂/a in 2020 möglich. Gegenüber dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 ergibt sich somit ein Defizit von 0,4 Mio. t CO₂/a. **Eine ambitionierte aber dennoch erreichbare Zielgröße für die CO₂-Reduktion bis 2020 im GHD-Sektor scheint daher bezogen auf 1990 zwischen 35 % und 40 % zu liegen. Hiervon wurden bisher nur 5%-Punkte erreicht.**

4.5 Emissionsminderungspotenzial im Sektor Verkehr

Der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor setzt sich aus dem Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Personen- und Güterverkehr), im Schienenverkehr, in der Binnenschifffahrt und der Luftfahrt zusammen. Hinzu kommt der Stromverbrauch des Schienenverkehrs. Wie in Abbildung 18 und Tabelle 13 dargestellt, lag der **Endenergieverbrauch** im Jahr 2000 16% höher als 1990. Seitdem ist er wieder rückläufig, liegt aber auch **in 2010 noch deutlich über dem Wert von 1990**.

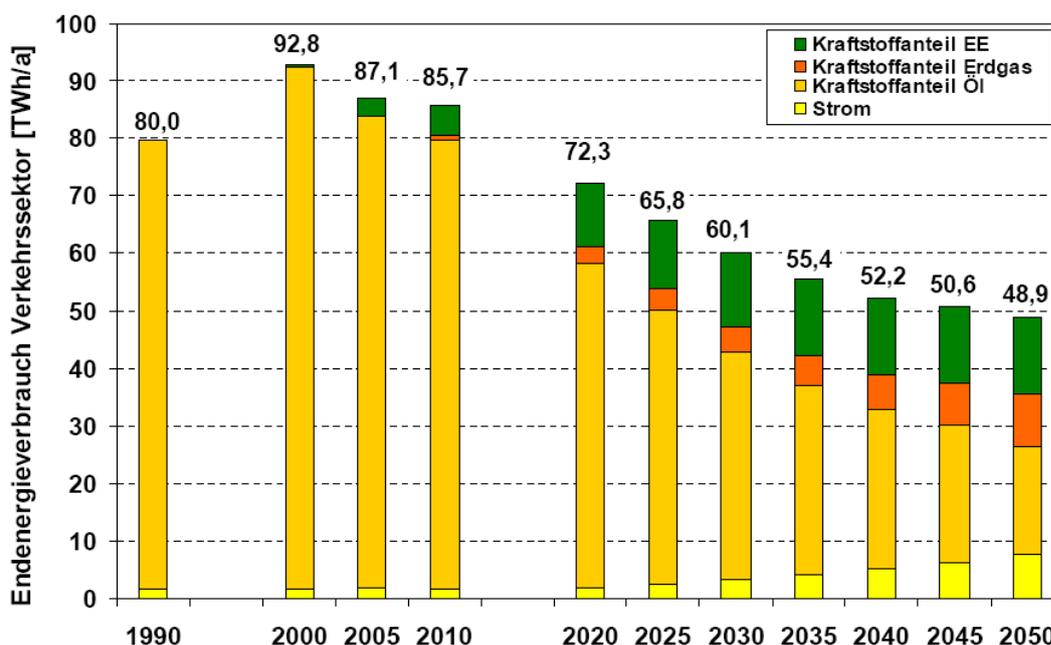


Abbildung 18: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr und Struktur der Energiebereitstellung.

Bis zum Jahr 2000 haben weder der Einsatz von Erdgas noch von erneuerbaren Kraftstoffen eine Rolle gespielt. Letztere haben aufgrund der gesetzlich vorgegebenen Quote jedoch seither einen deutlichen Zuwachs erfahren und somit Teile der konventionellen Kraftstoffe auf Mineralölbasis verdrängt. Hinzu kommt ein leichter Zuwachs beim Einsatz von Erdgas. Der Stromanteil blieb seit 1990 annähernd konstant. Zukünftig müssen trotz absehbarer Zunahme sowohl des motorisierten Individualverkehrs als auch

des Straßengüterverkehrs deutliche Einsparungen erzielt werden. Im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 sind erhebliche Effizienzfortschritte erforderlich, damit die Abnahme des Endenergieverbrauchs von 2010 bis 2020 um 16 % erreicht werden kann.

Tabelle 13: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr.

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
Endenergieverbrauch Verkehr [TWh/a]	80,0	87,1	85,7	72,3	48,9
Veränderung gegenüber 1990		+ 9%	+ 7%	-10%	-39%
Veränderung gegenüber 2005			-2%	-17%	-44%
Veränderung gegenüber 2010				-16%	-57%

Die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors konnten durch den Zuwachs von Biokraftstoffen schon 2010 nahezu auf das Niveau von 1990 zurückgeführt werden (Abbildung 19 und Tabelle 14).

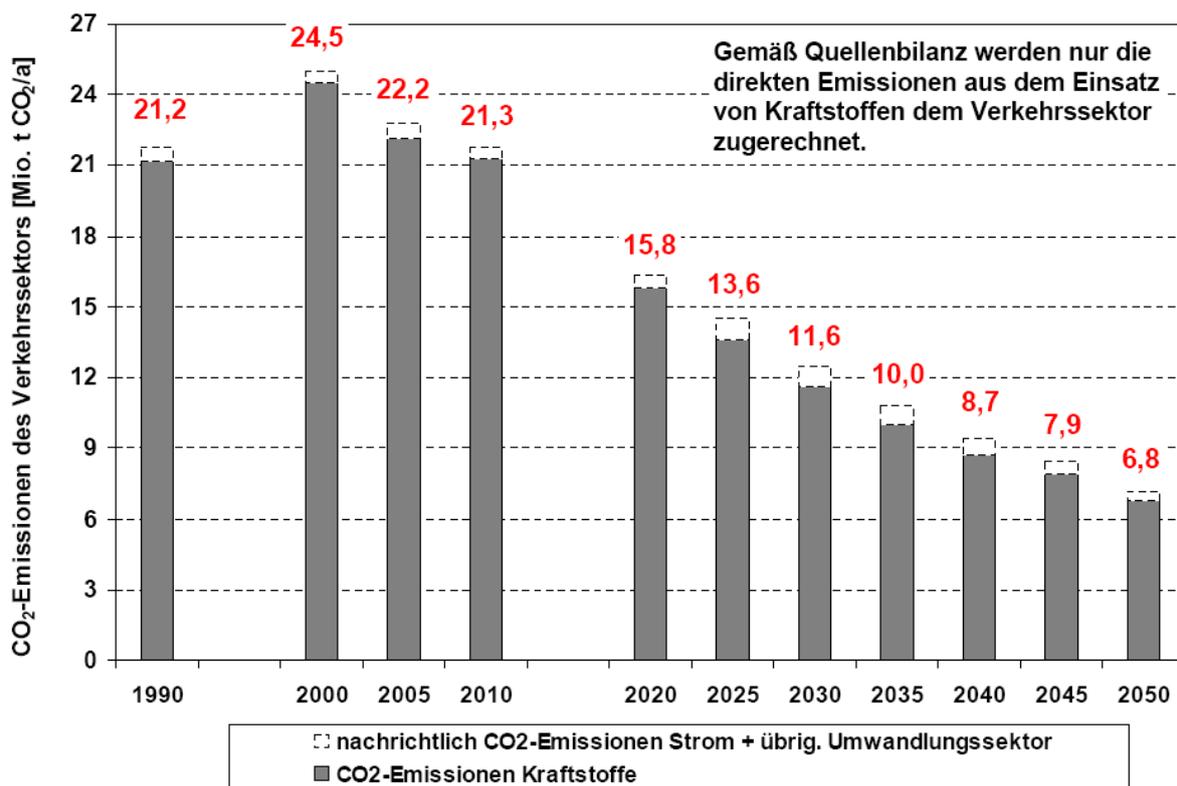


Abbildung 19: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der direkten, energiebedingten CO₂-Emissionen im Sektor Verkehr.

Die weitere Entwicklung bis 2020 wird zumindest im Straßenverkehr stark durch die seitens der EU vorgegebenen CO₂-Emissionsgrenzwerte für neue Pkw und leichte Nutzfahrzeuge von 130 g/km bis 2015 (unter Einbeziehung des Biokraftstoffan-

teils beträgt der Grenzwert 120 g/km) **und von 95 g/km bis 2020** (unter Einbeziehung des obligatorischen Biokraftstoffanteils von 10% am Gesamtkraftstoffverbrauch) [27] **geprägt sein**. Die Limitierung für Neufahrzeuge ab 2015 führt auch im Flottendurchschnitt zu einer Absenkung der spezifischen Emissionen, bis 2020 darf die Wirkung jedoch nicht überbewertet werden. Hinzu kommen die Zielsetzungen auf Bundesebene, die die Einführung alternativer Antriebe betreffen. Bis 2020 soll eine Million Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb auf Deutschlands Straßen unterwegs sein – eine entsprechende Entwicklung mit der Fortschreibung bis 2050 wurde auch für Baden-Württemberg angenommen [4].

Tabelle 14: *Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO₂-Emissionen im Sektor Verkehr (ohne Strom).*

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
CO₂-Emissionen Verkehr [Mio. t CO₂/a]	21,2	22,2	21,3	15,8	6,8
Veränderung gegenüber 1990		+ 5%	+ 0,5%	-25%	-68%
Veränderung gegenüber 2005			-4%	-29%	-69%
Veränderung gegenüber 2010				-26%	-68%

Im Verkehrsbereich gibt es aber auch gegenläufige Effekte: der motorisierte Individualverkehr wird voraussichtlich weiter ansteigen. Wesentlich deutlicher wird dies im Güterverkehr der Fall sein, wobei dieser Zuwachs hauptsächlich im Straßengüterverkehr stattfinden wird. So kam auch das Klimaschutzkonzept 2020plus [24] zu dem Schluss, dass die EU-weite Umsetzung der CO₂-Emissionsgrenzwerte nur zu einer Reduktion der direkten energiebezogenen CO₂-Emissionen des Verkehrs um knapp 8 % gegenüber 1990 führen wird, weil die **ansteigenden CO₂-Emissionen des Straßengüterverkehrs einen Großteil der der Einsparungen aus dem Pkw-Verkehr kompensieren werden**.

Der Luftverkehr wird ab 2012 in das europäische Emissionshandelssystem aufgenommen, um der weiteren Zunahme der CO₂-Emissionen aus dem Luftverkehr – europaweit haben sich die Emissionen seit 1990 nahezu verdoppelt – zu verhindern [28]. Eine Einbeziehung der hieraus resultierenden Minderungswirkung war aufgrund fehlender Daten im Rahmen des vorliegenden Gutachtens jedoch nicht möglich.

Gemäß Energieszenario Baden-Württemberg 2050 muss bis 2020 gegenüber dem Jahr 2010 im Verkehrssektor insgesamt eine absolute Reduktion um 5,5 Mio. t CO₂/a erfolgen. Dies entspricht einer Absenkung um 26 % (Tabelle 14).

Ableitung eines Sektorziels

Die Umsetzung der Zielsetzungen aus dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 setzt voraus, dass die Einhaltung der CO₂-Emissionsgrenzwerte auf EU-und Bundesebene konsequent verfolgt und seitens der Bundesregierung die Zielsetzungen ihres Energiekonzepts hinsichtlich der Elektromobilität aber beispielsweise auch hinsichtlich einer

mehr an der Effizienz orientierten Gestaltung der LKW-Maut, dem Ausbau des Schienenverkehrs etc. ernsthaft umgesetzt werden [4]. Gleiches gilt für die angekündigten Maßnahmen in allen Mobilitätsbereichen. Darüber hinaus bedarf es auf Landesebene komplementärer Schritte (Haupthandlungsfelder siehe Kapitel 7), so dass insgesamt gegenüber 2010 Einsparungen in Höhe von 5,5 Mio. t CO₂ in 2020 erreicht werden. Zur Bewertung dieser Zielsetzung wurden die für das Klimaschutzkonzept 2020plus erarbeiteten Maßnahmen bzw. deren Einsparwirkung herangezogen [24]. Bei vollständiger Umsetzung wäre eine Emissionsminderung um etwa 4,3 Mio. t CO₂/a in 2020 möglich, davon 1,7 Mio. t CO₂/a durch die Einführung der EU-weit geltenden, verbindlichen CO₂-Emissionsgrenzwerte ab 2015. Gegenüber dem Energieszenario 2050 ergäbe sich somit ein Defizit von 1,2 Mio. t CO₂/a. **Eine ambitionierte aber dennoch erreichbare Zielgröße für die CO₂-Minderung bis 2020 im Verkehrssektor scheint daher bezogen auf 1990 zwischen 20 und 25 % zu liegen.**

5 Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Treibhausgasemissionen

5.1 Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen

Führt man die direkten CO₂-Emissionen aus dem Brenn- und Kraftstoffverbrauch der einzelnen Verbrauchssektoren mit den CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung zusammen, ergibt sich eine vollständige Erfassung der landesweit entstehenden energiebedingten CO₂-Emissionen¹⁸. Die Darstellung in Abbildung 20 bildet dabei die Entwicklung nach dem Energieszenario Baden-Württemberg 2050 ab.

Die energiebedingten CO₂-Emissionen sind zunächst von 74,4 Mio. t CO₂/a in 1990 auf 77,3 Mio. t CO₂/a in 2005 angestiegen und bis 2010 wieder auf 72,4 Mio. t CO₂/a zurückgegangen. Ausgehend von diesem Startwert sinken sie kontinuierlich ab. Bis 2020 wird eine Reduktion um 25 % bezogen auf 1990 erreicht. 2025 beträgt die Reduktion 30 % und bis 2050 sind 85 % erreichbar. Wird das in 2050 noch eingesetzte Erdgas durch einen chemischen Energieträger, der aus erneuerbaren Stromüberschüssen erzeugt wird (EE-Wasserstoff oder EE-Methan), ersetzt, können die energiebedingten CO₂-Emissionen sogar 93 % reduziert werden. Dazu wäre allerdings eine entsprechende zusätzliche regenerative Stromerzeugung erforderlich.

¹⁸ Zu den energiebedingten CO₂-Emissionen kommen noch energiebedingt Methan- und Lachgasemissionen hinzu, um die Treibhausgasemissionen vollständig abzubilden. Sie machen jedoch weniger als 0,5 % der energiebedingten Gesamtemissionen aus. In Kapitel 6 sind sie mit berücksichtigt.

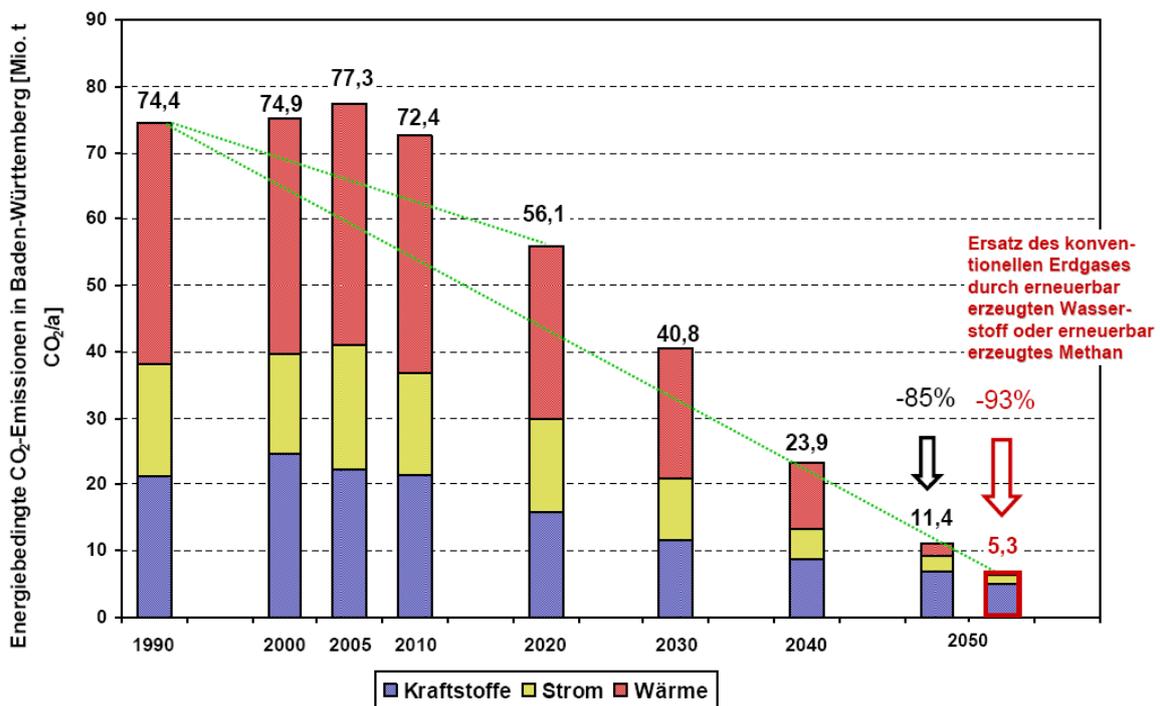


Abbildung 20: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 - Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen.

Das in Tabelle 15 dargestellte Ziel, die energiebedingten CO₂-Emissionen bis 2020 ausgehend von 2010 um 23 % zu reduzieren, stellt nicht zuletzt wegen des kurzen Zeithorizonts eine enorme Herausforderung für Baden-Württemberg dar, der sich alle Sektoren stellen müssen.

Tabelle 15: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – energiebedingte CO₂-Emissionen.

	1990	2005	2010	Ziel 2020	Ziel 2050
CO ₂ -Emissionen gesamt [Mio. t CO ₂ /a]	74,4	77,3	72,4	56,1	11,4
Veränderung gegenüber 1990		+ 4%	- 3%	-25%	-85%
Veränderung gegenüber 2005			- 6%	-27%	-85%
Veränderung gegenüber 2010				-23%	-84%

Schon vergleichsweise geringfügige Abweichungen vom Szenario, wenn beispielsweise im Stromsektor keine über den Emissionshandel hinausgehenden Reduktionen erzielt werden und die im Vergleich zum Klimaschutzkonzept 2020plus bestehenden Defizite in den Verbrauchssektoren nicht durch Maßnahmen auf Landesebene kompensiert werden können, führen zu einer deutlichen Verringerung des erreichbaren Emissionsziels für 2020, wie Abbildung 21 zeigt. In diesem Fall beträgt die Minderung gegenüber 1990 nur noch 21 %.

Daher ist es von essenzieller Bedeutung, dass sich die Landesregierung in den in Kapitel 7 genannten Haupthandlungsfelder engagiert und Maßnahmen ergreift, die in ihrer Wirkung nicht nur die im Klimaschutzkonzept 2020plus ausgewiesenen Einsparungen bewirken, sondern in einigen Bereichen sogar noch darüber hinaus gehen.

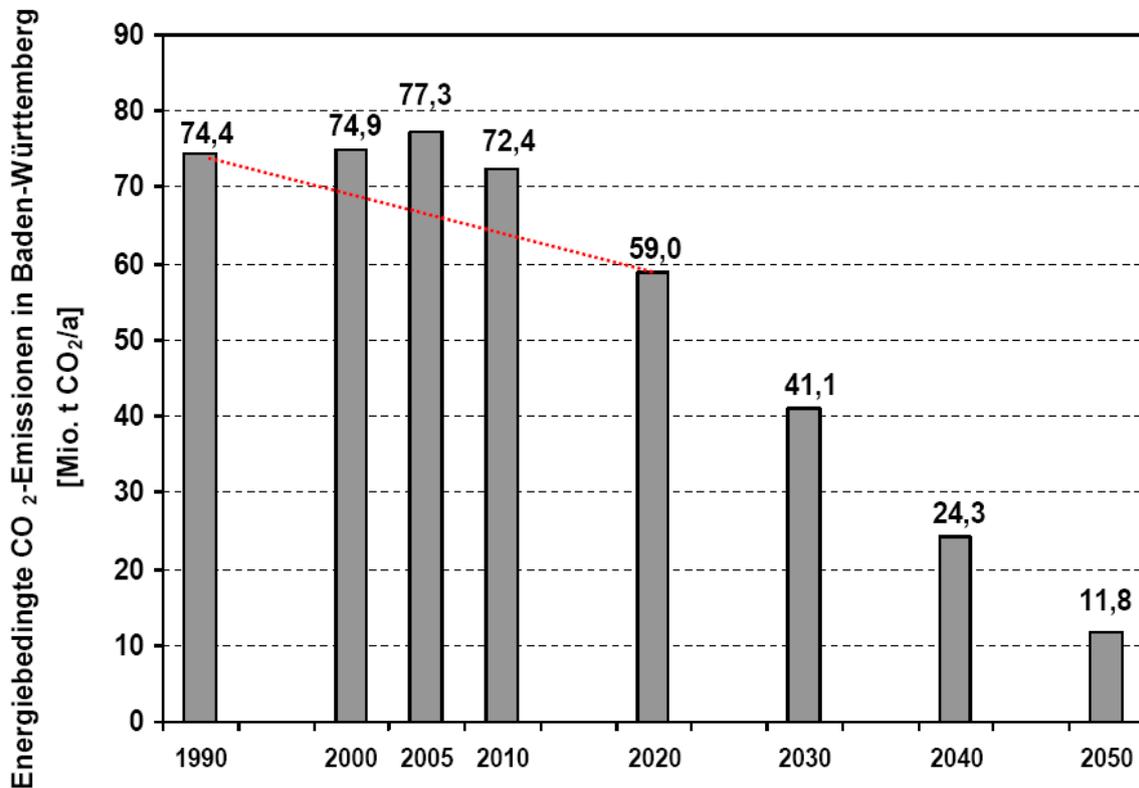


Abbildung 21: Mögliche Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg bei einer weniger ambitionierten Umsetzung von CO₂-Reduktionsstrategien.

5.2 Entwicklung der nicht-energiebedingten Treibhausgasemissionen

Nicht-energiebedingte Treibhausgasemissionen entstehen hauptsächlich in den Sektoren Industrie, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft. Sie sind Folge von Produktionsprozessen oder Produktanwendungen.

5.2.1 Treibhausgasemissionen aus industriellen Prozessen, Produktanwendungen und aus der Gewinnung, Verteilung und Lagerung von Brennstoffen

In Baden-Württemberg entstehen prozessbedingte Treibhausgasemissionen vor allem bei der Zement- und Kalkherstellung sowie in der chemischen Industrie. Die Zement- und Kalkherstellung war im Jahr 2008 für 99 % der gesamten prozessbedingten CO₂-Emissionen verantwortlich. Dies entspricht etwa einem Anteil von 3,2 % an den Gesamtemissionen Baden-Württembergs. Darüber hinaus ist Lachgas (N₂O) als weiteres Treibhausgas von Bedeutung. Es wird einerseits bei der Herstellung von Adipinsäure und andererseits bei der Produktanwendung, v.a. als Narkosemittel, freigesetzt. Es trug 2008 mit 0,2 % zu

den gesamten Treibhausgasemissionen bei. Bei der Gewinnung, Verteilung und Lagerung von Erdöl und Erdgas wird Methan emittiert, welches ebenso wie Lachgas eine deutlich stärkere Klimawirksamkeit besitzt als CO_2 . Diese Methanemissionen entsprachen 2008 einem Anteil von 0,5 % der gesamten Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg.

Durch verschiedene Maßnahmen können die prozessbedingten Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 und darüber hinaus bis 2050 deutlich gesenkt werden. In der Zementherstellung ist durch eine Verringerung des Klinkeranteils im Zement eine Reduktion der prozessbedingten CO_2 -Emissionen um 15 % bis 2020 möglich (ca. -0,315 Mio. t CO_2). Eine weitergehende Reduktion um bis zu 50 % (-1,05 Mio. t. CO_2) bis zum Jahr 2050 ist nur durch den Einsatz von CO_2 -Abtrennung und -Speicherung (CCS) erreichbar. Da die Zementindustrie dem Europäischen Emissionshandelssystem ETS unterliegt, besteht hier bereits ein gesetzlicher Rahmen mit dem Anreiz, die CO_2 -Emissionen zu mindern. Nach aktuellen Untersuchungen kann die Reduktion des Klinkeranteils als Maßnahme zur CO_2 -Reduktion schon bei heutigen CO_2 -Preisen wirtschaftlich umgesetzt werden [24].

Auch die chemische Industrie fällt ab 2013 unter das ETS. Lachgas-Emissionen, die bei der Adipinsäureherstellung entstehen, können durch verbesserte Abluftreinigung mit Hilfe von Katalysatoren zu geringen Kosten (ca. 2 Euro/ t $\text{CO}_{2\text{equ}}$) vermieden werden. Dadurch können bis 2020 ca. 77 % der heutigen Lachgas-Emissionen eingespart werden, wobei bereits berücksichtigt ist, dass die Produktionsmenge von Adipinsäure bis 2020 nahezu verdreifacht wird [24]. Der Einsatz von Lachgas als Narkosemittel ist seit Jahren rückläufig, da es durch andere, bessere Narkosemittel ersetzt wird. Bis 2020 könnte der Einsatz von Lachgas als Narkosemittel halbiert werden, was einer Reduktion von 0,062 Mio. t $\text{CO}_{2\text{equ}}$ entspräche. Bis 2050 ist ein vollständiger Ersatz denkbar (-0,124 Mio. t $\text{CO}_{2\text{equ}}$) [24].

Die Methanemissionen unterliegen zwei gegenläufigen Trends: Die Emissionen aus der Erdölgewinnung, -verteilung und -speicherung sind aufgrund des sinkenden Verbrauchs rückläufig, während die Emissionen aus der Erdgasgewinnung, -verteilung und -speicherung wegen des steigenden Verbrauchs ansteigen. Insgesamt führte dies zu einem Anstieg der Methanemissionen um 15 % zwischen 1990 und 2008. Die zukünftige Entwicklung ist schwer abzuschätzen. Einerseits ist ein Brennstoffwechsel hin zu Erdgas bei der Stromerzeugung und bei der Wärmeerzeugung feststellbar und auch erwünscht, andererseits sinkt der Bedarf der Haushalte durch effizientere Heizungsanlagen und besser gedämmte Gebäude. Da eine umfassende Untersuchung im Rahmen dieses Gutachtens nicht möglich war, wird angenommen, dass die Methanemissionen aus der Gewinnung, Verteilung und Lagerung von Erdöl und Erdgas auf einem ähnlichen Niveau wie heute verbleiben.

Insgesamt kann für diesen Bereich ein Treibhausgasemissions-Reduktionsziel bis 2020 von 23 % gegenüber 1990 und von 8 % gegenüber 2009 abgeleitet werden. Ein Großteil hiervon wird durch das europäische Emissionshandelssystem abgedeckt.

5.2.2 Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft

Im Rahmen dieses Gutachtens werden für den Bereich der Landwirtschaft nur die unmittelbaren Treibhausgasemissionen betrachtet, die aus der Tierhaltung und dem Düngermanagement bzw. der Bodennutzung resultieren. Im Jahr 2009 entstanden in der Landwirtschaft in diesen Bereichen Methan-Emissionen in Höhe von 2,003 Mio. t CO_{2equ}, wobei mit ca. 80 % der Großteil der Viehhaltung zuzuschreiben ist. Die Lachgas-Emissionen beliefen sich im selben Jahr auf insgesamt 2,441 Mio. t CO_{2equ}. Der Hauptanteil davon (knapp 90 %) entfiel auf das Düngermanagement und die Bodennutzung. Insgesamt verursachte die Landwirtschaft im Jahr 2009 unmittelbare Treibhausgasemissionen in Höhe von 4,444 Mio. t CO_{2equ}, ein Anteil von ca. 6 % an den Gesamtemissionen Baden-Württembergs [29]. Gegenüber 1990, als die Emissionen aus der Landwirtschaft noch 5,52 Mio. t CO_{2equ} betragen, konnten somit bereits Einsparungen in Höhe von rund 19 % realisiert werden.

Die weitere Reduktion der landwirtschaftlichen Emissionen ist über verschiedene Maßnahmen möglich. Dazu gehören beispielsweise eine effizientere und dadurch klimafreundlichere Milch- und Rindfleischproduktion sowie die Senkung des Stickstoffüberschusses und verbraucherbezogene Maßnahmen zur Förderung einer klimafreundlichen Ernährungsweise. Mit Hilfe dieser und weiterer Maßnahmen könnte bis 2020 eine Emissionsminderung auf 3,521 Mio. t CO_{2equ} erfolgen. Bei einer weiteren Fortführung dieser Maßnahmen nach 2020 können die Emissionen aus der Landwirtschaft bis 2050 auf 3,121 Mio. t CO_{2equ} abgesenkt werden [24]. Hieraus lässt sich ein Reduktionsziel für die Landwirtschaft gegenüber 1990 bis 2020 von 36 % ableiten. Gegenüber 2009 ist bis 2020 eine Emissionsminderung um 21 % erforderlich.

5.2.3 Treibhausgasemissionen aus der Abfallwirtschaft

Unmittelbare Treibhausgasemissionen entstehen in der Abfallwirtschaft vor allem in Form von Methanemissionen bei der Deponierung von Siedlungsabfällen. Seit der obligatorischen Beendigung der Deponierung von gemischten Siedlungsabfällen im Jahr 2005 gehen die Methanemissionen aus Siedlungsabfalldeponien in Baden-Württemberg stark zurück. Gleichzeitig ist zwar ein Anstieg der Methan- und Lachgasemissionen aus der Kompostierung von Abfällen zu verzeichnen, insgesamt verringerte sich der Treibhausgasausstoß zwischen 1990 und 2009 aber von 4,5 Mio. t CO_{2equ} auf 0,6 Mio. t CO_{2equ}, was einer Reduktion um 86 % entspricht. Bezieht man die Emissionen aus der Abwasserbeseitigung mit ein, betragen die Treibhausgasemissionen aus dem Abfallsektor 2009 insgesamt noch 0,997 Mio. t CO_{2equ} [29].

Allein durch die Beendigung der Deponierung werden die Methanemissionen in der Abfallwirtschaft bis zum Jahr 2020 weiter deutlich sinken, und zwar um schätzungsweise bis zu 90 % gegenüber 1990. Darüber hinaus können Abfallvermeidung einerseits und die verstärkte energetische Nutzung von (biogenen) Abfällen andererseits zu weiteren Emissionsminderungen führen [24]. Damit sinken auch die Gesamtemissionen der Abfallwirtschaft nochmals deutlich: Die Hausmülldeponien werden dann noch etwa 0,13 Mio. t CO_{2equ} pro Jahr emittieren. Setzt man den Bereich der Abwasserbeseitigung, der in [24] nicht explizit betrachtet wurde, aber in der Gesamtbilanz berücksichtigt werden muss, mit einem Wert von 0,35 Mio. t CO_{2equ} – dieser Wert ist in den vergangenen 20 Jahren annähernd unverändert – konstant, stammen in 2020 noch rund 0,5 Mio. t CO_{2equ} aus dem Bereich der Abfallwirtschaft. Hieraus lässt sich ein Reduktionsziel für die Abfallwirtschaft bis 2020 von 90 % gegenüber 1990 und von 52 % gegenüber 2009 ableiten.

6 Treibhausgasemissionen in Baden-Württemberg – Mögliche Zielsetzungen für die Treibhausgas-Emissionsminderung bis 2020 und 2050

Die energiebedingten Treibhausgasemissionen¹⁹ zusammen mit den nicht-energiebedingten Treibhausgasemissionen ergeben ein Gesamtbild, das die Ableitung von Gesamtreduktionszielen ermöglicht. In Abbildung 22 wird von der vollständigen Umsetzung des Energieszenarios Baden-Württemberg 2050 ausgegangen, was zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020 um 29 % gegenüber 1990 führt. Bis 2050 können es 82 % sein. Bei Ersatz des verbleibenden fossilen Erdgaseinsatzes in 2050 durch erneuerbar erzeugten Wasserstoff oder Methan könnte die Reduktion 88 % betragen. Da bis 2050 noch deutliche Innovationsfortschritte zu erwarten sind, kann dieser Wert als verlässliche Untergrenze angenommen werden, sofern durch die Politik ambitioniert gehandelt und heute die richtigen Weichen gestellt werden.

Wird das Energieszenario Baden-Württemberg 2050 in 2020 nicht vollständig erreicht, weil beispielsweise im Strombereich keine über das ETS hinausgehenden Einsparungen realisiert werden können und in den Verbrauchssektoren keine Maßnahmen, die in ihrer Wirkung über die im Klimaschutzkonzept 2020plus aufgeführten hinausgehen, ist bis 2020 gegenüber 1990 insgesamt nur eine Treibhausgas-Minderung um 25,5 % erreichbar. Zieht man 2008 als Referenzwert heran, würde bis 2020 eine Reduktion des Treibhausgasausstoßes von 19 % erreicht.

¹⁹ Die energiebedingten Treibhausgasemissionen setzen sich aus den CO₂-Emissionen und den energiebedingten CH₄- und N₂O-Emissionen zusammen. Mit zunehmendem Anteil emissionsfreier Strom- und Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien wird dieser Teil kontinuierlich absinken. Da hierzu keine verlässlichen Daten zur Verfügung standen, wurde das Verhältnis der CH₄- und N₂O-Emissionen zu den CO₂-Emissionen aus dem Jahr 2008 fortgeschrieben.

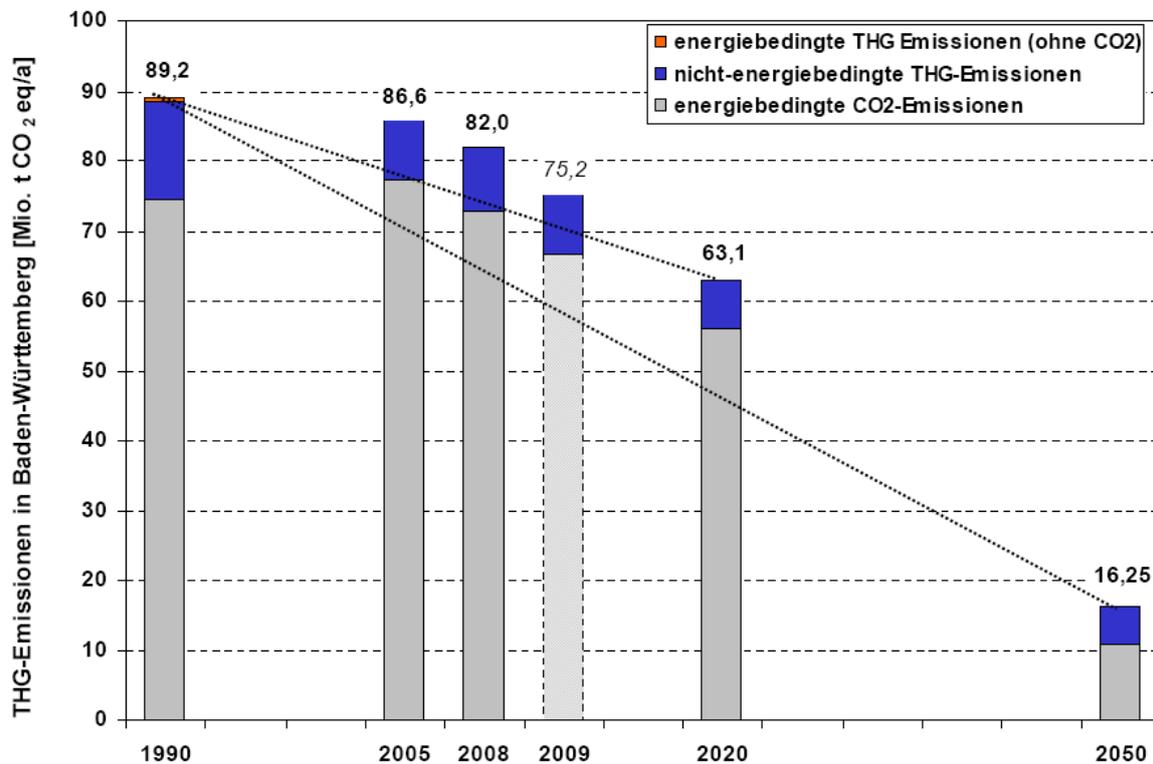


Abbildung 22: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der Treibhausgasemissionen²⁰.

Gegenüber 2010 dürfte die Reduktion in der gleichen Größenordnung liegen, tendenziell dürfte sie eher noch etwas niedriger ausfallen, weil die Emissionen in 2010 unter den Werten von 2008 liegen dürften. Aber auch um diese, in Abbildung 23 gezeigte Entwicklung zu erreichen, ist zeitnah erheblicher Handlungsbedarf gegeben. Das Ziel ist insbesondere angesichts des kurzen Zeitraums als ambitioniert einzustufen denn: Im Klimaschutzkonzept 2020plus wurde zwar ein sehr umfangreiches Maßnahmenpaket erarbeitet, jedoch sind die wenigsten der dort aufgeführten Empfehlungen bisher aufgegriffen und zur Umsetzung gebracht worden. Hinzu kommt, dass vieles auch von der weiteren Entwicklung auf Bundesebene abhängt. Werden die ambitionierten Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung ernst genommen und die Zielerreichung durch entsprechende Maßnahmen unterstützt, profitiert auch Baden-Württemberg davon und kann seine Zielsetzungen leichter erreichen. Bleibt es auf Bundesebene jedoch allein bei dem Konzept ohne eine durchgreifende Umsetzung der angekündigten Maßnahmen, sind auch die Landesziele sehr viel schwerer zu erreichen.

²⁰ In Abbildung 22 und Abbildung 23 wurden aus statistischen Gründen die Jahre 2008 und 2009 als Referenzjahre herangezogen. Für die nicht-energiebezogenen Treibhausgasemissionen liegen keine aktuelleren Zahlenwerte als die für 2009 vor. Die energiebedingten Treibhausgasemissionen sind zwischen 2008 und 2009 konjunkturell und witterungsbedingt erheblich zurückgegangen. In 2010 dürften die Werte wieder deutlich über jenen von 2009 liegen und eher den Werten von 2008 entsprechen.

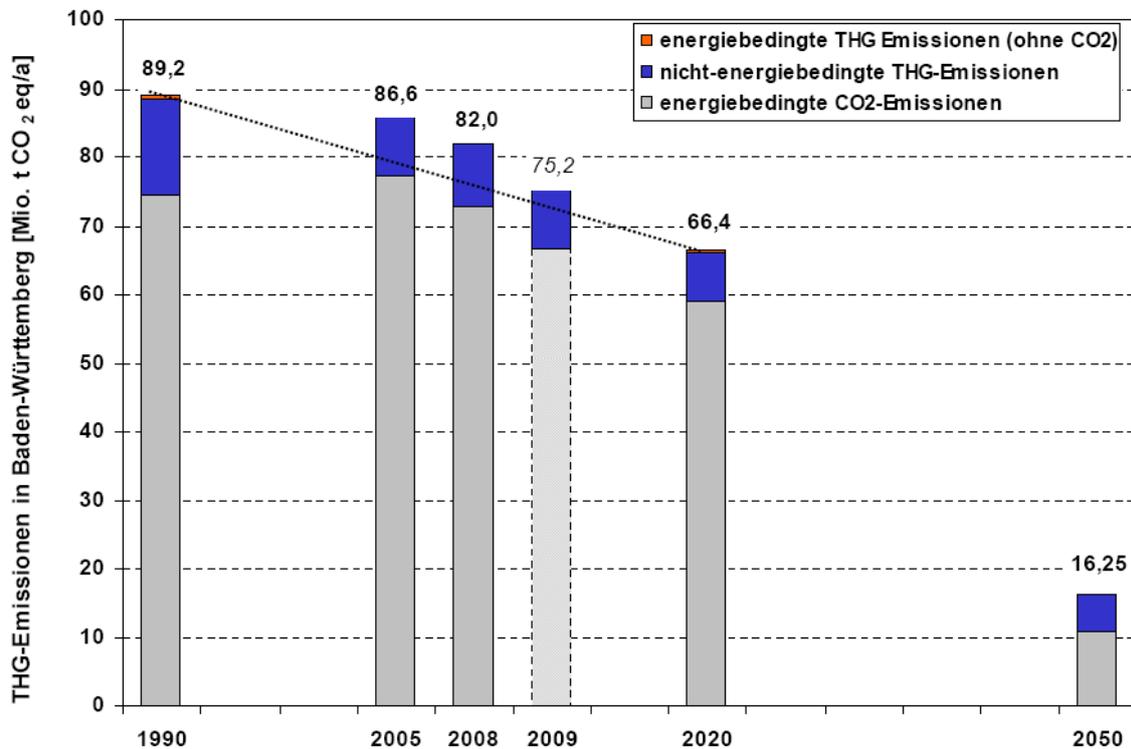


Abbildung 23: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Baden-Württemberg bei leichten Abweichungen vom Energieszenario 2050 (siehe auch Fußnote ²⁰).

Aufgrund dieser Unsicherheiten und **vor dem Hintergrund der sehr kurzen verbleibenden Zeitspanne bis 2020** erscheint eine Treibhausgasemissions-Minderung um **25 % bezogen auf 1990 als angemessener Zielwert für 2020. Dieses Ziel ist als Mindestziel zu verstehen und sollte auch als solches von der Landesregierung im geplanten Klimaschutzgesetz verankert werden.** Auch dieses Mindestziel ist anspruchsvoll und verlangt eine sehr aktive Begleitung durch das Land. Gleichzeitig erfüllt es den Anspruch der Realisierbarkeit, denn es kann mit den im Klimaschutzkonzept 2020plus ausgewiesenen oder in der Wirkung adäquaten Maßnahmen in der vorgesehenen Zeit erreicht werden.

Mit einer Zielsetzung von -25 % bezogen auf 1990 bleibt die Empfehlung hinter den Zielen des Klimaschutzkonzepts 2020plus [24] zurück, das -30 % der Treibhausgasemissionen bis 2020 angestrebt hatte. Diese Zielsetzung war seinerzeit Ende 2010 jedoch auf Basis anderer energiepolitischer Rahmenbedingungen entstanden: Es wurde von einer deutlichen Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke ausgegangen, wodurch in 2020 noch die Hälfte der Stromerzeugung CO₂-frei aus Kernenergie hätte produziert werden können. Weitere 20 % der Stromerzeugung sollten aus erneuerbaren Energien ebenfalls CO₂-frei zur Verfügung stehen. 70 % des Stroms hätte dann ohne die Freisetzung klimarelevanter Gase erzeugt werden können. Durch den Beschluss auf Bundesebene zum

endgültigen Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie im Sommer 2011 ist dies in diesem Umfang nicht mehr möglich. Deshalb werden im Energieszenario 2050 zwar die erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg deutlich stärker ausgebaut, sie ersetzen aber zunächst vorwiegend den Strom aus Kernenergie und können somit keine zusätzliche Senkung der CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung bewirken. In 2020 werden gemäß Energieszenario Baden-Württemberg 2050 mit dem verbleibenden Anteil der Kernenergie aus dem Kernkraftwerk Neckarwestheim II und dem deutlich erhöhten Anteil der erneuerbaren Energien rund 55 % des Stroms CO₂-frei erzeugt. Die verbleibenden 45 % müssen aus den fossilen Brennstoffen Kohle und Erdgas bereitgestellt werden. Dies allein verhindert das Erreichen des ursprünglichen Treibhausgas-Minderungsziels in Höhe von -30 %. Das Treibhausgas-Minderungsziel von -30% wird im Energieszenario 2050 im Jahr 2025 erreicht.

Für einen wirksamen und dauerhaften Klimaschutz ist die längerfristige Reduktion auf nur noch geringfügige Treibhausgasemissionen von entscheidender Bedeutung und weniger die exakte Größe eines Zwischenziels. Dies ist mit der Zielmarke -90% bis 2050 gewährleistet. Bis 2020 ist es von vorrangiger Bedeutung, die notwendige Dynamik für ein kontinuierliches Wachstum der erneuerbaren Energien und für eine deutliche Reduktion der Energienachfrage sicherzustellen. Tabelle 16 fasst die empfohlenen Zielsetzungen für Baden-Württemberg noch einmal zusammen.

Tabelle 16: Zusammenfassung der empfohlenen Treibhausgas-Minderungsziele für Baden-Württemberg bis 2020 und 2050.

Empfehlung für ambitionierte Treibhausgasminderungsziele in einem Klimaschutzgesetz (bezogen auf 1990)		
	2020	2050
	-25%	-90%
Sektorziele für die Treibhausgasminderung bis 2020 als Leitlinien für ein integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept (ggü. 1990 und 2010)		
	2020 ggü. 1990	2020 ggü. 2010
Stromerzeugung davon durch Teilnahme am Emissionshandel	-15 bis -18%	-9% -7%
Haushalte	-20 bis -28%	-30%
Industrie (energiebedingt) davon durch Teilnahme am Emissionshandel	-55 bis -60%	-38% -18%
Industrie (prozess- und produktanwendungsbedingt)	-23% ^{*)}	-8% (ggü. 2009)
GHD	-35 bis -40%	-38%
Verkehr	-20 bis -25%	-26%
Landwirtschaft (nicht-energiebedingte Emissionen)	-36% ^{*)}	-21% (ggü. 2009)
Abfallwirtschaft	-90% ^{*)}	-52% (ggü. 2009)

^{*)} Keine energiebedingten Emissionen daher ohne Neubewertung im Energieszenario Baden-Württemberg 2050; Emissionsminderungen übernommen aus dem Klimaschutzkonzept 2020 plus [24].

Die empfohlene Zielsetzung von mindestens -25 % Treibhausgasemissionen für Baden-Württemberg (bezogen auf 1990) ist im Kontext der auf Bundes- und EU-Ebene formulierten Ziele zu spiegeln. Ziel auf Bundesebene ist es, bis 2020 die CO₂-Emissionen um 40 % (bezogen auf 1990) zu senken. 1990 wies die Bundesrepublik einen Treibhausgas-Ausstoß von 1.232 Mio. t CO_{2equ} auf. Bis 2020 sollen es noch 739 Mio. t CO_{2equ} sein. Bis zum Jahr 2005 (2008) hatte Deutschland bereits eine Reduktion um 21 % (22,2%) auf 978 Mio. t CO_{2equ} (959 Mio. t CO_{2equ}) [30] erreicht. Hierin enthalten ist insbesondere der Sondereffekt der industriellen und energiewirtschaftliche Restrukturierung der Industrie in den östlichen Bundesländern nach der Wiedervereinigung. Bezogen auf 1990 muss Deutschland zwischen 2005 (2008) und 2020 die Treibhausgasemissionen noch um weitere 19 % (17,8 %) reduzieren (239 Mio. t CO_{2equ} bzw. 220 Mio. t CO_{2equ}). Baden-Württemberg will die Emissionen von 89,2 Mio. t CO_{2equ} in 1990 auf maximal 66,9 Mio. t CO_{2equ} um mindesten 25 % reduzieren. Bis 2005 (2008) wurden hiervon erst 3 % (8 %) erreicht. **Für den Zeitraum nach 2005 (2008) ist somit das Reduktionsziel Baden-Württembergs mit mindestens 22 % (17 %) noch ambitionierter als das Bundesziel²¹.**

Auf europäischer Ebene wurde am 23. April 2009 die ENTSCHEIDUNG Nr. 406/2009/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020 getroffen [31]. Diese gibt den einzelnen Mitgliedsstaaten verbindliche Reduktionsziele ausgehend von ihrem Treibhausgas-Ausstoß im Jahr 2005 vor, die sie erbringen müssen, um über die Teilnahme am Emissionshandel hinaus einen entsprechenden Beitrag zum EU-Reduktionsziel von -20 % (gegenüber 1990) bis 2020 zu leisten. Für die Bundesrepublik sind -14 % vom Emissionswert in 2005 vorgeschrieben. So sind auf Bundesebene zur Erfüllung dieses Ziels die Treibhausgasemissionen bis 2020 auf 841 Mio. t CO_{2equ} zu reduzieren [eigene Berechnung auf Basis von [30]]. Dieser Wert liegt deutlich über dem Zielpfad der Bundesregierung. Überträgt man das Ziel der Reduktion um 14% (bezogen auf 2005) auf Baden-Württemberg, wäre eine Reduktion auf 74,5 Mio. t CO_{2equ} bis 2020 erforderlich. Das empfohlene Ziel von -25 % gegenüber 1990 führt zu einer wesentlich stärkeren Reduktion (maximal 66,9 Mio. t CO_{2equ}) und ist somit wesentlich ambitionierter als die EU-Zielvorgabe.

Damit wird Baden-Württemberg mit dem empfohlenen Reduktionsziel von -25 % bis 2020 überproportional zum Erreichen der Zielsetzungen sowohl auf Bundes- als auch auf europäischer Ebene beitragen.

²¹ Zwischen 2005 und 2008 sind vor allem durch konjunkturelle Effekte bereits deutliche Reduktionen eingetreten, die in Baden-Württemberg noch deutlich stärker ausgeprägt waren, als auf Bundesebene. Vorausgesetzt, diese Einsparungen werden in dauerhafte Reduktionen überführt, stimmt Baden-Württembergs Zielwert für den verbleibenden Zeitraum mit dem Bundesziel annähernd überein.

7 Handlungsfelder im Kontext der Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene

Sowohl auf Bundes- als auch auf europäischer Ebene gibt es zahlreiche Aktivitäten, um dem Klimaschutz mehr Gewicht zu geben und das Fortschreiten des anthropogenen Klimawandels zu stoppen. Den Bund betreffend ist hier vor allem das Energiekonzept der Bundesregierung [4] und dessen Ergänzung in Folge der Reaktorkatastrophe von Fukushima [18] maßgeblich. Daneben sind die auf EU-Vorgaben zurückzuführenden Nationalen Aktionspläne zu nennen: Einerseits der Nationale Aktionsplan Erneuerbare Energien [32], der aufzeigt wie Deutschland bis 2020 einen Anteil von 18 % erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch erreichen will und andererseits der Zweite Nationale Energieeffizienz Aktionsplan [6], der zeigt, wie Deutschland das von der EU vorgegebene Ziel, den Endenergieverbrauch bis 2016 um 9 % zu reduzieren, erreichen soll.

Die Handlungsmöglichkeiten des Landes sind dadurch teilweise eingeschränkt, es bieten sich jedoch auch Möglichkeiten, durch komplementäre Maßnahmen die Wirkung im Land zu verstärken bzw. die auf Bundesebene etablierten Förderinstrumente gezielt für die Zwecke des Landes zu nutzen.

Die Formulierung eines Klimaschutzgesetzes auf Landesebene wird in Baden-Württemberg den Klimaschutz auf eine neue Ebene heben, denn mit dem Inkrafttreten des Gesetzes ist der Klimaschutz zukünftig in alle öffentlichen Entscheidungsprozesse einzubeziehen. So werden die Belange des Klimaschutzes zu einem wichtigen Planungs-, Auswahl- und Entscheidungskriterium. Beispielsweise muss zukünftig die Bauleitplanung am Klimaschutz orientiert erfolgen, er wird zukünftig als Vergabekriterium für die Städtebauförderung fungieren etc.

Dennoch wird der Klimaschutz kein Selbstläufer werden. Um die Treibhausgas-Emissionen im Land nachhaltig zu senken und den im Energieszenario Baden-Württemberg 2050 aufgezeigten Entwicklungspfad beschreiten zu können, ist seitens des Landes zeitnah das bereits im Koalitionsvertrag angekündigte integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept als strategisch orientiertes Umsetzungskonzept auf Landesebene zu entwickeln. Diesem soll im Rahmen dieses Gutachtens nicht vorgegriffen werden, weshalb die sich abzeichnenden Haupthandlungsfelder im Folgenden nur benannt werden. Dabei handelt es sich nur um die Bereiche, in denen kurzfristig besonderer Handlungsbedarf gegeben ist: Auf Bereitstellungsseite ist dies der Stromsektor, auf Anwendungsseite sind es insbesondere die Energieeffizienzthemen, weil hier die größten Umsetzungsdefizite bestehen. Ergänzt wird dies durch einen kurzen Überblick über die in diesen Bereichen bereits laufenden Aktivitäten auf EU- und Bundesebene, um Hinweise zu geben, wo das Land durch komplementäre Maßnahmen die Klimaschutzwirkung deutlich erhöhen kann oder bestehende Fördermechanismen des Bundes die Zielerreichung auf Landesebene unterstützen können.

Handlungsfeld I: Konsequente Unterstützung des Umbaus im Stromsektor

Auf Bundesebene wird der Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in erster Linie durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Dieses Gesetz garantiert den Netzanschluss und eine vorrangige Stromabnahme zu einem gesetzlich festgelegten Mindestpreis, der EEG-Vergütung. Diese ist für die einzelnen Sparten individuell nach dem Prinzip der Kostendeckung festgelegt. Das EEG gilt auch als das wichtigste Instrument zur Erfüllung der Vorgaben der EU-Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen [7], die für Deutschland als verbindliches Ziel einen Regenerativanteil von 18 % am Bruttoendenergieverbrauch in 2020 vorsieht (siehe Abschnitt 3.1). Mit dem neuen EEG 2012, das zum 01. Januar 2012 in Kraft tritt, schienen zunächst die Weichen für den weiteren dynamischen Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung gestellt. Allerdings flammen aktuell die Diskussionen gerade um eine Deckelung des Ausbaus der Photovoltaik auf 1.000 MW pro Jahr wieder auf [33]. Eine derartige Begrenzung des Ausbaus der Photovoltaik hätte auch schwerwiegende Konsequenzen für die Zielerreichung in Baden-Württemberg. Daher ist es zwingend erforderlich, dass sich die Landesregierung auf Bundesebene entschieden gegen derartige, kurzfristige Änderungen des EEG einsetzt.

Im Bereich der erneuerbaren Stromerzeugung ist es zudem sehr wichtig, Anreize zur technischen Nachrüstung für die bedarfsabhängige Einspeisung insbesondere für Biomassebestandsanlagen zu gewähren. Dies ist erforderlich, weil die Biomasse zukünftig zunehmend durch den Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung aus Windenergie und Photovoltaik zur Systemstabilität wird beitragen müssen. Bisher fehlen hier jedoch Anreize aus dem EEG. Auch die relativ langen Vergütungszeiträume des EEG wirken hier zunächst eher kontraproduktiv. Die Landesregierung kann über gezielte Förderung die Situation im Land unmittelbar beeinflussen und gleichzeitig bundesweit eine Vorbildfunktion übernehmen.

Eine zweite tragende Säule des Umbaus der Stromerzeugung und ebenso wichtig wie die Sicherung des konsequenten Ausbaus der erneuerbaren Energien ist der Auf- und Ausbau von Gaskraftwerken. Ein Fokus muss dabei auf dem zügigen Ausbau der dezentralen gasbetriebenen KWK-Anlagen im Leistungsbereich unter 20 MW liegen. Hierzu ist es von großer Bedeutung die Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes auf Bundesebene aktiv zu begleiten und nach Möglichkeit mit zu gestalten, denn die im Rahmen der Energiewende-Beschlüsse im Sommer 2011 erfolgte kleine Novelle [34] ist bei weitem nicht ausreichend. Eine weiterführende, intensive Diskussion von Vorschlägen zur Förderung der KWK auf Landesebene findet sich in [12].

Handlungsfeld II: Energieeffizienz in Gebäuden

Dieses Handlungsfeld betrifft alle Gebäude und umfasst somit die Wohngebäude im Sektor Haushalte, den Bereich der öffentlichen Gebäude, die Gebäude im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industriegebäude.

Auf Bundesebene gibt die Energieeinsparverordnung (EnEV) sowohl für den Neubau als auch für bestimmte Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand konkrete, verpflichtend einzuhaltende Mindeststandards vor. Im Neubaubereich sind diese Vorgaben sehr wirksam, nicht zuletzt weil über die Bauabnahme ein effektiver Kontrollmechanismus gegeben ist. Darüber hinaus bietet die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) in ihrem Förderprogramm „Energieeffizientes Bauen“ Kredite zu besonderen Konditionen sowie Zuschüsse an, die nur bei Übererfüllung der EnEV in Anspruch genommen werden können²². Sie sind nach dem Grad des Unterschreitens des Mindeststandards gestaffelt.

Im Energiekonzept der Bundesregierung ist vorgesehen, die geltende EnEV mit dem Ziel zu novellieren, für den Neubaubereich ab 2020 das „klimaneutrale Gebäude“ zum Standard zu machen. Dies entspricht der RICHTLINIE 2010/31/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, die verlangt, dass alle Neubauten ab dem 31. Dezember 2020 Niedrigstenergiegebäude sein müssen. Für Neubauten der Öffentlichen Hand gilt dies bereits ab dem 31. Dezember 2018. Zudem werden die Mitgliedsstaaten verpflichtet, nationale Pläne zur Erhöhung der Zahl der Niedrigstenergiegebäude zu erstellen. Die Vorgaben für die Neubaubereich werden somit ab 2020 deutlich verschärft.

Spielraum für Aktivitäten seitens des Landes ist vor allem in der Zeit vor 2020 gegeben. Die EU-Richtlinie setzt Mindeststandards und stellt den Mitgliedsstaaten die Festlegung strengerer Richtwerte ausdrücklich frei. Da die EnEV ähnlich formuliert ist, können die Bundesländer diese ebenfalls verschärfen.

Eine landesweite Vorgabe zur Unterschreitung der in der EnEV für den Neubau vorgegebenen Standards bzw. ein Vorziehen der ab 2020 geltenden Anforderungen hätte mehrere positive Aspekte: Mehr Bauvorhaben würden sich für die Inanspruchnahme der KfW-Förderung qualifizieren, so dass diese Fördergelder verstärkt in Anspruch genommen werden könnten. Die Bauindustrie würde auf die neuen Anforderungen frühzeitig vorbereitet und könnte somit Wettbewerbsvorteile erlangen. Hinzu kommt mit Blick auf den langfristigen Klimaschutz, dass aufgrund der langen Investitions- und Sanierungszyklen die bis 2020 errichteten Neubauten auch 2050 noch unverändert bestehen werden. Daher sollten sie schon beim Bau die in 2050 erforderlichen Anforderungen erfüllen.

²² Alle Informationen zu den einzelnen Förderprogrammen finden sich online unter <http://www.kfw.de/kfw/de/Inlandsfoerderung/Programmuebersicht/index.jsp>

Anders als im Neubau ist die Wirksamkeit der EnEV im Gebäudebestand bislang durch mangelnden Vollzug eingeschränkt. Da der Vollzug den Bundesländern obliegt, hat das Land hier über neue Vollzugsregelungen die Möglichkeit, die Wirkung der EnEV deutlich zu verstärken. Daneben besteht auch für den Gebäudebestand die Möglichkeit, die Mindestvorgaben der EnEV zu erhöhen. Auch für den Gebäudebestand gibt es analog zum Neubaubereich ein Förderprogramm der KfW „Energieeffizientes Sanieren“ (vorher CO₂-Gebäudesanierungsprogramm), das gemäß Energiekonzept der Bundesregierung finanziell noch deutlich besser ausgestattet werden soll. Wiederum ist die Übererfüllung der Mindestvorgaben aus der EnEV Voraussetzung für die Inanspruchnahme der Förderung. Auch hier könnten durch eine Verpflichtung zur Unterschreitung der EnEV-Vorgaben Fördermittel nach Baden-Württemberg gelenkt werden.

Im Energiekonzept der Bundesregierung ist für den Gebäudebestand ab 2020 ein Sanierungsfahrplan angekündigt. Dieses späte Einsetzen scheint im Widerspruch zur Zielsetzung des Energiekonzepts zu stehen, bereits bis 2020 den Wärmebedarf in Gebäuden um 20 % zu reduzieren. Um keine unnötigen zeitlichen Verzögerungen entstehen zu lassen, sollte Baden-Württemberg unmittelbar mit der Erarbeitung eines strategischen Sanierungskonzepts auf Landesebene beginnen. Es sollte sowohl die einzelbauliche Sanierung als auch Quartierssanierungen einbeziehen. Für letztere wurde seitens der KfW ein neues Förderprogramm aufgelegt, das wiederum eine finanzielle Grundlage für diesbezügliche Aktivitäten im Land schafft. Eine enge Verzahnung mit dem Handlungsfeld III „Raumwärmebereitstellung“ ist dabei essenziell.

Der Bereich der Nichtwohngebäude ist von besonderer Bedeutung, da diese Gebäude in der Regel kürzere Sanierungszyklen aufweisen. So können Vorgaben ggf. schneller wirksam werden.

Handlungsfeld III: Raumwärmebereitstellung

Die Bereitstellung von Raumwärme betrifft sowohl den Sektor Haushalte, als auch die öffentlichen Gebäude und den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Neben der in Handlungsfeld II benannten erforderlichen deutlichen Senkung des Energiebedarfs durch effizientere Gebäude ist die Art der Wärmebereitstellung ein wichtiger Ansatzpunkt. Auch hier gibt es gesetzliche Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene, die Anknüpfungspunkte für Aktivitäten des Landes bieten. Einen sehr wichtigen Punkt enthält beispielsweise der Vorschlag für RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Energieeffizienz vom 22.06.2011: Er sieht eine Verpflichtung zur Erstellung nationaler Wärme- und Kältepläne vor. Baden-Württemberg sollte diesen Vorschlag unverzüglich aufgreifen und in einer Verpflichtung zur Erstellung kommunaler Wärme- und Kältepläne zur flächendeckenden Erfassung von Wärme-/Kältebedarf sowie vorhandener Wärmequellen umsetzen (siehe auch Abschnitt 4.1). Die Kenntnis von Wärmequellen und –senken ist die entscheidende Voraussetzung, um geeignete Gebiete für

einen gezielten strukturellen Wandel hin zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung auf Basis dezentraler KWK-Anlagen, vorhandener Abwärmepotenziale und erneuerbarer Energien zu identifizieren. So kann der Aufbau von Nahwärmenetzen an geeigneten Standorten sinnvoll vorbereitet werden.

Diesbezüglich ist auch dem kombinierten Einsatz erneuerbarer Energien in Nahwärmenetzen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Auf Bundesebene erfolgt die Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Wärme neben dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) insbesondere über das Marktanreizprogramm. Gemäß Energiekonzept der Bundesregierung soll dieses Programm auch weiterhin Bestand haben und mit Mitteln aus dem Energie- und Klimafonds entsprechend ausgestattet werden. Ziel des Landes sollte es auch hier sein, einen möglichst hohen Anteil der bereitgestellten Bundesmittel nach Baden-Württemberg zu lenken. Die Weiterentwicklung des baden-württembergischen Erneuerbare-Wärme-Gesetzes (EWärmeG), wie etwa eine Ausweitung auf Nichtwohngebäude oder eine Erhöhung des Pflichtanteils ist vor dem Hintergrund zu prüfen, dass im Energiekonzept der Bundesregierung auch für das EEWärmeG eine Novellierung vorgesehen ist, die unter anderem die Ausweitung auf den Gebäudebestand in Erwägung zieht.

Ein sehr wichtiges Feld im Bezug auf die Raumwärmebereitstellung ist auch der Austausch von Elektrospeicherheizungen. Auf Bundesebene wurde mit der EnEV 2009 eine erste Verpflichtung zum Austausch eingeführt, sie gilt jedoch ausschließlich für Gebäude mit mehr als fünf Wohnungen. Weiterhin sind zunächst nur Elektrospeicherheizungen, die vor 1990 errichtet wurden, betroffen. Diese Anlagen sind bis Ende 2019 auszutauschen. Neuere oder ab 1990 in wesentlichen Teilen erneuerte Elektrospeicherheizungen müssen nach 30 Jahren Lebensdauer ausgemustert werden. Die Regelung gilt nicht für Gebäude, deren Bauantrag ab dem 1.1.1995 gestellt wurde, oder wenn die Aufwendungen „nicht in angemessener Frist durch die Einsparungen erwirtschaftet werden können“. Da ein Großteil der Elektrospeicherheizungen in Gebäuden mit weniger als sechs Wohnungen installiert ist, ist die Wirkung der Regelung sehr eingeschränkt. Hier sollte das Land ansetzen, zumal Fördermittel aus dem KfW-Programm „Effizient Sanieren“ zur Verfügung stehen. Das Argument, Speicherheizungen müssten erhalten bleiben, weil sie zukünftig Stromüberschüsse „speichern“ könnten, ist nicht tragfähig. Denn Speicherheizungen sind keine Stromspeicher, die bei Bedarf wieder Strom ins Netz zurückspeisen könnten. Sie sind bestenfalls als verschiebbare Lasten einsetzbar, wobei dies auch nur eingeschränkt gilt, weil der Wärmebedarf nicht flexibel ist. Das Bedarfsmuster der Nachtspeicherheizungen (Strombezug im Winterhalbjahr und nachts) passt auch nicht zum Einspeiseprofil der Photovoltaik, so dass keine Entlastung auf der Niederspannungsebene erreicht werden kann. Der Austausch der ineffizienten Nachtspeicherheizungen würde zudem ein hohes Einsparpotenzial im Stromverbrauch der Haushalte erschließen.

Handlungsfeld IV: Senkung des Strombedarfs von Haushalten

Auf Bundesebene stehen in diesem Handlungsfeld zunächst die Umsetzung der revidierten EU-Ökodesign-Richtlinie (RL 2009/125/EG) und der revidierten EU-Richtlinie zur Energieverbrauchskennzeichnung (RL 2010/30/EG) in deutsches Recht an. Hiermit sollen neue Energielabel bzw. neue Labelklassen für Fernseher, Haushaltskühl- und gefriergeräte, Haushaltswaschmaschinen und Haushaltsgeschirrspüler eingeführt werden. Hinsichtlich der Setzung der Standards etc. scheint das Land somit keine Handlungsmöglichkeiten zu haben. Hier könnte der Austausch des vorhandenen Geräteparks ggf. über die Gewährung finanzieller Anreize beschleunigt werden.

Ein Anreiz für den Austausch ineffizienter Heizungspumpen über ein Landesprogramm ist ebenfalls denkbar. Dieser kann aber auch über die Energieversorger gewährt werden, wie das Beispiel der Stadtwerke Tübingen zeigt [35].

Weitere Ansatzpunkte für Stromeinsparungen im Haushaltsbereich sind verbraucherfreundliche Stromrechnungen und transparente Stromverbrauchsdaten (Smart Meter). Auch hier gibt es jedoch Aktivitäten auf Bundesebene, so dass sich noch keine klare Rolle für das Land definieren lässt.

Handlungsfeld V:

GHD – Senkung des spezifischen Energiebedarfs für Raumwärme/ Lüftung/ Klimatisierung

Dieses Handlungsfeld steht im engen Zusammenhang mit den Handlungsfeldern II und III, so dass die dort getroffenen Aussagen weitgehend übertragbar sind.

Speziell für den Bereich der Klimatisierung gibt es auf Bundesebene ein zusätzliches Förderprogramm der KfW, das KfW-Impulsprogramm zur Förderung von Klimaschutzmaßnahmen an gewerblichen Kälteanlagen. In diesem Programm ist ein Statuscheck für in Betrieb befindliche Kälteanlagen ab einer bestimmten Größe förderfähig, ebenso wie die Modernisierung und/oder der Neubau effizienter Kälteanlagen (Basisförderung) und Maßnahmen zur Abwärmenutzung (Bonusförderung). Weiterhin stehen für die Finanzierung von Energieeffizienzmaßnahmen das ERP-Umwelt- und Effizienzprogramm A und B der KfW zur Verfügung.

Handlungsfeld VI:

Industrie – Senkung des spezifischen Prozesswärmebedarfs und verstärkte Nutzung von Abwärme sowie erneuerbaren Energien zur Prozesswärmebereitstellung

Zur verstärkten Nutzung von Abwärme sind vor allem die unter Handlungsfeld III genannten Voraussetzungen in Form der Erarbeitung von Wärmebedarfsplänen zu schaffen.

Für Effizienzmaßnahmen im Bereich der Industrie, wozu auch die Senkung des Prozesswärmebedarfs zählt, stehen auf Bundesebene KfW-Fördermittel im ERP – Umwelt- und

Effizienzprogramm A und B bereit. Hierüber soll die Finanzierung von Energieeffizienzmaßnahmen ermöglicht werden. Die Inanspruchnahme dieser Mittel ist an Mindestanforderungen geknüpft. Bei Neuinvestitionen muss die Maßnahme den Branchendurchschnitt um mindestens 15 % unterschreiten. Im Fall von Ersatzinvestitionen ist eine Reduktion des mittleren Verbrauchs der letzten drei Jahre um 30 % zu erreichen.

Für den Einsatz der erneuerbaren Energien im Prozesswärmebereich insbesondere für die solare Prozesswärmebereitstellungen stehen auch Mittel aus dem Marktanzreizprogramm auf Bundesebene zur Verfügung. Maßnahmen seitens des Landes sollten daher so gestaltet werden, dass die hier bereitgestellten Bundesmittel genutzt werden können.

Handlungsfeld VII:

Industrie und GHD – Senkung des spezifischen Stromverbrauchs durch effiziente Motoren, Elektrogeräte und Beleuchtung

Innerhalb der EU bildet die Ökodesign-Richtlinie den Rahmen für die Festlegung einheitlicher Vorgaben in Bezug auf die umweltgerechte Gestaltung von energiebetriebenen Produkten. Sie wurde mit ihrer Neufassung (2009/125/EG) auf alle energieverbrauchsrelevanten Produkte ausgeweitet. Während die alte Ökodesign-Richtlinie in Form des Energiebetriebene-Produkte-Gesetzes (EBPG) in deutsches Recht überführt wurde, steht dies für die Neufassung noch aus. Der entsprechende Gesetzentwurf befindet sich noch im parlamentarischen Verfahren. Die novellierte EU-Ökodesign-Richtlinie enthält eine Festlegung von Mindeststandards zum Wirkungsgrad von Elektromotoren, die in drei Stufen angehoben werden (2011, 2015, 2017) und auf alle in der EU in Umlauf gebrachten Motoren anzuwenden sind. Des Weiteren sind Maßnahmen für Beleuchtung und Heizungsumwälzpumpen enthalten. Die Definition der Mindeststandards bedeutet jedoch zunächst nur einen Fortschritt für die im Markt verfügbaren Neugeräte. Wichtig ist es daher, über entsprechende Maßnahmen auch den Austausch alter Geräte zu beschleunigen. Hier kann das Land entsprechend ansetzen.

Handlungsfeld VIII:

Industrie und GHD –

Energiemanagement, Energieeffizienznetzwerke, Contracting in KMU

Auf Bundesebene ist in diesem Bereich vor allem die Deutsche Energie Agentur (dena) tätig, die mit ihrer Initiative EnergieEffizienz eine bundesweite Informations- und Motivationskampagne mit dem Schwerpunktthema Stromsparen betreut [36], die sich an alle Stromverbraucher richtet. Industrie und Gewerbe sowie Dienstleistungsunternehmen haben jeweils ihren eigenen Aktionsbereich. Es werden sowohl Informationen zu Energiemanagementsystemen als auch zu Energieeffizienz-Netzwerken angeboten. Speziell für letztere wird hier auf die Bereitstellung von Fördergeldern seitens des Bundesumweltministeriums im Rahmen der Klimaschutzinitiative hingewiesen. Im Zeitraum von 2009

bis 2013 wird für den Aufbau von 30 Netzwerken jeweils ein Drittel der Kosten übernommen. Da Baden-Württemberg hier als Vorreiter gilt, ist jedoch unsicher, ob Mittel für den Aufbau weiterer Netzwerke im Land zur Verfügung gestellt werden können. Zur weiteren Verbreitung könnte das Land daher auf die hier bereits vorhandenen Informationsmaterialien zurückgreifen oder auf dieser Basis eigene Maßnahmen entwickeln.

Handlungsfeld IX:

Verkehr – Vermeidung von motorisiertem Individualverkehr sowie Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen

Die Vermeidung von motorisiertem Individualverkehr ist eine Aufgabe, die primär im Einflussbereich des Landes liegt. Durch eine integrierte Verkehrs- und Siedlungsplanung, die Stärkung und den Ausbau des ÖPNV und anderer alternativer Verkehrsmittel (Fuß- und Radwegenetz etc.) kann das Land unabhängig von Bund und EU sehr viel selbst initiieren, wenngleich durch die Thematik der Luftreinhaltung auch hier Vorgaben der EU erheblichen Einfluss haben. Sollte die EU beispielsweise emissionsfreie Innenstädte fordern, wird das Land wiederum nur die Rolle des Ausführenden und nicht die des Steuernenden übernehmen können. Die Erhebung einer City-Maut oder die Initiierung einer Pkw-Maut auf Bundesebene wären weitere denkbare Ansatzpunkte für das Land.

Zur Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen im motorisierten Individualverkehr dient zum einen die EU-Vorgabe von verbindlichen CO₂-Grenzwerten für die Neuwagenflotte ab 2015 (siehe Abschnitt 4.5). Zum anderen hat die Bundesregierung zu diesem Zweck eine Kraftstoffstrategie bis 2020 entwickelt, die die Markteinführung alternativer oder regenerativer Kraftstoffe sowie innovativer Antriebstechnologien in Deutschland unterstützen soll. Teil der Strategie ist weiterhin die Novellierung der Pkw-Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung.

Ebenfalls mit dem Ziel der Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen wurde das Kraftfahrzeugsteuergesetz (KraftStG) im Jahre 2009 novelliert. Für alle erstmals zugelassenen Pkw wird zur Steuerberechnung neben dem Hubraum auch der Wert des CO₂-Ausstoßes herangezogen. Um den Kauf von Pkw mit geringem CO₂-Emissionswert zu fördern, ist bis Ende 2011 für Pkw mit einem CO₂-Ausstoß von 120 g/km oder weniger keine CO₂-bezogene Kraftfahrzeugsteuer zu zahlen. Der Grenzwert wird über 110 g/km in 2012 und 2013 bis 2014 auf 95 g/km gesenkt. Um einen Anreiz zum Kauf von Elektrofahrzeugen zu schaffen, gab es für diese Fahrzeuge bereits vor der Novellierung des KraftStG eine auf fünf Jahre befristete Steuerbefreiung.

Eine darüber hinausgehende Einflussnahme seitens des Landes könnte im Bereich der Einführung von Geschwindigkeitsbegrenzungen liegen.

Handlungsfeld X: Verkehr – Verringerung der CO₂-Emissionen im Güterverkehr

Die Möglichkeiten der Einflussnahme seitens des Landes scheinen auch in diesem Handlungsfeld begrenzt. So wird beispielsweise die Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut auf Bundesebene entschieden. Hier könnte das Land nur indirekt versuchen, auf Bundesebene Einfluss zu nehmen. Ähnlich ist es bei der Verlagerung auf andere Verkehrsträger (Schiene, Binnenschiff).

Handlungsfeld XI: Öffentliche Hand als Vorbild für Bürgerinnen und Bürger

Der Vorbildfunktion der Öffentlichen Hand in Bezug auf Energieeffizienz, den Einsatz erneuerbarer Energien und das Nutzerverhalten kommt besondere Bedeutung zu, weil dem Bürger auf diese Art demonstriert werden kann, dass das Land die propagierten Themen tatsächlich ernst nimmt, selbst aktiv wird und die Umsetzung nicht vom Bürger allein erwartet wird.

Auf Bundesebene besteht seitens der KfW ein Förderprogramm „Energieeffizient Sanieren – Kommunen“, in dem die KfW Kommunen Direktkredite für die energetische Sanierung von Schulen, Schulsporthallen, Kindertagesstätten und Gebäuden der Kinder- und Jugendarbeit anbietet. Förderfähig sind hier Sanierungen auf Neubau-Niveau (Programmteil A) zum KfW-Effizienzhaus-Standard 100 und 85 sowie bestimmte Einzelmaßnahmen wie Wärmedämmung, Heizungs- oder Fensteraustausch (Programmteil B).

Für Neubauten der Öffentlichen Hand gilt zudem, dass sie ab 2018 als „Niedrigstenergiehäuser“ gebaut werden müssen (siehe Handlungsfeld II).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der Bruttostromerzeugung.....	16
Abbildung 2: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und Anteile an der Gesamtstromerzeugung.....	17
Abbildung 3: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Ausbau der Windenergie bis 2020.....	19
Abbildung 4: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der Kraftwerksleistung.....	21
Abbildung 5: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Stromerzeugung aus konventionellen Energieträgern.....	23
Abbildung 6: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der installierten Leistung und der Stromerzeugung in Gaskraftwerken.....	24
Abbildung 7: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen aus der Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg im Zeitraum von 1990 bis 2050 unter Berücksichtigung der Wirkung des europaweiten Emissionshandelssystems in der Handelsperiode 2013-2020.....	27
Abbildung 8: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch nach Nutzungsbereichen und jeweilige Beiträge der erneuerbaren Energien.....	30
Abbildung 9: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Stromverbrauch nach Energieträgern.....	32
Abbildung 10: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch für Wärme nach Energieträgern von 2000 bis 2050.....	34
Abbildung 11: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch der Haushalte und Struktur der Energiebereitstellung.....	36
Abbildung 12: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der direkten energiebedingten CO ₂ -Emissionen der Haushalte.....	37
Abbildung 13: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch im Sektor Industrie und Struktur der Energiebereitstellung.....	39
Abbildung 14: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der direkten, energiebedingten CO ₂ -Emissionen im Sektor Industrie.....	40
Abbildung 15: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen in den dem Emissionshandel unterstehenden Sektoren der Industrie im Zeitraum von 2010 bis 2020 (eigene Berechnung auf Basis von [21]).....	41
Abbildung 16: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch im Sektor GHD und Struktur der Energiebereitstellung.....	43
Abbildung 17: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 - Entwicklung der direkten energiebedingten CO ₂ -Emissionen im Sektor GHD.....	44

Abbildung 18: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr und Struktur der Energiebereitstellung.	45
Abbildung 19: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der direkten, energiebedingten CO ₂ -Emissionen im Sektor Verkehr.....	46
Abbildung 20: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 - Entwicklung der energiebedingten CO ₂ -Emissionen.	49
Abbildung 21: Mögliche Entwicklung der energiebedingten CO ₂ -Emissionen in Baden-Württemberg bei einer weniger ambitionierten Umsetzung von CO ₂ -Reduktionsstrategien.	50
Abbildung 22: Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen.	54
Abbildung 23: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Baden-Württemberg bei leichten Abweichungen vom Energieszenario 2050.	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Emissionssenkungen einzelner Sektoren gemäß der europäischen Roadmap für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO ₂ -armen Wirtschaft bis 2050.....	12
Tabelle 2:	Quantitative Ziele des Energiekonzepts der Bundesregierung vom 28. September 2010.....	13
Tabelle 3:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Stromerzeugung sowie installierte Erzeugungsleistung aus erneuerbaren Energien nach Sparten.....	18
Tabelle 4:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO ₂ -Emissionen aus der Stromerzeugung.....	26
Tabelle 5:	CO ₂ -Emissionen in Baden-Württemberg von 1990 bis 2020 bei ausschließlicher Berücksichtigung des Emissionshandelssystems in der Handelsperiode 2013 bis 2020 in der Stromerzeugung (ohne Berücksichtigung indirekter Effekte).....	28
Tabelle 6:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Wärmebedarfsdeckung.....	34
Tabelle 7:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch der Haushalte.....	36
Tabelle 8:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO ₂ -Emissionen der Haushalte (ohne Strom).....	37
Tabelle 9:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch der Industrie.....	39
Tabelle 10:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO ₂ -Emissionen der Industrie (ohne Strom).....	41
Tabelle 11:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch des GHD-Sektors.....	43
Tabelle 12:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO ₂ -Emissionen des GHD-Sektors (ohne Strom).....	44
Tabelle 13:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr.....	46
Tabelle 14:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – CO ₂ -Emissionen im Sektor Verkehr (ohne Strom).....	47
Tabelle 15:	Energieszenario Baden-Württemberg 2050 – energiebedingte CO ₂ -Emissionen.....	49
Tabelle 16:	Zusammenfassung der empfohlenen Treibhausgas-Minderungsziele für Baden-Württemberg bis 2020 und 2050.....	56

Anhang

Zahlenangaben zum Energieszenario 2050 für Baden-Württemberg

Tabelle 1: Beiträge der erneuerbaren Energien zum Strom- Wärme- und Kraftstoffverbrauch

Beitrag Erneuerbare Energien								
	2000	2005	2008	2010	2020	2030	2040	2050
STROM aus EE; GWh/a								
Wasserkraft	5628	4934	5242	5200	5500	5700	5850	6000
Biomasse, -gas, Abfall	794	1831	2883	3379	4900	5700	6000	6000
Windenergie	53	312	614	544	6354	14535	17760	18050
Geothermie	0	0	0	0,12	300	750	1400	2000
Fotovoltaik	18	272	951	2076	7600	10950	13780	16750
EE-Strom in BW; GWh/a	6493	7349	9690	11199	24654	37635	44790	48800
Stromimport EE; GWh/a	0	0	0	0	2848	8550	11736	14140
Ges. EE-Strom für BW	6493	7349	9690	11199	27502	46185	56526	62940
in TWh/a								
Bruttostromerzeug. in BW	68,1	71,7	67,0	66,0	64,0	61,2	58,9	56,5
Bruttostromverbrauch	72,9	81,5	81,1	81,5	77,0	74,4	72,1	70,6
%								
Anteil EE an Erzeug. In BW	9,5	10,2	14,5	17,0	38,5	61,5	76,1	86,4
Anteil EE an Bruttoverbrauch	8,9	9,0	11,9	13,7	35,7	62,1	78,4	89,1
WÄRME aus EE; GWh/a								
Biomasse, -gas, Abfall	8384	11187	13611	14000	17858	19406	19775	19950
Solarkollektoren	294	617	898	1133	3156	6833	10833	14083
Geothermie, Umweltwärme	27	123	246	363	1631	3813	5795	9869
EE-Wärme; GWh/a	8705	11927	14755	15496	22644	30053	36403	43903
Endenergie Wärme; TWh/a (Ohne Stromanteil)	140,6	155,6	149,7	148,6	108,3	83,3	66,7	50,0
Anteil EE. %	6,2	7,7	9,9	10,4	20,9	36,1	54,6	87,8
Biokraftstoffe aus EE; GWh/a	349	3162	4850	5000	11083	12917	13333	13333
Endenergie Verkehr; TWh/a (ohne Stromanteil)	91,1	85,3	84,2	84,2	70,3	56,9	47,2	41,4
Anteil EE, %	0,4	3,7	5,8	5,9	15,8	22,7	28,2	32,2
Ges. EE-Endenergie; TWh/a	15,5	22,4	29,3	31,7	61,2	89,2	106,3	120,2
Ges. Endenergie; TWh/a	295,3	313,1	306,9	305,5	247,1	206,5	178,1	154,3
Anteil EE, %	5,3	7,2	9,5	10,4	24,8	43,2	59,7	77,9

Tabelle 2: Endenergieverbrauch nach Nutzungsarten, NE-Verbrauch, Umwandlungsverluste und Primärenergieverbrauch

	Endenergie (PJ/a)				Gesamt	NE-Verbrauch	Umwandlungsverluste	Primärenergie
	Strom	Wärme	Kraftstoffe					
1990	197	498	282		977	28	425	1430
2000	229	506	328		1063	30	468	1561
2005	260	560	307		1127	28	502	1657
2008	263	539	303		1105	29	492	1626
2010	262	535	303		1100	28	488	1616
2015	255	465	281		1001	27	433	1461
2020	247	390	253		890	26	364	1280
2025	242	340	228		810	25	314	1149
2030	238	300	205		743	25	271	1040
2035	234	270	185		689	25	230	944
2040	231	240	170		641	25	192	858
2045	229	210	160		599	25	166	790
2050	226	180	149		555	25	143	723

BW-SZEN-REAL; 20.10.11

Tabelle 3: Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren

Jahr	Endenergie gesamt, PJ/a					Redukt. bezog. auf 2008
	Industrie	Haushalte	GHD	Verkehr	Gesamt	
1990	243	250	196	288	977	
2000	217	300	212	334	1063	
2005	243	330	241	313	1127	
2008	246	310	240	309	1105	100
2010	243	310	238	309	1100	99,5
2015	220	280	214	287	1001	90,6
2020	200	255	175	260	890	80,5
2025	188	235	150	237	810	73,3
2030	180	215	132	217	743	67,3
2035	173	195	122	199	689	62,4
2040	165	175	113	188	641	58,0
2045	160	152	104	182	599	54,2
2050	155	130	94	176	555	50,3

BW-SZEN-REAL; 20.10.11

Tabelle 4: Stromerzeugungsstruktur, fossile Erzeugung getrennt nach Kond.- KW und KWK

Stromerzeugungsstruktur (TWh/a) - Bruttoerzeugung und Bruttoverbrauch											
	Kern- energie	Kohle*) Kond	Gas, Öl**) Kond	Kohle*) KWK	Gas**) KWK	Biomasse Kond,KWK	übrige EE Inland	Erzeugung BaWü	Import EE	Import fossil/nuk	Verbrauch gesamt
1990	32,2	17,5	1,5	2,0	2,0	0,3	4,9	60,4	0,0	2,9	63,3
2000	39,2	14,8	1,8	3,0	2,8	0,8	5,7	68,1	0,0	4,8	72,9
2005	36,4	19,5	2,4	3,1	3,0	1,8	5,5	71,7	0,0	9,8	81,5
2008	33,4	16,8	1,7	2,3	3,2	2,9	6,8	67,0	0,0	14,1	81,1
2010	31,6	16,0	1,7	2,3	3,2	3,4	7,8	66,0	0,0	15,5	81,5
2015	22,5	14,5	3,6	3,5	5,1	4,0	12,6	65,8	0,6	13,1	79,5
2020	11,5	11,5	5,4	4,0	6,9	4,9	19,8	64,0	2,8	10,2	77,0
2025	0,0	10,5	8,0	4,0	8,8	5,3	25,8	62,4	5,7	7,5	75,6
2030	0,0	5,6	7,2	3,0	7,8	5,7	31,9	61,2	8,6	4,6	74,4
2035	0,0	3,3	6,4	2,0	7,1	5,9	35,4	60,0	10,1	3,0	73,2
2040	0,0	2,0	5,0	1,0	6,1	6,0	38,8	58,9	11,7	1,5	72,1
2045	0,0	1,0	3,9	0,8	5,2	6,0	40,8	57,7	12,9	0,7	71,3
2050	0,0	0,0	3,0	0,5	4,2	6,0	42,8	56,5	14,1	0,0	70,6

*) Steinkohle, Sonstige

**) einschl. Flüssiggas, nicht biogen. Müll

Tabelle 5: Installierte Kraftwerksleistung Kond.-KW und KWK (einschl. Anlagen < 20 MW)

	Kraftwerksleistung, MW					Import fossil')	Import EE	Gesamt für BW MW	
	Kern-energie	Kohle, Sonst.	Öl/Gas	Konvent. gesamt	EE in BaWü				Gesamt Ba Wü
1990									
2000	4900	4600	2300	11800	951	12751	960	0	13711
2005	4900	4600	2500	12000	1800	13800	1960	0	15760
2008	4624	4341	2520	11485	2700	14185	2820	0	17005
2010	4624	4340	2520	11484	4616	16100	2800	0	18900
2015	2850	4850	3120	10820	9335	20155	2620	171	22947
2020	1400	4850	3750	10000	14054	24054	2040	749	26843
2025	0	4850	4500	9351	18073	27423	1500	1152	30075
2030	0	3500	4500	8001	22091	30092	920	1555	32567
2035	0	2650	4500	7150	24286	31436	600	1789	33825
2040	0	1800	4500	6300	26480	32780	300	2023	35103
2045	0	1300	4500	5800	27970	33770	140	2190	36100
2050	0	400	4500	4900	29461	34361	0	2357	36717

*) Eigene Schätzung

Aktive Kraftwerksleistung ohne Kaltreserve oder eingemottete Kraftwerke

Tabelle 6: Struktur der Endenergienutzung in der Industrie

Endenergie - Industrie (PJ/a)										
	Nutzungsarten				End-energie Gesamt	Energieträger				
	Strom	Wärme	KS			Kohle, Sonst. *)	Öl	Erdgas*)	Strom	EE**)
1990	84	159	0	243	15	83	58	84	3	
2000	92	125	0	217	13	41	63	92	8	
2005	103	140	0	243	16	40	73	103	11	
2008	106	140	0	246	13	36	77	106	14	
2010	105	138	0	243	10	36	78	105	14	
2015	103	117	0	220	10	22	68	103	17	
2020	102	98	0	200	10	17	50	102	21	
2025	102	86	0	188	10	13	37	102	26	
2030	101	79	0	180	9	8	32	101	30	
2035	100	73	0	173	8	0	31	100	34	
2040	98	67	0	165	5	0	24	98	38	
2045	97	63	0	160	3	0	18	97	42	
2050	95	60	0	155	3	0	10	95	47	

*) bei Kohle/Sonstige und Erdgas auch Fern- Nahwärme enthalten

**) EE-Wärme und EE-Kraftstoffe;

Tabelle 7: Struktur der Endenergienutzung in Gewerbe, Handel, Dienstleistung

	Endenergie - GHD (PJ/a)									
	Nutzungsarten			End- energie Gesamt	Energieträger					
	Strom	Wärme	KS		Kohle, Sonst. *)	Öl	Erdgas*)	Strom	EE**)	
1990	53	143	0	196	10	90	41	53	2	
2000	67	145	0	212	11	77	54	67	4	
2005	75	165	0	241	11	73	73	75	8	
2008	79	161	0	240	10	73	68	79	10	
2010	79	159	0	238	8	74	66	79	11	
2015	76	137	0	214	10	62	52	76	13	
2020	72	103	0	175	10	28	48	72	16	
2025	69	81	0	150	9	14	39	69	19	
2030	67	65	0	132	9	9	25	67	22	
2035	64	58	0	122	6	7	20	64	25	
2040	62	52	0	113	3	3	18	62	28	
2045	59	45	0	104	1	2	10	59	32	
2050	57	37	0	94	0	0	4	57	34	

*)bei Kohle/Sonstige und Erdgas auch Fern- Nahwärme enthalten

**) EE-Wärme und EE-Kraftstoffe

Tabelle 8: Struktur der Endenergienutzung in den Privaten Haushalten

	Endenergie - Haushalte (PJ/a)									
	Nutzungsarten			End- energie Gesamt	Energieträger					
	Strom	Wärme	KS		Kohle, Sonst. *)	Öl	Erdgas*)	Strom	EE**)	
1990	54	196	0	250	24	109	53	54	10	
2000	64	236	0	300	22	108	87	64	19	
2005	75	255	0	330	33	87	111	75	24	
2008	73	237	0	310	35	72	101	73	29	
2010	72	238	0	310	34	73	100	72	31	
2015	69	211	0	280	30	52	90	69	39	
2020	66	189	0	255	30	35	80	66	45	
2025	62	173	0	235	21	27	75	62	50	
2030	59	156	0	215	12	22	65	59	56	
2035	56	139	0	195	10	20	48	56	61	
2040	53	122	0	175	9	18	30	53	65	
2045	50	102	0	152	6	8	17	50	71	
2050	48	82	0	130	0	0	5	48	77	

*)bei Kohle/Sonstige und Erdgas auch Fern- Nahwärme enthalten

**) EE-Wärme und EE-Kraftstoffe

Tabelle 9: Struktur der Endenergienutzung im Verkehr

	Endenergie - Verkehr (PJ/a)									
	Nutzungsarten			End- energie Gesamt	Energieträger					
	Strom	Wärme	KS		Kohle, Sonst.	Öl	Erdgas	Strom	EE	
1990	6	0	282	288	0	282	0	6	0	
2000	6	0	328	334	0	327	0	6	1	
2005	6	0	307	313	0	296	0	6	11	
2008	6	0	303	309	0	286	0	6	17	
2010	6	0	303	309	0	282	3	6	18	
2015	6	0	281	287	0	253	5	6	23	
2020	7	0	253	260	0	202	11	7	40	
2025	9	0	228	237	0	172	13	9	43	
2030	12	0	205	217	0	143	16	12	47	
2035	14	0	185	199	0	118	19	14	47	
2040	18	0	170	188	0	100	22	18	48	
2045	22	0	160	182	0	86	26	22	48	
2050	27	0	149	176	0	68	33	27	48	

Nächste Seite:

Tabelle 10: Energiebedingte CO₂-Emissionen (Mio. t/a)

Tabelle 10a: Gesamte Emissionen nach Einsatzbereichen

Tabelle 10b: Nur Brenn- und Kraftstoffeinsatz nach Sektoren (ohne Stromerzeugung und ohne übrigen Umwandlungssektor)

Tabelle 10c: wie 10b; einschließlich Stromerzeugung und übriger Umwandlungssektor

Tabelle 10d: Gesamtemissionen aufgeteilt nach Nutzungsarten

Tabelle
10a:

	CO2-Emissionen (Mio. t/a)			Gesamt
	Brennstoffe, Kraftstoffe	Übrige *)	Strom- erzeugung	
1990	52,8	4,5	17,1	74,4
2000	54,3	5,5	15,2	74,9
2005	52,2	6,2	18,9	77,3
2008	49,4	7,6	15,9	72,9
2010	49,5	7,6	15,4	72,4
2015	43,4	7,5	15,6	66,5
2020	34,2	7,7	14,0	55,9
2025	28,8	8,3	14,7	51,8
2030	22,7	8,3	9,4	40,4
2035	18,5	6,2	6,7	31,4
2040	14,5	4,3	4,5	23,3
2045	11,3	2,7	3,3	17,2
2050	7,7	1,1	2,3	11,1

*) Übriger Umwandlungssektor; Fern-, Nahwärme

Tabelle
10 b:

	CO2-Emissionen Endenergie (nur Brenn- und und Kraftstoffe) nach Sektoren; Mio. t/a				
	Industrie	Haushalte	GHD	Verkehr	Gesamt
1990	10,7	12,2	8,8	21,2	52,8
2000	7,8	13,7	8,4	24,5	54,4
2005	7,3	14,0	8,8	22,2	52,2
2008	7,2	12,4	8,3	21,4	49,4
2010	7,2	12,5	8,4	21,3	49,5
2015	5,7	10,8	7,6	19,3	43,4
2020	4,3	9,1	5,1	15,8	34,2
2025	3,4	7,8	3,7	13,6	28,6
2030	2,7	6,1	2,3	11,6	22,7
2035	2,0	4,7	1,7	10,0	18,4
2040	1,4	3,3	1,1	8,7	14,5
2045	1,0	1,8	0,6	7,9	11,3
2050	0,5	0,2	0,2	6,8	7,7

Gesamte CO2-Emissionen nach Sektoren (Mio.t/a)

Tabelle
10 c:

	(einschl. Strom + übriger Umwandl. sektor) *)				
	Industrie	Haushalte	GHD	Verkehr	Gesamt
1990	19,9	18,1	14,6	21,8	74,4
2000	16,1	19,5	14,4	25,0	75,1
2005	17,2	21,2	16,0	22,8	77,3
2008	16,7	19,0	15,4	21,9	72,9
2010	16,4	18,9	15,3	21,8	72,4
2015	15,1	17,1	14,5	19,8	66,5
2020	13,2	14,8	11,4	16,4	55,9
2025	13,1	13,9	10,4	14,5	51,8
2030	10,1	10,5	7,3	12,4	40,4
2035	7,5	7,9	5,3	10,8	31,4
2040	5,1	5,4	3,4	9,4	23,3
2045	3,6	3,1	2,1	8,5	17,2
2050	1,9	0,9	1,0	7,2	11,1

*) ohne Importstrom

Tabelle
10 d:

	Gesamte CO2-Emissionen nach Nutzungsarten (Mio.t/a) (einschl. Strom + übriger Umwandl. sektor) *)			
	Strom	Wärme	Kraftstoffe	Gesamt
1990	17,1	36,1	21,2	74,4
2000	15,2	35,4	24,5	75,1
2005	18,9	36,2	22,2	77,3
2008	15,9	35,7	21,4	72,9
2010	15,4	35,7	21,3	72,4
2015	15,6	31,6	19,3	66,5
2020	14,0	26,1	15,8	55,9
2025	14,7	23,5	13,6	51,8
2030	9,4	19,4	11,6	40,4
2035	6,7	14,7	10,0	31,4
2040	4,5	10,1	8,7	23,3
2045	3,3	6,1	7,9	17,2
2050	2,3	1,8	6,9	11,1

*) ohne Importstrom

Literaturverzeichnis

- [1] Der Wechsel beginnt. Koalitionsvertrag zwischen BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und SPD Baden-Württemberg. Baden-Württemberg 2011 – 2016. Stuttgart, April 2011.
- [2] EUROPÄISCHE KOMMISSION, MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT; DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN: Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050, Brüssel, 08. März 2011.
- [3] COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION: EUROPEAN COUNCIL ACTION PLAN (2007 – 2009), ENERGY POLICY FOR EUROPE (EPE). Presidency Conclusions – Brussels, 8/9 March 2007, 7224/1/07, REV 1, Brussels, 2 May 2007.
- [4] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin, 28. September 2010.
- [5] RICHTLINIE 2006/32/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/EWG des Rates. Brüssel, 5. April 2006.
- [6] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: 2. Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland Gemäß EU-Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen (2006/32/EG) sowie Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G). Berlin, Juli 2011.
- [7] RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. Brüssel, 23. April 2009.
- [8] Statistische Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, Dezember 2011. Abrufbar unter: http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/UmweltVerkehr/Landesdaten/EN_ET_BS_LR.asp.
- [9] Dreizehntes Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes vom 31. Juli 2011, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011, Teil I Nr. 43, ausgegeben zu Bonn am 05. August 2011.
- [10] Merkels Atom-Moratorium: Sieben Kernkraftwerke gehen vorerst vom Netz, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Frankfurt, 15. März 2011.
- [11] Nitsch, J. et al: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global – „Leitstudie 2010“, im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart/Kassel/Berlin, Dezember 2010.
- [12] Vogel-Sperl, A., Schmidt, M., Staiß, F.: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in Baden-Württemberg - Sachstand und Entwicklungsperspektiven im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; Stuttgart, September 2011.
- [13] Sensfuß, F. et. al: Vorhaben IV - Instrumentelle und rechtliche Weiterentwicklung im EEG zur Vorbereitung und Begleitung des EEG-Erfahrungsberichts im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Karlsruhe, Juni 2011.
- [14] Wallasch, A. et. al: Vorhaben IIe –Windenergie zur Vorbereitung und Begleitung des EEG-Erfahrungsberichts im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Varel, Juni 2011.

-
- [15] EnBW AG, abrufbar unter <http://www.enbw-transportnetze.de/kennzahlen/lastverlauf/> Stand: 08.11.2011.
- [16] Bundesnetzagentur: Kraftwerksliste zum erwarteten Zu- und Rückbau 4.Quartal 2011 bis 31.12.2014. Bonn, Stand 28.09.2011.
- [17] EnBW AG, Internetauftritt: Neubauprojekte: Steinkohlekraftwerk RDK 8 – Häufige Fragen. Karlsruhe, Stand 07.11.2011, abrufbar unter: http://www.enbw.com/content/de/der_konzern/enbw/neubauprojekte/steinkohlekraftwerk_rdk_8/faq/index.jsp
- [18] Eckpunktepapier der Bundesregierung zur Energiewende: „Der Weg zur Energie der Zukunft - sicher, bezahlbar und umweltfreundlich“ vom 06. Juni 2011. abrufbar unter: http://www.bmu.de/energiewende/beschluesse_und_massnahmen/doc/47465.php
- [19] Umweltbundesamt: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2009 und erste Schätzung 2010. Dessau, Stand März 2011.
- [20] AG Energiebilanzen: Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, Stand: November 2008.
- [21] Energiebericht 2010 – gemeinsame Veröffentlichung des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg und des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg. Stuttgart, Juli 2010.
- [22] Beschluss der Kommission zur Festlegung EU-weiter Übergangsvorschriften zur Harmonisierung der kostenlosen Zuteilung von Emissionszertifikaten gemäß Artikel 10a der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, Brüssel, 27. April 2011.
- [23] LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Jährliche CO₂ Emissionen der Emissionshandelspflichtigen Anlagen 2005 bis 2010 in Baden-Württemberg aufgegliedert nach Tätigkeiten. Karlsruhe. 2011. Daten unveröffentlicht.
- [24] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Klimaschutzkonzept 2020Plus. Stuttgart; 17.02.2011.
- [25] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: verfügbar unter: <http://www.statistik-bw.de/UmweltVerkehr/Erlaeuterungen.asp.luft.asp#ldef> Stand 10.11.2011.
- [26] Europäische Kommission: Vorschlag für RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Energieeffizienz und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG. Brüssel, 22.06.2011.
- [27] Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen. Erschienen am 5.6.2009 im Amtsblatt der Europäischen Union.
- [28] Europäische Kommission: Luftverkehr ab 2012 im Emissionshandel: Benchmarks veröffentlicht. Pressemeldung der Europäischen Kommission, Brüssel, 26.09.2011.
- [29] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Treibhausgas (THG)-Emissionen (CO₂, Methan, Lachgas) in Baden-Württemberg seit 1990 nach Emittentengruppen; Stuttgart; Oktober 2011. abrufbar unter: http://www.statistik-bw.de/UmweltVerkehr/Landesdaten/l1b00_THG.asp.
- [30] Umweltbundesamt 2010: Entwicklung der THG-Emissionen in Deutschland nach Sektoren, Berichtsjahr 2008. Dessau, 2010.
- [31] ENTSCHEIDUNG Nr. 406/2009/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020. Brüssel, 23.04.2009.

-
- [32] Bundesrepublik Deutschland: Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Berlin. 04. August 2010.
- [33] FOCUS Online: Schwarz-Gelb will Solarförderung drastisch kürzen. 13.12.2011. abrufbar unter: http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/solarenergie-schwarz-gelb-will-solarfoerderung-drastisch-kuerzen_aid_683859.html.
- [34] Gesetz zur Neuregelung energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften vom 26. Juli 2011. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2011 Teil I Nr. 41. Bonn, 04. August 2011.
- [35] Stadtwerke Tübingen: abrufbar unter: <http://www.swtue.de/kundenservice/foerderprogramme/heizungspumpe.html>
Stand 14.11.2011.
- [36] Deutsche Energie Agentur (dena): abrufbar unter: <http://www.initiative-energieeffizienz.de/>
Stand 14.11.2011.