

# **„Verbesserte Abschätzung des in Baden- Württemberg wirksamen Investitionsimpulses durch die Förderung Erneuerbarer Energien“**

Forschungsvorhaben des Umweltministeriums  
Baden-Württemberg



**Zentrum für Sonnenenergie-  
und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg**

Stuttgart, November 2009

Zentrum für Sonnenenergie-  
und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg



Industriestraße 6  
70565 Stuttgart

Fachgebiet Systemanalyse

Dr. Peter Bickel  
[peter.bickel@zsw-bw.de](mailto:peter.bickel@zsw-bw.de)

Dipl.-Volksw. Andreas Püttner  
[andreas.puettner@zsw-bw.de](mailto:andreas.puettner@zsw-bw.de)

Dipl.-Wirtschafts-Ing. (FH) Tobias Kelm  
[tobias.kelm@zsw-bw.de](mailto:tobias.kelm@zsw-bw.de)

# INHALTSVERZEICHNIS

Tabellenverzeichnis .....	5
Abbildungsverzeichnis .....	6
Abkürzungen und Definitionen .....	7
Zusammenfassung .....	9
1 Hintergrund und Zielsetzung .....	13
2 Bestehende Schätzungen und gewählter methodischer Ansatz .....	15
2.1 Bestehende Schätzungen zu Beschäftigungseffekten .....	15
2.1.1 Studien für das Bundesumweltministerium .....	15
2.1.2 EuPD Research Branchenanalyse Photovoltaik .....	16
2.1.3 Trend:research Windenergiestudie .....	17
2.1.4 Sonstige Abschätzungen .....	18
2.1.5 Zusammenfassung .....	18
2.2 Nachfrageorientierter Ansatz .....	19
3 Verwendetes I-O-Modell .....	23
3.1 Der Analyserahmen der Input-Output-Rechnung .....	23
3.2 Ableitung der I-O-Tabelle für Baden-Württemberg .....	25
3.3 Abbildung neuer Wirtschaftssektoren .....	26
4 Unternehmensbefragung .....	29
4.1 Grundlagen der Unternehmensbefragung .....	29
4.2 Ausgewählte Ergebnisse .....	30
5 In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage .....	35
5.1 Situation im Jahr 2008 .....	36
5.1.1 Herstellung von Anlagen und Komponenten .....	36
5.1.2 Wartung und Betrieb von Anlagen .....	37
5.2 Zubau bis 2020: Umsetzung des Energiekonzepts 2020 .....	38
5.2.1 Stromerzeugung .....	39
5.2.2 Ausbaupfade Wärme .....	42
5.2.3 In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage .....	45
5.3 Zubau bis 2020: Erhöhtes Ziel von 25% EE bei der Stromerzeugung .....	46
5.3.1 Wasserkraft .....	46
5.3.2 Windenergie .....	47
5.3.3 Photovoltaik .....	47
5.3.4 Biomasse .....	47
5.3.5 Geothermie .....	48
5.3.6 In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage durch den Ausbau zur Erreichung des 25%-Ziels im Strombereich .....	48
5.4 Beschäftigungspotenziale durch Export im Jahr 2020 .....	50
6 Ermittelte Beschäftigungswirkungen .....	51
6.1 Situation 2008 .....	51
6.2 Zubau bis 2020: Umsetzung des Energiekonzepts 2020 .....	54
6.3 Zubau bis 2020: Erhöhtes Ziel von 25% EE bei der Stromerzeugung .....	55
6.4 Beschäftigungspotenziale durch Export im Jahr 2020 .....	57

6.5	Ergänzende Betrachtungen .....	58
7	Schlussfolgerungen und Ausblick .....	61
8	Literatur .....	63
	Anhang .....	65
A	CPA-Klassifizierung in den deutschen Input-Output-Rechnungen .....	65
B	Abgeleitete und erweiterte Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg.....	66
B.1	Abgeleitete I-O-Tabelle .....	66
B.1.1	Letzte Verwendung .....	67
B.1.2	Produktion und Vorleistungen.....	70
B.1.3	Importe und Exporte .....	71
B.2	Um EE-Sparten erweiterte Input-Output-Tabelle.....	72
B.2.1	Bereich Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen.....	73
B.2.2	Bereich Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen.....	77
C	Szenario Energiekonzept 2020 und 2020+ .....	81
C.1	Ausgangslage .....	81
C.2	Ausbaupfade Strom .....	82
C.2.1	Wasserkraft.....	83
C.2.2	Windenergie.....	84
C.2.3	Photovoltaik .....	85
C.2.4	Biomasse .....	85
C.2.5	Geothermie .....	87
C.3	Ausbaupfade Wärme .....	88
C.3.1	Biomasse .....	89
C.3.2	Solarthermie.....	91
C.3.3	Geothermie und Umweltwärme .....	91
C.4	Zusammenfassung der Kosten für den Ausbau gemäß Energiekonzept 2020 .....	92
C.5	Entwicklung bis 2020: Zusätzliche Nachfrage durch 25% EE bei Stromerzeugung.....	93
C.5.1	Wasserkraft.....	93
C.5.2	Windenergie.....	94
C.5.3	Photovoltaik .....	94
C.5.4	Biomasse .....	94
C.5.5	Geothermie .....	95
C.5.6	Zusammenfassung der Kosten für den Ausbau zur Erreichung des 25%-Ziels im Strombereich.....	95
D	Ermittlung der Beschäftigung durch öffentliche und gemeinnützige Mittel .....	97

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Beschäftigung durch Erneuerbare Energien in Deutschland 2008 (Quelle: O'Sullivan et al. 2009). .....	16
Tab. 2-2:	Umsatz und Beschäftigungseffekte in der PV-Branche Baden-Württembergs. ....	17
Tab. 2-3:	Umsatz und Beschäftigungseffekte in der Windenergiebranche Baden-Württembergs 2008 (Quelle: Trend:research 2009). ....	18
Tab. 2-4:	Gegenüberstellung der relevanten Studien zu Beschäftigungseffekten. ....	19
Tab. 3-1:	Schematische Darstellung einer typischen Input-Output-Tabelle im ESA-95-Format. ....	24
Tab. 4-1:	Übersicht der in Langinterviews befragten Unternehmen. ....	30
Tab. 5-1:	Geschätzte Umsätze mit Erneuerbaren Energien im Zeitraum 2009 bis 2020 zur Zielerreichung in den Bereichen Strom und Wärme. ....	45
Tab. 5-2:	Für den Zeitraum 2009 bis 2020 geschätzte Umsätze im Bereich Erneuerbare Energien (Strom + Wärme) zur Zielerreichung für das erweiterte 25%-Ziel im Strombereich. ....	49
Tab. 5-3:	Potenzielle Exportumsätze baden-württembergischer EE-Unternehmen im Jahr 2020. ....	50
Tab. B-1:	Verwendungszwecke für Konsumausgaben. ....	67
Tab. B-2:	Hochrechnung der jährlichen privaten Konsumausgaben nach Verwendungszwecken für Baden- Württemberg und die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2006. ....	68
Tab. B-3:	Hochrechnung der jährlichen privaten Konsumausgaben nach Gütergruppen für Baden- Württemberg und die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2006. ....	69
Tab. B-4:	Aufbau einer Input-Output-Tabelle. ....	72
Tab. B-5:	Schema zur Berechnung der Summen auf der Aufkommenseite (Spalten). ....	75
Tab. B-6:	Schema zur Berechnung des Bereichs der letzten Verwendung von Gütern (Zeilen). ....	77
Tab. C-1:	Ausgangsbasis und Zielgrößen 2020 für die Strombereitstellung in Baden-Württemberg. ....	82
Tab. C-2:	Ausgangsbasis und Zielgrößen 2020 für die Wärmebereitstellung in Baden-Württemberg. ....	88
Tab. C-3:	Geschätzte Umsätze mit Erneuerbaren Energien im Zeitraum 2009 bis 2020 zur Zielerreichung in den Bereichen Strom und Wärme. ....	93
Tab. C-4:	Geschätzte Umsätze mit Erneuerbaren Energien im Zeitraum 2009 bis 2020 zur Zielerreichung in den Bereichen Strom und Wärme für das erweiterte 25%-Ziel im Strombereich. ....	96
Tab. D-1:	Überblick über in Baden-Württemberg wirksame öffentliche und gemeinnützige Mittel (Jahr 2006). ....	98

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1:	Nachfrageorientierter Ansatz zur Ermittlung direkter und indirekter Effekte.....	20
Abb. 4-1:	Zahl der Sparten, in denen befragte Unternehmen tätig sind (Stichprobe: 118 Unternehmen)..	31
Abb. 4-2:	Herkunft des von den befragten Unternehmen erzielten Umsatzes (Stichprobe: 81 Unternehmen). .....	31
Abb. 4-3:	Abnehmer der Produkte und Dienstleistungen (Stichprobe: 81 Unternehmen). .....	32
Abb. 4-4:	Anteil bezogener Vorleistungen der Produktions- bzw. Dienstleistungstätigkeit aus einem Umkreis von 100 km (Stichprobe: 82, Mehrfachnennung möglich). .....	32
Abb. 5-1:	Für Beschäftigungseffekte in Baden-Württemberg relevante Nachfrageströme (ROW = Rest of the World, d. h. Welt ohne Baden-Württemberg).....	35
Abb. 5-2:	In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage durch den Bau von Anlagen und Komponenten sowie die Herstellung von PV-Produktionsanlagen. ....	37
Abb. 5-3:	In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage durch den Betrieb von Anlagen. ....	38
Abb. 5-4:	Szenario zum Ausbau der Strombereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg bis 2020. ....	40
Abb. 5-5:	Szenario zum Ausbau der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg bis 2020. ....	42
Abb. 5-6:	In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage nach EE-Anlagen und Komponenten durch den Zubau im Zeitraum 2009 bis 2020. ....	46
Abb. 5-7:	In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage nach EE-Anlagen und Komponenten durch den Zubau im Zeitraum 2009 bis 2020, 25%-Ziel im Strombereich.....	49
Abb. 6-1:	Beschäftigung in Baden-Württemberg durch im Land wirksame Nachfrage nach EE-Anlagen und deren Betrieb im Jahr 2008.....	51
Abb. 6-2:	Durch den Zubau zur Erreichung der Ziele des Energiekonzepts 2020 in Baden-Württemberg generierte Vollbeschäftigungsjahre (Zeitraum 2009 bis 2020). ....	54
Abb. 6-3:	Durch den Zubau zur Erreichung der für Stromerzeugung erhöhten Ziele des Energiekonzepts 2020 in Baden-Württemberg generierte Vollbeschäftigungsjahre (Zeitraum 2009 bis 2020).....	56
Abb. 6-4:	Gegenüberstellung der durch EE-Zubau in Baden-Württemberg gemäß des Energiekonzepts 2020 (EK2020) und der für Stromerzeugung erhöhten Ziele (25 % EE – EK2020plus) generierten Vollbeschäftigungsjahre über den Zeitraum von 2009 bis 2020. ....	57
Abb. 6-5:	Potenzielle Beschäftigung in Baden-Württemberg durch Export von EE-Anlagen und Komponenten im Jahr 2020. ....	58
Abb. C-1:	Vorläufiger Stand und Ausbauziele der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg (vgl. UM/WM 2009). ....	81
Abb. C-2:	Szenario zum Ausbau der Strombereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg bis 2020. ....	83
Abb. C-3:	Szenario zum Ausbau der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg bis 2020. ....	89

## Abkürzungen und Definitionen

Biogas	Biogas + flüssige Biomasse
Biomasse	Feste Biomasse
EE	Erneuerbare Energien
EK 2020	Energiekonzept 2020 der Landesregierung Baden-Württemberg
I-O-Tabelle	Input-Output-Tabelle
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
PV	Photovoltaik
SWOT-Analyse	Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken ( <b>S</b> trengths, <b>W</b> eaknesses, <b>O</b> pportunities, <b>T</b> hreats)





# Zusammenfassung

## Zielsetzung

Während für Deutschland allgemein akzeptierte, methodisch fundierte Untersuchungen von Beschäftigungseffekten durch die Erneuerbare-Energien-Branche vorliegen (vgl. z. B. Staiß et al. 2006 und O'Sullivan et al. 2009), gibt es auf Ebene der Bundesländer bislang nur wenige Arbeiten. Für Baden-Württemberg sind hier vor allem drei Studien zu nennen: Für den Bereich Photovoltaik legten EuPD Research und das Institut für Wirtschaftsforschung (2008) eine nach Bundesländern disaggregierte Schätzung der Arbeitsplätze vor. Diese wurde im Rahmen der Branchenanalyse „Photovoltaik in Baden-Württemberg“ im Auftrag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg von EuPD noch weiter präzisiert. Für die Windenergiebranche schätzte Trend:research (2009) die Beschäftigungswirkungen.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Bruttobeschäftigungseffekte in Baden-Württemberg durch Investition in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen sowie deren Betrieb betrachtet. Hierzu wird für Baden-Württemberg ein aktuelles, regional spezifiziertes und um den Sektor „Erneuerbare Energien“ erweitertes Input-Output-Modell erstellt, das den gegenwärtigen Zustand der baden-württembergischen Wirtschaftsstruktur beschreibt. Voraussetzung für die Erweiterung sind Daten zu Vorleistungsverflechtungen von Herstellerunternehmen sowie Annahmen zu technisch-ökonomischen Zusammenhängen.

Ziel der Studie ist eine Quantifizierung der Beschäftigungswirkungen der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg, gegenwärtig und für die Zukunft. In diesem Zusammenhang soll die Bedeutung der EE-Branche für die baden-württembergische Wirtschaft ermittelt und deren strukturelle Stärken identifiziert werden.

## Methodischer Ansatz

Die Ermittlung der Bruttobeschäftigungswirkungen in Baden-Württemberg erfolgt mit Hilfe eines nachfrageorientierten Ansatzes. Ausgangspunkt ist dabei die mit der Nutzung der Erneuerbaren Energien verbundene Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen für die Herstellung und Errichtung von Anlagen und deren Betrieb.

Diese Nachfrage löst Umsatz bei Anlagen- und Komponentenherstellern, Händlern und Dienstleistern aus und führt somit zu direkten Beschäftigungseffekten bei den Unternehmen. Zur Herstellung von Gütern bzw. der Erbringung von Dienstleistungen werden Vorleistungen bei weiteren Unternehmen nachgefragt. Aus den damit verbundenen Umsätzen erwachsen indirekte Beschäftigungseffekte, die mit Hilfe der in einer Input-Output-Tabelle abgebildeten Vorleistungs- und Lieferbeziehungen ermittelt werden. Es werden mit dieser Methode also auch jene Beschäftigungsanteile erfasst, die indirekt in jeglicher Art von Vorleistungen zur Erstellung von nachgefragten Anlagen enthalten sind.

Das methodische Vorgehen setzt als wichtige Bausteine folgende Datensätze und Informationen voraus:

- Eine quantitative Abschätzung der wirksamen Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen für die in die Analyse einzubeziehenden Nachfragekomponenten; hierfür wurde im Rahmen der Studie eine Unternehmensbefragung durchgeführt.
- Eine Beschreibung der Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Analyserahmen der Input-Output-Analyse,
- eine aktuelle Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg und
- einen Satz von Arbeitskoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je Einheit Umsatz) entsprechend der sektoralen Gliederung der verwendeten Input-Output-Tabelle.

Die mit der Erstellung von Anlagen und Komponenten verbundenen Effekte werden durch die relevanten Umsätze der einschlägigen baden-württembergischen Unternehmen bestimmt, egal wo die Anlagen errichtet werden (sog. Herstellereffekt). Demgegenüber hängen die Wirkungen, die durch den Betrieb der Anlagen (also der Erzeugung von Wärme und/oder Strom) ausgelöst werden, vom Bestand der in Baden-Württemberg installierten Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien ab, unabhängig davon, wo diese Anlagen hergestellt wurden (sog. Betriebseffekt).

Die Unterschiede in den beiden angesprochenen Effekten (Herstellereffekt, Betriebseffekt) verlangen eine differenzierte Abbildung des Bereichs Erneuerbare Energien im Kontext der Input-Output-Rechnung. Daher werden diese beiden Aktivitäten in zwei unterschiedlichen Produktionsbereichen dargestellt.

Die relevanten Daten zur sektoralen Wirtschaftsentwicklung in Baden-Württemberg werden im Rahmen des Projekts in Form einer regionalisierten Input-Output-Tabelle bereitgestellt. Die Input-Output-Tabelle gibt einen detaillierten Einblick in die Güterströme und Produktionsverflechtungen innerhalb der baden-württembergischen Volkswirtschaft und über die Landesgrenzen hinaus auf nationaler und internationaler Ebene.

Ein besonderes Kennzeichen der Input-Output-Rechnung ist, dass methodisch eine inhaltliche Abstimmung der zwischen den Wirtschaftsbereichen fließenden Waren- und Dienstleistungsströme stattfindet, wobei die Input-Output-Tabelle ein in sich geschlossenes Rechenschema darstellt, in dem bestimmte Bilanzgleichungen erfüllt sein müssen.

## **Ergebnisse**

Im Jahr 2008 waren insgesamt rund 16.900 Personen im Bereich Erstellung von EE-Anlagen sowie Wartung und Instandhaltung von Anlagen in Baden-Württemberg beschäftigt. Mit 33 % der Beschäftigung stellt die Photovoltaik die mit Abstand wichtigste Sparte dar. Es folgen Windkraft mit 25 %, feste Biomasse mit 13 % und Wasserkraft mit 10 %; Solarthermie, Biogas (inkl. flüssige Biomasse) und Geothermie weisen Anteile unter 10 % auf. Hinzu kommen gut 3.100 Beschäftigte durch den Export von Produktionsanlagen für die Photovoltaikindustrie. Zusätzlich zu Wartung und Instandhaltung sind für den Betrieb von Biomasseanlagen auch Brennstoffe erforderlich. Ein großer Teil der Brennstoffbereitstellung entfällt jedoch auf Bereiche, die in der Input-Output-Rechnung statistisch nicht oder nur unvollständig erfasst werden. Eine Abschätzung der Beschäftigungseffekte wird auf Grund der großen Bedeutung der Bereitstellung biogener Brennstoffe dennoch durchgeführt – es ergeben sich ca. 2.000 Arbeitsplätze. Weitere ca. 740 Personen waren im Bereich der

Verwendung öffentlicher und gemeinnütziger Mittel tätig. Hierzu zählen Finanzmittel des Bundes, des Landes Baden-Württemberg, der EU und von Stiftungen, die im Bereich Erneuerbare Energien hauptsächlich für die zwei Bereiche „Forschung und Entwicklung“ sowie „Öffentlichkeitsarbeit und Wirtschaftsförderung“ eingesetzt werden.

Insgesamt waren 2008 demnach gut 22.700 Personen im Bereich der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg beschäftigt. Mit dem verwendeten Berechnungsansatz werden Vollzeitstellen quantifiziert. Dies bedeutet, dass 22.700 Personen das ganze Jahr über voll beschäftigt waren oder 45.400 Personen eine Halbtagsbeschäftigung hatten. Diese Zahlen stellen eine konservative Abschätzung dar, d. h. es wurde angestrebt, eine Überschätzung der Effekte zu vermeiden. Unsicherheiten und Unschärfen ergeben sich vor allem aus der mangelnden Datenverfügbarkeit speziell für den Wirtschaftsraum Baden-Württemberg. Dies trifft sowohl für die Umsätze im Bereich der Erneuerbaren Energien als auch für detaillierte Arbeitsmarktdaten für die Wirtschaftssektoren in der benötigten tiefen Untergliederung zu.

Zur Analyse der Wirkungen der im Energiekonzept 2020 der Landesregierung formulierten Zubauziele im Bereich der Erneuerbaren Energien wurde ein Szenario entwickelt, das Ausbaupfade für jede einzelne Sparte im Zeitraum von 2009 bis 2020 enthält. Mit dem Zubau zur Erreichung der Ziele des Energiekonzepts 2020 sind über den gesamten Zeitraum von 2009 bis 2020 über 100.000 Vollbeschäftigungsjahre verbunden, die meisten davon in den Sparten Photovoltaik, Solarthermie sowie feste Biomasse<sup>1</sup>. Auf jährlicher Basis entspricht dies durchschnittlich 8.600 Vollzeitstellen<sup>2</sup>. Die Anteile der einzelnen Sparten sind weitgehend durch die politisch gesetzten Ausbauziele vorgegeben. Knapp die Hälfte der Beschäftigung entfällt auf Wartung und Instandhaltung. Diese Arbeitsplätze sind von besonderer Bedeutung, da sie von der Zahl installierter Anlagen abhängt, die auch über den Ausbauperioden hinaus Bestand haben wird. Gleiches gilt für die Brennstoffbereitstellung, welche Beschäftigung in Höhe weiterer geschätzter 32.000 Vollbeschäftigungsjahre (knapp 2.700 auf jährlicher Basis) bietet.

Strebt man bei der Stromerzeugung einen im Vergleich zum Energiekonzept 2020 erhöhten EE-Anteil von 25 % (statt 20 %) an, so wächst die Beschäftigung auf jährlicher Basis von durchschnittlich 8.600 auf 10.100 Stellen. Hinzu kommen geschätzte 2.900 (statt 2.700) Arbeitsplätze im Bereich der Brennstoffbereitstellung. Insgesamt sind mit dem ambitionierteren Ausbauziel also 1.700 zusätzliche Stellen auf jährlicher Basis verbunden.

Erreichen die Unternehmen Baden-Württembergs im Jahr 2020 einen Anteil von 1 % des Weltmarktes im Bereich der EE-Anlagen, so finden im Jahr 2020 mehr als 24.000 Personen durch die Exportaktivitäten Arbeit. Dies unterstreicht einmal mehr die Bedeutung des Exports für die verarbeitende Industrie in Baden-Württemberg. Allerdings bedeutet dies nicht, dass allein durch Export Stellen im Bereich der Erneuerbaren Energien entstehen. Der Vorteil der Nutzung der EE-Potenziale in Baden-Württemberg liegt vor allem darin, dass dauerhafte Arbeitsplätze beim Anla-

---

<sup>1</sup> Nicht enthalten ist die Beschäftigung durch Export von Komponenten, Anlagen und Dienstleistungen im betrachteten Zeitraum.

<sup>2</sup> Es handelt sich insgesamt um 100.000 Vollbeschäftigungsjahre, die sich auf den betrachteten Zwölfjahreszeitraum verteilen. Rechnerisch sind damit im Durchschnitt 8.600 Personen über 12 Jahre in der EE-Branche voll beschäftigt. Die Beschäftigtenzahl schwankt im Bereich Anlagenherstellung je nach Zubauvolumen über die einzelnen Jahre. Im Bereich Anlagenbetrieb kann man auf Grund des wachsenden Anlagenbestandes von einer mit den Jahren steigenden Beschäftigtenzahl ausgehen.

genbetrieb geschaffen werden. Wie wertvoll solche Beschäftigung besonders in Krisenzeiten sein kann, zeigt die aktuelle Wirtschaftskrise, in der vor allem die Arbeitsplätze in den exportorientierten Branchen gefährdet sind. Darüber hinaus könnte eine zunehmende Tendenz wichtiger Abnehmerländer zum Protektionismus (Bevorzugung inländischer Hersteller, derzeit beispielsweise in China zu beobachten) die Exportmöglichkeiten einschränken.

Da auf allen Stufen der Berechnung ein konservativer Ansatz gewählt wurde, sind die ermittelten Werte als Untergrenze der Beschäftigung im Bereich der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg zu sehen. Betont werden sollte jedoch, dass es sich bei den genannten Werten zwar um durch das Wachstum innerhalb des Sektors Erneuerbarer Energien neu geschaffene Arbeitsplätze handelt, diese aber insgesamt nicht als zusätzliche Arbeitsplätze angesehen werden können. Zum einen werden durch Strukturwandel Arbeitsplätze aus anderen Branchen, beispielsweise dem konventionellen Energiesektor verlagert, zum anderen geht durch Nachfrageverluste infolge erhöhter Energiepreise auch die Beschäftigung in anderen Sektoren etwas zurück.

Bei entsprechender Entwicklung der Ausfuhren (nach Deutschland und ins Ausland) kann die EE-Branche zu einer Schlüsselbranche der baden-württembergischen Wirtschaft in einem zukunftsträchtigen Markt werden. Voraussetzung hierfür sind innovative Produkte, vor allem in den Technologiebereichen, die zukünftig auf internationalen Märkten wichtig sein werden (z. B. Offshore-Windkraft oder solarthermische Kraftwerke). Nur so kann sichergestellt werden, dass wesentliche Teile der Wertschöpfung und damit Beschäftigung in Baden-Württemberg verbleiben und nicht in Billiglohnländer verlagert werden.

Der Ausbau im Land trägt einerseits dazu bei, die Kompetenz der baden-württembergischen Unternehmen im Bereich der Erneuerbaren zu unterstreichen und unterstützt andererseits den Aufbau eines nachhaltigen, wenig konjunkturabhängigen Arbeitsmarktes im Bereich Anlagenbetrieb.

Das Land sollte deshalb weiterhin die Unternehmen bei der Markterschließung im Ausland unterstützen. Darüber hinaus ist anzustreben, das erreichte hohe Niveau der Forschung im Bereich der Erneuerbaren Energien zu halten und wenn möglich weiter auszubauen. Im Zusammenspiel mit den einschlägigen Unternehmen spielen hierfür auch die im Land angesiedelten Forschungsinstitute eine wichtige Rolle. Weiterhin sollte der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen im Land auch über die Ziele des Energiekonzepts 2020 hinaus geprüft werden.

# 1 Hintergrund und Zielsetzung

## Hintergrund

Im Spannungsfeld von Klimaschutz, Nachhaltigkeit und wirtschaftlicher Entwicklung des Landes hat die Landesregierung Baden-Württembergs eine energiepolitische Strategie entwickelt, um eine zukunftsfähige Energieversorgung für das Land zu gewährleisten. Zentrales Element dieser Strategie ist das „Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ der Landesregierung, das am 27.7.2009 vom Kabinett verabschiedet wurde und konkrete Ziele zum Ausbau der Erneuerbaren Energien setzt. Der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung soll bis zum Jahr 2020 auf mindestens 20 % steigen. Außerdem soll der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung bis dahin mindestens 16 % betragen. Die Nutzung von Biokraftstoffen soll dem Bundesziel entsprechend ausgebaut werden. Damit soll ein Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch von mindestens 13 % im Jahr 2020 erreicht werden.

Angesichts der globalen Dimension des Klimaproblems sollte regionale Klimaschutzpolitik, zu der auch die Förderung Erneuerbarer Energien zählt, möglichst eine „Win-Win“ Situation anstreben, das heißt nicht nur dem Klimaschutz zuträglich sein, sondern auch positive regionalökonomische Effekte generieren. In der öffentlichen Debatte wird in diesem Zusammenhang häufig das Argument vorgebracht, dass es sich für eine Region lohne, eine Vorreiterrolle im Klimaschutz zu übernehmen, da diese mit positiven Innovationseffekten sowie First-Mover-Vorteilen verbunden sei. Solche Vorteile sind zwar aus theoretischer Sicht durchaus möglich, doch können sie für jede Region in Abhängigkeit von der regionalen Wirtschaftsstruktur sehr unterschiedlich ausfallen.

Neben den Förderinstrumenten auf Bundesebene (z. B. das Erneuerbare-Energien-Gesetz) bestehen eine Reihe landespolitischer Maßnahmen zur Förderung Erneuerbarer Energien (z. B. das Förderprogramm „Klimaschutz-Plus“). Um die regionalökonomischen Effekte solcher Maßnahmen besser abschätzen und damit die Förderung des Landes optimieren zu können, werden in dieser Studie die Beschäftigungswirkungen in Baden-Württemberg durch Herstellung, Errichtung und Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien ermittelt. Darüber hinaus ist der Stellenwert dieser neuen Industrie für die Entwicklung der Wirtschaft des Landes zu ermitteln.

## Zielsetzung

Während für Deutschland methodisch fundierte Untersuchungen der Beschäftigungseffekte durch die Erneuerbare-Energien-Branche vorliegen, die allgemein akzeptiert sind (vgl. z. B. Staiß et al. 2006 und O’Sullivan et al. 2009), gibt es auf Ebene der Bundesländer bislang nur wenige Arbeiten. Für Baden-Württemberg sind hier vor allem drei Studien zu nennen: Für den Bereich Photovoltaik legten EuPD Research und das Institut für Wirtschaftsforschung (2008) eine nach Bundesländern disaggregierte Schätzung der Arbeitsplätze vor. Diese wurde im Rahmen der Branchenanalyse „Photovoltaik in Baden-Württemberg“ im Auftrag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg von EuPD Research noch weiter präzisiert. Für die Windenergiebranche schätzte Trend:research (2009) die Beschäftigungswirkungen.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Bruttobeschäftigungseffekte in Baden-Württemberg durch Investition in Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energiequellen sowie deren Betrieb betrachtet. Hierfür wird für Baden-Württemberg ein aktuelles, regional spezifiziertes und um den Sektor „Erneuerbare Energien“ erweitertes Input-Output-Modell erstellt, das den gegenwärtigen Zustand der baden-württembergischen Wirtschaftsstruktur beschreibt. Voraussetzung für die Erweiterung sind Daten zu Vorleistungsverflechtungen von Herstellerunternehmen sowie Annahmen zu technisch-ökonomischen Zusammenhängen.

Ziel der Studie ist eine Quantifizierung der Beschäftigungswirkungen Erneuerbarer Energien in Baden-Württemberg, gegenwärtig und für die Zukunft. In diesem Zusammenhang soll die Bedeutung der EE-Branche für die baden-württembergische Wirtschaft ermittelt und deren strukturelle Stärken identifiziert werden. Herangehensweise und Ergebnisse der Untersuchung wurden im Rahmen eines Projektbeirats mit Vertretern aus Industrie, Verbänden und Behörden kritisch diskutiert.

## 2 Bestehende Schätzungen und gewählter methodischer Ansatz

### 2.1 Bestehende Schätzungen zu Beschäftigungseffekten

Die mit der Produktion, der Errichtung und dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien entstehende regionale Wertschöpfung ist ein wichtiges Argument für die finanzielle Förderung des EE-Ausbaus. Die Entstehung zusätzlicher Beschäftigung ist der wichtigste Aspekt der Wertschöpfung, weshalb es in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Schätzungen der Beschäftigungseffekte gab. Dabei reicht die Spannweite von der Ad-hoc-Zusammenstellung von Beschäftigtenzahlen – etwa durch Branchenverbände – bis zu ausführlichen, methodisch gut untermauerten Studien. Nachfolgend werden einige Studien kurz vorgestellt, die im Rahmen dieser Untersuchung relevant sind, entweder weil sie die methodischen Grundlagen geschaffen haben oder weil sie Schätzungen für Baden-Württemberg enthalten.

#### 2.1.1 Studien für das Bundesumweltministerium

In einer Reihe von Studien im Auftrag des Bundesumweltministeriums (BMU) wurden die methodischen Grundlagen und Ergebnisse erarbeitet, die den anerkannten Stand des Wissens über die Beschäftigungseffekte Erneuerbarer Energien in Deutschland darstellen.

Im Zeitraum von Ende 2004 bis Juni 2006 wurde die Studie „Erneuerbare Energien – Arbeitsplatzeffekte“ (Staiß et al. 2006) erarbeitet. In dieser Studie wird der Sektor „Herstellung und Betrieb von Anlagen zur Verwendung erneuerbarer Energien“ mittels eines eigens für diesen Sektor entwickelten empirisch fundierten Input-Output-Vektors systematisch untersucht. Mit Hilfe der Input-Output-Analyse können die Vorlieferungsverflechtungen des Sektors detailliert abgebildet werden. Weiterhin wird erstmalig die Bedeutung des Exports für diesen Sektor untersucht und die derzeitigen sowie zukünftig zu erwartenden Anteile deutscher Unternehmen auf dem Weltmarkt abgeschätzt. Auf dieser Basis wird die Bruttobeschäftigung im Jahr 2004 ermittelt und ihre Entwicklung unter verschiedenen Ausbauszenarien untersucht. Darüber hinaus wird die Nettobeschäftigung eines verstärkten Ausbaus Erneuerbarer Energien im Vergleich zu einem Referenzszenario unter Berücksichtigung aller relevanten Effekte berechnet.

In Ergänzung zu dieser ersten Studie und auf deren Ergebnissen aufbauend wurde im Jahr 2007 die Studie „Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006“ (Kratz et al. 2007) durchgeführt. In ihrem Rahmen wird die Schätzung der Bruttobeschäftigung auf das Jahr 2006 aktualisiert und der Nettoeffekt des Ausbaus Erneuerbarer Energien im Vergleich zu einer Entwicklung ohne jeglichen Ausbau von Erneuerbaren Energien berechnet. Die empirische Basis dieser beiden Studien stützt sich auf das Jahr 2004. Auf Grund der seitdem zu beobachtenden Entwicklungen des Sektors selbst sowie der nationalen und internationalen Rahmenbedingungen, ist eine Neueinschätzung auf einer aktualisierten Datenbasis notwendig, die im Rahmen der von 2008 bis 2011 laufenden Studie „Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt“ (vgl. u.a. O’Sullivan et al. 2009) durchgeführt wird.

Der große Vorteil der Verwendung des Instruments der Input-Output-Analyse liegt in der Erfassung indirekter Effekte auch in Branchen, die nicht direkt dem Bereich der Erneuerbaren Energien zuzu-

ordnen sind. So wird beispielsweise die Beschäftigungswirkung aus der Stahlproduktion zum späteren Bau einer Windkraftanlage berücksichtigt, selbst wenn dem betreffenden Mitarbeiter selbst der Zusammenhang seiner Tätigkeit mit Erneuerbaren Energien unbekannt ist.

Für das Jahr 2008 weisen O’Sullivan et al. (2009) die in Tab. 2-1 aufgeführten Beschäftigungswirkungen aus. Sowohl bei der Herstellung von Anlagen als auch insgesamt trägt die Windenergie am meisten zu Beschäftigung im Bereich der Erneuerbaren Energien bei. Im Bereich Anlagenbetrieb leisten Biomasseanlagen den größten Beitrag zur Beschäftigung, zumal wenn man die Brennstoffbereitstellung berücksichtigt. Die Photovoltaik stellt die dritte wesentliche Säule der Beschäftigung im Bereich der Erneuerbaren dar.

**Tab. 2-1:** Beschäftigung durch Erneuerbare Energien in Deutschland 2008 (Quelle: O’Sullivan et al. 2009).

	Beschäftigung durch Investitionen	Beschäftigung durch Wartung & Betrieb	Beschäftigung durch Brenn-/Kraftstoffbereitstellung	Beschäftigung gesamt
Wind	68.100	17.000		85.100
Photovoltaik	54.700	2.300		57.000
Solarthermie	15.500	1.900		17.400
Wasserkraft	4.900	4.400		9.300
Geothermie	8.600	500		9.100
Biomasse	15.200	19.500		34.700
Biogas & fl. Biomasse	3.400	4.000		7.400
Biomassebrennstoffe			28.500	28.500
Biokraftstoff			25.200	25.200
<b>Summe</b>	<b>170.400</b>	<b>49.600</b>	<b>53.700</b>	<b>273.700</b>
Beschäftigung durch öffentliche / gemeinnützige Mittel				4.300
<b>Summe</b>				<b>278.000</b>

### 2.1.2 EuPD Research Branchenanalyse Photovoltaik

In Zusammenarbeit mit dem Ifo-Institut München stellte EuPD Research im Jahr 2008 eine Standortanalyse Photovoltaik in Deutschland vor, welche Angaben zur Beschäftigung auf Ebene der Bundesländer enthält (vgl. EuPD und Ifo 2008). Aufbauend hierauf wurde im Rahmen einer Strukturanalyse des Landes Baden-Württemberg (EuPD 2009) der aktuelle Stand der Photovoltaik-Branche ermittelt. Sie beinhaltet eine umfassende Darstellung der Photovoltaik-Branche im Bundesland Baden-Württemberg heute und in Zukunft mit den Teilbereichen Absatzmarkt, Unternehmens- sowie Forschungslandschaft. Abschließend werden sowohl die Untersuchungsergebnisse im Rahmen einer SWOT-Analyse eingeordnet als auch strategische Empfehlungen zur Entwicklung des Standortes Baden-Württemberg und zur Stärkung der PV-Branche formuliert.



Die Branchenanalyse basiert auf einer schriftlichen Befragung von Photovoltaikherstellern, -großhändlern und -zulieferern sowie von Hochschulen und Forschungsinstituten. Ergänzt wurden diese Daten durch die Auswertung qualitativer Experteninterviews. Darüber hinaus wurden Ergebnisse weiterer Untersuchungen von EuPD Research bzw. Daten aus Sekundärrecherchen verwendet.

Umsatz und Beschäftigte werden für die Befragungsgruppen Zulieferer, Hersteller, Handwerker und Großhändler ausgewiesen. Die Ergebnisse sind, zusammen mit denen der Standortanalyse für das Jahr 2007 in Tab. 2-2 dargestellt. Im Vergleich der Beschäftigtenzahlen zwischen 2007 und 2009 ist der Sprung im Bereich „Zulieferer“ sehr auffällig. Dieser wird in EuPD (2009, S. 84) damit begründet, dass bei Zulieferern „bei entsprechendem Auftragseingang mehr oder weniger Beschäftigte in PV-relevanten Projekten tätig sind“. Folglich spiegelt der starke Anstieg die Sondersituation im Jahr 2008 wider: In Folge der Wirtschaftskrise nahm die Nachfrage aus traditionellen Branchen (z.B. Fahrzeugbau) ab und wurde durch verstärkte Aktivität im Bereich der Photovoltaik ausgeglichen.

**Tab. 2-2:** Umsatz und Beschäftigungseffekte in der PV-Branche Baden-Württembergs.

	<b>EuPD und Ifo 2008</b>	<b>EuPD 2009</b>		
	Beschäftigte (2007)	Umsatz (Mio. €) (2008)	Beschäftigte (2009)	Umsatz (Mio. €) (2009)
Hersteller	1.109	675	1.350	695
Zulieferer	1.579	805	4.025	757
Handwerker / Systemintegratoren	3.012	997	3.446	1.216
Großhändler	468	946	473	963
<b>Summe</b>	<b>6.168</b>	<b>3.423</b>	<b>9.294</b>	<b>3.631</b>

### 2.1.3 Trend:research Windenergiestudie

Die Studie „Windenergie aus und in Baden-Württemberg“ (Trend:research 2009) betrachtet die derzeitige Wertschöpfung in Baden-Württemberg durch die Nutzung der Windenergie im On- und Offshore-Bereich und quantifiziert diese näherungsweise. Als Kenngrößen der Wertschöpfung werden Umsatz, Beschäftigung, Investitionen sowie das Steueraufkommen herangezogen. Im zweiten Teil der Studie werden die Wertschöpfungspotenziale des Windenergiesektors in Baden-Württemberg (durch Ausbau der Windenergie, neue Technologien, Innovationen sowie aktuelle Trends) aufgezeigt und auf Basis von Prämissen bis zum Jahr 2020 prognostiziert. Schließlich werden die Möglichkeiten zum Ausbau der Windenergie in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung der landespolitischen Zielsetzung dargestellt.

Die Abschätzungen stützen sich auf Intra- und Internet-Datenbank-Analysen sowie die Ergebnisse aus 20 strukturierten Experteninterviews mit Unternehmen bzw. Institutionen mit Sitz in Baden-Württemberg, die in der Windbranche aktiv sind. Es wird der Beitrag von ca. 110 Unternehmen aus den Bereichen Projektentwicklung/-planung, Finanzierung, Anlagenfertigung, Transport/Montage, Netzanbindung, Operation & Maintenance zur Wertschöpfung in Baden-Württemberg einbezogen.

Diese Unternehmen werden als erste Ebene der Wertschöpfungskette betrachtet, für den Bereich Anlagenfertigung wird auch die Herstellung der Komponenten (Fundament, Turm, Rotor, Nabe, Turbine, Leittechnik/Steuerung, Netzableitung) berücksichtigt. Der Umsatz in Baden-Württemberg im Bereich Windenergie wird auf rund 580 Mio. Euro, die Zahl der Beschäftigten auf ca. 4.300 geschätzt (vgl. Tab. 2-3).

**Tab. 2-3:** Umsatz und Beschäftigungseffekte in der Windenergiebranche Baden-Württembergs 2008 (Quelle: Trend:research 2009).

	<b>Beschäftigte</b>	<b>Umsatz (Mio. €)</b>
Projektentwicklung/-planung	250	210
Finanzierung	70	20
Anlagenfertigung	3.650	260
Transport/Montage	40	1,5
Netzanbindung	60	50
O&M	160	20
F&E	10	2
Dienstleistungen	100	20
<b>Summe</b>	<b>4.300</b>	<b>580</b>

#### 2.1.4 Sonstige Abschätzungen

Das Statistische Landesamt Baden-Württemberg ermittelt im Rahmen seiner jährlichen Erhebung der Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz gemäß § 12 Umweltstatistikgesetz (UStatG) Umsatz und Beschäftigte von ausgewählten Betrieben. Die Erhebung umfasst Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden, des Verarbeitenden Gewerbes und Baugewerbes, Architektur- und Ingenieurbüros sowie Institute und Einrichtungen, die Waren herstellen bzw. Leistungen erbringen, die dem Umweltschutz dienen. Für das Jahr 2007 wurde ein Umsatz mit Gütern Erneuerbarer Energien von knapp 0,8 Mrd. Euro ermittelt (Statistisches Landesamt 2009a). Aus den Angaben lässt sich eine Beschäftigtenzahl von knapp 2.600 Personen ableiten. Allerdings kann es sich bei diesen Daten nur um eine Untergrenze für Umsatz und Beschäftigtenzahl im Bereich der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg handeln, da keine Vollerhebung aller Betriebe durchgeführt wird und keine Hochrechnung der Ergebnisse erfolgt.

Weitere Abschätzungen der Beschäftigung in der EE-Branche Baden-Württembergs sind derzeit nicht verfügbar, wie eine Nachfrage bei einschlägigen Verbänden und Experten ergab.

#### 2.1.5 Zusammenfassung

In Tab. 2-4 werden die in den vorigen Abschnitten kurz vorgestellten relevanten Studien zu Beschäftigungseffekten gegenübergestellt.

**Tab. 2-4:** Gegenüberstellung der relevanten Studien zu Beschäftigungseffekten.

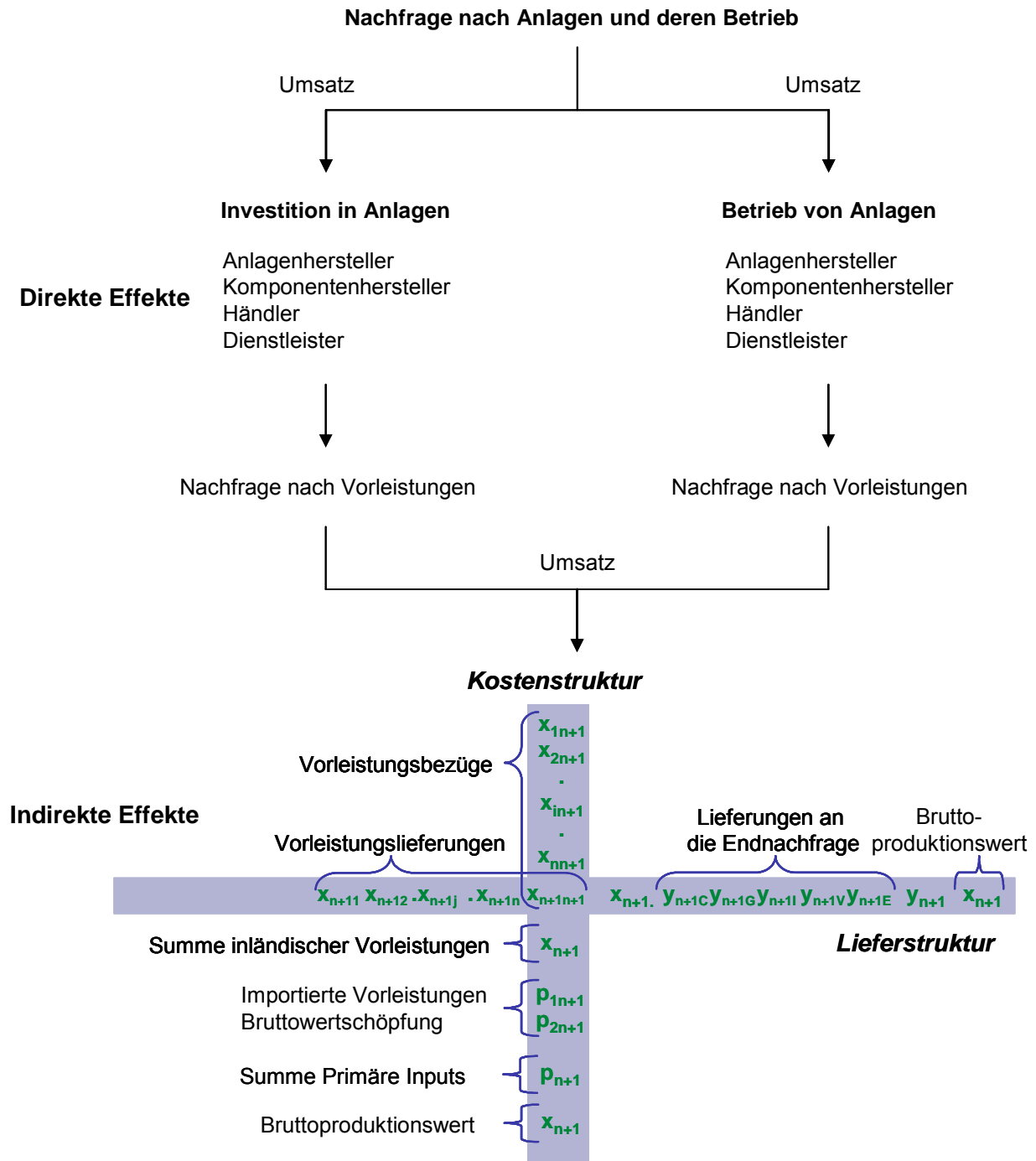
	<b>BMU</b>	<b>EuPD Research</b>	<b>Trend:research</b>	<b>Stat. Landesamt</b>
<b>Methodischer Ansatz</b>	Nachfrageorientierter Ansatz: Unternehmensbefragung + Input-Output-Modell Ergebnis abhängig von Umsatzentwicklung	Angebotsorientierter Ansatz: Unternehmensbefragung + Hochrechnung Ergebnis abhängig von Beschäftigungssituation bei Befragung	Angebotsorientierter Ansatz: Expertenbefragung + Hochrechnung Ergebnis abhängig von Beschäftigungssituation bei Befragung	Statistische Erhebung  Ergebnis abhängig von Beschäftigungssituation bei Befragung
<b>Räumlicher Bezug</b>	Deutschland	Baden-Württemberg	Baden-Württemberg	Baden-Württemberg
<b>Sparten</b>	Alle EE-Sparten	Photovoltaik	Windkraft	Alle EE-Sparten
<b>Direkte Effekte</b>	Umsatzschätzung + empirisch fundierte Kenngrößen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung	Hochrechnung für berücksichtigte Gruppen: Zulieferer, Hersteller, Handwerker, Großhändler	Hochrechnung für alle Unternehmen der ersten Stufe der Wertschöpfungskette, zusätzlich Berücksichtigung von Anlagenkomponenten	Erhobene Daten
<b>Indirekte Effekte</b>	Alle volkswirtschaftlichen Sektoren: Umsatzschätzung + empirisch fundierte Input-Output-Tabelle	Nicht berücksichtigt	Nicht berücksichtigt	Nicht berücksichtigt

## 2.2 Nachfrageorientierter Ansatz

Der in dieser Untersuchung verwendete methodische Ansatz zur Abschätzung der Bruttobeschäftigungswirkungen<sup>3</sup> in Baden-Württemberg basiert weitgehend auf der in Staiß et al. (2006) entwickelten Methodik. Die Ermittlung der Bruttobeschäftigung erfolgt mit Hilfe eines nachfrageorientierten Ansatzes. Ausgangspunkt ist dabei die mit der Nutzung der Erneuerbaren Energien verbundene Nachfrage nach Gütern für die Herstellung und Errichtung von Anlagen und deren Betrieb. Abb. 2-1 illustriert den Ansatz zur Bestimmung direkter und indirekter Effekte: Durch die Nachfrage nach Anlagen bzw. deren Betrieb wird Umsatz bei Anlagen- und Komponentenherstellern, Händlern und Dienstleistern generiert, welche zu direkten Beschäftigungseffekten bei den Unternehmen führen. Zur Herstellung von Gütern, bzw. der Erbringung von Dienstleistungen werden Vorleistungen bei weiteren Unternehmen nachgefragt. Aus den damit verbundenen Umsätzen erwachsen indirekte Beschäftigungseffekte, die mit Hilfe der in der Input-Output-Tabelle abgebildeten Vorleistungs- und Lieferbeziehungen ermittelt werden. Es werden mit dieser Methode also auch jene Beschäftigungsanteile erfasst, die indirekt in jeglicher Art von Vorleistungen zur Erstellung von nachgefragten Anlagen enthalten sind. Falls beispielsweise ein Mitarbeiter in einem Stahlwerk Stahl produziert, der später beim Bau einer Windkraftanlage Verwendung findet, wird genau der entsprechen-

<sup>3</sup> Im Rahmen der Untersuchung wird nur die durch die Nachfrage nach EE-Anlagen und deren Betrieb ausgelöste Beschäftigung betrachtet. Für eine Ermittlung der Nettobeschäftigungseffekte wären darüber hinaus die mit der Substitution konventioneller Energieträger sowie die mit Kaufkraftverschiebungen in anderen Sektoren auftretenden Effekte zu berücksichtigen.

de Anteil des Arbeitsvolumens des Mitarbeiters modellmäßig der Beschäftigung durch Erneuerbare Energien zugerechnet, selbst wenn dem Mitarbeiter selbst der Zusammenhang seiner Tätigkeit mit Erneuerbaren Energien unbekannt ist.



**Abb. 2-1:** Nachfrageorientierter Ansatz zur Ermittlung direkter und indirekter Effekte.

Der nachfrageorientierte Ansatz hat den wesentlichen Vorteil, dass Güter einer definierten letzten Verwendung zugerechnet werden können, während bei einer angebotsorientierten Betrachtung der Verwendungszweck von Gütern nur schwierig bestimmt werden kann, da diese auch in Anlagen, die nicht der Nutzung erneuerbarer Energiequellen dienen, eingesetzt werden können. Auch ist es bei angebotsorientierten Ansätzen kaum möglich, die Mehrfachzählung von Gütern zu vermeiden:

So könnte bei einer angebotsorientierten Vorgehensweise einmal eine Komponente einer Windenergieanlage und fälschlicherweise noch einmal die Anlage selbst gezählt werden. Dieses Problem wird durch die hier angewandte Methodik vermieden.

Das methodische Vorgehen setzt als wichtige Bausteine folgende Datensätze und Informationen voraus:

- eine quantitative Abschätzung der wirksamen Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen für die in die Analyse einzubeziehenden Nachfragekomponenten,
- eine Beschreibung der Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Analyserahmen der Input-Output-Analyse, insbesondere eine Beschreibung der neu definierten Produktionsbereiche,
  - Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien,
  - Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien,
- eine aktuelle Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg und
- einen Satz von Arbeitskoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je Einheit Umsatz) entsprechend der sektoralen Gliederung der verwendeten Input-Output-Tabelle.

Um die Realität angemessen abzubilden ist es wichtig, die bestehenden Marktstrukturen adäquat wiederzugeben. Um dies sicherzustellen, wurde eine Unternehmensbefragung durchgeführt (vgl. Kapitel 4), die mit aktuellen Daten aus weiteren Quellen ergänzt wurde.

Investitionen in den Neubau von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien lösen zunächst so genannte Herstellereffekte aus. Bei einer auf den Wirtschaftsraum Baden-Württemberg beschränkten Betrachtung, resultieren die Herstellereffekte im Land genau aus dem Anteil der jeweils im Analysejahr getätigten Investitionen, für den in Baden-Württemberg gefertigte Produkte eingesetzt werden, sowie auf der Produktion von Anlagen in Baden-Württemberg, die über die Landesgrenze hinaus „exportiert“ werden. Entscheidend sind die jährlichen Investitionsvolumina für neu installierte Anlagen sowie die regionale Ansiedlungsstruktur (Baden-Württemberg/andere Bundesländer und Ausland) der Produktion.

Die Effekte, die auf dem Betrieb der Anlagen (also der Erzeugung von Wärme und/oder Strom) basieren, werden vom gesamten Bestand der in Baden-Württemberg installierten Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien bestimmt, unabhängig davon, wo diese Anlagen hergestellt wurden.<sup>4</sup>

Die Unterschiede in den beiden angesprochenen Effekten (Herstellereffekt, Betriebseffekt) verlangen eine differenzierte Abbildung des Bereichs Erneuerbare Energien im Kontext der Input-Output-Rechnung. Daher werden diese beiden Aktivitäten in zwei unterschiedlichen Produktionsbereichen dargestellt.

Die relevanten Daten zur sektoralen Wirtschaftsentwicklung in Baden-Württemberg werden im Rahmen der vorliegenden Studie in Form einer regionalisierten Input-Output-Tabelle bereitgestellt (vgl. Abschnitt 3.2). Die Input-Output-Tabelle gibt einen detaillierten Einblick in die Güterströme

---

<sup>4</sup> Auch in anderen Bundesländern und im Ausland produzierte Anlagen entfalten also im Betrieb wirtschaftliche Effekte in Baden-Württemberg, während zwar hier hergestellte, aber außerhalb Baden-Württembergs eingesetzte Anlagen im Betrieb keine Effekte im Land entfalten.

und Produktionsverflechtungen innerhalb der baden-württembergischen Volkswirtschaft und über die Landesgrenzen hinaus auf nationaler und internationaler Ebene.

Ein besonderes Kennzeichen der Input-Output-Rechnung ist, dass methodisch eine inhaltliche Abstimmung der zwischen den Wirtschaftsbereichen fließenden Waren- und Dienstleistungsströme stattfindet. Eine Input-Output-Tabelle ist ein geschlossenes Rechenschema, in dem bestimmte Bilanzgleichungen erfüllt sein müssen. So muss für jeden der betrachteten Produktionssektoren die Summe der Gesamtinputs genau der Summe der Gesamtoutputs, dem sogenannten Bruttoproduktionswert des Sektors, entsprechen.

Durch die Einbindung eines (neuen) Produktionsbereichs in den Rahmen des Input-Output-Ansatzes ist also die Konsistenz der Abbildung gewährleistet, gleichzeitig erfordert dieser Prozess natürlich eine Reihe von Abstimmungs- bzw. Anpassungsschritten, um den Bedingungen und Konzepten der Input-Output-Analyse gerecht zu werden. Die Generierung eines neuen, das alte Sektorschema erweiternden, Produktionsbereichs hat den Vorteil, dass es so möglich ist, zusätzliche empirische Informationen in ein bestehendes Analysegerüst einzubinden und dessen Stärken, wie die erwähnte Konsistenz der Abbildung der Verflechtung mit den anderen volkswirtschaftlichen Sektoren, zu nutzen.

Die konkrete Vorgehensweise bei der Abbildung des zusätzlichen Produktionsbereichs im Rahmen der Input-Output-Rechnung ergibt sich aus den Informationsnotwendigkeiten der Abbildung einerseits und den zur Verfügung stehenden Daten und Informationen andererseits. Als wichtige Quellen werden herangezogen:

- Ergebnisse der durchgeführten Unternehmensbefragung,
- technisch-ökonomische Informationen,
- ergänzende Informationen aus der abgeleiteten Input-Output-Rechnung.

### 3 Verwendetes I-O-Modell<sup>5</sup>

#### 3.1 Der Analyserahmen der Input-Output-Rechnung

Zur Untersuchung der gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen, insbesondere der Beschäftigungseffekte bestimmter Maßnahmen im Bereich Erneuerbare Energien, wird das Instrument der Input-Output-Analyse verwendet. Dieser in der empirischen Wirtschaftsforschung traditionell am häufigsten verwendete Modelltyp erfasst nicht nur die intersektoralen Verflechtungen der Produktionsbereiche, sondern bildet auch die Primärinputs (Kapital und Arbeit) und die Endnachfrage wie Konsum und Investitionen ab. Input-Output-Modelle eignen sich somit besonders dazu, die durch Änderungen in der Endnachfrage (z.B. Investitionen in Windkraftanlagen) ausgelösten direkten und indirekten Produktions- und Beschäftigungseffekte zu ermitteln. Ihr Vorteil besteht in der Einfachheit des Modellansatzes sowie der hohen sektoralen Auflösung in 71 Gütergruppen.

Grundlage eines jeden Input-Output-Modells sind Input-Output-Tabellen (I-O-Tabellen). I-O-Tabellen stellen eine detaillierte quantitative Darstellung der güter- und produktionsbezogenen Verflechtungen zwischen den verschiedenen Wirtschaftssektoren einer Volkswirtschaft sowie deren internationale Einbindung über Export- und Importströme dar. Eine vereinfachte schematische Darstellung einer typischen Input-Output-Tabelle ist in Tab. 3-1 zu finden. Den umfangreichsten Teil der Tabelle bilden üblicherweise die Vorleistungsverflechtungen, die durch die Koeffizienten  $z_{ij}$  dargestellt sind. Dabei gibt beispielsweise  $z_{ij}$  an, welcher Wert der produzierten Menge der Gütergruppe  $i$  als intermediäre Lieferung für die Produktion in Gütergruppe  $j$  verwendet wird. Die Koeffizienten der Spalten „Letzte Verwendung“  $d$ ,  $i$  und  $x$  zeigen an, welche Menge des Outputs der jeweiligen Gütergruppen in Konsumausgaben (privat, staatlich usw.), Investitionen und Exporte fließt. Die Primärinputs  $w$  stellen die Summe des Kapital- und Arbeitsinputs in jeder Gütergruppe dar. Der Koeffizient  $m$  gibt an, welche Menge des Inputs für die jeweiligen Gütergruppen aus Importen stammt. Da der ökonomischen Theorie zufolge für jeden Sektor das Güteraufkommen der Güterverwendung entsprechen muss, gilt für jede Gütergruppe  $s = u$ . Die Spalten der Input-Output-Tabelle lassen sich dann als Produktionsfunktion deuten. Für jede Gütergruppe sind die entscheidenden Produktionsfaktoren (Arbeit, Kapital, Materialien in Form von intermediären Inputs) aufgelistet, somit kann ihr Anteil an der Produktion einer Outputeinheit berechnet werden. Dazu muss die Annahme zutreffen, dass es sich bei jeder Gütergruppe um ein homogenes Gut handelt. Dies ist plausibel, wenn die Klassifikation der Gütergruppen die nötige Detailschärfe aufweist. Im Idealfall sollte jedes Produkt eine eigene Gütergruppe bilden, was jedoch aufgrund des damit verbundenen Datenerhebungsaufwands nicht durchführbar ist. Aktuell umfassen die nationalen Input-Output-Rechnungen Deutschlands, die für jedes Jahr vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht werden, 71 Gütergruppen. Diese sind im Anhang A dargestellt.

---

<sup>5</sup> Die Regionalisierung der I-O-Tabelle für Baden-Württemberg, die Erweiterung um EE-Sektoren sowie die I-O-Rechnungen wurden im Unterauftrag durch das ZEW Mannheim durchgeführt.

**Tab. 3-1:** Schematische Darstellung einer typischen Input-Output-Tabelle im ESA-95-Format

		Input der Sektoren		Letzte Verwendung von Gütern			Gesamte Verwendung von Gütern
		Gütergruppe $i$	Gütergruppe $j$	Konsumausgaben	Investitionen	Exporte	
Vorleistungen	Gütergruppe $i$	$z_{i,i}$	$z_{i,j}$	$d_i$	$i_i$	$x_i$	$u_i$
	Gütergruppe $j$	$z_{j,i}$	$z_{j,j}$	$d_j$	$i_j$	$x_j$	$u_j$
Primärinputs		$w_i$	$w_j$				
Importe		$m_i$	$m_j$				
Gesamtes Aufkommen an Gütern		$s_i$	$s_j$				

Quelle: Kronenberg (2009), Miller & Blair (1985) und eigene Darstellung.

Hinsichtlich der konkreten Fragestellung des Investitionsimpulses, der von der Erstellung und dem Betrieb von Anlagen Erneuerbarer Energien ausgeht, eignet sich der Analyserahmen der Input-Output-Rechnung sehr gut. Hauptgrund dafür ist die Homogenität des Produkts „Energie“, die unabhängig von ihrer Erzeugungsart bzw. Quelle gegeben ist. Im Hinblick auf die Nutzung von Energie in Industrie und privaten Haushalten spielt die Art der Energieproduktion im Analyserahmen der Input-Output-Rechnung eine vernachlässigbare Rolle. Der analytische Schwerpunkt bei der Bewertung von Investitionsimpulsen durch Erneuerbare Energien liegt vielmehr auf Seiten der Nachfrage, welche durch die Errichtung und den Betrieb einer zusätzlichen Anlage der erneuerbaren Energieproduktion generiert wird. Wird etwa eine zusätzliche Windkraftanlage in Baden-Württemberg installiert, so entsteht dadurch Nachfrage nach Vorleistungsgütern. Dieser Nachfrageimpuls ist zunächst räumlich nicht einzugrenzen, er kann weltweit oder auch in einem bestimmten Land oder einer bestimmten Region zum Tragen kommen. Um den tatsächlichen Auswirkungen dieser neu generierten Nachfrage Rechnung zu tragen, wird die nationale I-O-Tabelle Deutschlands so regionalisiert, dass die Effekte, welche sich für Baden-Württemberg ergeben, abgebildet werden können. Außerdem wird der Sektor der Energieproduktion so aufgespaltet, dass Nachfrageimpulse verschiedener Herkunft simuliert werden können. So werden die Erstellung und der Betrieb von Anlagen ebenso getrennt betrachtet wie verschiedene Arten der Produktion Erneuerbarer Energie. Dadurch wird es möglich, verschiedenste Effekte zu unterscheiden. Neben der Abbildung regionaler Nachfrageeffekte innerhalb Baden-Württembergs können auch primäre und sekundäre Effekte, also das „Nachwirken“ einer Investition, durch die gesamte regionale Ökonomie gemessen werden. Dieses hohe Maß an Flexibilität zeichnet die Input-Output-Rechnung aus und unterstreicht insbesondere in diesem Fall ihre Eignung als Analyseinstrument für die Zielsetzung dieser Studie.

Die statische Input-Output-Analyse stellt ein vergleichsweise einfaches Instrument dar, um eine erste Abschätzung eher kurzfristiger gesamtwirtschaftlicher Effekte von umweltpolitischen Maßnahmen zu erhalten. Jedoch sollte man sich bei der Interpretation der Ergebnisse der methodischen Defizite dieser Vorgehensweise stets bewusst sein:



- Das verwendete statische Input-Output-Modell bietet als reines Mengenmodell keinen mikroökonomisch fundierten, konsistenten und geschlossenen Modellrahmen, welcher eine totalanalytische Betrachtungsweise ermöglicht und alloktionstheoretische Zusammenhänge ausreichend berücksichtigt. Es beschreibt die sektorspezifischen Produktionsmöglichkeiten nicht über preisabhängige Kostenfunktionen, sondern über fixe Vorleistungskoeffizienten. Preis- und Substitutionseffekte werden somit nicht endogen abgebildet. Auch wenn massive Preiseffekte aufgrund der regionalen und technologischen Ausrichtung der umweltpolitischen Maßnahmen nicht zu erwarten sind, führen sie dennoch zu Substitutionseffekten und geänderten Nachfragestrukturen. Letztere können nur modellexogen - hier über eine Einschätzung der Nachfrageänderung bei den „konventionellen“ Sektoren - berücksichtigt werden.
- Der Nachfragevektor ist exogen. Das heißt beispielsweise, dass die Investitionsnachfrage nicht vom Zins abhängt, sondern modellexogen vorgegeben werden muss. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird die Beschäftigung in den EE-Sektoren und deren Vorleistungslieferanten betrachtet. Für eine Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen sind nicht nur die Investitionen in Erneuerbare Energien, sondern auch die damit verbundene mögliche Abnahme anderer Investitionen und des Konsums zu betrachten. Die angemessene Abbildung der letztgenannten ist im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich, weshalb keine quantitative Abschätzung derselben erfolgt.
- Rückwirkungen, die u.a. aus einem investitionsgetriebenen Anstieg der Bruttoproduktion entstehen können, werden nur über einen Einkommensmultiplikator erfasst.
- Bei der Interpretation der mit einem einfachen Input-Output-Modell ermittelten Beschäftigungseffekte ist zu beachten, dass es sich bei den zugrunde liegenden Beschäftigungs- bzw. Vorleistungskoeffizienten stets um Durchschnittswerte handelt.

### 3.2 Ableitung der I-O-Tabelle für Baden-Württemberg

Als erster Schritt ist die Erstellung einer regionalen Input-Output-Tabelle für das Land notwendig, da eine aktuelle Tabelle derzeit nicht vorliegt. Die letzte bekannte Input-Output-Tabelle stammt von 1990. Sie ist somit aufgrund starker struktureller Veränderungen für die Analyse nicht mehr verwendbar. Da eine komplette Erstellung der regionalen Input-Output-Tabelle, die sich auf eine detaillierte Befragung von Haushalten und Unternehmen stützt, im Rahmen des Projekts nicht möglich ist, musste teilweise auf derivative Methoden zurückgegriffen werden. Die Grundlage dafür bilden in erster Linie die Input-Output-Tabelle der Bundesrepublik Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2009a) und Daten der Laufenden Wirtschaftsrechnungen (LWR) des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg sowie der Bundesagentur für Arbeit. Die derzeit aktuellste verfügbare nationale Input-Output-Rechnung bezieht sich auf das Jahr 2006, so dass sich die Wirt-

schaftsstruktur mit Vorleistungsverflechtungen usw. für die regionale Rechnung auf dieses Jahr bezieht.

Die Methodik, die für die Erstellung der regionalen Tabelle verwendet wurde, stammt zum größten Teil aus Kronenberg (2008) und Kronenberg (2009). Sie musste jedoch teilweise der entsprechenden Datenlage angepasst werden und konnte somit nicht in vollem Umfang übernommen werden. In der Input-Output-Literatur wird diese Methode als Supply-Demand-Pool-Verfahren bzw. als Commodity-Balance-Methode bezeichnet. Die Arbeitsschritte, die bei der Erstellung der regionalen Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg angewandt wurden, werden ausführlich in Anhang B.1 dargestellt.

### 3.3 Abbildung neuer Wirtschaftssektoren

Nachdem eine regionalisierte I-O-Tabelle für das Land Baden-Württemberg erstellt wurde, müssen in einem weiteren Schritt erneuerbare Energiequellen in das I-O-System eingeführt werden. Um Investitions- und Beschäftigungsimpulse der erneuerbaren Energieträger in Baden-Württemberg detailliert abbilden zu können, ist es notwendig bei den neu einzuführenden Sektoren zwischen der Erstellung der Anlagen und ihrem Betrieb zu unterscheiden. Tatsächlich handelt es sich bei diesen Schritten nicht um die Einführung neuer Sektoren in die regionale Volkswirtschaft. Vielmehr geht es darum, einzelne Sektoren, die hinsichtlich der Erneuerbaren Energien relevant sind, explizit im Input-Output System abzubilden.

Hinsichtlich des Betriebs von EE-Anlagen müssen aus dem bereits vorhandenen Energiesektor der I-O-Tabelle (laufender Sektor Nr. 40; Elektrizität und Fernwärme) die sieben Bereiche Betrieb von Anlagen der Windenergie, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, fester Biomasse, Biogas (inkl. flüssiger Biomasse) und Geothermie abgespalten werden, um damit eine getrennte Betrachtung der einzelnen Energiesektoren hinsichtlich des Betriebs zu ermöglichen.

Bei der Erstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen handelt es sich um die Abbildung der Effekte, die innerhalb der Ökonomie wirken, wenn neue Anlagen gebaut werden. Dazu müssen sieben weitere Sektoren eingeführt werden, die die Erstellung von Anlagen zur Nutzung der oben genannten Energiequellen beschreiben, wobei die verwendeten Inputs, die zur Erstellung notwendig sind, vom Sektor Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung (laufender Sektor Nr. 33) abgezogen werden.

Eine Annahme, die hinter dem oben beschriebenen Vorgehen steht, ist, dass die Produktionswerte der neu einzuführenden Sektoren der erneuerbaren Energieträger bereits in den Ursprungssektoren Energieerzeugung bzw. Geräte der Elektrizitätserzeugung enthalten sind, jedoch nicht explizit ausgewiesen wurden. Im Fall der Erzeugung von Energie ist diese Annahme unkritisch. So ist beispielsweise Strom ein homogenes Gut und kann somit dem Sektor Energieerzeugung eindeutig zugeordnet werden. Im Fall der Erstellung von Anlagen kann es zu Unschärfen kommen. Bestimmte Komponenten einzelner Anlagenarten könnten beispielsweise dem Sektor Maschinenbau zugeordnet sein. Die detaillierte Einordnung einzelner Komponenten der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen bei der ursprünglichen Erstellung der bundesweiten Input-Output-Tabelle ist nicht reproduzierbar. Dennoch liegt es nahe, dass die entsprechenden Komponenten, sofern sie

als Teil einer Anlage zur Energieerzeugung zu identifizieren waren, auch auf dem Sektor Geräte der Elektrizitätserzeugung verbucht wurden.

An dieser Stelle sei noch einmal daran erinnert, dass die Input-Output-Tabelle die Vorleistungsstruktur der zwei Sektoren „Energieerzeugung“ und „Produktion von Anlagen der Energieerzeugung“, welche zur Analyse der erneuerbaren Energieträger aufgespaltet werden, abbilden kann. Als Beispiel dafür kann etwa die Produktion des Getriebes einer Windkraftanlage dienen. Ein großer Teil der notwendigen Leistungen zum Bau eines derartigen Getriebes fällt sicher auf den Bereich Maschinenbau. Wäre das Getriebe ein Endprodukt, so würde es vom Sektor Maschinenbau an den Endverbrauch geliefert, etwa in Form von Ausrüstungsinvestitionen. Wird das Getriebe jedoch gemeinsam mit anderen Komponenten zu einer Windkraftanlage zusammengesetzt, oder wäre es für den Export als Anlage zur Erzeugung von Energie deklariert, so ist das letztendliche Produkt eine „Anlage zur Produktion von Energie“ und würde auf den Sektor „Produktion von Anlagen der Energieerzeugung“ entfallen. Innerhalb des Sektors wären die Lieferungen des Maschinenbaus und anderer beteiligter Sektoren jedoch selbstverständlich als Vorleistungen verbucht, wodurch die ökonomischen Verflechtungen in der Produktion, also z.B. die Verbindung vom Sektor Maschinenbau zum Sektor Produktion von Anlagen der Energieerzeugung gewährleistet ist.

Den nun insgesamt 14 neu eingeführten Sektoren müssen in einem weiteren Schritt Produktionswerte zugeordnet werden. Die Summe der Zahlungen jedes einzelnen neuen Sektors entspricht dabei seinem Gesamtumsatz inklusive der Vorleistungswerte und der sonstigen Zahlungen wie Löhne, Steuern etc. Die notwendigen Umsatzzahlen, sowie die Struktur der Vorleistungen, die zum Bau oder Betrieb einer bestimmten Anlage notwendig sind, wurden im Rahmen der vorliegenden Studie ermittelt. Zur Abbildung der neuen Wirtschaftssektoren wurden die entsprechenden Umsätze und die Vorleistungsstruktur der neuen Sektoren so in das System der Input-Output-Rechnung implementiert, dass Doppelzahlungen von Werten vermieden werden, das Input-Output-System sein bilanzielles Gleichgewicht beibehält und die Ökonomie in ihrem Gesamtwert unverändert bleibt.

Auf Grundlage dieses Verfahrens können die neuen Wirtschaftssektoren vollkommen aus den bisher aggregierten Sektoren der Erzeugung von Energie bzw. der Produktion von Anlagen der Energieerzeugung herausgelöst werden. Dies ermöglicht eine separate Betrachtung jedes einzelnen Sektors, welche notwendig ist, um individuelle Entwicklungen bei einzelnen Energieträgern abzubilden. So kann auf Basis der ermittelten Umsatzzahlen errechnet werden, welchen theoretischen Produktionswert und Beschäftigungsumfang die einzelnen Bereiche der erneuerbaren Energieträger in der Ausgangssituation haben. Außerdem können für die zukünftige Entwicklung der einzelnen Bereiche differenzierte Annahmen getroffen werden, womit die unterschiedlichen Wachstumspotentiale ebenso wie die unterschiedlichen Kostenstrukturen beim Betrieb und der Erstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien explizit Eingang in den modelltheoretischen Ansatz der Input-Output-Rechnung finden.



## 4 Unternehmensbefragung

### 4.1 Grundlagen der Unternehmensbefragung

Für Baden-Württemberg gibt es bislang nur wenig bis keine konsolidierten Daten zu Unternehmensumsätzen und Beschäftigung in den EE-Sparten. Wesentliche Informationsquellen sind die bereits in Abschnitt 2.1 erwähnten Studien sowie die Erhebung des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg. Darüber hinaus werden im Rahmen der periodischen Veröffentlichung „Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg“ (vgl. UM/WM 2009) Umsatzzahlen erhoben. Da diese auf der Zahl zugebauter Anlagen, ohne Berücksichtigung ihres jeweiligen Produktionsstandortes beruhen, ist hieraus keine Aussage über die in Baden-Württemberg geschaffene Wertschöpfung ableitbar.

Um die vorliegende Untersuchung auf eine fundierte Datenbasis zu stellen, wurde eine breit angelegte Umfrage unter den Akteuren der Branche durchgeführt. Ziel der Befragung war es, eine verbesserte statistische Basis zu Kennzahlen der Branche der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg zu schaffen. Dazu wurden Produzenten von Anlagen und Komponenten, Dienstleister, Händler, Hersteller von Produktionsanlagen sowie Hersteller von Biokraftstoffen telefonisch befragt. Vorab wurden zwei Interviewleitfäden erstellt: für Langinterviews und für Kurzinterviews. Der Leitfaden für Langinterviews wurde im Vorfeld bei einzelnen Testbefragungen auf seine Umsetzbarkeit hin überprüft. Die Kurzinterviews wurden hauptsächlich zur Darstellung der regionalen Verteilung von Planern, und Anlagenbetreibern in Baden-Württemberg durchgeführt, bei der auch kleine Unternehmen nach wesentlichen Kennzahlen wie Umsatz und Mitarbeiter im Bereich Erneuerbarer Energien befragt wurden. Die Umfrage wurde mit einer bundesweiten Unternehmensbefragung im Rahmen der Studie „Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt“ im Auftrag des BMU koordiniert, um Doppelbelastungen der befragten Unternehmen zu vermeiden und Kosten für die Fragebogenentwicklung einzusparen. Die Umfrage führte das SOKO-Institut durch, ein Marktforschungsinstitut aus Bielefeld mit großer Erfahrung im Bereich Erneuerbare Energien. Das SOKO-Institut war bereits für die Umfrage zur Vorgängerstudie des BMU (vgl. Staiß et al. 2006) verantwortlich. Die Befragungen wurden im Sommer 2008 telefonisch durchgeführt. Das Basisjahr für alle Antworten war 2007.

Insgesamt wurden 289 Interviews (118 Langinterviews und 171 Kurzinterviews) durchgeführt. Bei den ausführlich befragten Unternehmen handelte es sich um 75 produzierende Unternehmen, 30 Dienstleistungsunternehmen und 13 Handelsunternehmen. Von allen befragten Unternehmen machten 213 Angaben zu Ihrem Umsatz im Bereich der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg – 81 in Langinterviews und 132 in Kurzinterviews. Die Angaben aller Unternehmen ergeben für das Jahr 2007 einen Umsatz von 3,0 Mrd. €<sup>6</sup> (1,3 Mrd. € Langinterviews, 1,7 Mrd. € Kurzinterviews) in Baden-Württemberg und eine Beschäftigtenzahl von gut 7.100 Arbeitnehmern im Land. Etwa 4.900 davon entfallen auf die in Langinterviews befragten Unternehmen. Nicht alle

---

<sup>6</sup> Dieser Wert liegt deutlich über der in Abschnitt 5.1 beschriebenen in Baden-Württemberg wirksamen Nachfrage. Dies ist auf eine Mehrfachzählung von Umsätzen durch die Befragung auf unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen zurückzuführen.

Unternehmen machten die zur Zuordnung zu einzelnen Sparten notwendigen Angaben, weshalb die in Tab. 4-1 ausgewiesene Summe der Beschäftigten geringer ist.

Bei den ausführlich befragten Unternehmen (vgl. Tab. 4-1) handelt es sich zum Großteil um Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU). Etwa 90 % der Unternehmen beschäftigen weniger als 250 Mitarbeiter.

**Tab. 4-1:** Übersicht der in Langinterviews befragten Unternehmen.

	<b>Photo- voltaik</b>	<b>Wasser- kraft</b>	<b>Wind- energie</b>	<b>Solar- thermie</b>	<b>Geo- thermie</b>	<b>Bio- gas</b>	<b>flüssige Bio- masse</b>	<b>feste Bio- masse</b>	<b>EE ge- samt<sup>a)</sup></b>
Anzahl Unter- nehmen	59	18	21	34	11	26	6	24	118
Unternehmen mit Umsatzan- gaben	37	12	6	21	6	13	3	15	77
Beschäftigte der Unternehmen mit Umsatzan- gaben	2.086	849	102	858	183	166	4	226	4.474

<sup>a)</sup> ohne Doppelzählungen durch Unternehmensaktivität in mehreren Sparten.

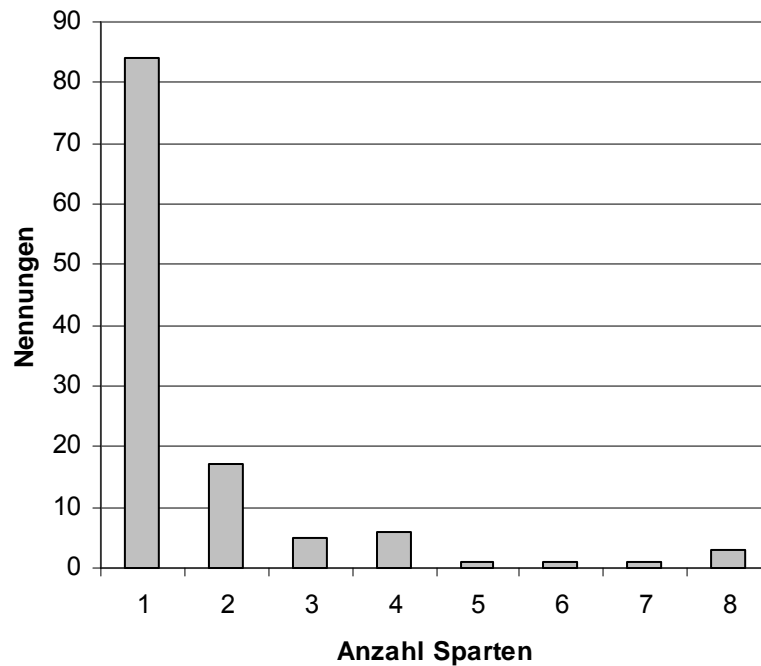
Wie aus Tab. 4-1 hervorgeht, reduzierte sich die letztlich verwertbare Stichprobenanzahl für die einzelnen Sparten beträchtlich. Von den 118 befragten Unternehmen haben 37 auch mindestens einen Standort außerhalb Baden-Württembergs und gaben keine Aufteilung von Umsatz oder Beschäftigung nach Bundesländern an. Von den verbleibenden 81 Unternehmen ist für 4 keine Zuordnung nach Sparten möglich, so dass lediglich Angaben von 77 Unternehmen verwertbar sind.

Über die Grundgesamtheit der im Bereich der Erneuerbaren Energien tätigen baden-württembergischen Unternehmen liegen keine Daten vor. Angesichts der eingeschränkten Zahl verwertbarer Datensätze kann allerdings keine Repräsentativität angenommen werden. Vielmehr ergibt die Auswertung der Umfrage, dass die ableitbaren Ergebnisse den Markt nur unzureichend abbilden. Insofern sind als Grundlage für die weiteren Schritte Daten aus weiteren Quellen heranzuziehen (vgl. Abschnitt 5.1).

## 4.2 Ausgewählte Ergebnisse

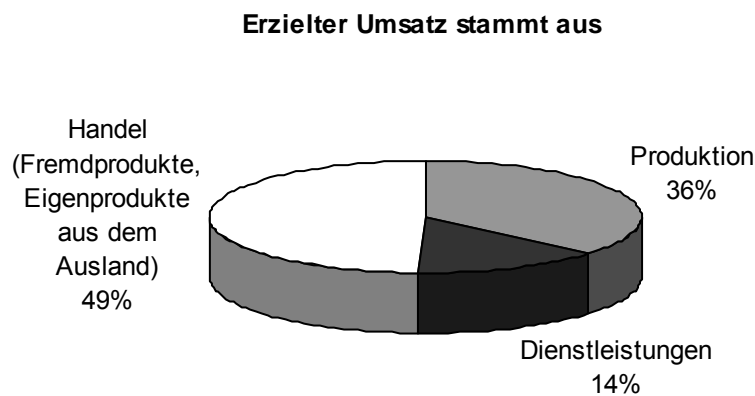
Im folgenden Abschnitt werden einige Aspekte der befragten Unternehmen beleuchtet. Wegen der bereits dargelegten fehlenden Repräsentativität der Stichprobe wird auf eine Auswertung nach Sparten verzichtet.

Wie Abb. 4-1 illustriert, konzentriert die Mehrzahl der in Langinterviews befragten Unternehmen ihre Tätigkeit auf eine Sparte. Dabei handelt es sich vor allem um produzierende Unternehmen, aber auch alle befragten Handelsunternehmen spezialisieren sich auf eine Sparte. Während Dienstleistungsunternehmen oft das gesamte Spektrum der Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien abdecken, sind es im Bereich der produzierenden Unternehmen die Hersteller von Komponenten, die eine entsprechend breite Produktpalette anbieten.

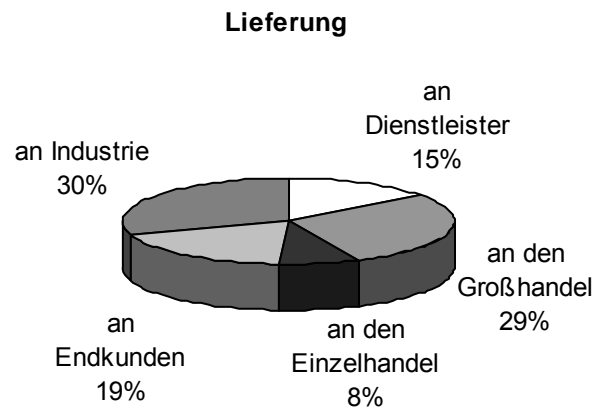


**Abb. 4-1:** Zahl der Sparten, in denen befragte Unternehmen tätig sind (Stichprobe: 118 Unternehmen).

Die Herkunft des von den ausführlich befragten Unternehmen erzielten Umsatzes zeigt Abb. 4-2. Der sehr hohe Umsatzanteil des Handels ist darauf zurückzuführen, dass auch viele produzierende Unternehmen und Dienstleistungsunternehmen mit Anlagen oder Komponenten handeln. Da die Handelsumsätze die auf den verschiedenen Ebenen der Wertschöpfungskette erzielten Umsätze kumulieren, würde eine direkte Verwendung der erhobenen Umsätze zur Ableitung von Beschäftigungseffekten unweigerlich Mehrfachzählungen beinhalten. Um dies zu vermeiden, ist bei der Ermittlung der wirksamen Nachfrage (vgl. Kapitel 5) sehr sorgfältig vorzugehen.

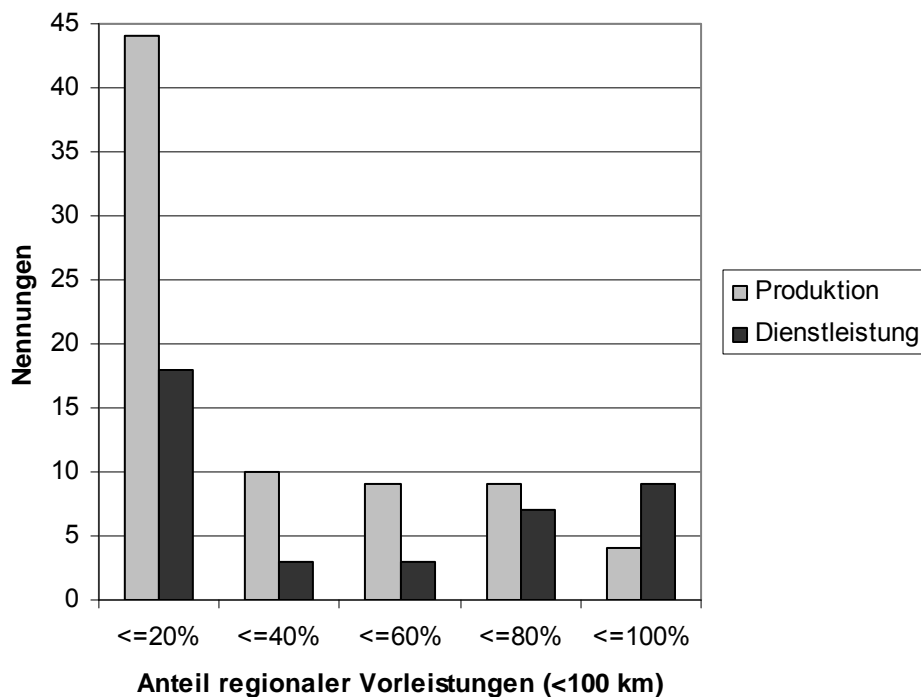


**Abb. 4-2:** Herkunft des von den befragten Unternehmen erzielten Umsatzes (Stichprobe: 81 Unternehmen).



**Abb. 4-3:** Abnehmer der Produkte und Dienstleistungen (Stichprobe: 81 Unternehmen).

Abbildung 4-3 zeigt, an wen die befragten Unternehmen ihre Produkte und Dienstleistungen liefern. Es zeigt sich, dass der größte Teil zu etwa gleichen Teilen an die Industrie und den Großhandel gehen. Die Lieferung an Endkunden hat ein größeres Gewicht als die Abnahme durch Dienstleister. Der Einzelhandel spielt nur eine geringe Rolle.



**Abb. 4-4:** Anteil bezogener Vorleistungen der Produktions- bzw. Dienstleistungstätigkeit aus einem Umkreis von 100 km (Stichprobe: 82, Mehrfachnennung möglich).

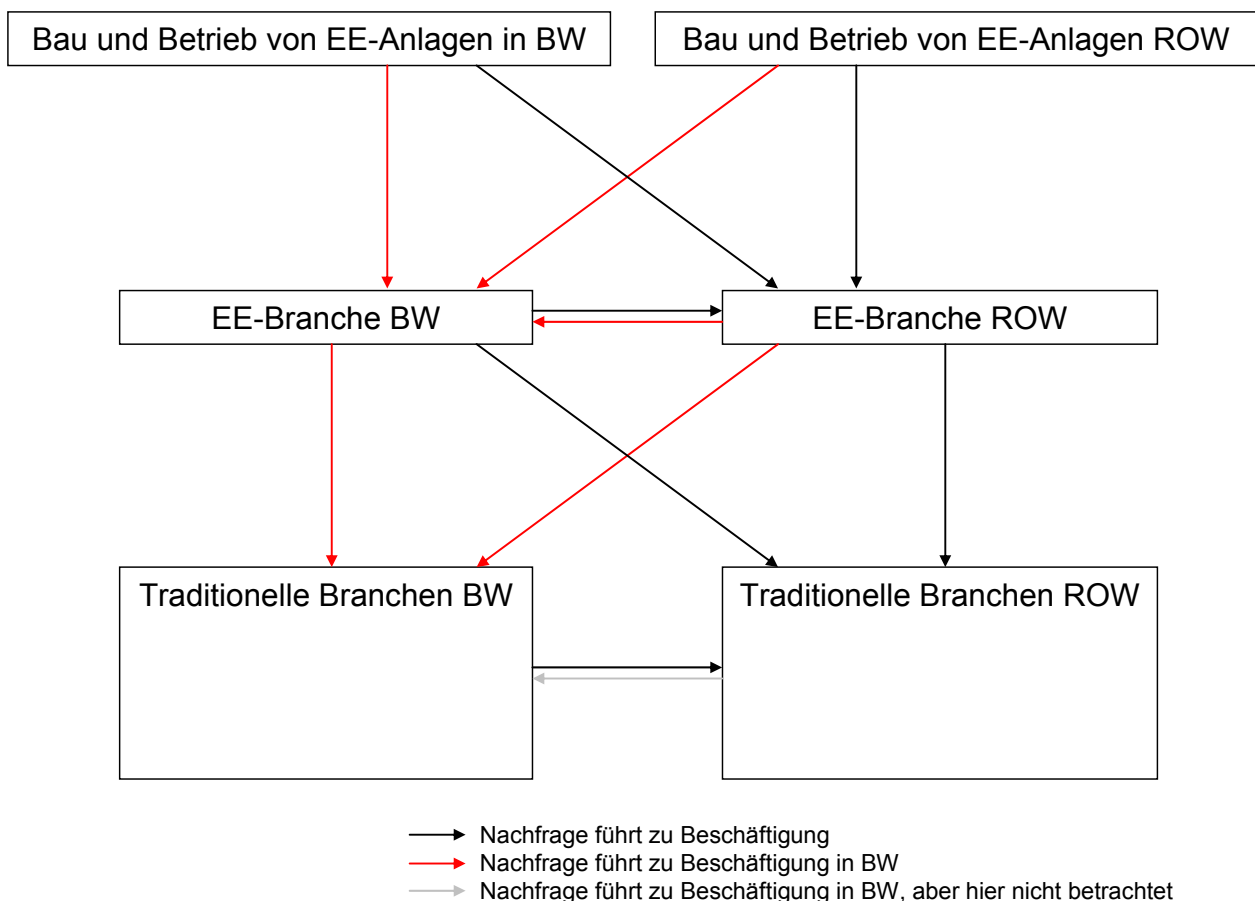


Von 118 ausführlich befragten Unternehmen machten 82 Angaben zu ihrer regionalen Vorleistungsverflechtung (vgl. Abb. 4-4). Danach beziehen 44 Unternehmen bis zu 20 % ihrer Vorleistungen für Produktionstätigkeit aus einer Entfernung von höchstens 100 km. Für die Klassen „über 20 bis 40 %“, „über 40 bis 60 %“ und „über 60 bis 80 %“ beträgt die Zahl der Nennungen jeweils etwa zehn. Immerhin 4 Unternehmen beziehen zwischen 80 und 100 % ihrer Vorleistungen aus einem Umkreis von bis zu 100 km. Für die Vorleistungen im Bereich Dienstleistungstätigkeit ist die Zahl der Nennungen zwar geringer, allerdings sind vergleichsweise viele Unternehmen stark regional verwurzelt und beziehen mehr als 60 % ihrer Vorleistungen aus der Region.



## 5 In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage

Ausgangspunkt bei der Ermittlung der Beschäftigungswirkung ist die in Baden-Württemberg wirksame Nachfrage nach Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen sowie deren Betrieb. Abb. 5-1 illustriert die zu berücksichtigenden Nachfragekomponenten (rote Pfeile): Bau und Betrieb von Anlagen führen zu Nachfrage in der EE-Branche Baden-Württembergs. Dasselbe gilt für die Nachfrage nach Anlagen, Komponenten und Dienstleistungen, welche baden-württembergische Unternehmen an die EE-Branche außerhalb des Landes liefert. Die Nachfrage der EE-Branche nach Vorleistungen aus anderen Wirtschaftssektoren führt darüber hinaus zu indirekten Beschäftigungswirkungen. Weiterhin führt auch die Nachfrage nach Gütern der traditionellen Branchen des Landes von Seiten der traditionellen Branchen außerhalb Baden-Württembergs zu relevanten Effekten, so weit sie durch die Nachfrage der EE-Branche ausgelöst wird (grauer Pfeil). Wegen modelltechnischer Einschränkungen lassen sich diese im Rahmen der vorliegenden Studie allerdings nicht abbilden, sind aber auch nur von untergeordneter Bedeutung.



**Abb. 5-1:** Für Beschäftigungseffekte in Baden-Württemberg relevante Nachfrageströme (ROW = Rest of the World, d. h. Welt ohne Baden-Württemberg).

## 5.1 Situation im Jahr 2008

### 5.1.1 Herstellung von Anlagen und Komponenten

Die Ermittlung der in Baden-Württemberg wirksamen Nachfrage ist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, da die erforderlichen Daten nicht standardmäßig erfasst werden. Schwierigkeiten bereitet vor allem die Beschränkung auf Baden-Württemberg: Für Deutschland gibt es in aller Regel entsprechende Informationen, die allerdings nicht nach Bundesländern untergliedert sind. Offizielle Statistiken existieren erst im Ansatz<sup>7</sup>, auch Branchenverbände verfügen nicht über die Informationen in der benötigten Abgrenzung. Die in der Unternehmensbefragung erhobenen Daten sind in diesem Zusammenhang nur von eingeschränktem Nutzen, da die Grundgesamtheit, d.h. die insgesamt in Baden-Württemberg erwirtschafteten Umsätze, nicht bekannt ist.

Vor diesem Hintergrund wurden die benötigten Eingangsgrößen für den Bereich Herstellung von Komponenten und Anlagen folgendermaßen ermittelt:

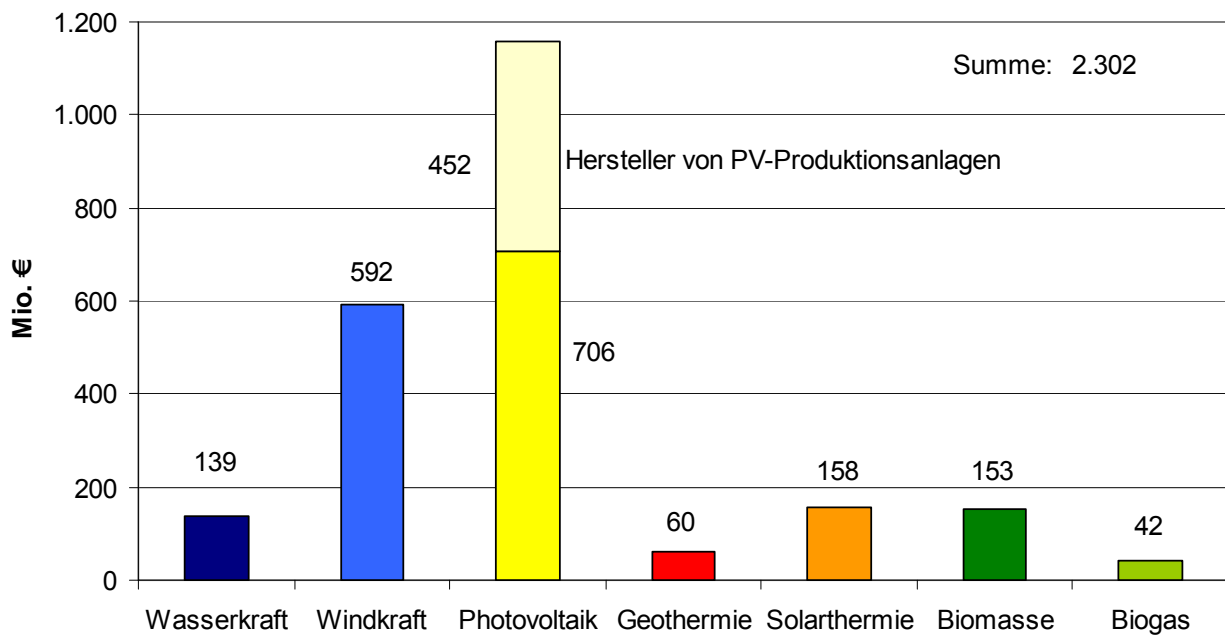
- Lokale Leistungen: es wurde angenommen, dass Planung und Projektierung von in Baden-Württemberg errichteten Anlagen sowie erforderliche Installations- und Bauleistungen (z.B. Fundamente von Windkraftanlagen, Installation von PV-Anlagen) zu Wertschöpfung in Baden-Württemberg führen. Die aus den Investitionen im Land resultierende wirksame Nachfrage wurde anhand von Kostenanteilen der Systemkomponenten ermittelt. Danach entfallen z. B. ca. 5 bis 7 % der Kosten einer Windkraftanlage auf das Fundament. Die in der Unternehmensbefragung erfragten Umsätze wurden dort verwendet, wo diese plausibel höher liegen als die über Kostenanteile geschätzten Werte (z. B. Planung und Projektierung von Wasserkraftanlagen). In diesem Fall kann von einem (Dienstleistungs-) Export baden-württembergischer Unternehmen ausgegangen werden.
- Für die Herstellung von Anlagen und Komponenten wurden Anteile an den Umsätzen deutscher Unternehmen im Jahr 2008 (vgl. O'Sullivan et al. 2009) geschätzt. Dazu wurden die Anteile vergleichbarer Sektoren (z.B. Maschinenbau) Baden-Württembergs am Produktionswert des jeweiligen Sektors in Deutschland verwendet.
- Wo weitere Informationen verfügbar waren wurden die Schätzwerte korrigiert. Beispielsweise gibt es in Baden-Württemberg keine Hersteller von Rotorblättern für Windkraftanlagen, deshalb wird hier kein Umsatz generiert.

Neben den EE-Anlagen und deren Komponenten spielen in Baden-Württemberg die Hersteller von Produktionsanlagen für die Photovoltaikindustrie eine wichtige Rolle. Entsprechend wurden deren Umsätze erfasst und im Weiteren berücksichtigt.

Die für Baden-Württemberg ermittelte wirksame Nachfrage nach EE-Anlagen und –Komponenten beläuft sich auf 1,85 Mrd. €. Hinzu kommen 450 Mill. € für die PV-Produktionsanlagenhersteller. Die Aufteilung auf die einzelnen Sparten ist in Abb. 5-2 dargestellt: In der Photovoltaik wurden die größten Umsätze erzielt, wobei die größten Anteile auf die Herstellung von Modulen und Wechselrichtern sowie die Planung und Installation von Anlagen entfallen. Bei letzteren wirkt sich der starke Zubau im Land im Jahr 2008 stark aus. An zweiter Stelle der Sparten steht die Windkraft. Da in

<sup>7</sup> Vgl. die in Abschnitt 2.1.4 beschriebene Erhebung des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg.

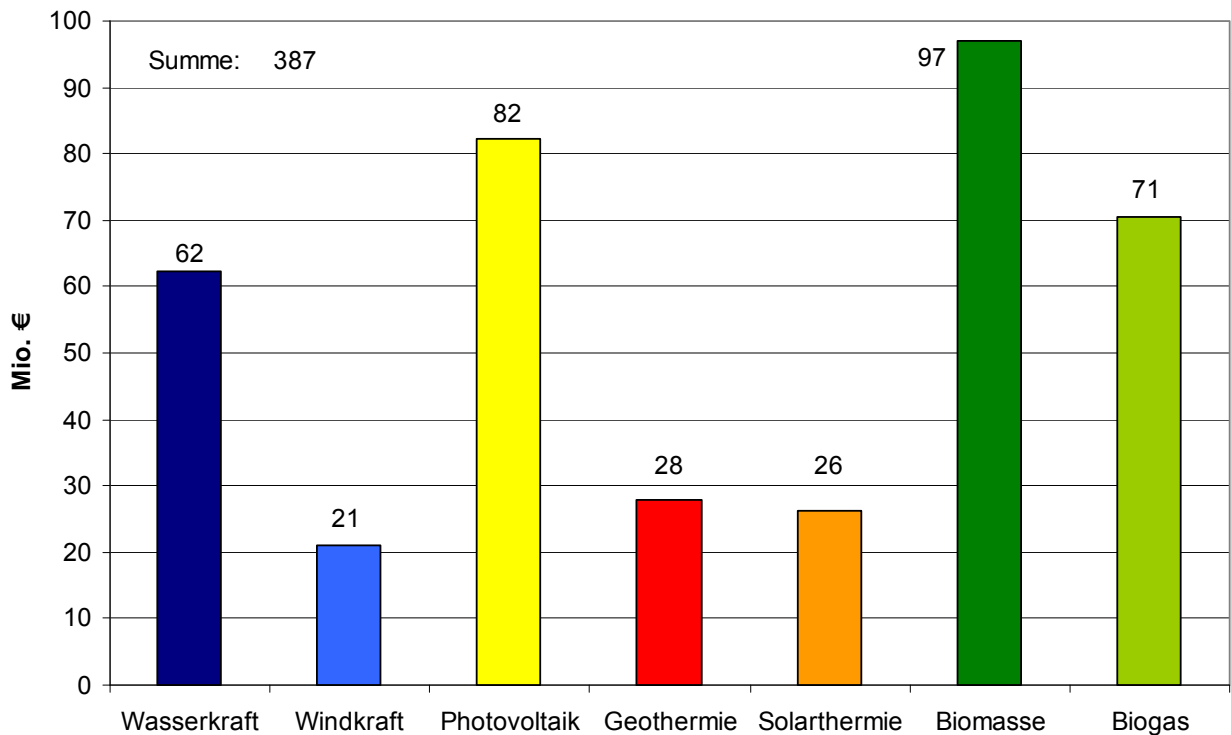
Baden-Württemberg keine kompletten Windkraftanlagen hergestellt werden, handelt es sich bei den Umsätzen vor allem um Komponenten wie Getriebe, Generatoren und Steuerungstechnik sowie Planung und Projektierung von Anlagen (auch außerhalb Baden-Württembergs). Danach folgen Solarthermie und Biomasse; bei der Solarthermie spielt die Planung und Montage von Anlagen im Land die größte Rolle. Bei der Biomasse dominiert die Herstellung von Feuerungsanlagen und Generatoren den Umsatz. Bei der im Umsatz folgenden Wasserkraft spielen Turbinen, Stahlwasserbau und Generatoren die wesentliche Rolle, welche überwiegend exportiert werden, da 2008 im Land nur ein geringer Zubau stattfand. Für Geothermie erweist sich die Planung von Anlagen als wichtig, während für Biogasanlagen vor allem lokale Leistungen zu Buche schlagen.



**Abb. 5-2:** In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage durch den Bau von Anlagen und Komponenten sowie die Herstellung von PV-Produktionsanlagen.

### 5.1.2 Wartung und Betrieb von Anlagen

Auf der Grundlage von Informationen über den Anlagenbestand nach Sparten lassen sich die relevanten Umsätze aus Wartung und Instandhaltung der in Baden-Württemberg betriebenen Anlagen berechnen. Ausgehend von dem in UM/WM (2009) veröffentlichten Anlagenbestand für das Jahr 2008 ergeben sich die in Abb. 5-3 dargestellten Werte. Insgesamt beläuft sich die in Baden-Württemberg wirksame Nachfrage auf knapp 390 Mio. €. Die höchsten Anteile daran weisen die feste Biomasse und die Photovoltaik auf, aber auch Biogas und Wasserkraft haben eine große Bedeutung.



**Abb. 5-3:** In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage durch den Betrieb von Anlagen.

Die Ermittlung der mit der Brennstoffbereitstellung verbundenen marktwirksamen Nachfrage gestaltet sich schwierig, da ein beträchtlicher Teil der Bereitstellung nicht über Märkte stattfindet. So wird in Baden-Württemberg viel Brennholz aus dem eigenen Wald gewonnen. Aber auch der käuflich erworbene Teil wird oft statistisch nicht erfasst, da die Land- und Forstwirtschaft in der Regel aus relativ kleinen Produktionseinheiten besteht, die teilweise im Nebenerwerb geführt werden. Der im Jahr 2008 in Baden-Württemberg marktwirksame Umsatz für Biomassebrennstoffe wird auf gut 290 Mio. € geschätzt, welcher zu den in Abb. 5-3 ausgewiesenen Werten hinzukommt. Dieser Betrag berücksichtigt nur die Brennstoffbereitstellung für die im Land betriebenen Anlagen; mögliche Exporte sind nicht enthalten.

## 5.2 Zubau bis 2020: Umsetzung des Energiekonzepts 2020

Der künftige Ausbau der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg wird mit zusätzlicher Beschäftigung in den EE-Sparten des Landes verbunden sein. Diese Effekte werden am Beispiel der Umsetzung des Energiekonzepts 2020 der Landesregierung berechnet. Im folgenden Abschnitt wird der zu Grunde gelegte Ausbaupfad skizziert und die sich daraus ergebenden Investitionen angegeben. Eine detaillierte Darstellung findet sich in Anhang C.

Die Erneuerbaren Energien tragen zum Ende des Jahres 2008 bereits einen Anteil von 8,9 % zum gesamten Primärenergieverbrauch in Baden-Württemberg bei. Mit dem „Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ (vgl. Landesregierung Baden-Württemberg, 2009) wird das Ziel verfolgt, die-

sen Anteil bis zum Jahr 2020 auf mindestens 13 % zu erhöhen. Der Anteil an der Wärmebereitstellung soll von derzeit 8,6 % auf mindestens 16 % steigen. Im Hinblick auf die Stromerzeugung, die derzeit zu 13,6 % aus Erneuerbaren Energien gedeckt wird, ist ein Anteil von mindestens 20 % als Zielgröße angesetzt.

Zwischen 1998 und 2008 konnte der Anteil der Erneuerbaren Energien in den drei genannten Bereichen fast (Wärmebereitstellung) bzw. mehr als verdoppelt werden (Strombereitstellung und Primärenergiebereitstellung) – vgl. UM/WM (2009).

Zur Zielerreichung 2020 ist weiterhin eine dynamische Entwicklung beim Ausbau der Erneuerbaren Energien notwendig. Für die einzelnen erneuerbaren Energieträger wurden im Energiekonzept Baden-Württemberg spezifische Ziele festgelegt. Anhand dieser Ziele wurden Ausbaupfade für die einzelnen Energieträger definiert und die sich aus den definierten Ausbaupfaden für die einzelnen Energieträger ergebenden notwendigen Investitionen sowie laufenden Kosten für Wartung, Instandhaltung, Betrieb und Brennstoffbereitstellung ermittelt. Das entwickelte Szenario zeigt einen Pfad auf, mit dem die im „Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ vorgegebenen Ziele erreicht werden können. Das Szenario stellt eine denkbare Entwicklung eines komplexen Systems dar, in das eine Vielzahl von Einflussfaktoren eingehen. Es nimmt keinesfalls für sich in Anspruch, eine Prognose abzugeben. Darüber hinaus ist mit dem Szenario keine Beschränkung des Ausbaus der erneuerbaren Energieträger beabsichtigt. Eine ausführliche Darstellung findet sich in Abschnitt C des Anhangs. Im Folgenden wird die sich ergebende Nachfrage nach Anlagen und deren Betrieb dargestellt.

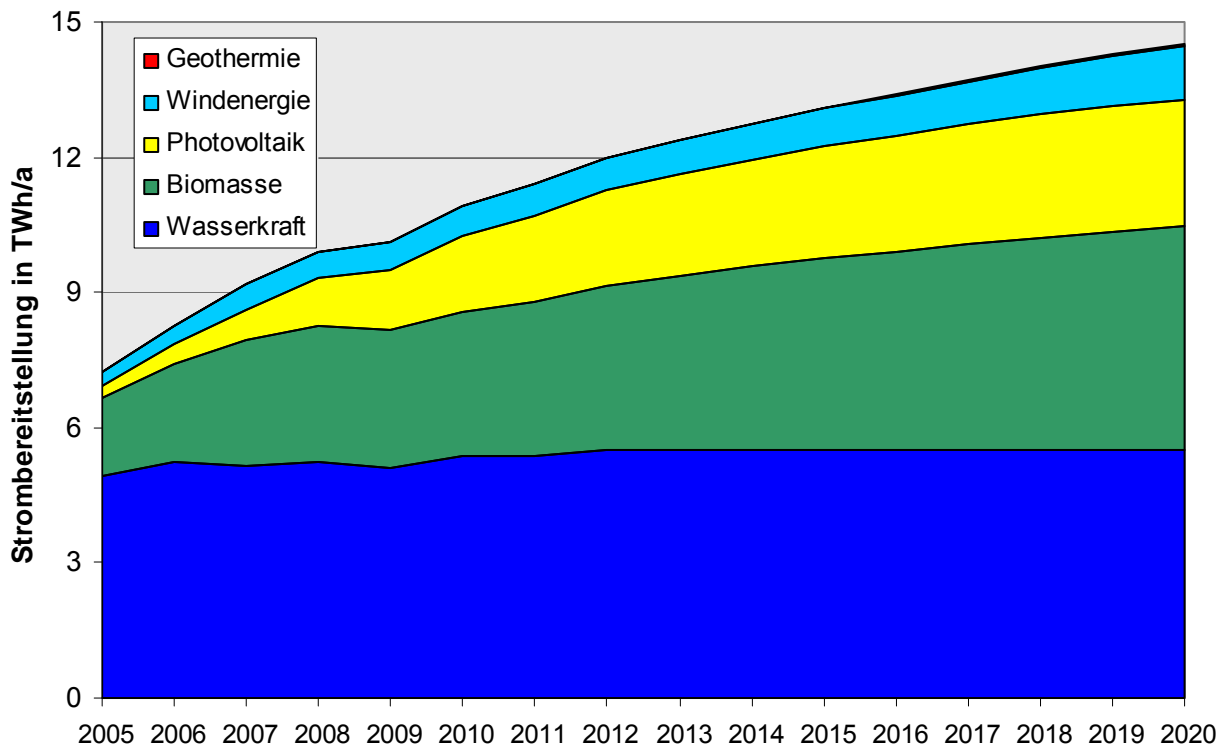
### 5.2.1 Stromerzeugung

Um im Jahr 2020 einen Anteil von 20 % erneuerbarer Strombereitstellung auszuweisen, ist ein absoluter Betrag von 14,4 TWh Strom aus Erneuerbaren Energien notwendig. Ausgehend vom Jahr 2005 entspricht der vorgesehene Ausbau der Erneuerbaren Energien im Strombereich einer Verdoppelung. Der höchste prozentuale Zuwachs wird im Bereich der Photovoltaik erwartet; in diesem Bereich soll die Strombereitstellung gegenüber 2005 verneunfacht werden, wenngleich auch die Ausgangsbasis vergleichsweise gering ist. Bei der Windkraft ist eine Vervierfachung antizipiert, während für Strom aus Biomasse ein Zuwachs von mehr als 170 % für möglich erachtet wird.

Den Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise wird im Jahr 2009 durch einen geringeren Anlagenzubau insbesondere im Bereich der Großanlagen, d.h. hauptsächlich in den Bereichen Windenergie und Biomasse, Rechnung getragen. Vor dem Hintergrund der Investitionssicherheit, die durch das EEG gegeben ist sowie der wieder verbesserten Möglichkeiten zur Fremdkapitalaufnahme (Abschwächung der Kreditklemme) wird angenommen, dass der Ausbau ab 2010 wieder zunimmt<sup>8</sup> (vgl. Abb. 5-4).

---

<sup>8</sup> Die Entwicklung der verschiedenen Sparten wird in Anhang C dargestellt.



**Abb. 5-4:** Szenario zum Ausbau der Strombereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg bis 2020.

Im Folgenden wird für die einzelnen Energieträger im Stromsektor erläutert, welcher Anlagenzubau bis 2020 zur Erstellung des Szenarios angesetzt wird, welche Investitionen dafür erforderlich sind und welche Wartungs- und Betriebskosten anfallen. Die für Wartung und Instandhaltung angesetzten Kostensätze entsprechen den für das Jahr 2008 verwendeten Werten.

Einschließlich der Ende 2008 am Netz befindlichen 777 MW wird die in Baden-Württemberg installierte **Wasserkraftleistung** im Jahr 2012 mindestens 915 MW betragen. Nicht berücksichtigt ist hierbei der Zubau kleiner Wasserkraftanlagen, der zu einer weiteren, jedoch nur geringen Steigerung der installierten Leistung und Strombereitstellung beitragen kann. Mit der ab 2012 verfügbaren Leistung erscheint die für das Jahr 2020 angestrebte Strombereitstellung aus Wasserkraft von 5,5 TWh im Normaljahr als realistisch.

Im Bereich der Wasserkraft resultiert für den Zeitraum bis 2020 ein Investitionsimpuls von insgesamt 550 Mio. €. Die Wartungs- und Betriebskosten der in Betrieb befindlichen sowie der neu zu gebauten Anlagen belaufen sich bis 2020 auf eine Gesamtsumme von schätzungsweise 860 Mio. €.

Mit dem ermittelten Ausbaupfad für die **Windkraft** lässt sich die im Rahmen des Energiekonzepts Baden-Württemberg angesetzte Strombereitstellung von 1,2 TWh im Jahr 2020 erreichen.

Mit den derzeitigen spezifischen Investitionskosten, die mit der im EEG angesetzten Degression von einem Prozent fortgeschrieben werden, ergeben sich bis 2020 Gesamtinvestitionen in Höhe von schätzungsweise 530 Mio. €. Für Wartung, Instandhaltung und Betrieb werden bis 2020 weitere 360 Mio. € veranschlagt.



Nach dem im Bereich **Photovoltaik** angesetzten zurückhaltenden Szenario sind im Jahr 2020 rund 3 GW<sub>p</sub> Photovoltaikleistung in Baden-Württemberg installiert, mit denen schätzungsweise 2,8 TWh Strom bereitgestellt werden können. Das anvisierte Ziel von 2,7 TWh PV-Strom in 2020 wird somit bereits mit diesem zurückhaltenden Szenario übererfüllt.

Bei der Abschätzung des Investitionsimpulses bis 2020 muss bei der Photovoltaik mehr als bei anderen Technologien die Kostensenkung bei den neu installierten Anlagen berücksichtigt werden. Die im EEG für die verschiedenen Anlagentypen festgelegten Degressionsraten werden im Rahmen dieser Abschätzung pauschal mit 9 % p.a. in die Berechnung einbezogen. Daraus resultiert bis 2020 ein Investitionsimpuls in Höhe von rund 5,0 Mrd. €. Zur Berücksichtigung von Wartungs- und Betriebskosten wird für 2009 ein Wert von 66 €/kW<sub>p</sub> angesetzt. Daraus resultieren bis 2020 Wartungs- und Betriebskosten von rund 2,0 Mrd. €.

Der Bereich **Biomasse** ist durch eine Vielzahl verschiedener Biomassen sowie Anlagentypen geprägt. Darüber hinaus bestehen einerseits Teilbereiche, für die mit weiterem Wachstum gerechnet werden kann, andererseits ist für einige Bereiche mit keiner oder nur mit einer sehr geringen Steigerung der Strombereitstellung zu rechnen.

Für die drei Teilbereiche Deponiegas, Klärgas sowie biogener Anteil des Abfalls wird gegenüber dem Jahr 2005 lediglich eine Steigerung der Stromproduktion von insgesamt 0,5 auf 0,7 TWh im Jahr 2020 erwartet.

Eine weitaus dynamischere Entwicklung ist in den Teilbereichen Biogas, feste biogene Brennstoffe sowie flüssige biogene Brennstoffe zu erwarten. Insgesamt wird im Rahmen dieses Szenarios in diesen Bereichen für das Jahr 2020 eine Strombereitstellung von 4,2 TWh angenommen. Zusammen mit den übrigen Bereichen der Biomasse ist für 2020 eine Stromerzeugung aus Biomasse von 4,9 TWh zu erwarten. Diese liegt 0,2 TWh über dem Ziel für Biomassestrom des Energiekonzepts. Damit kann für einen Ausgleich gesorgt werden, wenn die überaus ambitionierten Ziele zur Strombereitstellung aus Geothermie nicht in dem gewünschten Ausmaß realisiert werden können (s.u.).

Zur Abschätzung des Investitionsimpulses im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse wird für neu installierte Anlagen eine Kostensenkung von 1 % p.a. angesetzt, die der im EEG 2009 festgelegten Degression entspricht. Für die Jahre 2009 bis 2020 wird eine Gesamtinvestition in Höhe von 0,9 Mrd. € im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse angesetzt. Die Kosten für den Betrieb (ohne Brennstoffe) sowie Wartung und Instandhaltung werden auf einen Wert von 1,9 Mrd. € abgeschätzt. Die Brennstoffkosten (einschließlich der Substratkosten für Biogasanlagen und den Wert des Abfalls in Müllverbrennungsanlagen) belaufen sich von 2009 bis 2020 schätzungsweise auf einen Wert von 3,2 Mrd. €.

Die Kosten für Wartung, Instandhaltung und Betrieb sowie Brennstoffe übersteigen die Investitionskosten im selben Bereich bei Weitem. Dies geht darauf zurück, dass sich die Berechnung der laufenden Kosten nicht nur auf die neu zugebauten Anlagen, sondern den gesamten Anlagenbestand bezieht.

Im Rahmen des vorliegenden Szenarios wird davon ausgegangen, dass die im Energiekonzept Baden-Württemberg für **Geothermie** anvisierten 0,3 TWh im Jahr 2020 nicht erreicht werden können. Diese Einschätzung basiert auf den derzeit geltenden Anforderungen für die Erteilung einer Bohrgenehmigung. Nach den seismischen Aktivitäten durch die Arbeiten zur Nutzung der tiefen

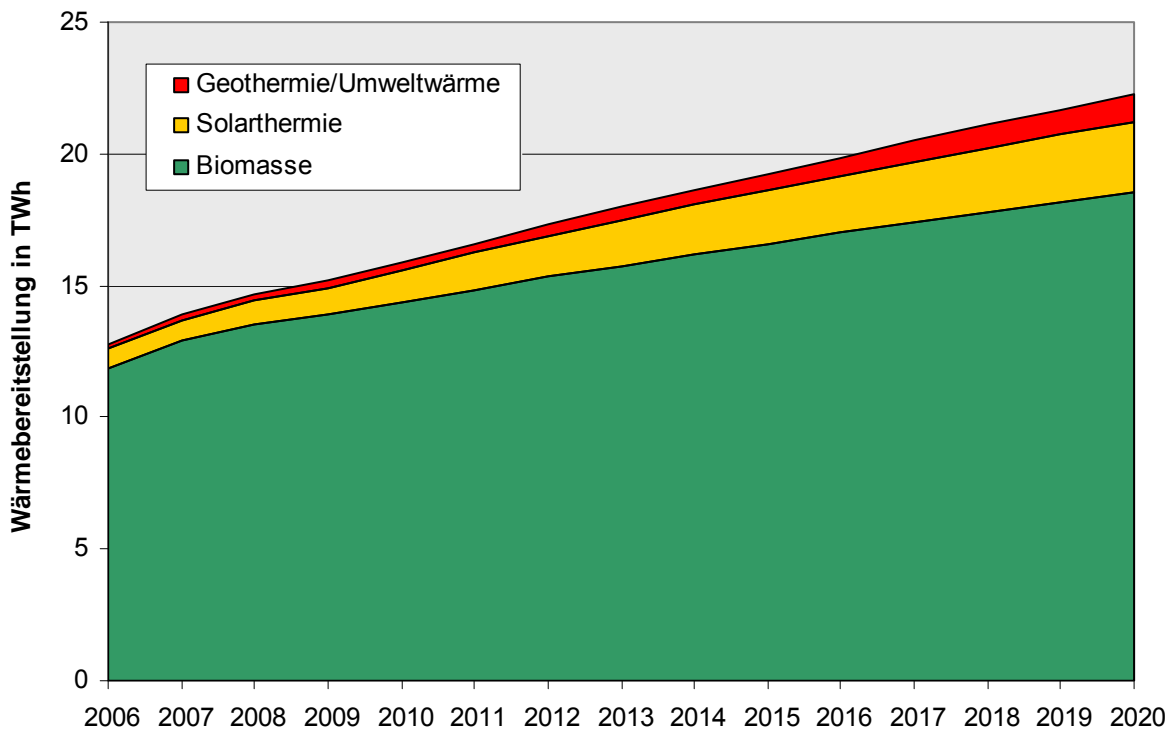
Geothermie in Basel wurde für Baden-Württemberg festgelegt, dass vor der Erteilung der Bohrge-  
 nehmigung ein seismologisches Gutachten zu erstellen ist. Auf Grund dieser Genehmigungsanfor-  
 derungen wird von einer Stromerzeugung von lediglich 0,05 GWh bis zum Jahr 2020 ausgegan-  
 gen. Die Differenz zum Ziel für die Stromerzeugung aus Geothermie wird im Rahmen dieses Sze-  
 narios durch einen erhöhten Beitrag der Biomasse kompensiert.

Die für den beschriebenen Ausbau der geothermischen Stromerzeugung notwendigen Investitio-  
 nen belaufen sich in den Jahren 2009 bis 2020 schätzungsweise auf insgesamt 75 Mio. €. Insbe-  
 sondere im Bereich der geothermischen Stromerzeugung sind Angaben zu Investitionen mit gro-  
 ßen Unsicherheiten behaftet, da bislang nur wenige Erfahrungen vorliegen. Darüber hinaus kann  
 es durch die Tiefenbohrungen und den damit verbundenen Bohr-, Fündigkeits- und geologischen  
 Risiken zu schwer vorhersehbaren Kostenentwicklungen kommen.

Die Kosten für Wartung, Betrieb und Instandhaltung werden jährlich mit 13,5 % der Investitionskosten  
 angesetzt. Damit ergeben sich für die Jahre 2009 bis 2020 Kosten in Höhe von insgesamt  
 40 Mio. €.

### 5.2.2 Ausbaupfade Wärme

Um im Jahr 2020 einen Anteil von 16 % erneuerbarer Wärmebereitstellung auszuweisen, ist ein  
 absoluter Betrag von 22,0 TWh Wärme aus Erneuerbaren Energien notwendig.



**Abb. 5-5:** Szenario zum Ausbau der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Baden-  
 Württemberg bis 2020.

Der größte absolute Zuwachs ist im Bereich Biomasse zu erwarten, der sich durch eine Vielzahl  
 von verschiedenen Biomassen und Nutzungstechnologien auszeichnet. Bei der Solarthermie ist  
 bis 2020 mehr als eine Verdreifachung der Wärmebereitstellung gegenüber 2006 anvisiert.

Insbesondere im Bereich der **Biomasse** muss berücksichtigt werden, dass in nicht unerheblichem Ausmaß Altanlagen durch neue Anlagen ersetzt werden. Für die Abschätzung des Investitionsimpulses wird nicht der Nettozubau, sondern der Bruttozubau von neuen Anlagen angesetzt. Für die in Abb. 5-5 dargestellte Entwicklung der Wärmebereitstellung kommt jedoch nur der Nettozubau zum Tragen, da die ersetzten bzw. stillgelegten Anlagen bei der Berechnung der Wärmebereitstellung nicht zu berücksichtigen sind.

Insgesamt wird bei den festen biogenen Brennstoffen einschließlich des biogenen Anteils des Mülls eine Steigerung der Wärmebereitstellung von 11,6 TWh im Jahr 2008 auf 17,3 TWh im Zieljahr 2020 erwartet. Für die flüssigen biogenen Brennstoffe wurde die Entwicklung bereits im Rahmen der Strombereitstellung berücksichtigt. Die Wärmebereitstellung steigt entsprechend von 0,1 TWh im Jahr 2006 auf einen Wert von 0,5 TWh im Jahr 2020.

Zur Wärmebereitstellung aus gasförmigen Biomassen tragen Biogasanlagen den Großteil bei. Jedoch besteht hier ein weiteres Steigerungspotenzial, welches nicht nur durch Nahwärmenetze, sondern insbesondere durch die erweiterten Möglichkeiten der Wärmenutzung über Mikrogasleitungen und die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz erschlossen werden kann. Bei der Wärmenutzung aus Deponie- und Klärgas wird keine Steigerung gesehen, da die in diesen Anwendungsfällen bereitgestellte Wärme in erster Linie direkt vor Ort zur Faulturnbeheizung der Kläranlagen bzw. bei Deponien kaum genutzt wird. Insgesamt wird für das vorliegende Szenario ausgehend von 0,2 TWh Wärmebereitstellung aus gasförmigen Stoffen im Jahr 2006 eine Steigerung auf mindestens 0,7 TWh im Jahr 2020 angenommen.

Im Hinblick auf die Biomasse im Wärmesektor als ganzes, wird für das vorliegende Szenario ausgehend von 11,9 TWh im Basisjahr 2006 für das Jahr 2020 eine Wärmebereitstellung von 18,5 TWh angesetzt.

Zur Abschätzung des Investitionsimpulses im Bereich der Wärmebereitstellung aus Biomasse muss berücksichtigt werden, dass hier – je nach Anlagentyp – mehr Anlagen in die Berechnung eingehen als der Nettozubau ausweist. Der Rückbau bzw. der Ersatz alter Anlagen wird im Rahmen des vorliegenden Szenarios als kostenneutral bewertet. Die Abschätzung des Investitionsimpulses basiert folglich auf dem gesamten Zubau neuer Anlagen (Bruttozubau). Hierfür lässt sich unter Berücksichtigung der zahlreichen verschiedenen Anlagentypen bis 2020 eine Gesamtinvestition in Höhe von 1,5 Mrd. € ansetzen. Hinsichtlich des gesamten Anlagenbestands lassen sich für den Zeitraum 2009 bis 2020 Kosten in Höhe von rund 1,2 Mrd. € für Wartung, Instandhaltung und Betrieb der Anlagen ansetzen. Die Kosten für biogene Brennstoffe belaufen sich für den Anlagenbestand in den Jahren 2009 bis 2020 auf insgesamt etwa 4,5 Mrd. €.

Der Anteil derjenigen Anlagen, die in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, wurde bereits auf der Stromseite in die Abschätzung der ausgelösten Investitionen einbezogen. Damit entfällt eine nochmalige Berücksichtigung auf der Wärmeseite.

Um das ambitionierte Ziel im Bereich der **Solarthermie** von 2,9 TWh im Jahr 2020 zu erreichen, ist ein Anlagenzubau auf hohem Niveau bis 2020 notwendig. Insgesamt ist bis 2020 ein Zubau von 5,2 Mio. m<sup>2</sup> Kollektorfläche notwendig, um das gesetzte Ziel zu erreichen. Bei einer durchschnittlichen Kollektorfläche von 9 m<sup>2</sup> pro Anlage kommt dies dem Zubau von fast 578.000 Anlagen bis 2020 gleich.

Für die Abschätzung des Investitionsimpulses bis 2020 wird die Annahme getroffen, dass keine Änderungen bei den spezifischen Investitionen zu erwarten sind und diese demnach bis 2020 auf konstantem Niveau bleiben. Damit lassen sich für den Zeitraum 2009 bis 2020 Investitionen von insgesamt rund 4,1 Mrd. € abschätzen. Für die für Wartung, Instandhaltung und Betrieb anfallenden Kosten werden jährlich 1,5 % der Investitionskosten angesetzt. Damit ergeben sich Kosten für Wartung, Instandhaltung und Betrieb des gesamten Anlagenbestands von insgesamt 730 Mio. € bis 2020.

Im Bereich **Geothermie**, der auch die Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen einschließt, wird im Rahmen des Energiekonzepts Baden-Württemberg für die Wärmeerzeugung in 2020 eine Zielgröße von 1,0 TWh anvisiert. Im Rahmen des vorliegenden Szenarios entfällt mit 0,9 TWh der Großteil der Wärmeerzeugung im Jahr 2020 auf die Nutzung von Umweltwärme, im Bereich der tiefen Geothermie wird für 2020 eine Wärmebereitstellung von 0,15 TWh erwartet. Dies entspricht für die tiefe Geothermie einem Zubau von acht Anlagen mit einer thermischen Leistung von jeweils 5 MW.

Für die Nutzung von Umweltwärme ist eine detaillierte Betrachtung notwendig. Die erdgekoppelten Anlagen (Sole-Wasser-Wärmepumpen und Grundwasser-Wärmepumpen) tragen derzeit bereits einen Anteil Erneuerbarer Energie zur Wärmebereitstellung bei. Dieser errechnet sich aus einer primärenergetischen Betrachtung, bei der von der gesamten bereitgestellten Wärme der primärenergetisch bewertete Antriebsstrom der Wärmepumpen abgezogen wird. Dagegen leisten Systeme mit niedrigen Jahresarbeitszahlen wie Warmwasser-Wärmepumpen sowie Luft-Wasser-Wärmepumpen nach den derzeit vorherrschenden Jahresarbeitszahlen im Durchschnitt keinen erneuerbaren Beitrag, da die Jahresarbeitszahlen noch unter dem Primärenergiefaktor des Strommix liegen. Durch den steigenden Anteil Erneuerbarer Energien im Bereich der Strombereitstellung wird sich der Primärenergiefaktor des Stroms verringern, d.h. der Primärenergiebedarf pro Einheit Strom sinkt. Es wird davon ausgegangen, dass der Primärenergiefaktor des Stroms von 2,7 im Jahr 2009 auf etwa 2,25 im Jahr 2020 sinken wird. Gleichzeitig steigen die ansetzbaren Mittelwerte der Jahresarbeitszahlen für die einzelnen Systeme, da Neuanlagen im Durchschnitt effizienter arbeiten als Anlagen im Bestand. Dieser Erhöhung sind jedoch enge Grenzen gesetzt, so dass nur mit sehr geringen Steigerungen bei den Jahresarbeitszahlen gerechnet wird. In Folge der Absenkung des Primärenergiefaktors leisten im Rahmen dieses Szenarios Luft-Wasser-Wärmepumpen erstmals im Jahr 2011 einen Beitrag zur erneuerbaren Wärmebereitstellung. Gleichmaßen steigt der erneuerbare Wärmeanteil von Sole- und Grundwasser-Wasser-Wärmepumpen weiterhin an. Dagegen überschreiten die Jahresarbeitszahlen der Warmwasser-Wärmepumpen bis 2020 nicht den Primärenergiefaktor des Stroms und stellen damit keinen Anteil erneuerbarer Wärme bereit.

Für die Jahre 2009 bis 2020 lässt sich für die Anlagen zur thermischen Nutzung von Tiefengeothermie sowie von Umweltwärme ein Investitionsimpuls in Höhe von 1,6 Mrd. € abschätzen. Für Wartung, Instandhaltung und Betrieb werden insgesamt 690 Mio. € veranschlagt. Für die Nutzung von Umweltwärme fällt darüber hinaus der Antriebsstrom der Wärmepumpen an, der bis 2020 mit rund 1,4 Mrd. € abgeschätzt wird. Wie oben dargelegt, trägt dieser derzeit nur zu einem geringen Teil zur Gewinnung erneuerbarer Wärme bei, weshalb er im Weiteren nicht berücksichtigt wird.

### 5.2.3 In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage

Im vorangegangenen Abschnitt wurden die mit einem möglichen Entwicklungspfad bis 2020 verbundenen Umsätze durch Investitionen, Wartung, Instandhaltung und Betrieb dargestellt, um die für Baden-Württemberg anvisierten Ziele zur Strom- und Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien zu erreichen. Diese belaufen sich gemäß der vorliegenden Schätzung auf insgesamt 22,0 Mrd. € für den Zeitraum 2009 bis 2020, zuzüglich 7,7 Mrd. € zur Bereitstellung von Brennstoffen (vgl. Tab. 5-1).

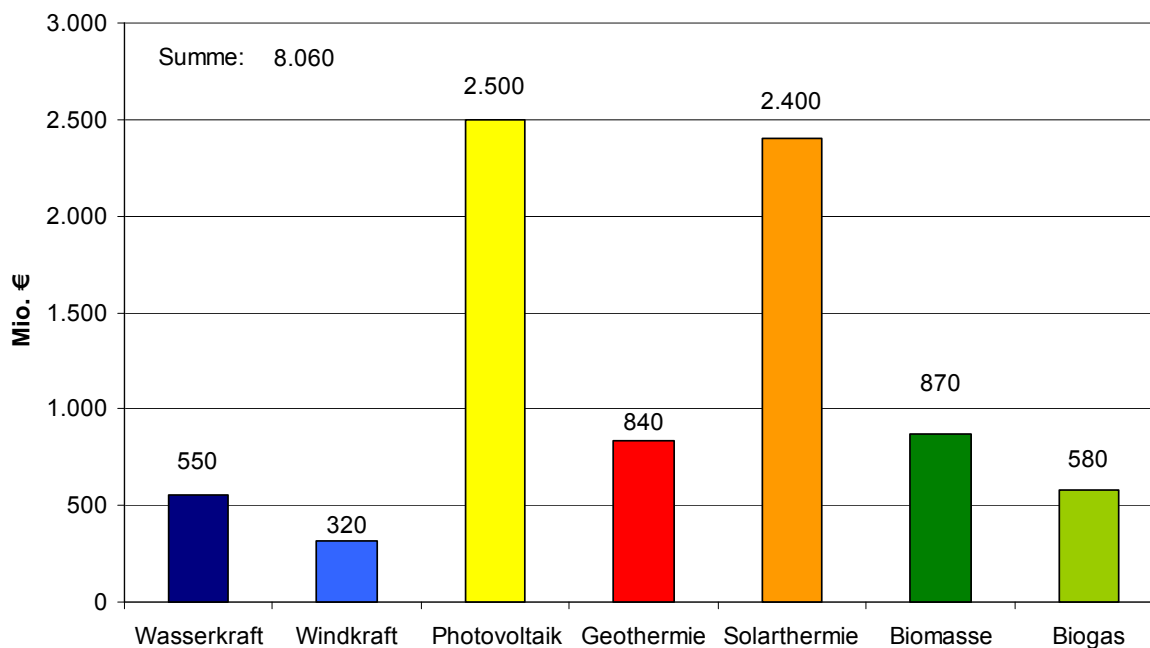
**Tab. 5-1:** Geschätzte Umsätze mit Erneuerbaren Energien im Zeitraum 2009 bis 2020 zur Zielerreichung in den Bereichen Strom und Wärme.

<b>Mrd. €</b>	<b>Investitionen</b>	<b>Wartung und Instandhaltung</b>	<b>Summe</b>	<b>Brennstoffkosten<sup>a</sup></b>
Wasserkraft	0,6	0,9	1,4	-
Windenergie	0,5	0,4	0,9	-
Photovoltaik	5,0	2,0	7,0	-
Solarthermie	4,1	0,7	4,8	-
Biomasse	2,4	3,1	5,5	7,7
Geothermie	1,7	0,7	2,4	
<b>Summe</b>	<b>14,2</b>	<b>7,8</b>	<b>22,0</b>	<b>7,7</b>

<sup>a</sup> Einschließlich der Substratkosten für Biogasanlagen.

Für die Berechnung der Beschäftigungseffekte wird davon ausgegangen, dass die in Tab. 5-1 ausgewiesenen Umsätze für Wartung, Instandhaltung und Betrieb in voller Höhe in Baden-Württemberg wirksam werden. Für die Investitionen trifft dies nicht zu, da nur ein Teil der Anlagen und Leistungen aus dem Land stammt. Die geschätzte in Baden-Württemberg wirksame Nachfrage durch Investitionen beläuft sich auf 8,1 Mrd. € für den Zeitraum von 2009 bis 2020. Die Aufteilung auf die einzelnen Sparten ist in Abb. 5-6 dargestellt.

Für die Brennstoffbereitstellung gilt der in Abschnitt 5.1.2 bereits erläuterte Sachverhalt. Unter den dort genannten Einschränkungen wird der in Baden-Württemberg marktwirksame Umsatz für Biomassebrennstoffe auf 4,6 Mrd. € im Zeitraum 2009 bis 2020 geschätzt.



**Abb. 5-6:** In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage nach EE-Anlagen und Komponenten durch den Zubau im Zeitraum 2009 bis 2020.

### 5.3 Zubau bis 2020: Erhöhtes Ziel von 25% EE bei der Stromerzeugung

Im novellierten EEG 2009 wurde das Ziel zur Strombereitstellung aus Erneuerbaren Energien gegenüber dem vorherigen nochmals angehoben. Auf Bundesebene besteht nun das Ziel, bis 2020 mindestens 30 % Strom aus Erneuerbaren Energien bereitzustellen. Vor diesem Hintergrund wurde das Stromziel aus dem „Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ einer Überprüfung unterzogen, um zu bewerten, ob der Beitrag Baden-Württembergs zur Erreichung des Bundesziels weiter erhöht werden kann. Darauf baut die folgende Abschätzung der dafür erforderlichen Investitionen auf.<sup>10</sup>

#### 5.3.1 Wasserkraft

Im Bereich der Wasserkraft kann lediglich mit einer geringen weiteren Steigerung der Stromerzeugung gerechnet werden, die sich aus der Modernisierung und dem Ausbau bestehender Anlagen erschließt. Gegenüber dem 20%-Ziel wird von einer weiteren Steigerung um 0,3 TWh in 2020 ausgegangen. Für das vorliegende Szenario wird angenommen, dass sich die Aktivitäten zum Ausbau und zur Reaktivierung bestehender Anlagen gleichmäßig auf die Jahre 2009 bis 2020 verteilen.

Die notwendigen Investitionen in den Jahren 2009 bis 2020 steigen auf 0,7 Mrd. €, bei den Wartungs- und Betriebskosten ist mit einem moderaten Anstieg auf 880 Mio. € bis 2020 zu rechnen. Im Vergleich dazu liegen die geschätzten Gesamtkosten für den Ausbau der Wasserkraft im Rahmen des 20%-Ziels bei 1,4 Mrd. €.

<sup>10</sup> Eine ausführlichere Darstellung findet sich in Anhang C.

### 5.3.2 Windenergie

Für die Windenergie wird gegenüber dem 20%-Ziel, das für 2020 von 1,2 TWh Windstrom ausgeht, eine um 1,1 TWh erhöhte Strombereitstellung für möglich gehalten. Um diesen zusätzlichen Beitrag zu leisten, ist von 2009 bis 2020 der Zubau von etwas mehr als 1 GW an Windleistung notwendig. Mit den dann im Jahr 2020 installierten 1,5 GW Leistung lassen sich rund 2,3 TWh Strom bereitstellen. Die Grundlage zur Realisierung dieses erhöhten Ziels für Strom aus Windkraft ist eine Überprüfung der bislang ausgewiesenen Standorte und ggf. die Ausweisung neuer Standorte.

Zur Realisierung des erhöhten Zubaus sind zwischen 2009 und 2020 insgesamt 1,4 Mrd. € an Investitionen notwendig. Die Kosten für Wartung und Betrieb erhöhen sich in diesem Zeitraum auf 580 Mio. €. Die gesamten Kosten für den Ausbau der Windkraft im Rahmen des 25%-Ziels betragen somit gut das Doppelte der Ausbaukosten des 20%-Ziels.

### 5.3.3 Photovoltaik

Ausgehend von den Potenzialen zur Stromerzeugung aus Photovoltaik sind im Vergleich zur Entwicklung der Photovoltaik im Rahmen des 20%-Ziels noch weitere Steigerungen möglich. Gegenüber dem Ziel von 2,7 TWh Strom aus Photovoltaik werden für das 25%-Ziel weitere 1,1 TWh angesetzt.

Für die Erstellung des Szenarios wird angenommen, dass sich der mittlere Stromertrag von 950 kWh/kW<sub>p</sub> für den jeweiligen Bestand schrittweise auf 1.000 kWh/kW<sub>p</sub> in 2020 erhöht. Wie für das 20%-Ziel liegt die Annahme zugrunde, dass weitere Wirkungsgradsteigerungen realisiert werden können. Im Gegensatz zu den Annahmen für das 20%-Ziel wird für das Szenario im Rahmen des 25%-Ziels angenommen, dass sich der ertragssteigernde Effekt stärker auswirkt, als der Einfluss des zunehmenden Anteils von Dünnschichtmodulen. Zur Kompensation der voraussichtlichen Zielverfehlung im Bereich der geothermischen Stromerzeugung (vgl. Abschnitt 5.3.5) wird eine leichte Übererfüllung für die Photovoltaik angesetzt (3,95 TWh in 2020 anstatt 3,8 TWh). Um im Jahr 2020 diese Strommenge aus Photovoltaik bereitstellen zu können, müssen ausgehend von einem Bestand von 1,25 GW<sub>p</sub> Ende 2008 bis 2020 rund 2,7 GW<sub>p</sub> Photovoltaikleistung zugebaut werden.

Damit verbunden sind Investitionen in Höhe von schätzungsweise 6,7 Mrd. € im Zeitraum 2009 bis 2020. An Wartungs- und Betriebskosten fallen in diesem Zeitraum etwa 2,3 Mrd. € an. Die Gesamtkosten des Ausbaus belaufen sich damit auf eine Größenordnung von 9,0 Mrd. €. Dem stehen Gesamtkosten von 7,0 Mrd. € für den Ausbaupfad der Photovoltaik im Rahmen des 20%-Ziels gegenüber.

### 5.3.4 Biomasse

Die einheimischen Potenziale zur Strombereitstellung aus Biomasse sind mit der im Rahmen des 20%-Ziels anvisierten Zielgröße weitgehend ausgeschöpft. Eine weitere Steigerung der Strombereitstellung aus Biomasse in Baden-Württemberg wird sich nur über den Import von Biomasse erreichen lassen. Hierbei ist über entsprechende Zertifizierungen sicherzustellen, dass die Biomasse nachhaltig bereitgestellt wird.

Für die Definition des Ausbaupfads zur Stromerzeugung aus Biomasse wird angesetzt, dass diese in den Bereichen Biogas, Holzheizkraftwerken sowie Pflanzenöl-BHKWs stattfindet. Eine weitere Steigerung der Strombereitstellung aus Klär- und Deponiegas sowie aus dem biogenen Anteil des Abfalls erscheint nicht möglich. Im Rahmen des 25%-Ziels wird angenommen, dass sich die zusätzlich bereit zu stellenden 1,1 TWh zu einem Fünftel auf Pflanzenöl-BHKWs sowie jeweils zwei Fünfteln auf Biogasanlagen und Holzheizkraftwerke verteilen.

Bis 2020 ist somit ein Zubau von insgesamt 265 MW<sub>el</sub> bei Biogasanlagen, 150 MW<sub>el</sub> bei Holzheizkraftwerken sowie 77 MW<sub>el</sub> bei den Anlagen zur Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse notwendig. Für Deponie- und Klärgas sowie für den biogenen Anteil des Abfalls gelten dieselben Annahmen wie sie für den Ausbaupfad im Rahmen des 20%-Ziels definiert sind.

Daraus resultiert für den Zeitraum 2009 bis 2020 ein Investitionsimpuls in Höhe von 1,3 Mrd. €. Die laufenden Kosten für Wartung und Betrieb erhöhen sich auf 2,2 Mrd. €. Die gesamten Kosten für Brennstoffe (einschließlich der Substrate für Biogasanlagen und des biogenen Anteil des Abfalls) belaufen sich von 2009 bis 2020 auf eine Summe von 3,7 Mrd. €. Die gesamten Kosten für den zusätzlichen Ausbau der Stromerzeugung aus Biomasse gegenüber dem 20%-Ziel belaufen sich somit auf zusätzliche 1,2 Mrd. €.

#### 5.3.5 Geothermie

Eine weitere Erhöhung des Ziels zur Strombereitstellung aus tiefer Geothermie erscheint vor der derzeitigen Genehmigungslage als nicht realistisch. Im Rahmen der Erstellung der Ausbaupfade für das 20%-Ziel wurde bereits von einer Zielverfehlung ausgegangen (vgl. Abschnitt 5.2.1). Der Geothermie wird damit im Rahmen des 25%-Ziels keine zusätzliche Stromerzeugung zugerechnet.

#### 5.3.6 In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage durch den Ausbau zur Erreichung des 25%-Ziels im Strombereich

Die mit einem erhöhten Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Strombereitstellung in Baden-Württemberg im Jahr 2020 verbundenen Kosten für Investitionen, Wartung, Instandhaltung und Betrieb belaufen sich auf 26,0 Mrd. € im Zeitraum 2009 bis 2020 für den gesamten Strom- und Wärmebereich (vgl. Tab. 5-2). Die Gesamtkosten liegen damit um 4,0 Mrd. € über den Kosten, die sich für den Ausbau der gesamten Erneuerbaren Energien ergeben, wenn im Strombereich ein Anteil von lediglich 20% angestrebt wird.

Werden nur die Kosten für den Stromsektor betrachtet, belaufen sich diese im Zeitraum 2009 bis 2020 zur Erfüllung des 20%-Ziels auf insgesamt 12,2 Mrd. €. Für die Erfüllung eines erhöhten Beitrags Erneuerbarer Energien von 25% betragen die Kosten für den Ausbau etwa 16,2 Mrd. € und damit 33 % mehr als die Ausbauskosten im Rahmen des 20%-Ziels.

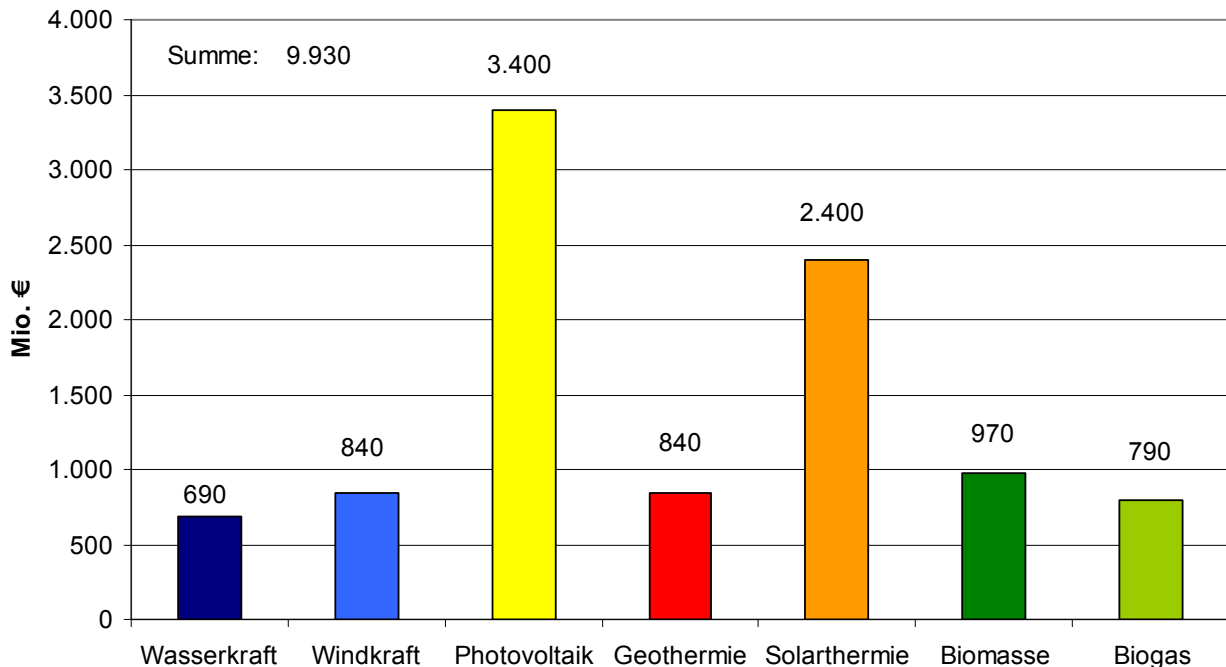


**Tab. 5-2:** Für den Zeitraum 2009 bis 2020 geschätzte Umsätze im Bereich Erneuerbare Energien (Strom + Wärme) zur Zielerreichung für das erweiterte 25%-Ziel im Strombereich.

Mrd. €	Investitionen	Wartung, Instandhaltung, Betrieb	Summe	Brennstoffkosten <sup>a</sup>
Wasserkraft	0,7	0,9	1,6	-
Windenergie	1,4	0,6	2,0	-
Photovoltaik	6,7	2,3	9,0	-
Solarthermie	4,1	0,7	4,8	-
Biomasse	2,8	3,4	6,2	8,2
Geothermie	1,7	0,7	2,4	
<b>Summe</b>	<b>17,4</b>	<b>8,6</b>	<b>26,0</b>	<b>8,2</b>

<sup>a</sup> Einschließlich der Substratkosten für Biogasanlagen.

Es wird davon ausgegangen, dass die in Tab. 5-2 ausgewiesenen Umsätze für Wartung, Instandhaltung und Betrieb in voller Höhe in Baden-Württemberg wirksam werden. Da nur ein Teil der Anlagen und Leistungen aus dem Land stammt, trifft dies für die Investitionen nicht zu. Die geschätzte in Baden-Württemberg wirksame Nachfrage durch Investitionen beläuft sich auf 9,9 Mrd. € für den Zeitraum von 2009 bis 2020. Die Aufteilung auf die einzelnen Sparten ist in Abb. 5-7 dargestellt. Der marktwirksame Umsatz durch Bereitstellung von Biomassebrennstoffen beläuft sich auf 4,9 Mrd. €.



**Abb. 5-7:** In Baden-Württemberg wirksame Nachfrage nach EE-Anlagen und Komponenten durch den Zubau im Zeitraum 2009 bis 2020, 25%-Ziel im Strombereich.

#### 5.4 Beschäftigungspotenziale durch Export im Jahr 2020

Während sich die beiden vorigen Kapitel mit der Nachfrage nach Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien und deren Betrieb infolge des Zubaus in Baden-Württemberg beschäftigten, wird nachfolgend die mögliche Größenordnung der beschäftigungswirksamen Nachfrage im Land durch den Export von Anlagen und Komponenten für das Jahr 2020 ermittelt. Ausgangspunkt hierfür ist eine Schätzung des Weltmarktvolumens im Jahr 2020 der Energy Watch Group (2008). Diese ermitteln im Rahmen einer oberen Abschätzung weltweite Investitionen in Erneuerbare Energien in Höhe von ca. 400 Mrd. € im Jahr 2020<sup>12</sup>. Gemessen an den in REN21 (2009) ausgewiesenen weltweiten EE-Investitionen im Jahr 2008 in Höhe von 120 Mrd. \$ (ca. 92 Mrd. €), erzielte die baden-württembergische EE-Industrie einen Anteil von gut 2 %. Vor dem Hintergrund zunehmender internationaler Konkurrenz ist auch bei wachsenden absoluten Volumina ein zurückgehender relativer Weltmarktanteil Baden-Württembergs zu erwarten. Vor dem Hintergrund unverminderter Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen wird jedoch davon ausgegangen, dass baden-württembergische Unternehmen einen Anteil von mindestens 1 % dieses Volumens erreichen können. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich für das Jahr 2020 eine im Land wirksame Nachfrage von ca. 4 Mrd. €. Unter Berücksichtigung der Ausgangssituation und der Entwicklungspotenziale der einzelnen Sparten wurden die Umsätze baden-württembergischer Unternehmen im Jahr 2020 geschätzt. Nach Abzug der Umsätze durch den Zubau in Baden-Württemberg im Jahr 2020 ergeben sich die in Tab. 5-3 dargestellten Exportumsätze.

**Tab. 5-3:** Potenzielle Exportumsätze baden-württembergischer EE-Unternehmen im Jahr 2020.

	Mio. €
Wasserkraft	280
Windkraft	1.440
Photovoltaik	1.520
Geothermie	22
Solarthermie	12
Biomasse	300
Biogas	23
<b>Summe</b>	<b>3.597</b>

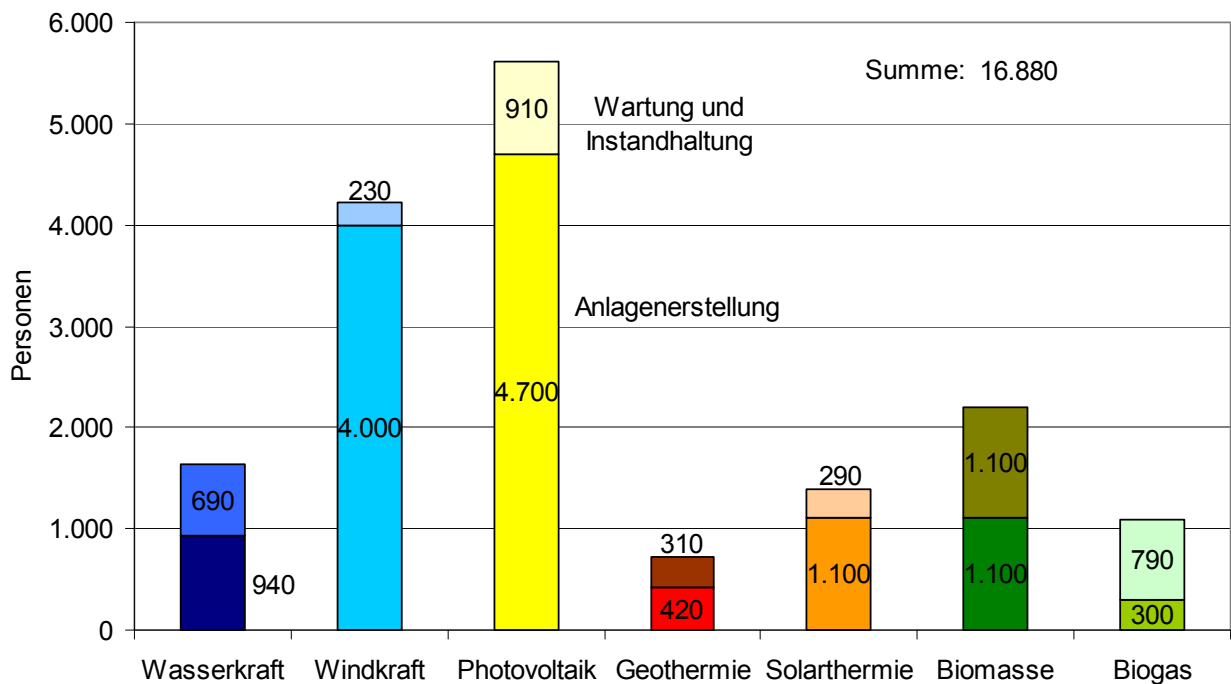
<sup>12</sup> Die obere Abschätzung wurde gewählt, da sie im Rahmen aktueller Daten zu weltweiten Investitionen realistischer erscheint als die untere Abschätzung.

## 6 Ermittelte Beschäftigungswirkungen

Im vorigen Abschnitt wurde die in Baden-Württemberg wirksame Nachfrage für die Situation im Jahr 2008, für den Zubau zur Erreichung der Ziele des Energiekonzeptes 2020, für den Zubau zur Erreichung des im Vergleich zum Energiekonzept anspruchsvolleren Ziels von 25 % Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung sowie für ein Exportszenario im Jahr 2020 ermittelt. In den nachfolgenden Abschnitten wird die jeweils resultierende Bruttobeschäftigungswirkung dargestellt. Im letzten Abschnitt werden einige generelle Aspekte der Berechnungen erörtert.

### 6.1 Situation 2008

Aus der um die Sektoren der Erneuerbaren Energien erweiterten Input-Output-Tabelle lassen sich deren Beschäftigungswirkungen im Jahr 2008 ermitteln. Diese sind in Abb. 6-1 dargestellt.



**Abb. 6-1:** Beschäftigung in Baden-Württemberg durch im Land wirksame Nachfrage nach EE-Anlagen und deren Betrieb im Jahr 2008.

Im Jahr 2008 waren insgesamt rund 16.900 Personen im Bereich Erstellung von Anlagen und Komponenten sowie Wartung und Instandhaltung von Anlagen in Baden-Württemberg beschäftigt. Auf die beiden genannten Kategorien entfallen 74 % bzw. 26 % der Beschäftigung. Mit 33 % der Beschäftigung stellt die Photovoltaik die mit Abstand wichtigste Sparte dar. Es folgen Windkraft mit 25 %, feste Biomasse mit 13 % und Wasserkraft mit 10 %; Solarthermie, Biogas (inkl. flüssige Biomasse) und Geothermie weisen Anteile unter 10 % auf.

Mit Ausnahme der biogenen Energieträger entfallen mehr Arbeitsplätze auf die Anlagenerstellung als auf die Wartung und Instandhaltung von Anlagen. Dies spiegelt zum einen den großen Anlagenbestand, aber auch den vergleichsweise hohen Betriebsaufwand für Anlagen zur Nutzung biogener Brennstoffe wider. Zum andern ist auch die unterschiedliche räumliche Abgrenzung für beide Kategorien zu berücksichtigen: Bei der Anlagenerstellung sind auch Exporte berücksichtigt, während sich Wartung und Instandhaltung lediglich auf Anlagen im Land bezieht. So ging beispielsweise im Jahr 2008 der größte Teil von Komponenten für Windkraftanlagen in andere Bundesländer oder ins Ausland, während sich der für die betriebsbedingte Beschäftigung ausschlaggebende Anlagenbestand in Baden-Württemberg auf niedrigem Niveau bewegte.

Eine im Bereich der Zulieferindustrie für Erneuerbare Energien des Landes besonders wichtige Gruppe sind die Hersteller von Produktionsanlagen für die Photovoltaikindustrie. Sie sind dem Maschinenbau zuzurechnen, werden aber in den oben dargestellten Werten nicht angemessen berücksichtigt, da der größte Teil der Anlagen in andere Bundesländer oder das Ausland geliefert wird und deshalb nicht als Vorleistung in Baden-Württemberg erfasst wird. Aus diesem Grund wurde diese Branche separat betrachtet und die Beschäftigungswirkung des Exports in andere Bundesländer und das Ausland ermittelt (der im Land verbleibende Vorleistungsanteil ist in den Werten der Photovoltaikbranche berücksichtigt). Danach profitierten 2008 gut 3.100 Arbeitsplätze vom Ausbau der Photovoltaikindustrie in anderen Bundesländern und dem Ausland. Bezieht man diese mit ein, so steigt die Zahl der in der erweiterten Photovoltaikbranche Beschäftigten auf gut 8.700.

Zusätzlich zu Wartung und Instandhaltung sind für den Betrieb von Biomasseanlagen auch Brennstoffe erforderlich. Ein großer Teil der Brennstoffbereitstellung entfällt jedoch auf Bereiche, die in der Input-Output-Rechnung statistisch nicht oder nur unvollständig erfasst werden. So versorgen sich in Baden-Württemberg viele Betreiber von Holzheizungen mit Brennholz aus dem eigenen Wald. Weiterhin fallen viele dieser Vorleistungen für die Erzeugung von Bioenergie etwa als Neben- bzw. Abfallprodukt in der Land- und Forstwirtschaft (z. B. Landschaftspflegeholz) an und werden auf lokaler Ebene gehandelt. Da die Land- und Forstwirtschaft in der Regel aus relativ kleinen Produktionseinheiten besteht, die teilweise im Nebenerwerb geführt werden, ist die genaue statistische Erfassung problematisch. Betrachtet man die regionalisierte Input-Output-Tabelle Baden-Württembergs, so festigt sich dieser Eindruck. Eine Berechnung der Beschäftigungswirkungen der Brennstoffbereitstellung ist im Rahmen der Input-Output-Analyse auf Basis der vorliegenden Zahlen nicht durchführbar. Die genauen Nachfrage- und Beschäftigungseffekte, die ein zunehmender Verbrauch an biologischen Brennstoffen mit sich bringen würde, müssen ggf. in einem anderen Modellrahmen, mit besonderem Fokus auf das landwirtschaftliche Umfeld ermittelt werden. Die Beschäftigungseffekte der Bereitstellung biogener Brennstoffe werden auf Grund ihrer großen Bedeutung dennoch abgeschätzt. Die direkte Beschäftigung lässt sich aus den vorliegenden Daten berechnen, lediglich die indirekte Beschäftigungswirkung, welche erfahrungsgemäß in derselben Größenordnung wie die direkte liegt, wird geschätzt. Insgesamt ergeben sich ca. 2.000 Arbeitsplätze für die Bereitstellung biogener Brennstoffe<sup>13</sup>.

Ein weiteres Feld, in dem Beschäftigung entsteht, ist die Verwendung öffentlicher und gemeinnütziger Mittel. Hierzu zählen Finanzmittel des Bundes, des Landes Baden-Württemberg, der EU und

---

<sup>13</sup> Dieser Wert umfasst nicht die Beschäftigung durch Herstellung von Biokraftstoffen, welche im Rahmen der vorliegenden Studie nicht ermittelt werden konnte.

von Stiftungen, die im Bereich Erneuerbare Energien hauptsächlich für die zwei Bereiche „Forschung und Entwicklung“ sowie „Öffentlichkeitsarbeit und Wirtschaftsförderung“ eingesetzt werden. Ausgehend von den Berechnungen in Kratzat et al. (2007) wurden rund 740 Beschäftigte in Baden-Württemberg ermittelt. Dabei wird angenommen, dass sich die für 2006 berechneten Werte bis 2008 nicht wesentlich geändert haben (vgl. Anhang, Abschnitt D).

Insgesamt waren 2008 demnach gut 22.700 Personen im Bereich der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg beschäftigt. Mit dem verwendeten Berechnungsansatz werden Vollzeitstellen quantifiziert. Dies bedeutet, dass 22.700 Personen das ganze Jahr über voll beschäftigt waren oder 45.400 Personen eine Halbtagsbeschäftigung hatten. Diese Zahlen stellen eine konservative Abschätzung dar, d. h. es wurde angestrebt, eine Überschätzung der Effekte zu vermeiden. Unsicherheiten und Unschärfen ergeben sich vor allem aus der mangelnden Datenverfügbarkeit speziell für den Wirtschaftsraum Baden-Württemberg. Dies trifft sowohl für die Umsätze im Bereich der Erneuerbaren Energien als auch für detaillierte Arbeitsmarktdaten für die Wirtschaftssektoren in der benötigten tiefen Untergliederung zu.

Stellt man die ermittelten gut 8.700 Beschäftigten für Photovoltaik den Ergebnissen von EuPD (2009) gegenüber, so liegen diese zwischen den dort genannten Werten von 6.168 für 2007 und geschätzten 9.294 für 2009. Die Umsatzschätzungen liegen mit 1.240 Mio. € gegenüber 3.423 bzw. 3.631 Mio. € allerdings weit auseinander. Erklärt werden kann dies u.a. durch die Fokussierung der vorliegenden Studie auf die Erfassung der jeweiligen Bruttowertschöpfung auf den einzelnen Wertschöpfungsstufen, so dass eine Mehrfachzählung der ermittelten Umsätze vermieden bzw. ausgeschlossen wurde. Bei den in EuPD (2009) angegebenen Zahlen wurden Umsätze auf unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen erfasst und summiert, was mit großer Wahrscheinlichkeit zu Doppelzählungen geführt haben dürfte.

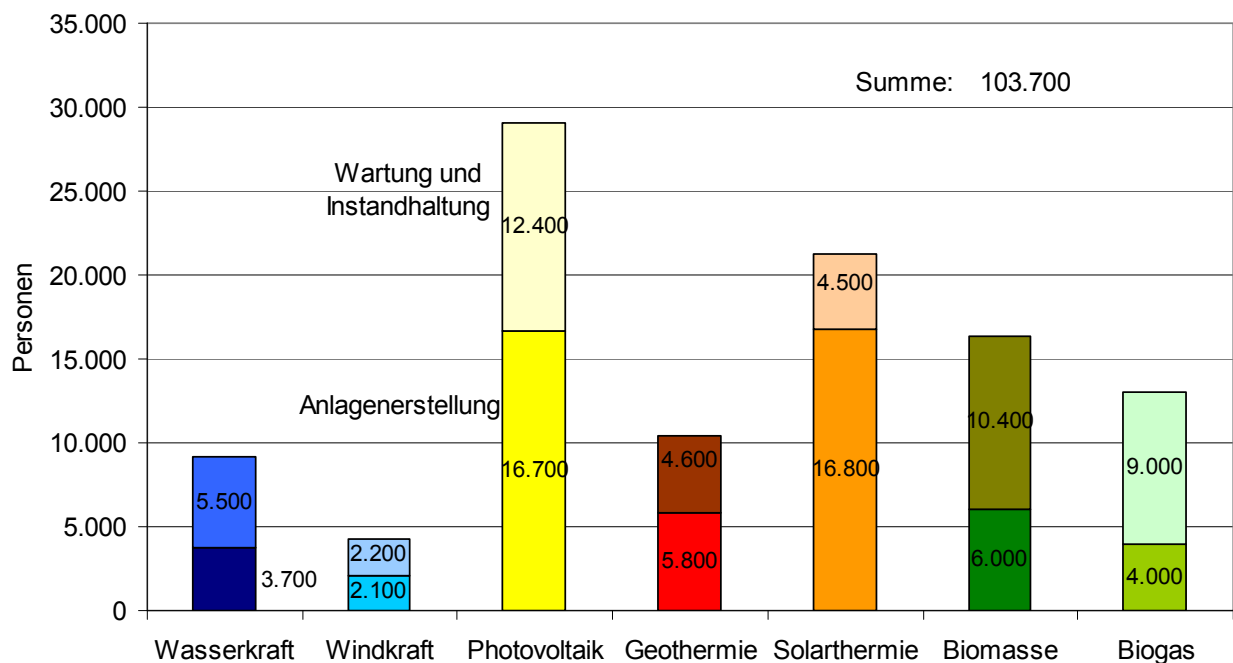
Die für den Bereich Windkraft ermittelte Zahl von gut 4.200 Beschäftigten stimmt vergleichsweise gut mit den in Trend:research (2009) ausgewiesenen 4.340 Arbeitsplätzen überein. Während die Gesamtsummen der Umsatzzahlen mit 613 Mio. € gegenüber 584 Mio. € sich nur wenig unterscheiden, ist die jeweilige Aufteilung auf Kostenkomponenten jedoch sehr verschieden. Unterschiede bestehen vor allem in den Umsatz- und Beschäftigungsanteilen von Projektentwicklung und Fertigung von Anlagen und Komponenten. Beispielsweise liegt in Trend:research (2009) die Zahl der Beschäftigten pro Mill. € Umsatz im Bereich Anlagenfertigung annähernd doppelt so hoch wie in der vorliegenden Studie. Dieser hohe Wert legt nahe, dass dabei auch Teilzeitbeschäftigte erfasst wurden. Dies wird vor allem durch einen hohen Umsatzanteil im Bereich der Projektentwicklung kompensiert, der eine sehr niedrige Beschäftigtenzahl je Mill. € Umsatz aufweist.

Im Vergleich mit den Schätzungen von O'Sullivan et al. (2009) für Deutschland liegen die hier ermittelten Werte bei knapp 8 % für die Summe aus Erstellung von Anlagen, Wartung und Instandhaltung sowie Beschäftigte aus öffentlichen und gemeinnützigen Mitteln über alle Sparten. Für die einzelnen Sparten variieren die Anteile von 5 % für Windkraft bis knapp 18 % für Wasserkraft, mit einem Wert von 10 % für Photovoltaik. Der direkte Vergleich mit den Werten für Deutschland ist allerdings schwierig, weil die einbezogenen Effekte bzw. Abgrenzungen nicht genau übereinstimmen.

## 6.2 Zubau bis 2020: Umsetzung des Energiekonzepts 2020

Die im vorigen Abschnitt dargestellten Werte bilden die Ausgangssituation des entwickelten Input-Output-Modells ab. Mit Hilfe dieses Modells ist es möglich, die Auswirkungen eines Investitionsimpulses, der etwa durch politische Maßnahmen ausgelöst wird, zu analysieren. Ein nahe liegender Anwendungsfall ist die Analyse der Wirkungen der im Energiekonzept 2020 der Landesregierung formulierten Zubauziele im Bereich der Erneuerbaren Energien. Hierfür wurde ein Szenario entwickelt, wie diese Ziele erreicht werden können (vgl. Abschnitt 5.2). Dieses Szenario enthält Ausbaupfade für jede einzelne Sparte im Zeitraum von 2009 bis 2020. Anschließend wurden die hiermit verbundenen Investitionen und Betriebskosten ermittelt und die in Baden-Württemberg wirksame Nachfrage geschätzt.

Für die Wartung und Instandhaltung von Anlagen wurde angenommen, dass die gesamten Leistungen aus Baden-Württemberg stammen. Implizit bedeutet dies, dass im Fall des Imports von Leistungen ein Export in derselben Höhe stattfindet.



**Abb. 6-2:** Durch den Zubau zur Erreichung der Ziele des Energiekonzepts 2020 in Baden-Württemberg generierte Vollbeschäftigungsjahre (Zeitraum 2009 bis 2020).

Mit dem Zubau zur Erreichung der Ziele des Energiekonzepts 2020 sind über den gesamten Zeitraum von 2009 bis 2020 in Baden-Württemberg über 100.000 Vollbeschäftigungsjahre durch Anlagenerstellung sowie Wartung und Instandhaltung verbunden, die meisten davon in den Sparten Photovoltaik, Solarthermie sowie feste Biomasse (vgl. Abb. 6-2)<sup>14</sup>. Auf jährlicher Basis entspricht

<sup>14</sup> Nicht enthalten ist die Beschäftigung durch Export von Komponenten, Anlagen und Dienstleistungen im betrachteten Zeitraum.

dies durchschnittlich 8.600 Vollzeitstellen<sup>15</sup>. Mit anderen Worten entstehen durch Strukturwandel in den entsprechenden Sparten im Durchschnitt 8.600 Vollzeitstellen. Die Anteile der einzelnen Sparten sind weitgehend durch die politisch gesetzten Ausbauziele vorgegeben. In der Summe aller Sparten beläuft sich der Anteil der Wartung und Instandhaltung an der Gesamtbeschäftigung auf 47 %. Diese annähernd 49.000 Vollbeschäftigungsjahre über den Gesamtzeitraum (oder gut 4.000 auf jährlicher Basis) sind von besonderer Bedeutung, da sie von der Zahl installierter Anlagen abhängt, die auch über den Ausbauzeitraum hinaus Bestand haben wird. Gleiches gilt für die Brennstoffbereitstellung, welche Beschäftigung für geschätzte weitere 32.000 Personen (knapp 2.700 auf jährlicher Basis) bietet.

Damit entstehen durch den Zubau im Rahmen des Energiekonzepts 2020 im Zeitraum 2009 bis 2020 bei Anlagenerstellung, Wartung und Instandhaltung sowie Brennstoffbereitstellung insgesamt 136.000 Vollbeschäftigungsjahre oder ca. 11.300 Vollzeitstellen auf jährlicher Basis. Bei der Erstellung von Anlagen kommt Photovoltaik und Solarthermie eine herausragende Bedeutung zu. Allerdings wird die Photovoltaik im angenommenen Ausbaupfad vor allem zu Anfang stark zugebaut, gegen Ende des betrachteten Zeitraums nimmt ihre Beschäftigungswirkung ab.

Eine generelle Aussage darüber, inwieweit das Energiekonzept 2020 im Bereich Anlagenerstellung zusätzliche Beschäftigung zur Situation im Jahr 2008 schafft ist nicht möglich, da hierfür auch die Entwicklung der Exporte zu berücksichtigen ist. Wächst die weltweite Nachfrage nach Produkten und Leistungen aus Baden-Württemberg, so wird zusätzliche Beschäftigung geschaffen. Wachsen Weltmarkt und Nachfrage nicht im gleichen Ausmaß wie der Zubau im Land, so wirkt der Zubau zumindest beschäftigungssichernd.

Klarer ist die Lage für den Bereich Wartung und Instandhaltung von Anlagen (und Brennstoffbereitstellung): Solange der Anlagenbestand wächst, nimmt auch die Beschäftigung zu. Gleiches gilt für den wachsenden Instandhaltungsaufwand etwa auf Grund der Altersstruktur der Anlagen (der in der Abschätzung nicht berücksichtigt wurde). Andernfalls bleibt die Beschäftigung gleich.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass es sich nicht unbedingt um neue, zusätzliche Arbeitsplätze handelt, sondern dass es sich zumindest teilweise um eine Verlagerung von Arbeitsplätzen aus traditionellen Branchen in die EE-Branche handelt (vgl. hierzu auch Kapitel 7).

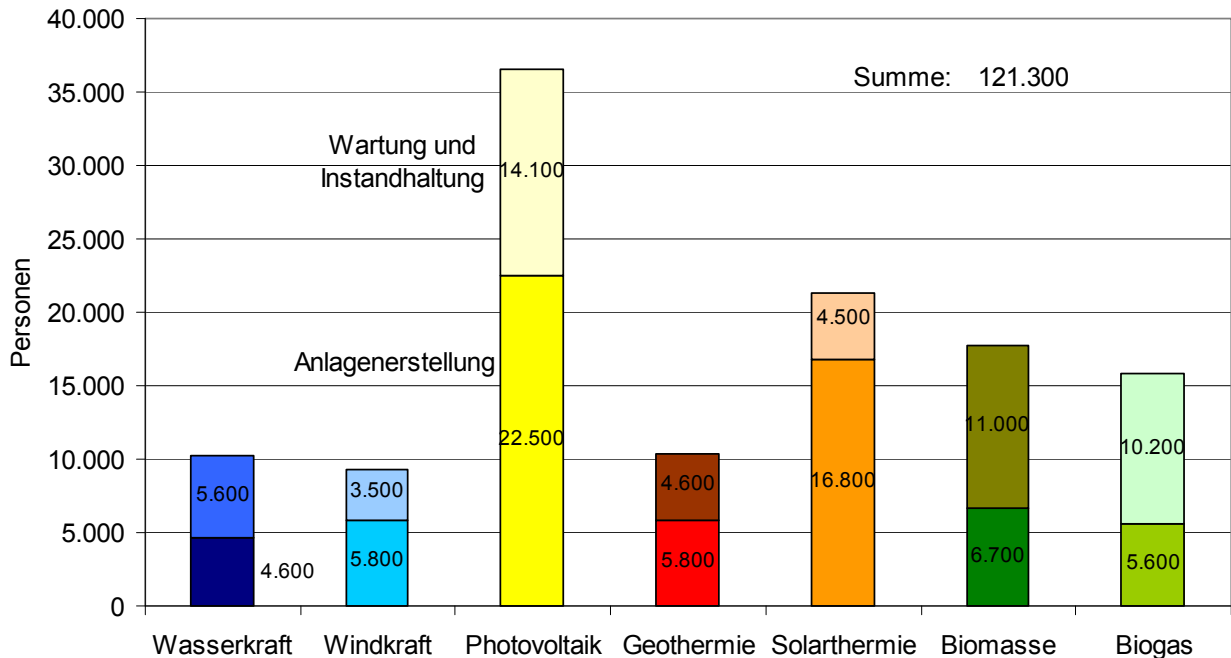
### 6.3 Zubau bis 2020: Erhöhtes Ziel von 25% EE bei der Stromerzeugung

Im folgenden Abschnitt wird beleuchtet, welche zusätzlichen Beschäftigungseffekte sich im Fall eines im Vergleich zum Energiekonzept 2020 ambitionierteren Zieles, nämlich eines EE-Anteils von 25 % statt 20 % bei der Stromerzeugung ergibt. Das entsprechende Zubauszenario sowie die resultierenden Umsätze wurden in Abschnitt 5.3 beschrieben. Auf dieser Grundlage ergeben sich über den Zeitraum von 2009 bis 2020 in Baden-Württemberg mehr als 120.000 Vollbeschäfti-

---

<sup>15</sup> Es handelt sich insgesamt um 100.000 Vollbeschäftigungsjahre, die sich auf den betrachteten Zwölfjahreszeitraum verteilen. Rechnerisch sind damit im Durchschnitt 8.600 Personen über 12 Jahre in der EE-Branche voll beschäftigt. Die Beschäftigtenzahl schwankt im Bereich Anlagenerstellung je nach Zubauvolumen über die einzelnen Jahre. Im Bereich Anlagenbetrieb kann man auf Grund des wachsenden Anlagenbestandes von einer mit den Jahren steigenden Beschäftigtenzahl ausgehen.

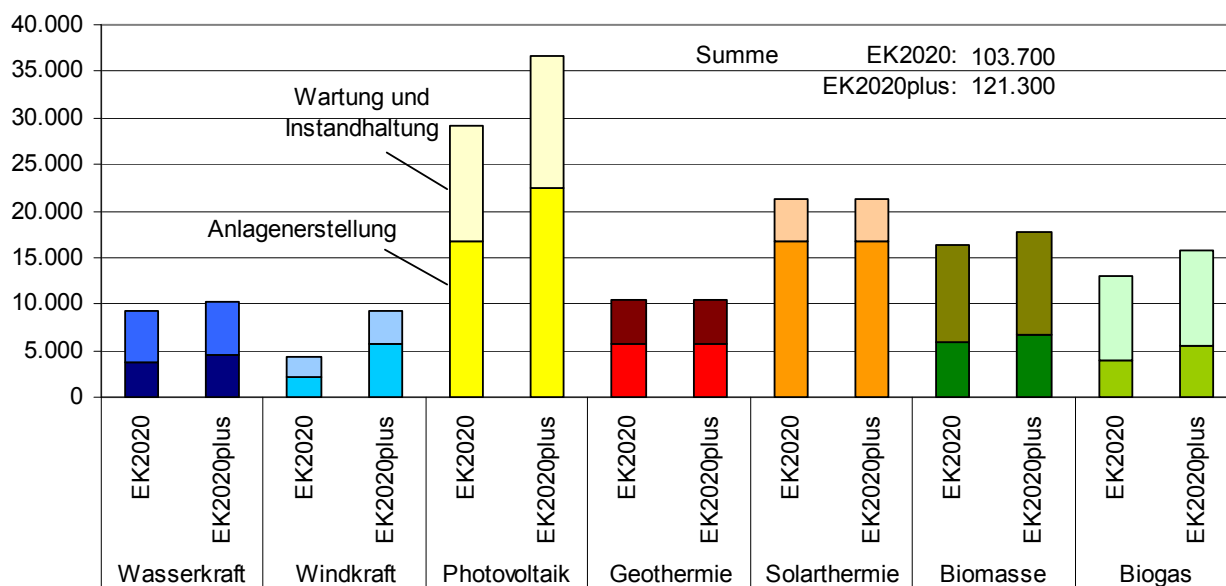
gungsjahre durch Anlagenerstellung, Wartung und Instandhaltung (vgl. Abb. 6-3), was etwa 10.100 Vollzeitstellen auf jährlicher Basis entspricht. Hinzu kommen noch geschätzte knapp 35.000 Vollbeschäftigungsjahre (2.900 auf jährlicher Basis) im Bereich der Brennstoffbereitstellung hinzu, so dass sich für das ambitioniertere Szenario insgesamt ca. 156.000 Vollbeschäftigungsjahre (13.000 Stellen auf jährlicher Basis) ergeben.



**Abb. 6-3:** Durch den Zubau zur Erreichung der für Stromerzeugung erhöhten Ziele des Energiekonzepts 2020 in Baden-Württemberg generierte Vollbeschäftigungsjahre (Zeitraum 2009 bis 2020).

Abb. 6-4 stellt die Ergebnisse für das ambitioniertere Szenario denen des Energiekonzepts 2020 gegenüber. Entsprechend des in Abschnitt 5.3 ermittelten Zubaupfades wächst die Beschäftigung vor allem bei der Windenergie und der Photovoltaik, aber auch Biogas, feste Biomasse sowie Wasserkraft profitieren. Durch das erhöhte Zubauziel im Strombereich entstehen bei Berücksichtigung der Brennstoffbereitstellung etwa 20.000 Vollbeschäftigungsjahre bzw. 1.700 Vollzeitstellen auf jährlicher Basis mehr als für die Ziele des Energiekonzepts 2020.

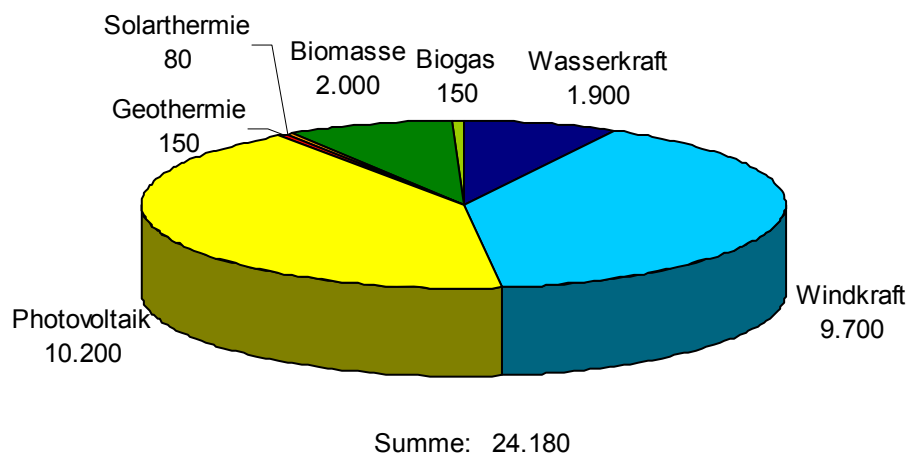




**Abb. 6-4:** Gegenüberstellung der durch EE-Zubau in Baden-Württemberg gemäß des Energiekonzepts 2020 (EK2020) und der für Stromerzeugung erhöhten Ziele (25 % EE – EK2020plus) generierten Vollbeschäftigungsjahre über den Zeitraum von 2009 bis 2020.

#### 6.4 Beschäftigungspotenziale durch Export im Jahr 2020

Erreichen die Unternehmen die in Abschnitt 5.4 dargestellten Exportvolumina, so finden im Jahr 2020 mehr als 24.000 Personen durch die Exportaktivitäten Arbeit. Neben Photovoltaik und Windkraft, welche beide praktisch gleichauf sind, spielen im betrachteten Szenario noch Wasserkraft und feste Biomasse eine gewisse Rolle, während davon ausgegangen wird, dass Biogas (inkl. flüssige Biomasse), Geothermie sowie Solarthermie langfristig nur ein vergleichsweise geringes Exportpotenzial aufweisen. Wesentlich ist die Größenordnung des Beschäftigungseffektes im Vergleich zum Zubau in Baden-Württemberg: Durch eine entsprechende Weltmarktposition besteht in einem einzigen Jahr knapp ein Viertel der Beschäftigung, die durch den Zubau nach dem Energiekonzept 2020 über einen Zeitraum von 12 Jahren erreichbar wäre. Dies unterstreicht einmal mehr die Bedeutung des Exports für die verarbeitende Industrie in Baden-Württemberg. Allerdings bedeutet dies nicht, dass allein durch Export Stellen im Bereich der Erneuerbaren Energien entstehen. Der Vorteil der Nutzung der EE-Potenziale in Baden-Württemberg liegt vor allem darin, dass dauerhafte Arbeitsplätze beim Anlagenbetrieb geschaffen werden. Wie wertvoll solche Beschäftigung besonders in Krisenzeiten sein kann, zeigt die aktuelle Wirtschaftskrise, in der vor allem die Arbeitsplätze in den exportorientierten Branchen gefährdet sind. Darüber hinaus könnte eine zunehmende Tendenz wichtiger Abnehmerländer zum Protektionismus (Bevorzugung inländischer Hersteller, derzeit beispielsweise in China zu beobachten) die Exportmöglichkeiten einschränken.



**Abb. 6-5:** Potenzielle Beschäftigung in Baden-Württemberg durch Export von EE-Anlagen und Komponenten im Jahr 2020.

## 6.5 Ergänzende Betrachtungen

Die in den vorigen Abschnitten dargestellten Ergebnisse gehen nicht auf die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise ein. Dies nicht zuletzt deshalb, weil längerfristig davon ausgegangen wird, dass die Krise keine substantiellen Auswirkungen auf die Entwicklung der Erneuerbaren Energien haben wird. Im Jahr 2008 verlief der Zubau während des ersten halben Jahres sehr zügig, erst im zweiten Halbjahr waren erste Eintrübungen zu erkennen. Die je nach Sparte unterschiedlich starken Belastungen durch die Krise zeigen sich dabei vorwiegend in erschwerten Finanzierungsbedingungen für Projekte, da die Banken bei der Kreditvergabe vorsichtiger vorgehen und weiter gehende Sicherheiten verlangen als vor der Krise. Eine Sondersituation liegt in der Photovoltaikbranche vor, die in 2009 mit den Folgen eines im Vergleich zur Nachfrageentwicklung zu starken Kapazitätsausbaus und somit einerseits starken Angebotsüberhängen und mangelnder Kapazitätsauslastung andererseits zu kämpfen hat. Das Überangebot an Modulen auf dem internationalen Markt hat einen erheblichen Druck auf Preise und Gewinnmargen bewirkt, so dass Lagerbestände neu bewertet werden mussten, wodurch einige Firmen erhebliche bilanzielle Verluste hinzunehmen hatten. Gleichzeitig führen die gesunkenen Preise voraussichtlich zu einem Zubaurekord für Photovoltaikanlagen in Deutschland im Jahr 2009. Insgesamt unterscheiden sich die Rahmenbedingungen des Jahres 2008, für welches Beschäftigungseffekte ermittelt wurden, von denen des Jahres 2009 und voraussichtlich auch des Jahres 2010, so dass eine direkte Übertragung auf die Folgejahre nicht tragfähig erscheint. Bei der Entwicklung bzw. Auswahl der Zubauszenarien und des Exportszenarios wurde keine nennenswerte Beeinflussung der Ergebnisse durch die Wirtschaftskrise antizipiert.

Im verwendeten Modellansatz der Input-Output-Rechnung kann ökonomisches Wachstum im eigentlichen Sinne nicht abgebildet werden. Folglich wird bei der durchgeführten Untersuchung unterstellt, dass die wirtschaftliche Struktur der Ökonomie über den gesamten Betrachtungszeitraum

konstant bleibt. Der Betrachtungszeitraum in der hier vorgelegten Modellrechnung umfasst die Jahre 2009 bis 2020. Ausgehend vom heutigen Zeitpunkt wird also ein relativ kurzer Zeitraum von zwölf Jahren betrachtet. Substanzielle Veränderungen in der Produktionsstruktur sind in der baden-württembergischen Wirtschaft innerhalb dieses Zeitraums eher nicht zu erwarten; sie ist bereits sehr dienstleistungsorientiert aufgestellt und eine tiefgreifende Veränderung könnte am ehesten in Form einer starken Abnahme der Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe bei gleichzeitig starkem Anstieg der Wertschöpfung im Dienstleistungssektor eintreten. Die technischen Bedingungen der Produktion bleiben also über den Betrachtungszeitraum hinweg konstant.

Während die Förderung des Ausbaus Erneuerbarer Energien zu einer wachsenden (Brutto-) Beschäftigung in diesen und den zuliefernden Sektoren führt, geht die Nachfrage in anderen Sektoren durch zwei Effekte zurück. Zum einen werden weniger konventionelle Kraftwerke gebaut und betrieben (Substitutionseffekt). Zum anderen werden öffentliche und private Budgets durch die Umlage der Förderung Erneuerbarer Energien belastet, wodurch die Nachfrage nach anderen Gütern sinkt (Budgeteffekt). Ob bei einer Betrachtung aller beschäftigungswirksamen Effekte in Baden-Württemberg letztlich mehr Arbeitsplätze geschaffen werden als verloren gehen, hängt von einer Reihe von Faktoren ab: Von der Entwicklung der Kosten der konventionellen Energiebereitstellung und damit von den sog. Differenzkosten (d.h. den Mehrkosten durch Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energiequellen) sowie von der Entwicklung der Wirtschaft Baden-Württembergs insgesamt – Fragen wie „Welches Wachstum ist in welchen Branchen zu erwarten? In welchem Maß steigen Preise, Löhne und Produktivität? Wie entwickeln sich die Exporte traditioneller und neuer Branchen?“ spielen hierbei eine erhebliche Rolle.

Für eine angemessene quantitative Ermittlung der Nettoeffekte, d.h. des Saldos aller positiven und negativen Auswirkungen, ist eine Betrachtung der längerfristigen wirtschaftlichen Entwicklung sowie der Beschäftigung in den verschiedenen Wirtschaftssektoren unter Berücksichtigung der oben genannten Rahmenbedingungen erforderlich. Hierfür sind zwei realistische Szenarien der zukünftigen Entwicklung miteinander zu vergleichen, indem eines als Referenzszenario fungiert, das die Entwicklung ohne den verstärkten Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien darstellt, während das zweite die Wirkungen des forcierten Ausbaus der Nutzung Erneuerbarer Energien abbildet. Um auch die Einflüsse höherer Löhne bzw. von mehr oder weniger Beschäftigung zu berücksichtigen, welche die Endnachfrage beeinflussen, wären auch die dynamischen Effekte einer sich verändernden Wirtschaftsstruktur und des technischen Fortschritts zu modellieren. Eine solch aufwendige Analyse war im Rahmen der vorliegenden Studie allerdings nicht möglich.

Dennoch lassen sich einige qualitative Aussagen zur Gesamtbeschäftigung machen: Die Substitution konventioneller Energieträger durch den Ausbau der Erneuerbaren führt zu Arbeitsplatzverlusten im konventionellen Sektor. Da die Beschäftigungsintensität in der EE-Branche in aller Regel höher ist (u.a. durch den Betrieb der Anlagen), ist aber im direkten Vergleich kurzfristig mit einer positiven Arbeitsplatzbilanz zu rechnen. Allerdings erschweren die für den im Vergleich zu Deutschland kleinen Wirtschaftsraum Baden-Württemberg wichtigeren Import- und Exportverflechtungen eine allgemeine Aussage. Dies trifft in noch stärkerem Maße für die Auswirkungen des Budgeteffekts zu, der längerfristig die Beschäftigungsbilanz bestimmt. Hier spielt vor allem die Entwicklung der Differenzkosten eine wichtige Rolle. Der steigende Anteil der Erneuerbaren Energien am Strommix kann zwar kurzfristig zu Preiserhöhungen gegenüber dem gegenwärtigen

Strommix führen, langfristig kann sich dieser Effekt aber je nach Entwicklung der Preise konventioneller Energie auch umkehren. Die Nettobilanz der Beschäftigung wird in jedem Fall in dem Maß belastet, in dem durch den Budgeteffekt die Nachfrage in anderen Sektoren zurückgeht. Dies trifft vor allem für den Dienstleistungsbereich zu, der je Umsatz weit mehr Menschen beschäftigt als das verarbeitende Gewerbe. Dem entgegengesetzt bewirken die durch den Einsatz Erneuerbarer Energien verringerten Energieimporte einen positiven Budgeteffekt. Für die Arbeitsplatzbilanz spielt in jedem Fall der Export von Anlagen eine wichtige Rolle, da hieraus im Inland weder Substitutions- noch Budgeteffekte entstehen, wodurch die Beschäftigungswirkung von Exporten zwangsläufig positiv ist.

In der vorliegenden Studie wurden zum ersten Mal die Beschäftigungswirkungen aller Sparten der Erneuerbaren Energien für das Land Baden-Württemberg erfasst. Dabei wurden die quantitativ wichtigsten Effekte des Ausbaus Erneuerbarer Energien berücksichtigt, wobei nicht alle Wirkungen vollständig erfasst werden konnten. Dies liegt einerseits an Einschränkungen des verwendeten Modellinstrumentariums, andererseits an der mangelnden Verfügbarkeit von Daten, aber auch an den nur begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen. Da die nicht in die Berechnungen eingeflossenen Faktoren insbesondere lokal durchaus von Bedeutung sein können, werden nachfolgend exemplarisch die wichtigsten nicht berücksichtigten Effekte kurz dargestellt.

Eine lokale Wirkung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien ist die von ihnen auf Grund ihrer Neuheit und der technischen Komplexität ausgehende Anziehungskraft auf Besucher und die sich daraus ergebende Möglichkeit ihrer Nutzung als Tourismusziel. Dies gilt ebenfalls für Anlagen zur Herstellung solcher Anlagen, z. B. Fertigungsanlagen für Photovoltaik-Module. Verschiedene Anbieter (z. B. die Fa. Würth Solar mit ihrer CISFab), aber auch Städte und Gemeinden vermarkten aktiv solche Ziele und bieten Besichtigungen an. Hierdurch entstehen positive Beschäftigungseffekte, zum einen auf der Seite der Anbieter solcher Aktivitäten, aber auch beim regionalen Gastgewerbe und Einzelhandel. Beispiele solcher Aktivitäten finden sich im Bioenergiedorf Mauenheim oder in der Gemeinde Freiamt, die Führungen zur Besichtigung der EE-Anlagen anbieten. Während die Bedeutung für die Gesamtergebnisse auf Landesebene nur von untergeordneter Bedeutung sein dürfte, stellen diese Effekte wertvolle Impulse für die lokale Wirtschaft, vor allem in eher ländlich geprägten Gebieten, dar.

Die Beschäftigungswirkungen durch den Bau von Gebäuden und Infrastruktur im Rahmen von Kapazitätserweiterungen von Herstellerunternehmen gehören ebenfalls zu den lokal wichtigen Effekten. Soweit diese allerdings im Rahmen gewöhnlicher (Ersatz-) Investitionen stattfinden, werden sie bereits in der I-O-Analyse berücksichtigt. Anders wäre es nur im Fall eines starken Kapazitätsausbaus, der über das Maß gewöhnlicher Investitionstätigkeit hinausgeht.

Mit dem vorliegenden Modellinstrumentarium nicht angemessen abgebildet werden können zwei weitere mögliche Wirkungen: Erstens ob und in welchem Ausmaß zusätzliche Nachfrage entsteht, wenn sich z.B. ein Hausbesitzer im Rahmen der Installation einer Solarthermieanlage auch für Maßnahmen zur Wärmedämmung entscheidet oder der installierende Handwerker Folgeaufträge im Bereich Renovierung/Sanierung erhält. Zum anderen, inwiefern die Investitionen in konventionelle Kraftwerke durch die konkurrierende Stromnetznutzung mögliche Arbeitsplätze im Bereich der Erneuerbaren gefährden.

## 7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung legt erstmals eine fundierte Berechnung der Beschäftigung in den Sparten der Erneuerbaren Energien Baden-Württembergs vor. Danach waren im Jahr 2008 gut 22.700 Personen in Vollzeit in diesem Bereich beschäftigt. Da auf allen Stufen der Berechnung ein konservativer Ansatz gewählt wurde, ist diese Zahl als Untergrenze der Beschäftigung im Bereich der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg zu sehen. Die tatsächliche Beschäftigung liegt aller Wahrscheinlichkeit nach oberhalb dieses Wertes. Betont werden sollte jedoch, dass es sich bei den genannten Werten zwar um durch das Wachstum innerhalb des Sektors Erneuerbarer Energien neu geschaffene Arbeitsplätze handelt, diese aber insgesamt nicht als zusätzliche Arbeitsplätze angesehen werden können. Zum einen werden durch Strukturwandel Arbeitsplätze aus anderen Branchen, beispielsweise dem konventionellen Energiesektor verlagert, zum anderen geht durch Nachfrageverluste infolge erhöhter Energiepreise auch die Beschäftigung in anderen Sektoren zurück.

Der Stellenwert des Maschinen- und Anlagenbaus in Baden-Württemberg auch für die Erneuerbaren Energien zeigt sich am Beispiel der Hersteller von Produktionsanlagen für die Photovoltaikindustrie. Im Jahr 2008 entfiel mehr als ein Drittel der Arbeitsplätze im Bereich Photovoltaik auf diese Unternehmen. Da sie einen großen Teil ihrer Anlagen exportieren, sind sie von einer möglichen Krise der Photovoltaikindustrie in Deutschland zwar vergleichsweise wenig betroffen. Allerdings sind sie stärker von der Weltmarktentwicklung abhängig, was in der gegenwärtigen Wirtschaftskrise – bedingt durch die Investitionszurückhaltung der PV-Hersteller weltweit – zu stärkeren Einbußen als für die PV-Hersteller führt.

Der Zubau von Anlagen zur Erreichung der im Energiekonzept 2020 der Landesregierung gesetzten Ziele bietet über den Zeitraum von 2009 bis 2020 im Mittel mehr als 11.300 Personen Beschäftigung (insgesamt 136.000 Vollbeschäftigungsjahre<sup>16</sup>). Im Sinne einer nachhaltigen Beschäftigungssicherung ist das mit der zunehmenden Anlagenzahl einhergehende wachsende Arbeitsvolumen im Bereich Wartung und Instandhaltung von Anlagen sowie Bereitstellung von Biomassebrennstoffen von Bedeutung.

Bei Umsetzung eines im Strombereich anspruchsvolleren EE-Anteils von 25 % statt 20 % entstehen über betrachteten Zwölfjahreszeitraum weitere knapp 1.700 Arbeitsplätze (insgesamt 20.000 Vollbeschäftigungsjahre) in den Sparten Photovoltaik, Windenergie, Biomasse (fest, flüssig und gasförmig) und Wasserkraft. Die weiter gehende Nutzung der EE-Potenziale des Landes (vor allem auch im Bereich der Windkraft) vergrößert dabei die Zahl dauerhafter Arbeitsplätze durch den Anlagenbetrieb.

---

<sup>16</sup> Es handelt sich insgesamt um 136.000 Vollbeschäftigungsjahre, die sich auf den betrachteten Zwölfjahreszeitraum verteilen. Rechnerisch sind damit im Durchschnitt 11.300 Personen über 12 Jahre in der EE-Branche voll beschäftigt. Die Beschäftigtenzahl schwankt im Bereich Anlagenerstellung je nach Zubauvolumen über die einzelnen Jahre. Im Bereich Anlagenbetrieb kann man auf Grund des wachsenden Anlagenbestandes von einer mit den Jahren steigenden Beschäftigtenzahl ausgehen.

Die Wichtigkeit des Exports für die Beschäftigung im Bereich der Herstellung von Anlagen und Komponenten wird von der Betrachtung eines nicht unrealistischen 1 %-Anteils (im Vergleich zu gut 2 % im Jahr 2008) an den weltweiten Investitionen in Erneuerbare im Jahr 2020 untermauert. Die entsprechenden Exporte sind mit mehr als 24.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2020 verbunden.

Bei entsprechender Entwicklung der Ausfuhren (nach Deutschland und ins Ausland) kann die EE-Branche zu einer Schlüsselbranche der baden-württembergischen Wirtschaft in einem zukunfts-trächtigen Markt werden. Voraussetzung hierfür sind innovative Produkte, vor allem in den Technologiebereichen, die zukünftig auf internationalen Märkten wichtig sein werden (z. B. Offshore-Windkraft oder solarthermische Kraftwerke). Nur so kann sichergestellt werden, dass wesentliche Teile der Wertschöpfung und damit Beschäftigung in Baden-Württemberg verbleiben und nicht in Billiglohnländer verlagert werden.

Der Ausbau im Land trägt einerseits dazu bei, die Kompetenz der baden-württembergischen Unternehmen im Bereich der Erneuerbaren zu unterstreichen und unterstützt andererseits den Aufbau eines nachhaltigen, wenig konjunkturabhängigen Arbeitsmarktes im Bereich Anlagenbetrieb.

Das Land sollte deshalb weiterhin die Unternehmen bei der Markterschließung im Ausland unterstützen. Darüber hinaus ist anzustreben, das erreichte hohe Niveau der Forschung im Bereich der Erneuerbaren Energien zu halten und wenn möglich weiter auszubauen. Im Zusammenspiel mit den einschlägigen Unternehmen spielen hierfür auch die im Land angesiedelten Forschungsinstitute eine wichtige Rolle. Weiterhin sollte der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen im Land auch über die Ziele des Energiekonzepts 2020 hinaus geprüft werden.

Zusammengefasst lassen sich aus diesen Ergebnissen im Wesentlichen drei Handlungsempfehlungen für die Landesregierung ableiten:

- Förderung des Exports,
- Unterstützung privater und öffentlicher Forschung und Entwicklung sowie
- Effiziente Ausschöpfung der im Land vorhandenen Potenziale zur Nutzung Erneuerbarer Energien.

Insbesondere stellt sich die Frage, wie der als echter Jobmotor identifizierte Export über die bereits von der Landesregierung praktizierte Förderung hinaus unterstützt werden kann.

## 8 Literatur

- BA (2006). Arbeitsmarkt in Zahlen – Beschäftigung in Deutschland: Monatszahlen nach Ländern und wirtschaftsfachlicher Gliederung. Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg, 2006.
- BMU (2009). GreenTech made in Germany 2.0 – Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. Herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, München 2009.
- BWE - Bundesverband Windenergie (2009). Persönliche Mitteilung. 2009.
- Cruz, Luis M.G. (2002). Energy-Environment-Economy Interactions: An Input-Output Approach Applied to the Portuguese Case. Paper for the 7th Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics, Sousse, Tunisia, March 2002.
- Energy Watch Group (2008). Renewable Energy Outlook 2030. Berlin, November 2008.
- EuPD Research (2009). Endbericht zur Branchenanalyse „Photovoltaik in Baden-Württemberg“, 2009.
- EuPD Research und Institut für Wirtschaftsforschung (2008). Standortgutachten Photovoltaik in Deutschland, März 2008.
- Gay, P. und Proops J. (1993). Carbon-dioxide production by the UK economy: an input-output assessment. Applied Energy, No. 44, Seiten 113-130.
- Kratz, M.; Lehr, U.; Nitsch, J.; Edler, D.; Lutz, Chr. (2007). Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006. Abschlussbericht des Vorhabens „Wirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up“, Stuttgart, Berlin, Osnabrück, September 2007.
- Kronenberg, T. (2009). Construction of Regional Input-Output Tables Using Nonsurvey Methods: The Role of Cross-Hauling. International Regional Science Review 32, 40-64.
- Kronenberg, T. (2008). Erstellung einer Input-Output-Tabelle für Mecklenburg-Vorpommern. Forschungszentrum Jülich, Institut für Energieforschung – Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEF-STE), STE Preprint 17/2008.
- Landesregierung Baden-Württemberg (2009). Energiekonzept Baden-Württemberg 2020. Herausgegeben vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg. Stuttgart, Juli 2009.
- Lehmann, H. (2004). Die Modellierung der Konsumausgaben privater Haushalte: Auf der Grundlage repräsentativer Einkommens- und Verbrauchsstatistiken. Schriften des Instituts für Wirtschaftsforschung Halle, Band 16, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2004.
- Miller, R.E., Blair, P.D. (1985). Input-Output-Analysis: Foundations and Extensions. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- O’Sullivan, M.; Edler, D.; Ottmüller, M.; Lehr, U. (2009). Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2008 – eine erste Abschätzung. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, März 2009.

Proops, J.; M. Faber und G. Wagenhals (1993). Reducing CO2 emissions – a comparative input-output study for Germany and the UK. Springer Verlag, Berlin 1993.

REN21 (2009). Renewables Global Status Report: 2009 Update. REN21 Secretariat, Paris, 2009.

Staiß, F.; Kratzat, M.; Nitsch, J.; Lehr, U.; Edler, D.; Lutz, Chr. (2006). Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt unter besonderer Berücksichtigung des Außenhandels. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Juni 2006.

Statistische Ämter (2009). Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder: Entstehung, Verteilung und Verwendung des Bruttoinlandsprodukts in den Ländern und Ost-West-Großraumregionen Deutschlands 1991 bis 2008. Reihe 1, Länderergebnisse Band 5. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2009.

Statistisches Bundesamt (2009a). Laufende Wirtschaftsrechnungen – Konsumausgaben privater Haushalte. <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/WirtschaftsrechnungenZeitbudgets/LaufendeWirtschaftsrechnungen/Tabellen/Content75/KonsumausgabenGebietsstaende,templateld=renderPrint.psm1>

Statistisches Bundesamt (2009b). Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – Private Konsumausgaben und Verfügbares Einkommen. Beiheft zur Fachserie 18, 1. Vierteljahr 2009. Wiesbaden, 2009.

Statistisches Bundesamt (2008). Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Input-Output-Rechnung 2005. Fachserie 18, Reihe 2. Wiesbaden, 2008.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2009a). Umsatz mit Waren, Bau- und Dienstleistungen im Bereich erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2007, Auswertung des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg, Stuttgart, Mai 2009.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2009b). Kläranlagen mit Klärgasgewinnung und Stromerzeugung seit 1980 nach Art der Verwendung, Stuttgart, 2009.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2009c). Laufende Wirtschaftsrechnungen – Private Haushalte in Baden-Württemberg, Konsumausgaben. [http://www.statistikportal.de/VolkswPreise/Haushalte/LWR\\_Konsum.asp](http://www.statistikportal.de/VolkswPreise/Haushalte/LWR_Konsum.asp)

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2007). Der demographische Wandel in Baden-Württemberg. Reihe Statistische Analysen, 2/2007. Stuttgart, 2007.

Trend:research (2009). Windenergie aus und in Baden-Württemberg, Februar 2009.

UM/WM (2009). Umweltministerium Baden-Württemberg und Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg: Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2008. Stuttgart, November 2009.



## Anhang

### A CPA-Klassifizierung in den deutschen Input-Output-Rechnungen

Erzeugnisse der Landwirtschaft und Jagd	Sonstige Fahrzeuge (Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge u.a.)
Forstwirtschaftliche Erzeugnisse und DL	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren u.Ä.
Fische und Fischereierzeugnisse	Sekundärrohstoffe
Kohle und Torf	Elektrizität, Fernwärme, DL der Elektrizitäts- u. Fernwärmeversorgung
Erdöl, Erdgas, DL für Erdöl-, Erdgasgewinnung	Gase, DL der Gasversorgung
Uran- und Thoriumerze	Wasser und DL der Wasserversorgung
Erze	Vorb. Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbauarbeiten
Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	Bauinstallations- und sonstige Bauarbeiten
Nahrungs- und Futtermittel	Handelsleist. mit Kfz; Rep. an Kfz; Tankleistungen
Getränke	Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen
Tabakerzeugnisse	Einzelhandelsleistungen; Reparatur an Gebrauchsgütern
Textilien	Beherbergungs- und Gaststätten-DL
Bekleidung	Eisenbahn-DL
Leder und Lederwaren	Sonst. Landv.leistungen, Transportleistungen in Rohrfernleitungen
Holz; Holz-, Kork-, Flechtwaren (ohne Möbel)	Schiffahrtsleistungen
Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	Luftfahrtleistungen
Papier-, Karton- und Pappwaren	DL bezüglich Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr
Verlagserzeugnisse	Nachrichtenübermittlungs-DL
Druckerzeugnisse, bespielte Ton-, Bild- und Datenträger	DL der Kreditinstitute
Kokereierzeugnisse, Mineralölerzeugnisse, Spalt- und Brutstoffe	DL der Versicherungen (ohne Sozialversicherung)
Pharmazeutische Erzeugnisse	DL des Kredit- und Versicherungshilfsgewerbes
Chemische Erzeugnisse (ohne pharmazeutische Erzeugnisse)	DL des Grundstücks- und Wohnungswesens
Gummiwaren	DL der Vermietung beweglicher Sachen (ohne Personal)
Kunststoffwaren	DL der Datenverarbeitung und von Datenbanken
Glas und Glaswaren	Forschungs- und Entwicklungsleistungen
Keramik, bearbeitete Steine und Erden	Unternehmensbezogene DL
Roheisen, Stahl, Rohre und Halbzeug daraus	DL der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung
NE-Metalle und Halbzeug daraus	DL der Sozialversicherung
Gießereierzeugnisse	Erziehungs- und Unterrichts-DL
Metallerzeugnisse	DL des Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesens
Maschinen	Abwasser-, Abfallbeseitigungs- u. sonst. Entsorgungsleistungen
Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen	DL von Interessenvertretungen, Kirchen u.Ä.
Geräte der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.Ä.	Kultur-, Sport- und Unterhaltungs-DL
Nachrtechn., Rundf.- und Fernsehgeräte, elektron. Bauelemente	Sonstige DL
Medizin-, mess-, regelungstechn., optische Erzeugnisse; Uhren	DL privater Haushalte
Kraftwagen und Kraftwagenteile	

## **B Abgeleitete und erweiterte Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg**

Um die Auswirkungen einer verstärkten Nutzung Erneuerbarer Energien in Baden-Württemberg abschätzen zu können, ist es notwendig, die nationale I-O-Tabelle so zu regionalisieren, dass sie die ökonomischen Verflechtungen in Baden-Württemberg angemessen abbildet. In einem weiteren Schritt muss dann der Energiesektor in insgesamt 14 neue Untersektoren aufgespalten werden, so dass die I-O-Tabelle 85 Sektoren anstatt der ursprünglich enthaltenen 71 Sektoren enthält. Ein Sektor bildet die konventionelle Energieerzeugung ab, hauptsächlich die Energieerzeugung mittels Kohle- oder Gasfeuerung sowie Kernenergie. Sieben zusätzliche Sektoren werden in das I-O-System eingeführt, um die Produktion von Energie aus erneuerbaren Quellen detailliert zu erfassen (Anlagenbetrieb). Dabei handelt es sich um Windenergie, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, feste Biomasse, Biogas (inkl. flüssige Biomasse) und Geothermie. Diese neuen Sektoren wurden vom Sektor „Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme“ (laufende Sektor-Nr. 40) abgespalten.

Es ist zu erwarten, dass es in den kommenden Jahren und Jahrzehnten zu einem erhöhten Zubau von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen kommen wird. Demgegenüber werden voraussichtlich auf dem Sektor der konventionellen Energieerzeugung in der Regel lediglich veraltete Anlagen durch neue ersetzt werden. Dies rechtfertigt die Einführung weiterer sieben Sektoren in das System der Input-Output-Rechnung, welche die Erstellung von Anlagen der oben genannten erneuerbaren Energieträger abbildet. Die sieben neuen Sektoren die die Erstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien abbilden, werden vom bereits bestehenden Sektor „Geräte der Elektrizitätserzeugung“ (laufende Sektor-Nr. 33) abgespalten.

### **B.1 Abgeleitete I-O-Tabelle**

Da eine komplette Erstellung der regionalen Input-Output-Tabelle, die sich auf eine detaillierte Befragung von Haushalten und Unternehmen stützt, im Rahmen des Projekts nicht möglich war, musste teilweise auf derivative Methoden zurückgegriffen werden. Die Grundlage dafür bilden in erster Linie die Input-Output-Tabelle der Bundesrepublik Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2009a) und Daten der Laufenden Wirtschaftsrechnungen (LWR) des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg sowie der Bundesagentur für Arbeit. Die derzeit aktuellste verfügbare nationale Input-Output-Rechnung bezieht sich auf das Jahr 2006, so dass sich die Wirtschaftsstruktur mit Vorleistungsverflechtungen usw. für die regionale Rechnung auf dieses Jahr bezieht.

Die Methodik, die für die Erstellung der regionalen Tabelle verwendet wurde, stammt zum größten Teil aus Kronenberg (2008) und Kronenberg (2009). Sie musste jedoch teilweise der entsprechenden Datenlage angepasst werden und konnte somit nicht in vollem Umfang übernommen werden. In der Input-Output-Literatur wird diese Methode als Supply-Demand-Pool-Verfahren bzw. als Commodity-Balance-Methode bezeichnet. Im Folgenden werden die dabei anfallenden Arbeitsschritte, die bei der Erstellung der regionalen Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg angewandt wurden, dargestellt.

### B.1.1 Letzte Verwendung

Die letzte Verwendung von Gütern besteht aus den Konsumausgaben privater Haushalte, privater Organisationen ohne Erwerbszweck und des Staates sowie aus Investitionen, Vorratsveränderungen und Nettozugang an Wertsachen und Exporten. Da die privaten Konsumausgaben bis auf die Exporte bei weitem den größten Anteil an der letzten Verwendung ausmachen, wurde auf deren möglichst genaue Schätzung besonders hoher Wert gelegt. Die Schätzung der Handelsströme wird weiter unten gesondert erläutert.

Die Grundlage für die Schätzung des privaten Konsums bilden Daten aus den Laufenden Wirtschaftsrechnungen (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2009c). Dort sind für verschiedene Verwendungszwecke die monatlichen privaten Ausgaben eines durchschnittlichen Haushalts, unter anderem für Erwerbstätige und für Nichterwerbstätige, dargestellt. Die Verwendungszwecke sind in Tab. B-1 aufgelistet. Durch die Bildung des gewichteten Mittels der Konsumausgaben beider genannter Gruppen konnten so zunächst Konsumanteile für jeden Verwendungszweck berechnet werden. Zusammen mit den gesamten Konsumausgaben eines durchschnittlichen Haushalts und der Anzahl der Haushalte, beide Zahlen können ebenfalls aus den LWR ermittelt werden, war es danach möglich, eine erste nach Verwendungszwecken gegliederte Hochrechnung der gesamten privaten Konsumausgaben im Land vorzunehmen, die zusammen mit einer Hochrechnung für die gesamte Bundesrepublik, die auf den LWR für Deutschland basiert, in Tab. B-2 dargestellt ist.

**Tab. B-1:** Verwendungszwecke für Konsumausgaben.

Nahrungsmittel, Getränke, Tabakwaren u.Ä.	Verkehr
Bekleidung, Schuhe	Nachrichtenübermittlung
Miete	Freizeit, Unterhaltung und Kultur
Energie	Bildungswesen
Wohnungsinstandhaltung	Beherbergungs- und andere Gaststätdienstleistungen
Innenausstattung, Haushaltsgeräte und –gegenstände	Andere Waren und Dienstleistungen
Gesundheitspflege	

Sowohl Kronenberg (2008) als auch Lehmann (2004) weisen darauf hin, dass Hochrechnungen, die auf der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) basieren, oftmals unter Hochrechnungen auf Basis der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) liegen. Dies ist unter anderem auf die konzeptionell verschiedenen Stichproben und auf verschiedene Fehlereinflüsse, die den Erhebungen innewohnen, zurückzuführen. Da die Stichprobe der LWR zum großen Teil aus Haushalten der jeweils letzten EVS besteht, kann diese Divergenz auch für die hier vorgenommenen Schätzungen nicht ausgeschlossen werden. Um diese Abweichung zu minimieren, muss die erste Hochrechnung dementsprechend angepasst werden. Dazu wurden private Konsumausgaben auf Basis der LWR der Bundesrepublik (Statistisches Bundesamt, 2009b) mit solchen, die auf den VGR des Bundes (Statistisches Bundesamt, 2009c) basieren, verglichen. Anhand dessen konnten Anpassungsfaktoren auf Bundesebene berechnet werden, von denen angenommen wird, dass sie auch für Baden-Württemberg gelten. So ergibt sich eine zweite Hochrechnung über die nach Ver-

wendungszwecken gegliederten privaten Konsumausgaben in Baden-Württemberg, die den beschriebenen Umstand berücksichtigt.

**Tab. B-2:** Hochrechnung der jährlichen privaten Konsumausgaben nach Verwendungszwecken für Baden-Württemberg und die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2006.

	<b>Mio. EUR Baden-Württemberg</b>	<b>% der Gesamtausgaben</b>	<b>Mio. EUR Deutschland</b>	<b>% der Gesamtausgaben</b>
Nahrungsmittel, Getränke, Tabakwaren	15.406	13,0	123.595	13,7
Bekleidung und Schuhe	5.643	4,8	40.050	4,4
Wohnen	37.221	31,5	294.560	32,7
Innenausstattung, Haushaltsgeräte und –gegenstände	7.312	6,2	55.553	6,2
Gesundheitspflege	5.263	4,5	35.743	4,0
Verkehr	19.687	16,7	138.237	15,4
Nachrichtenübermittlung	3.078	2,6	26.700	3,0
Freizeit, Unterhaltung und Kultur	12.826	10,9	100.340	11,1
Bildungswesen	621	0,5	6.029	0,7
Beherbergungs- und andere Gaststätten-dienstleistungen	6.473	5,5	45.648	5,1
Andere Waren und Dienstleistungen	4.501	3,8	33.590	3,7

Quelle: LWR und eigene Berechnungen.

Da die so geschätzten privaten Konsumausgaben nach Verwendungszwecken klassifiziert sind, die typischen Input-Output-Rechnungen jedoch Gütergruppen unterscheiden, muss im nächsten Schritt eine Schätzung der Konsumausgaben auf Gütergruppenebene erfolgen. Dazu wird, wie von Kronenberg (2008) erläutert, eine Konsumverflechtungstabelle zu Rate gezogen, die der Input-Output-Rechnung beiliegt (Statistisches Bundesamt, 2009a). Diese Tabelle ordnet die Konsumausgaben für die Verwendungszwecke den verschiedenen Gütergruppen zu. Da die Konsumverflechtungstabelle mit 41 Verwendungszwecken deutlich feiner gegliedert ist als die LWR, wird zunächst eine Aggregation der Tabelle auf die Klassifikation der LWR durchgeführt. Anhand dieser aggregierten Tabelle können danach Konsumzuordnungskoeffizienten berechnet werden unter der Annahme, dass für Baden-Württemberg dieselben Koeffizienten gelten wie für die Bundesrepublik. Da dieses Verfahren detailliert in Kronenberg (2008) beschrieben ist, wird hier auf eine ausführliche Erläuterung verzichtet.

Bevor die geschätzten privaten Konsumausgaben in die regionale Input-Output-Tabelle übernommen werden können, muss noch beachtet werden, dass die für die LWR befragten Haushalte die erworbenen Güter zu Anschaffungspreisen bewerten, d.h. inklusive Steuern (abzüglich Subventionen), Handels- und Transportkosten, die Input-Output-Rechnung jedoch mit Herstellungspreisen arbeitet. Aus diesem Grund wird auf Basis einer Aufkommenstabelle zu Herstellungspreisen mit

Übergang auf Anschaffungspreise, die ebenfalls der nationalen Input-Output-Rechnung beiliegt, eine Umrechnung von Anschaffungs- auf Herstellungspreise durchgeführt. Nach den genannten Schritten ergibt sich eine Hochrechnung der privaten Konsumausgaben in Baden-Württemberg, die nach Gütergruppen gegliedert ist und so für die regionale Input-Output-Tabelle Baden-Württembergs verwendet werden kann. Eine aggregierte Form, die auf der WZ2003-Klassifikation basiert, ist in Tab. B-3 dargestellt.

**Tab. B-3:** Hochrechnung der jährlichen privaten Konsumausgaben nach Gütergruppen für Baden-Württemberg und die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2006.

	Mio. EUR Baden-Württemberg	% der Gesamtausgaben	Mio. EUR Deutschland	% der Gesamtausgaben
Land- und Forstwirtschaft	2.681	1,7	15.600	1,4
Fischerei, Fischzucht	44	0,03	315	0,03
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	1.140	0,7	7.914	0,7
Verarbeitendes Gewerbe	51.022	32,7	298.405	25,9
Energie- und Wasserversorgung	2.456	1,6	32.430	2,8
Baugewerbe	268	0,2	3.676	0,3
Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kfz und Gebrauchsgütern	23.899	15,3	204.982	17,8
Gastgewerbe	8.499	5,4	60.300	5,2
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	8.044	5,2	72.232	6,3
Kredit- und Versicherungsgewerbe	6.906	4,4	80.376	7,0
Grundstücks-, Wohnungswesen, Vermietung usw.	33.612	21,6	233.730	20,3
Öffentliche Verwaltung, SV	424	0,3	4.450	0,4
Erziehung und Unterricht	1.320	0,8	11.932	1,0
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	6.362	4,1	55.039	4,8
Sonstige Dienstleistungen	8.363	5,4	65.466	5,7
Dienstleistungen privater Haushalte	913	0,6	6.940	0,6

Quelle: eigene Berechnungen basierend auf Statistisches Bundesamt (2009a, 2009b, 2009c) und Statistisches Landesamt (2009c).

Die weiteren Bestandteile der letzten Verwendung von Gütern, d.h. Konsumausgaben privater Organisationen ohne Erwerbszweck und des Staates sowie Investitionen, Vorratsveränderungen und Nettozugang an Wertsachen, werden über die Skalierung der nationalen Werte auf regionale Daten geschätzt. Dazu wurden die VGR der Länder (Statistische Ämter, 2009) herangezogen, mit deren Hilfe die Anteile Baden-Württembergs am nationalen Staatskonsum, an den nationalen Investitionen und am nationalen BIP berechnet werden können. Für die Konsumausgaben privater Organisationen und des Staates wurde der Anteil des Staatskonsums, für die Investitionen der Investitionsanteil und für die Vorratsveränderungen der BIP-Anteil verwendet, so dass für sämtliche Komponenten der letzten Verwendung von Gütern bis auf die Exporte eine Schätzung vorlag, die für die Erstellung der regionalen Tabelle verwendet wurde.

### B.1.2 Produktion und Vorleistungen

Der nächste Schritt beinhaltet die Schätzung der intermediären Produktion. Da keine ausführlichen Zahlen über die verschiedenen Produktivitäten in den einzelnen Sektoren vorlagen, wird auf Daten der Bundesagentur für Arbeit zurückgegriffen (BA, 2006). Dort finden sich Zahlen für sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, die in 16 Wirtschaftsbereiche (nach der WZ2003-Klassifikation) untergliedert sind. Anhand dieser Daten konnten für jeden dieser Wirtschaftsbereiche Anteile der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Baden-Württemberg an der Gesamtzahl der auf Bundesebene in diesem Bereich Beschäftigten berechnet werden. Mit Hilfe einer Konkordanztafel wurden diese Anteile von der WZ2003-Klassifikation auf die in der Input-Output-Rechnung üblichen 71 Gütergruppen (gegliedert nach CPA-Codes) übertragen. Mit den vorliegenden Anteilen konnten nun die Vorleistungen der einzelnen Gütergruppen geschätzt werden, indem die entsprechenden Daten der nationalen Input-Output-Rechnung auf regionale Werte skaliert wurden. Eine genauere Schätzung wäre möglich, wenn Arbeitnehmerentgelte auf sektoraler Basis zur Verfügung stünden, worauf auch Kronenberg (2008) hinweist, da Lohndifferenziale der ökonomischen Theorie zufolge zu einem großen Teil durch Produktivitätsunterschiede verursacht werden. Demnach würden Produktivitäten, die zwischen Landes- und Bundesebene variieren können, in die regionale Input-Output-Tabelle einbezogen. Da solche Daten für die vorliegende Studie nicht verfügbar waren, wurde auf die beschriebenen Beschäftigtenzahlen zurückgegriffen. Trotz der benannten Probleme bilden sie ein verlässliches Maß, um Unterschiede in den Produktionsstrukturen aufzunehmen. Die Tatsache, dass Baden-Württemberg ein Flächenland ist, in dem praktisch alle der in der nationalen Input-Output-Rechnung aufgeführten Gütergruppen Produktionsstandorte besitzen, und dass der Anteil Baden-Württembergs am gesamten BIP der Bundesrepublik verhältnismäßig groß ist, d.h. deutsche Durchschnittswerte bestimmter Indikatoren werden in relativ hohem Maße von Indikatorenwerten Baden-Württembergs beeinflusst, verstärkt die Verlässlichkeit der verwendeten Anteile.

Im Anschluss an die Schätzung der intermediären Produktion wurden die restlichen Daten, die die Produktion betreffen, geschätzt. Dies betrifft unter anderem die Summe der Vorleistungen, Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen, den Nettobetriebsüberschuss, die Bruttowertschöpfung sowie den Produktionswert der einzelnen Gütergruppen. Zur Schätzung der Gütersteuern (abzüglich Gütersubventionen), der Arbeitnehmerentgelte, sonstiger Produktionsabgaben, der Abschreibungen sowie des Nettobetriebsüberschusses wurden dazu für jede Gütergruppe erneut die Anteile der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten Baden-Württembergs verwendet, da diese für jede

Gütergruppe vorliegen. Die übrigen Komponenten der unteren Zeilen einer typischen Input-Output-Tabelle stellen Gesamtheiten anderer Größen der Tabelle dar, so dass deren Schätzung durch Aufsummierung der entsprechenden Bestandteile erfolgte. Somit fehlte zur Vervollständigung der regionalen Input-Output-Tabelle noch die Schätzung der Handelsströme.

### B.1.3 Importe und Exporte

In den traditionellen Methoden zur Erstellung regionaler Input-Output-Tabellen wird davon ausgegangen, dass in jeder Gütergruppe entweder nur exportiert oder nur importiert wird, je nachdem, ob die Differenz aus produzierten und verwendeten Gütern positiv oder negativ ist. In der Realität ist jedoch zu beobachten, dass in einer Gütergruppe sowohl Exporte als auch Importe stattfinden. Dieses Phänomen, das in der Literatur unter der Bezeichnung Cross-Hauling zu finden ist, kann laut Kronenberg (2009) auf eine Heterogenität innerhalb der Gütergruppen zurückgeführt werden. Dies verletzt zwar die für Input-Output-Analysen typische Grundannahme homogener Güter, ist aber bei der bestehenden Disaggregation der Gütergruppen nicht auszuschließen. Selbst bei einer feineren Klassifizierung kann Cross-Hauling auftreten, da beispielsweise Markenbewusstsein der privaten Haushalte immer zu gleichzeitigem Import und Export von Produkten einer Gütergruppe führen wird, d.h. die Haushalte in Baden-Württemberg konsumieren nicht nur in Baden-Württemberg hergestellte Produkte der Gütergruppe, sondern auch solche aus anderen Regionen und Staaten. Mit einer zunehmenden Anzahl von Gütergruppen in der Klassifikation wird zwar das Ausmaß an Cross-Hauling abnehmen. Es ist aber nur dann komplett auszuschließen, wenn jedes Produkt eine einzelne Gütergruppe repräsentiert, was aufgrund des erheblichen Aufwands nicht zu rechtfertigen ist.

Kronenberg (2009) stellt mit der „Cross Hauling Adjusted Regionalization Method (CHARM)“ eine Möglichkeit vor, diesem Problem Abhilfe zu schaffen. Sie basiert auf der Schätzung der Heterogenität innerhalb einer Gütergruppe und kann so das jeweilige Ausmaß des Cross-Haulings approximieren. Cross-Hauling ist demnach eine Funktion der Produktheterogenität, des Produktionswertes und der Verwendung (sowohl intermediäre als auch Letztverwendung) der jeweiligen Gütergruppe. Der in Kronenberg (2009) vorgeschlagene funktionale Zusammenhang ist linear, d.h. die Summe aus Produktion und gesamter Verwendung ist proportional zum Cross-Hauling, wobei der Heterogenitätsgrad den Proportionalitätsfaktor darstellt. Der Heterogenitätsgrad besteht aus dem Verhältnis zwischen der Differenz aus Handelsvolumen und Absolutwert der Handelsbilanz und der Summe aus Produktion und gesamter Verwendung. Die genaue Herleitung kann in Kronenberg (2009) nachvollzogen werden. Die Schätzung der Heterogenität erfolgte mit Daten der nationalen Input-Output-Rechnung, wobei angenommen wurde, dass der Heterogenitätsgrad der Gütergruppen in Baden-Württemberg demjenigen der Bundesrepublik entspricht. Auf dieser Basis konnte dann für jede Gütergruppe die Höhe des Cross-Haulings berechnet werden. Unter Zuhilfenahme der Tatsache, dass sich das Handelsvolumen aus dem Absolutwert der Handelsbilanz und dem Cross-Hauling zusammensetzt, wurden danach für die Gütergruppen die regionalen Handelsvolumina geschätzt. Die regionalen Handelsbilanzen ergeben sich aus der Differenz zwischen Produktionswerten und gesamter Verwendung. Anhand der Definitionen des Handelsvolumens (entspricht der Summe aus Exporten und Importen) und der Handelsbilanz (entspricht der Differenz zwischen Exporten und Importen) war es mit Hilfe der berechneten Werte für die regionalen

Handelsvolumina und Handelsbilanzen möglich, für jede Gütergruppe regionale Importe und Exporte zu schätzen.

Da nun alle wesentlichen Komponenten der regionalen Input-Output-Tabelle geschätzt sind, müssen nur noch die Zeilen- und Spaltensummen, d.h. die Summe der letzten Verwendung der Güter inklusive Exporte, die Gesamtverwendung von Gütern sowie das gesamte Aufkommen an Gütern ermittelt werden. Das Ergebnis ist eine regionale Input-Output-Tabelle für das Land Baden-Württemberg.

## B.2 Um EE-Sparten erweiterte Input-Output-Tabelle

Bei der Einführung der Erneuerbaren Energien in das System der Input-Output-Rechnung wird die Erstellung und der Betrieb von Anlagen der jeweiligen technologischen Sparte gesondert betrachtet, um die verschiedenen daraus resultierenden Effekte möglichst detailliert darstellen zu können. Bevor auf das methodische Vorgehen bei der Disaggregation des Energiesektors eingegangen wird, soll an dieser Stelle noch einmal kurz der prinzipielle Aufbau einer Input-Output-Tabelle skizziert werden.

**Tab. B-4:** Aufbau einer Input-Output-Tabelle.

		INPUT		Nachfrage	Gesamtwert Gesamte Verwendung von Gütern
		Sektor 1	Sektor 2		
OUTPUT	Sektor 1	$z_{11}$	$z_{12}$	$Y_1$	$X_1$
	Sektor 2	$z_{21}$	$z_{22}$	$Y_2$	$X_2$
Zahlungen		$W_1$	$W_2$		
Gesamtwert Gesamtes Aufkommen an Gütern		$X_1$	$X_2$		

Tab. B-4 stellt den Aufbau einer Input-Output-Tabelle stark vereinfacht dar. Die Input-Output-Tabelle zeigt anhand des zwischenindustriellen Handels ( $z$ ) wie sich Güterströme innerhalb der Ökonomie verhalten. Zusammen mit der Endnachfrage  $Y$  nach einem Gut (Konsumausgaben, Anlageinvestitionen, Bauten, Vorratsänderungen und Exporten), bzw. den Zahlungen ( $W$ ) (Steuern, Subventionen, Arbeitnehmerentgelte, Abschreibungen und Importe) addieren sich Spalten und Zeilen jeweils zur gesamten Güter-, bzw. Werteverwendung auf. Da die ökonomische Theorie impliziert, dass alle produzierten Güter auch verbraucht werden, sei es im In- oder Ausland, müssen sich die Summen des Aufkommens und der Verwendung der Güter entsprechen.

Anhand der Informationen, die in der Input-Output-Tabelle enthalten sind, können die so genannten technischen Koeffizienten ( $a$ ) ermittelt werden. Sie geben darüber Auskunft, welchen Anteil eines bestimmten Gutes ein Sektor zur Produktion benötigt. Der technische Koeffizient  $a_{11}$ , der sich auf den Güterverbrauch  $z_{11}$  bezieht, ergibt sich bspw. gemäß  $a_{11}=z_{11}/X_{11}$ . Dies würde dem Anteil der Produktion des Sektors 1 entsprechen, den der Sektor selbst verbraucht um seine Pro-



duktion zu bewerkstelligen. Die technischen Koeffizienten der verbleibenden Zellen ergeben sich analog zum eben genannten Beispiel.

Innerhalb des Input-Output-Systems sind die technischen Koeffizienten demnach nicht variabel. Es wird daher eine sogenannte Leontief-Produktionsfunktion unterstellt. Durch die speziellen Eigenschaften der unterstellten Produktionsfunktion können nun relativ einfach und transparent die Rückwirkungen von Veränderungen der Nachfrage innerhalb einer Ökonomie (privater und staatlicher Konsum) oder im Ausland (Exporte) in der Ökonomie analysiert werden. Dabei spielt insbesondere der Vektor  $Y$  eine Rolle. Er enthält die letzte Verwendung der Güter sowie die Exporte. Mit Hilfe der technischen Koeffizienten kann daher errechnet werden, welche Auswirkungen es auf die Matrix  $X$  (Verwendung von Gütern in Baden-Württemberg) hat, wenn sich der Vektor  $Y$  (Nachfrage an Gütern in Baden-Württemberg oder im Ausland) verändert. Dies bedeutet, dass die Auswirkungen struktureller Veränderungen innerhalb des regionalen Wirtschaftssystems, wie die vermehrte Verwendung erneuerbarer Energiequellen, auf die restlichen Sektoren der Ökonomie unter den Restriktionen der Leontief-Produktionsfunktion berechnet werden kann.

Bevor die Auswirkungen zunehmender ökonomischer Aktivitäten in neuen Sektoren der Volkswirtschaft analysiert werden können, müssen die neuen Sektoren zunächst in das System der Input-Output-Rechnung eingeführt werden. Im Fall der Einführung der Branche der Erneuerbaren Energien bedeutet dies, dass die neuen Sektoren aus dem bereits bestehenden Sektor der „Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme“ (CPA Nr. 40.1, 40.3) abgespalten werden müssen. Dies ist damit zu begründen, dass die zugrunde liegende regionalisierte Input-Output-Tabelle die Leistungen des Sektors der Erneuerbaren Energien zwar bereits enthält, sie jedoch nicht gesondert ausweist. Ursprünglich sind die neu einzuführenden Sektoren unter dem Sektor „Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme“ subsumiert. Die Abspaltung der neuen Sektoren aus dem Sektor der konventionellen Energieerzeugung wird umfragebasiert durchgeführt. Diese Methode zur feineren sektoralen Aufspaltung von Input-Output-Tabellen basiert auf Informationen, die im Rahmen der vorliegenden Studie erhoben wurden. Mittels einer Umfrage bei Unternehmen der Branche der Erneuerbaren Energien wurden die Inputs der einzelnen Energiesparten ermittelt. Auf Basis dieser Informationen kann dann die regionalisierte Input-Output-Tabelle Baden-Württembergs mit der für die Analyse notwendigen sektoralen Feingliederung des Energiebereichs versehen werden. Dieser Arbeitsschritt wird im Folgenden für die Unterbereiche Erstellung von Anlagen und Betrieb von Anlagen detailliert beschrieben.

#### B.2.1 Bereich Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen

Der Bereich Herstellung von Anlagen wird gesondert und unabhängig vom Bereich des Betriebs der Anlagen betrachtet, um die verschiedenen ökonomischen Auswirkungen, die von einer EE-Anlage ausgehen, individuell untersuchen zu können. Im Folgenden wird die Abspaltung der Sektoren der Anlagenerstellung beschrieben und hinsichtlich methodischer und modelltheoretischer Einschränkungen kritisch hinterfragt.

#### AUSGANGSSITUATION

Bei den zur Analyse zur Verfügung stehenden Daten handelt es sich um die Werte, welche beim Bau von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien als Vorleistung (Inputs) verbraucht werden.

Neben den primär in Baden-Württemberg verbrauchten Werten liegen darüber hinaus auch Informationen über die Exporttätigkeit einzelner Sektoren der baden-württembergischen Wirtschaft vor.

Ziel ist es nun, die ermittelten Werte so in das System der regionalisierten Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg einzuarbeiten, dass sie die tatsächliche Wirtschaftsleistung optimal abbilden und das System der Input-Output-Tabelle gleichzeitig ausbalanciert ist, d.h. dass die gesamte Güterverwendung dem gesamten Güteraufkommen entspricht. Hinsichtlich des Bereiches der Erstellung von Anlagen der Nutzung erneuerbarer Energiequellen lässt sich die entsprechende Güterverwendung einfach ermitteln. Der Sektor der Anlagenerstellung liefert keinerlei Vorleistungen an andere Branchen. Darüber hinaus wird auch keine Energie produziert, da die Energieproduktion in den neu einzuführenden Sektoren des „Betriebs von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen“ verbucht wird. Für die Gegenbuchung der Inputs aus dem Bereich der Anlagenerstellung kommt somit lediglich der Bereich „letzte Verwendung von Gütern“ in Frage (entspricht dem Vektor Y in der stilisierten Input-Output-Tabelle; siehe Tab. B-4). Die „letzte Verwendung“ gliedert sich in die Bereiche: Konsumausgaben, Anlageinvestitionen, Vorratsveränderungen und Exporte. Da es sich bei der Erstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen um langfristig bestehende Investitionen in Baden-Württemberg handelt, kommt für die Gegenbuchung der verwendeten Güter auf diesem Bereich lediglich der Posten Anlageinvestitionen in Frage. Die Anlageinvestitionen wiederum sind in die zwei Bereiche „Bauten“ und „Ausrüstungen und sonstige Anlagen“ gegliedert. Für die Gegenbuchung der Inputs zur Erstellung von Anlagen wurde schließlich der Posten Bauten gewählt, da eine Zuordnung zu diesem Bereich der Güterverwendung den realen Nutzungsbedingungen am ehesten entspricht.

Da nun sowohl die Verbuchung auf der Aufkommens- als auch auf der Verwendungsseite schematisch dargelegt ist, wird im Folgenden beschrieben wie die Zahlen bezüglich der Anlagenerstellung technisch in das Input-Output-System eingeführt werden.

#### AUFBEREITUNG DER INPUT-OUTPUT-TABELLE

Grundsätzlich sollten alle zur Erstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbaren Energiequellen genutzten Inputs bereits im Input-Vektor des Sektors der Produktion von Anlagen zur Energieerzeugung enthalten sein, so dass lediglich eine Abspaltung des neu einzuführenden Sektors bzw. eine Umverteilung der Werte vom konventionellen Sektor hin zum neu eingeführten Sektor auf Basis der vorliegenden Zahlen notwendig ist. Dadurch kann implizit auch eine Plausibilitätsprüfung der gewonnenen Daten durchgeführt werden. Würde der Güter- bzw. Werteverbrauch der Erneuerbaren Energien den bereits in der ursprünglichen regionalisierten Input-Output-Tabelle vorhandenen Wert übersteigen, so würde dies auf Mess- oder Schätzfehler hinweisen. Eine Überprüfung der Umsatzzahlen müsste auch dann erfolgen, wenn sich einzelne Verbrauchswerte der Erneuerbaren Energien als besonders hoch erweisen würden. Somit bildet der Analyserahmen der Input-Output-Rechnung einen äußerst robusten Rahmen für die ökonomische Analyse.

Die Abspaltung der neuen Sektoren erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden die Inputs für die abzuspaltenden Branchen als neue Sektoren ausgewiesen und vom Herkunftssektor „Geräte zur Elektrizitätserzeugung“ (CPA Nr. 31) abgezogen. Um das bilanzielle Gleichgewicht innerhalb der Input-Output-Tabelle zu garantieren, müssen in einem zweiten Schritt die entsprechenden Gesamtwerte der Inputs auf der Outputseite zugeordnet werden. Dies ist bei der Erstellung von Anla-

gen relativ einfach zu bewerkstelligen, da auf der Output-Seite der Tabelle einzig auf den Posten „Bauten“ gebucht werden muss.

### a) Verbuchung der Inputs zur Erstellung von Anlagen

Um die Struktur der Güterverwendung in feiner sektoraler Gliederung zu gewährleisten, müssen zunächst sieben Sektoren neu eingeführt werden. Dabei handelt es sich um die Bereiche „Erstellung von Anlagen“ jeweils gegliedert für die Energieträger Windenergie (laufende Sektor-Nr. 40a), Photovoltaik (laufende Sektor-Nr. 40b), Solarthermie (laufende Sektor-Nr. 40c), Wasserkraft (laufende Sektor-Nr. 40d), Biomasse (laufende Sektor-Nr. 40e), Biogas (laufende Sektor-Nr. 40f) und Geothermie (laufende Sektor-Nr. 40g).

Anschließend können die Inputs der jeweiligen Bereiche, also die Verbrauchswerte, in den betreffenden Vektor eingetragen werden. Durch eine Automatisierung der Tabelle werden die hinzugefügten Werte unmittelbar vom Input-Vektor der konventionellen Energieerzeugung (laufende Sektor-Nr. 40) abgezogen. Damit wird das bilanzielle Gleichgewicht der Tabelle gewährleistet, es werden Doppelzählungen vermieden und es kann die Vorleistungsstruktur der neuen Sektoren optimal abgebildet werden.

### b) Summierung der Inputs zur Erstellung von Anlagen

Wurden die Input-Werte zur Anlagenerstellung korrekt verbucht, muss für jeden der sieben neuen Sektoren schließlich eine Summe über die Vorleistungen der Produktionsbereiche (laufende Sektor Nr. 72) gebildet werden, die Bruttowertschöpfung (laufende Sektor-Nr. 79) muss festgestellt und die Importe (laufende Sektor-Nr. 82) müssen zugeschlagen werden. Das Schema der letztendlichen Berechnung der Summen in den Spalten der Input-Output-Tabelle ist in Tab. B-5 festgehalten.

**Tab. B-5:** Schema zur Berechnung der Summen auf der Aufkommenseite (Spalten).

laufende Sektor-Nr.			Bezeichnung
72			Vorleistungen der Produktionsbereiche (Summe über die Sektoren mit laufender Nummer 1 bis 71)
73	+		Gütersteuern abzüglich Gütersubventionen
74	=	<b>W</b>	<b>Vorl. der Produktionsbereiche, bzw. letzte Verwendung von Gütern zu Anschaffungspreisen</b>
75			Arbeitnehmerentgelt im Inland
76	+		Sonstige Produktionsabgaben abzüglich sonstige Subventionen
77	+		Abschreibungen
78	+		Nettobetriebsüberschuss
79	=		<b>Bruttowertschöpfung (Summe Nr. 75 bis Nr. 78)</b>
80			<b>Produktionswert (= Nr. 74 + Nr. 79)</b>
82	+		Importe gleichartiger Güter zu cif-Preisen
84	=	<b>X</b>	<b>Gesamtes Aufkommen an Gütern</b>

Zur Ermittlung der exakten Daten für die Summierung der Spalten in der regionalisierten Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg nach dem Schema aus Tab. B-5 wären umfangreiche Informationen etwa über Abschreibungen oder Importe notwendig. Diese Werte wurden jedoch im Rahmen des Projektes nicht explizit erhoben. Da die exakten Werte der Sektoren mit laufender Nummer 73, 75, 76, 77, 78 und 82 für die Analyse kaum Bedeutung haben ist eine Ermittlung jedoch nicht erforderlich. Alle wesentlichen Eigenschaften der Erstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen sind bereits im Sektor „Geräte zur Elektrizitätserzeugung“ (CPA Nr. 31) aus der ursprünglichen regionalisierten Input-Output-Tabelle für Baden-Württemberg enthalten. Es liegt daher nahe die Werte der Sektoren mit laufender Nummer 73, 75, 76, 77, 78 und 82 gemäß ihres ursprünglichen Anteils zu interpolieren, so dass die Anteile der betroffenen Sektoren bei der Erstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien denen des aggregierten Sektors „Geräte zur Elektrizitätserzeugung“ (CPA Nr. 31) aus der ursprünglichen Input-Output-Tabelle entsprechen. Da zur Analyse des Investitionsimpulses durch Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg vor allem die Struktur der Verwendung von Zwischengütern (Sektoren mit laufender Nummer 1 bis 71) von Bedeutung ist, kann die gesetzte Annahme als unkritisch gesehen werden. Die beschriebene Vorgehensweise stellt somit einen kosteneffizienten und ökonomisch vertretbaren Ansatz zur Ermittlung des gesamten Aufkommens an Gütern (Summer der Spalten) in der regionalisierten Input-Output-Tabelle dar.

### **c) Verbuchung der Werte auf der Aufkommenseite und Ausbilanzierung**

Nachdem die Verbuchung der Inputs der Sektoren zur Erstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energieträger erfolgt ist, steht nun für jeden Sektor der letztendliche Wert der gesamten Verwendung von Gütern (laufende Sektor-Nr. 84) fest. Um die Bedingung, dass das Güteraufkommen der Güterverwendung entsprechen muss, zu erfüllen, wird nun der Wert des gesamten Güteraufkommens gleich dem Wert der gesamten Güterverwendung gesetzt. Der Output der Sektoren der Erstellung von Anlagen fließt einzig und alleine dem Bereich der Bauten (laufende Nr. 77) zu, welcher ein Teil des Nachfragevektors  $Y$  ist. Daher wird dem Sektor Bauten der volle Betrag der gesamten Verwendung von Gütern zugewiesen. Anschließend muss dem Sektor „Geräte zur Elektrizitätserzeugung“ (CPA Nr. 31) natürlich eine entsprechende Menge an Wert entzogen werden. Um strukturelle Verwerfungen innerhalb des Input-Output-Systems zu vermeiden, geschieht dies in den Bereichen „Bauten“ und „Ausrüstungen und sonstige Anlagen“. Damit ist gewährleistet, dass die Input-Output-Tabelle ausbilanziert ist und das Aufkommen sowie die Verwendung von Gütern korrekt verbucht wurde.

Um den Aufbau der letzten Verwendung von Gütern zu verdeutlichen, sind die einzelnen Subsektoren des Bereiches in Tab. B-6 zusammengefasst.

**Tab. B-6:** Schema zur Berechnung des Bereichs der letzten Verwendung von Gütern (Zeilen).

laufende Sektor-Nr.			Bezeichnung
73			Konsumausgaben privater Haushalte
74	+		Konsumausgaben privater Organisationen ohne Erwerbszweck
75	+		Konsumausgaben des Staates
76	+		Ausrüstungen und sonstige Anlagen
77	+	<b>Y</b>	Bauten
78	+		Vorratsveränderungen und Nettozugänge an Wertsachen
79	+		Exporte
81	=		<b>Summe der letzten Verwendung von Gütern</b>
82	=	<b>X</b>	<b>Gesamte Verwendung = Summe der letzten Verwendung (Y) + Summe der Zwischengüter (Z)</b>

### B.2.2 Bereich Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen

Unter Abschnitt 5.2.1. wurde die Einführung der neuen Sektoren für die Erstellung der Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien beschrieben. Die Einführung neuer Sektoren für den Betrieb der Anlagen erfolgt im Prinzip analog, weist jedoch einige technisch bedingte Unterschiede auf, die im folgenden Abschnitt näher erläutert werden.

#### AUSGANGSSITUATION

Genau wie im Fall der Erstellung von Anlagen werden auch beim Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen Vorleistungen verbraucht. Auch diese Werte wurden erhoben und können nun in das Input-Output-System eingeführt werden. Die von den Sektoren der Erneuerbaren Energien verbrauchten Werte werden zur Wahrung der Konsistenz vom ursprünglichen Sektor „Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme“ (laufende Sektor-Nr. 40) abgezogen, indem der Betrieb der Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien bisher implizit erfasst ist.

Bei der Summierung der Inputs (Spalten) für den Anlagenbetrieb wird nach dem gleichen Prinzip vorgegangen wie bei der Einführung der Sektoren zur Erstellung von Anlagen. D.h. die Posten der „sonstigen Zahlungen“ (Zeilen-Nr. 72 bis 82) werden für den Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energie mit den gleichen Anteilen wie im Ursprungssektor (laufende Sektor-Nr. 40) zugewiesen.

Bei der Gegenbuchung der Produktionswerte aus dem Betrieb der Anlagen auf Seiten der Güterverwendung (Zeilen) muss nun ein etwas komplexerer Ansatz verwendet werden als im Fall der Erstellung der Anlagen. Die einzelnen Sparten der Erneuerbaren Energien liefern nun nicht nur Werte, die im Bereich des Konsums (Y-Vektor) verbucht werden wie es bei der Erstellung von Anlagen der Fall war. Vielmehr liefert der Betrieb von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien auch Strom als Vorleistung an zahlreiche andere Sektoren der Ökonomie. Diese Vorleistungen werden gemäß des Gewichts jedes einzelnen Sektors der Energieproduktion auf die Gesamtwirtschaft verteilt. Dies bedeutet, dass beispielsweise der Sektor Windenergie, auf den ein Anteil von etwa 0,25 Prozent der gesamten Energieproduktion in der regionalisierten Input-Output-Tabelle

entfällt, auch 0,25 Prozent des Energieverbrauchs jedes einzelnen Sektors in der Ökonomie sowie 0,25 Prozent des Energiekonsums der letztendlichen Verwendung zur Verfügung stellt. Dieses Vorgehen gewährleistet, dass alle Energieträger in die Vorleistungsstruktur der Input-Output-Tabelle mit einbezogen werden, dass das Gesamtaufkommen an Energie in der Ausgangssituation konstant bleibt und das System der Input-Output-Tabelle ausbalanciert ist.

#### **a) Verbuchung der Inputs zum Betrieb von EE-Anlagen**

Wie im Fall der Erstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen werden auch beim Betrieb derartiger Anlagen zunächst sieben neue Sektoren für die Bereiche Windenergie (laufende Sektor-Nr. 40h), Photovoltaik (laufende Sektor-Nr. 40i), Solarthermie (laufende Sektor-Nr. 40j), Wasserkraft (laufende Sektor-Nr. 40k), Biomasse (laufende Sektor-Nr. 40l), Biogas (laufende Sektor-Nr. 40m) und Geothermie (laufende Sektor-Nr. 40n) ausgewiesen. Anschließend werden die Umsatzzahlen für den Betrieb der Anlagen in die neuen Sektoren eingefügt (Spalten). Gleichzeitig wird die Summe der Umsätze, die auf den Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen entfällt, vom Ursprungssektor der Energieerzeugung (laufende Sektor-Nr. 40) abgezogen.

#### **b) Summierung der Inputs**

Wie auch im Fall der Anlagenerstellung muss bei den Sektoren des Betriebs von EE-Anlagen ein Schema zur Ermittlung des gesamten Aufkommens an Gütern gefunden werden. Dabei wird die Zahlungsstruktur des Ursprungssektors der Energieproduktion reproduziert. Dies bedeutet, dass Gütersteuern, Subventionen, Arbeitnehmerentgelte, Produktionsabgaben, Abschreibungen sowie Importe in jedem einzelnen neuen Sektor des Betriebs von EE-Anlagen nach dem Muster des Ursprungssektors der Energieproduktion gebildet werden. Grund dafür ist, dass der aggregierte Sektor der Energieproduktion (ohne Abspaltung neuer Sektoren) sowohl bei den Vorleistungen an andere Sektoren als auch bei den letzten Zahlungen implizit die Erneuerbaren Energien enthielt. Ein solches Vorgehen ist außerdem deshalb zu rechtfertigen, da zur Analyse vor allem die Vorleistungsstruktur sowie die Gesamtsumme der Umsätze der einzelnen Sektoren von Bedeutung sind.

#### **c) Verbuchung der Werte auf der Aufkommenseite und Ausbalanzierung**

Auf der Aufkommenseite der Input-Output-Tabelle, also bei den Zahlungen die den Energieverbrauch abbilden, wird die Struktur des Ursprungssektors der Energieerzeugung auch für die erneuerbaren Energieträger reproduziert. Dies ist notwendig, da z.B. Stromlieferungen physisch nicht nach ihrer Herkunft zu unterscheiden sind. Jedem Sektor, der Energie verbraucht, wird daher unterstellt, dass er neben konventionell erzeugter Energie auch Energie aus erneuerbaren Quellen nutzt. Bei der Umlage der Energieverbrauchsstrukturen innerhalb der Input-Output-Tabelle gibt es lediglich eine Ausnahme. Der Sektor der konventionellen Energieerzeugung verbraucht selbst eine relativ große Menge an Energie. Dieser Verbrauch kann als Aufwand zum Ausgleich von Spitzenlasten oder als Aufwand für die Netzbereitstellung interpretiert werden. Da die Erneuerbaren Energien die von ihnen produzierte Menge an Energie jederzeit in das Netz des konventionellen Sektors einspeisen können, haben sie keine derartigen Kosten zu tragen. Daher wird davon abgesehen, den Sektoren des Betriebs von Anlagen Erneuerbarer Energien einen Eigenverbrauch an Energie zuzuweisen.

Um die korrekte Verbuchung der Werte auf der Aufkommenseite sowie die Ausbilanzierung des Gesamtsystems zu gewährleisten, werden die Werte der Inputs aus jedem einzelnen der neuen Sektoren sowie der verminderte Wert des Ursprungssektors auf die Aufkommenseite übertragen. Anschließend wird, ausgehend von diesem Wert, die Modellierung der Aufkommenseite anhand des relativen Gewichts jedes einzelnen Energiesektors vorgenommen.



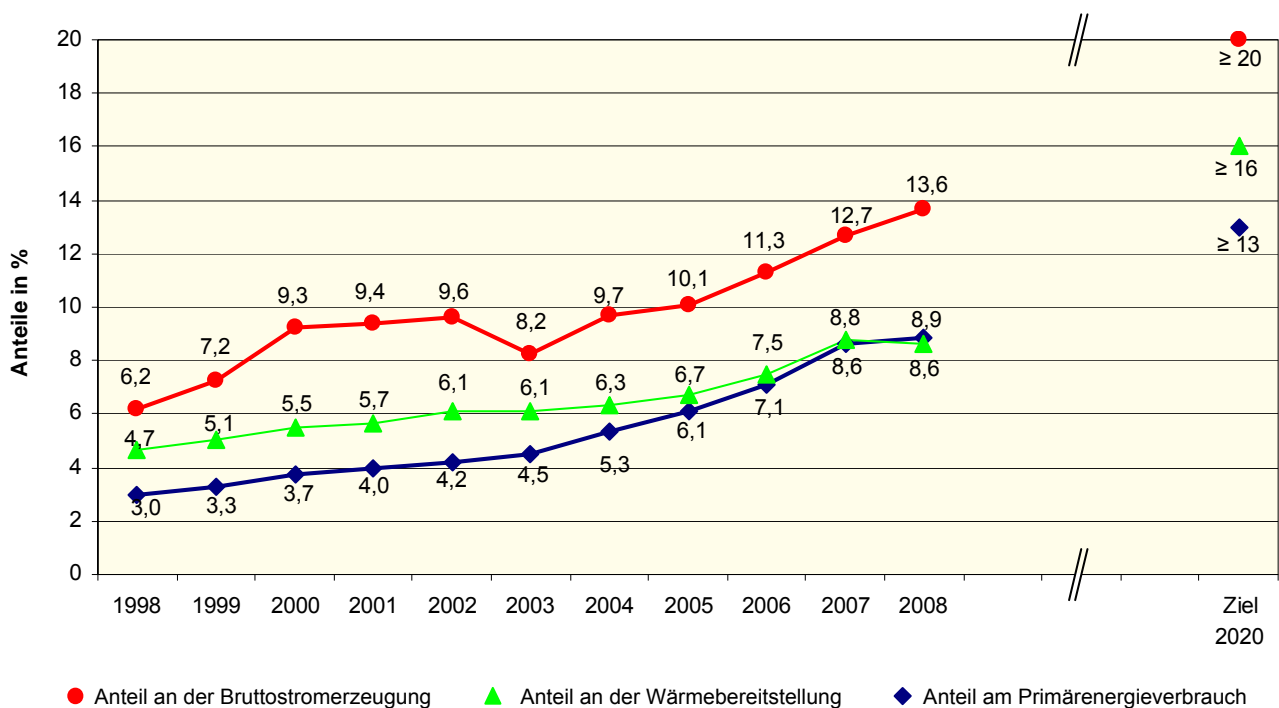


## C Szenario Energiekonzept 2020 und 2020+

Im Folgenden wird ein Szenario zum Ausbau der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg entwickelt, das einen Pfad aufgezeigt, mit dem die im „Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ vorgegebenen Ziele erreicht werden können. Das Szenario stellt eine denkbare Entwicklung eines komplexen Systems dar, in das eine Vielzahl von Einflussfaktoren eingehen. Es nimmt keinesfalls für sich in Anspruch, eine Prognose abzugeben. Darüber hinaus ist mit dem Szenario keine Beschränkung des Ausbaus der erneuerbaren Energieträger beabsichtigt.

### C.1 Ausgangslage

Die Erneuerbaren Energien tragen zum Ende des Jahres 2008 bereits einen Anteil von 8,9 % zum gesamten Primärenergieverbrauch in Baden-Württemberg bei. Mit dem „Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ (vgl. Landesregierung Baden-Württemberg, 2009) wird das Ziel verfolgt, diesen Anteil bis zum Jahr 2020 auf mindestens 13 % zu erhöhen. Der Anteil an der Wärmebereitstellung soll von derzeit 8,6 % auf mindestens 16 % steigen. Im Hinblick auf die Stromerzeugung, die derzeit zu 13,6 % aus Erneuerbaren Energien gedeckt wird, ist ein Anteil von mindestens 20 % als Zielgröße angesetzt.



**Abb. C-1:** Vorläufiger Stand und Ausbauziele der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg (vgl. UM/WM 2009).

Zwischen 1998 und 2008 konnte der Anteil der Erneuerbaren Energien in den drei genannten Bereichen fast (Wärmebereitstellung) bzw. mehr als verdoppelt werden (Strombereitstellung und Primärenergiebereitstellung) – vgl. UM/WM (2009).

Zur Zielerreichung 2020 ist weiterhin eine dynamische Entwicklung beim Ausbau der Erneuerbaren Energien notwendig. Für die einzelnen erneuerbaren Energieträger wurden im Energiekonzept Baden-Württemberg spezifische Ziele festgelegt. Anhand dieser Ziele werden im Folgenden Ausbaupfade für die einzelnen Energieträger definiert und die zugrunde liegenden Annahmen erläutert. Darauf aufbauend erfolgt eine Schätzung zu den notwendigen Investitionen sowie zu den laufenden Kosten für Wartung, Instandhaltung, Betrieb und Brennstoffe.

## C.2 Ausbaupfade Strom

Im Rahmen des Energiekonzepts Baden-Württemberg wird davon ausgegangen, dass der Bruttostromverbrauch im Jahr 2020 mit rund 72 TWh etwa den gleichen Wert haben wird wie im Jahr 2005. Um im Jahr 2020 einen Anteil von 20 % erneuerbarer Strombereitstellung zu erreichen, ist ein absoluter Betrag von 14,4 TWh Strom aus Erneuerbaren Energien notwendig. Ausgehend vom Jahr 2005 entspricht der vorgesehene Ausbau der Erneuerbaren Energien im Strombereich einer Verdoppelung. Der höchste prozentuale Zuwachs wird im Bereich der Photovoltaik erwartet; in diesem Bereich soll die Strombereitstellung gegenüber 2005 verneunfacht werden, wenn die Ausgangsbasis auch vergleichsweise gering ist. Bei der Windkraft ist eine Vervierfachung antizipiert, während für Strom aus Biomasse ein Zuwachs von mehr als 170 % für möglich erachtet wird (vgl. Tab. C-1).

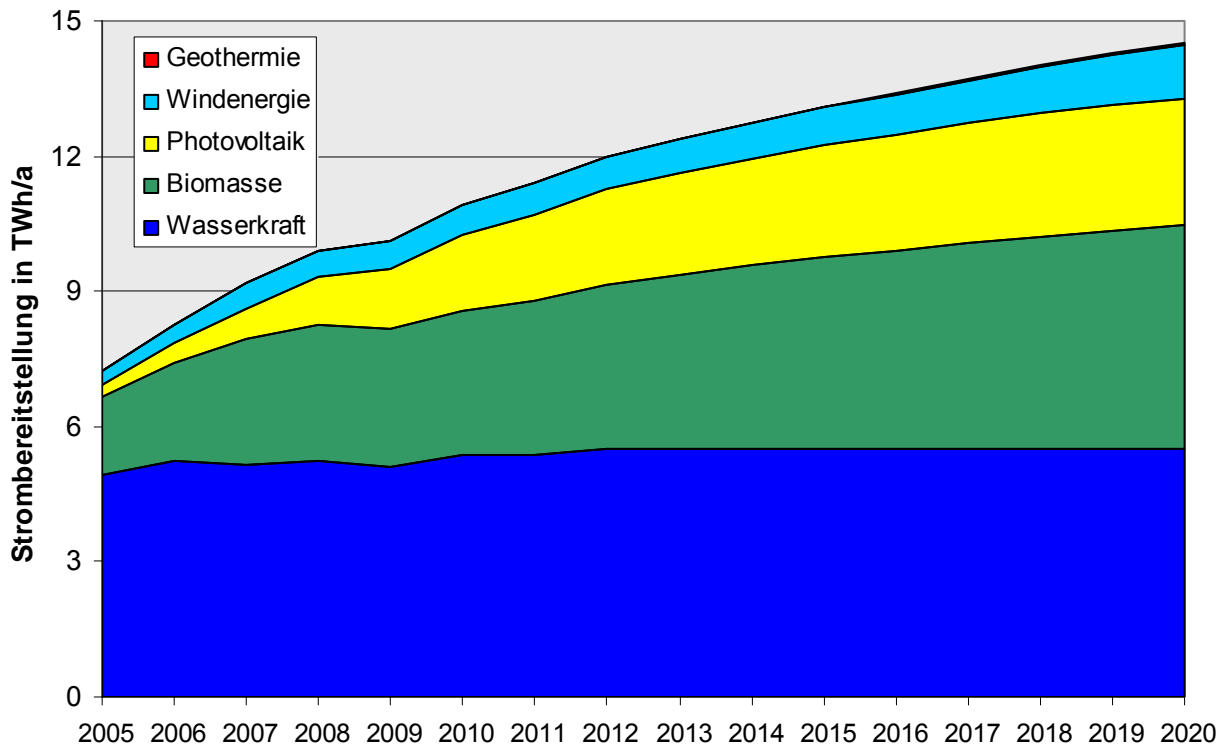
**Tab. C-1:** Ausgangsbasis und Zielgrößen 2020 für die Strombereitstellung in Baden-Württemberg.

	2005 in TWh	2005 in %	2020 in TWh	2020 in %
Wasserkraft	4,9	6,9	5,5	7,7
Bioenergie	1,7	2,4	4,7	6,5
Photovoltaik	0,3	0,4	2,7	3,7
Windenergie	0,3	0,4	1,2	1,7
Geothermie	0,0	0,0	0,3	0,4
<b>Summe</b>	<b>7,2</b>	<b>10,1</b>	<b>14,4</b>	<b>20,0</b>

Es wird angenommen, dass mit zunehmendem Diffusionsgrad, d.h. mit wachsender Verbreitung Erneuerbarer Energien, ein leichtes Absinken des jährlichen Netto-Anlagenzubaues und damit auch ein leichtes Absinken des jährlich neu hinzu kommenden Stromoutputs stattfindet. Zum einen steigt der Anteil der Anlagen, die alte Anlagen des gleichen erneuerbaren Energieträgers ersetzen. Bei konstantem oder leicht steigendem Zubau von Neuanlagen ist davon auszugehen, dass der Nettozubau (Zubau von Neuanlagen abzüglich der zurückgebauten Altanlagen) konstant bleibt oder gar sinkt. Zum anderen bestehen im Bereich der Windenergie, Biomasse sowie Wasserkraft mit zunehmender Verbreitung der Anlagen erhöhte Erschwernisse. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang der Bereich Standortwahl (z.B. fortschreitende Erschließung der Ausweisungsgebiete in den Regionalplänen im Bereich Windkraftanlagen), Genehmigungsauflagen (z.B. Begrenzung

der Querverbauungen im Bereich der Wasserkraft) oder Rohstoffpotenziale (z.B. durch die lokale Verfügbarkeit von Biomasse).

Den Auswirkungen von Finanz- und Wirtschaftskrise wird im Jahr 2009 durch einen geringeren Anlagenzubau insbesondere im Bereich der Großanlagen, d.h. hauptsächlich in den Bereichen Windenergie und Biomasse, Rechnung getragen. Vor dem Hintergrund der Investitionssicherheit, die durch das EEG gegeben ist sowie der wieder verbesserten Möglichkeiten zur Fremdkapitalaufnahme (Abschwächung der Kreditklemme) wird angenommen, dass der Ausbau ab 2010 wieder anzieht (Abb. 5-4).



**Abb. C-2:** Szenario zum Ausbau der Strombereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg bis 2020.

Im Folgenden wird für die einzelnen Energieträger im Stromsektor erläutert, welcher Anlagenzubau bis 2020 zur Erstellung des Szenarios angesetzt wird. Dabei wird auf die spezifischen Rahmenbedingungen der einzelnen Erneuerbaren Energien eingegangen.

### C.2.1 Wasserkraft

Zur Ermittlung des Ausbaupfads im Bereich der Wasserkraft dienen die geplanten Inbetriebnahmen der im Bau befindlichen Modernisierungs- und Neubauten in Baden-Württemberg. Zu nennen ist hier in erster Linie der Neubau des Wasserkraftwerks Rheinfelden, womit eine zusätzliche Leistung von 75 MW voraussichtlich im Jahr 2010 ans Netz gehen wird. Im selben Jahr soll ein neues Wasserkraftwerk in Albruck-Dogern mit 24 MW in Betrieb genommen werden, das eine bereits bestehende Staustufe nutzt. Schließlich ist im Jahr 2010 die Inbetriebnahme des Wasserkraftwerks Esslingen mit 1,25 MW geplant, das die letzte Staustufe am Neckar nutzt. Für das Jahr

2012 ist die Fertigstellung des Ausbaus des Wasserkraftwerks Iffezheim geplant, womit eine Leistungssteigerung von 38 MW verbunden ist.

Einschließlich der Ende 2008 am Netz befindlichen 777 MW wird die in Baden-Württemberg installierte Wasserkraftleistung im Jahr 2012 mindestens 915 MW betragen. Nicht berücksichtigt ist hierbei der Zubau kleiner Wasserkraftanlagen, der zu einer weiteren, jedoch nur geringen Steigerung der installierten Leistung und Strombereitstellung beitragen kann. Mit der ab 2012 verfügbaren Leistung erscheint die für das Jahr 2020 angestrebte Strombereitstellung aus Wasserkraft von 5,5 TWh im Normaljahr als realistisch.

Die beschriebenen Aktivitäten im Bereich der Wasserkraft resultieren für den Zeitraum bis 2020 in einem Investitionsimpuls von insgesamt 550 Mio. €. Die Wartungs- und Betriebskosten der in Betrieb befindlichen sowie der neu zugebauten Anlagen belaufen sich bis 2020 auf eine Gesamtsumme von schätzungsweise 860 Mio. €.

### C.2.2 Windenergie

Ausgehend von einem niedrigen Zubauniveau im Jahr 2008 von lediglich 18 MW und 23 MW im ersten Halbjahr 2009 wird ab 2010 für die folgenden 5 Jahre ein relativ geringer Zubau von lediglich 20 MW angesetzt. Diese Annahme gründet darauf, dass voraussichtlich erst eine Überarbeitung der Regionalpläne einen entscheidenden Impuls für einen erhöhten Ausbau der Windkraft in Baden-Württemberg leisten kann. Diese Überarbeitung dürfte etwa zwei Jahre dauern. Darüber hinaus besteht bei der derzeitigen Auslastung der Windenergie-Industrie nach BWE (2009) eine Lieferzeit von rund drei Jahren ab dem Abschluss der Planungen.

Ab 2015 wird ein höherer Zubau von jährlich 40 MW gesehen, da sich die Überarbeitung der Regionalpläne einschließlich der langen Lieferzeiten voraussichtlich so lange auswirken wird. Ab 2018 wird mit einer weiteren Erhöhung des Zubaus auf jährlich 50 MW gerechnet. Damit sind im Rahmen dieses Szenarios im Jahr 2020 etwa 827 MW Windenergieleistung in Baden-Württemberg installiert.

Weiterhin wird angenommen, dass die Volllaststunden im Mittel über alle Anlagen bis 2020 sukzessive ansteigen werden. Es wird davon ausgegangen, dass verstärkt ein Augenmerk auf ertragreiche Standorte gelegt wird. Darüber hinaus wird mit einer weiteren Steigerung bei den Anlagengrößen gerechnet; durch die erhöhten Nabenhöhen steigt die mittlere Windgeschwindigkeit und damit die Strombereitstellung.

Mit dem beschriebenen Ausbaupfad lässt sich die im Rahmen des Energiekonzepts Baden-Württemberg angesetzte Strombereitstellung aus Windkraft von 1,2 TWh im Jahr 2020 erreichen.

Mit den derzeitigen spezifischen Investitionskosten, die mit der im EEG angesetzten Degression von einem Prozent fortgeschrieben werden, ergeben sich bis 2020 Gesamtinvestitionen in Höhe von schätzungsweise 530 Mio. €. Für Wartung, Instandhaltung und Betrieb werden bis 2020 weitere 360 Mio. € veranschlagt.

### C.2.3 Photovoltaik

Der Bereich Photovoltaik ist – zumindest bis zum Erreichen der Grid parity – unmittelbar abhängig vom EEG und der weiteren Entwicklung der PV-Förderung. Vor dem Hintergrund der derzeit zu beobachtenden Entwicklung bei den Modulpreisen ist mit einer Kürzung der Einspeisevergütung vor der Ende 2011 fälligen EEG-Novellierung zu rechnen.

Ausgehend von den geschilderten Unwägbarkeiten sowie von einem Zubau von rund 370 MW<sub>p</sub> im Jahr 2008 wird für die Jahre 2009 und 2010 jeweils ein Zubau von 350 MW<sub>p</sub> angenommen. Um der vermutlich vorgezogenen EEG-Novelle Rechnung zu tragen, wird ab 2011 von einem sinkenden Zubau ausgegangen, der von 200 MW<sub>p</sub> auf 50 MW<sub>p</sub> im Jahr 2020 zurückgeht. Nach diesem zurückhaltenden Szenario sind im Jahr 2020 rund 3 GW<sub>p</sub> Photovoltaikleistung in Baden-Württemberg installiert, mit denen schätzungsweise 2,8 TWh Strom bereitgestellt werden können. Das anvisierte Ziel von 2,7 TWh PV-Strom in 2020 wird somit bereits mit dem angesetzten zurückhaltenden Szenario übererfüllt.

Wird der zumindest in der jetzigen EEG-Fassung festgeschriebene Degressionspfad bis 2015 extrapoliert, dürfte im Jahr 2015 Grid parity zum Haushaltsstrom erreicht sein. Dies wird vermutlich weitreichende Auswirkungen haben, wobei bislang unbekannt ist, wie stark diese Auswirkungen sind. Es ist demnach durchaus vorstellbar, dass ab dem Erreichen der Grid parity zur Mitte des kommenden Jahrzehnts der Photovoltaikmarkt eine neue Dynamik entwickelt und das anvisierte Ziel für Strom aus Photovoltaik weit übertroffen wird.

Für den bis 2020 wachsenden Anlagenbestand wird im Rahmen des Szenarios ein konstanter Stromertrag von 950 kWh/kW<sub>p</sub> angesetzt. Dieser Annahme liegt zu Grunde, dass einerseits verstärkt Dünnschichtmodule eingesetzt werden, die im Vergleich zu kristallinen Modulen einen geringeren Wirkungsgrad aufzuweisen haben. Andererseits wird angenommen, dass der Wirkungsgradverlust durch den wachsenden Anteil von Dünnschichtmodulen dadurch ausgeglichen wird, dass bei allen Modultypen weitere Fortschritte bei den Wirkungsgraden erzielt werden.

Bei der Abschätzung des Investitionsimpulses bis 2020 muss insbesondere bei der Photovoltaik die Kostensenkung bei den neu installierten Anlagen berücksichtigt werden. Die im EEG für die verschiedenen Anlagentypen festgelegten Degressionsraten werden im Rahmen dieser Abschätzung pauschal mit 9 % p.a. in die Berechnung einbezogen. Daraus resultiert bis 2020 ein Investitionsimpuls in Höhe von rund 5,0 Mrd. €. Zur Berücksichtigung von Wartungs- und Betriebskosten wird für 2009 ein Wert von 66 €/kW<sub>p</sub> angesetzt. Daraus resultieren bis 2020 Wartungs- und Betriebskosten von rund 2,0 Mrd. €.

### C.2.4 Biomasse

Der Bereich Biomasse ist durch eine Vielzahl verschiedener Biomassearten sowie Anlagentypen geprägt. Darüber hinaus bestehen einerseits Teilbereiche, für die mit weiterem Wachstum gerechnet werden kann, andererseits ist für einige Bereiche mit keiner oder nur einer sehr geringen Steigerung der Strombereitstellung zu rechnen.

Ein Bereich, in dem sogar ein Rückgang der Strombereitstellung antizipiert wird, stellen Anlagen zur Verstromung von Deponiegas dar. Der Rückgang ist eine direkte Folge des seit Mitte 2005 geltenden Deponierungsverbots organischer Abfälle. Die bis dahin in die Deponien eingebrachte

organische Masse wird durch den andauernden Zersetzungsprozess zwar noch viele Jahre Methan erzeugen. Die jährlich anfallende Gasmenge wird jedoch deutlich absinken. Für neue Anlagen besteht in diesem Bereich ein geringes Potenzial, das hauptsächlich durch den Ersatz von Altanlagen erschlossen wird. Im Zuge dessen wird sich perspektivisch der Wirkungsgrad der Anlagen verbessern, da diese zum einen neu sind und zum anderen besser an die gesunkenen Gasmengen angepasst sind und deshalb weniger im Teillastbetrieb arbeiten. Dadurch kann der Rückgang der Deponiegasmenge im Hinblick auf die Stromerzeugung etwas abgeschwächt werden.

Bei der Stromerzeugung aus Klärgas wird eine leichte Steigerung der Strombereitstellung gegenüber dem Ausgangswert angenommen. Von den Ende 2007 erfassten 271 Kläranlagen, in denen Klärgas erfasst wird, nutzen bereits fast 200 Anlagen das anfallende Klärgas zur Strombereitstellung (Statistisches Landesamt 2009b). Vor allem große Kläranlagen nutzen allein schon wegen der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit das Klärgas zur Strombereitstellung. Ein weiterer Ausbau wird in diesem Bereich hauptsächlich im Bereich von Kleinanlagen gesehen. Leicht dämpfend wird sich die demographische Entwicklung in Baden-Württemberg auf das Klärgasvolumen auswirken: von 2005 bis 2025 wird mit einem Bevölkerungsrückgang um einen Prozentpunkt gerechnet (Statistisches Landesamt 2007). Damit einher geht eine leichte Senkung des Abwasseraufkommens und folglich der anfallenden Klärgasmenge.

Schließlich ist im Bereich der Stromerzeugung aus dem biogenen Anteil des Mülls nur eine geringe Steigerung zu erwarten. Die Verbrennungskapazitäten des Landes sind im Moment ausreichend und ein weiterer Ausbau wird nicht forciert. Eine geringe Steigerung wird jedoch durch Effizienzsteigerungen und eine verbesserte Kapazitätsauslastung gesehen.

Für die genannten drei Teilbereiche Deponiegas, Klärgas sowie biogener Anteil des Abfalls wird gegenüber dem Jahr 2005 lediglich eine Steigerung der Stromproduktion von insgesamt 0,5 auf 0,7 TWh im Jahr 2020 erwartet.

Eine weitaus dynamischere Entwicklung ist in den Teilbereichen Biogas, feste biogene Brennstoffe sowie flüssige biogene Brennstoffe zu erwarten. Der im Bereich der mit Pflanzenöl betriebenen Anlagen zwischen 2005 und 2007 zu beobachtende Boom fand jedoch mit den empfindlichen Preissteigerungen für sämtliche Pflanzenöle ab Mitte 2007 ein schnelles Ende. Als Konsequenz aus den Preissteigerungen sind im Jahr 2008 viele Anlagen stillgelegt worden. Darüber hinaus wurde mit dem EEG 2009 festgelegt, dass Anlagenbetreiber, die eine Anlage mit Palm- oder Sojaöl betreiben, nur dann den zum wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen notwendigen Nawaro-Bonus von 6 ct/kWh erhalten, wenn durch eine Zertifizierung der Öle sichergestellt ist, dass diese den Anforderungen der Nachhaltigkeitsverordnung genügen. Für das Jahr 2009 gilt eine Übergangsregelung, bis ein solches Zertifizierungssystem eingerichtet ist. Anfang 2009 hatten sich die Pflanzenölpreise wieder dem Niveau vor der Preissteigerung angenähert, und durch die Übergangsregelung in der Nachhaltigkeitsverordnung ist eine Konsolidierung des Bereichs der Pflanzenöl-BHKWs zu erwarten. Bis 2020 wird davon ausgehend lediglich ein geringer Zubau in diesem Bereich gesehen.

Weitere Ausbaupotenziale bestehen im Bereich der Heizkraftwerke, die feste Biomasse einsetzen. Als limitierender Faktor ist hier die regionale Verfügbarkeit von Brennstoffen zu sehen. Viele Holzheizkraftwerke werden im industriellen Bereich und insbesondere in der Holzverarbeitenden Industrie eingesetzt. Aufgrund der allgemeinen wirtschaftlichen Lage und derzeit noch vorherrschenden

Schwierigkeiten bei der Fremdkapitalbeschaffung wird für die Jahre 2009 und 2010 lediglich von einem geringen Zubau in Höhe von jährlich 5 MW<sub>el</sub> ausgegangen. Für die Jahre 2011 bis 2015 wird im Rahmen des Szenarios ein erhöhter Zubau von jährlich 10 MW<sub>el</sub> angenommen, der ab 2016 wieder auf jährlich 5 MW<sub>el</sub> absinkt.

Ein besonders dynamischer Ausbau wird mit dem Inkrafttreten des EEG 2009 vor allem im Bereich der Biogasanlagen erwartet. Zusätzlich zu den klassischen Biogasanlagen, die das Biogas direkt am Ort der Biogaserzeugung nutzen, wird zukünftig verstärkt mit neuen Anlagen zur Biogaseinspeisung zu rechnen sein. Ein gewisser Anteil der Investitionstätigkeit wird sich auf Erweiterungen bestehender Anlagen zu Anlagen, die Biogas aufbereiten und in das Erdgasnetz einspeisen, erstrecken. Für die Jahre 2009 und 2010 wird mit einem Zubau von jeweils 20 MW<sub>el</sub> gerechnet. Für die darauf folgenden drei Jahre wird ein erhöhter Zubau von jeweils 25 MW<sub>el</sub> angenommen, der bis 2020 auf 10 MW<sub>el</sub> absinkt. Im Rahmen dieses Szenarios wird im Jahr 2020 mit einer Biogasleistung von 342 MW<sub>el</sub> gerechnet, mit der knapp 2,4 TWh Strom erzeugt werden kann.

Insgesamt wird im Rahmen dieses Szenarios in den Bereichen Biogas, feste biogene Brennstoffe sowie flüssige biogene Brennstoffe für das Jahr 2020 eine Strombereitstellung von 4,2 TWh angenommen. Zusammen mit den übrigen Bereichen der Biomasse ist für 2020 mit einer Stromerzeugung aus Biomasse von 4,9 TWh zu erwarten. Diese liegt 0,2 TWh über dem Ziel für Biomassestrom des Energiekonzepts. Damit kann für einen Ausgleich gesorgt werden, wenn die überaus ambitionierten Ziele zur Strombereitstellung aus Geothermie nicht in dem gewünschten Ausmaß realisiert werden können (vgl. Abschnitt C.2.5).

Zur Abschätzung des Investitionsimpulses im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse wird für neu installierte Anlagen eine Kostensenkung von 1 % p.a. angesetzt, die der im EEG 2009 festgelegten Degression entspricht. Für die Jahre 2009 bis 2020 wird eine Gesamtinvestition in Höhe von 0,9 Mrd. € im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse angesetzt. Die Kosten für den Betrieb (ohne Brennstoffe) sowie Wartung und Instandhaltung werden auf einen Wert von 1,9 Mrd. € abgeschätzt. Die Brennstoffkosten (einschließlich der Substratkosten für Biogasanlagen und den Wert des Abfalls in Müllverbrennungsanlagen) belaufen sich von 2009 bis 2020 schätzungsweise auf einen Wert von 3,2 Mrd. €.

Die Kosten für Wartung, Instandhaltung und Betrieb sowie Brennstoffe übersteigen die Investitionskosten im selben Bereich bei Weitem. Dies geht darauf zurück, dass sich die Berechnung der laufenden Kosten nicht nur auf die neu zugebauten Anlagen, sondern den gesamten Anlagenbestand bezieht.

### C.2.5 Geothermie

Im Rahmen des vorliegenden Szenarios wird davon ausgegangen, dass die im Energiekonzept Baden-Württemberg anvisierten 0,3 TWh im Jahr 2020 nicht erreicht werden können. Diese Einschätzung basiert auf den derzeit geltenden Anforderungen für die Erteilung einer Bohrgenehmigung. Nach den seismischen Aktivitäten durch die Arbeiten zur Nutzung der tiefen Geothermie in Basel wurde für Baden-Württemberg festgelegt, dass vor der Erteilung der Bohrgenehmigung ein seismologisches Gutachten zu erstellen ist. Auf Grund dieser Genehmigungsanforderungen wird von einer Stromerzeugung von lediglich 0,05 GWh bis zum Jahr 2020 ausgegangen. Die Differenz

zum Ziel für die Stromerzeugung aus Geothermie wird im Rahmen dieses Szenarios durch einen erhöhten Beitrag der Biomasse kompensiert.

Die für den beschriebenen Ausbau der geothermischen Stromerzeugung notwendigen Investitionen belaufen sich in den Jahren 2009 bis 2020 schätzungsweise auf insgesamt 75 Mio. €. Insbesondere im Bereich der geothermischen Stromerzeugung sind Angaben zu Investitionen mit großen Unsicherheiten behaftet, da bislang nur wenige Erfahrungen vorliegen. Darüber hinaus kann es durch die Tiefenbohrungen und den damit verbundenen Bohr-, Fündigkeits- und geologischen Risiken zu schwer vorhersehbaren Kostenentwicklungen kommen.

Die Kosten für Wartung, Betrieb und Instandhaltung werden jährlich mit 13,5 % der Investitionskosten angesetzt. Damit ergeben sich für die Jahre 2009 bis 2020 Kosten in Höhe von insgesamt 40 Mio. €.

### C.3 Ausbaupfade Wärme

Im Energiekonzept Baden-Württemberg wird davon ausgegangen, dass der gesamte Wärmebedarf in Baden-Württemberg durch gesteigerte Effizianzorderungen an Neubauten und Bestandsgebäude von rund 175 TWh im Jahr 2006 auf rund 137 TWh im Jahr 2020 sinken wird.

**Tab. C-2:** Ausgangsbasis und Zielgrößen 2020 für die Wärmebereitstellung in Baden-Württemberg.

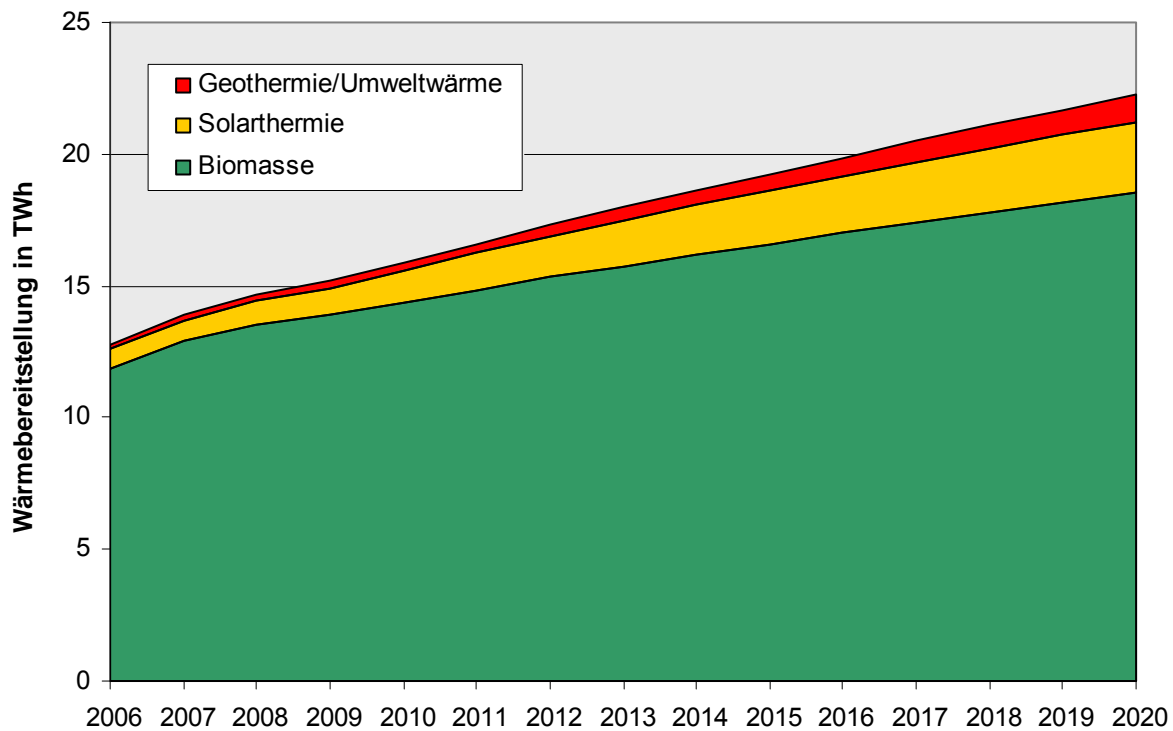
	<b>2006 in TWh</b>	<b>2006 in %</b>	<b>2020 in TWh</b>	<b>2020 in %</b>
Biomasse	10,9	6,1	18,1	13,2
Solarthermie	0,8	0,4	2,9	2,1
Geothermie	0,1	0,2	1,0	0,7
<b>Summe</b>	<b>11,8</b>	<b>6,7</b>	<b>22,0</b>	<b>16,0</b>

Durch neue Erkenntnisse und eine erweiterte Datenlage im Wärmebereich, insbesondere in Bezug auf die Biomasse, hat sich die ursprüngliche Ausgangsbasis von 11,8 TWh im Jahr 2006 leicht auf 12,7 TWh erhöht. Für die Ausarbeitung des vorliegenden Szenarios wurde von dieser neuen Basis ausgegangen.

Der größte absolute Zuwachs ist im Bereich Biomasse zu erwarten, der sich durch eine Vielzahl von verschiedenen Biomassen und Nutzungstechnologien auszeichnet. Bei der Solarthermie ist bis 2020 mehr als eine Verdreifachung der Wärmebereitstellung gegenüber 2006 anvisiert.

Insbesondere im Bereich der Biomasse muss berücksichtigt werden, dass in nicht unerheblichem Ausmaß Altanlagen durch neue Anlagen ersetzt werden. Für die Abschätzung des Investitionsimpulses wird nicht der Nettozubau, sondern der Bruttozubau von neuen Anlagen angesetzt. Für die in Abb. 5-5 dargestellte Entwicklung der Wärmebereitstellung kommt jedoch nur der Nettozubau zum Tragen, da die ersetzten bzw. stillgelegten Anlagen bei der Berechnung der Wärmebereitstellung nicht zu berücksichtigen sind.





**Abb. C-3:** Szenario zum Ausbau der Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg bis 2020.

### C.3.1 Biomasse

Im Bereich der traditionellen Biomasse (Kachelöfen, Kaminöfen, Kamine) ist weiterhin mit einem Anlagenzubau zu rechnen. Für das Szenario wird jedoch angenommen, dass die Anzahl der jährlich neu installierten Anlagen leicht abnimmt sowie der Anteil der bestehenden Anlagen, die durch neue ersetzt werden, ansteigt. Der zunehmende Austausch alter Anlagen ist nicht nur durch das Betriebsalter der Anlagen zu sehen, sondern zu einem großen Teil vor dem Hintergrund der verschärfen Emissionsanforderungen (Feinstaub) der novellierten 1. BImSchV (Kleinf Feuerungsanlagen-Verordnung)<sup>17</sup>.

Bei den Holzheizkraftwerken wird entsprechend des Leistungszubaus auf Stromseite ein zusätzlicher Wärmeoutput eingerechnet. Für die nur der Wärmebereitstellung dienenden Holzheizwerke wird für 2009 und 2010 ein Zubau von jeweils 15 MW angesetzt, der in 2014/2015 auf jeweils 25 MW steigt und bis 2020 wieder auf 15 MW absinkt.

Pelletbefeuerte Anlagen werden derzeit auf hohem Niveau (in Baden-Württemberg rund 5.500 Anlagen im Jahr 2008) in Wohngebäuden installiert. Im Rahmen des vorliegenden Szenarios wird angenommen, dass dieses hohe Niveau nicht gehalten werden kann. Diese Annahme gründet auf der Einschätzung, dass der Preis für Holzpellets nicht von der Preisentwicklung fossiler Energieträger entkoppelt ist, sondern sich zukünftig recht eng an deren Preisentwicklung anpassen wird. Darüber hinaus wird für die Rohstoffe der Holzpresslinge die Konkurrenz mit dem stofflichen Ver-

<sup>17</sup> Bis Ende 2014 müssen Altanlagen, die vor 1974 errichtet wurden, nachgerüstet bzw. außer Betrieb genommen werden. Für jüngere Anlagen gelten weiter reichende Fristen.

wertungspfad zunehmen und sich auf die Preisgestaltung auswirken. Es wird davon ausgegangen, dass sich der Zubau von pelletbefeuerten Anlagen im Jahr 2020 nur noch auf ein Zehntel des derzeitigen Niveaus beläuft.

Bei Scheitholzkesseleln und kleinen Hackschnitzelkesseleln wird bis 2020 zwar auch ein Rückgang beim jährlichen Zubau erwartet, im Rahmen dieses Szenarios beträgt dieser jedoch in 2020 immer noch die Hälfte des derzeitigen Niveaus. Wie bei den traditionellen Biomasseanlagen (Kachelöfen, Kaminöfen, Kamine) wird sowohl bei den pelletbefeuerten Anlagen, als auch bei den Scheitholz- und Holzhackschnitzelkesseleln dem zunehmenden Anteil an zu ersetzenden Anlagen Rechnung getragen.

Im Hinblick auf die Wärmebereitstellung aus dem biogenen Anteil des Mülls wird für 2020 keine Steigerung erwartet. Es ist zu erwarten, dass die Effizienz der Strom- und Wärmeerzeugung der Heizkraftwerke verbessert wird, dass die Effizienzanstrengungen jedoch in erster Linie auf die Stromerzeugung gerichtet sind. Eine Erhöhung des Wärmeabsatzes ist durch den Ausbau von Fernwärmeleitungen denkbar. Es wird jedoch angenommen, dass diese Erhöhung durch die verschärften Effizienzanforderungen für Neu- und Bestandsbauten und den damit sinkenden Wärmeabsatz kompensiert wird.

Insgesamt wird bei den festen biogenen Brennstoffen einschließlich des biogenen Anteils des Mülls eine Steigerung der Wärmebereitstellung von 11,6 TWh im Jahr 2008 auf 17,3 TWh im Zieljahr 2020 erwartet.

Für die flüssigen biogenen Brennstoffe wurde die Entwicklung bereits im Abschnitt zur Strombereitstellung behandelt (vgl. Abschnitt C.2.4). Die Wärmebereitstellung steigt entsprechend von 0,1 TWh im Jahr 2006 auf einen Wert von 0,5 TWh im Jahr 2020.

Zur Wärmebereitstellung aus gasförmigen Biomassen tragen Biogasanlagen den Großteil bei. Jedoch besteht hier ein weiteres Steigerungspotenzial, welches nicht nur durch Nahwärmenetze, sondern insbesondere durch die erweiterten Möglichkeiten der Wärmenutzung über Mikrogasleitungen und die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz erschlossen werden kann. Bei der Wärmenutzung aus Deponie- und Klärgas wird keine Steigerung gesehen, da die in diesen Anwendungsfällen bereitgestellte Wärme in erster Linie direkt vor Ort zur Faulturnbeheizung der Kläranlagen bzw. bei Deponien kaum genutzt wird. Insgesamt wird für das vorliegende Szenario ausgehend von 0,2 TWh Wärmebereitstellung aus gasförmigen Stoffen im Jahr 2006 eine Steigerung auf mindestens 0,7 TWh im Jahr 2020 angenommen.

Im Hinblick auf die Biomasse im Wärmesektor als ganzes, wird für das vorliegende Szenario ausgehend von 11,9 TWh im Basisjahr 2006 für das Jahr 2020 eine Wärmebereitstellung von 18,5 TWh angesetzt.

Zur Abschätzung des Investitionsimpulses im Bereich der Wärmebereitstellung aus Biomasse muss berücksichtigt werden, dass hier – je nach Anlagentyp – mehr Anlagen als der Nettozubau ausweist in die Berechnung eingehen. Der Rückbau bzw. der Ersatz alter Anlagen wird im Rahmen des vorliegenden Szenarios als kostenneutral bewertet. Die Abschätzung des Investitionsimpulses basiert folglich auf dem gesamten Zubau neuer Anlagen (Bruttozubau). Hierfür lässt sich unter Berücksichtigung der zahlreichen verschiedenen Anlagentypen bis 2020 eine Gesamtinvestition in Höhe von 1,5 Mrd. € ansetzen. Hinsichtlich des gesamten Anlagenbestands lassen sich für

den Zeitraum 2009 bis 2020 Kosten in Höhe von rund 1,2 Mrd. € für Wartung, Instandhaltung und Betrieb der Anlagen ansetzen. Die Kosten für biogene Brennstoffe belaufen sich für den Anlagenbestand in den Jahren 2009 bis 2020 auf insgesamt etwa 4,5 Mrd. €.

Der Anteil derjenigen Anlagen, die in KWK betrieben werden, wurde bereits auf der Stromseite (vgl. Abschnitt C.2.4) in die Abschätzung der ausgelösten Investitionen einbezogen. Damit entfällt eine nochmalige Berücksichtigung auf der Wärmeseite.

### C.3.2 Solarthermie

Um das ambitionierte Ziel im Bereich der Solarthermie von 2,9 TWh im Jahr 2020 zu erreichen, ist ein Anlagenzubau auf hohem Niveau bis 2020 notwendig. Ausgehend von einer Ende 2008 installierten Bruttokollektorfläche von knapp 1,6 Mio. m<sup>2</sup> ist im Jahr 2020 eine installierte Kollektorfläche von rund 7,4 Mio. m<sup>2</sup> notwendig. Derzeit beträgt der auf die Kollektorfläche bezogene Anteil von Kombianlagen (Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung) rund zwei Drittel. Für das Szenario wird angenommen, dass dieser Anteil bis 2012 auf 70 % ansteigt und bis 2020 auf diesem Niveau verharret. Insgesamt ist bis 2020 ein Zubau von 5,2 Mio. m<sup>2</sup> Kollektorfläche notwendig, um das gesetzte Ziel zu erreichen. Bei einer durchschnittlichen Kollektorfläche von 9 m<sup>2</sup> pro Anlage kommt dies dem Zubau von fast 578.000 Anlagen bis 2020 gleich.

Ausgehend von einem Zubau von 0,35 Mio. m<sup>2</sup> im Jahr 2008 wird für 2009 ein Zubau von 0,45 Mio. m<sup>2</sup> angesetzt, der in den Jahren 2010 und 2011 auf 0,5 Mio. m<sup>2</sup> ansteigt. Für die Jahre 2012 bis 2014 wird ein Zubau von 0,45 Mio. m<sup>2</sup>, ab 2015 von jährlich 0,4 Mio. m<sup>2</sup> angesetzt.

Für die Abschätzung des Investitionsimpulses bis 2020 wird die Annahme getroffen, dass keine Änderungen bei den spezifischen Investitionen zu erwarten sind und diese demnach bis 2020 auf konstantem Niveau bleiben. Damit lassen sich für den Zeitraum 2009 bis 2020 Investitionen von insgesamt rund 4,1 Mrd. € abschätzen. Für die für Wartung, Instandhaltung und Betrieb anfallenden Kosten werden jährlich 1,5 % der Investitionskosten angesetzt. Damit ergeben sich Kosten für Wartung, Instandhaltung und Betrieb des gesamten Anlagenbestands von insgesamt 0,7 Mrd. € bis 2020.

### C.3.3 Geothermie und Umweltwärme

Im Bereich Geothermie, der auch die Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpen einschließt, wird im Rahmen des Energiekonzepts Baden-Württemberg für die Wärmeherzeugung in 2020 eine Zielgröße von 1,0 TWh anvisiert. Im Rahmen des vorliegenden Szenarios entfällt mit 0,9 TWh der Großteil der Wärmeherzeugung im Jahr 2020 auf die Nutzung von Umweltwärme, im Bereich der tiefen Geothermie wird für 2020 eine Wärmebereitstellung von 0,15 TWh erwartet. Dies entspricht für die tiefe Geothermie einem Zubau von acht Anlagen mit einer thermischen Leistung von jeweils 5 MW.

Für die Nutzung von Umweltwärme ist eine detaillierte Betrachtung notwendig. Die erdgekoppelten Anlagen (Sole-Wasser-Wärmepumpen und Grundwasser-Wärmepumpen) tragen derzeit bereits einen Anteil Erneuerbarer Energie zur Wärmebereitstellung bei. Dieser errechnet sich aus einer primärenergetischen Betrachtung, bei der von der gesamten bereitgestellten Wärme der primärenergetisch bewertete Antriebsstrom der Wärmepumpen abgezogen wird. Dagegen leisten Sys-

teme mit niedrigen Jahresarbeitszahlen wie Warmwasser-Wärmepumpen sowie Luft-Wasser-Wärmepumpen nach den derzeit vorherrschenden Jahresarbeitszahlen im Durchschnitt keinen erneuerbaren Beitrag, da die Jahresarbeitszahlen noch unter dem Primärenergiefaktor des Strommix liegen. Durch den steigenden Anteil Erneuerbarer Energien im Bereich der Strombereitstellung wird sich der Primärenergiefaktor des Stroms verringern, d.h. der Primärenergiebedarf pro Einheit Strom sinkt. Es wird davon ausgegangen, dass der Primärenergiefaktor des Stroms von 2,7 im Jahr 2009 auf etwa 2,25 im Jahr 2020 sinken wird. Gleichzeitig steigen die ansetzbaren Mittelwerte der Jahresarbeitszahlen für die einzelnen Systeme, da Neuanlagen im Durchschnitt effizienter arbeiten als Anlagen im Bestand. Dieser Erhöhung sind jedoch enge Grenzen gesetzt, so dass nur mit sehr geringen Steigerungen bei den Jahresarbeitszahlen gerechnet wird. In Folge der Absenkung des Primärenergiefaktors leisten im Rahmen dieses Szenarios Luft-Wasser-Wärmepumpen erstmals im Jahr 2011 einen Beitrag zur erneuerbaren Wärmebereitstellung. Gleichmaßen steigt der erneuerbare Wärmeanteil von Sole- und Grundwasser-Wasser-Wärmepumpen weiterhin an. Dagegen überschreiten die Jahresarbeitszahlen der Warmwasser-Wärmepumpen bis 2020 nicht den Primärenergiefaktor des Stroms und stellen damit keinen Anteil erneuerbarer Wärme bereit.

Ausgehend von den geschilderten Grundannahmen müssen in Baden-Württemberg bis 2020 rund 90.000 Wärmepumpen installiert werden, um den angestrebten Anteil erneuerbarer Wärme bereitzustellen. Basierend auf der derzeitigen Verteilung wird angesetzt, dass bis 2020 rund 61.000 Luft-Wasser-Wärmepumpen, 25.500 Sole-Wasser-Wärmepumpen sowie 3.000 Grundwasser-Wärmepumpen in Betrieb genommen werden. Darüber hinaus wird geschätzt, dass fast 22.000 Warmwasser-Wärmepumpen im Rahmen des vorliegenden Szenarios installiert werden, die wie oben dargelegt jedoch für die Zielerreichung irrelevant sind.

Für die Jahre 2009 bis 2020 lässt sich für die Anlagen zur thermischen Nutzung von Tiefengeothermie sowie von Umweltwärme ein Investitionsimpuls in Höhe von 1,6 Mrd. € abschätzen. Für Wartung, Instandhaltung und Betrieb werden insgesamt 690 Mio. € veranschlagt. Für die Nutzung von Umweltwärme fällt darüber hinaus der Antriebsstrom der Wärmepumpen an, der bis 2020 mit rund 1,4 Mrd. € abgeschätzt wird. Wie oben dargelegt trägt dieser derzeit nur zu einem geringen Teil zur Gewinnung erneuerbarer Wärme bei, weshalb er im Weiteren nicht berücksichtigt wird.

#### C.4 Zusammenfassung der Kosten für den Ausbau gemäß Energiekonzept 2020

In den vorangegangenen Abschnitten wurde ein möglicher Pfad bis 2020 vorgezeichnet, mit dem die für Baden-Württemberg anvisierten Ziele zur Strom- und Wärmebereitstellung aus Erneuerbaren Energien erreicht werden können. Die auf diesem Zielpfad generierten Umsätze durch Investitionen, Wartung, Instandhaltung und Betrieb belaufen sich gemäß der vorliegenden Schätzung auf insgesamt 22,0 Mrd. € für den Zeitraum 2009 bis 2020 (vgl. Tab. C-3).

**Tab. C-3:** Geschätzte Umsätze mit Erneuerbaren Energien im Zeitraum 2009 bis 2020 zur Zielerreichung in den Bereichen Strom und Wärme.

Mrd. €	Investitionen	Wartung, Instandhaltung, Betrieb	Summe	Brennstoffkosten <sup>a</sup>
Wasserkraft	0,6	0,9	1,4	-
Windenergie	0,5	0,4	0,9	-
Photovoltaik	5,0	2,0	7,0	-
Solarthermie	4,1	0,7	4,8	-
Biomasse	2,4	3,1	5,5	7,7
Geothermie	1,7	0,7	2,4	
<b>Summe</b>	<b>14,2</b>	<b>7,8</b>	<b>22,0</b>	<b>7,7</b>

<sup>a</sup> Einschließlich der Substratkosten für Biogasanlagen.

Um die gesetzten Ziele bis 2020 zu erreichen, bedarf es nicht nur der Investition in Neuanlagen, sondern auch des Betriebs dieser und der bereits in Betrieb befindlichen Anlagen. Der Anlagenbetrieb wurde anhand von Schätzungen zu den jährlichen Kosten für Wartung, Instandhaltung und Betrieb sowie Brennstoffe (einschließlich Substrate für Biogasanlagen) quantifiziert. Es zeigt sich, dass die Investitionen, die bis 2020 notwendig sind, weniger als die Hälfte der bis 2020 anfallenden Gesamtkosten ausmachen. Insbesondere bei den laufenden Kosten (Wartung, Instandhaltung sowie Betrieb) und bei der Bereitstellung von Biomasse ist ein hoher Anteil an regionaler Wertschöpfung zu verzeichnen.

## C.5 Entwicklung bis 2020: Zusätzliche Nachfrage durch 25% EE bei Stromerzeugung

Im novellierten EEG 2009 wurde das Ziel zur Strombereitstellung aus Erneuerbaren Energien gegenüber dem vorherigen nochmals angehoben. Auf Bundesebene besteht nun das Ziel, bis 2020 mindestens 30 % Strom aus Erneuerbaren Energien bereitzustellen. Vor diesem Hintergrund wurde das Stromziel aus dem „Energiekonzept Baden-Württemberg 2020“ einer Überprüfung unterzogen, um zu bewerten, ob der Beitrag Baden-Württembergs zur Erreichung des Bundesziels weiter erhöht werden kann. Darauf baut die folgende Abschätzung zu den damit verbundenen Kosten auf.

### C.5.1 Wasserkraft

Im Bereich der Wasserkraft kann lediglich mit einer geringen weiteren Steigerung der Stromerzeugung gerechnet werden, die sich aus der Modernisierung und dem Ausbau bestehender Anlagen erschließt. Gegenüber dem 20%-Ziel wird von einer weiteren Steigerung um 0,3 TWh in 2020 ausgegangen. Für das vorliegende Szenario wird angenommen, dass sich die Aktivitäten zum Ausbau und zur Reaktivierung bestehender Anlagen gleichmäßig auf die Jahre 2009 bis 2020 verteilen.

Die notwendigen Investitionen in den Jahren 2009 bis 2020 steigen auf 690 Mio. €, bei den Wartungs- und Betriebskosten ist mit Kosten von 880 Mio. € bis 2020 zu rechnen. Im Vergleich dazu

liegen die abgeschätzten Gesamtkosten für den Ausbau der Wasserkraft im Rahmen des 20%-Ziels bei 1,4 Mrd. €.

#### C.5.2 Windenergie

Für die Windenergie wird gegenüber dem 20%-Ziel, das für 2020 von 1,2 TWh Windstrom ausgeht, eine um 1,1 TWh erhöhte Strombereitstellung für möglich gehalten. Um diesen zusätzlichen Beitrag zu leisten, ist von 2009 bis 2020 der Zubau von etwas mehr als 1 GW an Windleistung notwendig. Mit den dann im Jahr 2020 installierten 1,5 GW Leistung lassen sich rund 2,3 TWh Strom bereitstellen. Die Grundlage zur Realisierung dieses erhöhten Ziels für Strom aus Windkraft ist eine Überprüfung der bislang ausgewiesenen Standorte und ggf. die Ausweisung neuer Standorte.

Zur Realisierung des erhöhten Zubaus sind zwischen 2009 und 2020 insgesamt 1,4 Mrd. € an Investitionen notwendig. Die Kosten für Wartung und Betrieb erhöhen sich in diesem Zeitraum auf 580 Mio. €. Die gesamten Kosten für den Ausbau der Windkraft im Rahmen des 25%-Ziels betragen somit gut das Doppelte der Ausbaukosten innerhalb des 20%-Ziels.

#### C.5.3 Photovoltaik

Ausgehend von den Potenzialen zur Stromerzeugung aus Photovoltaik sind im Vergleich zur Entwicklung der Photovoltaik im Rahmen des 20%-Ziels noch weitere Steigerungen möglich. Gegenüber dem Ziel von 2,7 TWh Strom aus Photovoltaik werden für das 25%-Ziel weitere 1,1 TWh angesetzt.

Für die Erstellung des Szenarios wird angenommen, dass sich der mittlere Stromertrag von 950 kWh/kW<sub>p</sub> für den jeweiligen Bestand schrittweise auf 1.000 kWh/kW<sub>p</sub> in 2020 erhöht. Wie in Abschnitt C.2.3 liegt die Annahme zugrunde, dass weitere Wirkungsgradsteigerungen verwirklicht werden können. Im Gegensatz zu den dortigen Annahmen wird für das Szenario im Rahmen des 25%-Ziels angenommen, dass sich der ertragssteigernde Effekt stärker auswirkt, als der Einfluss des zunehmenden Anteils von Dünnschichtmodulen. Zur Kompensation der voraussichtlichen Zielverfehlung im Bereich der geothermischen Stromerzeugung (vgl. Abschnitt C.2.5) wird eine leichte Übererfüllung für die Photovoltaik angesetzt (3,95 TWh in 2020 anstatt 3,8 TWh). Um im Jahr 2020 diese Strommenge aus Photovoltaik bereitstellen zu können, müssen ausgehend von einem Bestand von 1,25 GW<sub>p</sub> Ende 2008 bis 2020 rund 2,7 GW<sub>p</sub> Photovoltaikleistung zugebaut werden.

Damit verbunden sind Investitionen in Höhe von schätzungsweise 6,7 Mrd. € im Zeitraum 2009 bis 2020. An Wartungs- und Betriebskosten fallen in diesem Zeitraum etwa 2,3 Mrd. € an. Die Gesamtkosten des Ausbaus belaufen sich damit auf eine Größenordnung von 9,0 Mrd. €. Dem stehen Gesamtkosten von 7,0 Mrd. € für den Ausbaupfad der Photovoltaik im Rahmen des 20%-Ziels gegenüber.

#### C.5.4 Biomasse

Die einheimischen Potenziale zur Strombereitstellung aus Biomasse sind mit der im Rahmen des 20%-Ziels anvisierten Zielgröße weitgehend ausgeschöpft. Eine weitere Steigerung der Strombereitstellung aus Biomasse in Baden-Württemberg wird sich nur über den Import von Biomasse dar-

stellen lassen. Hierbei ist über entsprechende Zertifizierungen sicherzustellen, dass die Biomasse nachhaltig bereitgestellt wird.

Für die Definition des Ausbaupfads zur Stromerzeugung aus Biomasse wird angesetzt, dass diese in den Bereichen Biogas, Holzheizkraftwerken sowie Pflanzenöl-BHKWs stattfindet. Eine weitere Steigerung der Strombereitstellung aus Klär- und Deponiegas sowie aus dem biogenen Anteil des Abfalls erscheint nicht möglich. Im Rahmen des 25%-Ziels wird angenommen, dass sich die zusätzlich bereit zu stellenden 1,1 TWh zu einem Fünftel auf Pflanzenöl-BHKWs sowie jeweils zwei Fünfteln auf Biogasanlagen und Holzheizkraftwerke verteilen.

Bis 2020 ist somit ein Zubau von insgesamt 265 MW<sub>el</sub> bei Biogasanlagen, 150 MW<sub>el</sub> bei Holzheizkraftwerken sowie 77 MW<sub>el</sub> bei den Anlagen zur Stromerzeugung aus flüssiger Biomasse notwendig. Für Deponie- und Klärgas sowie für den biogenen Anteil des Abfalls gelten dieselben Annahmen wie sie für den Ausbaupfad im Rahmen des 20%-Ziels definiert sind (vgl. Abschnitt C.2.4).

Daraus resultiert für den Zeitraum 2009 bis 2020 ein Investitionsimpuls in Höhe von 1,3 Mrd. €. Die laufenden Kosten für Wartung und Betrieb erhöhen sich auf 2,2 Mrd. €. Die gesamten Kosten für Brennstoffe (einschließlich der Substrate für Biogasanlagen und des biogenen Anteil des Abfalls) belaufen sich von 2009 bis 2020 auf eine Summe von 3,7 Mrd. €. Die gesamten Kosten für den zusätzlichen Ausbau der Stromerzeugung aus Biomasse gegenüber dem 20%-Ziel belaufen sich somit auf zusätzliche 1,2 Mrd. €.

#### C.5.5 Geothermie

Eine weitere Erhöhung des Ziels zur Strombereitstellung aus tiefer Geothermie erscheint vor der derzeitigen Genehmigungslage als nicht realistisch. Im Rahmen der Erstellung der Ausbaupfade für das 20%-Ziel wurde bereits von einer Zielverfehlung ausgegangen (vgl. Abschnitt C.2.5). Der Geothermie wird damit im Rahmen des 25%-Ziels keine zusätzliche Stromerzeugung zugerechnet.

#### C.5.6 Zusammenfassung der Kosten für den Ausbau zur Erreichung des 25%-Ziels im Strombereich

Die zusätzlichen Beiträge zur Strombereitstellung, die notwendig sind, um das 25%-Ziel im Strombereich zu erreichen, konzentrieren sich auf die Bereiche Photovoltaik, Windkraft sowie Biomasse. Einen geringen Anteil steuert außerdem die Wasserkraft zum erhöhten Landesziel bei.

Im Vergleich zum 20%-Ziel im Strombereich ergeben sich erhöhte Kosten für Investitionen, Wartung, Instandhaltung und Betrieb von 26,2 Mrd. € im Zeitraum 2009 bis 2020 für den gesamten Strom- und Wärmebereich (vgl. Tab. C-4). Die Gesamtkosten liegen damit um rund 4,0 Mrd. € über den Kosten, die sich für den Ausbau der gesamten Erneuerbaren Energien ergeben, wenn im Strombereich ein Anteil von lediglich 20% angestrebt wird.

**Tab. C-4:** Geschätzte Umsätze mit Erneuerbaren Energien im Zeitraum 2009 bis 2020 zur Zielerreichung in den Bereichen Strom und Wärme für das erweiterte 25%-Ziel im Strombereich.

<b>Mrd. €</b>	<b>Investitionen</b>	<b>Wartung, Instandhaltung, Betrieb</b>	<b>Summe</b>	<b>Brennstoffkosten<sup>a</sup></b>
Wasserkraft	0,7	0,9	1,6	-
Windenergie	1,4	0,6	2,0	-
Photovoltaik	6,7	2,3	9,0	-
Solarthermie	4,1	0,7	4,8	-
Biomasse	2,8	3,4	6,2	8,2
Geothermie	1,7	0,7	2,4	
<b>Summe</b>	<b>17,4</b>	<b>8,6</b>	<b>26,0</b>	<b>8,2</b>

<sup>a</sup> Einschließlich der Substratkosten für Biogasanlagen.

Werden nur die Kosten für den Stromsektor betrachtet, belaufen sich diese im Zeitraum 2009 bis 2020 zur Erfüllung des 20%-Ziels auf insgesamt 12,2 Mrd. €. Für die Erfüllung eines erhöhten Beitrags Erneuerbarer Energien von 25% betragen die Kosten für den Ausbau etwa 16,2 Mrd. € und damit 33 % mehr als die Ausbauposten im Rahmen des 20%-Ziels.



## **D Ermittlung der Beschäftigung durch öffentliche und gemeinnützige Mittel**

Nachfolgend wird analysiert, welche Beschäftigungseffekte sich durch öffentliche und gemeinnützige Mittel im Bereich der Erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg ergeben. Dabei dient die Studie „Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006 - Abschlussbericht des Vorhabens „Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up“ als Grundlage der Überlegungen.

Für die Berechnung der Arbeitsplatzeffekte werden in der Studie die Finanzmittel des Bundes, der (Bundes-) Länder, der EU und von Stiftungen aufsummiert und ins Verhältnis zu den Kosten eines Arbeitsplatzes gesetzt. Die Summenwerte der verschiedenen Institutionen wurden mittels Befragungen und Recherchen ermittelt. Die Zahlungen von öffentlichen und gemeinnützigen Finanzmitteln werden hauptsächlich in zwei Bereiche aufgeteilt: „Forschung und Entwicklung“ sowie „Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaftsförderung“. Für die Abschätzung der direkten und indirekten Beschäftigung wurde auf die Kostenstruktur der Sektoren Forschungs- und Entwicklungsleistungen (CPA-Abteilung 73) für den Bereich „Forschung und Entwicklung“ und Unternehmensbezogene Dienstleistungen (CPA-Abteilung 74) für den Bereich „Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaftsförderung“ der Input-Output-Tabellen zurückgegriffen.

Eine Analyse der Daten ergab, dass der Bund im Jahr 2006 155,48 Mio. € an öffentlichen und gemeinnützigen Mitteln im Bereich der Erneuerbaren Energien zur Verfügung gestellt hat. Davon entfielen 128,94 Mio. € auf den Sektor Forschung und Entwicklung, auf Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaftsförderung 26,54 Mio. €. Die bereitgestellten Mittel der Bundesländer im Jahr 2006 betragen 59,12 Mio. €, woran das Land Baden-Württemberg einen Anteil von 6,62 Mio. € hatte. Auf Bundesländerebene wurde eine Verteilung zwischen Forschung und Entwicklung sowie Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaftsförderung von 95 % zu 5 % angenommen. Die EU stellte Finanzmittel von 20,85 Mio. € zur Verfügung, die allesamt in den Bereich Forschung und Entwicklung flossen. Deutsche Stiftungen stellten im Jahr 2006 öffentliche und gemeinnützige Mittel in Höhe von 7,935 Mio. € zur Verfügung, welche sich jeweils zur Hälfte auf die zwei genannten Bereiche aufgeteilt haben. Forschungsmittel auf regionaler und lokaler Ebene sowie von internationalen Organisationen wurden nicht berücksichtigt. Eine weitere Prämisse für die Analyse der Beschäftigungseffekte ist, dass in das Ausland abfließende Mittel den Mitteln, die aus dem Ausland nach Deutschland fließen entsprechen.

Die zugrunde liegende Studie nimmt an, dass ca. 61.200 € einen Arbeitsplatz im Bereich Forschung und Entwicklung finanzieren und 52.500 € einen Arbeitsplatz im Bereich Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaftsförderung. Die Berechnungen ergaben einen Beschäftigungseffekt im Bereich Er-

neuerbarer Energien, der durch öffentliche und gemeinnützige Mittel geschaffen wurde, in Höhe von 4.029 Arbeitsplätzen im Jahr 2006.

Im Folgenden wird nun analysiert, wie sich der bundesweite Beschäftigungseffekt aus öffentlichen und gemeinnützigen Mitteln auf das Land Baden-Württemberg herunter brechen lässt. Dafür muss zunächst die Höhe der Finanzmittel ermittelt werden, die die Institutionen in Baden-Württemberg erhalten. Das Land Baden-Württemberg selbst stellte im Jahr 2006 insgesamt 6,62 Mio. € an Mitteln zur Verfügung. Für die anderen Bereiche wird angenommen, dass Baden-Württemberg 20% der bereitgestellten Mittel abschöpfen kann<sup>20</sup>.

Die folgende Tabelle zeigt, wie sich die Mittel aus den verschiedenen Bereichen zusammensetzen und auf „Forschung und Entwicklung“ sowie „Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaftsförderung“ aufgeteilt werden können.

**Tab. D-1:** Überblick über in Baden-Württemberg wirksame öffentliche und gemeinnützige Mittel (Jahr 2006).

Finanzmittel	Summe in Mio. €	Sektor
<b>Bund</b>	25,810	Forschung und Entwicklung
	5,286	Öff.arbeit/Wirt.förderung
	<b>31,096</b>	
<b>Land</b>	6,289	Forschung und Entwicklung
	0,331	Öff.arbeit/Wirt.förderung
	<b>6,620</b>	
<b>EU</b>	4,170	Forschung und Entwicklung
<b>Stiftungen</b>	0,794	Forschung und Entwicklung
	0,794	Öff.arbeit/Wirt.förderung
	<b>1,587</b>	
<b>gesamt</b>	<b>43,473</b>	

Unter Berücksichtigung der spezifischen sektoralen Arbeitsplatzkosten wurde die Zahl der Beschäftigten in Baden-Württemberg im Bereich der Erneuerbaren Energien ermittelt, die sich durch die Bereitstellung von öffentlichen und gemeinnützigen Mitteln ergeben. Im Bereich Forschung und Entwicklung konnte für das Jahr 2006 eine Beschäftigtenzahl in Höhe von 606 abgeschätzt werden. Im Bereich Öffentlichkeitsarbeit/Wirtschaftsförderung wurde ein Arbeitplatzeffekt von 122 Beschäftigten erzielt. Durch öffentliche und gemeinnützige Mittel wurden im Land Baden-Württemberg also 728 Arbeitsplätze im Bereich Erneuerbarer Energien geschaffen.

In diesen Zahlen sind allerdings noch nicht die direkten und indirekten Landesbeschäftigten (Ministerien) enthalten, die im Bereich der Erneuerbaren Energien tätig sind. In genannter Studie wurde

<sup>20</sup> Diese Zahl ergibt sich aus dem Verhältnis von baden-württembergischen Instituten, Universitäten und Fachhochschulen zu den bundesweit existierenden Einrichtungen (24 von 118).

versucht, diese Zahl mittels Befragungen zu ermitteln. Daraus ergab sich ein Arbeitsplatzeffekt von 11 Beschäftigten in den Landesministerien. Für die indirekten Beschäftigten werden hier nun 3 Arbeitsplätze angenommen.

Insgesamt konnten demnach 742 Arbeitsplätze durch öffentliche und gemeinnützige Mittel in Baden-Württemberg geschaffen werden (Stand 2006).