Studie im Auftrag des

Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt

Ulrike Lehr (GWS)
Christian Lutz (GWS)
Dietmar Edler (DIW)
Marlene O'Sullivan (DLR)
Kristina Nienhaus (DLR)
Joachim Nitsch (DLR)
Barbara Breitschopf (FhG-ISI)
Peter Bickel (ZSW)
Marion Ottmüller (ZSW)

Osnabrück, Berlin, Karlsruhe, Stuttgart im Februar 2011

© GWS mbH 2011

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS ..... **II**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS ..... **VI**

TABELLENVERZEICHNIS ..... **XI**

EINLEITUNG **1**

1.1 ZWEI ZENTRALE AUSSAGEN 2
1.2 METHODISCHE ERGEBNISSE 2
1.3 ERGEBNISSE KURZFRISTIGER ANALYSEN 3
1.4 ERGEBNISSE LANGFRISTIGER ANALYSEN 4

1.4.1 Rahmenannahmen 4

1.4.2 Ergebnisse 4

1.4.3 Empfehlungen 5

2 BRUTTOBESCHÄFTIGUNG – GESTERN UND HEUTE **8**

2.1 INFORMATIONEN AUS ERSTER HAND – DIE UNTERNEHMENSBEFRAGUNG 8
2.2 DURCHFÜHRUNG DER UNTERNEHMENSBEFRAGUNG 8

2.2.1 Unternehmensabgrenzung – Ausgestaltung des Fragebogens und Datenaufbereitung 9

2.2.2 Marktabdeckung 11

2.2.3 Ergebnisse zu ökonomischen Kenngrößen 12

2.2.3.1 Außenhandelssituation im Bereich erneuerbarer Energien 2007 12
2.2.3.2 Importe 2007 13
2.2.3.3 Export produzierender Unternehmen 2007 14
2.2.3.4 Außenhandel von Dienstleistungsunternehmen 16
2.2.3.5 Maximaler Export aus Unternehmenssicht 18

2.2.4 Struktur der Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien 19

2.2.4.1 Ausbildung 19
2.2.4.1.1 Windenergie 20
2.2.4.1.2 PV 21
2.2.4.1.3 Solarthermie 21
2.2.4.1.4 Biomasse (fest, flüssig, gasförmig) 21
2.2.4.1.5 Sonstige Bereiche 22
2.2.4.2 Weibliche Erwerbstätige 22
2.2.4.3 Fachkräfte 23
2.2.4.4 Zeitarbeiter 24
2.3 ERMITTLUNG DER BRUTTOBESCHÄFTIGUNG 2007, 2008, 2009 26

© GWS mbH 2011

2.3.1 Methodische Grundlagen zur Abbildung eines neuen Sektors im Analyserahmen der Input-Output-Rechnung ... 27

2.3.2 Input-Output Vektor für die Abbildung der Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien (nach Technologien) ... 29

2.3.2.1 Aufbereitung der Unternehmensbefragung ... 30
2.3.2.2 Technisch-ökonomische Informationen ... 33
2.3.2.3 Ergänzende Informationen aus der amtlichen Input-Output-Rechnung ... 34
2.3.2.4 Schätzergebnis für den I-O Vektor für die Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien für das Jahr 2007 ... 35

2.3.3 Abbildung des Bereichs Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ... 41

2.3.3.1 Bereitstellung von Biomasse ... 48
2.3.3.1.1 Feste Biomasse ... 48
2.3.3.1.2 Energiepflanzen ... 62
2.3.3.1.3 Überblick zur Bruttobeschäftigung durch die Bereitstellung von Biomasse in Deutschland ... 76
2.3.3.2 Bereitstellung von Biokraftstoffen ... 78
2.3.3.2.1 Biokraftstoffverbrauch und –produktion in Deutschland von 2007 bis 2009 ... 78
2.3.3.2.2 Mengengerüst ... 79
2.3.3.2.3 Umsätze ... 81
2.3.3.2.4 Resultierende Arbeitsplatzwirkungen ... 82

2.3.4 Ergebnisse 2007, 2008, 2009 ... 83

2.3.4.1 Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland ... 83
2.3.4.2 Umsatz mit Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland ... 86
2.3.4.3 Die Sparten im Einzelnen ... 88
2.3.4.4 Betriebs- und Wartungskosten ... 92
2.3.4.5 Öffentlich und gemeinnützig bereitgestellte Mittel ... 93
2.3.4.6 Bruttobeschäftigung 2007, 2008 und 2009 ... 95
2.3.4.7 Erste Schätzungen und endgültige Werte ... 104

2.3.5 Beschäftigung durch den Ausbau von Produktionskapazitäten ... 108

3 NATIONALE UND INTERNATIONALE SZENARIEN ZUM AUSBAU EE UND ZUR ENTWICKLUNG VON EXPORTMÄRKTEN ... 113

3.1 DAS NATIONALE LEITSZENARIO 2009 ... 113
3.2 ANNAHMEN ZUM AUSBAU EE – LEITSZENARIO 2009 UND AUSBLICK AUF VARIANTEN ... 120
3.3 INVESTITIONEN IN ANLAGEN ZUR NUTZUNG EE (LEITSZENARIO 2009) ... 125

3.3.1 Investitionsvolumen für den Stromsektor ... 125

3.3.2 Investitionsvolumen für den Wärmesektor ... 126

3.4 AUFWENDUNGEN FÜR DEN AUSBAU EE (LEITSZENARIO 2009) ... 127

© GWS mbH 2011

3.4.1 Gesamtkosten der erneuerbaren Energien und Energiepreispfade 127

3.4.2 Differenzkosten des EE-Ausbaus (Leitszenario 2009) 130

3.5 INVESTITIONEN UND KOSTEN - -VARIANTE PV2 132
3.6 AUFWENDUNGEN FÜR DIE FOSSILE ENERGIEVERSORGUNG IN DEUTSCHLAND 134

3.6.1 Wirkungen des EE-Ausbaus seit 1995 („EE-Null“ – Szenario) 134

3.6.2 Investitionen in die fossile Energieversorgung 136

3.7 ENTWICKLUNG DES WELTMARKTS FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN UND SEINE REGIONALE DIFFERENZIERUNG 139

3.7.1 Ausgewählte aktuelle globale Klimaschutzszenarien 139

3.7.2 Energetische Eckdaten des Energy [R]evolution-Szenarios 147

3.7.3 Installierte EE-Leistungen und globales EE-Marktwachstum 156

3.7.4 Investitionsvolumina des globalen Markts für erneuerbare Wärme- und Stromerzeugung.... 159

3.7.5 Regionale Struktur des Weltmarkts für erneuerbare Energien 161

4 CHANCEN DEUTSCHER EE-UNTERNEHMEN – VOM WELTMARKT ZUM WELTHANDEL 166

4.1 EINLEITUNG 166
4.2 BESTEHENDE ANSÄTZE ZUR SCHÄTZUNG VON EXPORTEN VON ANLAGEN ZUR NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN 167
4.3 WELTMARKT – WELTHANDEL – EXPORT – EIN NEUER ANSATZ 169

4.3.1 Kalibrierung des Schätzansatzes für das Jahr 2007 170

4.3.1.1 Abschätzung des Weltmarkts für EE-Technologien 170
4.3.1.2 Welthandel 172
4.3.1.3 Welthandelsanteile Deutschlands 180

4.3.2 Ergebnisse für 2007 183

4.4 ABSCHÄTZUNGEN ZUKÜNFTIGER ENTWICKLUNGEN AUF DEN EXPORTMÄRKTEN FÜR EE-TECHNOLOGIEN 186

4.4.1 Eine Ober- und eine Untergrenze zukünftiger Exporte 187

4.4.2 Zukunftsentwicklungen der deutschen EE-Exporte 189

5 LANGFRISTIGE ENTWICKLUNG DER BESCHÄFTIGUNG DURCH DEN AUSBAU ERNEUERBARER ENERGIEN 193

5.1 FRÜHERE ERGEBNISSE 193
5.2 BRUTTO- UND NETTOBETRACHTUNG - METHODISCHE ÜBERLEGUNGEN 194
5.3 SZENARIENVERGLEICH 196

© GWS mbH 2011

5.4 BRUTTOENTWICKLUNG BIS 2030 198
5.5 ANALYSE DER NETTOEFFEKTE 200
5.5.1 Nettobeschäftigung im Überblick 202
5.5.2 Weitere gesamtwirtschaftliche Effekte 206
5.5.3 Sektorale Effekte 208
5.5.4 Sensitivitätsrechnung: Höherer Pfad für den Ausbau der Photovoltaik 210
5.5.5 Exkurs: Nettoeffekte für die Jahre 2009 und 2010 214
5.6 EINORDNUNG UND BEWERTUNG 214
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK 216
7 LITERATURVERZEICHNIS 218

© GWS mbH 2011

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1: Schematische Abbildung eines neuen Produktionsbereichs im Kontext einer Input-Output-Tabelle. 28
Abbildung 2-2: Abbildung des neuen Bereichs „Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien“ im Kontext der Input-Output-Rechnung. 30
Abbildung 2-3: Inländische Vorleistungen zur Herstellung von Anlagen für Wind onshore und Photovoltaik. 37
Abbildung 2-4: Inländische Vorleistungen zur Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien. 40
Abbildung 2-5: Vergleich des IO-Vektors „Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien“. 43
Abbildung 2-6: Kostenstruktur für den Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien: Photovoltaik und große Biomasseanlagen. 46
Abbildung 2-7: Kostenstruktur für den Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien insgesamt. 47
Abbildung 2-8: Pelletproduktion und Inlandbedarf in Deutschland [DEPV10a]. 49
Abbildung 2-9: Deutscher Außenhandel mit Holzpellets 2009 [DESTATIS10]. 50
Abbildung 2-10: Jahresdurchschnittspreis Holzpellets in Deutschland [Carmen e.V.10; DEPV10b]. 51
Abbildung 2-11: Produktionsketten für Pellets. 53
Abbildung 2-12: Aufteilung der spezifischen Kosten der Pelletproduktion unter Verwendung von Sägespänen als Rohmaterial inklusive des Vertriebs [Obernberger09; eigene Berechnung]. 54
Abbildung 2-13: Holzbrikettproduktion, Inlandsbedarf und Umsatz der Produktion in Deutschland [eigene Schätzung; AGEE-Stat]. 55
Abbildung 2-14: Angenommene Aufteilung der spezifischen Kosten der Holzbrikettproduktion unter Verwendung von Hobelspänen als Rohmaterial inklusive des Vertriebs [Obernberger09; eigene Berechnung]. 56
Abbildung 2-15: Produktionsketten für Scheitholz. 57
Abbildung 2-16: Scheitholzpreise Deutschland, Hartholz [TFZ10]. 58
Abbildung 2-17: Produktionsketten für Hackschnitzel. 59
Abbildung 2-18: Jahresdurchschnittspreise Hackschnitzel Deutschland [CARMEN10]. 60
Abbildung 2-19: Langfristige Entwicklung der Brennstoffpreise (inkl. Anlieferung und MwSt.) [TFZ10a]. 64
Abbildung 2-20: Ertragsentwicklung der wichtigsten Energiepflanzen in Deutschland [BMELV06; 09]. 66
Abbildung 2-21: Entwicklung der Selbstversorgungsgrade bei Bioenergie-relevanten Agrarprodukten [Quelle: BMELV 2009; BMVEL 2003]. 67
Abbildung 2-22: Produktionsketten für Pflanzenöl. 70
Abbildung 2-23: Produktionsketten für Biogas aus Energiepflanzen. 73

© GWS mbH 2011

Abbildung 2-24: Abschätzung von Anbauflächen verschiedener Biogassubstrate nach DBFZ und FNR [IE08; DBFZ09; 10a; FNR07;09]. 74
Abbildung 2-25: Anteil verschiedener Kulturen an der Substratbereitstellung für Biogasanlagen [DBFZ10a]. 75
Abbildung 2-26: Entwicklung von Verbrauch und Produktion von Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol in Deutschland. 78
Abbildung 2-27: Herkunft von Vor- und Endprodukten des in Deutschland verbrauchten Biodiesels. 80
Abbildung 2-28: Rohstoffstruktur des in Deutschland verbrauchten Bioethanols (eigene Berechnungen auf Basis von AGEE-Stat, UBA (2009), BMU (2009, 2010)). 81
Abbildung 2-29: Inländische Nachfrage und Vorleistungsimporte (ohne Endprodukte) durch die Bereitstellung von Biokraftstoffen nach Wirtschaftssektoren. 82
Abbildung 2-30: Entwicklung der Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbare Energien in Deutschland 2004 bis 2009. 84
Abbildung 2-31: Entwicklung der Beschäftigung in der Branche der Erneuerbaren Energien sowie der durch EEG induzierten Beschäftigung von 2004 bis 2009. 101
Abbildung 2-32: Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbare Energien in Deutschland 2007 bis 2009 (AGEE-Stat, Stand 7/2010). 105
Abbildung 2-33: Umsatz in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien inklusive der Exporte in Deutschland ansässiger Komponentenhersteller 2007 bis 2009. 106
Abbildung 2-34: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland. 108
Abbildung 3-1: Entwicklung und Struktur des Primärenergieverbrauchs im Leitszenario 2009 (Wirkungsgradmethode). 118
Abbildung 3-2: Vermiedene CO_2-Emissionen ab 2008 im Leitszenario 2009 nach Nutzungsbereichen sowie vermiedene CO_2-Emissionen zwischen 1990 und 2007. 118
Abbildung 3-3: Entwicklung der CO_2-Emissionen im Leitszenario 2009 im Vergleich zum Leitszenario 2008 und der dortigen Szenariovariante E3 120
Abbildung 3-4: Endenergiebeitrag EE im Leitszenario 2009 nach Energiequellen bis zum Jahr 2050. 121
Abbildung 3-5: Entwicklung der Stromerzeugung aus EE bis 2030 im Leitszenario 2009 und Vergleich mit dem Leitszenario 2008 und den Szenarien EE und KV des Energiegipfels [BMWi 2007]. 121
Abbildung 3-6: Jährliches Investitionsvolumen im Leitszenario 2009 für den Stromsektor nach Einzeltechnologien. 125
Abbildung 3-7: Jährliches Investitionsvolumen im Leitszenario 2009 für den Wärmesektor nach Einzeltechnologien. 127
Abbildung 3-8: Gesamte Jahreskosten des EE-Ausbaus im Leitszenario 2009 nach Kostenarten (reale Kosten, Geldwert 2005). 128

© GWS mbH 2011

Abbildung 3-9: Ölpreisentwicklung 1970 – 2009 (Jahresmittelwert, nominal und Geldwert 2005), sowie die Preispfade der Leitszenarien [BMU 2008] im Vergleich mit den Angaben der IEA [IEA 2008,2009]. 129
Abbildung 3-10: Differenzkosten des Ausbaus EE in allen Sektoren im Leitszenario 2009 bei Preissteigerungen fossiler Energie entsprechend Preispfad A. 131
Abbildung 3-11: Differenzkosten des Ausbaus EE in allen Sektoren im Leitszenario 2009 bei Preissteigerungen entsprechend dem Preispfad B. 132
Abbildung 3-12: Jährliches Investitionsvolumen in der Variante PV2 des Leitszenario 2009 für den Strom- und Wärmesektor nach Einzeltechnologien. 133
Abbildung 3-13: Differenzkosten des Ausbaus EE im Stromsektor in der Variante PV2 des Leitszenarios 2009 bei Preissteigerungen entsprechend dem Preispfad B. 134
Abbildung 3-14: Durch den EE-Ausbau ab 1995 vermiedene fossile Energieimporte und ihr monetärer Wert bei Energiepreissteigerungen entsprechend Preispfad A. 136
Abbildung 3-15: Investitionen in fossile Kraftwerke und Heizanlagen im Leitszenario 2009 und Vergleich mit den Investitionen in die entsprechenden EE-Anlagen. 137
Abbildung 3-16: Mehrinvestitionen in fossile Energieanlagen im EE-Null-Szenario gegenüber dem Leitszenario 2009. 139
Abbildung 3-17: Primärenergieverbrauch in den betrachteten Szenarien. 141
Abbildung 3-18: CO_2-Emissionen der betrachteten Szenarien nach Sektoren. 142
Abbildung 3-19: Stromerzeugung in den betrachteten Szenarien. 143
Abbildung 3-20: Netto-Kapazitätszubau EE zur Stromerzeugung in den betrachteten Szenarien. 144
Abbildung 3-21: Netto-Kapazitätszubau EE zur Stromerzeugung im WEO 450 Szenario 2008 bis 2030 nach Regionen. 145
Abbildung 3-22: Preise für ein Barrel Rohöl in den betrachteten Szenarien (hier $\$_{2008}$). 147
Abbildung 3-23: Bevölkerungsentwicklung im E[R]-Szenario. 148
Abbildung 3-24: Wachstumsraten des Bruttoinlandsproduktes im E[R]-Szenario. 149
Abbildung 3-25: Primärenergieverbrauch im E[R]-Szenario. 150
Abbildung 3-26: Beitrag EE zum Primärenergiebedarf im E[R]-Szenario. 151
Abbildung 3-27: Beitrag EE zur Stromerzeugung im E[R]-Szenario. 152
Abbildung 3-28: Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung im E[R]-Szenario. 153
Abbildung 3-29: Wärmeerzeugung im E[R]-Szenario. 154
Abbildung 3-30: Entwicklung der Energieträger im Verkehrssektor im E[R]-Szenario. 155
Abbildung 3-31: Entwicklung der CO_2-Emissionen im E[R]-Szenario. 155
Abbildung 3-32: Erforderliches Wachstum der EE-Technologien zur Stromerzeugung (links) und Wärmeerzeugung (rechts) im Szenario „Energy (R)Evolution. 157
Abbildung 3-33: Jährliche Leistungsinstallation EE zur Stromerzeugung im E[R]-Szenario. 158
Abbildung 3-34: Jährliche Investitionsvolumina im Stromsektor nach EE-Technologien und für die verbleibende fossile Stromversorgung. 160

© GWS mbH 2011

Abbildung 3-35: Jährliche Investitionsvolumina im Wärmesektor nach EE-Technologien und für die verbleibende fossile Wärmeversorgung. 160
Abbildung 3-36: Regionale Struktur der globalen Märkte für Wind, Photovoltaik und Solarkollektoren (2008) und des EE-Gesamtumsatzes (2007); Quellen: [REN 2009; Sarasin 2009; eigene Berechnungen], Übr. EUR = OECD Europa ohne D; NAM = OECD Nordamerika..... 162
Abbildung 3-37: Globale Investitionen in EE-Technologien zur Strom- und Wärmeerzeugung nach Ländergruppen..... 164
Abbildung 4-1: Berechnungsschema für die Ermittlung der Exporte globaler EE-Komponenten, zuletzt in EMPLOY-RES. 169
Abbildung 4-2: Systematik zur Abschätzung deutscher Exporte von EE-Technologien.... 170
Abbildung 4-3: Weltweite Investitionen in erneuerbare Energien 2007 (Mrd. Euro), Quelle: Energy [r]evolution (eigene Berechnungen)..... 172
Abbildung 4-4: Export Propensity in Prozent für ausgewählte OECD Länder und Russland 1999 bis 2008, nach OECD Datenbank, eigene Berechnungen..... 173
Abbildung 4-5: Trade to GDP Ratio in Prozent für ausgewählte OECD Länder und Russland 1999 bis 2008, nach OECD Datenbank, eigene Berechnungen..... 174
Abbildung 4-6: Import Penetration in Prozent für ausgewählte OECD Länder und Russland 1999 bis 2008, nach OECD Datenbank, eigene Berechnungen..... 174
Abbildung 4-7: Anteile der gehandelten Investitionsgüter (Maschinenbau) an den inländischen Investitionen (in vH) (eigene Modellergebnisse). 175
Abbildung 4-8: Anteil der gehandelten Investitionsgüter an den getätigten Investitionen nach Weltregionen und Sparten (2007) in %, eigene Schätzungen. 179
Abbildung 4-9: Anteil der deutschen EE-Investitionsgüter am Welthandel nach Zielregionen und Sparten (2007) in %, eigene Schätzungen. 182
Abbildung 4-10: Deutsche Exporte, Investitionen in Mrd. € und Anteile am Weltmarkt nach Sparten 2007, eigene Schätzungen. 183
Abbildung 4-11: Deutsche Exporte von EE-Investitionsgütern nach Regionen im Jahr 2007 in Mrd. €, eigene Schätzungen..... 184
Abbildung 4-12: Exporte deutscher Hersteller nach Sparten und Regionen in Mrd. € 2007, eigene Schätzungen..... 185
Abbildung 4-13: Anteile des deutschen Maschinenbaus an den Importen nach Ländern 2003 und 2007, (eigene Modellergebnisse). 188
Abbildung 4-14: Exportvolumina Deutschlands an der Ober- und Untergrenze in Mrd. $Euro_{2005}$ (eigene Modellergebnisse)..... 189
Abbildung 4-15: Exporte von EE-Anlagen nach Regionen in 2020, in Mrd. $€_{2005,}$ (eigene Modellergebnisse)..... 191
Abbildung 4-16: EE-Technologieexporte im Zeitablauf, in Mrd. $€_{2005}$ (eigene Modellergebnisse)..... 192
Abbildung 5-1: Systematische Darstellung der Bruttobeschäftigung. 194
Abbildung 5-2: Analyse positiver und negativer Beiträge zur Nettobeschäftigung (nach Staiß 2006)..... 195

© GWS mbH 2011

Abbildung 5-3: Absolute Abweichungen der Investitionen in Energietechnologien vom Null-Szenario in Mrd. €, Berechnungen des DLR. 197
Abbildung 5-4: Beschäftigte (in 1.000) unter verschiedenen heimischen Investitionspfaden und Exportszenarien beim niedrigeren Preispfad. 198
Abbildung 5-5: Bruttobeschäftigung bis 2030. 200
Abbildung 5-6: Vereinfachte Darstellung der Wirkungszusammenhänge in PANTA RHEI. 201
Abbildung 5-7: Beschäftigung in 1.000, Abweichung zum Null-Szenario beim Preispfad A. 204
Abbildung 5-8: Beschäftigung in 1.000, Abweichungen zum Null-Szenario beim Preispfad B. 205
Abbildung 5-9: Vergleich der Differenzkosten aus Leitszenario 2009 und der PV2 Sensitivität (in 1.000 $€_{2005}$). 210

© GWS mbH 2011

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Die wichtigsten Größen im Überblick für deutlichen Preisanstieg (Preispfad A). ... 6
Tabelle 1-2: Die wichtigsten Größen im Überblick für mäßigen Preisanstieg (Preispfad B). ... 7
Tabelle 2-1: Marktabdeckung der Befragung 2007. ... 11
Tabelle 2-2: Importe direkt für den Markt. ... 14
Tabelle 2-3: Befragungsergebnisse bezüglich des Exports der Hersteller sowie des Exports der Produktion der Zulieferer. ... 16
Tabelle 2-4: Gewichtete durchschnittliche strategisch maximal sinnvolle Exportquoten. ... 19
Tabelle 2-5: Ausbildungsquoten der befragten Unternehmen. ... 20
Tabelle 2-6: Anteil der weiblichen Erwerbstätigen nach Wirtschaftsbereichen im Jahr 2007. ... 23
Tabelle 2-7: Zeitarbeitsquoten in ausgewählten Unternehmen im Jahr 2007. ... 24
Tabelle 2-8: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach abgeschlossener Berufsausbildung (2007). ... 25
Tabelle 2-9: Übersicht der befragten Unternehmen nach Herstellern und Zulieferern. ... 31
Tabelle 2-10: Übersicht über Nutzung der Informationsquellen für die Schätzung des I-O-Vektors. ... 35
Tabelle 2-11: Anteil von inländischen und importierten Vorleistungen am Bruttoproduktionswert in %. ... 36
Tabelle 2-12: Gewicht der einzelnen Sparten an der im Inland wirksamen Nachfrage nach Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Jahr 2007 in %. ... 39
Tabelle 2-13: Instandhaltungs- und Wartungskosten zum Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2007. ... 44
Tabelle 2-14: Gewicht der einzelnen Sparten an den Betriebskosten der Nutzung erneuerbarer Energien insgesamt im Jahr 2004 in %. ... 45
Tabelle 2-15: Mengengerüst als Berechnungsgrundlage der Umsätze für Pellets. ... 51
Tabelle 2-16: Umsatz der deutschen Pelletproduktion ohne Umsatzsteuer. ... 52
Tabelle 2-17: Mengengerüst des Scheitholzeinsatzes in Deutschland. ... 58
Tabelle 2-18: Mengengerüst des Hackschnitzeleinsatzes in Haushalten/Gewerben bis 1 MW in Deutschland [AGEE-Stat]. ... 60
Tabelle 2-19: Mengengerüst des Biomasseeinsatze in Heiz-/Kraftwerken in Deutschland [AGEE-Stat; eigene Berechnungen]. ... 61
Tabelle 2-20: Bruttobeschäftigung durch die Biomassebereitstellung für den Einsatz in Heiz-/Kraftwerken in Deutschland. ... 62
Tabelle 2-21: Anbau nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Nutzung (ha) [FNR07;FNR09]. ... 63

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-22: Entwicklung der Erzeugerpreise für Marktfrüchte [BMELV04; 06; 07; 08; 09; StaBu10]. 64
Tabelle 2-23: Deckungsbeiträge für Energiekulturen im Vergleich [FNR10b; BMELV06;07;08;09]. 65
Tabelle 2-24: Erzeugung, Import – Export und energetische Verwendung wichtiger Marktfrüchte in Deutschland [BMELV09]. 68
Tabelle 2-25: Arbeitsintensität h/ha [KTBL/ATB06]. 70
Tabelle 2-26: Rapserzeugung zur Energiegewinnung in Deutschland [BMELV08; 09; StaBu09; eigene Berechnung]. 71
Tabelle 2-27: Mengengerüst des Rapsöleinsatzes in stationären Anlagen zur Nutzung flüssiger Biomasse in Deutschland [AGEE-Stat; DBFZ10a]. 72
Tabelle 2-28: Mengengerüst des Energiepflanzeneinsatzes in Biogasanlagen in Deutschland [BMELV06; 07; 08; 09; IE08; DBFZ09; 10a; KTBL/ATB06; eigene Berechnung]. 76
Tabelle 2-29: Beschäftigung durch die Bereitstellung von Biomasse in Deutschland 2007-2009. 77
Tabelle 2-30: Beschäftigung durch die Bereitstellung von Biokraftstoffen in Deutschland 2007-2009. 83
Tabelle 2-31: Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland [Mio. €]. 85
Tabelle 2-32: Umsatz in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien [Mio. €]. 87
Tabelle 2-33: Umsatz in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien inklusive der Exporte in Deutschland ansässiger Komponentenhersteller [Mio. €]. 88
Tabelle 2-34: Betriebs- und Wartungskosten [Mio. €]. 93
Tabelle 2-35: Öffentlich und gemeinnützig bereitgestellte Mittel für die für Forschung, Öffentlichkeitsarbeit und Wirtschaftsförderung im Themenfeld erneuerbarer Energien [Mio. €]. 94
Tabelle 2-36: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2007. . 96
Tabelle 2-37: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2008. . 98
Tabelle 2-38: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2009. . 99
Tabelle 2-39: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Zeitraum 2007-2009. 100
Tabelle 2-40: EEG induzierte Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Zeitraum 2007-2009. 101
Tabelle 2-41: Beschäftigung durch Anlagen zur Nutzung erneuerbaren Stroms in Deutschland 2007-2009. 104
Tabelle 2-42: Beschäftigung durch Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Wärme in Deutschland 2007-2009. 104
Tabelle 2-43: Investitionen in den Neubau sowie die Erweiterung von Produktionsanlagen im Zeitraum 2007-2009 (in Mio. Euro). 109

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-44: Umsatz deutscher Unternehmen durch den Neubau sowie die Erweiterung von Produktionsanlagen weltweit im Zeitraum 2007-2009. 111
Tabelle 2-45: Beschäftigte des Ausbaus von Produktionsanlagen im Bereich erneuerbarer Energien im Zeitraum 2007-2009. 112
Tabelle 3-1: Spezifische Kenndaten des Leitszenarios 2009. 115
Tabelle 3-2: Energetische Eckdaten 2010 bis 2050 des Leitszenarios 2009, speziell Beiträge der EE. 116
Tabelle 3-3: Stromerzeugung EE im Leitszenario 2009. 123
Tabelle 3-4: Wärme- und Kraftstofferzeugung EE im Leitszenario 2009. 124
Tabelle 3-5: Entwicklung der Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle in den Energiepreispfaden nach [BMU 2008],(in €2005/GJ); Werte 2005 bis 2008 nach [BMWI 2009]. 129
Tabelle 3-6: Differenzen des Primärenergieverbrauchs und der CO2-Emissionen zwischen dem Leitszenario 2009 und dem EE-NULL-Szenario. 135
Tabelle 3-7: Investitionen in fossile und erneuerbare Anlagen zur Strom- und Wärmebereitstellung im Leitszenario 2009 (oben) und im EE-Null-Szenario (unten). 138
Tabelle 3-8: CO2-Ziele und Projektionszeiträume der betrachteten Energieszenarien. 140
Tabelle 3-9: Spezifische Investitionskosten erneuerbarer Technologien in den betrachteten Szenarien (in €2005/kW). 146
Tabelle 3-10: Entwicklung der Preise für CO2-Zertifikate im E[R]-Szenario. 149
Tabelle 3-11: Spezifische Investitionskosten für Technologien zur Nutzung EE im E[R]-Szenario. 149
Tabelle 3-12: Preise für fossile Energieträger im E[R]-Szenario. 150
Tabelle 3-13: Beitrag EE zur Stromerzeugung im E[R]-Szenario. 152
Tabelle 3-14: Globaler jährlicher Zubau von EE-Technologien im E[R]-Szenario. 159
Tabelle 3-15: Jährliche Investitionen in EE für die globale Strom- und Wärmeversorgung. 161
Tabelle 3-16: Jährlicher EE-Zubau nach Ländergruppen (einschl. „große“ Wasser-kraft) für die Strom- und Wärmeerzeugung im E[R] -– Szenario. 163
Tabelle 4-1: Exporte nach der Unternehmensbefragung 2007, in Mrd. Euro. 186
Tabelle 5-1: Bruttobeschäftigung im Bereich Erneuerbare Energien (verhaltener Preispfad, gerundet, ausgewählte Jahre). 199
Tabelle 5-2: Gesamtwirtschaftliche Effekte des Leitszenarios 2009, absolute Abweichungen zum Null-Szenario. 207
Tabelle 5-3: Sektorale Produktionseffekte – absolute Abweichungen der Beschäftigung in 1.000 zum Null-Szenario. 209
Tabelle 5-4: Gesamtwirtschaftliche Effekte der PV2 Sensitivität, absolute Abweichungen zum Null-Szenario. 212
Tabelle 5-5: Sektorale Produktionseffekte des PV2 Szenarios– absolute Abweichungen der Beschäftigung in 1.000 zum Null-Szenario. 213

© GWS mbH 2011

© GWS mbH 2011

EINLEITUNG

Die Notwendigkeit einer Neuausrichtung der Energieversorgung hin zu erneuerbaren Energien (EE) ist unbestritten. Umstritten hingegen sind oftmals die damit verbundenen ökonomischen Belastungen und die Vermutung, diese könnten auch gesamtwirtschaftlich zu negativen Effekten auf Wachstum und Beschäftigung führen. Eben diese gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen zukünftiger Entwicklungsszenarien erneuerbarer Energien sind Gegenstand einer Reihe von Untersuchungen (BMU 2006, 2007), in denen sowohl die positiven als auch die negativen Impulse berücksichtigt werden und sich Erkenntnisse über die sogenannten Nettowirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien ableiten lassen. In einer ersten, methodisch breit fundierten Untersuchung kam BMU (2006) zu dem Ergebnis, dass auch langfristig die Nettobeschäftigung positiv sein wird im Vergleich zu einer business-as-usual-Entwicklung. Im Jahr 2007 wurde die Nettobeschäftigung bis 2030 im Vergleich zu einer rein fossil basierten Entwicklung untersucht und ebenfalls als durchgängig positiv befunden.

Der rapide Ausbau der erneuerbaren Energien - in Deutschland und weltweit - sowie die erheblichen Veränderungen bei den Technologien, den Produktions- und nationalen wie internationalen Marktstrukturen machen eine Neueinschätzung auf einer aktualisierten Datenbasis notwendig, um insbesondere die bisherigen Rechnungen zu den Nettobeschäftigungswirkungen zu überprüfen. Aufgrund der großen Bedeutung der internationalen Entwicklung für die inländische Produktion muss darüber hinaus die Modellierung von Exportszenarien einer kritischen Neubewertung unterzogen werden. Hier hat ein neuer Modellansatz dazu beigetragen, diese Szenarien stärker empirisch zu fundieren.

Somit ist es in dieser neuen Studie gelungen

- die Datenbasis der bisherigen Untersuchungen durch eine neue Primärerhebung zu verbessern,
- eine Neubewertung der Effekte des bisherigen Ausbaus auf dieser verbesserten Datenbasis zu ermöglichen,
- verschiedene mögliche Preisentwicklungen bei fossilen Energieträgern auf den internationalen Energiemärkten zu berücksichtigen,
- verschiedene Entwicklungen auf den globalen Märkten für erneuerbare Energien zu berücksichtigen und
- verschiedene Entwicklungen auf dem heimischen Markt für erneuerbare Energien zu berücksichtigen.

Der vorliegende Bericht stellt die im Oktober 2010 vorab in einer Zusammenfassung veröffentlichten Ergebnisse im Detail dar. Die empirische Basis, die auf einer breit angelegten Unternehmensbefragung und der Auswertung weiterer Quellen fußt, findet sich in Kapitel 1. Hier werden sowohl der Aufbau der Unternehmensbefragung und ihre Durchführung beschrieben als auch eine Vielzahl an Ergebnissen zu den in- und ausländischen Umsätzen der Unternehmen, zu Anlagen- und Vorleistungsimporten sowie zu Strukturmerkmalen der Beschäftigung in den Unternehmen des EE-Sektors abgeleitet. Kapitel 1 zeigt ferner, mit welchen Methoden sich aus diesen Angaben die Bruttobeschäftigung gestern und heute, konkreter, für die Jahre 2007 bis 2009 abschätzen lässt und beschreibt die Ergebnisse dieser Abschätzung. Da Beschäftigung neben der Produktion von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien auch in Betrieb und Wartung, sowie der Bereitstellung von Biomassebrenn- und -

© GWS mbH 2011

kraftstoffen stattfindet, werden diese Bereiche ebenfalls ausführlicher dargestellt und die verwendete Methodik zur Abschätzung der Beschäftigung erläutert. Kapitel 2 wendet sich der zukünftigen Entwicklung zu und legt die Annahmen zur inländischen und weltweiten Entwicklung des Ausbaus erneuerbarer Energien fest. Kapitel 3 beschäftigt sich mit dem wichtigen Aspekt deutscher Exporte von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Während die Bedeutung dieses Aspekts in früheren Studien bereits festgestellt wurde, kann hier erstmals eine systematische Abschätzung des Welthandels mit EE-Gütern und des deutschen Anteils am Welthandel vorgestellt werden. Diese Abschätzung mündet in zwei Szenarien zur zukünftigen Entwicklung, flankiert von einer Ober- und einer Untergrenze. In Kapitel 4 schließlich werden die Nettobeschäftigungseffekte verschiedener Szenarien im Vergleich zu einer Referenzentwicklung mittels des umweltökonomischen Modells PANTA RHEI untersucht. Es stellt sich heraus, dass sogar unter eher verhaltenen Exportannahmen diese Nettoeffekte noch überwiegend positiv ausfallen. Eine kurze Zusammenfassung und ein Ausblick runden diesen Bericht ab.

Die wichtigsten Rahmenannahmen und Ergebnisse der Untersuchung werden im Folgenden kurz als Text und in zwei Übersichtstabellen zusammengefasst.

1.1 Zwei zentrale Aussagen

1. Mit der Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien (EE), deren Betrieb und Wartung, der Bereitstellung biogener Brenn- und Kraftstoffe sowie der aus öffentlichen und gemeinnützigen Mitteln zugunsten der EE resultierenden Beschäftigung waren in 2009 beinahe 340.000 Personen beschäftigt. Die Zahl der Beschäftigten hat sich damit seit der ersten systematischen Abschätzung für 2004 (160.500) mehr als verdoppelt.
2. Der Ausbau erneuerbarer Energien auf knapp 32 % des Endenergieverbrauchs im Jahr 2030 führt in nahezu allen analysierten Szenarien zu positiver Nettobeschäftigung (zwischen 100.000 und 250.000 unter verhaltenen bzw. optimistischen Exportannahmen in 2030) über den gesamten Beobachtungszeitraum. Bei niedrigem Ölpreis und unter der Annahmen, dass die Exporte mengenmäßig auf dem Niveau von 2007 stagnieren, sind in einigen Jahren Beschäftigungsrückgänge gegenüber einem fossil basierten Referenzszenario zu verzeichnen.

1.2 Methodische Ergebnisse

3. Die im Rahmen der Studie durchgeführte Befragung von 1.200 Unternehmen der EE-Branche in Deutschland ist die bislang umfangreichste dieser Art. Aus ihr konnten wichtige Erkenntnisse bezüglich der gegenüber den letzten Erhebungsjahr 2004 deutlich veränderten Güterströmen und Produktionsverflechtungen gewonnen werden, die für die detaillierte Analyse der Beschäftigungseffekte unerlässlich sind. Des Weiteren brachte sie Erkenntnisse bezüglich des Außenhandels, die in weiten Bereichen deutlich über anderweitig verfügbare Informationen hinausgehen. Insbesondere die Komponentenexporte haben sich gegenüber dem letzten Erhebungsjahr vervierfacht.
4. Die Exportchancen deutscher Unternehmen hängen von der Entwicklung der international gehandelten EE-Güter ab. Diese wiederum werden beeinflusst durch nationale und internationale Politiken und die Entwicklung der jeweiligen heimischen Industrie.

© GWS mbH 2011

Erstmals wurden die deutschen Exporte konsistent in Abhängigkeit von Welthandelsanteilen nach 10 Technologien und 10 Weltregionen abgebildet und somit die Abschätzungen zukünftiger Exporte systematisch verbessert.

5. Nettobeschäftigungseffekte lassen sich nur in einem komplexen gesamtwirtschaftlichen Modell mit hinreichender Genauigkeit bilanzieren. Hierfür ist eine Differenzbetrachtung zwischen konsistenten Zukunftsentwicklungen (Szenarien) erforderlich. Die Unsicherheit hinsichtlich der Entwicklung der Energiepreise und des internationalen Ausbaus erneuerbarer Energien lässt sich durch die Betrachtung eines Spektrums an Exportchancen in Kombination mit einem höheren und einem niedrigeren Energie- bzw. Strompreispfad (A bzw. B) verringern, die als Szenarien die Modellergebnisse beeinflussen.
6. Der Unsicherheit bezüglich der Exportchancen der deutschen Unternehmen an den internationalen Märkten wird mit vier Szenarien begegnet. Die Untergrenze der Exporttätigkeit wird mengenmäßig gleich den Exporten des Kalibrierungsjahrs 2007 gesetzt, d.h. die Exporte bleiben auf dem Niveau des Jahres 2007. Die Obergrenze liegt bei konstanten Welthandelsanteilen wie sie in 2007 beobachtet wurden. Bei wachsenden Märkten würde man abnehmende Welthandelsanteile und zunehmende Exportvolumina erwarten; die beiden mittleren Varianten reflektieren diese Erwartung.

1.3 Ergebnisse kurzfristiger Analysen

7. Die Bruttobeschäftigung, die auf Basis aktualisierter Daten aus der Unternehmensbefragung ermittelt werden konnte, lag 2007 bei etwa 277.300 Personen und damit 11 % über dem bislang abgeschätzten Wert. Die Aktualisierungen der Abschätzungen für die Jahre 2008 und 2009 führen zu Werten von 322.100 (2008) bzw. 339.500 Beschäftigten. Diese liegen 13 % (2008) bzw. 16 % über den jeweils zu Jahresbeginn bewusst vorsichtig gewählten ersten Abschätzungen.
8. Die stärksten Wachstumsimpulse sind demnach seit 2004 im Bereich der Geothermie zu verzeichnen gewesen (706 %). In absoluten Zahlen hingegen waren die Entwicklungen in der Solarenergie (221 %) und der Biomasse (125 %) deutlich relevanter. Die Windenergie, die bereits 2004 einen höheren Reifegrad erreicht hatte, konnte eine Steigerung von knapp 60 % verzeichnen.
9. Auch im Bereich der Beschäftigung durch öffentliche Mittel hat sich die Zahl der Beschäftigten beinahe verdoppelt. Dies ist besonders dem Anstieg der Bundesförderungsmittel von 117 Mio. € in 2004 auf 297 Mio. € in 2009 zu verdanken.
10. Dem Förderinstrument EEG lässt sich eine erhebliche Wirkung auf das Wachstum der EE-Unternehmen zuschreiben. Windkraft und Photovoltaik hätten ohne dieses Instrument nicht das Wachstum – und somit auch nicht die internationale Bedeutung – erlangt, die sie heute haben. Somit lassen sich zwischen 62% (2007) und 66% (2009) der ermittelten Bruttobeschäftigung der Wirkung des EEG zuschreiben. Insgesamt entfallen 67% der Beschäftigung auf die Stromerzeugung, 23% auf die Wärmeerzeugung, 10% auf die Biokraftstoffbereitstellung und 2% auf öffentliche Mittel.
11. Die Herstellung von Produktionsanlagen ist in der aktuellen Analyse zum Teil als Vorleistung in den inländischen Kapazitätserweiterungen enthalten. Darüber hinaus gehen Exporte von Produktionsanlagen. Insgesamt waren 2009 mehr als 41.000 Personen in

© GWS mbH 2011

diesem Bereich tätig. Eine genaue Abgrenzung zur Vermeidung von Doppeltzählungen erfordert jedoch noch weitere methodische Arbeiten.

12. Die ostdeutschen Bundesländer profitieren zum einen vom Boom der Photovoltaik, da ein Großteil der Produktion hier angesiedelt ist. Installationen und die damit verbundene Beschäftigung sowie die Herstellung von Vorleistungen finden jedoch auch zu einem großen Teil in den südlichen Bundesländern statt. Insgesamt steigt die Beschäftigung in Ostdeutschland 2009 auf 71.500 Personen.

1.4 Ergebnisse langfristiger Analysen

1.4.1 Rahmenannahmen

13. Investitionen in EE-Anlagen unterscheiden sich zwischen den Szenariensets mit unterschiedlichen Energiepreispfaden nicht. In Abhängigkeit von den Preisannahmen für fossile Energieträger unterscheiden sich jedoch die (systemanalytisch errechneten) Differenzkosten des Ausbaus erneuerbarer Energien. Die Vorteilhaftigkeit des Ausbaus erneuerbarer Energien hängt somit von den jeweiligen Preisen fossiler Energieträger ab.

14. Nach dem zugrunde gelegten Szenario verfünffachen sich die Investitionen in erneuerbare Energien weltweit im Beobachtungszeitraum von 122 Mrd. €2005 auf 589,7 Mrd. €2005 in 2030. Treibende Regionen sind bis 2020 Europa und Nordamerika sowie im Anschluss bis 2030 die Schwellenländer und Afrika. Diese Entwicklung unterstellt auch verstärkte weltweite Anstrengungen für den Klimaschutz.

15. Die Untergrenze der Exporttätigkeit wird konstant auf dem Niveau des Kalibrierungsjahrs 2007 gesetzt (8,6 Mrd. €2005), die Obergrenze entsteht durch Beibehaltung der Welthandelsanteile aus 2007 (2030: 59 Mrd. €2005). Bei wachsenden Märkten würde man abnehmende Welthandelsanteile und zunehmende Exportvolumina erwarten; die beiden mittleren Varianten reflektieren diese Erwartung (2030: 33 und 48 Mrd. €2005).

1.4.2 Ergebnisse

16. Der Gesamtumsatz deutscher Unternehmen wird zunehmend von den Exporten getragen. Je nach angenommener Exportentwicklung tragen die Exporte 50-70% (in 2030 gut 30 bis 48 Mrd. €2005) des Gesamtumsatzes. Dabei variiert der Exportanteil auch stark nach Technologien.

17. Die Arbeitsintensität in den jeweiligen EE-Sparten sinkt entsprechend der Arbeitsintensität in vergleichbaren Branchen. So sind bis 2030 nur noch knapp 70% der Beschäftigten gegenüber heute für denselben Output notwendig.

18. Die Bruttobeschäftigung steigt unter den verhaltenen (optimistischen) Exportannahmen bei niedrigen Preisen für fossile Energieträger und unter Photovoltaikausbau, wie er sich derzeit abzeichnet, bis 2030 auf 500.000 (600.000) Beschäftigte an. In 2020 sind mehr als 450.000 und bis zu 560.000 Menschen durch den inländischen Ausbau der erneuerbaren Energien, den Betrieb von Anlagen, den Export von Anlagen und Komponenten sowie durch Vorleistungen zu diesen Bereichen und die Bereitstellung von Biomasse beschäftigt.

© GWS mbH 2011

19. Nur unter minimalen Exportannahmen und bei vergleichsweise konstanter Inlandsentwicklung nimmt die Beschäftigung langfristig durch Produktivitätszunahmen etwas gegenüber dem heutigen Stand ab. 2020 (2030) würden demnach noch 325.000 (291.000) Personen im Bereich erneuerbarer Energien beschäftigt sein.
20. Die Szenarien mit maximalen, optimistischen oder verhaltenen Exporterwartungen wirken sich auch unter Annahme eines niedrigen Preisniveaus fossiler Energieträger über den gesamten Beobachtungszeitraum positiv aus. Die Nettobeschäftigung liegt in 2030 um die 150.000 bis 280.000 zusätzlichen Personen, bei mittleren Exportannahmen und über alle heimischen Ausbauszenarien hinweg.
21. Niedrigere Preisannahmen für konventionelle Energieträger führen in Kombination mit der minimalen Exporterwartung, die keinerlei Exportzuwächse auf einem sich dynamisch entwickelnden Weltmarkt unterstellt, teilweise kurzfristig zu geringen negativen Effekten von bis zu 40.000 Beschäftigten. Ab 2025 über wiegen aber auch hier die positiven Effekte und die Nettobeschäftigung ist positiv.
22. Exporte lösen neben den direkten Effekten auch erhebliche indirekte Beschäftigungseffekte durch die Vorleistungsnachfrage der entsprechenden Produzenten aus.

1.4.3 Empfehlungen

23. Die Stabilisierung der Umsätze durch den Inlandsmarkt ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die weiteren Chancen für die Technologieführerschaft in der Mehrzahl der EE-Technologien auf dem Weltmarkt erhalten bleiben und der weitere Aufbau von Exportmärkten erfolgreich betrieben werden kann. Nur so kann zukünftig in angemessenem Umfang von den beträchtlich wachsenden Auslandsmärkten profitiert werden.
24. Will die deutsche EE-Branche, die derzeit einschließlich ihrer Exporte rund 13% der globalen EE-Investitionen tätigt, in ähnlichem bzw. möglichst gering sinkendem Ausmaß an dem zukünftig deutlich wachsenden globalen EE-Markt teilnehmen, so muss sie ihr Augenmerk besonders auf die in den nächsten Jahrzehnten überdurchschnittlich wachsenden Regionalmärkte richten. Da der Inlandsmarkt nach dem rasanten Wachstum der letzten Jahre zukünftig mit geringeren Raten wachsen wird, sind Erfolge in diesen Märkten und die Realisierung von Exportchancen von besonderer Bedeutung für das weitere Wachstum der einheimischen EE-Branche.

© GWS mbH 2011

Tabelle 0-1: Die wichtigsten Größen im Überblick für deutlichen Preisanstieg (Preispfad A).

		Preise	Preispfad A												
		Ausbau	Referenz	Basisszenario				PV1				PV2			
		Export		Max	Optimistisch	Verhalten	Min	Max	Optimistisch	Verhalten	Min	Max	Optimistisch	Verhalten	Min
Deutschland															
Endenergieverbrauch (PJ/a)		2009[1]	8713												
		2020	8129	7946	7943	7938	7932	7935	7932	7926	7921	7921	7917	7912	7906
		2030	7650	7349	7345	7341	7333	7342	7338	7334	7326	7328	7325	7320	7313
Investitionen in EE-Neuanlagen (Mrd. € 2005)		2009[2]	20,4												
		2020	-	15,4				16,0				16,6			
		2030	-	15,1				14,1				14,0			
Arbeitsintensität (Index, %, 2008 = 100)		2009	über alle Szenarien gleich: 106												
		2020	81												
		2030	65												
Importpreise	Öl (US$ 2005/bbl)	2009[3]	über alle Szenarien gleich: 58												
		2020	96												
		2030	118												
	Gas (€ 2005/TJ)	2009[3]	über alle Szenarien gleich: 5794												
		2020	10700												
		2030	13800												
	Steinkohle (€ 2005/t)	2009[3]	über alle Szenarien gleich: 79												
		2020	155												
		2030	202												
Systemanalytische Differenzkosten zum Nullszenario (Mrd. € 2005)		2009[4]	7,0												
		2020	-	3,9				6,7				10,8			
		2030	-	-13,0				-10,7				-4,6			
Welt															
Investitionen in EE-Neuanlagen weltweit (Mrd. € 2005)		2009[5]	102,7												
		2020	-	418,9											
		2030	-	589,7											
Gesamtumsatz deutscher Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneurbarer		2009	16,4												
		2020	-	51,3	42,4	28,6	15,1	52,2	43,3	29,5	16,0	52,5	43,6	29,8	16,3
		2030	-	73,1	60,4	43,4	14,6	73,2	60,5	43,5	14,7	73,2	60,5	43,5	14,7
Exporte von Strom- und wärmeerzeugenden Anlagen (Mrd.€ 2005)		2009	8,6												
		2020	-	41,3	32,9	19,9	7,1	41,3	32,9	19,9	7,1	41,3	32,9	19,9	7,1
		2030	-	59,1	47,8	32,7	7,1	59,1	47,8	32,7	7,1	59,1	47,8	32,7	7,1
Beschäftigung															
Bruttobeschäftigung (1000)		2009	339,5												
		2020	5	666,3	592	467	348	678	603	479	359	683	608	484	365
		2030	5	724	635	524	321	732	642	532	328	733	643	532	329
Nettobeschäftigung (1000)		2009	70 - 90												
		2020	-	153,45	117,43	55,36	-3,74	178,16	142,17	80,16	20,93	133,16	96,94	33,23	-28,60
		2030	-	275,43	240,87	201,44	118,32	328,64	294,17	254,98	171,85	247,25	212,52	173,53	91,11

1. AG EB (2010). 2. BMU (2010b). 3. BMWi (2010). 4. BMU (2010c). 5. UNEP (2010).

© GWS mbH 2011

Tabelle 0-2: Die wichtigsten Größen im Überblick für mäßigen Preisanstieg (Preispfad B).

	Preise	Preispfad A												
	Ausbau	Referenz	Basisszenario				PV1				PV2			
	Export		Max	Optimistisch	Verhalten	Min	Max	Optimistisch	Verhalten	Min	Max	Optimistisch	Verhalten	Min
Deutschland														
Endenergieverbrauch (PJ/a)	2009[1]		8713											
	2020	8248	8040	8037	8032	8026	8026	8023	8017	8012	8017	8014	8008	8003
	2030	7814	7460	7456	7452	7444	7447	7444	7439	7431	7443	7440	7435	7427
Investitionen in EE-Neuanlagen (Mrd. € 2005)	2009[2]		20,4											
	2020	-	15,4				16,0				16,6			
	2030	-	15,1				14,1				14,0			
Arbeitsintensität (Index, %, 2008 = 100)	2009	über alle Szenarien gleich: 106												
	2020	81												
	2030	65												
Importpreise – Öl (US$ 2005/bbl)	2009[3]	über alle Szenarien gleich: 58												
	2020	79												
	2030	94												
Importpreise – Gas (€ 2005/TJ)	2009[3]	über alle Szenarien gleich: 5794												
	2020	8400												
	2030	10000												
Importpreise – Steinkohle (€ 2005/t)	2009[3]	über alle Szenarien gleich: 79												
	2020	123												
	2030	147												
Systemanalytische Differenzkosten zum Nullszenario (Mrd. € 2005)	2009[4]		7,1											
	2020	-	8,6				11,8				13,6			
	2030	-	-0,2				2,9				3,7			
Welt														
Investitionen in EE-Neuanlagen weltweit (Mrd. € 2005)	2009[5]		102,7											
	2020	-	418,9											
	2030	-	589,7											
Gesamtumsatz deutscher Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneurbarer	2009		16,4											
	2020	-	51,0	42,2	28,5	15,0	52,0	43,1	29,4	16,0	52,3	43,5	29,7	16,3
	2030	-	72,7	60,1	43,2	14,6	72,8	60,1	43,3	14,7	72,7	60,1	43,3	14,6
Exporte von Strom- und wärmeerzeugenden Anlagen (Mrd.€ 2005)	2009		8,6											
	2020	-	41,3	32,9	19,9	7,1	41,3	32,9	19,9	7,1	41,3	32,9	19,9	7,1
	2030	-	59,1	47,8	32,7	7,1	59,1	47,8	32,7	7,1	59,1	47,8	32,7	7,1
Beschäftigung														
Bruttobeschäftigung (1000)	2009		339,5											
	2020	6	664	590	466	347	675	601	477	358	680	606	482	364
	2030	5	720	631	521	319	728	639	529	327	729	640	530	328
Nettobeschäftigung (1000)	2009		70 - 90											
	2020	-	121,30	85,59	23,59	-35,43	149,04	113,11	51,16	-7,92	135,45	99,43	34,33	-24,85
	2030	-	178,72	144,26	105,08	22,17	221,67	187,43	148,40	65,67	216,08	181,67	143,13	60,07

1. AG EB (2010). 2. BMU (2010b). 3. BMWi (2010). 4. BMU (2010c). 5. UNEP (2010).

© GWS mbH 2011

2 BRUTTOBESCHÄFTIGUNG – GESTERN UND HEUTE

2.1 INFORMATIONEN AUS ERSTER HAND – DIE UNTERNEHMENSBEFRAGUNG

Eine wichtige empirische Basis der Untersuchung der Beschäftigungseffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien bildet eine breit angelegte Unternehmensbefragung. Ziel dieser Erhebung war es vorrangig, zuverlässige Primärdaten zu den Güterströmen und Produktionsverflechtungen der deutschen EE-Branche mit anderen Industriezweigen und dem Ausland für das Jahr 2007 zu erhalten. Diese Daten bilden die wesentliche empirische Grundlage für die analytische Darstellung der EE Branche im Kontext der Input-Output-Analyse und erlauben eine Aktualisierung und weitere Detaillierung des seinerzeit (BMU 2006) erstmals für das Jahr 2004 ermittelten Input-Output-Vektors (IO-Vektor) des Produktionsbereichs „Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ (siehe Kapitel 2.3.2.4).

Des Weiteren wurden die Unternehmen zu ihren Außenhandelsaktivitäten und ihrer diesbezüglichen strategischen Planung befragt. Die Ergebnisse dieses Teils der Unternehmensbefragung sind zum einen unerlässlich für die Ermittlung der Umsätze deutscher Unternehmen (siehe Kapitel 2), die die Basis zur Ermittlung der Beschäftigung im Rahmen der Input-Output-Analyse darstellen. Zum anderen bilden sie einen wichtigen Input für die Abschätzung zukünftiger Exportchancen (vgl. Kapitel 4.4).

Neben den quantitativen Ergebnissen zur Entwicklung von Brutto- und Nettobeschäftigung sind qualitative Informationen zu der Beschäftigungsstruktur der erneuerbaren Energien Branche von Interesse. In der Unternehmensbefragung wurden auch zu diesen eher soziökonomischen Aspekten Informationen eingeholt. Einige Aspekte hierzu werden in diesem Kapitel dargestellt.

2.2 DURCHFÜHRUNG DER UNTERNEHMENSBEFRAGUNG

Die Befragung wurde durch das Bielefelder Institut für Sozialforschung und Kommunikation (SOKO) von April 2008 bis September 2008 telefonisch durchgeführt. Eine Gruppe von Interviewern wurde speziell für die Studie geschult und eingewiesen. Jeder dieser Interviewer war für eine bestimmte Sparte zuständig, wodurch sichergestellt wurde, dass die Unternehmen immer die gleichen Ansprechpartner hatten. Die Interviewer waren gehalten, sich vor jedem Gespräch über das Unternehmen im Internet zu informieren, um als qualifizierte Gesprächspartner auftreten zu können. Zusätzlich haben sie während des gesamten Befragungszeitraums die Fachpresse gelesen.

Im Zeitraum der Befragung konnten etwa 2.000 Unternehmen erreicht werden. Insgesamt konnten 1.220 Unternehmen für die Befragung gewonnen werden. Die restlichen 780 Unternehmen haben sich aus diversen Gründen gegen eine Teilnahme an der Befragung entschieden. 525 Unternehmen nannten unterschiedliche unternehmensspezifische Gründe, wie Nicht-Ermittelbarkeit der gewünschten Zahlen, Nicht-Erlaubnis der Geschäftsführung Zahlen herauszugeben, etc. Solche Absagen waren oft das Ergebnis von Kontaktaufnahmen mit verschiedenen Ansprechpartnern in den Unternehmen. 117 Unternehmen verweigerten jede ge-

© GWS mbH 2011

nerelle Beteiligung. 106 Unternehmen gaben an, keine Zeit für solche Befragungen zu haben und 32 Unternehmen brachen das Interview ab.

Die 1.220 Unternehmen der erneuerbaren Energien Branche, die an der Befragung teilnahmen, beschäftigten 2007 etwa 60.000 Personen in Deutschland. Die Befragten waren Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien oder von Komponenten sowie Dienstleister und Händler. 507 dieser Unternehmen wurden ausführlich nach ihren Güterströmen befragt. Insbesondere produzierende Unternehmen wurden dabei berücksichtigt. In der Regel waren mehrere Anrufe, Faxe und Mails notwendig, bis alle nötigen Informationen zusammengetragen waren. Die Fragen bezogen sich zum Großteil auf das Jahr 2007, welches das Basisjahr der Untersuchung darstellt (Fragebogen siehe Anhang).

2.2.1 Unternehmensabgrenzung – Ausgestaltung des Fragebogens und Datenaufbereitung

Die Beantwortung der Fragebögen und die Auswertung der Antworten birgt eine Reihe von Herausforderungen. Eine wesentliche Aufgabe ist es, eine sinnvolle Abgrenzung des Analysebereichs zu finden. Unternehmen, die nur in Deutschland mit einem Standort vertreten, nur im Bereich der erneuerbaren Energien tätig und hier nur in einer Sparte aktiv sind, sind die ideale Besetzung für eine solche Befragung. Viele Unternehmen sind aber deutlich komplexer strukturiert. Den Schwierigkeiten, die mit dieser Komplexität einhergehen, wurde durch eine Reihe von Maßnahmen entgegengetreten.

Ein Beispiel ist hier die klare Abgrenzung des befragten Unternehmens zu einem Tochterunternehmen oder einer Konzernmutter. Dies ist erforderlich, um keine Unternehmen doppelt zu erfassen und hilft bei der Einordnung der Antworten.

An anderer Stelle wurden die Befragten durch die Fragen nach dem Gesamtumsatz des Unternehmens sowie dem Gesamtumsatz des Bereichs erneuerbarer Energien langsam an die für die Untersuchung wichtige Frage des Umsatzes der deutschen Niederlassungen herangeführt. Neben dem Effekt, dass hierdurch Missverständnisse ausgeräumt werden konnten, boten diese Informationen die Möglichkeit einiger Rückkopplungen, um mögliche Ungereimtheiten in den Antworten aufzudecken. Ein Beispiel hierfür sind die Angaben zu den Beschäftigten. Diese lagen in einigen Fällen bezogen auf den Umsatz unrealistisch hoch. Genauere Nachforschungen ergaben meist, dass es sich bei den Angaben um die Gesamtbeschäftigten handelte und eine Abgrenzung zu den erneuerbaren Energien nicht vollzogen wurde. In solchen Fällen wurde eine Aufteilung anhand der Umsatzrelation vorgenommen.

Ein weiteres Beispiel besteht darin, dass die Produktionsaktivitäten einzelner Unternehmen im Ausland mit Außenhandelsaktivitäten gleichgesetzt wurden. Der daraus resultierende Effekt ist, dass die Exporte, die in solchen Fällen als Quote angegeben wurden, zu hoch lagen. Durch die Kenntnis über Auslandsniederlassungen sowie deren Umsätze konnten hier Korrekturen vorgenommen werden. Die Anzahl dieser Fälle war zwar gering, hätte aber im Einzelfall große Auswirkungen auf das Gesamtergebnis gehabt.

Eine weitere Herausforderung liegt in den Unternehmen, die in mehreren Sparten tätig sind, was etwa ein Drittel der im Detail befragten Unternehmen betrifft. Hier ist darauf geachtet worden, dass zur Trennung der Aktivitäten jeweils spartenspezifischen Fragen gestellt wurden. Bei der Frage nach dem Export scheint dieses Vorgehen nicht immer gegriffen zu haben, da Exportquoten einheitlich über alle Sparten hinweg angegebenen wurden. Unter-

© GWS mbH 2011

nehmen, die in mehreren Sparten tätig sind, nutzen insbesondere auf den globalen Märkten häufig Synergieeffekte, wie einen ähnlichen Vertriebsweg für ähnliche Produkte. Zu nennen seien hier insbesondere Anbieter von Heizsystemen, die neben den konventionellen Heizkesseln weitere Optionen erneuerbarer Energien in ihrem Portfolio aufweisen. Auch Unternehmen, die im Bereich Biomasse aktiv sind, haben häufig mehrere verschiedene Optionen von Biogas bis hin zu fester Biomasse in ihrem Angebot. Auch die Sparten Photovoltaik und Solarthermie scheinen Synergien aufzuweisen. Hier sind insbesondere Dienstleister in beiden Sparten tätig.

Für die Interpretation der Ergebnisse dieser Studie gibt es einen weiteren Punkt, der thematisiert werden muss. Dabei handelt es sich um die Definition und damit um die Abgrenzung der Unternehmen, die als Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien die Gestaltung des gleichnamigen Input-Output-Vektors maßgeblich vorgeben. Bei der Input-Output-Tabelle handelt es sich um ein Werkzeug, das seinen Schwerpunkt auf der Darstellung industrieller Warenströme hat. Daher ist bei der Abgrenzung der Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien darauf geachtet worden, dass produzierende Unternehmen mit ihren Vorleistungsverflechtungen hier maßgeblich berücksichtigt wurden.

In einigen Bereichen bieten sich die Akteure an, die als Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien bezeichnet werden. Dabei werden die Unternehme ausgewählt, die einen großen Teil der Wertschöpfung selbst generieren und gleichzeitig die Anlage in ihrer Gesamtheit zusammenführen. In den Sparten der Windenergie, der Wasserkraft aber auch aller Biomassebereiche konnten solche Unternehmen identifiziert werden. Bei der Windenergie war diese Zuordnung bereits bei der Befragung im Jahr 2005 eindeutig. In den anderen genannten Sparten hat die Erfahrung mit der ersten Umfrage zu der Erkenntnis geführt, dass diese Abgrenzung die sinnvollste ist. Als Beispiel kann die Wasserkraft genannt werden, bei der sich gezeigt hat, dass die Turbinenhersteller eine vergleichbare Rolle einnehmen wie die Hersteller von Windenergieanlagen.

In anderen Bereichen ist diese Aufteilung nicht so eindeutig möglich. Dazu zählen insbesondere die Photovoltaik, die Solarthermie sowie die oberflächennahe Geothermie. Hier sind die Hersteller der zentralen Komponenten (Module, Kollektoren, Wärmepumpen) als die Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien definiert worden, obwohl sie nicht grundsätzlich diejenigen sind, die die Gesamtanlage zusammenführen. Zwar gibt es im Bereich der Solarthermie und der oberflächennahen Geothermie die Anbieter von Heizsystemen, die ihre Anlagen häufig als Gesamtpaket vertreiben, sie stellen aber nur eine Gruppe der Hersteller dar und können damit auch nicht als repräsentativ für die jeweilige Sparte bezeichnet werden. Die größte Abweichung von der ursprünglichen Definition eines Herstellers ist in der Photovoltaik zu beobachten. Hier haben sich die meisten Modulhersteller auf eine Erhöhung der Fertigungstiefe konzentriert. Der Vertrieb von Gesamtlösungen wird hingegen anderen Unternehmen überlassen, die sich auf Dienstleistungen in dieser Sparte spezialisiert haben. Hierzu zählt insbesondere Projektierer, die teilweise direkte Abnahmeverträge mit den Herstellern schließen oder Produkte über den Großhandel beziehen.

Für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser Studie mit anderen Untersuchungen ist die Frage der Abgrenzung zentral. Beispielhaft sei hier auf die Thematik der direkten und indirekten Beschäftigung Bezug genommen. Die direkte Beschäftigung ist die Beschäftigung in den Unternehmen, die als Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien definiert

© GWS mbH 2011

werden. Die indirekt Beschäftigten arbeiten hingegen in der Zulieferindustrie, die demnach alle Bereiche einschließt, die nicht direkt von den besagten Herstellern bedient werden.

2.2.2 MARKTABDECKUNG

Die Marktabdeckung der Befragung soll Hinweise über die Belastbarkeit der Ergebnisse liefern. Ein rein mengenmäßiger Abgleich anhand der Anzahl der befragten Unternehmen gemessen an der Grundgesamtheit ist bislang nicht möglich. Dies liegt daran, dass keine Informationen über die Gesamtheit der Unternehmen, die im Bereich der erneuerbaren Energien bzw. in den einzelnen Sparten tätig sind, existieren.

Auf Grund der spartenspezifischen Ermittlung der Umsätze der Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland im Rahmen dieses Projektes ist es jedoch möglich, die Marktabdeckung anhand des Umsatzes der befragten Unternehmen gemessen am ermittelten Gesamtumsatz abzuschätzen. Der Vorteil dieser Abschätzung liegt in der Gewichtung von Unternehmen, die für die Aussagekraft der Befragung relevanter ist als eine reine Mengenangabe. Der Nachteil liegt hingegen darin, dass der Gesamtumsatz auf einer Hochrechnung basiert. Diese ist durch die Annahme begründet, dass die Unternehmen, die nicht durch die Befragung erfasst werden konnten im Schnitt die gleichen Export- und Importquoten aufweisen wie die befragten Unternehmen.

Tabelle 2-1: Marktabdeckung der Befragung 2007.

	Prozentuale Marktabdeckung
Wind onshore	76 %
Wind offshore	100 %
Photovoltaik	91 %
Solarthermie	70 %
Solarthermische Kraftwerke	100 %
Wasserkraft	62 %
Tiefengeothermie	94 %
oberflächennahe Geothermie	47 %
Biogas	61 %
Flüssige Biomasse stationär	1 %
Biomassekleinanlagen	6 %
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	22 %
EE gesamt	67 %
Quelle: Eigene Berechnungen.	

Die auf diese Weise abgeschätzten prozentualen Marktabdeckungen sind in Tabelle 2-1dargestellt. Demnach konnten die Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Ener-

© GWS mbH 2011

gien mit einem Anteil von insgesamt 67 % gemessen am Gesamtumsatz durch die Umfrage erreicht werden. Dabei gibt es jedoch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Sparten. Überdurchschnittlich gut ist die Abdeckung in den Sparten Windenergie sowie allen Bereichen der Solarenergie aber auch in der Tiefengeothermie. Während die Wasserkraft, der Bereich Biogas und die oberflächennahe Geothermie noch in der Größenordnung zwischen 47 % und 62 % lagen, konnten die Unternehmen im Bereich fester Biomasseanlagen und stationärer Anlagen zur Nutzung flüssiger Biomasse nur schwer erreicht werden. Die Gründe hierfür sind sehr unterschiedlich. Der Ausbau der Anlagen zur stationären Nutzung flüssiger Biomasse ist seit 2008 in Deutschland zum Erliegen gekommen. Es wird angenommen, dass sich der Zugang zu diesen Unternehmen u. a. aus diesem Grund als schwierig erwiesen hat. Bei Biomassekleinanlagen liegt die geringe Marktabdeckung vor allem an der Vielzahl kleiner Unternehmen, die im Rahmen dieser Untersuchung nicht erfasst werden konnte. Im Fall der Biomasse Heiz-/Kraftwerke sind, insbesondere im Bereich der Großanlagen, einige Großunternehmen engagiert. Die Nichtbeteiligung einiger weniger Unternehmen kann sich hier bereits signifikant auf die Marktabdeckung auswirken.

2.2.3 Ergebnisse zu ökonomischen Kenngrößen

2.2.3.1 Außenhandelssituation im Bereich erneuerbarer Energien 2007

Der Außenhandel stellt einen der Eckpfeiler der Schätzung der Beschäftigung im Rahmen dieser Untersuchung dar. Kenntnisse zum Außenhandel sind besonders wichtig, da es nicht nur keine Kenntnis über die Gesamtheit der Unternehmen gibt, die in Deutschland im Bereich erneuerbarer Energien tätig ist, sondern auch keine umfassenden statistischen Informationen über den Umsatz der Branche oder einzelner Sparten existieren. Der Umsatz einzelner Unternehmen oder einer gewissen Anzahl an Unternehmen kann im Rahmen von Befragungen ermittelt werden. Vollständige Erhebungen sind hingegen nicht möglich, was Hochrechnungen erfordert. Daher sind Aussagen zum Umsatz im Bereich erneuerbarer Energien in jedem Fall durch einen gewissen Grad an Abschätzung und theoretischer Annahmen geprägt.

Die hier gewählte Herangehensweise geht von der installierten Leistung aus, die von der AGEE-Stat bereitgestellt wird und die die beste statistische Grundlage der Aktivitäten im Bereich erneuerbarer Energien in Deutschland darstellt [AGEE-Stat]. Auf dieser Basis werden jährliche Investitionen in die Technologien aus einzelnen Sparten ermittelt, die die Grundlage zur Abschätzung der Umsätze liefern. Hierfür werden die Anlagenimporte („direkt für den Markt“) von den Investitionen abgezogen und die Exporte der Hersteller hinzugerechnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Import- und Exportanteile der befragten Unternehmen für die jeweilige Sparte repräsentativ sind. Der daraus resultierende Umsatz der Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, bildet die Ausgangslage zur Ermittlung der Beschäftigung mittels der spartenspezifischen Input-Output-Vektoren, die im Rahmen diese Projektes entwickelt wurden (siehe Kapitel 2.2.1.1).

Der Außenhandel hat darüber hinaus aber auch einen grundlegenden Einfluss auf die zukünftige Entwicklung der Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien in Deutschland. Dies haben bereits die Analysen der Brutto- wie Nettobeschäftigung in den Vorläuferstudien gezeigt [BMU06, BMU07]. Auch aus diesem Grund wird der Entwicklung von Außenhandelsszenarien in dieser Untersuchung besonderes Gewicht eingeräumt (siehe Kapitel Welthandel, Link). Die Unternehmensbefragung unterstützt diese Arbeiten, indem sie Informatio-

© GWS mbH 2011

nen zu den Einschätzungen der Unternehmen bezüglich des strategisch maximal sinnvollen Exports zur Verfügung stellt, der einen Hinweis auf die Strategie der zukünftigen Standortwahl geben kann.

2.2.3.2 Importe 2007

Im Rahmen der Untersuchung zur Beschäftigungsentwicklung im Bereich erneuerbarer Energien sind zwei Ebenen der Importbetrachtung relevant. Zum einen müssen die importierten Vorleistungsbezüge im Rahmen der Input-Output-Analyse berücksichtigt werden, zum anderen sind die Anlagenimporte direkt für den Markt ein entscheidendes Kriterium bei der Bestimmung der Umsätze der in Deutschland ansässigen Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. An dieser Stelle soll lediglich auf die Importe direkt für den Markt eingegangen werden. Die Vorleistungsimporte sind in wesentlichen Teilen zwar ebenfalls Ergebnis der Befragung, da sie jedoch ein wichtiger Faktor bei der Erstellung der Input-Output-Vektoren sind, werden sie im Zusammenhang mit dessen Entwicklung in Kapitel 2.2.1.1 dargestellt.

Bei einer Analyse des Außenhandels spielen die Importe eine ebenso wichtige Rolle wie die Exporte. Während es bezüglich der Exporte in einzelnen Sparten immer wieder neue und aktualisierte Informationen gibt, ist die Datenlage bezüglich der Importe sehr schlecht. Die Importe direkt für den Markt werden im Rahmen dieser Untersuchung anhand der Aussagen des Handels ermittelt. Dabei werden sowohl Händler als auch Planer und Projektierer mit ihren Aussagen in der Auswertung berücksichtigt. Diese Herangehensweise ist insbesondere in den Sparten der PV, Solarthermie, oberflächennahe Geothermie sowie der festen Biomasse erfolgreich, da der Handel hier den üblichen Vertriebsweg darstellt.

In den Bereichen Wasserkraft, Tiefengeothermie, Biogas sowie der flüssiger Biomasse (Anlagen zur stationären Nutzung) konnten so gut wie keine Importe direkt für den Markt identifiziert werden. Dies liegt daran, dass der Vertrieb hier nicht typischer Weise über den Großhandel läuft und die Projektierer meist in den Anlagenbau involviert sind, wodurch sie nach der Abgrenzung in diesen Sparten zu den Herstellern zählen. Reine Dienstleister, die in diesen Sparten tätig sind, sind darüber hinaus meist zu klein, als das sie durch den detaillierten Fragebogen erfasst worden wären. Dadurch treten Importe lediglich im Rahmen der Vorleistungsimporte auf, die durch den spartenspezifischen Input-Output-Vektor bei der Ermittlung der Beschäftigung berücksichtigt werden.

Zusätzlich zu den Ergebnissen der Unternehmensbefragung werden Informationen aus anderen Quellen zur Ermittlung der Importe herangezogen. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Windenergie. Das Wissen über diese Sparte ist detaillierter als in anderen Bereichen der erneuerbaren Energien, u. a. weil die Anzahl der Unternehmen die Windenergieanlagen herstellen vergleichsweise gering ist. Das Deutsche Windenergie Institut veröffentlicht hierzu jährlich eine Statistik, die in die Ermittlungen der Beschäftigungseffekte in Deutschland einfließt [DEWI07]. Ein wesentlicher Bereich ist hier der Importanteil der Windenergieanlagen direkt für den Markt, der sich aus den Marktanteilen der Unternehmen ergibt, die keine Produktionsstätte in Deutschland haben. Die Importe von Unternehmen, die sowohl in Deutschland als auch im Ausland produzieren, sind hingegen in den Vorleistungsimporten enthalten.

Die Ergebnisse bezüglich der Importe direkt für den Markt sind in Tabelle 2-2 als Quote der Anlagenimporte bezogen auf die inländischen Investitionen in Anlagen abzüglich der Planung sowie der Installation dargestellt. Demnach war der direkte Import 2007 im Bereich der

© GWS mbH 2011

Photovoltaik mit knapp 59 % am höchsten, gefolgt von den Biomasse Heiz-/Kraftwerken sowie der Solarthermie mit etwa 43 %. In der Automobilindustrie (inklusive Kraftwagenteile) wurden in 2007 Importquoten von mehr als 70% verzeichnet. Im Bereich der Biomassekleinanlagen sowie die oberflächennahe Geothermie waren ebenfalls nennenswerte Anteile an Importen direkt für den Markt in der Größenordnung von 37 % und 30 % zu verzeichnen. Deutlich geringer viel hingegen der Import an Windenergieanlagen aus (6,1 %). In den anderen Bereichen konnten, wie bereits erwähnt, keine nennenswerten Importe direkt für den Markt beobachtet werden.

Tabelle 2-2: Importe direkt für den Markt.

	Anlagenimporte bezogen auf die inländischen Investitionen abzüglich der Dienstleistungen (Planung, Installation)
Wind onshore	6,1 %
Wind offshore	0,0 %
Photovoltaik	58,9 %
Solarthermie	42,9 %
Solarthermische Kraftwerke	0,0 %
Wasserkraft	0,0 %
Tiefengeothermie	0,0 %
oberflächennahe Geothermie	30,4 %
Biogas	0,2 %
flüssige Biomasse stationär	0,0 %
Biomassekleinanlagen	37,0 %
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	43,3 %
Quelle: Eigene Berechnungen.	

2.2.3.3 Export produzierender Unternehmen 2007

Im Bereich der Exporte produzierender Unternehmen gibt es ebenfalls zwei Ebenen, die für die Ermittlung der Beschäftigung berücksichtigt werden müssen. Zum einen handelt es sich dabei um die Exporte der Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, zum anderen um die Exporte der Zulieferindustrie. Die Exporte der Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sind neben den Importen direkt für den Markt die wesentlichen Größen, die zur Ermittlung der Umsätze dieser Hersteller herangezogen werden. Die Exporte der Zulieferindustrie können hingegen als das Äquivalent zu den Vorleistungsimporten verstanden werden. Wesentlicher Unterschied ist der, dass die Exporte aus systematischen Gründen nicht im Input-Output-Vektor der Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien berücksichtigt werden und daher nachträglich in die Ermittlung der Beschäftigung einbezogen werden. Der Umsatz der Hersteller aus deutschen Produktionsstätten ergänzt

© GWS mbH 2011

durch die Exporte der Komponentenhersteller wird im Folgenden als beschäftigungsrelevanter Umsatz bezeichnet.

Die Exporte der Hersteller und Komponentenhersteller sind für das Jahr 2007 im Rahmen der Umfrage ermittelt worden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2-3 als Quote der Exporte bezogen auf den Unternehmensumsatz dargestellt.

Die höchste Exportquote ist 2007 im Bereich Solarthermischer Kraftwerke zu verzeichnen gewesen. Der vollständige Export der deutschen Produktion spiegelt das fehlende Potenzial dieser Technologie in Deutschland wider. Die Exporte der Zulieferer lagen dabei bei 66 % was durch die Lieferungen an die inländischen Hersteller zu erklären ist.

Die Wasserkraft ist die Sparte der erneuerbaren Energien, die sich durch eine lange Tradition und eine etablierte Industrie auszeichnet. Die konstant hohen Exporte in diesem Bereich sowohl bei den Herstellern (72 %) als auch bei der Zulieferindustrie (74 %) sind zu einem Teil diesem Reifegrad geschuldet. Gleichzeitig sind aber auch die Potenziale der Wasserkraft, insbesondere der großen Wasserkraft, in Deutschland weitestgehend ausgeschöpft, was eine Verlagerung der Industrieaktivitäten ins Ausland nach sich zieht.

Die Exporterfolge der Windenergie basieren auf einem seit Jahren stabilen Inlandsmarkt. Die Unternehmensbefragung ergab, dass die Hersteller 2007 im onshore Bereich knapp 58 % ihrer Produktion in Deutschland exportierten, ergänzt durch die Exporte der Zulieferindustrie in Höhe von 54 %. Damit konnten die Anlagenhersteller ihre Exportaktivitäten seit der Umfrage des Jahres 2004 (32 %) deutlich steigern. Die deutsche offshore Windbranche war 2007 noch im Entstehen begriffen. In diesem Jahr konnten keine Exporte der Hersteller verzeichnet werden. Die Zulieferindustrie gab eine Exportquote von knapp 13 % an.

Die Photovoltaik, die durch den sehr starken Anteil des deutschen Marktes am Weltmarkt geprägt ist, konnte 2007 Exporterfolge in Höhe von 33 % bei den Herstellern und 36 % bei der Zulieferindustrie verzeichnen. Dabei ist zu beachten, dass die Exporte von Vorprodukten sicherlich zum Teil in Form von Endprodukten wieder in Deutschland eingeführt wurden.

Die Ergebnisse der Tiefengeothermie, bei der es sich um einen bislang vergleichsweise kleinen Teil der erneuerbaren Energien-Branche in Deutschland handelt, geben einige Rätsel auf. Hier wurde eine Exportquote von 60 % bei den Herstellern ermittelt, die zu einem wesentlichen Teil auf der Aussage eines großen Unternehmens basiert, das in mehreren Sparten tätig ist und keine Differenzierung bei seinen Exporten vorgenommen hat. Da keine genaueren Informationen gewonnen werden konnten, wurde die Exportquote beibehalten. Es sei jedoch deutlich darauf hingewiesen, dass dieses Ergebnis mit Vorbehalt zu betrachten ist. Bei den Komponentenherstellern der Tiefengeothermie konnten keine Exporte festgestellt werden.

Im Bereich der stromerzeugenden und großen Biomasseanlagen konnten deutliche Unterschiede festgestellt werden. Im Bereich der Biomasse Heiz-/Kraftwerke konnten Exporte von 45 % bei den Herstellern und knapp 11 % bei der Zulieferindustrie ermittelt werden. Die Biogasanlagenhersteller wiesen Exporte in Höhe von 13 % aus, wobei die Komponentenhersteller auf einen Exportanteil von etwa 10 % kamen. Kein Export konnte bei den Herstellern von Anlagen zur stationären Nutzung von flüssiger Biomasse ermittelt werden. Die Zulieferindustrie erreichte dagegen Exporterfolge in Höhe von knapp 8 %.

Im Bereich der wärmeerzeugenden Anlagen weisen die Exporte der Anlagenhersteller über die Sparten hinweg vergleichsweise große Ähnlichkeiten auf. Die Exporte der Hersteller in der Solarthermiesparte lagen bei knapp 17 %, die durch die Exporte der Zulieferindustrie in

© GWS mbH 2011

Höhe von 30 % ergänzt wurden. Die oberflächennahe Geothermie erreichte nach Angaben der Hersteller 2007 eine Exportquote in Höhe von 17 %, ergänzt durch die Exporte der Zulieferindustrie in Höhe von 2 %. Im Bereich der festen Biomasse wiesen die Hersteller von kleinen Biomasseanlagen eine Exportquote von knapp 19 % aus, 12 % erreichte dagegen die Zulieferindustrie.

Tabelle 2-3: Befragungsergebnisse bezüglich des Exports der Hersteller sowie des Exports der Produktion der Zulieferer.

	Export der Hersteller bezogen auf den Umsatz	Produktionsexport Zulieferer bezogen auf den Umsatz
Wind onshore	57,5 %	53,7 %
Wind offshore	0,0 %	12,5 %
Photovoltaik	33,1 %	36,1 %
Solarthermie	16,5 %	29,7 %
Solarthermische Kraftwerke	100,0 %	66,1 %
Wasserkraft	72,1 %	74,25 %
Tiefengeothermie	60,0 %	0,0 %
oberflächennahe Geothermie	17,1 %	2,0 %
Biogas	12,9 %	9,6 %
flüssige Biomasse stationär	0,0 %	7,7 %
Biomassekleinanlagen	18,7 %	12,3 %
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	45,2 %	10,5 %
Quelle: Eigene Berechnungen.		

Bei den ausgewiesenen Exportquoten sei darauf hingewiesen, dass es sich um die durch die Befragung ermittelten Exportmengen handelt, die zu den ebenso ermittelten Summen der Umsätze in Relation gesetzt wurden. Bei einem Vergleich dieser Quoten mit Exportquoten aus anderen Quellen muss darauf geachtet werden, dass die Ergebnisse vergleichbar sind.

2.2.3.4 Außenhandel von Dienstleistungsunternehmen

Für den Außenhandel von reinen Dienstleistungsunternehmen wurde im Rahmen dieses Projektes angenommen, dass sich die Exporte mit den Importen in den meisten Sparten, bis auf die große Wasserkraft und die Solarthermischen Kraftwerke, in etwa die Waage halten. Eine genaue Erfassung der Dienstleistungsimporte und -exporte im Bereich erneuerbarer Energien ist generell schwierig. Die Hintergründe und Erkenntnisse zum Außenhandel der Dienstleistungsunternehmen werden im Folgenden zusammengefasst.

Bezüglich der Importe von Dienstleistungen im Bereich erneuerbarer Energien in Deutschland sind bislang keine Daten verfügbar. Die Ermittlung der Dienstleistungsimporte könnte theoretisch anhand einer Befragung von Investoren durchgeführt werden. Auf Grund der

© GWS mbH 2011

Vielzahl der in diesem Bereich aktiven Personen und Unternehmen in Deutschland konnte eine solche Erhebung im Rahmen dieses Projektes nicht durchgeführt werden. In der Sparte der Solarthermischen Kraftwerke kann jedoch davon ausgegangen werden, dass es auf Grund der fehlenden Potenziale für die Technologie in Deutschland keine Dienstleistungsimporte gab. Auch bei der großen Wasserkraft sind die bestehenden Potenziale weitestgehend ausgereizt. Auch hier kann daher die Annahme getroffen werden, dass keine Dienstleistungsimporte stattfanden.

Nicht nur die Ermittlung von Dienstleistungsimporten gestaltet sich als Herausforderung, auch die Erfassung der Exporte in diesem Bereich ist nicht trivial. Der Bereich der Dienstleistungen für erneuerbare Energien ist in weiten Teilen durch kleine Unternehmen geprägt. Eine repräsentative Erfassung dieser Unternehmen und ihrer Aktivitäten ist damit mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Die Exportaktivitäten der Dienstleistungsunternehmen, die im Rahmen dieser Untersuchung erfasst werden konnten, sind insofern nicht typisch, als dass lediglich Unternehmen mit mindestens 20 Mitarbeitern und einem Umsatz von 1 Mio. € berücksichtigt werden konnten. Diese Setzung war notwendig, um die primären Ziele dieser Befragung, nämlich die Vorleistungsverflechtungen und den Außenhandel der produzierenden Unternehmen, repräsentativ zu erfassen. Dadurch sind jedoch nur die Dienstleister erfasst worden, denen es allein auf Grund ihrer Größe möglich ist den Schritt ins Ausland zu machen. Eine realistische Hochrechnung auf dieser Grundlage ist damit nicht möglich. Die Ergebnisse der Befragung sollen dennoch dargestellt werden, um die Relevanz dieser Exportaktivitäten auf die Beschäftigung in Deutschland zu beleuchten.

Im Rahmen der detaillierten Unternehmensbefragung wurden 58 reine Dienstleister befragt. Diese Unternehmen beschäftigten insgesamt 3.321 Personen. 28 dieser Unternehmen wiesen dabei Exportaktivitäten aus. 2007 waren bei diesen Unternehmen 1.927 Mitarbeiter in Deutschland in Voll- und Teilzeit beschäftigt (insgesamt 1.800 Personenjahre). In der Auswertung des Außenhandels wurden die angegebenen Personenjahre für die Analyse herangezogen. Dies wird damit begründet, dass Mitarbeiter Projekte im Ausland wie auch im Inland bearbeiten können und sich die Angaben zu der Anzahl der Mitarbeiter, die im Export tätig sind daher nicht nur auf Teilzeitkräfte beziehen. Insgesamt wurden 430 Personenjahre benannt, die von in Deutschland angestellten Mitarbeitern für im Ausland zu erstellende Projekte verbucht wurden. Dies entspricht einem Anteil von knapp 24 % der Beschäftigten der relevanten Unternehmen. Im Fall der 11 Unternehmen, die in mehreren Sparten tätig waren, wurde die Verteilung der Exportbeschäftigten auf die verschiedenen Sparten der erneuerbaren Energien anhand der Exportumsätze durchgeführt. Insgesamt waren demnach etwa 178 Personenjahre (41 %) dem Bereich der Wasserkraft zuzuschreiben. Auf alle anderen Bereich entfallen demnach etwa 252 Personenjahre im Dienstleistungsexport, von denen 119 in der Windenergie zu finden waren und 40 in der Photovoltaik. Die restlichen 93 Personenjahre verteilen sich im Wesentlichen auf die Sparten Biogas, Biomasse Heiz-/Kraftwerke und Solarthermische Kraftwerke.

Die Relevanz der Dienstleistungsexporte ist dementsprechend für die Sparte der Wasserkraft am wichtigsten. Dies wird noch deutlicher, wenn man berücksichtigt, dass die Wasserkraft lediglich knapp 3 % der Beschäftigung des Jahres 2007 im Bereich erneuerbare Energien ausmachte (vgl. Kapitel 2.2.2). Insbesondere in der großen Wasserkraft haben die Bereiche Engineering und Planung eine vergleichsweise große Rolle im Export deutscher Unternehmen. Aus diesem Grund und da davon ausgegangen wird, dass keine Dienstleistungsimporte

© GWS mbH 2011

in dieser Sparte existieren, wurden die Dienstleistungsexporte der Wasserkraft bei der Ermittlung der Umsätze berücksichtigt.

Auch in der Sparte der Solarthermischen Kraftwerke wurden die Dienstleistungsexporte berücksichtigt. Dies hat vor allem damit zu tun, dass Aktivitäten in dieser Sparte grundsätzlich für Projekte im Ausland erfolgen. Gleichzeitig werden keine Dienstleistungen für deutsche Projekte importiert, da die direkte Sonneneinstrahlung in Deutschland nicht ausreicht, um diese Technologie auch zukünftig wirtschaftlich darzustellen.

Für alle anderen Sparten wurde hingegen wie eingangs bereits erwähnt angenommen, dass sich Dienstleistungsimporte und –exporte in etwa ausgleichen. Dies wird auch damit begründet, dass im Sinne der konservativen Herangehensweise bei der Ermittlung der Beschäftigungseffekte Exporte nur dann berücksichtigt werden, wenn auch die Importe darstellbar sind.

Für eine genauere Betrachtung der Dienstleistungsexporte und ihrer Relevanz für die deutsche Industrie sei auf das Projekt EXPEED verwiesen.[1]

2.2.3.5 Maximaler Export aus Unternehmenssicht

Bei der Ermittlung der Außenhandelsszenarien für erneuerbare Energien stellt sich die Frage welche Exportanteile die Unternehmen für strategisch maximal sinnvoll erachten. Diese Einschätzung wird Auswirkungen auf den langfristigen Ausbau der Produktionsstandorte haben und sollte daher in die Überlegungen zur Szenarienerstellung einfließen.

Im Rahmen der Unternehmensbefragung haben Insgesamt 360 Unternehmen die Frage nach den strategisch maximal sinnvollen Exportanteilen beantwortet. 102 dieser Unternehmen sind ausschließlich produzierende Unternehmen, weitere 43 Unternehmen sind ausschließlich im Bereich der Dienstleistungen tätig sind und 19 Unternehmen sind reine Handelsunternehmen. Die restlichen 196 Unternehmen sind in mehr als einem Bereich tätig. Etwa 40 % der antwortenden Unternehmen sind in mehr als einer Sparte tätig. Eine Differenzierung der maximalen Exportaussagen dieser Unternehmen nach Sparten ist im Rahmen der Befragung nicht erfolgt. Die Auswertung der Unternehmensangaben wird hier dennoch differenziert nach Sparten ausgewiesen. Die Ergebnisse wurden anhand des 2007er Umsatzes der deutschen Standorte im Bereich erneuerbarer Energien gewichtet und sind in Tabelle 2-4 dargestellt.

Nach Einschätzung der Unternehmen liegt demnach der strategisch maximal sinnvolle Export zwischen 50 und 70 % des Umsatzes aus deutscher Produktion. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Einschätzungen weitestgehend in einer Spannbreite von 50 % - 70 % befinden. Dabei liegen die Werte bei den Sparten rein wärmeerzeugender Anlagen eher niedriger als bei den stromerzeugenden Anlagen.

Die höchsten Werte werden insgesamt bei den Solarthermischen Kraftwerken (84 %) und der Wasserkraft (80 %) erreicht. Erklärt werden kann der vergleichsweise hohe Wert bei den Solarthermischen Kraftwerken, durch das fehlende Potenzial dieser Technologie in Deutschland. Diese Situation war bereits zum Zeitpunkt der Entscheidung in den Standort Deutschland zu investieren klar, wodurch die in diesem Bereich aktiven Unternehmen von Anfang an einen generell hohen Export vorgesehen hatten. Im Falle der Wasserkraft sind die Potenziale in Deutschland in weiten Bereichen ausgeschöpft, wodurch davon ausgegangen werden kann, dass die Unternehmen, die weiterhin am Standort Deutschland festhalten generell ebenfalls höhere Exportanteile als sinnvoll erachten.

[1] Vgl. www.expeed.de, der Endbericht ist veröffentlicht in Hirschl, Weiß 2009.

© GWS mbH 2011

Am unteren Spektrum der Einschätzung ist die Sparte der kleinen Biomasse zu finden. Hier lag die Einschätzung der Unternehmen bezüglich des strategisch maximal sinnvollen Exports lediglich bei 35 %.

Tabelle 2-4: Gewichtete durchschnittliche strategisch maximal sinnvolle Exportquoten.

	Maximale Exportquote
Wind onshore	70 %
Wind offshore	56 %
Photovoltaik	58 %
Solarthermie	56 %
Solarthermische Kraftwerke	84 %
Wasserkraft	80 %
Tiefengeothermie	67 %
oberflächennahe Geothermie	54 %
Biogas	63 %
flüssige Biomasse stationär	66 %
Biomassekleinanlagen	35 %
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	69 %
Quelle: Eigene Berechnungen.	

2.2.4 Struktur der Beschäftigung im Bereich der erneuerbaren Energien

Neben den wesentlichen Zielen die Vorleistungsverflechtungen sowie den Außenhandel der erneuerbaren Energiebranche auf eine belastbare statistische Grundlage zu stellen wurden einige Daten bezüglich der Struktur der Beschäftigung in der EE-Branche erfasst. Die Fragestellungen, die hier analysiert werden sollen können wie folgt formuliert werden: Wie große Hindernisse sieht die Branche beispielsweise, geeignete Fachkräfte zu rekrutieren und einzustellen? Wie begegnet sie einem eventuellen Fachkräftemangel durch Ausbildungsaktivitäten? Benötigt sie hierbei eventuell zielgerichtete Unterstützung? Wie unterscheidet sich die Branche in ihrer Beschäftigungsstruktur von den sonstigen Wirtschaftszweigen in Deutschland?

2.2.4.1 Ausbildung

Ein wesentliches Strukturmerkmale einer Branche in Deutschland ist die duale Ausbildung in den Unternehmen. Tabelle 2-5 zeigt eine Übersicht über die angegebenen Ausbildungsquoten in der EE-Branche. Im Durchschnitt über alle Sparten weisen die befragten Unternehmen eine Ausbildungsquote von 3,9% auf. Hierbei wurden die Auszubildenden in dualer Berufsausbildung ins Verhältnis zu den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten gesetzt.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-5: Ausbildungsquoten der befragten Unternehmen.

	Duale Ausbildung
PV	1,7%
Wasser	3,2%
Wind	7,0%
Solarthermie	4,8%
CSP	1,0%
oberflächennahe Geothermie	3,0%
tiefen Geothermie	5,0%
Biogas	3,2%
feste /flüssigeBiomasse	3,1%
EE gesamt	3,5%
Quelle: Eigene Auswertung der Befragungsergebnisse von 418 Unternehmen.	

Die Befragung konzentriert sich, wie eingangs beschrieben, auf die größeren Unternehmen und befragt die kleinen Zulieferer nicht. Auch die mit der Installation, dem Betrieb und der Wartung befassten Handwerksbereiche sind in der oben angegebenen Ausbildungsquote noch nicht enthalten. Dadurch ist die aus der Befragung abgeleitete Ausbildungsquote typischerweise systematisch geringer als die Ausbildungsquote für die gesamte Branche. Nachfolgend werden deshalb zur Vervollständigung des Bildes für die einzelnen Sparten Abschätzungen unter Berücksichtigung dieser Bereiche für das Jahr 2007 gegeben. Dabei werden die Ausbildungsquoten für die herstellenden Unternehmen aus der Befragung abgeleitet und um statistische Informationen ergänzt. Hierzu müssen Informationen zur Inputstruktur, also zur Struktur der Vorlieferindustrie herangezogen werden. Die unterlegte Inputstruktur basiert auf den Ergebnissen der Befragung.

2.2.4.1.1 Windenergie

Neben die Ausbildung in den Herstellerunternehmen (Quote 7%) treten die Ausbildungsgänge in den Zulieferindustrien, insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau, der Metallindustrie und den Geräten zur Elektrizitätserzeugung und –verteilung. In diesen Bereichen liegen die Ausbildungsquoten im Durchschnitt höher als in den Unternehmen der Windenergieanlagen. Dies ist zu einem großen Teil der Wachstumsdynamik der Windindustrie geschuldet, wodurch der Anstieg der Beschäftigung aus Flexibilitätsgründen mit größeren Anteilen an Zeitarbeitern abgedeckt wurde. Bei gleichbleibender oder leicht steigender Ausbildungstätigkeit scheint die Ausbildungsquote daher zu sinken. In den Zulieferindustrien hingegen trifft der Aufschwung auf etablierte Strukturen mit höherer Ausbildungsquote. Da die genauen Zahlen für 2007 nach Wirtschaftszweigen nicht vorliegen, wurden die Ausbildungsquoten der Zulieferindustrie mit den Wachstumsraten 2006/2007 der Ausbildung insgesamt und den Wachstumsraten der Ausbildung in den Wirtschaftszweigen 2005/2006 fortgeschrieben. Dies

© GWS mbH 2011

spiegelt die Annahme wider, dass sich der Zuwachs an Ausbildungsplätzen des „Ausbildungsboomjahres“ wie 2005/2006 auf die Wirtschaftszweige verteilt.

Kleinere Betriebe, insbesondere im Handwerk, bieten traditionell höhere Ausbildungsquoten als die großen Unternehmen. Insgesamt haben Betriebe mit 1-9 Beschäftigten eine etwa 1,5fache Ausbildungsquote im Vergleich mit Betrieben mit über 500 Beschäftigten. Rechnet man der im Bereich der Windenergie induzierten Ausbildungstätigkeit die mit der Industrie verbundenen Handwerksbereiche zu, so erhöht sich die Ausbildungsquote insgesamt auf 6,9**%.** Der Anteil des Handwerks ist jedoch an den Ausbau des inländischen Potenzials gebunden, bei Exporten von Anlagen werden die Installations- Betriebs- und Wartungsleistungen überwiegend von Unternehmen vor Ort durchgeführt.

2.2.4.1.2 PV

Unter den Herstellern von Modulen ergab sich in der Befragung eine Ausbildungsquote von 1,7%. In der Inputstruktur aus der Befragung 2008 ergaben sich die Bereiche „Geräte der Elektrizitätserzeugung und –verteilung (31) und Nachrichtentechnik, elektronische Bauelemente (32)“ als die wichtigsten Zulieferbereiche. In der Photovoltaikbranche haben sich in der Vergangenheit erhebliche Umstrukturierungen ergeben und wesentliche Bereiche der Wertschöpfungskette sind in Reaktion auf frühere Engpässe integriert worden. Daher ist die Ausbildungspraxis in dieser Branche von Unternehmen zu Unternehmen sehr unterschiedlich. Unsicherheit besteht auch bei der Einschätzung der Rolle des Handwerks und seines Umsatzanteils am Gesamtumsatz mit Photovoltaikanlagen. Rechnet man diese Faktoren ein, so erhöht sich die Ausbildungsquote und es lässt sich für 2007 eine Bandbreite von 4-5% angeben.

2.2.4.1.3 Solarthermie

Die Solarthermiebranche weist eine etwas höhere Ausbildungsquote in der Befragung von 4,8% auf. Wie im Falle der Windenergie werden wesentliche Inputs aus der metallverarbeitenden Industrie und aus dem Maschinen- und Anlagenbau geliefert. Die Rolle des Handwerks (SHK) ist größer (ausgedrückt in Umsatzanteilen). Darüber hinaus ist die Exportquote dieser Branche gering, so dass die Ausbildungsplätze in Betrieb, Wartung und Installation tatsächlich im Inland anfallen. Insgesamt lässt sich die Ausbildungsquote in diesem Bereich je nach unterstelltem Anteil des Handwerks zu zwischen 6 und **7%** abschätzen.

2.2.4.1.4 Biomasse (fest, flüssig, gasförmig)

Der Biomassebereich sticht -insbesondere der Biogasbereich -durch eine höhere Ausbildungsquote hervor, wenn man den Handwerksbereich „Landmaschinen und Elektrotechnik“ mit seiner hohen Ausbildungsquote von 12% einbezieht. Die Zulieferindustrie konzentriert sich ähnlich wie in anderen Branchen (für den Bereich der flüssigen Biomasse liegen derzeit keine Daten vor), allerdings umfasst sie einen geringeren Anteil des Produktionswerts. Insgesamt lässt sich eine Ausbildungsquote von 4,9 **%** (feste Biomasse) bis 6,3 **%** (Biogas) abschätzen.

© GWS mbH 2011

2.2.4.1.5 Sonstige Bereiche

Die sonstigen Bereiche (CSP, oberflächennahe Geothermie, Wasserkraft) erreichen eine Ausbildungsquote die bei knapp 5**%** liegt.

Um die Entwicklung der dualen Berufsausbildung – Befragungsergebnisse zu beleuchten, werden die Antworten der Unternehmen auf Fragen nach ihren Erwartungen an die zukünftige Entwicklung zusammengefasst.

Für das Jahr 2008 planten 57 % von 401 antwortenden Unternehmen in der Befragung die Anzahl der Ausbildungsplätze gegenüber 2007 konstant zu halten, knapp 33 % planen die Stellen aufzustocken und 10 % wollen weniger Ausbildungsplätze bereitstellen. Bis zum Jahr 2010 wollen knapp 53 % von 364 Unternehmen die zur Verfügung stehenden Ausbildungsplätze erhöhen. 39 % geben an die Anzahl konstant halten zu wollen und 8 % gedenken ihr Angebot zu verringern.

Insgesamt gaben in 2007 48 % der Unternehmen an auszubilden, für 2008 erhöht sich diese Quote auf 57% und für 2010 erwarten 69% der Unternehmen in der Ausbildung tätig zu werden.

Betrachtet man nun die Unternehmen, die für beide Jahre Angaben gemacht haben so kommt man auf eine Anzahl von 357 Unternehmen. Für das Jahr 2008 planen 33 % dieser Unternehmen die Anzahl der Ausbildungsplätze zu erhöhen, für das Jahr 2010 sind es 53 % der Unternehmen. Verringern wollen für 2008 etwa 10 % der Unternehmen 2010 sind es noch 8 % (57 % vs. 39 % gleichbleibend).

2.2.4.1.5.1 Ausbildung im EE-Bereich in 2008 und 2009

Der Beitrag des EE-Bereichs zum politisch gesteckten Ziel der Verbesserung der Situation auf dem Ausbildungsmarkt lässt sich aufgrund der vorliegenden Daten bislang kaum bewerten. Insgesamt schwächte sich in der Wirtschaft die Anzahl neuer Ausbildungsverträge in 2008 wieder ab, allerdings sank auch die Zahl der Bewerber. Jüngere und größere Unternehmen weisen typischerweise eine geringere Ausbildungsquote auf als etablierte, kleine Unternehmen. Da Ausbildungsverträge im letzten Quartal geschlossen werden und die gesamtwirtschaftlichen Unsicherheiten im letzten Quartal 2008 sich abzeichneten, können auch die Ausbildungsverträge hiervon beeinflusst sein. Günstig wirkt sich der Anstieg der installierten Leistungen in Deutschland aus, der zu zusätzlichem Bedarf auch beim beteiligten Handwerk mit seinen traditionell höheren Ausbildungsquoten führt. Die für 2007 angestrebten Zahlen (gut 11.000 Auszubildende, entspricht einer Quote von knapp 5,8 %) wurden erreicht. Weiterführende Abschätzungen sollten erst auf der Basis einer verbesserten Datenlage durchgeführt werden[2].

2.2.4.2 Weibliche Erwerbstätige

Deutschland liegt mit seiner Beschäftigungsquote von Frauen etwa auf dem EU-Durchschnitt; in Ländern wie Italien und Griechenland finden sich deutlich geringere Werte und die Skandinavischen Länder liegen deutlich darüber. Wenngleich sich die weibliche Be-

[2] Die statistischen Angaben zu den Ausbildungsquoten ausgewählter Wirtschaftsbereiche liegen derzeit nur für 2006 vor. Ein direkter Vergleich ist somit nicht möglich. Für 2006 weisen beispielsweise die Stahl-, Metallerzeugung, -verarbeitung eine Ausbildungsquote von 6% auf, der Maschinenbau von 6,4%.

© GWS mbH 2011

schäftigung insgesamt in den letzten Jahren immer erhöht hat, ist die Struktur noch eindeutig: technische Berufe sind unterrepräsentiert, Dienstleistungen, soziale Berufe und das Gastgewerbe weisen deutlich höhere Anteile weiblicher Mitarbeite auf als etwa die Energieversorgung insgesamt.

Tabelle 2-6: Anteil der weiblichen Erwerbstätigen nach Wirtschaftsbereichen im Jahr 2007.

EE-Branche		Ausgewählte Wirtschaftszweige	
PV	30,6%	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	32%
Wasser	18,6%	Bergbau ,Verarbeitendes Gewerbe	28%
Wind	20,0%	Energie- und Wasserversorgung	24%
Solarthermie	23,1%	Baugewerbe	12%
CSP	10,6%	Handel und Gastgewerbe	54%
oberflächennahe Geothermie	13,8%	Verkehr und Nachrichten	28%
tiefen Geothermie	15,2%	Kredit- und Versicherungsgewerbe	51%
Biogas	13,4%	Grundstückswesen, Vermietung, wirtschaftliche Dienstleistungen	48%
flüssige Biomasse	10,1%	Öffentliche Verwaltung u. ä.	44%
feste Biomasse	18,6%	Öffentliche und private Dienstleistung. (ohne öffentliche Verwaltung)	70%
EE gesamt	23,6%	Insgesamt	45%
Quelle: Eigene Berechnungen.			

Die durchschnittliche Quote liegt in Deutschland bei 45%. Die EE-Branche liegt genau auf der Höhe der Energie- und Wasserversorgung insgesamt. Die Hoffnung, dass sich insbesondere junge Frauen über den Klima- und Umweltschutzgedanken technischen Berufen und/ oder einem Ingenieursstudium zuwenden hat sich (noch) nicht erfüllt. Im Vergleich zu anderen Untersuchungen (Wissenschaftsladen 2007) liegen die Anteile weiblicher Erwerbstätiger in 2007 systematisch unter denen in 2006. Dies kann zum einen einer anderen Grundgesamtheit bei der Befragung geschuldet sein, zum anderen wurde in 2007 eine erheblicher Teil an Zeitarbeitskräften eingestellt (vgl. weiter unten) und unter diesen ist der Anteil weiblicher Kräfte deutlich geringere als auf dem restlichen Arbeitsmarkt.

2.2.4.3 Fachkräfte

Die Branchen der erneuerbaren Energien zeichnen sich durch einen ausgesprochen hohen Anteil an qualifizierten Arbeitnehmern, sowohl bezogen auf abgeschlossene Berufsausbildungen als auch bezogen auf Hochschulausbildung aus.

Im Durchschnitt haben 82 Prozent der Beschäftigten in der EE-Branche eine abgeschlossene Berufsausbildung, davon fast 40 % einen Hochschulabschluss. Der Durchschnitt über alle Wirtschaftsbereiche liegt bei knapp 70 Prozent mit abgeschlossener Berufsausbildung und nur

© GWS mbH 2011

knapp 10% mit einem Hochschulabschluss. Innerhalb der verschiedenen Technologien, die zu den erneuerbaren Energien beitragen, sind die Sparten, die sich noch relativ neuer und damit entwicklungsintensiver Technologien bedienen am stärksten durch Hochschulabgänger geprägt, wie zum Beispiel die tiefe Geothermie, Anlagen zur Nutzung flüssiger Biomasse im stationären Betrieb oder die konzentrierende Solarthermie.

Eine weitere Sparte, die sich durch ihren hohen Anteil an Hochschulabgängern auszeichnet, ist die Wasserkraft. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die in Deutschland erbrachten Leistungen im Bereich der großen Wasserkraft im Wesentlichen auf Fragen des Engineerings beschränkt sind. Die Beschäftigung hier ist überwiegend auf die Entwicklung und die Herstellung von Anlagen konzentriert, Der Anteil der Beschäftigten ohne Berufsabschluss hingegen ist über alle Technologien äußerst gering, er beträgt fast nur ein Viertel der vergleichbaren Kenngröße über alle Wirtschaftsbereiche (vgl. Tabelle 2-8).

2.2.4.4 Zeitarbeiter

Die Zeitarbeitsquote insgesamt ist in Deutschland in 2007 auf 2,5 % gestiegen. Im Vergleich hierzu liegt die Zeitarbeitsquote in der EE-Branche um das 3fache höher. Die Wachstumsbereiche PV und die gut ausgelasteten Bereiche der Windenergie, des Biogases und der oberflächennahen Geothermie weisen die höchsten Zeitarbeitsquoten auf. Ob es sich hierbei um Anpassungsreaktionen handelt, die in Festanstellungen münden, bleibt abzuwarten.

Tabelle 2-7: Zeitarbeitsquoten in ausgewählten Unternehmen im Jahr 2007.

	Anteil Zeitarbeiter
PV	7,3%
Wind	11,3%
Solarthermie	3,5%
oberflächennahe Geothermie	7,5%
tiefen Geothermie	4,1%
Biogas	7,6%
feste Biomasse	3,8%
EE gesamt	7,4%
Quelle: Eigene Auswertung der Befragungsergebnisse von 418 Unternehmen.	

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-8: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach abgeschlossener Berufsausbildung (2007).

	Anteil an allen Beschäftigten	Ohne	Mit	Mit Hochschulab-schluss		Ohne	Mit	Mit Hochschulabschluss
		abgeschlossener Be-rufsausbildung				abgeschlossener Be-rufsausbildung		
Fertigungsberufe	27,1%	22,7%	63,2%	0,6%	PV	5,8%	81,7%	34,7%
Kunststoffverarbeiter		40,6%	49,8%	0,4%	Wasser	1,7%	93,8%	57,0%
Rohrinstallateure		12,1%	76,3%	0,3%	Wind	0,9%	79,7%	27,1%
Maschinenschlosser		11,7%	83,9%	0,4%	Solarthermie	9,5%	80,3%	24,4%
Elektroinstallateure		11,9%	79,5%	0,7%	CSP	6,7%	84,8%	44,1%
Tischler		15,5%	71,8%	0,5%	Oberfl. Geothermie	6,6%	81,1%	15,3%
Hilfsarbeiter	2,1%	36,5%	39,4%	0,4%	tiefe Geothermie	2,1%	85,6%	50,4%
Technische Berufe	6,9%	4,0%	88,3%	37,7%	Biogas	2,5%	82,5%	33,1%
Elektroingenieur		2,9%	93,1%	77,7%	flüssige Biomas-se	0,0%	92,2%	57,3%
Sonstige Ingenieure		2,0%	89,7%	68,5%	feste Biomasse	3,1%	86,5%	29,7%
Insgesamt	100,0%	15,0%	69,5%	9,9%	EE gesamt	4,1%	82,1%	32,1%
Quelle: Statistisches Bundesamt 2008.					Quelle: Eigene Auswertung der Befragungsergebnisse von 418 Unternehmen.			

© GWS mbH 2011

2.3 Ermittlung der Bruttobeschäftigung 2007, 2008, 2009

Die empirische Schätzung der Bruttobeschäftigung für die Jahre 2007, 2008 und 2009 wie auch die modellhafte Analyse der Nettoeffekte der Ausbauszenarien beruht neben anderen Informationsquellen auf einer systematischen Darstellung der erneuerbaren Energien im Kontext der Input-Output-Rechnung. In der Vorgängerstudie BMU 2006 wurde hierfür erstmalig eine Vorgehensweise für die empirisch fundierte Darstellung der erneuerbaren Energien in der sektoralen Verflechtung der Volkswirtschaft entwickelt und erprobt. An dieser Stelle wird diese Vorgehensweise durch die Auswertung der neu durchgeführten Unternehmensbefragung (vgl. Abschnitt 2.1) auf einen aktualisierten Stand gebracht. Diese ist von großer Bedeutung, da die Branchen der erneuerbaren Energien sich in einem dynamischen Entwicklungsprozess befinden, welcher empirische Informationen – auch Strukturinformationen - schnell veralten lässt. Gleichzeitig wird die Analysetiefe der Untersuchung deutlich verbessert, da nunmehr 12 unterschiedliche Technologien innerhalb der erneuerbaren Energien betrachtet werden. Auch dies trägt zur verbesserten Qualität der Ergebnisse bei, da Ausdifferenzierungen in der Branche der erneuerbaren Energien nunmehr besser untersucht werden können.

Die durch die Nutzung erneuerbarer Energien ausgelösten volkswirtschaftlichen Effekte, insbesondere die hier im Zentrum des Interesses stehenden Beschäftigungswirkungen, beruhen sowohl auf Investitionen in neue Anlagen wie auch auf Ausgaben für den Betrieb des insgesamt vorhandenen Anlagenbestandes. Die Investitionen, die in einem Analysejahr getätigt werden, um Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien in Betrieb zu nehmen, lösen die sogenannten Herstellereffekte aus. Diese Effekte resultieren aus den jeweiligen jährlichen Investitionen in Deutschland, soweit hierfür im Inland gefertigte Produkte eingesetzt werden, sowie aus der Produktion von Anlagen in Deutschland, die ins Ausland exportiert werden. Wichtig für die Größe des Herstellereffektes sind also die jährlichen Investitionsvolumina für neu installierte Anlagen sowie die räumliche Verortung (Inland/Ausland) der Produktion.[1] Die wirtschaftlichen Effekte, die auf dem Betrieb der Anlagen (also der Erzeugung von Strom und/oder Wärme) basieren[2], werden vom gesamten Bestand der in Deutschland installierten Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien bestimmt, unabhängig davon, wo diese Anlagen hergestellt wurden.

Wegen der Unterschiedlichkeit der beiden angesprochenen Effekte (Herstellereffekt, Betriebseffekt) und der unterschiedlichen Datenlage in beiden Bereichen ist es sinnvoll, bei der Abbildung des Bereichs erneuerbare Energien im Kontext der Input-Output-Rechnung diese beiden Aktivitäten in zwei unterschiedlichen Produktionsbereichen darzustellen. Bei der konkreten Umsetzung werden also die beiden Produktionsbereiche

- Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien
- Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

getrennt abgeleitet und analysiert.

[1] Hinzu kommen noch die Ausfuhren von Anlagenkomponenten, die methodisch aber an anderer Stelle berücksichtigt werden.

[2] Die für bestimmte Technologien benötigten biogenen Brennstoffe werden gesondert berücksichtigt.

© GWS mbH 2011

2.3.1 Methodische Grundlagen zur Abbildung eines neuen Sektors im Analyserahmen der Input-Output-Rechnung

Die Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes ist die allgemein akzeptierte Informationsbasis, in der Daten zur sektoralen Wirtschaftsentwicklung in Deutschland systematisch zusammengestellt werden. Die amtliche Input-Output-Rechnung ist Teil der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und auch für die Ermittlung wichtiger gesamtwirtschaftlicher Kennziffern auf der Angebots- und Verwendungsseite des Bruttoinlandsprodukts unverzichtbar. Die nationale Rechnung ist international methodisch abgestimmt und folgt den Methoden und Konzepten des Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen - ESVG 1995.[1] Zum Zeitpunkt der Durchführung der Untersuchung war als aktuelle Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes die Tabelle für das Berichtsjahr 2006 verfügbar.[2]

Input-Output-Tabellen geben einen detaillierten Einblick in die Güterströme und Produktionsverflechtungen in der deutschen Volkswirtschaft und mit der übrigen Welt. Die amtlichen Tabellen des Statistischen Bundesamtes verfügen über eine Gliederungstiefe von 71 Produktionsbereichen. Sie sind die empirische Grundlage für vielfältige wirtschaftliche Analysen, insbesondere auch sektoral disaggregierte Modellierungsaktivitäten, und bieten zahlreiche Verknüpfungsmöglichkeiten mit anderen Datenquellen (sog. Satellitensysteme) wie z.B. der Umweltökonomischen Gesamtrechnung.

Ein besonderes Kennzeichen der Input-Output-Rechnung ist, dass die zwischen den Wirtschaftsbereichen fließenden Waren- und Dienstleistungsströme methodisch abgestimmt sind. 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 Definitionsrahmen einer Input-Output-Tabelle ist somit auch für den neuen Produktionsbereich die Konsistenz der Abbildung gewährleistet. Der Prozess der Einbindung eines neuen Produktionsbereichs erfordert somit eine Reihe von Abstimmungs- bzw. Berechnungsschritten, 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. Gleichzeitig erhöht die Abbildung der erneuerbaren Energien als abgegrenzte, eigenständige Bereiche auch die Flexibilität der sich an die Datenaufbereitung anschließenden Modellierung.

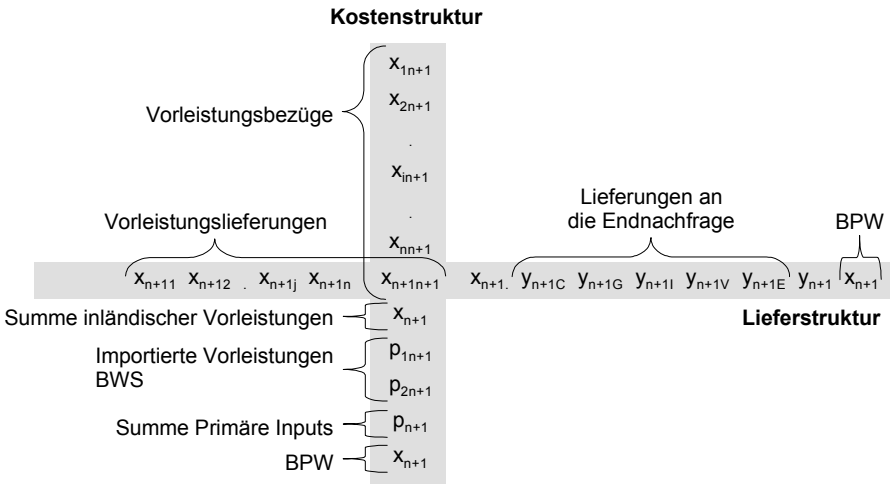
Im Rahmen einer Input-Output-Tabelle wird die Struktur einer neuen Branche (z.B. der Branche Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien) auf der Kostenseite dadurch bestimmt, in welchem Umfang Vorleistungen von den übrigen Sektoren der deutschen Volkswirtschaft und aus dem Ausland in Anspruch genommen werden und in welchem Umfang in der Branche eigene Wertschöpfung generiert wird. Formal werden diese

[1] Vgl. Eurostat 1996. Nur bei der Verbuchung der firmeninternen Lieferungen und Leistungen (der sog. Weiterverarbeitungsproduktion) weichen die Konventionen der Input-Output-Tabellen von diesem Konzept ab.

[2] Vgl. Statistisches Bundesamt 2010.

© GWS mbH 2011

Informationen durch eine neue, zusätzliche Spalte in der Input-Output-Tabelle repräsentiert, welche die Input- bzw. Kostenstruktur des neuen Sektors widerspiegelt. Die Lieferungen des neuen Sektors werden in einer neuen, zusätzlichen Zeile abgebildet, die seine Output- bzw. Absatzstruktur beschreibt. In der Zeile wird verbucht, in welchem Umfang der neue Sektor Güter an die anderen Branchen der Volkswirtschaft bzw. an die Endnachfrage liefert. In der Endnachfrage werden die Güter verbucht, die entweder dem Privaten Verbrauch dienen oder als Investitionsgüter letzte Verwendung finden. Auch die Lieferungen ins Ausland (Exporte) werden gesondert in der Endnachfrage ausgewiesen.



DIW Berlin

Abbildung 2-1: Schematische Abbildung eines neuen Produktionsbereichs im Kontext einer Input-Output-Tabelle.

Der Fokus der Darstellung liegt darauf, die Produktionsprozesse zur Herstellung bzw. zum Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in ihrer güterwirtschaftlichen Verflechtung mit den übrigen Branchen der Volkswirtschaft abzubilden, also in realwirtschaftlicher Betrachtungsweise die Güterströmen zwischen den „traditionellen“ und den neu eingeführten Sektoren in der Volkswirtschaft zu erfassen. Die Güterströme werden wertmäßig, also in Geldeinheiten, erfasst. Die mit den Güterströmen darüber hinaus verbundenen finanziellen Transaktionen stehen nicht im Mittelpunkt der Darstellung.

Bei der Betrachtung der erneuerbaren Energien lassen sich je nach Detaillierungsgrad verschiedene Technologien unterschieden. Unter analytischen Gesichtspunkten ist eine Abbildung möglichst homogener neuer Produktionsbereiche wünschenswert. Wichtig ist in diesem Zusammenhang vor allem die Überlegung, dass die technisch-ökonomischen Charakteristika der betrachteten Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, z.B. die relevanten Kostenstrukturen und Technologien bei der Herstellung, sich deutlich unterscheiden. Dies ist augenscheinlich, wenn man zum Beispiel die Produktionsprozesse zur Herstellung von Windkraftanlagen einerseits und Photovoltaikanlagen andererseits vergleicht. Eine weitere Differenzierung der Produktionsbereiche erhöht die Homogenität der abgebildeten Technologien. Gleichzeitig ergibt sich aus einer solchen Differenzierung ein erhöhter

© GWS mbH 2011

Aufwand der Informationsgewinnung und der Abbildung im Rahmen der Input-Output-Tabelle.

Bei den im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritten zur Abbildung der Produktionsbereiche Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien werden entsprechend den oben genannten Überlegungen in einer ersten Analysestufe folgende Unterkategorien (Sparten) getrennt betrachtet:

(1) Wind onshore,

(2) Wind offshore,

(3) Photovoltaik,

(4) Solarthermie,

(5) Solarthermische Kraftwerke,

(6) Wasserkraft,

(7) Biogas,

(8) flüssige Biomasse stationär,

(9) Biomasse Heiz- und Kraftwerke,

(10) Biomassekleinanlagen,

(11) Tiefengeothermie und

(12) oberflächennahe Geothermie.

Obwohl selbst bei dieser tiefen Disaggregation innerhalb der Sparten noch Unterschiede in den abzubildenden Produktionsprozessen und Kostenstrukturen bestehen können, weisen diese doch eine deutlich höhere Homogenität auf als der Bereich erneuerbare Energien insgesamt. Für jede der betrachteten Sparten werden also als analytische Zwischenschritte zunächst Kostenstrukturen in Abgrenzung der Input-Output-Analyse ermittelt. Am Ende des Abbildungsprozesses werden diese dann wieder durch Aggregation zusammengeführt und bilden die Grundlage für die Darstellung der Bereiche Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien.

2.3.2 Input-Output Vektor für die Abbildung der Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien (nach Technologien)

Die konkrete Vorgehensweise bei der Abbildung des zusätzlichen Produktionsbereichs Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Rahmen der Input-Output-Rechnung ergibt sich einerseits aus den Informationsnotwendigkeiten einer solchen systematischen Abbildung und andererseits aus den tatsächlich zur Verfügung stehenden Daten und Informationen.

Als wichtige Informationsquellen werden in diesem Untersuchungsschritt herangezogen:

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

© GWS mbH 2011

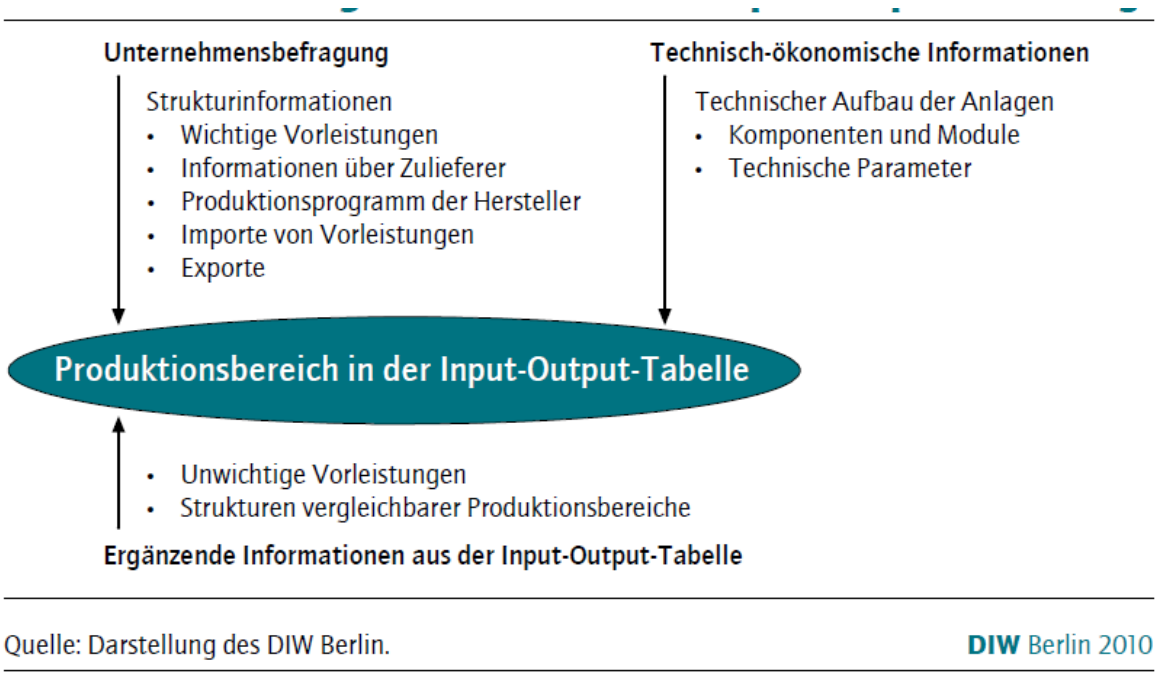


Abbildung 2-2: Abbildung des neuen Bereichs „Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien“ im Kontext der Input-Output-Rechnung.

2.3.2.1 Aufbereitung der Unternehmensbefragung

In diesem Abschnitt werden die Informationen zielgerichtet weiterverarbeitet, die sich aus der oben beschriebenen Unternehmensbefragung für die Abbildung der erneuerbaren Energien im Kontext der Input-Output-Analyse gewinnen lassen. Bei der Konzipierung der Befragung und bei der Entwicklung der Erhebungsinstrumente wurde darauf geachtet, dass wesentliche Informationen für die geplante Abbildung des Produktionsbereichs Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in geeigneter Weise abgefragt wurden (vgl. Anhang, in dem die verwendeten Erhebungsinstrumente dokumentiert sind). Insbesondere wurde für jede der betrachteten zwölf Technologien eine detaillierte Komponentenliste erarbeitet. Die Komponentenlisten sind so gegliedert, dass sie sich mit der entsprechenden Systematik der Produktionsbereiche der amtlichen Input-Output-Tabellen[1] verknüpfen lassen. Auf diese Weise lassen sich die in der Unternehmensbefragung erhobenen Informationen in geeigneter Weise auf Produktionsbereiche der Input-Output-Tabelle umschlüsseln. Für diesen Zweck wurde eine Schnittstelle für die Datenübergabe von Ergebnissen der Unternehmensbefragung für die Abbildung im Input-Output-Kontext definiert.

Ein erster, wichtiger Schritt der Auswertung bestand darin, die befragten Unternehmen auf Basis ihrer eigenen Angaben und weiterer Plausibilitätsprüfungen in die Teilgruppen Hersteller und Zulieferer einzuordnen. Tabelle 2-9 gibt einen Überblick über die Zahl und Struktur der befragten Unternehmen, die unter diesem Blickwinkel verwertbare Informationen bereitgestellt haben.

[1] Für die entsprechenden Systematiken vgl. Klassifikation der Wirtschaftszweige mit Erläuterungen - Ausgabe 2003 (WZ 2003) sowie Statistische Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft - Ausgabe 2002 (CPA).

© GWS mbH 2011

Insgesamt konnten in der neuen Befragung 139 Unternehmen mit verwertbaren Angaben als Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien identifiziert werden. Dies sind nahezu doppelt so viele Hersteller wie in der ersten Befragung (72 Hersteller) (BMU 2006). Auch die Informationslage bei den Angaben zur Höhe und Struktur von Vorleistungen aus dem In- und Ausland hat sich auf Grundlage der neuen Befragung erheblich verbessert. 93 Unternehmen gaben verwertbare Informationen zum Bezug von Vorleistungen aus dem Inland, 112 machten Angaben zum Bezug von Vorleistungen aus dem Ausland (dort wurde nur die Höhe und nicht die gütermäßige Struktur der Vorleistungen erfragt). Betrachtet man die einzelnen Technologiebereiche, so lassen sich zu allen Bereichen Hersteller zuordnen. Die größte Anzahl befragter Hersteller mit verwertbaren Antworten gibt es in der Solarthermie, gefolgt von Biogas und Photovoltaik.[1]

Über die Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien hinaus machten weitere 521 Unternehmen verwertbare Informationen. Hierbei handelt es entweder um Unternehmen, die Vorleistungsprodukte für den Herstellungsprozess zuliefern oder um Unternehmen, die sich mit dem Handel von Anlagen beschäftigen.

Tabelle 2-9: Übersicht der befragten Unternehmen nach Herstellern und Zulieferern.

Technologie	Hersteller					Zulieferer und Händler
	Anzahl		mit Angabe zur Vorleistungsstruktur im Inland		mit Angabe zu importierten Vorleistungen	Anzahl
	2007	2004	2007	2004	2007	2007
Wind	11	7	3	7	5	97
onshore	9		1		3	73
offshore	2		2		2	24
Photovoltaik	23	20	15	7	17	133
Solarthermische KW	1		1		1	7
Solarthermie	33	12	24	1	26	82
Wasser	9	6	5	2	7	21
Biogas/ fl. Biomasse stationär	29	13	20		26	65
Biogas	26		18		23	55
flüssige Biomasse stationär	3		2		3	10
Biomasse	22	8	15	5	19	78
Biomasse groß	11		8		10	34
Biomasse klein	11		7		9	44
Geothermie	11	6	10	0	11	38
Geothermie tief	1		1		1	11
Geothermie Wärme	10		9		10	27
Alle Technologien	139	72	93	22	112	521

[1] Angaben zur jeweils in der Befragung erreichten Marktabdeckung finden sich im Abschnitt zur Unternehmensbefragung.

© GWS mbH 2011

Quelle: Zusammenstellung des DIW Berlin auf Basis der Unternehmensbefragung.

Die Aufbereitung der Unternehmensbefragung liefert wichtige Strukturinformationen, die die wesentliche Grundlage für die Abbildung des Bereichs Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Kontext der Input-Output-Rechnung bilden.

Insbesondere lassen sich folgende Informationen generieren:

- Angaben über wichtige Vorleistungsbezüge der Hersteller in tiefer sektoraler Gliederung,
- Angaben über die Aufteilung der Vorleistungsbezüge nach regionaler Herkunft (Inland/Ausland),
- Detaillierte Angaben über das Produktionsprogramm der Hersteller in tiefer gütermäßiger Zusammensetzung,
- Informationen über die Exporte der Hersteller und der Zulieferer sowie
- Strukturinformationen über Umsätze der Zulieferer sowie über deren gütermäßige Zusammensetzung.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass über die Struktur der aus dem Inland bezogenen Vorleistungen sowohl Informationen aus der Sicht der nachfragenden Hersteller wie auch aus Sicht der anbietenden Zulieferer vorhanden sind. Dies erlaubt eine Plausibilitätsprüfung und inhaltliche Abstimmung von verwendungs- und angebotsseitigen Informationen, die für eine Input-Output orientierte Darstellung der gütermäßigen Verflechtung der Produktionsbereiche wichtig ist.

Auf Basis der erhobenen Unternehmensinformationen und nach geeigneter Aufbereitung lassen sich des weiteren einige abgeleitete Kennziffern berechnen, die im Zuge der Abbildung des neuen Sektors als Kontrollgrößen für Plausibilitätsprüfungen herangezogen werden können. Wichtige abgeleitete Kenngrößen sind z.B. die Vorleistungsquote (Anteil der Vorleistungsbezüge am Umsatz) bzw. die Wertschöpfungstiefe (Anteil der im Unternehmen bzw. in der Branche selbst erbrachten Wertschöpfung am Umsatz). Diese sowohl auf der Unternehmensebene wie auch auf der Ebene der jeweils abgebildeten Technologie zu berechnenden Kennziffern ermöglichen zum einen, auf der Unternehmensebene Ausreißer in der Befragung zu identifizieren, deren Werte dann einer vertieften Überprüfung unterzogen werden können.[1] So können zum Beispiel Unternehmen identifiziert werden, die vorrangig im Handel tätig sind und die bei der Abbildung im Kontext der Input-Output-Tabellen gesondert zu behandeln sind. Gleichzeitig erlauben die Kennziffern auf der Ebene der jeweiligen betrachteten Technologie Rückschlüsse darüber, wie sich die einzelnen Technologien in das Gesamtbild der Branche einfügen.

Die Abdeckung und Validität der Ergebnisse der Unternehmensbefragung ist in den zwölf betrachteten Technologiebereichen unterschiedlich. Trotz der Vertiefung der Analyseebene konnte in größerem Umfang als in der Voruntersuchung unmittelbar auf Ergebnis-

[1] So können zum Beispiel Unternehmen identifiziert werden, die vorrangig im Handel tätig sind und die bei der Abbildung im Kontext der Input-Output-Tabellen gesondert zu behandeln sind. Für die Verbuchung von Handelsleistungen für Produkte aus eigener Produktion gelten in der Input-Output-Rechnung bestimmte Konventionen, während Unternehmen, die Handelsleistungen im eigentlichen Sinne erbringen, in einem eigenen Sektor verbucht werden.

© GWS mbH 2011

se der Unternehmensbefragung zurückgegriffen werden. Nur in den Bereichen Wasserkraft[1], flüssige Biomasse stationär sowie Tiefengeothermie[2] konnte nicht auf Strukturinformationen der Unternehmensbefragung zurückgegriffen werden, weil die Informationen unzureichend oder nicht hinreichend plausibel waren. Die derzeit vom Volumen der Investitionen her wesentlichen Technologien der erneuerbaren Energien konnten durch verbesserte Befragungsergebnisse abgedeckt werden.[3]

2.3.2.2 Technisch-ökonomische Informationen

Im Vorfeld der Befragung wurde – in Ergänzung zu den schon vorhandenen Informationen aus der Vorläuferuntersuchung – eine aktuelle Auswertung der Fachliteratur durchgeführt, um detaillierte Informationen über den technischen Aufbau der unterschiedlichen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien zu sammeln. Darüber hinaus konnte auch die spezifische Expertise der beteiligten Forschungsinstitute genutzt werden. Zusammengenommen diente dies zum einen dazu, für die Unternehmensbefragung detaillierte Komponentenlisten über die technische Zusammensetzung der Anlagen zu entwickeln. Zum anderen dienen diese technisch-ökonomische Informationen dazu, ingenieurtechnische Parameter und ökonomische Parameter, zum Beispiel Kenngrößen über Kostenanteile in der Produktion, abzuleiten. Hauptzweck dieser Informationen ist es, die aus den Ergebnissen der Unternehmensbefragung abgeleiteten Informationen auf Unternehmensebene einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen.

Darüber hinaus sind die Informationen auch notwendig, um bestehende Informationslücken, die sich aus fehlenden bzw. unzureichenden Angaben in der Befragung ergeben, zu schließen. Durch das Zusammenwirken von Befragungsergebnissen und Nutzung der gesammelten technisch-ökonomischen Informationen ist eine in sich abgestimmte Abbildung des Produktionsprozesses zur Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien möglich. Aus den Ausführungen zur Verwertbarkeit der Ergebnisse der Unternehmensbefragung ist erkennbar, dass für einige Technologiebereiche stärker auf Befragungsergebnisse zurückgegriffen werden kann, für andere Bereichen (wie Wasserkraft oder Tiefengeothermie) muss stärker auf technisch-ökonomische Informationen auf Basis von Expertenwissen gesetzt werden.

---

[1] Auf Grund der langen Tradition der Wasserkraft kann in dieser Branche auf aussagekräftige ingenieurtechnische Informationen zurückgegriffen werden, um Defizite der Datenlage aus der Erhebung weitgehend auszugleichen.

[2] Der Bereich Tiefengeothermie ist überwiegend noch in einer frühen Marktphase, die durch Pilotprojekte und forschungsorientierte Vorhaben gekennzeichnet ist. Insofern ist es besonders schwierig, belastbare Informationen aus der Unternehmensbefragung abzuleiten.

[3] Eine besondere Situation ergibt sich im Bereich Windenergie, wo sich eine hohe Marktabdeckung (76%) der antwortenden Unternehmen ergibt, aber die Informationen zur Struktur des inländischen Vorleistungsbezugs nicht so aussagekräftig war wie in der Voruntersuchung. Dies konnte jedoch durch Daten und Ergebnisse aus der letzten Untersuchung in Kombination mit Informationen aus anderen Quellen ausgeglichen werden. Dies ist im Bereich Windenergie möglich, weil auf der Ebene der Hersteller nur eine begrenzte Anzahl von Akteuren am Markt tätig ist.

© GWS mbH 2011

2.3.2.3 Ergänzende Informationen aus der amtlichen Input-Output-Rechnung

Es ist im Rahmen einer freiwilligen telefonischen Unternehmensbefragung mit geeigneten Erhebungsinstrumenten möglich, Informationen über wesentliche, unmittelbar mit dem Produktionsprozess verbundene Kostenbestandteile zu erheben. Dies setzt jedoch, wie im Abschnitt zur Unternehmensbefragung dargestellt, einen intensiven Kommunikationsprozess mit dem befragten Unternehmen voraus. Nicht möglich ist es jedoch, auf diesem Erhebungsweg für das Unternehmen eher unbedeutende Kostenelemente abzufragen, die im Unternehmen in der Regel dem Bereich der Gemeinkosten zuzurechnen sind.[1] Dies gilt für die hier benötigten Informationen in Besonderem, da die Kostenelemente in tiefer gütermäßiger Gliederung benötigt werden.

Da für die Abbildung des neuen Produktionssektors eine möglichst vollständige Beschreibung der Verflechtung mit den übrigen Sektoren der Volkswirtschaft angestrebt wird und aus Konsistenzgründen im Kontext der Input-Output-Analyse eine Berücksichtigung aller Kostenelemente notwendig ist, werden die in der Unternehmensbefragung nicht unmittelbar erhebbaren Kostenbestandteile „synthetisch“ aus anderen Informationen ermittelt und mit den originär erhobenen Kostenelementen zusammengeführt.

Für jede der zwölf betrachteten Technologien werden eine oder mehrere Produktionsbereiche identifiziert, die mit dem Produktionsprozess der abzubildenden Technologie aus Sicht der involvierten Produkte und Produktionsprozesse eine größere Ähnlichkeit aufweisen.[2] Da über das Produktionsprogramm der jeweiligen Hersteller sowohl Informationen aus der Unternehmensbefragung wie auch auf der Grundlage der technisch-ökonomische Informationen auf Basis von Expertenwissen detaillierte Informationen vorliegen, können die ähnlichen Branchen der Volkswirtschaft recht gut identifiziert werden.

Die Informationen über die „unwichtigen“ Kostenelemente der ähnlichen Produktionsbereiche[3] werden dann dazu genutzt, die zuvor auf andere Weise ermittelten Kostenstrukturen der Hersteller von Anlagen zur Erzeugung Erneuerbarer Energien zu ergänzen. Für die unterschiedlichen Technologien werden unter anderem die Produktionsbereiche

- Herstellung von Maschinen,
- Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung und -verteilung,
- Herstellung von Metallerzeugnissen,
- Herstellung von Erzeugnissen für die Rundfunk- und Nachrichtentechnik,
- Herstellung von chemischen Erzeugnisse,
- Herstellung von Glas und Glaswaren,

[1] In Erhebungen, die vom Statistischen Bundesamt auf gesetzlicher Grundlage durchgeführt werden, besteht in vielen Fällen eine Auskunftspflicht der Unternehmen. Informationen in der hier benötigten Detaillierung werden auch dort nur in wenigen ausgewählten Erhebungen abgefragt.

[2] Die Kostenstrukturen solcher ähnlichen Produktionsbereiche sind in geeigneter Weise vorhanden. Sie lassen sich den jeweiligen amtlichen Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes entnehmen (entsprechende Spalten der Matrix der Input-Koeffizienten für die inländische Verflechtung).

[3] Werden statt einer Brache mehrere Branchen als geeignete Vergleichsbranchen identifiziert, werden deren Strukturen als gewichtete Durchschnitte herangezogen.

© GWS mbH 2011

- Bauinstallations- und sonstige Bauarbeiten,
- Unternehmensbezogene Dienstleistungen

herangezogen.

Einen schematischen Überblick über die je nach Technologiebereich herangezogenen Informationsquellen zur Schätzung der jeweiligen Kostenstrukturen gibt Tabelle 2-10.

Tabelle 2-10: Übersicht über Nutzung der Informationsquellen für die Schätzung des I-O-Vektors.

	Ergebnisse der Unternehmensbefragung	Technisch-ökonomische Informationen	Synthetische Ergänzungen aus I-O Tabelle
Wind onshore	X	X	X
Wind offshore	X[1)]	X	X
Photovoltaik	X	X	X
Solarthermie	X	X	X
Solarthermische Kraftwerke	O	X	X
Wasserkraft	(X)[2)]	X	X
Biomasse groß	X	X	X
Biomasse klein	X	X	X
Biogas	X	X	X
Biomasse flüssig stationär	O	X	X
Geothermie tief	O	X	X
oberflächennahe Geothermie (Wärmepumpen)	X	X	X
Legende: X Information in Schätzung eingeflossen. O Information nicht in Schätzung eingeflossen 1) auch Informationen für onshore Windindustrie eingeflossen. 2) Informationen aus Unternehmensbefragung mit geringem Informationsgehalt.			
Quelle: Zusammenstellung des DIW Berlin.			

2.3.2.4 Schätzergebnis für den I-O Vektor für die Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien für das Jahr 2007

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Informationsquellen und Arbeitsschritte bilden die Grundlage für Abschätzungen der jeweiligen Kostenstrukturen zur Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien differenziert nach 12 Technologien. In die Schätzung fließen die entsprechend den Konventionen der Input-Output-Rechnung aufbereiteten Ergebnisse der Unternehmensbefragung, die ergänzenden Informationen auf Basis

© GWS mbH 2011

von technisch-ökonomischem Expertenwissen sowie die durch Hinzufügung von unwichtigen Kostenelementen aus ähnlichen Produktionsbereichen synthetisch ermittelten Kostenbestandteile ein.

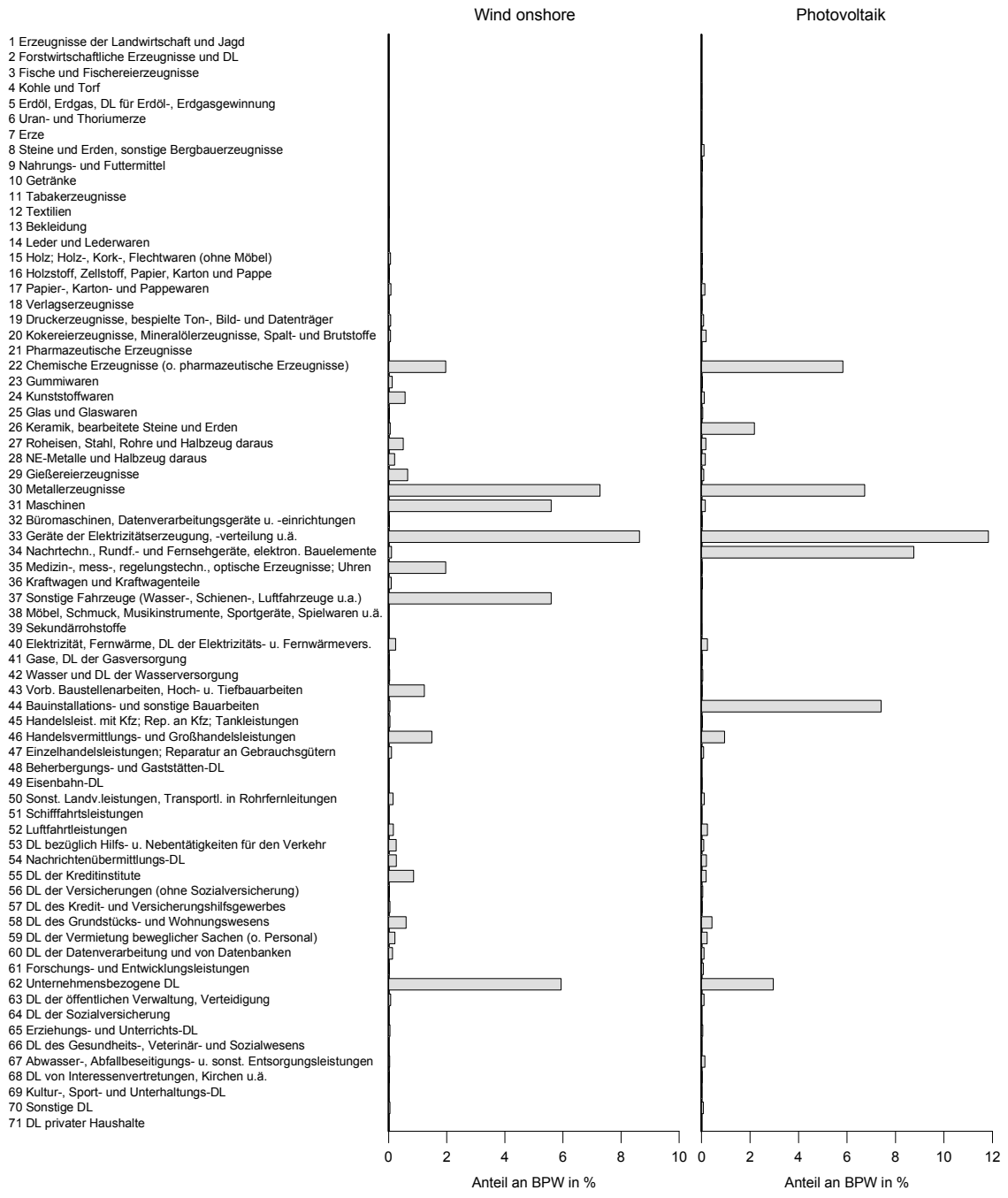
Tabelle 2-11 gibt einen Überblick über ausgewählte Kenngrößen der Kostenstruktur der einzelnen Technologien. Ausgewiesen sind der Anteil inländischer Vorleistungen am Bruttoproduktionswert (inländische Vorleistungsquote), der Anteil importierter Vorleistungen am Bruttoproduktionswert (ausländische Vorleistungsquote) sowie der Anteil der brancheninternen Wertschöpfung am Bruttoproduktionswert (Wertschöpfungstiefe).

Für alle drei Kennziffern ergeben sich teilweise erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Technologien. Die inländische Vorleistungsquote bewegt sich überwiegend zwischen 40% und 50%, ist für Solarthermie und Biogas jedoch deutlich höher. Zur Illustration sind für die Technologien Winde onshore und Photovoltaik die Anteile von inländischen Vorleistungen am Bruttoproduktionswert grafisch aufbereitet in Abbildung 2-3 dokumentiert.

Tabelle 2-11: Anteil von inländischen und importierten Vorleistungen am Bruttoproduktionswert in %.

	Anteil inländischer Vorleistungen in %	Anteil importierter Vorleistungen in %	Brancheninterne Wertschöpfung in %	Bruttoproduktionswert
Wind onshore	45,9	24,0	30,1	100
Wind offshore	45,6	14,0	34,4	100
Photovoltaik	50,8	14,9	34,3	100
Solarthermie	70,8	11,6	17,6	100
Solarthermische Kraftwerke	47,1	15,5	37,4	100
Wasserkraft	39,7	23,0	37,3	100
Biomasse groß	53,2	8,0	38,8	100
Biomasse klein	40,7	10,3	49,0	100
Biogas	60,6	8,7	30,7	100
Biomasse flüssig stationär	43,1	10,3	46,6	100
Geothermie tief	55,4	12,6	32,0	100
(Wärmepumpen)	36,3	9,8	53,9	100
EE Insgesamt	48,8	16,6	34,6	100
Quelle: Schätzungen des DIW Berlin.				

© GWS mbH 2011



Quelle: Schätzungen des DIW Berlin. DIW Berlin

Abbildung 2-3: Inländische Vorleistungen zur Herstellung von Anlagen für Wind onshore und Photovoltaik.

Der Anteil von importierten Vorleistungen am Bruttoproduktionswert ist bei Wind onshore (24%) und bei Wasserkraft (23%) höher als im Durchschnitt; hierin kommt auch der hohe Grad internationaler Arbeitsteilung bei Maschinenbau ähnlichen Produktionsprozessen zum Ausdruck. Erheblich geringer ist die Bedeutung von importierten Vorleistungen für die verschiedenen Technologien aus den Bereichen Biomasse und Biogas. Ein quantitativ bedeutender Teil dieser Anlagen besteht aus Komponenten, die kostengünstiger ortsnah gefertigt werden. Als Differenz zwischen inländischen und ausländischen Vorleis-

© GWS mbH 2011

tungen und dem Bruttoproduktionswert ergibt sich die jeweilige Wertschöpfungstiefe. Sie bewegt sich bei den einzelnen Technologien in der Regel zwischen 30% und 40%, nur für Solarthermie ist sie deutlich geringer.

Für die jeweiligen Technologien werden in einem weiteren Arbeitsschritt die branchentypischen Arbeitskoeffizienten abgeschätzt. Die Arbeitskoeffizienten erlauben es in der Input-Output-Analyse die durch die Produktion der jeweiligen Branche direkt auslöste Beschäftigung abzuleiten. Die Arbeitskoeffizienten sind definiert als der zur Erbringung einer Bruttoproduktion von 1 Mill. € direkt in der Branche notwendige Arbeitseinsatz in Personen. Die Arbeitskoeffizienten nach Technologien werden auf Basis der Schätzung der Vorleistungsstrukturen bzw. der daraus folgenden Wertschöpfungstiefe unter Einbeziehung der Ergebnisse der Unternehmensbefragung abgeleitet. In den Technologiebereichen, in denen die Ergebnisse der Unternehmensbefragung nicht aussagekräftig waren - und generell zur Plausibilitätsprüfung – wurde auf entsprechende Informationen zum Arbeitsentgelt nach Produktionsbereichen in der Input-Output-Tabelle und auf Daten des Statistischen Bundesamtes zu den Arbeitsentgelten der Arbeitnehmer in tiefer sektoraler Gliederung zurückgegriffen. Wegen der unterschiedlichen Wertschöpfungstiefe der Produktionsstrukturen der betrachteten Technologiebereiche und wegen unterschiedlicher durchschnittlicher Entlohnungsniveaus unterscheiden sich die geschätzten Arbeitskoeffizienten.

Die Gesamtstruktur der Branche Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ergibt sich wie beschrieben durch Aggregation aus den betrachteten zwölf Technologiebereichen. Zur Gewichtung der einzelnen Technologien werden die jeweils abzuschätzenden im Inland wirksamen Nachfragevolumina der Teilbranchen im jeweiligen Berichtsjahr herangezogen.

Wichtige Kenngrößen für die Abschätzung der im Inland wirksamen Nachfragevolumina sind

- die Investitionen in neue Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland,
- die Importe von Anlagen ausländischer Hersteller nach Deutschland sowie
- die Auslandsnachfrage nach in Deutschland gefertigten Anlagen.

Die detaillierte Ableitung dieser Größen für das Jahr 2007 (sowie für die Jahre 2008 und 2009) ist in Abschnitt 2 im Zusammenhang mit der Darstellung der Ergebnisse zur Bruttobeschäftigung ausführlich dargestellt.

Auf Basis der dort dargestellten Schätzung ergeben sich die in Tabelle 2-12 ausgewiesenen inländischen Produktionsvolumina und die daraus errechneten Gewichtungsfaktoren. Die dargestellten Ergebnisse für das Jahr 2007 unterstreichen noch einmal die Bedeutung der beiden Technologiebereiche Windenergie onshore und Photovoltaik für den Produktionsbereich Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien.

Mit dieser Gewichtung ergibt sich für das Jahr 2007 eine Kostenstruktur des Bereichs Herstellung von Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien, die einen Anteil der inländischen Vorleistungen am Bruttoproduktionswert von 48,8% aufweist. Die Anteile der zuliefernden inländischen Produktionsbereiche sind in Abbildung 2-4 grafisch dargestellt.

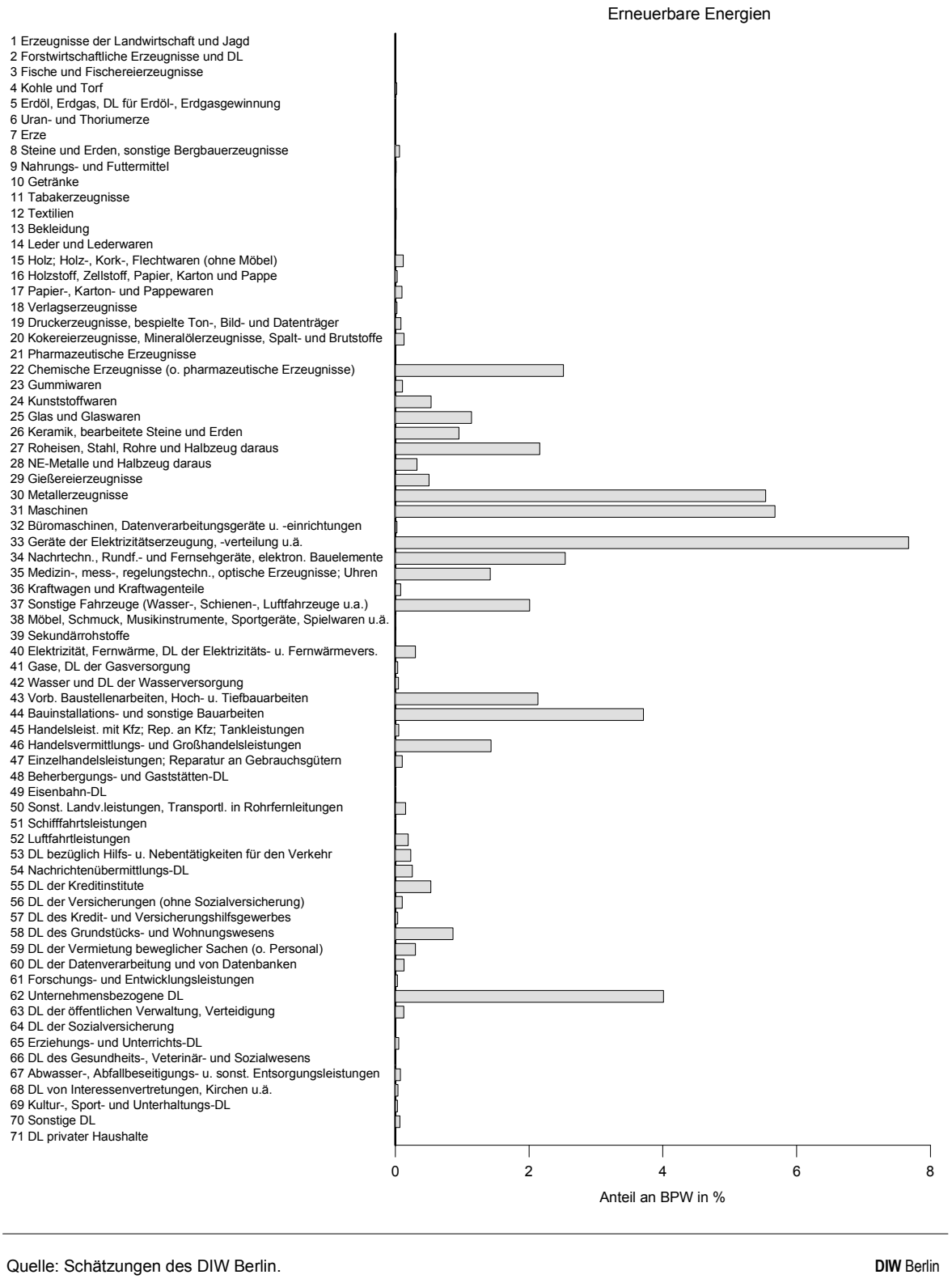
© GWS mbH 2011

Tabelle 2-12: Gewicht der einzelnen Sparten an der im Inland wirksamen Nachfrage nach Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Jahr 2007 in %.

	Inländische Produktion in Mio. €	Anteil der inländischen Produktion an EE-insgesamt in %
Wind onshore	4.200	35,5
Wind offshore	31	0,3
Photovoltaik	3.346	28,3
Solarthermie	564	4,8
Solarthermische Kraftwerke	74	0,6
Wasserkraft	251	2,1
Biomasse groß	592	5,0
Biomasse klein	1.092	9,2
Biogas	856	7,2
Biomasse flüssig stationär	176	1,5
Geothermie tief	88	0,7
oberflächennahe Geothermie (Wärmepumpen)	553	4,7
EE Insgesamt	11.822	100,0
Quelle: Schätzungen des DIW Berlin.		

Die größten Zuliefersektoren der Branche Herstellung von Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Jahr 2007 sind der Bereich Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung und -verteilung (knapp 8% Zulieferanteil), gefolgt von den Produktionsbereichen Herstellung von Maschinen, Herstellung von Metallerzeugnissen sowie der Bereich Unternehmensbezogene Dienstleistungen. Aus dem Ausland wird ein Anteil von 16,6% des Bruttoproduktionswertes der Branche importiert. Damit ergibt sich eine Wertschöpfungstiefe von 34,6 %.

© GWS mbH 2011



Quelle: Schätzungen des DIW Berlin. DIW Berlin

Abbildung 2-4: Inländische Vorleistungen zur Herstellung von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien.

Die Output- bzw. Lieferstruktur des Produktionsbereichs Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ist ausschließlich durch die Lieferungen an die Endnachfrage definiert. Der neu definierte Bereich liefert keine Vorleistungsgüter an die Sektoren

© GWS mbH 2011

der Volkswirtschaft sondern liefert seine Produkte als Investitionsgüter an den Bereich Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien bzw. an die Auslandsnachfrage. Die Investitionsgüterlieferungen machen 67,8%, die Lieferungen an die Auslandsnachfrage machen 32,2% der gesamten Lieferungen aus.

Der sich durch Gewichtung ergebende Arbeitskoeffizient des Produktionsbereichs beträgt im Jahr 2007 4,83 Personen je 1 Million € Bruttoproduktionswert.

Die aus der Aggregation der einzelnen Technologien resultierende Struktur des Produktionsbereichs Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ändert sich in den Jahren 2008 und 2009, da die für die Gewichtung ausschlaggebenden Anteile der einzelnen Technologien an der gesamten inländischen Produktion des jeweiligen Jahres sich verschieben. Auch der sich ergebende Arbeitskoeffizient ändert sich. Hierfür ist neben den sich ändernden Gewichten der einzelnen Technologien auch die sich unterschiedlich entwickelnde Arbeitsproduktivität der jeweiligen Bereiche verantwortlich.

2.3.3 Abbildung des Bereichs Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Der Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien gewinnt mit zunehmenden Installationen an wirtschaftlicher Bedeutung. Im Vergleich zur Herstellung von Anlagen fallen Betrieb und Wartung jährlich über die gesamte Lebensdauer der Anlage an und nehmen bei verschiedenen Technologien mit dem Lebensalter der Anlage an Häufigkeit zu. Darüber hinaus sind Betrieb und Wartung nahezu immer mit heimischer Wertschöpfung verbunden, da sie vor Ort erbracht werden müssen.

Ähnlich dem Vorgehen bei den Beschäftigungswirkungen durch die Herstellung von Anlagen gibt es auch bei den Betriebskosten direkte und indirekte Effekte. Die direkten Effekte entstehen durch die Ausgaben der Betreiber von EE-Anlagen für Wartung und Betrieb. Diese errechnen sich anteilig aus den Investitionen eines jeden Investitionsjahrgangs und werden über die Lebenszeiten der Anlagen fortgeschrieben. Die Summe der Betriebskosten über alle Investitionsjahrgänge ergibt die Höhe der jeweiligen Gesamtbetriebskosten einer jeweiligen Technologie.

Indirekte Effekte entstehen wiederum durch die Vorleistungen, die notwendig sind um Wartung und Betrieb bereitzustellen. Diese Vorleistungen setzen sich typischerweise aus anderen Komponenten zusammen als für die Produktion der Anlage benötigt werden. Daher ist es methodisch sinnvoll, einen eigenen Input-Output-Vektor „Betrieb und Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ zu definieren. Bereits in BMU (2006) wurde ein derartiges Vorgehen gewählt. Im Zuge der Aktualisierung des Input-Output-Vektors der Herstellung von Anlagen wurde in dieser Untersuchung versucht, auch den Vektor zum Betrieb von Anlagen einer Revision zu unterziehen.

Dabei hat sich herausgestellt, dass sich die Datenlage in diesem Bereich im Vergleich zu BMU (2006) eher noch verschlechtert hat, da systematische Untersuchungen, beispielsweise im Bereich der Windenergie, nicht aktualisiert oder fortgeführt wurden. Somit wurde eine breitangelegte Recherche basierend auf einzelnen Erfahrungsberichten, Ausfallstatistiken[1] durchgeführt.

[1] Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein: Windenergie XX Praxisergebnisse 2007, S. 7

© GWS mbH 2011

Entsprechend der Neugliederung der IO-Tabelle für die Herstellung von Anlagen wurden die Technologiesparten „Biomasse“, „Geothermie“ und „Windenergie“ weiter ausdifferenziert. Biomasse wurde in die Unterbereiche der stromerzeugenden (großen) Anlagen und der wärmeerzeugenden Anlagen aufgeteilt, die Geothermie wurde ebenfalls in große strom-(und wärme)erzeugende Anlagen und Wärmepumpen aufgeteilt. Die Windenergie wurde unterteilt in offshore und onshore Erzeugung, wenngleich der Betrieb und die Wartung von offshore-Anlagen am aktuellen Rand bislang eine geringe Rolle spielen. Für die Fortschreibung der Beschäftigung in Betrieb und Wartung wird diese Unterscheidung von zunehmender Bedeutung sein, da die Aufwendungen bei der Wartung und auch die strukturelle Zusammensetzung sich erheblich bei diesen beiden Technologiesparten unterscheiden werden.

Diese Neugliederung wirkt sich strukturell erheblich aus. Abbildung 2-5 zeigt eine Übersicht über den Vergleich zwischen den Inputkoeffizienten nach der alten Technologiestruktur und nach der neuen Struktur. Die neuen Bereiche sind mit den früheren Vektoren verglichen. Deutlich zeigen sich die Abweichungen bei der Wärmeerzeugung aus Biomasse, die in der zusammengefassten Sparte Betriebskosten eines Kraftwerks, wie Bauleistungen und unternehmensbezogene Dienstleistungen enthielt. Dafür sind die Vorleistungen aus dem Bereich der Metallerzeugnisse, die auch den Ofenbau umfassen, deutlich größer. Offshore Windenergie hingegen enthält als Vorleistungen für Betrieb und Wartung einen deutlich höheren Anteil an Geräten der Elektrizitätserzeugung und –verteilung, da die Wartungsleistungen auf See auch Anschlüsse, Verteiler und Kabel stärker beinhalten. Bei den Wärmepumpen entfallen die Geräte zur Elektrizitätsverteilung, da die Weiterverteilung von Strom, die in der stromerzeugenden Geothermie enthalten ist, entfällt.

Die Entwicklung der Input-Output-Vektoren folgt zum einen der Aufteilung der Betriebskosten in Personal und Sachkosten, da auf diese Weise eine Grundlage für die Schätzung der Wertschöpfungstiefe des abzubildenden Produktionsbereichs existiert. Einen Überblick über die geschätzten Instandhaltungs- und Wartungskosten sowie die geschätzten Personalkostenanteile gibt Tabelle 2-13.

Zum anderen muss die gütermäßige Zusammensetzung der Sachkosten in Abgrenzung der Input-Output-Tabellen abgeschätzt werden. Da aus der durchgeführten Unternehmensbefragung hierzu keine Informationen vorliegen, wurde diese Abschätzung auf Basis der aus verschiedenen Studien vorliegenden Informationen unter Nutzung des verfügbaren technisch-ökonomischen Expertenwissens durchgeführt. Die Schätzung erfolgte wiederum aus analytischen Gründen zunächst auf der Ebene der betrachteten Energiearten.

© GWS mbH 2011

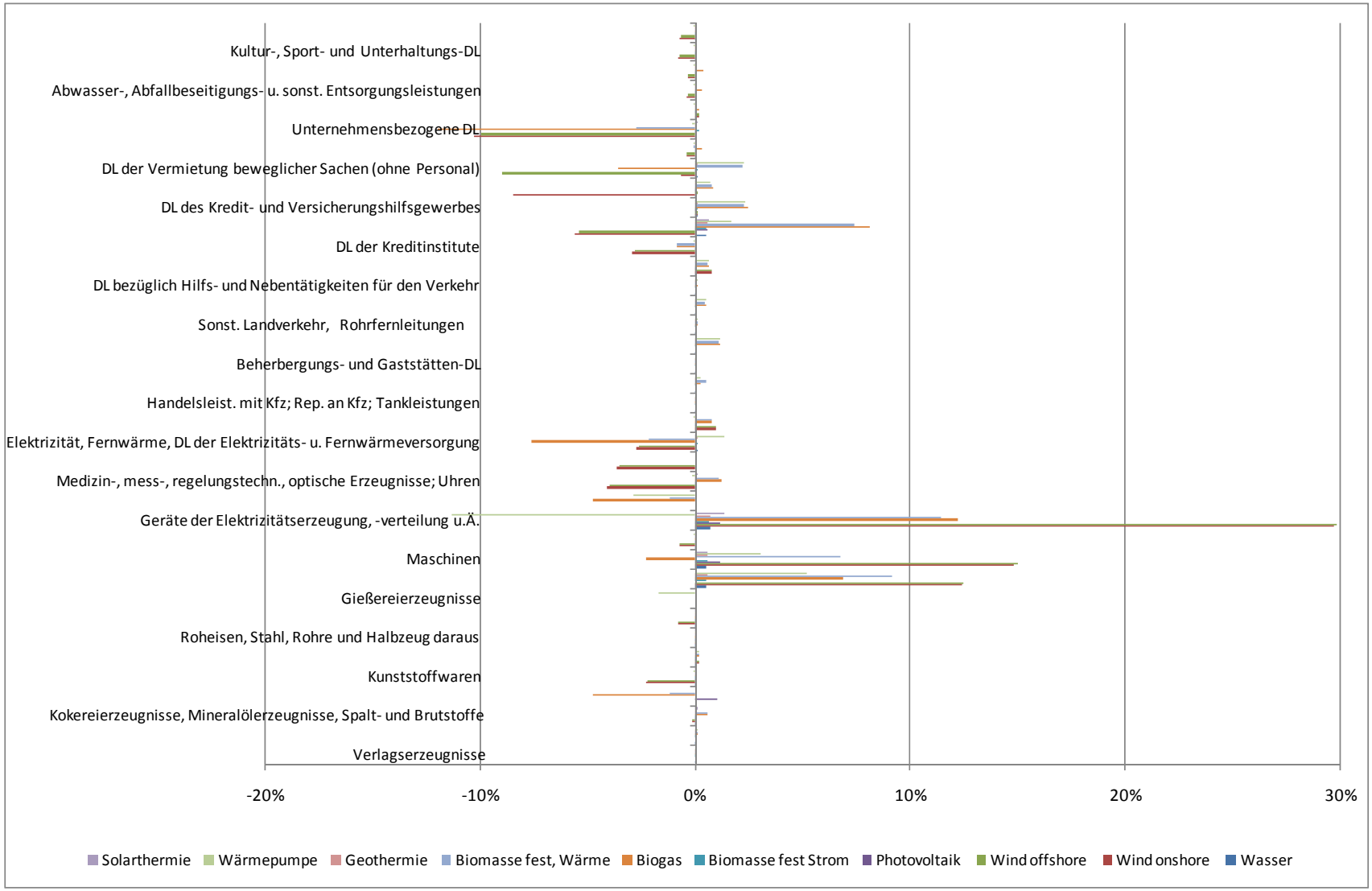


Abbildung 2-5: Vergleich des IO-Vektors „Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien“.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-13: Instandhaltungs- und Wartungskosten zum Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2007.

	Instandhaltungs- und Wartungskosten in Mio. €	Anteil der eigenen Wertschöpfung an Instandhaltungs- und Wartungskosten in %
Windenergie	1.149	19,7
Photovoltaik	176	16,5
Solarthermie	152	15,2
Wasser	277	30,8
Biomasse groß	818	40,6
Biomasse klein	803	41,1
Biogas	319	40,5
Biomasse flüssig stationär	129	40,5
Geothermie tief	10	40,7
Wärmepumpe	115	40,6
EE Insgesamt	3.949	31,9
Quelle: Eigene Schätzungen.		

Grundsätzlich setzen sich die Betriebs- und Wartungskosten aus den Kostenblöcken Überprüfung, Austausch von Teilen im Ersatzzyklus, Reparaturen, Betriebsstoffe (Strom), Verwaltung, Reinigung, Versicherungen, Bankdienstleistungen, Verwaltung, Genehmigungen, Grundstückskosten, Gebühren und Abgaben zusammen. Für die Windenergie liegen ausführliche Untersuchungen zu Stillstandzeiten und Betriebsausfällen vor, die jedoch nur einen geringen Teil der regelmäßig anfallenden Arbeiten abdecken. Roland Berger (2009) zeigen, dass nur ca. ein Viertel der Betriebs- und Wartungskosten auf die eigentliche Wartung und den Austausch von Teilen entfällt, der Rest setzt sich aus Verwaltungskosten, Pachten und Versicherungen zusammen. Alleine die Verwaltung umfasst mehr als 20% der Kosten und wird oftmals von externen Dienstleistern durchgeführt. Die Nachfrage nach Ersatzteilen wurde mit der Wartungs- und Instandhaltungsstatistik aus Schleswig-Holstein kalibriert (SL 2007).

Die Betriebskosten von Biogasanlagen umfassen in deutlich geringerem Umfang Pachtgebühren und Verwaltungsgebühren, müssen jedoch in erheblichem Umfang Energiekosten aufwenden. Zwischen 5 und 20% der erzeugten Strommenge werden als Eigenstrombedarf eingesetzt. Mit welchem Wertansatz dieser Strom gebucht wird, ist nicht schlüssig nachvollziehbar. Biogasanlagen mit BHKW zeichnen sich durch einen etwas höheren Betriebskostenblock aus, da Schmierung und Ölwechsel beim BHKW in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Der größte Kostenblock bei Biogasanlagen liegt im Personalaufwand, wie auch bei den anderen Biomasseanlagen.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-14: Gewicht der einzelnen Sparten an den Betriebskosten der Nutzung erneuerbarer Energien insgesamt im Jahr 2004 in %.

	Anteil der Sparte an den Betriebskosten insgesamt in %
Windenergie	29,1
Photovoltaik	4,5
Solarthermie	3,9
Wasser	7,0
Biomasse groß	20,7
Biomasse klein	20,3
Biogas	8,1
Biomasse flüssig stationär	3,3
Geothermie tief	0,3
Wärmepumpe	2,9
EE Insgesamt	100,0
Quelle: Eigene Berechnungen.	

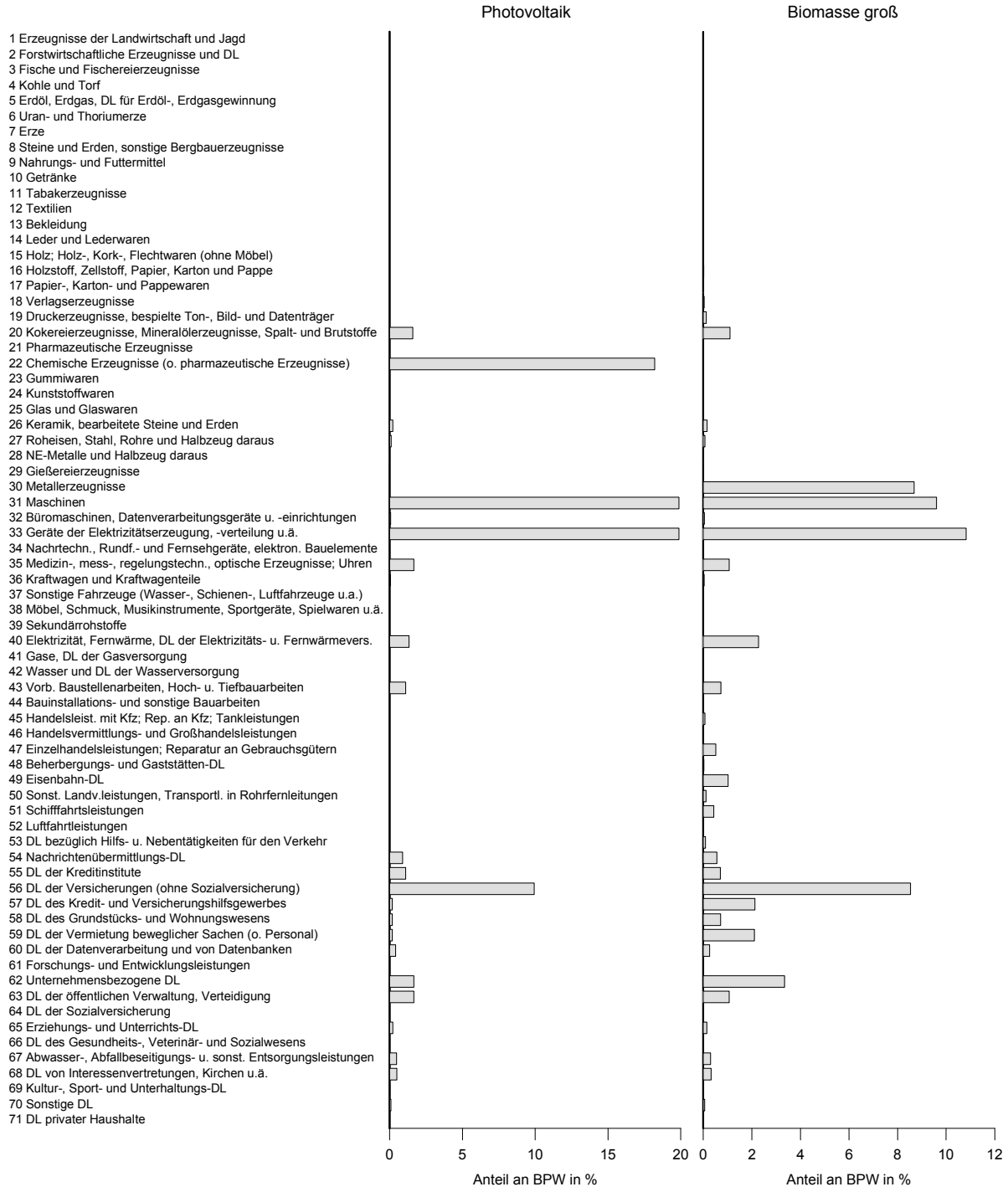
Die Versicherungsleistungen reflektieren, wie exponiert eine Anlage ist und wie groß eventuelle Schäden sein können. Dachmontierte Anlagen wie PV und Solarthermie weisen größere Anteile an den Betriebskosten für Versicherungsleistungen auf, da sie Witterungseinflüssen um ein Vielfaches stärker ausgesetzt sind als beispielsweise kleine Biomasseanlagen. Wasserkraftanlagen haben wiederum einen größeren Anteil an Versicherungsleistungen, weil die Schäden erheblich sein können.

Den geringsten Personaleinsatz erfordert der Betrieb von Photovoltaikanlagen. Abgesehen von regelmäßiger Prüfung bestehen knapp 82% der Kosten aus Ersatz und Reparaturkosten. Bislang wurden diese Überlegungen allerdings nicht spezifisch nach Freiflächenanlagen und Dachflächenanlagen oder nach der Größe der Anlagen angestellt. Es steht zu vermuten, dass bei großen Anlagen auch der Verwaltungsanteil steigt.

Zur Illustration sind die sich daraus für das Jahr 2007 ergebenden Ergebnisse für die Sparten Photovoltaik und große Biomasseanlagen grafisch aufbereitet in Abbildung 2-6 dokumentiert.

Die Gesamtstruktur für den Bereich Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ergibt sich wiederum durch Aggregation der Sparten gewichtet mit den ermittelten jeweiligen Instandhaltungs- und Wartungskosten. Die Gewichte der einzelnen Bereiche sind in Tabelle 2-14 dokumentiert. Auf Basis dieser Gewichtung ergibt sich für das Jahr 2007 eine Kostenstruktur des Bereichs „Betrieb von Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien“ wie er in Abbildung 2-7 dargestellt ist. Der Anteil der inländischen und importierten Vorleistungen beträgt 66,1 % an den Gesamtkosten des Bereichs. Der sich durch Aggregation ergebende Arbeitskoeffizient des Produktionsbereichs beträgt 6,78 Personen je 1 Million € Bruttoproduktionswert.

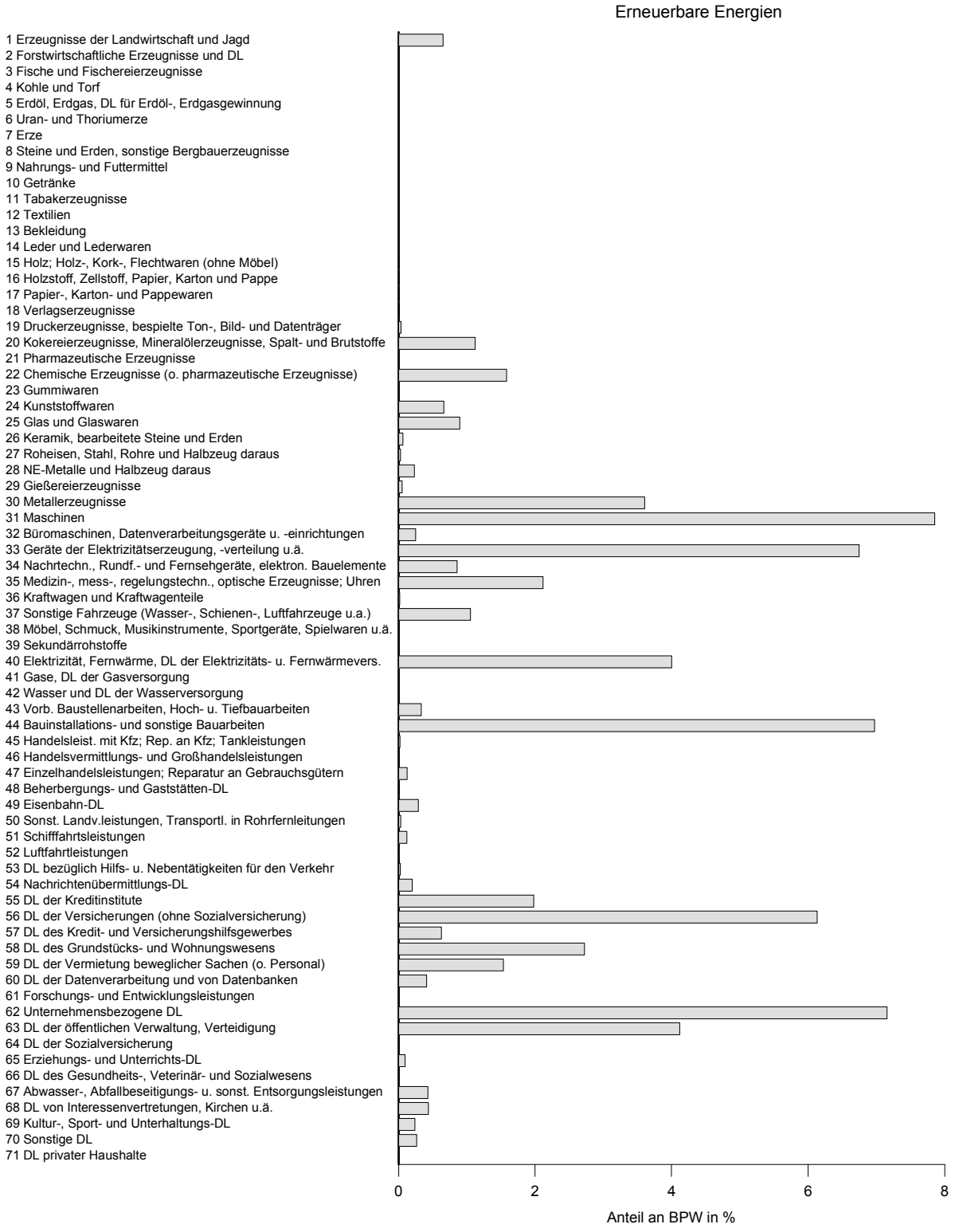
© GWS mbH 2011



Quelle: Schätzungen des DIW Berlin. DIW Berlin

Abbildung 2-6: Kostenstruktur für den Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien: Photovoltaik und große Biomasseanlagen.

© GWS mbH 2011



Quelle: Schätzungen des DIW Berlin. DIW Berlin

Abbildung 2-7: Kostenstruktur für den Betrieb der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien insgesamt.

© GWS mbH 2011

2.3.3.1 Bereitstellung von Biomasse

Die energetische Nutzung der Biomasse in Deutschland hat in den vergangen Jahren regelmäßig zugenommen. Noch im Jahr 1990 trug die Biomasse – ohne Berücksichtigung des biogenen Anteils von Abfall - 28,5 TWh zur Bereitstellung der Endenergie in Strom und Wärme bei, bis 2009 ist dieser Wert um 330 % auf 125 TWh gestiegen. Damit liefert die Bioenergie in der Strom- und Wärmebereitstellung heute etwa 50 % der Endenergie aus erneuerbaren Energien [BMU10].

In Kapitel 2.3.4 sind die Investitionen in Anlagen zur Biomassenutzung sowie die mit Betrieb und Wartung verbundenen Kosten ausführlich dargestellt worden. Die in diesem Abschnitt beschriebene Fallstudie beschäftigt sich dagegen mit der Bereitstellung der Biomasse. Da zu diesem Bereich keine Primärerhebung vorliegt, weicht die Methodik von der in Kapitel 2.3.4 angewandten ab. Dabei konzentriert sich die vorliegende Darstellung auf die beschäftigungsrelevanten Einflussfaktoren. Dies betrifft insbesondere die Wertschöpfung in Deutschland – Produktion, Export, Import etc. - sowie eine genauere Betrachtung der damit verbundenen Wertschöpfungsketten.

In dieser Fallstudie wird davon ausgegangen, dass die Definitionen der verschiedenen Biomassearten aus der Literatur bekannt sind, weshalb sich die Darstellungen in den folgenden Abschnitten auf die zur Abschätzung der Beschäftigung relevanten Definitionen beschränkt.

Die Informationslage zur Ermittlung der Umsätze im Bereich der Biomassebereitstellung ist sehr unterschiedlich. Im Bereich der EEG geförderten Anlagen gibt es diverse Untersuchungen des Deutschen Biomasse Forschungszentrums (DBFZ), die hierzu Hinweise geben. Im Bereich der Biomasse, die zur Wärmeerzeugung genutzt wird, ist die Datenlage jedoch teilweise sehr schlecht.

2.3.3.1.1 Feste Biomasse

Pellets

Die Nutzung von Pellets ist eine recht junge Form des energetischen Biomasseeinsatzes, die infolge der Ölkrise der 70er Jahre in den USA entwickelt wurde und Anfang der 90er Jahre über Schweden und Dänemark nach Europa kam. Nach dem anfänglichen Einsatz in Großanlagen wurden die Holzpresslinge nach und nach für den privaten Gebrauch erschlossen und fanden über Österreich um die Jahrtausendwende ihren Weg nach Deutschland. Trotz einer starken Entwicklung in den letzten Jahren spielen Pellets in der Biomassenutzung in Deutschland eine vergleichsweise geringe Rolle. Die Informationslage zu ihrem Einsatz ist jedoch sehr viel besser als in allen anderen Biomassebereichen. Bislang kommen in Deutschland ausschließlich Premiumpellets zur Wärmeerzeugung in Haushalten und Gewerben zum Einsatz. Aus diesem Grund werden in Deutschland auch überwiegend Pellets für das Premiumsegment hergestellt. Industriepellets, die vor allem im nordeuropäischen Raum gefördert durch die politischen Rahmenbedingungen eingesetzt werden, eignen sich technisch nicht für Hausfeuerungsanlagen sondern werden zur Zufeuerung in Kohlekraftwerken genutzt.

Die Nutzung von Pellets hat in den vergangenen Jahren in Deutschland jedes Jahr zugenommen. 2007 lag die eingesetzte Menge bei etwa 0,6 Mio. t und stieg auf etwa 1,1 Mio. t

© GWS mbH 2011

in 2009. Analog dazu stieg die produzierte Menge von etwa 1,1 Mio. t 2007 auf 1,6 Mio. t 2009 (vgl. Abbildung 2-8).

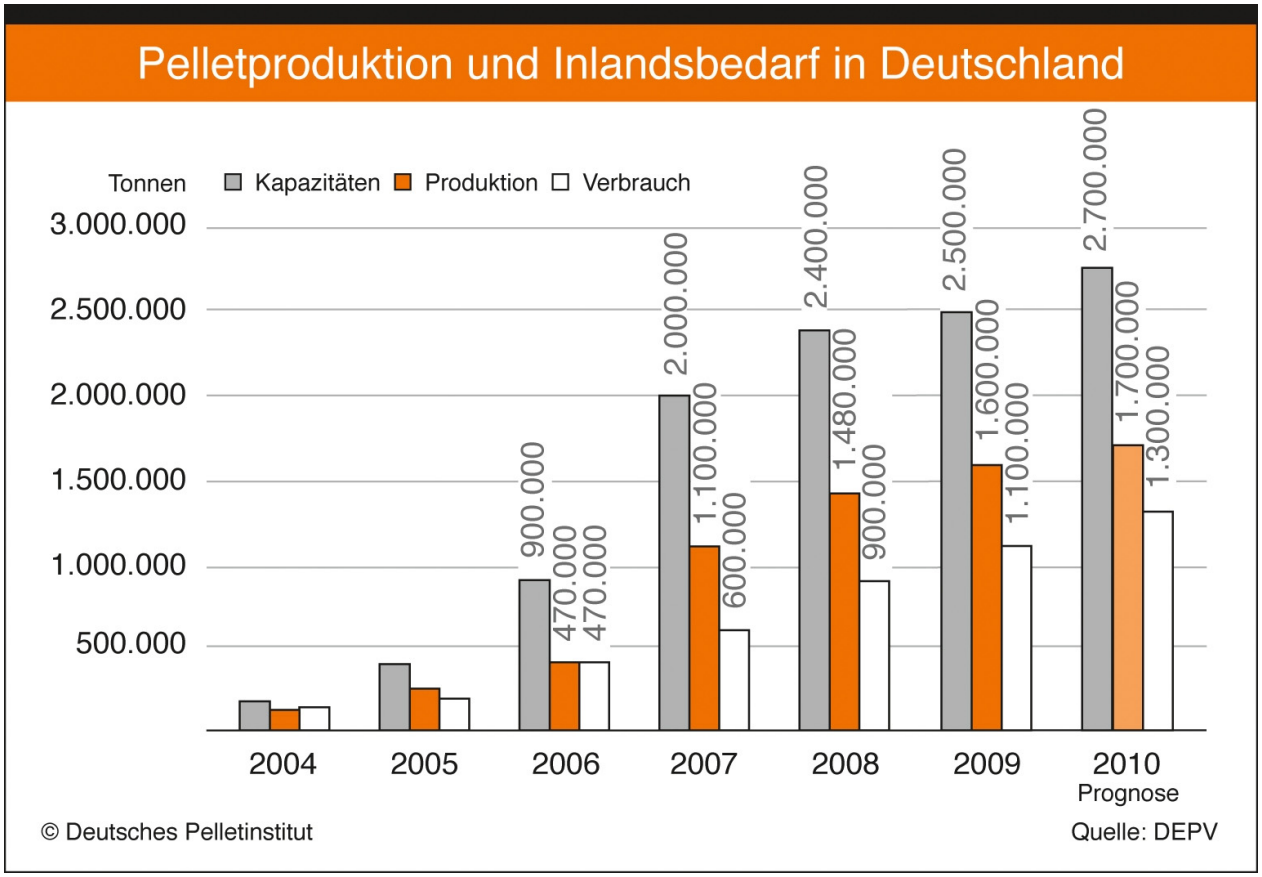


Abbildung 2-8: Pelletproduktion und Inlandbedarf in Deutschland [DEPV10a].

Zur Ermittlung der beschäftigungsrelevanten Umsätze ist es nicht nur notwendig festzustellen, welche Menge produziert wurde, sondern auch zu welchem Preis diese verkauft wurde. Da sich die Preise zwischen Deutschland und dem Ausland unterscheiden, ist es nötig, die genauen Mengen des inländischen Vertriebs und des Exports zu differenzieren.

Aus Abbildung 2-8 wird deutlich, dass die deutsche Pelletproduktion zwischen 2007 und 2009 Nettoexporte aufzuweisen hatte. Hierzu liegen auch Daten des Statistischen Bundesamts vor, die denselben Schluss zulassen. Seit 2009 wird der Außenhandel mit Holzpellets erfasst und in der online Datenbank Genesis zur Verfügung gestellt. Demnach belief sich der Import von Pellets nach Deutschland 2009 auf etwa 53.500 t und der Export auf rund 728.000 t (vgl. Abbildung 2-9). Neben Österreich werden Pellets demnach vor allem aus Osteuropa eingeführt. Der Export erfolgt zu einem großen Teil in die Niederlande und in skandinavische Länder, in denen sie in der industriellen Stromerzeugung zum Einsatz kommen. In Spanien, Italien, Frankreich und Österreich kann man hingegen auch von einem Einsatz in Hausfeuerungsanlagen ausgehen. Für die folgenden Überlegungen wird davon ausgegangen, dass etwa 50 % der 2009 exportierten Pellets in Hausfeuerungsanlagen zum Einsatz kamen und 50 % in Kohlekraftwerken zugefeuert wurden.

© GWS mbH 2011

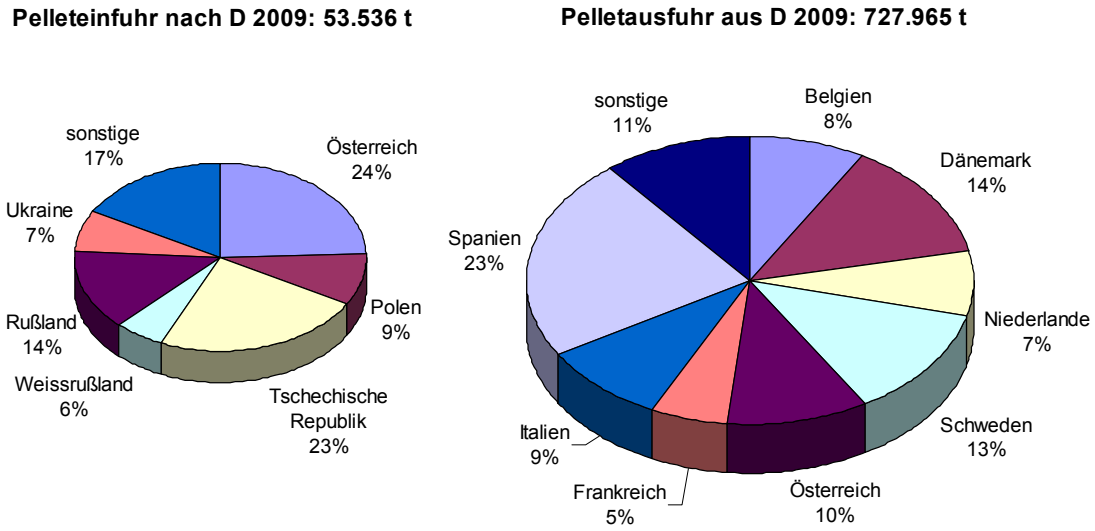


Abbildung 2-9: Deutscher Außenhandel mit Holzpellets 2009 [DESTATIS10].

Bezieht man diese Zahlen nun in die Betrachtung der in Abbildung 2-8 dargestellten Produktions- und Verbrauchswerte ein, zeigen sich geringfügige Abweichungen. Bei einer produzierten Menge von 1,6 Mio. t in 2009, einem Import von 53.500 t und einem Verbrauch von 1,1 Mio. t wären lediglich 553.500 t zum Export verfügbar gewesen. Der höhere tatsächliche Export von 728.000 t resultiert vermutlich aus einem statistischen Erfassungsfehler bei den Angaben zur Produktion und dem Verbrauch in Deutschland, kann aber auch mit Lagerbeständen aus dem Vorjahr zusammenhängen. Auf Grund fehlender Informationen des Statistischen Bundesamtes für die Jahre 2007 und 2008 werden für diese Untersuchung auch weiterhin die Daten des Deutschen Energie-Pellet-Verbandes herangezogen. Gleichzeitig wird das Verhältnis zwischen Importen und Exporten, die sich aus der Erhebung des Statistischen Bundesamtes ergeben, beibehalten und die Werte dementsprechend skaliert. Für die Jahre 2007 und 2008 wird der Import von Pellets in derselben Größenordnung angenommen, wie 2009. Die Exporte ergeben sich daraus rechnerisch. Tabelle 2-15 gibt einen Überblick über die Ergebnisse.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-15: Mengengerüst als Berechnungsgrundlage der Umsätze für Pellets.

	2007	2008	2009
Produktion t	1.100.000	1.480.000	1.600.000
Verbrauch t	600.000	900.000	1.100.000
Import t	40.000	40.000	40.000
Export t	540.000	620.000	540.000

Die Preisentwicklung der Pellets in Deutschland wird zum einen von Carmen e.V. und zum anderen von Solar Promotion durch Umfragen erhoben und im Internet zur Verfügung gestellt (vgl. Abbildung 2-10). Beide Quellen beziehen ihre Zahlen aus Umfragen, die Umsätze, Umsatzsteuer und Pauschalen für die Lieferung erheben. Da bei den Befragungen auf verschiedenen Rahmenbedingung sowie unterschiedlich großen Stichproben basieren ist eine leichte Abweichung der Ergebnisse unvermeidbar.

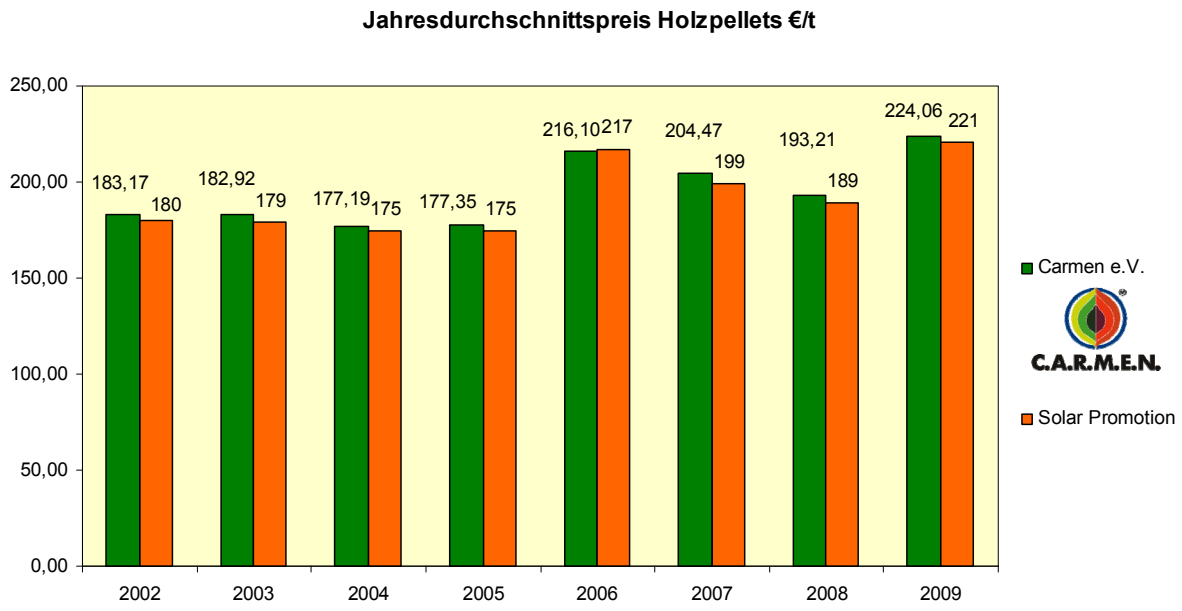


Abbildung 2-10: Jahresdurchschnittspreis Holzpellets in Deutschland [Carmen e.V.10; DEPV10b].

Bei der Entwicklung der Preise fällt auf, dass 2006 mit beinahe 22 % ein starker Anstieg der Pelletpreise zu verzeichnen war. Hintergrund war hier sicherlich die starke Nachfrage nach Holzpellets, die wie aus Abbildung 2-8 ersichtlich mit der in Deutschland produzierten Menge an Pellets übereinstimmte. Mit der Erhöhung der Produktion um etwa 134 % erholten sich die Preise bereits 2007 wieder. 2009 konnte jedoch erneut ein Preisanstieg um etwa 16 % beobachtet werden, der nach Aussage des Deutschen Pelletinstituts auf die durch die Wirtschaftskrise bedingte Verringerung der Produktion der Möbel und Holzverarbeitenden Industrie zurückzuführen ist, in deren Folge weniger Nebenprodukte anfielen, die den kostengünstigsten Rohstoff für Pellets darstellen [DeutschesPelletinstitut10].

Bei der Betrachtung der Preise für Pellets im europäischen Raum muss zwischen Premiumpellets und Industriepellets unterschieden werden. Im Bereich der Premiumpellets

© GWS mbH 2011

liegen die Preise der verschiedenen Exportländer teilweise über und teilweise unter den deutschen Preisen. Da die Preisindizes allerdings nicht für alle Exportländer vorliegen, werden hier der Einfachheit halber die Preise von Carmen e.V. für Deutschland angenommen. Die Preise für Industriepellets in Europa liegen deutlich unter denen der Premiumpellets. Es gibt zwei Quellen, die Hinweise auf die Preise von Industriepellets in Nordeuropa liefern. Zum einen bietet die FOEX Indexes LTD den PIX Indexes Pellet Nordic CIF an [FOEX10], zum anderen weist die Energiehandelsplattform APX-ENDEX die Preise des Rotterdamer Hafens für Holzpellets seit 2009 aus [APX-ENDEX10]. Auf Grund der Verfügbarkeit der Daten über die betrachtete Zeitspanne wird dem PIX Index Pellet Nordic CIF für diese Untersuchung der Vorrang vor den Rotterdamer Preisen gegeben. Demnach wird davon ausgegangen, dass die Preise für Industriepellets 2007 bei etwa 127 €/t lagen, für 2008 bei 132 €/t und für 2009 bei 137 €/t. Damit lagen die Preise zwischen 60 und 85 €/t unter den von Carmen ermittelten Preisen für Premiumpellets in Deutschland. Für die Ermittlung der Nettowerte wird eine Betrachtung der Umsatzsteuersätze der verschiedenen Exportländer vorgenommen, die sehr weit gestreut sind. Belgien hat dabei mit 6 % den geringsten Steuersatz auf Brennholz, Dänemark und Schweden liegen mit 25 % an der Spitze [EUKom10]. Der durchschnittliche Steuersatz wird anhand der Exporte gewichtet. Demnach lag der durchschnittliche Umsatzsteuersatz der deutschen Exporte 2009 bei 16 %. Für 2007 und 2008 wird derselbe Wert angenommen.

Aus diesen Überlegungen resultiert ein Gesamtumsatz der in Deutschland produzierten Pellets von rund 181,8 Mio. € für 2007, 236,6 Mio. € für 2008 und über 268,5 Mio. € für 2009 (vgl. Tabelle 2-16). Die Inlandsumsätze beziehen sich auf Angaben der AGEE-Stat, bezogen auf den Anteil der deutschen Produktion. Die Auslandsumsätze ergeben sich aus den zuvor beschriebenen Mengen und Preisen. Der Abgleich des Auslandsumsatzes für 2009 mit dem Wert der Exporte in der Genesisdatenbank verifiziert die gewählte Herangehensweise.

Tabelle 2-16: Umsatz der deutschen Pelletproduktion ohne Umsatzsteuer.

	2007	2008	2009
Inlandsumsatz Mio. €	104,7	149,7	184,5
Auslandsumsatz Mio. €	77,1	86,9	84,0
Gesamtumsatz Mio. €	181,8	236,6	268,5

Zur Ermittlung der Bruttobeschäftigung ist es notwendig, die Produktionskette von Pelletherstellern genauer zu betrachten, um daraus die beschäftigungsrelevanten Zusammenhänge ableiten zu können.

Derzeit werden Pellets üblicherweise aus Holz erzeugt. Pelletierung von Halmgut (Stroh, Getreide etc.) geschieht bisher nur im geringen Umfang, z.B. in Pilotanlagen und wird daher in der Fallstudie nicht weiter betrachtet. Abbildung 2-11 zeigt, dass sowohl Bereitstellung als auch Nutzung von Holzpellets sehr vielfältig ist.

© GWS mbH 2011

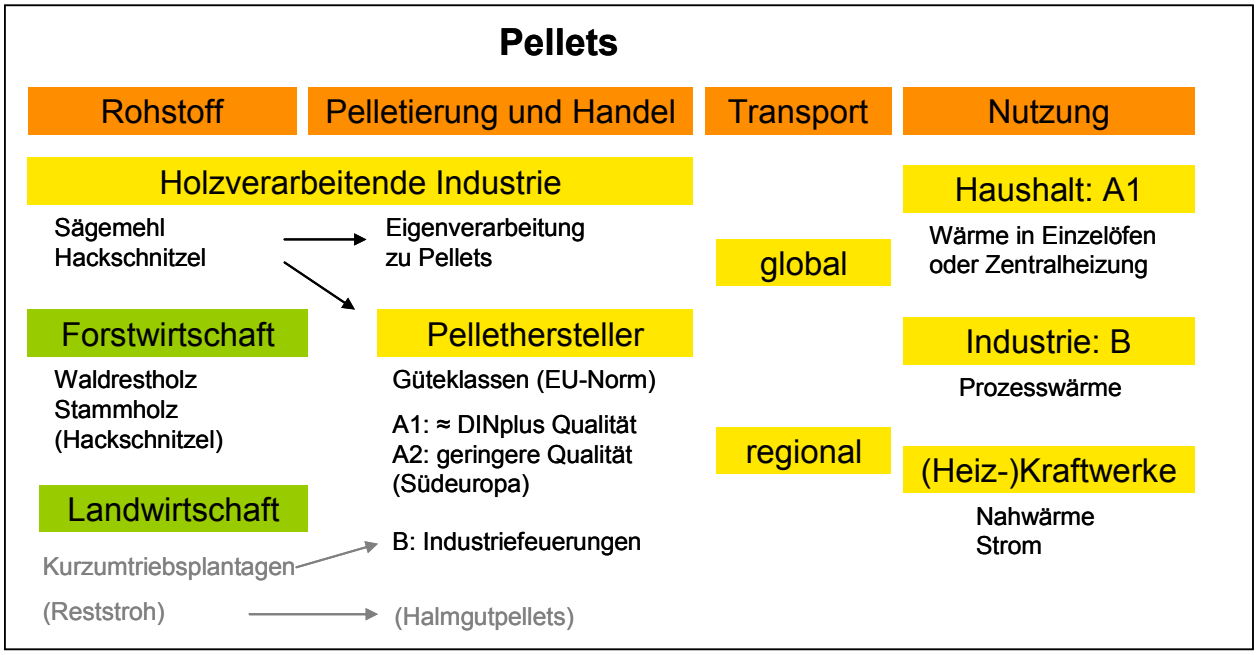


Abbildung 2-11: Produktionsketten für Pellets.

Die klassische Verarbeitung zu Holzpellets gründet auf Nebenprodukten aus der holzverarbeitenden Industrie wie Sägespänen, Holzspänen und Hackschnitzeln. Da das Potenzial an Sägenebenprodukten begrenzt ist und die Pelletherstellung gleichzeitig mit der stofflichen Nutzung konkurriert, wird in letzter Zeit zunehmend auch das deutlich teurere Stammholz aus der Forstwirtschaft als Rohstoff erschlossen. Waldrestholz wird hingegen ausschließlich zur Produktion von Industriepellets eingesetzt. Verglichen mit den Rohstoffen aus Holzindustrie und Forstwirtschaft haben Pellets aus Kurzumtriebsplantagen bisher kaum Bedeutung, zumal sie ebenfalls nur für die Industrieverfeuerungen geeignet sind.

Genaue Zahlen zu den eingesetzten Rohstoffen der Pelletproduktion in Deutschland sind nicht öffentlich verfügbar. Nach Auskunft des deutschen Pelletinstituts kann jedoch davon ausgegangen werden, dass Sägespäne den überwiegenden Anteil des Rohstoffeinsatzes ausmachen [DeutschesPelletinstitut10]. Für die Produzenten von Pellets ist der Einsatz von trockenen Holzspänen am kostengünstigsten, die bislang teuerste Variante für die Produktion von Premiumpellets ist der Einsatz von Stammholz. Sägespäne liegen insgesamt im Mittelfeld. Die Betrachtung der Produktionskette von Pellets wird für diese Untersuchung auf den Einsatz von Sägespänen ausgelegt.

Für die Produktionskette von Pellets ist eine Veröffentlichung der TU Graz maßgeblich, die im Detail die Kostenverteilung auf dem Österreichischen Markt aufzeigt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden auf die deutsche Situation übertragen und für die weiteren Überlegungen zugrunde gelegt.

Abbildung 2-12 zeigt die prozentuale Kostenverteilung der Pelletproduktion unter Verwendung von Sägespänen als Rohmaterial. Der größte Kostenfaktor ist demnach das Rohmaterial, bei dem man auf Grund des Exportüberschusses der Außenhandelsstatistik davon ausgehen kann, dass es aus deutscher Produktion stammt [Destatis10]. Neben dem Rohmaterial ist der größte Kostenfaktor die im Prozess erforderliche Energie, wobei zu 93 % thermische Energie zur Trocknung der Sägespäne eingesetzt wird. Der Vertrieb macht bei dieser Aufteilung insgesamt 15,7 % der Kosten aus, wovon 11,3 % auf den Transport ent-

© GWS mbH 2011

fallen und 4,4 % auf die Miete eines Zwischenlagers. Die Personalkosten schlagen mit 5,4 % zu Buche, die Kapitalkosten liegen in derselben Größenordnung und auf die Instandsetzung entfällt 1 % der Kosten.

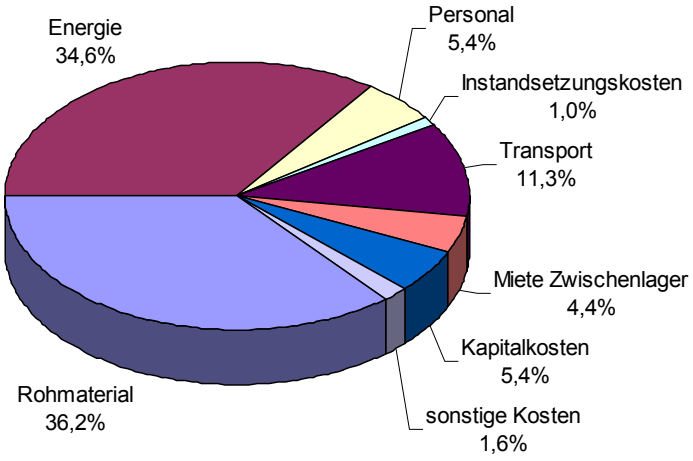


Abbildung 2-12: Aufteilung der spezifischen Kosten der Pelletproduktion unter Verwendung von Sägespänen als Rohmaterial inklusive des Vertriebs [Obernberger09; eigene Berechnung].

Auf Basis der geschätzten in Deutschland wirksamen Nachfrage nach Pelletprodukten und der abgeleiteten Kostenstrukturen bei der Pelletproduktion wird mit Hilfe der Input-Output-Analyse die aus dieser Nachfrage resultierende Bruttoproduktion ermittelt. Dabei dienen die Kostenstrukturen dazu, die Nachfrage gütermäßig aufzuteilen. Über die Bruttoproduktion werden mit sektoral differenzierten Arbeitskoeffizienten - die aus den amtlichen Werten für das Jahr 2006 abgeleitet, aber für die Jahre 2007, 2008 und 2009 mit Annahme über die Produktivitätsentwicklung fortgeschrieben werden – die jeweils direkt und indirekt benötigten Beschäftigten berechnet, die zur Herstellung der Pelletprodukte benötigt werden. Die Bruttobeschäftigung, die aus den beschriebenen Überlegungen resultiert, lag 2007 bei 2.000 Personen, 2008 bei 2.700 Personen und 2009 bei 2.900 Personen.

Holzbriketts

Die Informationslage zur eingesetzten Menge, der Produktion in Deutschland sowie dem Außenhandel von Holzbriketts ist sehr schlecht. Dadurch, dass keine spezielle Technologie für den Einsatz von Holzbriketts notwendig ist und diese in jedem Kachel- und Kaminofen, offenen Kaminen, Herden und Scheitholzkesseln anstatt von Scheitholz verwendet werden können, ist auch eine Abschätzung des Einsatzes dieses Brennstoffs sehr schwierig. Aus diesem Grund hat der Deutsche Energie-Pellet-Verband e. V. Anfang 2010 einen Arbeitskreis Holzbriketts gegründet, dessen Ziel es ist Marktdaten zu Produktion und Handel in Deutschland zu erheben. Bislang liegt lediglich eine Abschätzung vor, die auf Untersuchungen der Rheinbraun Brennstoff GmbH zurückzuführen ist, wonach davon ausgegangen wird, dass in 2009 rd. 200.000 t Holzbriketts eingesetzt wurden [DEPV10c]. Diese Einschätzung wurde nun auch von der AGEE-Stat übernommen, die für die Jahre 2007 240.000 t und für 2008 ebenfalls basierend auf einer Untersuchung des Rheinbraun Brennstoff Portals 180.000 t Verbrauch angenommen hat (siehe Abbildung 2-13). Hinter-

© GWS mbH 2011

grund für den Rückgang der verbrauchten Menge zwischen 2007 und 2008 ist dabei vermutlich der Anstieg der Preise für Holzbriketts um etwa 34 %. Gleichzeitig sind die Verbrauchszahlen mit deutlichen Unsicherheiten behaftet. Dennoch bilden diese Zahlen die Grundlage für die weiteren Überlegungen in dieser Untersuchung.

Die Produktion von Holzbriketts ist nach Angaben der Arbeitsgruppe Holzbriketts auf die Bedienung lokaler und regionaler Märkt beschränkt und findet in Betrieben statt in denen kleinere Mengen an trockenen Holzspänen anfallen [DEPV10c]. Diese Beschränkung rührt daher, dass die Produktion von Holzbriketts in Deutschland wirtschaftlich wenig attraktiv ist. Auf Grund der hohen Produktionskosten in Deutschland wird daher nicht davon ausgegangen, dass Holzbriketts in Deutschland in großem Umfang produziert werden. Insgesamt kann demnach angenommen werden, dass ein wesentlicher Anteil der in Deutschland eingesetzten Mengen an Holzbriketts importiert werden. Nach Angaben diverser Großhändler kommen die Importe ausschließlich aus osteuropäischen Ländern. Es wird angenommen, dass die Holzbrikettproduktion in Deutschland bei etwa 100.000 t pro Jahr liegt. Von einem Export wird dabei nicht ausgegangen (vgl. Abbildung 2-13).

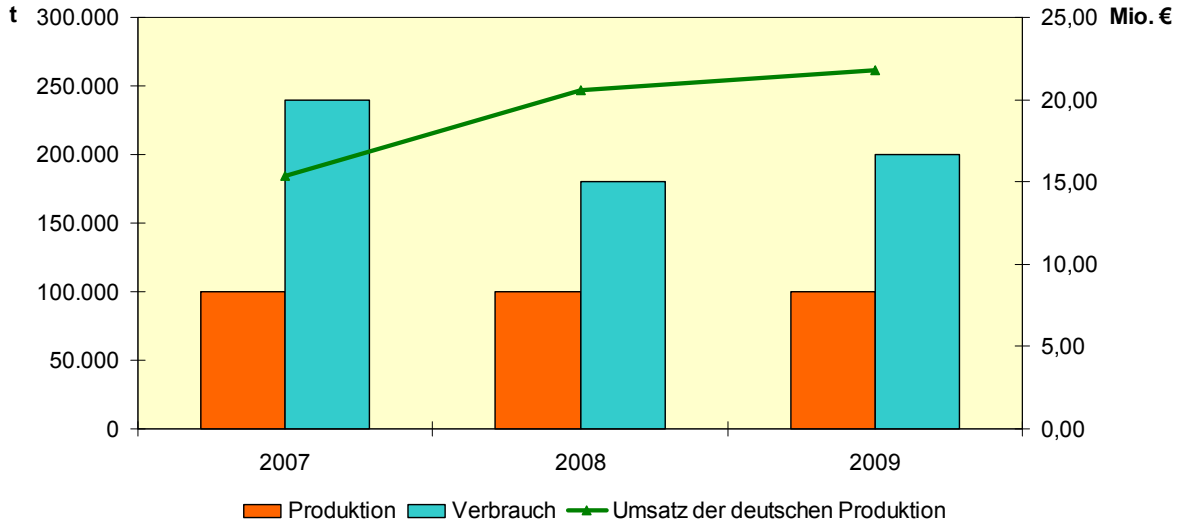


Abbildung 2-13: Holzbrikettproduktion, Inlandsbedarf und Umsatz der Produktion in Deutschland [eigene Schätzung; AGEE-Stat].

Die Preisannahmen die von der AGEE-Stat als Grundlage ihrer Umsatzberechnungen angenommen werden, beziehen sich auf im Internet aufgelistete Preise, wobei sowohl reine Holzhändler als auch Baumärkte berücksichtigt wurden. Da es sich hier um die einzig verfügbaren Daten handelt, werden diese für die vorliegende Untersuchung verwendet. Demnach wird für 2007 von einem Umsatz der deutschen Produktion in Höhe von 15,3 Mio. € ausgegangen, für 2008 wurden 20,6 Mio. € angesetzt und 21,8 Mio. € ergeben sich für 2009 (vgl. Abbildung 2-13).

Bezüglich der Wertschöpfungskette sind Holzbriketts den Pellets recht ähnlich. Daher wird die Wertschöpfungskette für Holzbriketts stark an die für Pellets aus trockenen Hobelspänen angelehnt. Der wesentliche Unterschied ist, dass die technische Komponente der Trocknung bei den Brikettieranlagen nicht berücksichtigt wird (vgl. Abbildung 2-14).

© GWS mbH 2011

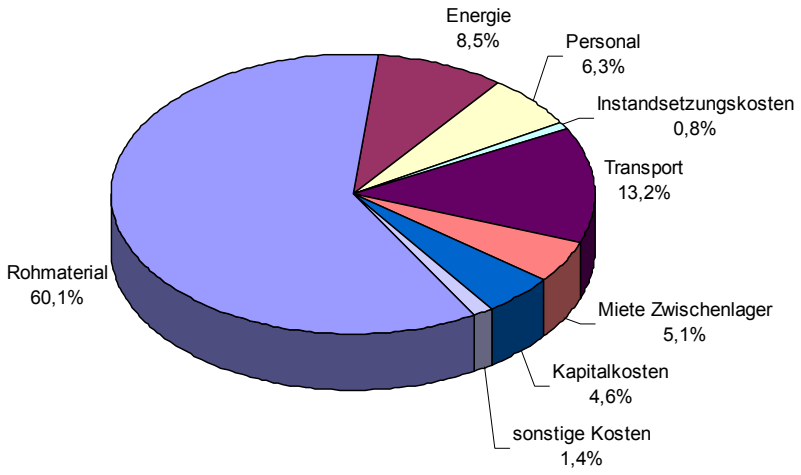


Abbildung 2-14: Angenommene Aufteilung der spezifischen Kosten der Holzbrikettproduktion unter Verwendung von Hobelspänen als Rohmaterial inklusive des Vertriebs [Obernberger09; eigene Berechnung].

Es wird des Weiteren davon ausgegangen, dass die Rohstoffe lediglich aus der Holzverarbeitenden Industrie und der Holzmöbelindustrie stammen. Importe von Spänen werden ausgeschlossen.

Die Beschäftigung, die daraus resultiert, liegt im gesamten betrachteten Zeitraum bei etwa 200 Personen pro Jahr.

Scheitholz

Bislang ist Scheitholz die wichtigste Brennstofffraktion, von der nach Angaben der AGEE-Stat pro Jahr etwa 12 Mio. t in Deutschland genutzt werden (vgl. Tabelle 2-17). Als klassischer Brennstoff wird Scheitholz zur Wärmeerzeugung vorwiegend in Einzelöfen im Haushalt genutzt. Der relativ einheitlichen Nutzung stehen verschiedene Herkünfte gegenüber, wie Abbildung 2-15 zeigt.

© GWS mbH 2011

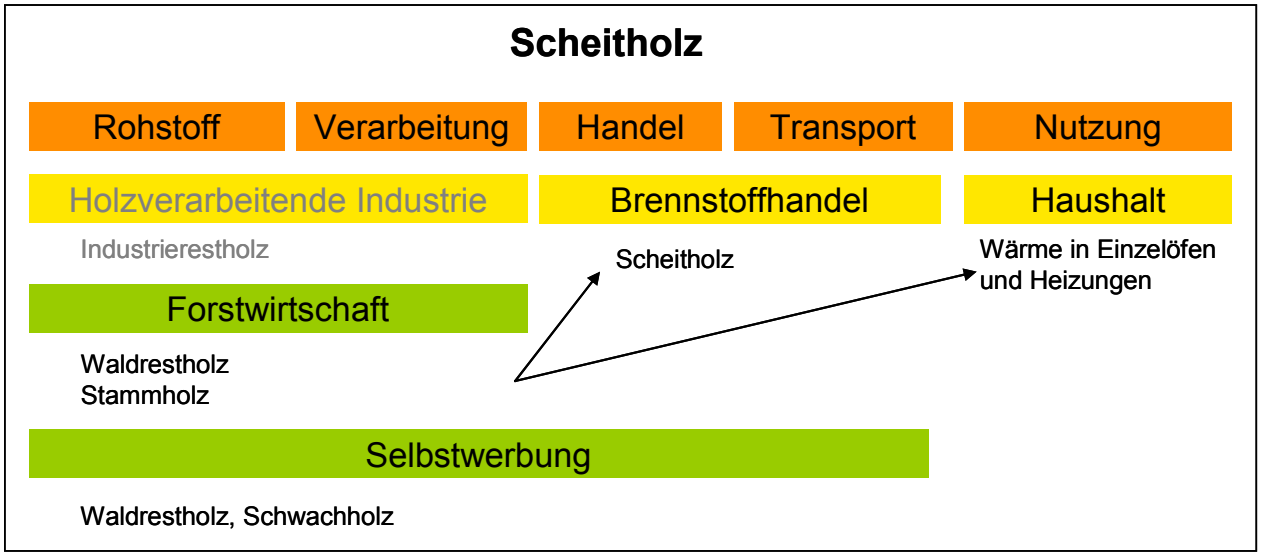


Abbildung 2-15: Produktionsketten für Scheitholz.

Wichtigster Erzeuger für Scheitholz ist die Forstwirtschaft, die bei der Holzernte anfallendes Waldrestholz und Schwachholz entweder direkt zu Scheitholz verarbeitet oder zur weiteren Verarbeitung an den Brennstoffhandel bzw. den Endkunden abgibt. Gegenüber den übrigen Brennstoffen nimmt Scheitholz eine Sonderrolle ein. Da Scheitholz die traditionelle Nutzungsform für Holz ist, besitzt die Selbstwerbung durch den Nutzer im Wald eine wichtige Stellung in der Bereitstellungskette. Allerdings ist die Scheitholzmenge, die in die Eigennutzung eingeht, schwer abzuschätzen, da keine Handelsstufen zwischengeschaltet sind. Als Grundlage für diese Untersuchung wird angenommen, dass etwa 40 % des eingesetzten Scheitholzes durch Selbstwerbung genutzt wird. Gleichzeitig ist diese Form der Biomassebereitstellung von geringer Arbeitsplatzwirkung, die nur durch die Verwaltung der Selbstwerbung entsteht und bleibt daher im Folgenden unberücksichtigt. Nur am Rande bedeutsam ist die Scheitholzbereitstellung durch die Holzverarbeitende Industrie. Aufgrund der Brennstoffeigenschaften und der traditionellen Bereitstellungsketten sind der Handel und damit auch der Transport von Scheitholz regional begrenzt.

Die Preise für Scheitholz werden zweimal im Jahr vom TFZ veröffentlicht. Die Preise werden durch eine Befragung von 28 Anbietern deutschlandweit erfasst und beziehen eine Pauschale für eine Lieferung bis zu 10 km sowie die Umsatzsteuer ein. Abbildung 2-16 zeigt beispielhaft den Verlauf der Preise für Hartholz.

© GWS mbH 2011

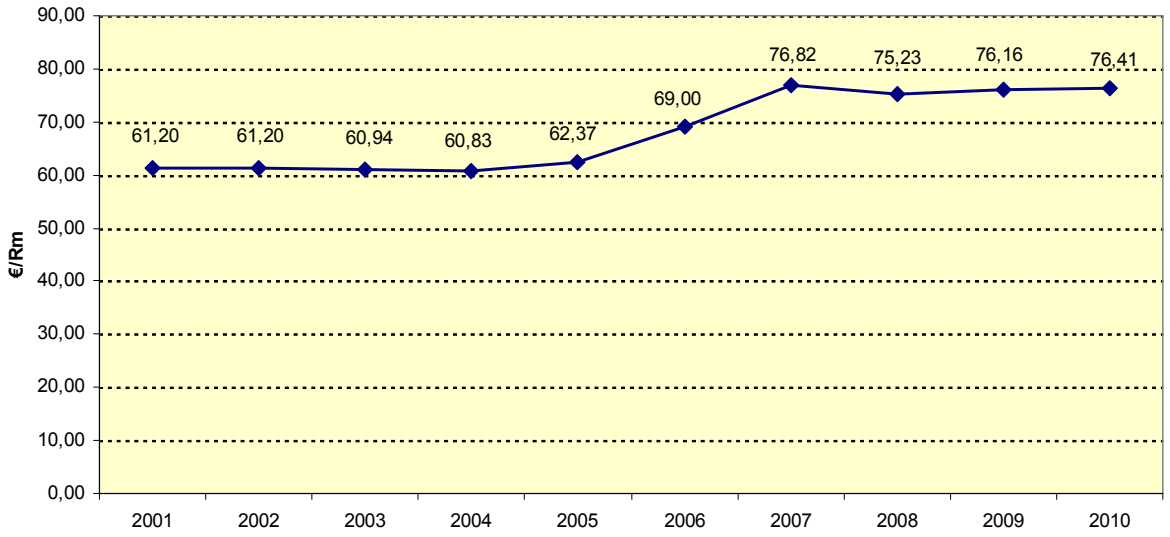


Abbildung 2-16: Scheitholzpreise Deutschland, Hartholz [TFZ10].

Bezüglich des Außenhandels liegen zum einen Daten der Genesis Datenbank des Statistischen Bundesamtes vor, die „Brennholz in Form von Rundlingen, Scheiten, Zweigen, Reisigbündeln oder in ähnlichen Formen (ausgenommen Holzabfälle)“ ausweist [DeStatis10], sowie der Holzmarktbericht, der jährlich vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz veröffentlicht wird und Daten zum Außenhandel mit Brennholz enthält [BMELV10]. Diesen beiden Quellen folgend lässt sich der Nettoimport auf 1% bis 2% des gesamten Scheitholzeinsatzes in Deutschland abschätzen. Zur Ermittlung der Umsätze aus deutscher Produktion wurde der Nettoimport von der vermarkteten Menge an Scheitholz abgezogen. Eine Differenzierung nach Inlands- und Auslandsumsatz wurde nicht vorgenommen. Der resultierende Umsatz von Scheitholz aus deutscher Produktion lag demnach 2007 bis 2009 etwa bei 1 Mrd. € pro Jahr (vgl. Tabelle 2-17).

Tabelle 2-17: Mengengerüst des Scheitholzeinsatzes in Deutschland.

	2007	2008	2009
Eingesetzte Menge Mio. t	12,75	12,16	12,16
vermarktete Menge Mio. t	7,65	7,29	7,29
in Deutschland produzierte Menge Mio. t	7,37	7,09	7,20
Umsatz aus deutscher Produktion Mio. €	1.141,20	1.106,40	1.088,30
Quelle: AGEE-Stat, eigene Berechnung.			

Für die Wertschöpfung bei Scheitholz wird davon ausgegangen, dass ein Anteil von 87 % durch die Forstwirtschaft erwirtschaftet wird. Weitere 5 % entfallen auf den Handel, während 8 % auf den Transport zurückzuführen sind.

Die resultierende Beschäftigung beläuft sich für 2007 auf 11.100 Personen, 2008 auf 10.900 Personen und 2009 auf 10.800 Personen. Die Abnahme der Beschäftigung kann vor allem mit dem Anstieg der Arbeitsproduktivität erklärt werden.

© GWS mbH 2011

Hackschnitzel

Hackschnitzel werden vor allem aus Waldrestholz und Schwachholz aus der Forstwirtschaft sowie aus Industrieresthölzern gewonnen. Zu einem geringeren Teil werden auch Hackschnitzel aus der Landschaftspflege eingesetzt. Kurzumtriebsplantagen werden bislang insbesondere im Rahmen von Forschungs- und Demonstrationsprojekten angebaut, wodurch sie noch eine geringe Relevanz für die Biomassebereitstellung in Deutschland haben und daher im Folgenden unberücksichtigt bleiben. Eine Übersicht über die Herkunft der Hackschnitzel gibt Abbildung 2-17.

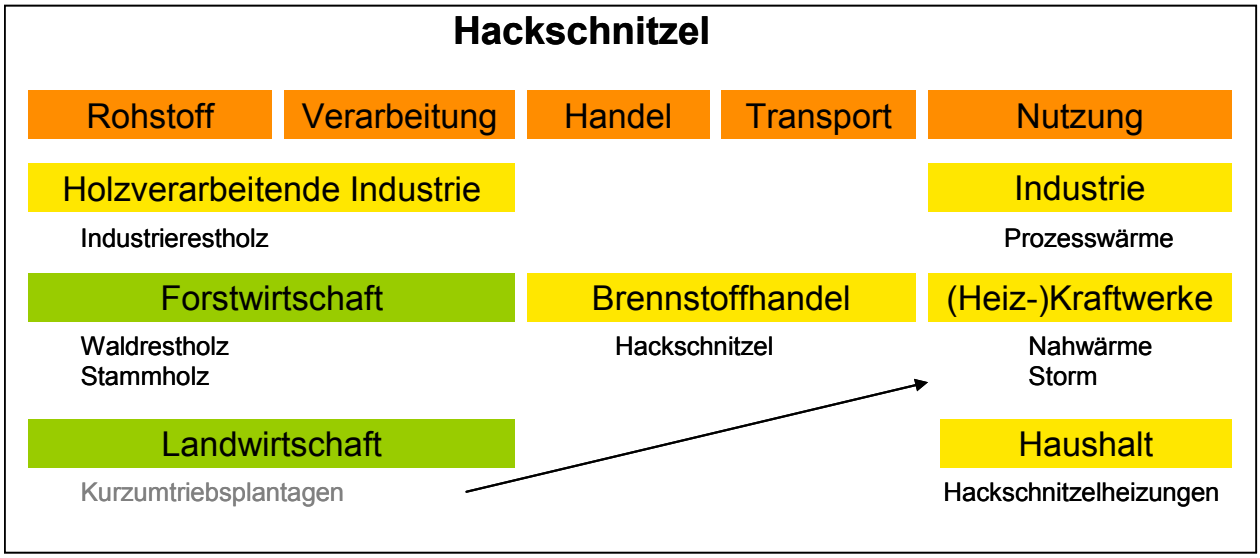


Abbildung 2-17: Produktionsketten für Hackschnitzel.

Hackschnitzel werden sehr vielseitig eingesetzt. Zum einen werden sie zur Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie genutzt, zum anderen in Heiz(kraft)werken und in Hackschnitzelheizungen in privaten Haushalten. Die Darstellung des Mengengerüsts der eingesetzten Hackschnitzel in Deutschland wird in diesem Kapitel auf den Einsatz in Anlagen bis zu 1 MW beschränkt, wobei es sich um Anlagen zur Wärmeerzeugung in privaten Haushalten und Gewerben handelt. Der Hackschnitzeleinsatz in Anlagen größer als 1 MW wird im Zusammenhang mit dem Biomasseeinsatz in Heiz-/Kraftwerken dargestellt (s.u.).

In Deutschland werden jährlich etwa 2 Mio. t an Hackschnitzeln in Anlagen bis zu 1 MW eingesetzt (siehe Tabelle 2-18). Bezüglich des Außenhandels stellt die online Datenbank der Welternährungsorganisation Informationen zur Verfügung [FAOSTAT10]. Demnach lag der Export von Hackschnitzeln aus Deutschland 2007 mit 2,87 Mio. t deutlich über dem Import von 0,78 Mio. t. 2008 wurden 2,37 Mio. t exportiert und etwa 1,22 Mio. t importiert. Eine Differenzierung des Außenhandels nach der energetischen und der stofflichen Nutzung ist jedoch nicht möglich. Im Sinne einer konservativen Herangehensweise wird der Außenhandel daher nicht berücksichtigt.

Die Preise von Hackschnitzeln werden von Carmen vierteljährlich durch eine Befragung erhoben. Abbildung 2-18 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Jahresdurchschnittspreise seit 2003. In dem hier betrachteten Zeitraum ab 2007 stieg der Preis von knapp 70 €/t auf beinahe 83 €/t.

© GWS mbH 2011

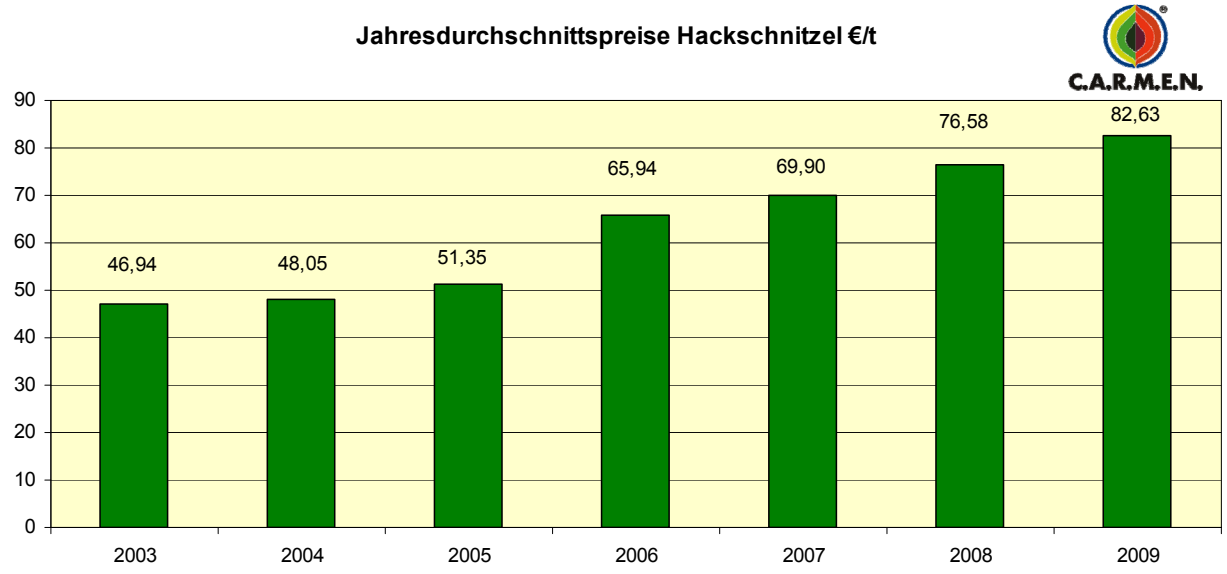


Abbildung 2-18: Jahresdurchschnittspreise Hackschnitzel Deutschland [CARMEN10].

Der beschäftigungsrelevante Umsatz mit Hackschnitzeln zur energetischen Nutzung in Anlagen bis zu 1 MW in Deutschland lag 2007 demnach bei 114 Mio. €. 2008 stieg dieser Wert auf 138,9 Mio. € und 2009 auf 157,7 Mio. €.

Tabelle 2-18: Mengengerüst des Hackschnitzeleinsatzes in Haushalten/Gewerben bis 1 MW in Deutschland [AGEE-Stat].

	2007	2008	2009
Menge Mio. t	1,95	2,15	2,27
Umsatz Mio. €	114,4	138,9	157,7

Zur Ermittlung der Bruttobeschäftigung aus diesen Umsätzen wurde die Wertschöpfung auch hier verschiedenen Bereichen zugeordnet. 26 % der Wertschöpfung entfielen dabei auf den Transport der Hackschnitzel, 11 % auf den Handel und die Lagerung sowie 62 % auf die Bereiche Forstwirtschaft, Holzverarbeitende Industrie und Garten und Landschaftsbau. Dabei wurde angenommen, dass jeweils 40 % auf die ersten beiden Bereiche entfallen und 20 % auf den Garten und Landschaftsbau.

Die resultierende Beschäftigung belief sich 2007 auf 1.500 Personen, 2008 und 2009 lag sie dagegen bei 1.700 Personen.

Biomasseeinsatz in Heiz-/Kraftwerken

Der Biomasseeinsatz in Heiz(kraft)werken wird in diesem Kapitel insgesamt betrachtet. Dabei handelt es sich um eine Vielzahl an Biomassefraktionen, die hier zum Einsatz kommen. Der größte Anteil des eingesetzten Brennstoffes ist als Abfall deklariertes Altholz, aber auch Industrienebenprodukte sowie Waldrestholz und Landschaftspflegeholz, in Form von Hackschnitzeln, werden hier verwendet.

Nach Angaben der AGEE-Stat wurden 2007 insgesamt knapp 13 Mio. t Biomasse in Heiz-/Kraftwerken eingesetzt. Bis 2009 stieg diese Menge leicht auf 14 Mio. t an (vgl. Tabelle 2-19). Eine Aufteilung der Biomasse auf die verschiedenen Fraktionen wurde da-

© GWS mbH 2011

bei anhand der Ergebnisse der Biomassemonitorings für 2007 vorgenommen [IE08]. Demnach entfielen etwa 35 % der eingesetzten Menge auf die Altholzkategorien A I und A II, 24 % auf die Kategorien A III und A IV, 29 % auf Industrierestholz und die restlichen 12 % auf Waldrestholz und Landschaftspflegeholz. Diese Verteilung wird für den gesamten Untersuchungszeitraum angenommen, da eine vergleichbare Aufteilung für die Jahre 2008 und 2009 nicht vorliegt.

Für die Bereiche Industrierestholz sowie Waldrestholz und Landschaftspflegeholz, die zu der Kategorie Hackschnitzel zählen, wurde analog zu den Ausführungen im Rahmen der Hackschnitzel kein Außenhandel angenommen. Bei den verschiedenen Altholzfraktionen ist jedoch eine genauere Betrachtung möglich.

Auch Altholz wird neben der energetischen Nutzung zum Teil der stofflichen Nutzung zugeführt. Dies ist vor allem in den Kategorien A I und A II möglich. Das gesamte nationale Altholzaufkommen betrug laut Abfallstatistik des Statistischen Bundesamtes 2007 und 2008 in etwa 11 Mio. t. Zum Zeitpunkt dieser Untersuchung lagen die Zahlen von 2009 noch nicht vor. Eine Schätzung des Bundesverbandes für Altholzaufbereitung und –verwertung geht von einem Aufkommen von 8,6 Mio. t aus. Laut der deutschen Handelsbilanz von Altholz, lagen die Importe im gesamten betrachteten Zeitraum deutlich über den Exporten. 2007 wurden demnach 1,17 Mio. t nach Deutschland importiert während 0,24 Mio. t exportiert wurden. 2008 lag der Import bei 1,1 Mio. t, der Export bei 0,11 Mio. t. 2009 sanken beide Werte, 0,83 Mio. t wurden importiert und 0,08 Mio. t gingen in den Export. Diese Zahlen beruhen auf den Angaben des Umweltbundesamtes, die im Rahmen des Basler Übereinkommens über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung erhoben werden [DBFZ10]. Eine Aufteilung des Außenhandels nach den verschiedenen Altholzkategorien ist jedoch nicht möglich, ebenso wie die Zuordnung zu der Nutzungsform. Für die Abschätzung des Umsatzes im Rahmen dieser Untersuchung werden die Außenhandelsrelationen, die sich aus dem Gesamtaufkommen in Deutschland und dem Außenhandel ergeben, auf die zur energetischen Nutzung eingesetzten Mengen von Altholz in Deutschland analog angewandt.

Der beschäftigungsrelevante Umsatz belief sich demnach 2007 auf 333,4 Mio. €, 2008 auf 370,6 Mio. € und 2009 auf 417,4 Mio. € (vgl. Tabelle 2-19). Dabei sei darauf verwiesen, dass sich die Preise zwischen den verschiedenen Holzfraktionen zum Teil deutlich unterscheiden. So liegt zwischen den Althölzern der Kategorie AIII/AIV und dem Waldrestholz/Landschaftspflegeholz etwa ein Faktor 10.

Tabelle 2-19: Mengengerüst des Biomasseeinsatze in Heiz-/Kraftwerken in Deutschland [AGEE-Stat; eigene Berechnungen].

	2007	2008	2009
Menge Mio. t	12,94	13,58	14,34
in Deutschland produzierte Menge Mio. t	12,27	12,87	13,59
Umsatz aus deutscher Produktion Mio. €	333,4	370,6	417,4

Die Struktur der Wertschöpfung für die Bereiche Industrierestholz sowie Waldrestholz und Landschaftspflegeholz wurde bereits für Hackschnitzel dargestellt und wird hier analog angewandt. Bei der Wertschöpfung für Altholz wurde zwischen den Kategorien AI/AII und AIII/AIV unterschieden. Da es sich bei der Kategorie AIII/AIV um sehr stark belastete

© GWS mbH 2011

Hölzer handelt, die entsorgt werden müssen, wird davon ausgegangen, dass die zusätzliche Wertschöpfung, die eine Beschäftigungsrelevanz hat, ausschließlich dem Transport zuzuordnen ist. Für Kategorie AI/AII wurde hingegen angenommen, dass etwa die Hälfte der Wertschöpfung auf den Transportsektor entfällt und die andere Hälfte den Sektoren zuzuschreiben ist, in denen die Althölzer anfallen. In einer Untersuchung im Auftrag des BMU aus dem Jahr 2007 wurde eine Analyse des Altholzaufkommens vorgelegt [IE07]. Aus den hier gewonnenen Erkenntnissen kann geschlossen werden, dass der Großteil des anfallenden Altholzes der Kategorie AI/AII mit knapp 56 % aus Abfällen der Holzindustrie stammt, etwa 37 % durch die Aktivitäten des Baugewerbes anfallen, 5 % Verpackungsabfällen zugerechnet werden können und knapp 2 % bei den Siedlungsabfällen auftreten.

Die Beschäftigung, die aus dieser Betrachtung resultiert, ist in Tabelle 2-20 dargestellt. Demnach konnte der Biomassebereitstellung für Heiz-/Kraftwerke 2007 eine Beschäftigung von 4.500 Personen zugerechnet werden. 2008 stieg diese Beschäftigung auf 4.700 Personen leicht an. 2009 waren 4.800 Personen in diesem Zusammenhang beschäftigt wovon etwa 46 % auf den Bereich Industrierestholz entfielen, 21 % auf das Waldrestholz/Landschaftspflegeholz, 25 % der Bereitstellung der Altholzkategorie AI/AII zuzuordnen waren und 8 % im Zusammenhang mit dem Transport von Althölzern der Kategorie AIII/AIV beschäftigt waren.

Tabelle 2-20: Bruttobeschäftigung durch die Biomassebereitstellung für den Einsatz in Heiz-/Kraftwerken in Deutschland.

	2007	2008	2009
Altholz AI/AII	1.200	1.200	1.200
Altholz AIII/AIV	400	400	400
Industrierestholz	2.000	2.100	2.200
Waldrestholz/Landschaftspflegeholz	900	1.000	1.000
Summe	4.500	4.700	4.800

2.3.3.1.2 Energiepflanzen

Eine weitere stark wachsende Säule der Biomassenutzung ist der Anbau spezieller Energiekulturen auf landwirtschaftlichen Flächen. Einjährige Kulturen, die analog zur traditionellen Nahrungs- und Lebensmittelproduktion angebaut werden, stellen den Hauptteil des Energiepflanzenanbaus. Die Nutzung einjähriger Kulturen erfolgt weitgehend als flüssige Biomasse bzw. Biokraftstoff aber auch als Biogas (vgl. Tabelle 2-21). Mehrjährige Kulturen sind in Deutschland bei einer Anbaufläche von nur 3.500 ha bisher kaum verbreitet. Es handelt sich dabei vorwiegend um verschiedene schnell wachsende Hölzer in Kurzumtriebsplantagen, die zur Pellet- oder Hackschnitzelerzeugung genutzt werden.

Während Kraftstoffe der ersten Generation (Biodiesel und Bioethanol) fast vollständig aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt werden, stellen in Deutschland Energiepflanzen bei Biogas 25-40 % der eingesetzten Substratmenge. Laut Umfragen des Deutschen BiomasseForschungsZentrums (DBFZ) setzen etwa 90 % der Anlagen Energiepflanzen als Substrat ein [IE08; DBFZ09].

Energiepflanzen belegten 2009 rund 14 % der Ackerflächen und nehmen damit mittlerweile einen spürbaren Anteil der Pflanzenproduktion ein. Flächen- und mengenmäßig be-

© GWS mbH 2011

deutsam ist allerdings nur eine kleine Auswahl an Kulturen. Nach wie vor ist Raps die wichtigste Energiepflanze in Deutschland, die über die Hälfte der Anbauflächen belegt (vgl. Tabelle 2-21). Geringere Bedeutung hat der Anbau von Stärke- und Zuckerpflanzen für die Bioethanol-Erzeugung.

Tabelle 2-21: Anbau nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Nutzung (ha) [FNR07;FNR09].

[ha]	2005	2006	2007	2008	2009
Raps für Biodiesel/ Pflanzenöl	960.000	1.000.000	1.120.000	915.000	942.000
Stärke/Zucker für Bioethanol	170.000	295.000	250.000	187.000	226.000
Pflanzen für Biogas			400.000	500.000	530.000
Dauerkulturen für Festbrennstoffe/sonstiges	-	-	1.000	2.000	3.500
Summe	1.130.000	1.295.000	1.771.000	1.604.000	1.701.500

Während der Rapsanbau in den letzten beiden Jahren wieder leicht rückläufig war, verzeichnete der Anbau von Gärsubstraten für die Biogaserzeugung einen erheblichen Zuwachs. Die wichtigsten Kulturen zur Bereitstellung von Biogassubstraten sind in Deutschland derzeit Mais, Gras und Getreide (vgl. auch Abbildung 2-23).

Die Anbauflächen von Rohstoffen für die Biokraftstoff-Herstellung unterlagen in den letzten drei Jahren relativ großen Schwankungen. Dies ist auf die wechselnden rechtlichen Rahmenbedingungen sowie Preisschwankungen bei Konkurrenzrohstoffen zurückzuführen. Insbesondere die starken Schwankungen des Ölpreises beeinflussen die Wettbewerbsfähigkeit einheimischer Rohstoffe für die die Kraftstoffherstellung (vgl. Abbildung 2-19).

© GWS mbH 2011

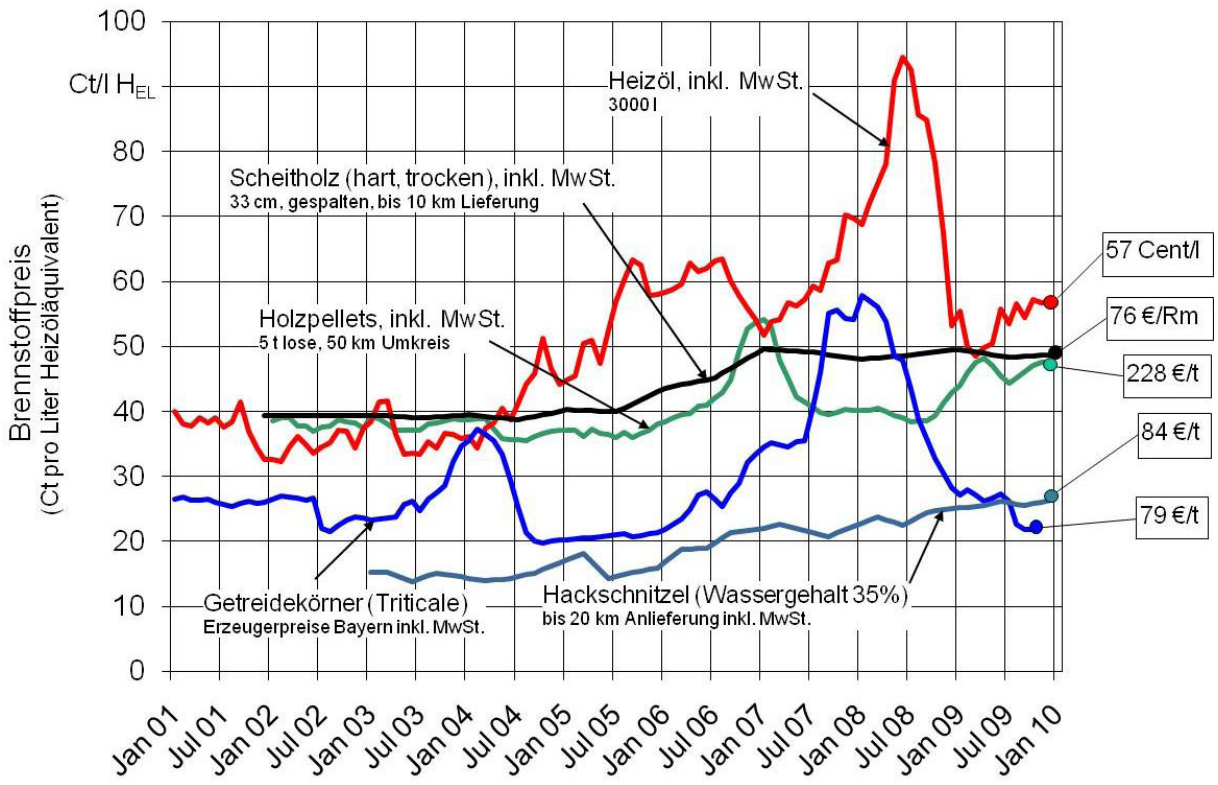


Abbildung 2-19: Langfristige Entwicklung der Brennstoffpreise (inkl. Anlieferung und MwSt.) [TFZ10a].

Die Konkurrenz zwischen Energie- und Nahrungsmittelbedarf spiegelt sich im Preis für Produkte wie Marktfrüchte oder für Flächen, z.B. Pachtpreise [vgl. auch IE08] wider. Tabelle 2-22 zeigt die Entwicklung der Erzeugerpreise für landwirtschaftliche Produkte in den letzten Jahren. Auffällig ist der starke Preisanstieg in den Jahren 2007 und 2008 für Getreide und Raps, die sowohl als Nahrungsmittel, als auch als Energiepflanzen dienen. Dieser korrespondiert mit der Hochpreisphase für Erdöl – wie auch der Preisrückgang in 2009 parallel verlief.

Tabelle 2-22: Entwicklung der Erzeugerpreise für Marktfrüchte [BMELV04; 06; 07; 08; 09; StaBu10].

[€/t]	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Weizen	112	101	110	110	91	109	179	186	116
Gerste	99	87	95	98	94	102	169	168	96
Raps	214	214	233	197	194	230	305	385	253
Zuckerrüben	47	49	46	48	46	33	30	26	23

Allerdings standen den Erzeugerpreissteigerungen erhebliche Preissteigerungen bei den Betriebsmitteln gegenüber – so verdoppelten sich etwa die Preise für die wichtigsten Düngemittel im Jahr 2009 gegenüber 2007 [StaBu07; 09]. Dennoch erzielten die für die Kraftstofferzeugung relevanten Marktfrüchte im Jahr 2008 erheblich höhere Deckungsbeiträge als in den Vorjahren (vgl. Tabelle 2-23). Dies galt allerdings nicht für den Anbau von Bio-

© GWS mbH 2011

gassubstraten. Für Mais-, Gras- und Getreideganzpflanzensilage – die wichtigsten Kulturen für die Biogaserzeugung liegen aufgrund der regional gebundenen Nutzung nur wenige Daten zur Preisentwicklung vor. In Preiserhebungen der FNR wurden Silagepreise von 27-30 €/t in Deutschland ermittelt (ab Fahrsilo), mit regionalen Schwankungsbreiten von bis zu 10 €/t [FNR10a].

Tabelle 2-23 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Standarddeckungsbeiträge laut Statistik für die Futterbaukulturen, die auch zur Biogaserzeugung genutzt werden können. Diese weisen wesentlich geringere Schwankungen im Zeitverlauf auf als bei den Marktfrüchten beobachtet wurde. Allerdings zeigt der Vergleich mit Deckungsbeiträgen aus Anbauversuchen von Energiepflanzen der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe im gleichen Zeitraum eine erhebliche Abweichung der Deckungsbeiträge zum Futterbau.

Tabelle 2-23: Deckungsbeiträge für Energiekulturen im Vergleich [FNR10b; BMELV06;07;08;09].

		Standarddeckungsbeitrag					Versuch FNR
[€/ha]		2005	2006	2007	2008	Ø 2006-2008	Ø 2005-2008
Marktfrüchte	Weizen	759	349	531	1088	714	
	Gerste	685	235	340	797	543	
	Raps	647	392	489	800	638	
Ganzpflanzen-silage (GPS)	Silomais	791[1]	703[1]	643[1]	796[1]	788[1]	448[2]
	Grasanbau	373[1]	370[1]	234[1]	262[1]	287[1]	134[2]
	Getreide-GPS	-	-	-	-	-	121-158[2]

[1] Futtermittelproduktion [2] Energiepflanzenproduktion

Die Interdependenzen zwischen den Märkten für Energie, Energiepflanzen und Nahrungsmitteln nehmen also zu. Bei Verknappung von Ölressourcen bzw. steigender Nachfrage nach Energiepflanzen zeigen sich immer stärker auch Preisschwankungen an den Märkten für Lebensmittel. Laut FAO wurden die starken Preisschwankungen an den Weltagrarmärkten zwischen 2007 und 2008 durch die Förderung von Bioenergie mit verursacht, allerdings in Kombination mit anderen Faktoren wie schlechten Ernten und Spekulationen an den Märkten [FAO 2010].

Eine Entspannung der Konkurrenzsituation auf den innerhalb Deutschlands begrenzt verfügbaren Flächen ist unter anderem durch Ertragssteigerungen möglich. Abbildung 2-20 zeigt die Ertragsentwicklung der wichtigsten Ackerkulturen in Deutschland, die zur Energieerzeugung genutzt werden. Deren Erträge stiegen in der letzten Dekade nur sehr langsam an. Allein bei Zuckerrüben ist ein deutlicher Anstieg des Hektarertrags zu erkennen.

© GWS mbH 2011

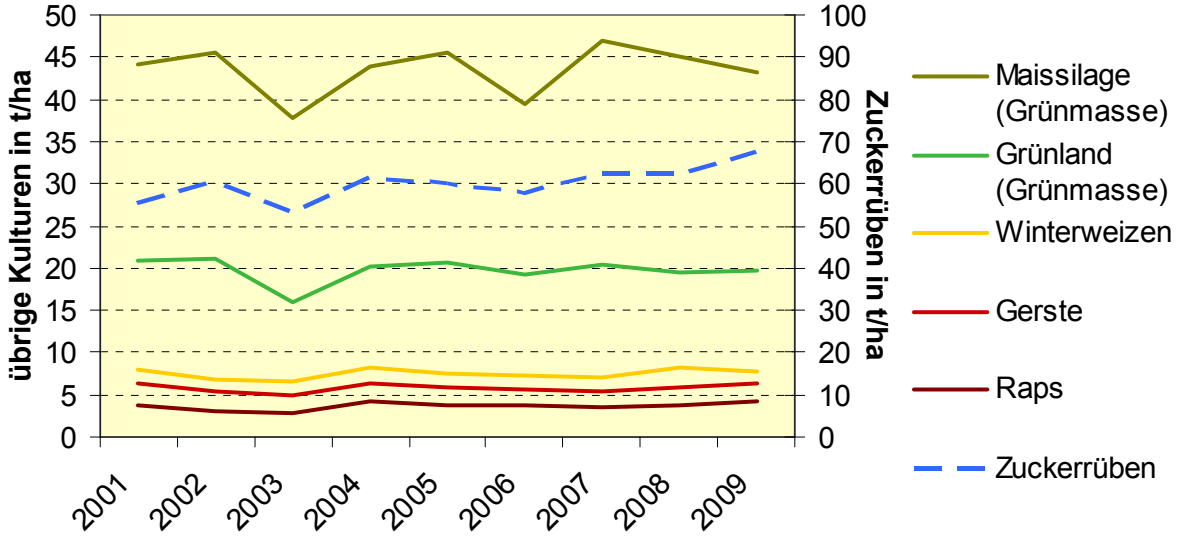


Abbildung 2-20: Ertragsentwicklung der wichtigsten Energiepflanzen in Deutschland [BMELV06; 09].

Zwar sind aus speziellen Züchtungen für den Energiepflanzenanbau künftig weitere Steigerungen hinsichtlich des Energieertrags zu erwarten. Bisher ist allerdings noch keine eindeutige Tendenz höherer Erträge bei Energiekulturen festzustellen. Durch Anpassung des Sortenspektrums ist nur bei Silomais ein 5-10 % höherer Energieertrag zu realisieren [FNR10c]. Allein aus den Ertragssteigerungen ist daher keine Entspannung der zunehmenden Flächenkonkurrenz in Deutschland zu erwarten.

Bis 2008 diente die obligatorische Flächenstilllegung von bis zu 10 % der Ackerflächen innerhalb der europäischen Agrarpolitik als Flächenbeschaffung für den Energiepflanzenbau, da die stillgelegten Flächen für den Energiepflanzenanbau freigegeben waren. Aufgrund der enormen Preissteigerungen für Agrarprodukte auf den Weltmärkten wurde die Flächenstilllegung zunächst reduziert und ab Januar 2009 schließlich endgültig abgeschafft [EUKom08]. Die Konkurrenz um Anbauflächen für die unterschiedlichen Nutzungen wird daher für Energiepflanzen in Deutschland weiter zunehmen. Der Trend zunehmender Importe von Biomasse – insbesondere von Energiepflanzen als Rohstoff oder bereits verarbeitet wird sich daher zukünftig verstärken.

Dies zeichnete sich in den vergangenen Jahren bereits ab. Abbildung 2-21 zeigt, dass die Selbstversorgung von Getreide und Ölfrüchten in den letzten Jahren zum Teil rapide gesunken ist. Insbesondere die Versorgung mit Raps, der wichtigsten in Deutschland angebauten Ölsaat hat sich in den letzten fünf Jahren halbiert.

© GWS mbH 2011

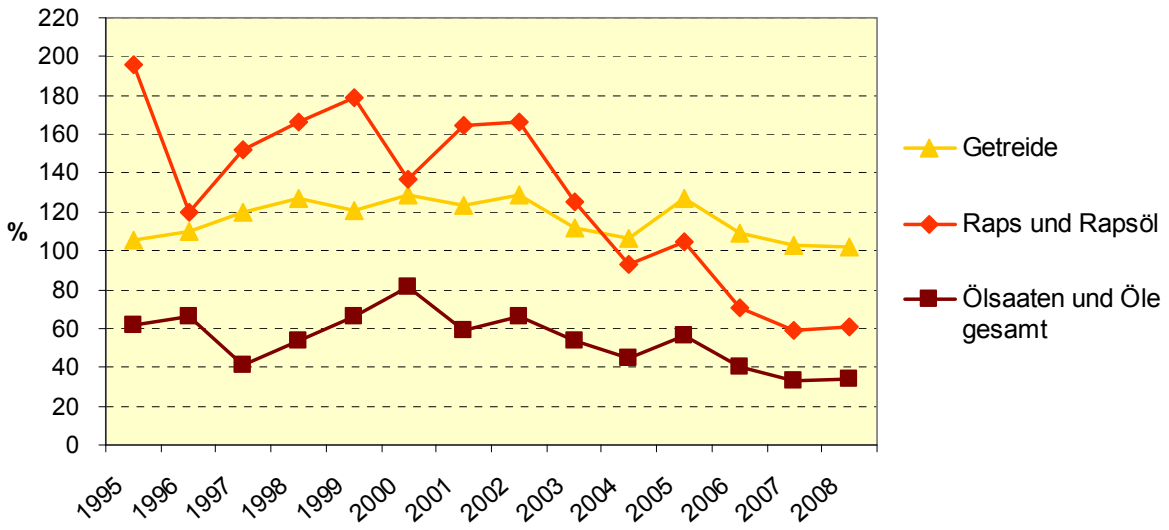


Abbildung 2-21: Entwicklung der Selbstversorgungsgrade bei Bioenergie-relevanten Agrarprodukten [Quelle: BMELV 2009; BMVEL 2003].

Traditionell ist die Selbstversorgung mit Ölsaaten und Ölen in Deutschland niedrig und der Import überdurchschnittlich hoch im Vergleich mit anderen Agrarprodukten (siehe Tabelle 2-24). Die Einfuhr von Raps zeigt ebenfalls einen steigenden Trend, trotz der erheblichen Ausdehnung der inländischen Erzeugung um 30-40 % in der letzten Dekade.

Die bisher in der Energieerzeugung am häufigsten eingesetzten Getreide Weizen und Roggen wurden in der Vergangenheit netto exportiert. Eine Ausnahme davon stellt Körnermais dar, dessen Anbauschwerpunkt in wärmeren Klimata liegt. Gerade für die Energieerzeugung hat Mais aber im letzten Jahr enorm an Bedeutung gewonnen. Die Maisnutzung stieg bei ebenfalls steigenden Importen 2008 auf 507.000 t (vgl. Tabelle 2-24) und damit auf eine ähnliche Höhe wie bei Weizen und Roggen.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-24: Erzeugung, Import – Export und energetische Verwendung wichtiger Marktfrüchte in Deutschland [BMELV09].

[1000 t]		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ölsaaten	Erzeugung	4 250	3 918	3 727	5 374	5 148	5 422	5 385
	Import	6 725	5 961	6 304	5 708	5 898	6 215	6 714
	Export	972	878	489	588	476	447	693
Raps	Erzeugung	4 160	3 849	3 634	5 277	5 052	5 336	5 321
	Import	1 284	1 247	1 371	1 310	1 708	1 874	2 637
	Export	820	804	380	476	377	355	566
pflanzliche Öle (Rohöl)	Erzeugung	1 796	1 604	1 525	2 247	2 138	2 223	2 211
	Import	2 132	2 180	2 401	2 935	4 315	4 562	3 277
	Export	2 296	1 872	1 826	1 826	1 577	1 360	1 603
(Weich-) Weizen	Erzeugung	22 708	20 720	18 895	25 310	23 642	22 366	20 790
	Import	1 494	2 579	1 612	1 766	2 389	2 349	3 187
	Export	8 903	6 667	6 298	6 746	7 928	7 938	6 790
	Inlandsverwendung für Energie	-	-	-	-	506	871	555
Roggen	Erzeugung	5 172	3 700	2 303	3 847	2 842	2 691	2 745
	Import	33	91	42	68	207	77	256
	Export	1 199	1 215	1 930	1 674	1 314	1 292	382
	Inlandsverwendung für Energie	.	.	.	.	363	373	432
(Körner-) Mais	Erzeugung	3 504	3 738	3 422	4 213	4 083	3 220	3 809
	Import	2 292	2 632	2 680	3 304	3 214	3 816	4 067
	Export	1 441	1 588	1 539	1 828	1 611	1 417	1 269
	Inlandsverwendung für Energie	.	.	.	.	38	71	507
Getreide gesamt	Erzeugung	49 486	43 247	38 891	50 956	45 883	43 375	40 546
	Import	6 203	7 831	6 694	7 423	8 751	9 612	11 431
	Export	15 431	13 967	12 229	13 333	15 086	14 789	11 693
	Inlandsverwendung für Energie	.	.	.	.	989	1 495	1 778

Die Zuordnung der Rapserzeugung sowie der Importe zu den verschiedenen Nutzungszweigen in der Verarbeitung stellt sich als außerordentlich schwierig dar. Grund hierfür sind die zahlreichen Substitutionsbeziehungen von Ölsaaten untereinander als Industrie-

© GWS mbH 2011

und Energierohstoff sowie für die Lebens- und Futtermittelerzeugung. Hinzu kommt der Einsatz von Nebenprodukten zum Beispiel als Eiweißlieferant für Futtermittel – dabei ist bei einigen Substitutionsprodukten für Raps, wie etwa Soja die Zuordnung als Hauptprodukt zum Eiweiß- oder Ölsektor nicht eindeutig. Daten zu den exakten Verarbeitungswegen der angebauten Kulturen liegen nicht vor, da innerhalb der Agrarstatistik nur die gesamt genutzten Mengen bilanziert werden. Insbesondere der Importanteil in den unterschiedlichen Sektoren wird nicht statistisch erfasst.

Daher kann für die Landwirtschaft eine Zuordnung der Arbeitsplätze zum Sektor Erneuerbare Energien nicht anhand der tatsächlichen Nutzung einheimischer und importierter Produktion erfolgen. Die Ermittlung der beschäftigungsrelevanten Umsätze basiert vielmehr auf den in Deutschland ermittelten Anbauflächen unter der Prämisse, dass die einheimische Energiepflanzenproduktion innerhalb Deutschlands genutzt wird (vgl. auch Tabelle 2-21). Die beschäftigungsrelevanten Umsätze aus dem Energiepflanzenanbau werden im Folgenden nach ihrer Nutzung getrennt für die stationäre Anwendung flüssiger Bioenergieträger und für Biogas beschrieben. Ausgehend von dem jeweiligen Brennstoff, der für die Endnutzung zur Verfügung steht, werden die zugehörigen vorgelagerten Produktionsschritte dargestellt, die wiederum den einzelnen Wirtschaftszweigen zugeordnet werden.

Bevor diese Detailbetrachtung vorgenommen wird, soll hier noch auf die Arbeitsintensität des Anbaus verschiedener landwirtschaftlicher Produkte eingegangen werden. Da sich diese mitunter deutlich voneinander unterscheiden, hat dies Auswirkungen auf die resultierende Bruttobeschäftigung. Tabelle 2-25 gibt eine Übersicht über einige landwirtschaftliche Produkte, die zum Teil zur energetischen Nutzung eingesetzt werden. Beispielhaft wurden hier Werte für Anbauflächen in der Größenordnung von 2 und 20 ha ausgewählt. Demnach liegt die Arbeitsintensität bei Raps sowie bei Körnerfrüchten wie Weizen oder Futter- und Industriegetreide auf einer Anbaufläche von 20 ha bei ca. 5 h/ha. Im Vergleich liegt die Arbeitsintensität dieser Produkte damit bei einem Drittel der Arbeitsintensität von Mais oder Grassilage, die in Biogasanlagen eingesetzt werden. Die Arbeitsintensität bei dem Anbau von Zuckerrüben liegt mit etwa 10 h/ha in der Mitte. Eine Abhängigkeit der Arbeitsintensität von der Anbaufläche besteht in dieser Betrachtung dabei für Grassilage, Körnerfrüchte und Raps. Dabei ist die Arbeitsintensität pro Hektar beispielsweise bei Raps auf einer Anbaufläche von 2 ha beinahe doppelt so hoch wie bei einer Fläche von 20 ha.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-25: Arbeitsintensität h/ha [KTBL/ATB06].

	2 ha	20 ha
Mais	ca. 14	
Grassilage	ca. 20	ca. 15
Körnerfrüchte	ca. 12	ca. 5
Raps	ca. 9	ca. 5
Zuckerrüben	ca. 10	

Flüssige Bioenergieträger (zur stationären Anwendung)

Flüssige Bioenergieträger umfassen sowohl Pflanzenöl als auch die Verarbeitungsstufen zu Biotreibstoffen 1. und 2. Generation. Daher wird hier der Einsatz von Pflanzenrohöl zur energetischen Nutzung sowie der Einsatz von flüssiger Biomasse in stationären Anlagen untersucht. In Deutschland ist die Nutzung flüssiger Biomasse in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Erzeugung von Wärme und Strom üblich. Zum Einsatz kommt vorwiegend Pflanzenöl, eine höhere Verarbeitungsstufe wird kaum genutzt (vgl. Abbildung 2-22).

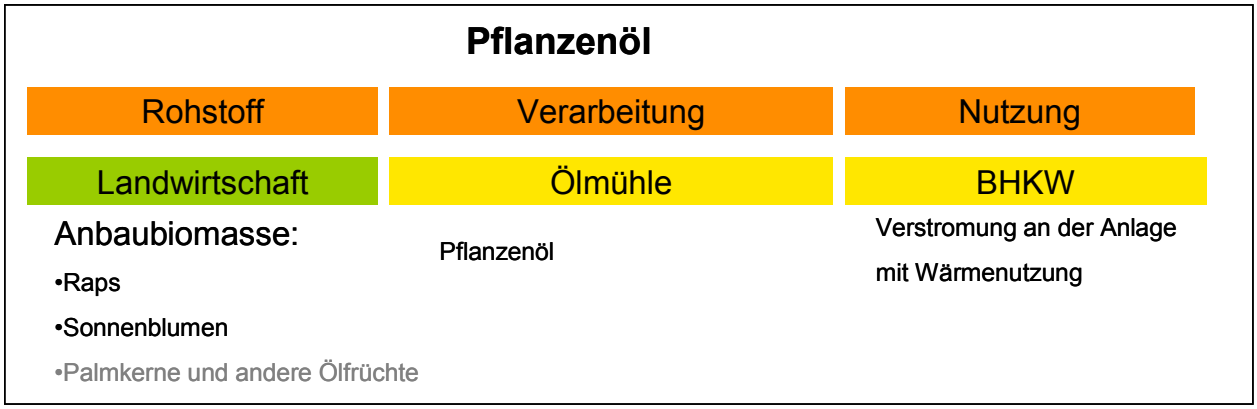


Abbildung 2-22: Produktionsketten für Pflanzenöl.

Die Bereitstellung von Pflanzenöl erfolgt auf Basis erzeugter und importierter Ölfrüchte. Beschäftigungsrelevant ist die im Inland erfolgte Erzeugung von Energie-Ölfrüchten, also vorwiegend Raps, über die Tabelle 2-26 einen Überblick gibt.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-26: Rapserzeugung zur Energiegewinnung in Deutschland [BMELV08; 09; StaBu09; eigene Berechnung].

	2007	2008	2009
Anbaufläche [ha]	1.120.000	915.000	942.000
Ertrag [t]	3.850.000	3.450.000	4.040.000
Preis [€/t]	305	385	253
Menge Rohöl [t]	1.570.000	1.410.000	1.650.000

Nur ein kleiner Bruchteil des erzeugten Rohöls wird in stationären Anlagen genutzt. Auch im Vergleich zu Biogas ist die stationäre Nutzung flüssiger Biomasse ein relativ kleiner Sektor, der sich zudem eher rückläufig entwickelt. Der Rückgang ist einerseits auf den starken Anstieg der Rohstoffpreise, andererseits aber auf die Nachhaltigkeitsanforderung durch die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung zurückzuführen, die im letzten Jahr in Kraft getreten ist [BioSt-NachV 2009], die viele importierte Pflanzenöle nicht erfüllen oder nachweisen können.

© GWS mbH 2011

Exkurs Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung

Der Ausbau der Verstromung flüssige Biomasse führte zu einer erhöhten Nachfrage nach Pflanzenöl, welche vornehmlich durch importiertes Palmöl und zu einem kleineren Teil aus heimischem Raps gedeckt wurde. Um die Nachhaltigkeit der eingesetzten Pflanzenöle sicherzustellen wurde im August 2009 die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung verabschiedet welche die Nachhaltigkeitsanforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie umsetzt. [BioSt-NachV 2009].

Diese legt fest, dass eine Vergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz nur erfolgen kann, wenn die Bereitstellung der Biomasse den folgenden Nachhaltigkeitskriterien genügt:

- Schutz der natürlichen Lebensräume
- Anbau in nachhaltiger landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsweise
- Einhaltung eines Mindest-Treibhausminderungspotenzials

Ab 1.1. 2011 müssen EEG-Anlagenbetreiber einen Nachweis über die Nachhaltigkeit der eingesetzten Pflanzenöle erbringen. Dieser wird über Zertifizierungssysteme, welche bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung für diese Tätigkeit zugelassen sind, erbracht.

Insbesondere die Palmölimporte sind von den Einschränkungen durch die BioSt-NachV betroffen, die bei der stationären Nutzung den überwiegenden Teil der eingesetzten Biomasse ausmachen. Dies gilt vor allem für die Anlagen im großen Leistungsbereich über 500 kW, die 2008 und 2009 angaben, zu 93-96 % Palmöl einzusetzen. 2009 war laut Umfrage des DBFZ eine leichte Wende zu verstärktem Rapsöleinsatz, vorwiegend in Anlagen unter 150 kW, zu erkennen. Insgesamt wird jedoch weiterhin Palmöl zu 90% in stationären Anlagen eingesetzt [DBFZ10a].

Da der Einsatz von Rapsöl vorwiegend in kleinen Anlagen stattfindet, kann davon ausgegangen werden, dass die dafür benötigte Rapsproduktion vor Ort im Inland erfolgt. Tabelle 2-27 zeigt die genutzte Rapsölmenge sowie die beschäftigungsrelevanten Umsätze aus der Nutzung einheimischen Rapsöls in stationären Anlagen zur Verstromung und Wärmeerzeugung der letzten drei Jahre.

Tabelle 2-27: Mengengerüst des Rapsöleinsatzes in stationären Anlagen zur Nutzung flüssiger Biomasse in Deutschland [AGEE-Stat; DBFZ10a].

	2007	2008	2009
Strombereitstellung [TWh]	1,49	1,44	1,45
Anteil Rapsöl	5%	6%	9%
Rapsölverbrauch [t]	37.100	45.800	68.800
Umsatz [Mio. €]	30,11	52,05	66,58

Der wesentliche Teil des in Deutschland hergestellten Pflanzenöls wird als Kraftstoff eingesetzt. Die Beschreibung der Wertschöpfungskette erfolgt daher in dem dazugehörigen Kapitel 2.3.3.2.

© GWS mbH 2011

Die Bruttobeschäftigung die aus der Bereitstellung von Pflanzenöl zur stationären Nutzung resultiert lag 2007 und 2008 bei 500 Personen. 2009 konnten diesem Bereich rund 900 Personen zugeordnet werden.

Nach Inkrafttreten der BioSt-NachV ist mit einer weiteren Ausdehnung der stationären Nutzung flüssiger Biomasse unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht mehr zu rechnen. Der weitaus größere Teil der Energie-Rapserzeugung wird auch weiterhin im Biotreibstoffsektor genutzt werden.

Biogas

Bis zur Novelle des EEG im Jahr 2004 wurden lediglich als Abfall deklarierte Nebenprodukte der Landwirtschaft in Biogasanlagen eingesetzt. Seit einigen Jahren werden Wirtschaftsdünger und Bioabfälle verstärkt durch Energiepflanzen ergänzt. Bei Biogas stellt sich die Frage welche eingesetzten Erzeugnisse im Sinne einer Wertschöpfung beschäftigungsrelevant sind. Reststoffe wie Wirtschaftsdünger oder Bioabfälle werden nicht betrachtet, da deren Nutzung eine Variante der ohnehin benötigten Reststoffbehandlung ist. Als beschäftigungsrelevant werden ausschließlich die speziell für die Biogaserzeugung angebauten Energiepflanzen angesehen. Deren Bereitstellung erfolgt ausschließlich durch die Landwirtschaft. Abbildung 2-23 gibt einen Überblick über die Produktionsketten von Biogas.

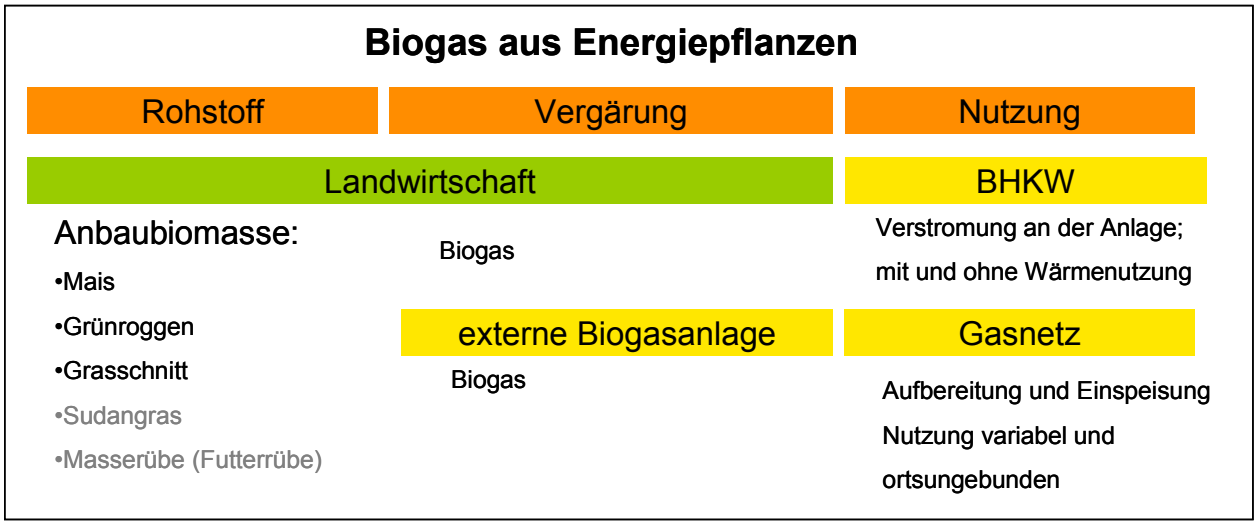


Abbildung 2-23: Produktionsketten für Biogas aus Energiepflanzen.

2009 lag der Biogasanlagenbestand in Deutschland bei ca. 4.700 Anlagen mit einer gesamten elektrischen Leistung von 1.720 MW_{el}. Knapp 600 Anlagen gingen allein im Jahr 2009 in Betrieb. Die meisten Anlagen bestehen in der Leistungsklasse zwischen 150-500 kW_{el} installierter elektrischer Leistung. Etwa die Hälfte der erzeugten Wärme (nach Abzug des Eigenverbrauchs der Anlage) wird extern genutzt.

Neben der direkten Verstromung und Wärmenutzung an der Biogasanlage ist seit einigen Jahren die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz möglich. Die Anzahl der Biogaseinspeiseanlagen verdoppelte sich 2009 auf 31, bei einer Gesamtleistung von 200 MW und einer Einspeisung von 1,24 TWh.

© GWS mbH 2011

Die meisten Anlagen befinden sich in Bayern und Baden-Württemberg, bei relativ geringen Anlagengrößen von durchschnittlich rund 250 kW, sowie in Niedersachsen, wo durchschnittlich etwa die doppelte Leistung installiert ist [DBFZ10a].

Laut Betreiberumfrage des DBFZ waren 80% der Anlagen dem landwirtschaftlichen Bereich zuzuordnen. Auch über 80% der insgesamt eingesetzten Substratmasse stammt aus Energiepflanzen und tierischen Exkrementen [DBFZ 2010]. Die für diese Anlagen erzeugten Energiepflanzen werden vorwiegend innerhalb des landwirtschaftlichen Betriebs selbst verbraucht. Nur ein geringer Teil der Substrate wird daher überhaupt gehandelt. Aufgrund des geringen Marktumfanges bei den Biogassubstraten bestehen Unsicherheiten bezüglich der gesamt erzeugten Menge an Substraten. So zeigt Abbildung 2-24 erhebliche Diskrepanzen in den Abschätzungen der für Biogas genutzten landwirtschaftlichen Anbauflächen verschiedener Quellen.

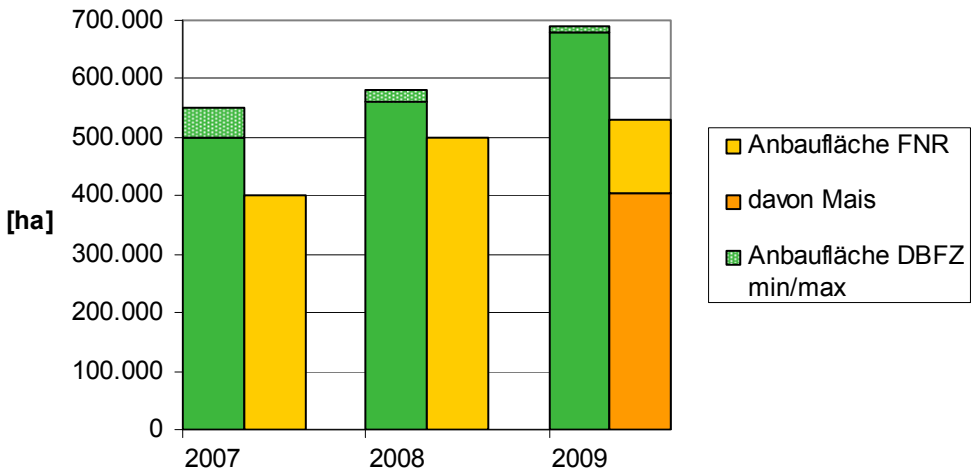


Abbildung 2-24: Abschätzung von Anbauflächen verschiedener Biogassubstrate nach DBFZ und FNR [IE08; DBFZ09; 10a; FNR07;09].

Gegenüber dem DBFZ, das aufgrund des jährlich erhobenen Anlagenbestands die benötigte Substratmenge und damit den Flächenbedarf ermittelt, geht die FNR von einem um etwa 100.000 ha geringeren Flächeneinsatz für Biogas aus. Die FNR setzt mit der Flächenermittlung dabei direkt am landwirtschaftlichen Anbau an. Unschärfen der Flächenermittlung entstehen zudem durch die entkoppelte Erzeugung und Nutzung von Substraten in verschiedenen Jahren sowie durch den Einsatz von Zwischenfrüchten als Substratquelle, die eine Doppelnutzung der Fläche ermöglichen. Nach Angaben des deutschen Maiskomitees, das ebenfalls eine Abschätzung der für Energiezwecke genutzten Maisfläche erstellt, lag 2009 der Energiemaisanbau in Deutschland mit mindestens 240.000 ha und höchstens 375.000 ha noch unterhalb der Werte der FNR [DMK10].

Da die FNR die Biogassubstratflächen direkt aufgrund des landwirtschaftlichen Anbaues ohne den Umweg über den Bestand an Biogasanlagen abschätzt und die Anbauabschätzung des Deutschen Maiskomitees noch konservativer ausfällt, wird für die Ermittlung der beschäftigungsrelevanten Umsätze daher auf die Zahlen der FNR zum Anbau von Biogassubstraten zurückgegriffen.

Aufgrund der physikalischen Eigenschaften der Kosubstrate ist ein Transport über weite Strecken meist unwirtschaftlich. Dies gilt insbesondere für die eingesetzten Silagen, die

© GWS mbH 2011

einen hohen Wassergehalt aufweisen. Transportgewicht und -masse lassen den Anbau nur ein einem kleinen Radius um die Biogasanlage sinnvoll erscheinen. Mit Ausnahme direkt in Grenznähe gelegener Anlagen wird daher angenommen, dass für Biogassubstrate keine Import- und Exportbeziehungen bestehen. Es wird demnach von einer Eigenerzeugung aller betrachteten Biogassubstrate im Inland ausgegangen.

Vorrangstellung für die Biogaserzeugung hat aufgrund seiner hohen Energieerträge seit Jahren der Silomaisanbau. In weitem Abstand folgen Grassilage und Getreide-Ganzpflanzensilage als weitere Anbauvarianten für die Biogaserzeugung (Abbildung 2-25).

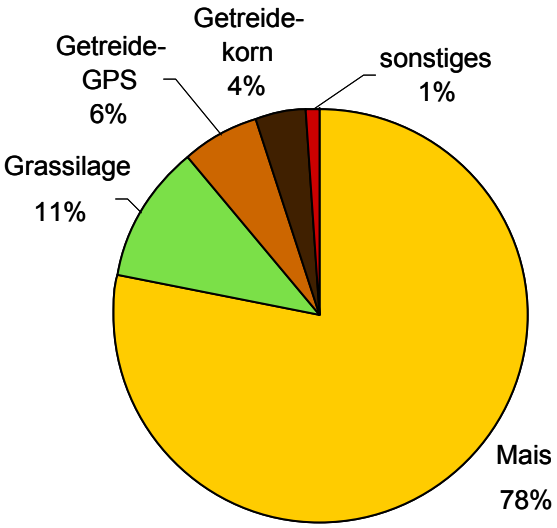


Abbildung 2-25: Anteil verschiedener Kulturen an der Substratbereitstellung für Biogasanlagen [DBFZ10a].

Die vom DBFZ ermittelten Anteile der unterschiedlichen Substratmengen für die Jahre 2007 bist 2009 wurden genutzt, um die Gesamtanbaufläche nach FNR den unterschiedlichen Kulturen zuzuordnen. Anhand der für die Substrate üblichen Preise werden die beschäftigungsrelevanten Umsätze ermittelt, die der Landwirtschaft zugeordnet werden (Tabelle 2-28).

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-28: Mengengerüst des Energiepflanzeneinsatzes in Biogasanlagen in Deutschland [BMELV06; 07; 08; 09; IE08; DBFZ09; 10a; KTBL/ATB06; eigene Berechnung].

		2007	2008	2009
Mais	Anbauflächen [ha]	316.000	390.000	413.000
	Ertrag [t/ha]	47	45,1	43,3
	Preis [€/t]	30	30	30
Grassilage	Anbauflächen [ha]	44.000	60.000	64.000
	Ertrag [t/ha]	32	31	30
	Preis [€/t]	29	29	29
Getreide GPS	Anbauflächen [ha]	32.000	45.000	32.000
	Ertrag [t/ha]	28	31	34
	Preis [€/t]	27	27	27
Getreidekorn	Anbauflächen [ha]	8.000	5.000	21.200
	Ertrag [t/ha]	5,3	6	6,4
	Preis [€/t]	169	168	96
Gesamtumsatz [Mio. €]		518	624	635

Aufgrund der geringeren Markteinflüsse bei der Silageerzeugung waren die Preise in den vergangenen drei Jahren recht stabil. 2008 erfolgte beim Anlagenbau aufgrund der Novellierung des EEG ein Einbruch, was sich in der Folge auf den Anbau von Substraten durchschlug. Durch die zeitliche Verzögerung zwischen Anlagenbau und Substrateinsatz stieg dieser im letzten Jahr nur wenig an.

Die Wertschöpfung der Energiepflanzenbereitstellung für den Gebrauch in Biogasanlagen wird vollständig der Landwirtschaft mit ihren typischen Vorleistungsstrukturen zugerechnet. Bezüglich der Arbeitskoeffizienten wurde von dem Landwirtschaftssektor der Input-Output- Tabelle abgewichen. Hier wurden die zuvor beschriebenen Arbeitsintensitäten zur Ermittlung der direkten Beschäftigung einbezogen.

Die Bruttobeschäftigung, die der Biomassebereitstellung im Biogassektor zugeordnet werden kann, lag demnach 2007 bei etwa 8.400 Personen. 2008 konnten etwa 10.100 Personen diesem Tätigkeitsbereich zugeordnet werden und 2009 rund 10.200 Personen.

2.3.3.1.3 Überblick zur Bruttobeschäftigung durch die Bereitstellung von Biomasse in Deutschland

Bei einer Gesamtbetrachtung der Bruttobeschäftigung durch die Biomassebereitstellung in Deutschland konnten für 2007 demnach 28.200 Personen in diesem Zusammenhang ermittelt werden. 2008 stieg diese Beschäftigung um 9 % auf 30.800 Personen und auch 2009 konnte eine leichte Zunahme auf 31.500 Personen beobachtet werden. 34 % dieser Beschäftigten waren dabei mit der Bereitstellung von Scheitholz befasst, 32 % waren durch die Bereitstellung nachwachsender Rohstoffe für die Biogaserzeugung beschäftigt, 15 % arbeiteten im Zusammenhang mit der Biomassebereitstellung für Heiz-/Kraftwerke, 9 % können der Pelletherstellung zugeordnet werden, 5 % den Hackschnitzeln, 3 % der

© GWS mbH 2011

Pflanzenölerzeugung für die stationäre Nutzung und etwa 1 % der Bereitstellung von Holzbriketts.

Tabelle 2-29: Beschäftigung durch die Bereitstellung von Biomasse in Deutschland 2007-2009.

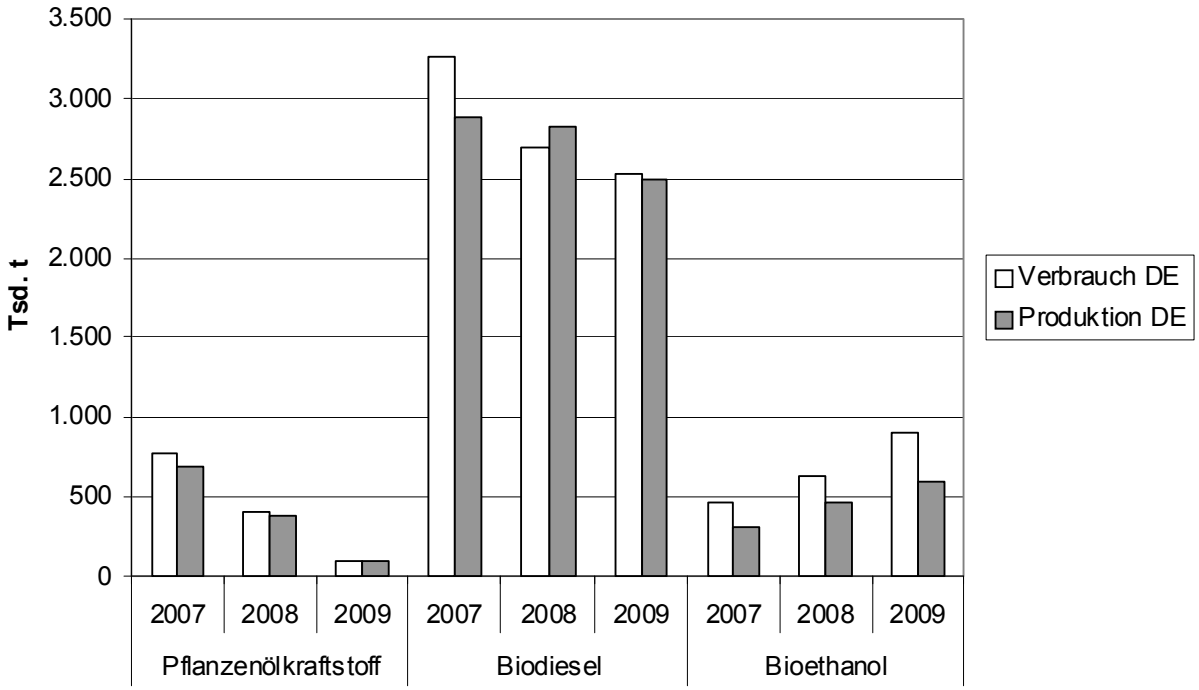
	2007	2008	2009
Biogas NAWARO	8.400	10.100	10.200
Pflanzenöl (stationäre Nutzung)	500	500	900
Biomasse Heiz-/Kraftwerken	4.500	4.700	4.800
Hackschnitzel	1.500	1.700	1.700
Pellets	2.000	2.700	2.900
Holzbriketts	200	200	200
Scheitholz	11.100	10.900	10.800
Summe	28.200	30. 800	31.500

© GWS mbH 2011

2.3.3.2 Bereitstellung von Biokraftstoffen

2.3.3.2.1 Biokraftstoffverbrauch und –produktion in Deutschland von 2007 bis 2009

In den Jahren 2007 bis 2009 wurden in Deutschland Biodiesel, Pflanzenöl sowie Bioethanol in nennenswertem Umfang eingesetzt, wobei der Verbrauch an Pflanzenölkraftstoff und Biodiesel rückläufig war (vgl. Abbildung 2-26). Hauptursache war die Absenkung der Steuervorteile und die damit verbundene verschlechterte Wettbewerbsposition gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff. Die erhöhte Beimischungsquote von Biodiesel konnte den Rückgang an Reinkraftstoff (B100) nicht voll kompensieren. Entsprechend dem Verbrauchsrückgang ging die Produktion in Deutschland zurück, wobei im Jahr 2008 die Produktion über dem Inlandsverbrauch lag und zu einem Nettoexport führte. Dramatisch fiel der Nachfragerückgang beim Pflanzenöl aus, wo Produktion und Verbrauch im Jahr 2009 nur noch rund ein Siebtel des Wertes von 2007 betrug.



(Quelle: Angaben der AGEE-Stat.)

Abbildung 2-26: Entwicklung von Verbrauch und Produktion von Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol in Deutschland.

Der Verbrauch von Bioethanol wuchs im betrachteten Zeitraum beständig und verdoppelte sich von 2007 bis 2009 annähernd, was weitgehend auf die erhöhte Beimischung zu Ottokraftstoff zurückzuführen ist. Die inländische Produktion wurde ebenfalls ausgebaut, wobei allerdings netto noch immer ein erheblicher Teil aus dem Ausland importiert werden muss.

Die Produktionskapazitäten für Biodiesel stiegen von rd. 4,4 Mio. t/a im Jahr 2007 auf knapp 5,1 Mio. t/a in den Jahren 2008 und 2009 (UFOP 2010c), zuletzt verteilt auf 45 Anlagen. Die Zahl der Großanlagen zur Herstellung von Bioethanol betrug Ende 2009 ca. 12, die zusammen über eine Produktionskapazität von ca. 880.000 Tonnen verfügten.

© GWS mbH 2011

2.3.3.2.2 Mengengerüst

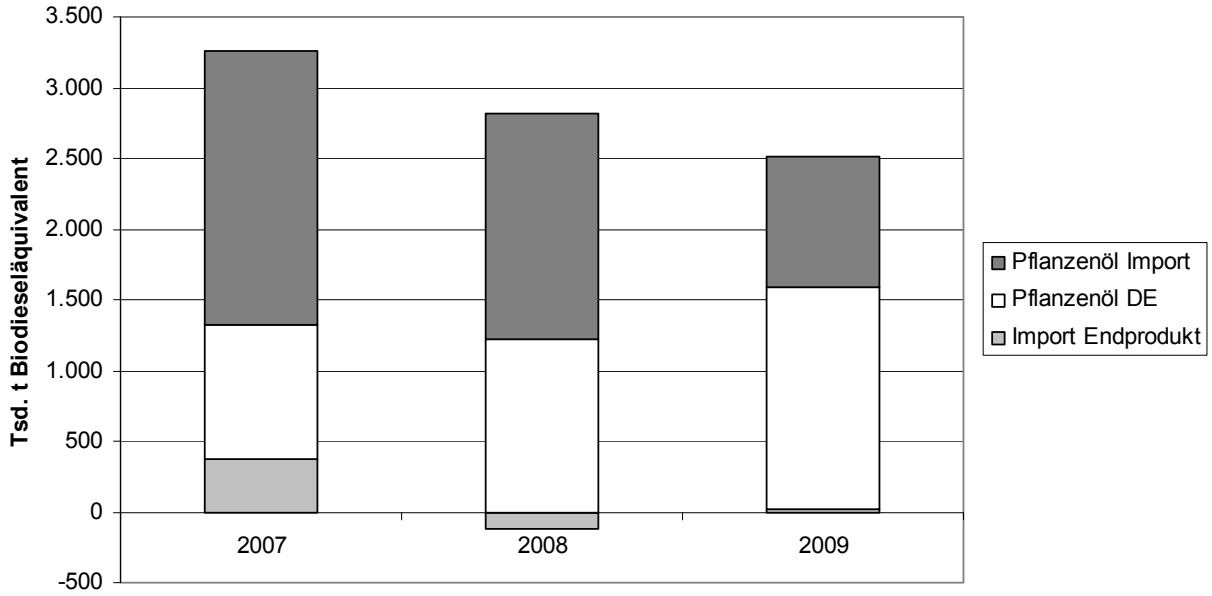
Voraussetzung für die Ermittlung relevanter Umsätze durch die Bereitstellung von Biokraftstoffen ist ein konsistentes Mengengerüst auf Ebene der Rohstoffe, Zwischen- und Endprodukte. Allerdings erweist sich die Erfassung der Stoffströme von Rohstoffen, Zwischen- und Endprodukten in diesem Bereich als schwierig, da Biokraftstoffe oder deren Grundstoffe (wie andere Biomasse auch) eine Vielzahl möglicher Verwendungszwecke haben: Neben der energetischen Nutzung werden beispielsweise Pflanzenöle auch zu Nahrungsmitteln verarbeitet oder dienen als Grundstoffe in der chemischen Industrie. Aus den offiziellen Statistiken des Statistischen Bundesamtes lassen sich die Stoffströme nicht ermitteln und auch die Statistiken der Verbände (v.a. Ovid, UFOP, VDB, BDBe) decken die erforderlichen Daten nur in Ansätzen ab. Die größte Schwierigkeit stellt die mehrfache Verwendbarkeit der relevanten Stoffe dar und dass die verfügbaren Statistiken diese Abgrenzungen nur ungenügend berücksichtigen. Insgesamt ist eine ungünstige Datensituation zur Ermittlung der Art und Herkunft der Rohstoffe zur Biokraftstoffherstellung zu konstatieren, wobei es zwischen den verschiedenen Biokraftstoffen deutliche Unterschiede gibt, die vor allem mit der Zahl der verwendeten Vorprodukte und der Herstellungswege zusammenhängt.

Wegen fehlender oder lückenhafter statistischer Daten wurde das Mengengerüst auf Basis der Rahmendaten Verbrauch und Produktion in Deutschland unter Zuhilfenahme plausibler Annahmen abgeleitet. Physische Güterströme konnten nicht zu Grunde gelegt werden, weshalb unter anderem keine Import-Export-Bilanzen erstellt werden konnten.

Die Mengengerüste für Pflanzenöl und Biodiesel wurden auf Basis des Verbrauchs, der Produktion von Pflanzenöl in Deutschland (UFOP 2010 a,b) sowie der deutschen Biodieselproduktion (UFOP, VDB, FNR (2010)) ermittelt. Es wurde angenommen, dass das als Kraftstoff verwendete Rapsöl zu 100% in Deutschland produziert wird, d.h. die benötigte Rapssaat wurde sowohl in Deutschland angebaut als auch verarbeitet. Dem Kraftstoffsektor zuzuordnende Importe an Rapssaat oder Rapsöl wurden im Rahmen der Biodieselproduktion berücksichtigt. Die nach Abzug des Rapsölverbrauchs stationärer Anlagen für Kraftstoffzwecke verbleibende deutsche Rapsölproduktion (einschließlich importierter Rapssaat) wurde der Biodieselproduktion zugeschlagen. Die Importe von Pflanzenöl wurden auf Basis von Angaben zu den Anteilen von Palm-, Soja-, Rapsöl sowie Altfetten für das Jahr 2007 nach UBA (2009), für die Jahre 2008 und 2009 nach BMU (2009, 2010) ermittelt.

Das Mengengerüst für die Herstellung von Bioethanol basiert auf den Verbrauchszahlen nach AGEE-Stat und der Bioethanol-Produktionsstatistik des Bundesverbands der deutschen Bioethanolwirtschaft (BDBe 2009, 2010). Der Abgleich mit den Anteilen nach Rohstoffen nach UBA (2009) und BMU (2009, 2010) ergibt, dass der Nettoimport weitgehend aus zuckerrohr-basiertem Bioethanol besteht. Die für die inländische Produktion benötigte Rohstoffmenge wird der Produktionsstatistik entnommen. Die resultierenden Mengengerüste dienten als Grundlage der Umsatzberechnung der unterschiedlichen Wirtschaftssektoren.

© GWS mbH 2011



(Quelle: eigene Berechnungen).

Abbildung 2-27: Herkunft von Vor- und Endprodukten des in Deutschland verbrauchten Biodiesels.

Die Anteile von Importen unterscheiden sich für die verschiedenen Biokraftstoffe: Während bei Pflanzenöl und Bioethanol vor allem das jeweilige Endprodukt importiert wird, werden für die Herstellung von Biodiesel wesentliche Mengen der Vorprodukte, vor allem in Form von Pflanzenöl, eingeführt. Abbildung 2-27 zeigt, welche Anteile des in Deutschland verbrauchten Biodiesels aus in Deutschland gepresstem Pflanzenöl oder aus importiertem Pflanzenöl erzeugt wurden sowie wie viel Biodiesel netto importiert bzw. exportiert wurde. Das im Inland gepresste Pflanzenöl basierte für die Jahre 2007, 2008 und 2009 zu 92%, 83% bzw. 100% auf Ölsaaten deutscher Ernte, der Rest wurde importiert. Im Verlauf der betrachteten Jahre wuchs der Anteil des in Deutschland produzierten Pflanzenöls an der Biodieselproduktion, was stabilisierend auf die Beschäftigtenzahl in diesem Bereich wirkte. Der Anteil importierten Öls sank erheblich.

© GWS mbH 2011

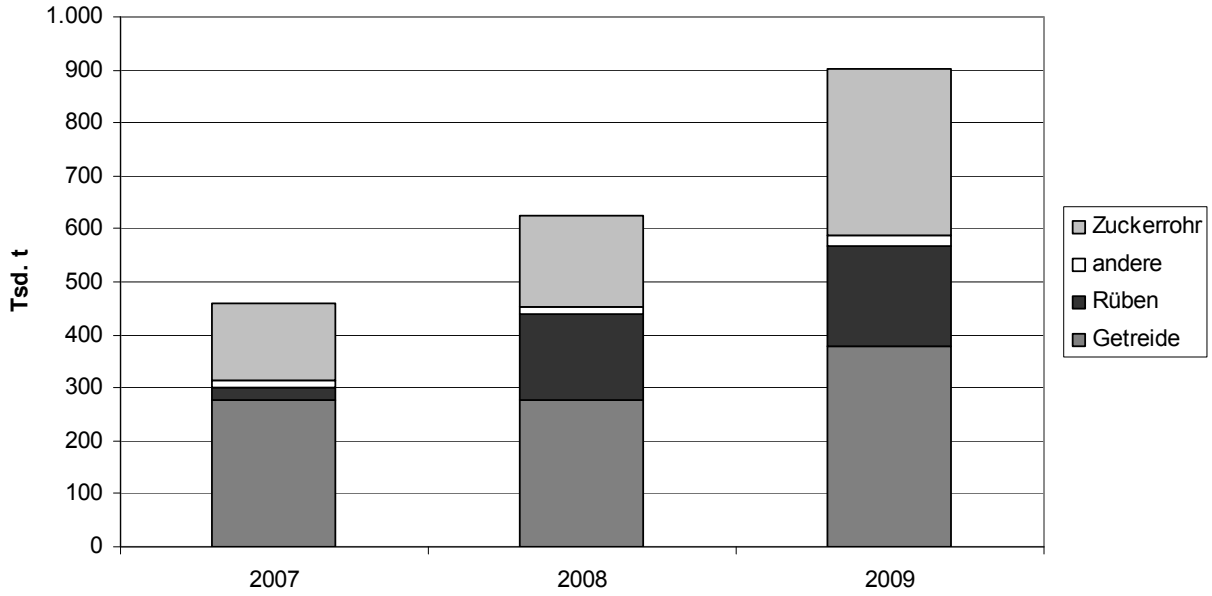


Abbildung 2-28: Rohstoffstruktur des in Deutschland verbrauchten Bioethanols (eigene Berechnungen auf Basis von AGEE-Stat, UBA (2009), BMU (2009, 2010)).

Das in Deutschland verbrauchte Bioethanol wird im Wesentlichen aus den Grundstoffen Getreide, Rüben und Zuckerrohr gewonnen. Abbildung 2-28 zeigt die Entwicklung der Anteile der jeweiligen Grundstoffe über die betrachteten Jahre. Der größte Teil des Bioethanols wird aus Getreide gewonnen. Allerdings wiesen in den betrachteten Jahren Zuckerrüben und Zuckerrohr das größere Wachstum auf. Die starke Steigerung des Rüben-Anteils spiegelt auch die in den Jahren 2008 und 2009 gesunkenen Erzeugerpreise und damit verbesserte Wettbewerbsposition gegenüber Getreide. Das aus Zuckerrohr gewonnene Bioethanol wird als Endprodukt eingeführt und entspricht weitgehend dem Netto-Import an Bioethanol.

2.3.3.2.3 Umsätze

Die für die Berechnung der Beschäftigung relevante inländische Nachfrage ergibt sich durch Bewertung der mit der Erstellung der im vorigen Schritt ermittelten Mengen von Vor-, Zwischen- und Endprodukten erzielten Umsätze. Durch Zurechnung der Umsätze zu den jeweiligen Wirtschaftssektoren wird die für die Ermittlung der indirekten Beschäftigung erforderliche Zuordnung erreicht.

Abbildung 2-29 zeigt die inländische Nachfrage sowie die Vorleistungsimporte für die betrachteten Jahre. Neben der Entwicklung der Mengen spielt für die Umsätze auch die Preisentwicklung eine wesentliche Rolle. So ist zu berücksichtigen, dass im Jahr 2008 die Preise landwirtschaftlicher Produkte Rekordhöhen erreichten, um 2009 weitgehend wieder auf Normalniveau zurückzugehen.

© GWS mbH 2011

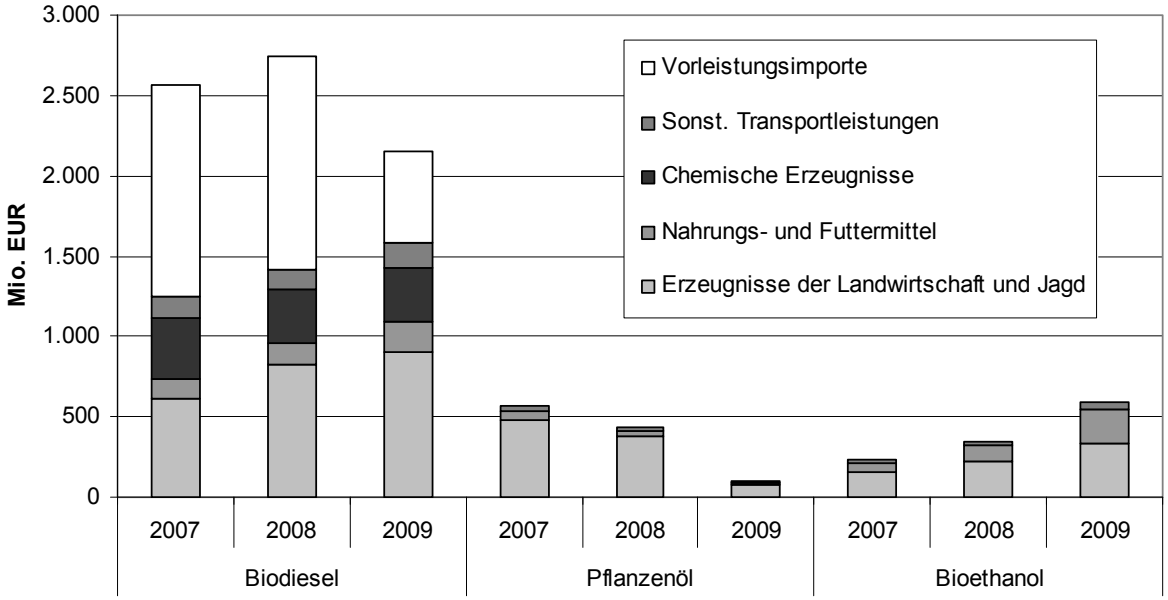


Abbildung 2-29: Inländische Nachfrage und Vorleistungsimporte (ohne Endprodukte) durch die Bereitstellung von Biokraftstoffen nach Wirtschaftssektoren.

Für Pflanzenöl und Bioethanol spiegeln die Umsätze die Tendenz der produzierten Mengen wider. Während allerdings für Pflanzenöl die relativen Anteile der Wirtschaftssektoren weitgehend konstant bleiben, geht im Bioethanolsektor der relative Anteil der Landwirtschaft zu Gunsten des Sektors Nahrungs- und Futtermittel zurück, dem die Bioethanolproduktion zuzurechnen ist. Diese Verschiebung geht auf die im Jahr 2009 stark gesunkenen Erzeugerpreise für Getreide und Zuckerrüben zurück, während die Kosten der Bioethanolproduktion stabil geblieben sind.

Auffälligste Entwicklung im Bereich der Biodieselproduktion ist die Halbierung des relativen Anteils der Vorleistungsimporte von mehr als der Hälfte im Jahr 2007 auf etwa ein Viertel im Jahr 2009. Hierdurch wächst die inländische Nachfrage bei rückläufigem Gesamtumsatz dennoch auf den höchsten Wert der betrachteten 3 Jahre mit entsprechenden Wirkungen auf die Beschäftigung. Dies bedeutet nämlich, dass ein höherer Anteil der Wertschöpfung durch Biodieselproduktion im Inland stattfindet und dadurch mehr Beschäftigung entsteht.

Auf Grund des Rückgangs des Biodieselabsatzes im Jahr 2008 wäre eigentlich eine entsprechend sinkende Beschäftigung zu erwarten gewesen. Allerdings war das Gegenteil der Fall: Durch den Nettoexport von Biodiesel wuchs die Zahl der Beschäftigten im Vergleich zum Jahr 2007. Dies unterstreicht die überaus wichtige Wirkung von Exporten auf die Beschäftigungssituation.

2.3.3.2.4 Resultierende Arbeitsplatzwirkungen

Aus den ermittelten Umsätzen ergeben sich die in Tabelle 2-30 aufgeführten Bruttobeschäftigungseffekte. Für Pflanzenöl und Bioethanol spiegeln die Beschäftigtenzahlen die im vorigen Abschnitt dargestellte Umsatzentwicklung wider: Entsprechend des eingebrochenen Pflanzenölabsatzes ging die Beschäftigung in diesem Bereich massiv zurück. Bioethanol sorgte auf Grund der gesteigerten Produktion im Inland für wachsende Beschäfti-

© GWS mbH 2011

gung und glich damit den Rückgang beim Pflanzenöl teilweise aus. Auch bei der Herstellung von Biodiesel war im Zeitraum 2007 bis 2009 ein Zuwachs zu verzeichnen. In Summe ging die Beschäftigung durch Bereitstellung von Biokraftstoffen ausgehend von 23.900 Personen im Jahr 2007 leicht auf 23.500 im Jahr 2008 zurück, um im Jahr 2009 auf 26.100 zu wachsen.

Tabelle 2-30: Beschäftigung durch die Bereitstellung von Biokraftstoffen in Deutschland 2007-2009.

	2007	2008	2009
Biodiesel	14.100	14.700	17.700
Pflanzenöl (Kraftstoff)	6.800	4.600	1.100
Bioethanol	3.000	4.200	7.300
Summe	23.900	23.500	26.100

Im Rahmen der durchgeführten Arbeiten konnten nicht alle beschäftigungswirksamen Effekte erschöpfend erfasst werden. So wird sich beispielsweise durch die Zertifizierung von Biokraftstoffen nach Nachhaltigkeitsverordnung zukünftig zusätzliche Beschäftigung ergeben. Diese Effekte sind allerdings gegenwärtig noch zu vernachlässigen und deshalb bislang nicht berücksichtigt.

2.3.4 Ergebnisse 2007, 2008, 2009

2.3.4.1 Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland

Die Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien werden jährlich auf Basis der von der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik ermittelten Angaben über Installationen neuer Anlagen in Deutschland geschätzt [AGEE-Stat]. Die Investitionen haben sich seit dem Jahr 2004 – als sie zum ersten Mal in dieser Form berechnet wurden - bis 2009 knapp verdreifacht (vgl. Abbildung 2-30). In den Bereichen der Biogasanlagen, der oberflächennahen Geothermie sowie der Photovoltaik haben sie sich sogar mehr als verfünffacht. Diese dynamische Aufwärtsentwicklung, die durch die Einführung verschiedener politischer Förderinstrumente im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien angestoßen wurde, ist eine wichtige Grundlage für die Entstehung einer international wettbewerbsfähigen Industrie in Bereich erneuerbare Energien in Deutschland.

© GWS mbH 2011

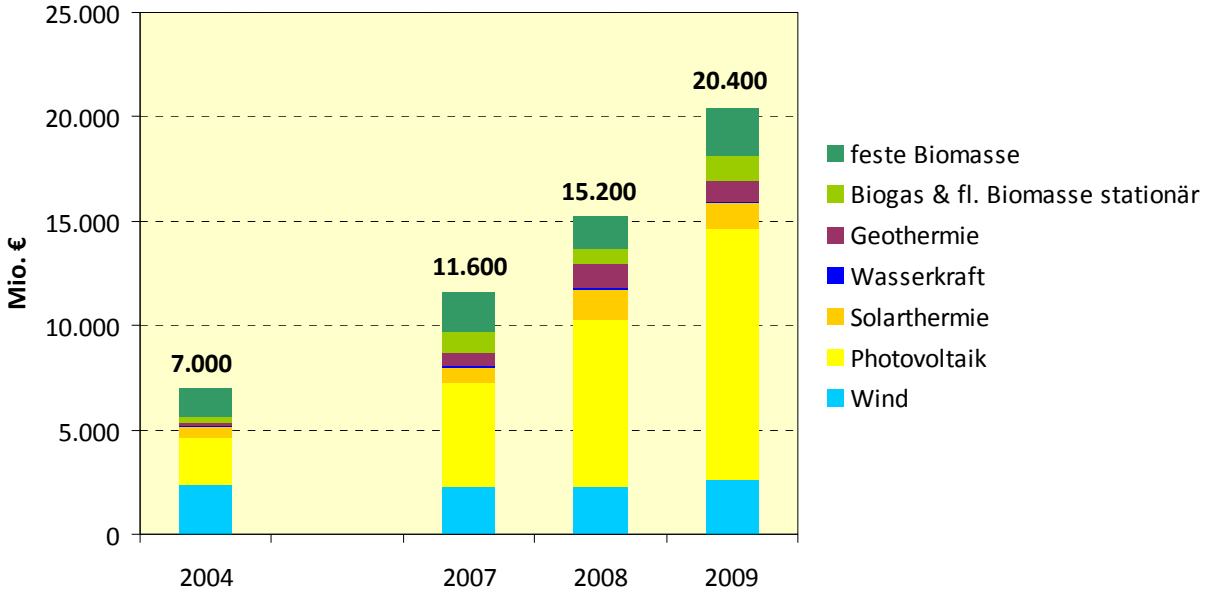


Abbildung 2-30: Entwicklung der Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbare Energien in Deutschland 2004 bis 2009.

Der im Rahmen dieser Untersuchung betrachtete Zeitraum umfasst die Jahre 2007 bis 2009, in dem die Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien insgesamt um etwa 76 % gestiegen sind. Tabelle 2-31 gibt einen Überblick über die spartenspezifischen Investitionen der Jahre 2007 bis 2009.

Besonders dynamisch stiegen die Investitionen in der Photovoltaik. Von 2007 bis 2009 haben sie von knapp 5 Mrd. € auf 12 Mrd. € zugenommen, was einer Steigerung von etwa 140 % entspricht. Zu diesem Zeitpunkt kann man bereits mit Sicherheit sagen, dass die Investitionen 2010 erneut signifikant im Vergleich zum Vorjahr zugenommen haben.

Die Investitionen in die Windenergie sind in den letzten Jahren relativ stabil geblieben. In 2007 und 2008 lagen sie mit 2.300 Mio. € auf demselben Niveau, 2009 war ein Anstieg um 15 % auf 2.650 Mio. € zu verzeichnen.

Im Bereich der Wasserkraft verharren die jährlichen Investitionsaktivitäten auf einem stabilen Niveau. Es wird davon ausgegangen, dass in dem betrachteten Zeitraum jährlich etwa 70 Mio. € investiert wurden.

Die Entwicklung der Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Wärme ist – nicht zuletzt aufgrund anderer Förderbedingungen - nicht so stabil wie die Investitionen in Stromgestehungsanlagen. Dies ist auch in der Sparte Solarthermie zu erkennen. Nachdem die Investitionen 2007 um etwa 30 % im Vergleich zum Vorjahr gefallen waren, konnten sie 2008 auf 1,5 Mrd. € verdoppelt werden. 2009 fielen die Investitionen dann erneut um 17 % auf 1,25 Mrd. €.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-31: Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland[1] [Mio. €].

	2007	2008	2009
Windenergie	2.300	2.300	2.650
Photovoltaik	4.950	8.000	12.000
Solarthermie	750	1.500	1.250
Wasserkraft	70	70	70
Geothermie	650	1.100	1.000
Biomasse Strom	1.450	800	2.100
Biomasse Wärme	1.400	1.450	1.350
Summe	11.570	15.220	20.420

Diese unstetige Entwicklung ist auch bei der Geothermie zu verzeichnen, deren Investitionen im Wesentlichen durch die oberflächennahe Geothermie geprägt sind. Zwar hatte die oberflächennahe Geothermie als einzige erneuerbare Wärmesparte 2007 einen leichten Anstieg der Investitionen zu verzeichnen, aber vom Rückgang der Investitionen 2009 war auch diese Sparte nicht ausgespart. Die Investitionen stiegen zwischen 2007 und 2008 um 70 % auf 1,1 Mrd. €. Für 2009 mussten jedoch um 10 % geringere Investitionen verzeichnet werden.

Sehr viel geringere Schwankungen in den Investitionen weist hingegen der Bereich der Biomasseanlagen zur Wärmegestehung auf. Mit etwa 1,4 Mrd. € jährlich ist dieser Markt insgesamt deutlich stabiler als die Bereiche der Solarthermie und der Geothermie.

Die Investitionsentwicklung im Bereich der Biomasseanlagen zur Stromgestehung ist sehr instabil. Von 2007 auf 2008 fielen die Investitionen um 45 %, um im darauffolgenden Jahr um 160 % zu steigen. Hintergrund ist die Novellierung des EEG im Jahr 2009. Es war seit etwa Mitte 2008 deutlich, dass sich die Konditionen in den Sparten Biogas und Biomasse Kraftwerke verbessern werden. Aller Wahrscheinlichkeit nach führte dies zu einer Verschiebung der Inbetriebnahme einiger dieser Anlagen.

Insgesamt zeigt sich, dass in einigen EE-Sparten bereits ein insgesamt stabiles Investitionsniveau erreicht wurde. Dies trifft insbesondere für die Wasserkraft und die Windenergie zu. Andere Bereiche der erneuerbaren Energien weisen noch ein erhebliches jährliches Wachstum auf, was insbesondere die Photovoltaik betrifft. Erhebliche Schwankungen der Investitionen können im Wärmebereich ausgemacht werden, was besonders für die Solarthermie sowie die Geothermie zutrifft.

[1] Die Angaben entsprechen dem Wissensstand im Juli/August 2010. Die Investitionen lagen 2009 nach den neuesten Angaben der AGEE-Stat bei 20,2 Mrd. €. Die Differenz ist auf neue Erkenntnisse im Bereich Biomasse Strom zurückzuführen.

© GWS mbH 2011

2.3.4.2 Umsatz mit Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland

Von den soeben beschriebenen Investitionen werden die Umsätze der in Deutschland produzierenden Unternehmen im Bereich der Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien abgeleitet (die Umsätze entsprechen der in Deutschland wirksamen Nachfrage aus dem In- und Ausland). Hierzu werden u. a. die aus der Unternehmensbefragung gewonnenen Informationen bezüglich des Außenhandels herangezogen (vgl. Kapitel 2.1.2).

Tabelle 2-32 gibt einen Überblick über die Umsätze in den Jahren 2007 bis 2009 mit einer sehr starken Differenzierung nach Sparten. Erstmals wird dabei zwischen den Sparten Tiefengeothermie und oberflächennahe Geothermie unterschieden. Dasselbe gilt für die Bereiche der Biogasanlagen und Anlagen zur stationären Nutzung flüssiger Biomasse aber auch für Biomasseanlagen, die in Kleinanlagen und Heiz-/Kraftwerke unterteilt wurden. Diese Unterteilungen sind insofern sinnvoll, da es sich bei den getrennt betrachteten Bereichen um sehr unterschiedliche Technologien handelt, die völlig unterschiedliche Strukturen der Industrie aufweisen. Aus diesem Grund wurden im Rahmen dieses Projektes Input-Output-Vektoren für jede dieser Sparten erzeugt (vgl. Kapitel 2.2.1.1), was im Ergebnis eine differenzierte Berechnung der Beschäftigten ermöglicht.

Insgesamt lag der Umsatz in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien 2007 bei 11,8 Mrd. €. Für 2008 wurde ein Umsatz in Höhe von 15,5 Mrd. € abgeschätzt, was einem Anstieg von 31 % entspricht. Für die Entwicklung in diesem Jahr konnten zum Teil noch Hinweise bezüglich der Exportentwicklung aus der Unternehmensbefragung berücksichtigt werden. Für die Ermittlung der Umsätze des Jahres 2009 lagen dagegen keine originären empirischen Daten mehr vor. Daher handelt es sich bei diesen Werten um Schätzungen, die unter Einbeziehung aller verfügbaren Informationen erfolgten.[1] Es wird davon ausgegangen, dass die Umsätze auch 2009 erneut gestiegen sind. Zwar lag das Wachstum mit 8 % weit unter der Entwicklung der Vorjahre, aber unter dem Aspekt, dass das Jahr 2009 durch die Wirtschaftskrise geprägt war, stellt die Umsatzsteigerung auf 16,8 Mrd. € eine sehr positiv einzuschätzende Entwicklung dar.

[1] Die Annahmen die dieser Berechnung zu Grunde liegen, werden bei genauerer Betrachtung der einzelnen Sparten dargestellt werden.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-32: Umsatz in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien [Mio. €].

	2007	2008	2009
Wind onshore	4.200	4.635	5.085
Wind offshore	30	425	510
Photovoltaik	3.345	5.485	6.075
Solarthermie	565	1.030	910
Solarthermische Kraftwerke	75	110	150
Wasserkraft	250	250	250
Tiefengeothermie	90	90	90
oberflächennahe Geothermie	555	865	830
Biogas	855	940	1.205
flüssige Biomasse stationär	175	0	0
Biomasse Kleinanlagen	1.090	1.095	1.050
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	590	605	640
Summe	11.820	15.530	16.795

Durch die Anwendung der Input-Output-Analyse wird die Wertschöpfung der inländischen Zulieferunternehmen im Rahmen der Produktionsverflechtung der Hersteller berücksichtigt. Was nicht berücksichtigt wird, ist der Export dieser Zulieferunternehmen. Da dieser Export jedoch auch mit Arbeitsplätzen in Deutschland verbunden ist, werden die Exportumsätze bei der Ermittlung der Beschäftigung zusätzlich berücksichtigt. Insgesamt beläuft sich der beschäftigungsrelevante Umsatz der in Deutschland produzierenden Unternehmen damit in 2007 auf etwa 15,2 Mrd. € (vgl. Tabelle 2-33). 2008 stieg dieser Umsatz um 29 % auf knapp 19,7 Mrd. € und 2009 um weitere 8 % auf 21,2 Mrd. €.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-33: Umsatz in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien inklusive der Exporte in Deutschland ansässiger Komponentenhersteller [Mio. €].

	2007	2008	2009
Wind onshore	6.720	7.460	8.155
Wind offshore	35	495	590
Photovoltaik	3.890	6.380	6.960
Solarthermie	630	1.140	1.015
Solarthermische Kraftwerke	115	150	190
Wasserkraft	360	360	360
Tiefengeothermie	90	90	90
oberflächennahe Geothermie	555	865	830
Biogas	880	965	1.240
flüssige Biomasse stationär	180	0	0
Biomasse Kleinanlagen	1.120	1.125	1.080
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	620	635	670
Summe	15.195	19.665	21.180

2.3.4.3 Die Sparten im Einzelnen

Die umsatzstärkste Sparte der erneuerbaren Energien in Deutschland ist bereits seit einer Weile die **Windenergie**. Der Zubau von Anlagen an Land hat sich in Deutschland nach einigen sehr starken Jahren mit bis zu 3 GW neu installierter Leistung im Jahr ab 2004 auf einem stabilen hohen Level eingependelt (1,5 bis 2 GW/a) [DEWI09]. Auf Basis der stabilen Entwicklung im Inland war es den in Deutschland ansässigen Anlagenbauern möglich, die stark wachsenden Auslandsmärkte zu erschließen. Seit 2005 lag die Wachstumsrate der jährlich weltweit neu installierten Leistung über 30 %. Das Jahr 2009 war ein weiteres Rekordjahr. Mit 38.312 MW wurde 42 % mehr Leistung installiert als 2008 [WWEA10]. Diese Entwicklung, die auf den ersten Blick für ein Wirtschaftskrisenjahr ungewöhnlich erscheint, kann u. a. damit begründet werden, dass von einigen Staaten, allen voran den USA, „grüne“ Konjunkturprogramme aufgelegt wurden. Die Märkte, die sich international neben Deutschland in den vergangenen Jahren besonders hervorgehoben haben sind die USA, China, Spanien und Indien. Insgesamt hat diese internationale Entwicklung dazu geführt, dass die Exportquote der deutschen Hersteller, die 2004 noch bei 32 % lag bis

© GWS mbH 2011

2007 auf 57 % ansteigen konnte. Diese Entwicklung lässt sich jedoch bei international weiterhin stark steigenden Installationszahlen nicht auf die Jahre 2008 und 2009 fortschreiben. Der wesentliche Ausbau an Produktionsstätten - auch durch in Deutschland ansässige Firmen - fand in den vergangenen Jahren im Ausland statt. Demgegenüber fällt der Ausbau der heimischen Produktionsstätten nicht besonders ins Gewicht. So wurde allein in den USA zwischen Januar und August 2008 ein Neubau oder Ausbau von 41 Produktionsstätten für Windenergieanlagen oder deren Komponenten gemeldet [GADORE08]. Auch in China konnte in den vergangenen Jahren ein starker Ausbau der Produktion beobachtet werden. Bezüglich der Exportquote der deutschen Produktion wird davon ausgegangen, dass diese 2008 auf 60 % stieg, was der Einschätzung der Hersteller zu Mitte des Jahres 2008 entsprach. 2009 wurde die Exportquote der Hersteller auf 57 % gesenkt. Da in Deutschland 2009 jedoch eine höhere Leistung installiert wurde als 2008 lag der Export mengenmäßig auf dem Niveau von 2008. Die Umsätze aus deutscher Produktion stiegen damit zwischen 2007 und 2009 etwa um 10 % pro Jahr und lagen 2009 bei 8 Mrd. €.

Die Nutzung der Windpotentiale auf dem Meer steht in Deutschland aber auch weltweit erst am Anfang. Insbesondere bei großen Anlagen im 5-6 MW Bereich und in besonders großen Tiefen von 30 m und mehr gibt es viele technische und organisatorische Herausforderungen, die den Ausbau der offshore Windenergie verzögert haben. Mit ersten Projekten wie dem offshore Testfeld Alpha Ventus, das 2009 fertig gestellt werden konnte, konnte die deutsche Windenergiebranche Erfahrungen sammeln. Da für die offshore Windenergie bislang keine Investitionen ausgewiesen werden, erfolgte die Ermittlung der Umsätze anhand einer genauen Analyse der einzelnen Projekte, die zum größten Teil sehr gut dokumentiert sind. Die in Tabelle 2-32 dargestellten Umsätze der Jahre 2007 bis 2009 beziehen sich im Wesentlichen auf die Aktivitäten der deutschen Industrie in den Windparks Alpha Ventus, Bard I und Baltic I aber auch Thornton Bank vor der belgischen Küste.

Der deutsche **Photovoltaikmarkt** hat sich in den vergangenen drei Jahren rasant entwickelt. Nach einer neu installierten Leistung von knapp 1,2 GW in 2007, wurden 2008 etwa 2 GW an neuen Anlagen in Deutschland errichtet. Die erneute Verdoppelung der neu installierten Leistung in 2009 in Höhe von 3,8 GW, muss unter den Rahmenbedingungen des globalen Marktes betrachtet werden. Der weltweite Ausbau der Photovoltaik lag 2007 bei 2,6 GW. 2008 stieg die neu installierte Leistung um 135 % auf 6,1 GW. Hintergrund war hier der rasant steigende spanische Markt, der nach 0,56 GW neu installierter Leistung in 2007 sprunghaft auf 2,6 GW in 2008 anstieg [EPIA10]. Durch die Einführung eines Deckels in Höhe von 500 MW brach dieser Markt 2009 völlig ein. Vermutlich spielte auch die Wirtschaftskrise eine Rolle, dass dort in 2009 lediglich 69 MW neu installiert wurden[EPIA10]. Durch den Wegfall des mit Abstand größten Marktes in 2008 entstand 2009 ein Preiskampf der weltweit stark gewachsenen Industrie um die verbleibenden Märkte, der insbesondere von den chinesischen Herstellern ausging, die auf Grund des fehlenden Heimatmarktes auf den Export angewiesen sind. Im Laufe des Jahres kam es zu einem Verfall der PV Systempreise um etwa 30 %. Dies führte vor allem auf dem deutschen Markt zu dem zuvor beschriebenen rasanten Ausbau von 3,8 GW in 2009, wobei der Weltmarkt insgesamt lediglich um 18 % auf 7,2 GW stieg [EPIA10]. Damit wurden in Deutschland 2009 etwa 50 % der weltweit installierten Leistung errichtet, was - mit Ausnahme von 2008 - in etwa dem Anteil des deutschen Marktes am Weltmarkt in den zurückliegenden Jahren entspricht. Nicht nur der deutsche Photovoltaikmarkt hat sich in den vergangenen Jahren sehr dynamisch entwickelt, auch die in Deutschland ansässige Industrie

© GWS mbH 2011

kann ein starkes Wachstum verzeichnen. So hat sich beispielsweise die Produktion von Photovoltaikmodulen in Deutschland von 2006 auf 2007 verdoppelt. 2008 stieg sie um 76 % und in 2009 um weitere 24 % auf 1,5 GW [Photon10]. Betrachtet man die Entwicklung seit der ersten Untersuchung der Beschäftigungseffekte des Jahres 2004, bei der der Import direkt für den Markt bei 57 % lag und der Export der Hersteller knapp 11 % betrug, so konnte die deutsche Industrie ihre Position bis 2007 insofern verbessern als das die Exportquote der Hersteller auf 33 % gestiegen ist. Der Importquote direkt für den Markt lag mit knapp 59 % allerdings auf demselben Level wie 2004. 2008 verbesserte sich das Verhältnis zwischen Exporten und Importen erneut, wobei die Unternehmensbefragung Rückschlüsse darauf zulässt, dass die Exportquote auf 39 % anstieg. Durch den Wegfall des spanischen Marktes wird davon ausgegangen, dass die Exporte in 2009 anteilig wieder abgenommen haben und der Vertrieb sich mehr auf den Heimatmarkt fokussiert hat. Insgesamt ist der Import jedoch erneut stark gestiegen. Der Umsatz der deutschen Photovoltaikindustrie lag 2007 insgesamt bei 3,9 Mrd. €. 2008 stieg dieser Umsatz um 64 % auf 6,4 Mrd. €. Der relativ geringe Anstieg um knapp 10 % in 2009 auf knapp 7 Mrd. € ist vor allem mit den deutlich gefallenen Systempreisen zu erklären.

Die Entwicklung in der **Solarthermie** ist wie bereits bei der Darstellung der Investitionen erwähnt durch starke Schwankungen des Marktes geprägt. Im Gegensatz zu der Windenergie onshore ist der Ausgleich solcher Schwankungen durch den Weltmarkt nicht unbedingt gegeben. Zwar ist der weltweite Solarthermiemarkt in der Vergangenheit jährlich gestiegen, dies ist aber insbesondere auf das starke Wachstum des chinesischen Marktes zurückzuführen, auf dem jährlich um die 60 % der weltweiten Solarthermieinstallationen getätigt werden [IEA10]. Da die weltweite Solarthermiebranche bislang eher regional ausgerichtet ist, ist die Entwicklung des europäischen Marktes insbesondere ausschlaggebend für die Exportmöglichkeiten der deutschen Produktion. Der deutsche Markt ist dabei der größte Solarthermiemarkt in Europa in der Größenordnung von einem guten Drittel. Im Vergleich zu 2007 ist der europäische Markt 2008 insgesamt um 60 % gewachsen. Nimmt man den deutschen Markt, der sich in diesem Jahr knapp verdoppelt hatte, aus dieser Betrachtung heraus, lag das Wachstum des restlichen europäischen Marktes bei rund 31 %. 2009 fiel der gesamte europäische Markt um 10 %, wobei dieser Rückgang allein auf den deutschen Markt zurückzuführen ist. Der restliche europäische Markt ist 2009 in etwa konstant geblieben [ESTIF10]. Die in der Unternehmensbefragung ermittelten Importe direkt für den Markt lagen 2007 bei 43 %. Die Exporte der Hersteller lagen dagegen in der Größenordnung von 17 %. Für 2008 erwarteten die befragten Unternehmen einen leichten Anstieg der Exporte auf 23 % des Umsatzes. Auf Grund der Verdopplung des deutschen Marktes wurde die Exportquote jedoch konstant gehalten. Die Importquote wurde dagegen leicht erhöht. Insgesamt stieg der Umsatz aus deutscher Produktion demnach von 2007 auf 2008 um 81 % auf 1,1 Mrd. €. 2009 fielen die Investitionen in Deutschland um 17 % niedriger aus als im Vorjahr. Der Umsatz aus deutscher Produktion viel dagegen nur 11 % auf 1 Mrd. €, was u. a. mit einer Abnahme der Importanteile im Vergleich zum Vorjahr zu erklären ist.

In Bereich **Solarthermischer Kraftwerke** gibt es in Deutschland keinen eigenen Markt, da die solare Direkteinstrahlung für einen wirtschaftlichen Betrieb nicht ausreicht. Lediglich ein Solarturm ist in Deutschland erreichtet worden, der jedoch vorrangig Forschungszwecken dient. Aus diesem Grund gibt es in diesem Bereich keine Investitionen, die die Grundlage zur Ermittlung der Umsätze bilden könnten. Ähnlich wie bei der Wind-

© GWS mbH 2011

energie offshore wurde daher eine Betrachtung der Projekte vorgenommen, an denen deutsche Unternehmen beteiligt sind. Insgesamt konnten für den Zeitraum 2007 bis 2009 18 solcher Projekte weltweit identifiziert werden. Der Umsatz 2007, der sich noch aus der Unternehmensbefragung ergab lag bei 115 Mio. €. Für 2008 wurde ein Umsatz von 150 Mio. € abgeschätzt, was einer Steigerung von 30 % entspricht. 2009 lag der in Deutschland erwirtschaftete Umsatz dann bereits bei 190 Mio. €.

Die Investitionen in die **Wasserkraft** sind in Deutschland seit einigen Jahren konstant bei etwa 70 Mio. € jährlich. 2007 lag der ermittelte Umsatz bei 360 Mio. €. Die Unternehmensbefragung ergab, dass die Hersteller für 2008 die gleichen Exportanteile in Höhe von 72 % erwarteten wie bereits 2007. Aus diesem Grund wurden auch für 2009 die gleichen Werte angenommen, wodurch der Umsatz in allen drei betrachteten Jahren konstant geblieben ist.

Die Sparte der **Tiefengeothermie**, zu der nur sehr wenige Informationen gewonnen werden konnten, hatte 2007 einen Umsatz von 90 Mio. €. Da die Investitionen in diesem Bereich über den betrachteten Zeitraum konstant geblieben sind und keine Informationen und Hinweise zu einer Veränderung der Außenhandelsrelationen gewonnen werden konnten sind diese ausgehend von 2007 konstant gehalten worden. Daher wird davon ausgegangen, dass der Umsatz in dieser Sparte konstant geblieben ist.

Ebenso wie die Investitionen in Solarthermieanlagen ist auch die Entwicklung des Marktes der **oberflächennahen Geothermie** durch Schwankungen gekennzeichnet. Während 2008 ein besonders erfolgreiches Jahr war, in dem etwa 40 % mehr Wärmepumpen in Deutschland verkauft werden konnten als noch 2007, musste die Branche 2009 einen Rückgang der Installationen im Rahmen von 12 % hinnehmen. Europaweit ist eine ähnliche Entwicklung zu verzeichnen gewesen. 2008 stiegen die Installationen um 47 %, wohingegen sie 2009 wieder um 10 % rückläufig waren [EHPA10]. Bei der Berechnung der Umsätze aus deutscher Produktion konnte für 2008 ein Anstieg von 56 % im Vergleich zu 2007 festgestellt werden. Dieser Anstieg resultiert zum Teil aus der Entwicklung der Märkte, zum Teil aber auch aus der Preisentwicklung der Anlagen, die auf Grund des Einsatzes von Anlagen mit höheren Jahresleistungszahlen stiegen. Für die Importanteile wurde angenommen, dass 2008 eine leichte Erhöhung von 30 % auf 36 % zu verzeichnen war. 2009 wurde dieser Importanteil wieder leicht reduziert. Im Vergleich zu 2008 fier der Umsatz lediglich um 4 %, was wiederum zum Teil auf steigende Anlagenpreise zurückzuführen war.

Der Ausbau von **Biogasanlagen** in Deutschland ist maßgeblich mit der EEG-Novelle des Jahres 2004 in Gang gekommen. Die Auswertung der Unternehmensbefragung ergab für 2007 einen Umsatz von insgesamt 880 Mio. €. 2008 lagen die Investitionen in Biogasanlagen leicht unter den Werten des Jahres 2007. Dies ist vermutlich auf die verbesserten Rahmenbedingungen der EEG-Novelle 2009 zurückzuführen, die bereits Mitte 2008 absehbar war und zu Verzögerungen im Ausbau der Anlagen führte. 2009 lagen die Investitionen dagegen besonders hoch, was zum Teil auf diesen Verzögerungseffekt zurückzuführen ist, zum wesentlich stärkeren Teil aber mit der verbesserten Anreizwirkung des EEG zu tun hat. Insgesamt wurde bei der Ermittlung der beschäftigungsrelevanten Umsätze eine gewisse Glättung zwischen den Jahren 2008 und 2009 vorgenommen, die sich zum Teil durch den soeben beschriebenen zeitlichen Verschiebungseffekt oder auch durch verstärkte Exportaktivitäten ableiten lässt, die von den Herstellern in der Abschätzung für 2008 ange-

© GWS mbH 2011

deutet wurden. Der Umsatz der deutschen Produktion lag 2008 demnach um knapp 29 % über dem Umsatz in 2007 und stieg 2009 um weitere 41 % auf 1.240 Mio. €.

Im Bereich der **Anlagen zur Nutzung flüssiger Biomasse** konnte für 2007 ein Umsatz von 180 Mio. € ermittelt werden. Da es in Deutschland in den Jahren 2008 und 2009 keine Neuinstallationen in diesem Bereich gab und auch keine besonderen Auslandsaktivitäten und Märkte identifiziert werden konnten, wird davon ausgegangen, dass in diesem Bereich kein Umsatz mit in Deutschland hergestellten Anlagen erfolgte.

Der Bereich der **Biomassekleinanlagen** fasst viele verschiedene Anlagetypen zusammen, die ausschließlich zur Wärmegestehung aus fester Biomasse genutzt werden können. Neben den herkömmlichen Technologien wie Kachelöfen, Heizkaminen und Kaminöfen zählen vergleichsweise neue Technologien wie Pelletheizungen, Hackschnitzelheizungen und Scheitholz(vergaser)kessel zu dieser Kategorie. Bei den Investitionen in Biomassekleinanlagen kam es in Deutschland ähnlich wie in den Bereichen Solarthermie und oberflächennahe Geothermie 2009 zu einem Rückgang. Für 2007 konnte mit Hilfe der Befragung ein Umsatz von 1,1 Mrd. € ermittelt werden. Der ermittelte Außenhandel bezieht sich dabei im Wesentlichen auf die neuen Technologien wohingegen Kachelöfen und Heizkamine eher regionale Wertschöpfung hervorrufen. 2008 verblieb der Umsatz bei etwa 1,1 Mrd. € während er 2009 um 4 % sank.

Im Bereich der Heiz-/Kraftwerke sind alle Anlagen zur Stromgestehung aus fester Biomasse zusammengefasst sowie Biomasseheizwerke, die auf Grund der Industriestruktur eher in diesen Bereich passen, als zu den Kleinanlagen. Ähnlich wie im Bereich Biogas kam es 2008 bei den Biomassekraftwerken zu einer Verschiebung der Inbetriebnahmen der Anlagen auf Grund der anstehenden EEG-Novellierung. Auch hier wurde daher neben einer Verstärkung der Exportaktivitäten in 2008 eine Glättung der beschäftigungswirksamen Umsätze der Jahre 2008 und 2009 vorgenommen. Ausgehend von 620 Mio. € in 2007 stieg der Umsatz damit 2008 um 2 % auf 635 Mio. € und 2009 um weitere 6 % auf 670 Mio. €.

2.3.4.4 Betriebs- und Wartungskosten

Die Beschäftigung, die auf den Betrieb sowie die Wartung der bestehenden Anlagen zurückzuführen ist, wird mit Hilfe der Betriebskosten (ohne Brennstoffkosten) abgeschätzt, die sich als jährlich prozentuale Anteile der Investitionen des Anlagenbestandes errechnen lassen. Mit wachsendem Anlagenbestand gewinnt damit auch die Beschäftigung in Betrieb und Wartung zunehmend an Relevanz.

Ermittelt werden die Betriebskosten anhand des Leitszenarios (vgl. Kapitel 3), das nicht nur die zukünftige Entwicklung, sondern auch die bislang getätigten Installationen und die damit einhergehenden Investitionen abbildet. Durch die jahresgenaue Erfassung der installierten Leistung nach Technologien unter Berücksichtigung der Stilllegung und des Repowerings von Anlagen können die Betriebs- und Wartungskosten erfasst werden. Die Differenzierung der Technologien in der Leitstudie stimmt in einigen Bereichen jedoch nicht vollständig mit der zur Bestimmung der Arbeitsplätze gewählten überein. Dies betrifft die Bereiche Geothermie und Biomasse, die in der Szenariendarstellung nach Strom und Wärme differenziert sind. Die Aufteilung der Betriebs- und Wartungskosten dieser Bereiche für die Erfordernisse der hier vorliegenden Untersuchung wurde anhand der Energiebereitstellung vorgenommen, die durch die AGEE-Stat veröffentlicht wird. Die resultierenden Betriebs- und Wartungskosten der Jahre 2007 bis 2009 sind in Tabelle 2-34

© GWS mbH 2011

dargestellt. Demnach sind die Betriebs- und Wartungskosten der in Deutschland installierten Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien zwischen 2007 und 2009 um etwa 20 % auf mittlerweile 4,7 Mrd. € gestiegen.

Tabelle 2-34: Betriebs- und Wartungskosten [Mio. €].

	2007	2008	2009
Windenergie	1.150	1.230	1.325
Photovoltaik	175	245	365
Solarthermie	150	170	180
Wasserkraft	275	280	280
Tiefengeothermie	10	10	15
oberflächennahe Geothermie	115	150	185
Biogas[1)]	320	425	505
flüssige Biomasse stationär	130	155	155
Biomasse Kleinanlagen	805	830	830
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	820	820	895
Summe	3.950	4.315	4.735

1) Deponie- und Klärgas enthalten

2.3.4.5 Öffentlich und gemeinnützig bereitgestellte Mittel

Neben den Umsätzen der deutschen Anlagen- und Komponentenhersteller sowie dem Betrieb- und der Wartung der in Deutschland installierten Anlagen und der Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen werden auch öffentliche und gemeinnützige Mittel für die Entwicklung der erneuerbaren Energien verausgabt, die ebenfalls Beschäftigungswirkungen entfalten. Bereitgestellt werden diese Mittel von den Bundes- und Landesministerien und der EU aber auch von Stiftungen. Diese Mittel werden meist zur Finanzierung von Demonstrationsanlagen und Forschungsprojekten aber auch für die Öffentlichkeitsarbeit eingesetzt. Eine genaue Analyse dieses Bereiches erfolgte in [BMU 2007] für den Zeitraum von 2004 bis 2006. An dieser Stelle erfolgt eine Aktualisierung für den Zeitraum 2007 bis 2009.

Tabelle 2-35 gibt einen Überblick über die Mittel, die durch öffentliche und gemeinnützige Institutionen in den Jahren 2007 bis 2009 bereitgestellt wurden.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-35: Öffentlich und gemeinnützig bereitgestellte Mittel für die für Forschung, Öffentlichkeitsarbeit und Wirtschaftsförderung im Themenfeld erneuerbarer Energien [Mio. €].

	2007	2008	2009	2007-2009
Bundesförderung	164	194	297	654
Landesförderung	61	61	61	184
EU-Förderung	22	22	18	62
Stiftungsförderung	8	8	8	24
Summe	255	285	383	924

Die Ermittlung der Forschungsmittel des Bundes basiert im Wesentlichen auf den Informationen der Broschüre „Innovationen in die Zukunft“ [BMU08b, BMU09c, BMU10b]. Die Zahlen, die in dieser Veröffentlichung nicht enthalten sind, wie die Mittelbereitstellung für Öffentlichkeitsarbeit, sind direkt bei den Ministerien abgefragt worden. Insgesamt haben die Bundesministerien demnach zwischen 2007 und 2009 etwa 654 Mio. € für die Forschung und die Markteinführung erneuerbarer Energien zur Verfügung gestellt. Dabei ist ein Anstieg in den jährlichen Mitteln zwischen 2007 und 2009 um 81 % zu verzeichnen.[1]

Die Fördermittel der Landesministerien im Bereich erneuerbarer Energien konnten in dieser Studie nicht direkt erhoben werden. Für 2006 wurden in der letzten Untersuchung Fördermittel in Höhe von 59 Mio. € erfasst. In einer Studie des Projektträgers Jülich wurden für das Jahr 2008 Fördermittel durch die Länderministerien in Höhe von 61 Mio. € für den Bereich erneuerbarer Energien ermittelt [PTJ09]. Aus Mangel an weiteren Informationen wurde hier angenommen, dass in dem gesamten hier betrachteten Zeitraum jährlich 61 Mio. € durch die Länderministerien zur Förderung erneuerbarer Energien bereitgestellt wurden.

Die Forschungsförderung der Europäischen Union besteht im Wesentlichen aus EU-Forschungsrahmenprogrammen. Für die Beschäftigungsermittlung der Jahre 2007 bis 2009 ist im Wesentlichen das 7. EU-Forschungsrahmenprogramm interessant. Nach Angaben des Projektträgers Jülich konnten deutsche Forschungsnehmer zwischen 2007 und 2009 Projekte im Umfang von rund 60 Mio. € akquirieren. Eine Aufteilung dieser Mittel danach, wann sie beschäftigungswirksam wurden, ist in der letzten Untersuchung entwickelt worden. Nach dieser Herangehensweise hatten auch noch Mittel des 6. Forschungsrahmenprogramms in 2007 und 2008 Auswirkungen auf die Beschäftigung in Deutschland. Insgesamt wurden demnach zwischen 2007 und 2009 62 Mio. € an EU-Mitteln für die Forschung im Bereich erneuerbarer Energien in Deutschland eingesetzt.

[1] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass ein Teil dieses Anstiegs auf eine veränderte systematische Abgrenzung der Mittel zu anderen Forschungsbereichen zurückzuführen ist.

© GWS mbH 2011

Die Bereitstellung gemeinnütziger Mittel im Bereich erneuerbarer Energien wurde bisher ausschließlich für Stiftungen untersucht [BMU07b]. Die Ergebnisse des Kurzgutachtens sind nach Aussagen der Bearbeiter nicht abschließend, dennoch werden sie als Grundlage für die Ermittlung der Beschäftigten in diesem Bereich herangezogen. Wie bereits in der Untersuchung des Zeitraums 2004 bis 2006 angenommen wurde, wird auch hier davon ausgegangen, dass sich die Mittel aus Stiftungen im Rahmen von jährlich 8 Mio. € befinden.

Aufsummiert wurden im Jahr 2007 demnach Fördermittel von Bund, Ländern, der EU sowie Stiftungen in Höhe von mindestens 255 Mio. € zur Forschungsförderung etc. bereitgestellt. 2009 lagen diese Mittel bereits um 50 % höher bei 383 Mio. €. Seit 2004 haben sich die öffentlich und gemeinnützig bereitgestellten Mittel demnach mehr als verdoppelt.

2.3.4.6 Bruttobeschäftigung 2007, 2008 und 2009

Ausgehend von den Umsätzen der Hersteller, den Betriebs- und Wartungskosten sowie den bereitgestellten öffentlichen Mitteln wird die Bruttobeschäftigung mit Hilfe des statischen offenen Mengenmodells der Input-Output-Analyse ermittelt. Die Darstellung der EE-Branche erfolgt innerhalb dieses Rechensystems anhand eigener entwickelter technologiescharfer Vektoren, die u. a. von den Informationen der Primärerhebung bei der EE-Branche abgeleitet ist (vgl. Kapitel 2.2.1).

Die Ergebnisse für die Jahre 2007 (Tabelle 2-36), 2008 (Tabelle 2-37) und 2009 (Tabelle 2-38) werden in dem Detaillierungsgrad präsentiert, der bereits in der Darstellung der Umsätze eingeführt wurde. Neben der tiefer disaggregierten technologischen Unterscheidung ist in dieser Untersuchung auch erstmals eine Differenzierung der Beschäftigten der Biomassebereitstellung nach Technologien möglich (vgl. Kapitel 2.2.1.3).

Nach den hier durchgeführten Berechnungen lag die Bruttobeschäftigung im Jahr 2007 bei 277.300 Personen und stieg 2008 um 16 % auf 322.100 Personen. 2009 gab es einen weiteren Anstieg um 5 % auf 339.500 Personen, die im Bereich erneuerbarer Energien in Deutschland beschäftigt waren. Seit 2004 (160.500 Beschäftigte) hat sich die durch den Ausbau von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien induzierte Bruttobeschäftigung damit mehr als verdoppelt. Die Bruttobeschäftigung beinhaltet dabei sowohl direkt als auch indirekt beschäftigte. Die direkte Beschäftigung bezieht sich dabei auf die Arbeitskräfte in den Unternehmen, die durch die spartenspezifischen Vektoren abgebildet werden. Die indirekte Beschäftigung entsteht dagegen durch die Nachfrage dieser Bereiche nach Vorlieferungen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass etwa 60 % der Bruttobeschäftigung aus den Umsätzen mit Anlagen und Komponenten zur Nutzung erneuerbarer Energien resultieren. Knapp 20 % der Beschäftigten sind auf den Betrieb sowie die Wartung des Anlagenbestands zurückzuführen. Weitere 18 % der Beschäftigung hängen an der Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen und etwa 2 % stehen im Zusammenhang mit der Bereitstellung öffentlicher und gemeinnütziger Mittel.[1]

[1] In der Kategorie der Beschäftigten aus öffentlichen und gemeinnützigen Mitteln sind auch die Mitarbeiter der Bundes- und Landesministerien enthalten, die mit dem Thema erneuerbarer Energien betraut sind. Da diese Beschäftigten im Rahmen dieses Projektes nicht erneuet erhoben wurden, wurde im Sinne eines konservativen Ansatzes die Beschäftigung von 2006 konstant auf die Jahre 2007 bis 2009 fortgeschrieben.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-36: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2007.

	Beschäftigung durch Investitionen (einschl. Export)	Beschäftigung durch Wartung & Betrieb	Beschäftigung durch Brenn-/ Kraftstoff-bereitstellung	Beschäftigung gesamt 2007
Wind onshore	69.700	15.600		85.300
Wind offshore	400	0		400
Photovoltaik	36.200	2.100		38.300
Solarthermie	7.700	1.900		9.600
Solarthermische Kraftwerke	1.300	0		1.300
Wasserkraft	3.600	4.500		8.100
Tiefengeothermie	1.100	200		1.300
oberflächennahe Geothermie	7.400	1.600		9.000
Biogas	10.200	4.800	8.400	23.400
Flüssige Biomasse stationär	2.200	1.900	500	4.600
Biomasse Kleinanlagen	13.500	13.700	14.800	42.000
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	8.300	12.800	4.500	25.600
Biokraftstoffe			23.900	23.900
Summe	161.600	59.100	52.100	272.800
Beschäftigung durch öffentliche/gemeinnützige Mittel				4.500
Summe				277.300

Die Verteilung der Beschäftigung 2007 auf die verschiedenen Sparten wird in Tabelle 2-36 deutlich. Mit knapp 31 % trägt die Windenergienutzung an Land am meisten zur Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien in Deutschland bei. Durch die Zurechnung der Biomassebereitstellung entfallen 15 % der Beschäftigung auf die Biomassekleinanlagen, wodurch diese den zweiten Platz im Ranking der beschäftigungsrelevanten Technologien einnimmt. Die Photovoltaik trug mit 14 % zur Beschäftigung 2007 bei und stand damit an dritter Stelle. Im Mittelfeld liegen Biomasse Heiz-/Kraftwerke, die Biokraftstoffbereitstellung sowie der Biogasbereich, die alle zwischen 8 % und 9 % zur Beschäftigung

© GWS mbH 2011

beitrugen, gefolgt von der Solarthermie, der oberflächennahen Geothermie und der Wasserkraft, mit jeweils 3 %. Mit knapp 2 % konnte die flüssige Biomassenutzung in stationären Anlagen 2007 noch zur Beschäftigung beitragen, ebenso wie die Beschäftigten aus öffentlichen und gemeinnützigen Mitteln. Die Tiefengeothermie, die Solarthermischen Kraftwerke und die offshore Windenergie leisteten in diesem Jahr hingegen noch einen geringen Beitrag zur Beschäftigung der EE-Branche in Deutschland, der deutlich unter 1 % lag.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-37: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2008.

	Beschäftigung durch Investitionen (einschl. Ex-port)	Beschäftigung durch Wartung & Betrieb	Beschäftigung durch Brenn-/ Kraftstoff-bereitstellung	Beschäftigung gesamt 2008
Wind onshore	73.600	16.300		89.900
Wind offshore	5.600	0		5.600
Photovoltaik	57.500	2.800		60.300
Solarthermie	13.600	2.100		15.700
Solarthermische Kraftwerke	1.600	0		1.600
Wasserkraft	3.500	4.400		7.900
Tiefengeothermie	1.100	100		1.200
oberflächennahe Geothermie	11.300	2.100		13.400
Biogas	10.900	6.200	10.100	27.200
flüssige Biomasse stationär	0	2.300	500	2.800
Biomasse Kleinanlagen	13.200	13.900	15.500	42.600
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	8.400	12.400	4.700	25.500
Biokraftstoffe			23.500	23.500
Summe	200.300	62.600	54.300	317.200
Beschäftigung durch öffentli-che/gemeinnützige Mittel				4.900
Summe				322.100

In 2008 und 2009 gewann dagegen insbesondere die Photovoltaik an Relevanz und konnte sich im Technologievergleich auf den zweiten Rang verbessern (vgl. Tabelle 2-37 und Tabelle 2-38).

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-38: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2009.

	Beschäftigung durch Investitionen (einschl. Export)	Beschäftigung durch Wartung & Betrieb	Beschäftigung durch Brenn-/ Kraftstoff-bereitstellung	Beschäftigung gesamt 2009
Wind onshore	78.300	17.300		95.600
Wind offshore	6.500	0		6.500
Photovoltaik	60.700	4.000		64.700
Solarthermie	11.700	2.200		13.900
Solarthermische Kraftwerke	2.000	0		2.000
Wasserkraft	3.400	4.400		7.800
Tiefengeothermie	1.100	200		1.300
oberflächennahe Geothermie	10.700	2.500		13.200
Biogas	13.600	7.100	10.200	30.900
flüssige Biomasse stationär	0	2.100	900	3.000
Biomasse Kleinanlagen	12.300	13.500	15.600	41.400
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	8.700	13.100	4.800	26.600
Biokraftstoffe			26.100	26.100
Summe	209.000	66.400	57.600	333.000
Beschäftigung durch öffentliche/gemeinnützige Mittel				6.500
Summe				339.500

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse von 2007 bis 2009 in Tabelle 2-39 bestätigt im Wesentlichen die Trends, die bereits bei der Darstellung der Umsätze beschrieben wurden. Bezüglich der Beschäftigungsermittlung aus den Umsätzen sei darauf hingewiesen, dass jährlich ein Anstieg der Arbeitsproduktivität berücksichtigt wurde. Dies ist insbesondere an dem Bereich der Wasserkraft nachzuvollziehen, in dem ein konstanter Umsatz über den hier betrachteten Zeitraum angenommen wurde. Die Beschäftigung ist hingegen jedes Jahr leicht abnehmend, was auf die jährliche Zunahme der Arbeitsproduktivität zurückzuführen ist.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-39: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Zeitraum 2007-2009.

	Beschäftigung gesamt 2007	Beschäftigung gesamt 2008	Beschäftigung gesamt 2009
Wind onshore	85.300	89.900	95.600
Wind offshore	400	5.600	6.500
Photovoltaik	38.300	60.300	64.700
Solarthermie	9.600	15.700	13.900
Solarthermische Kraftwerke	1.300	1.600	2.000
Wasserkraft	8.100	7.900	7.800
Tiefengeothermie	1.300	1.200	1.300
oberflächennahe Geothermie	9.000	13.400	13.200
Biogas	23.400	27.200	30.900
flüssige Biomasse stationär	4.600	2.800	3.000
Biomasse Kleinanlagen	42.000	42.600	41.400
Biomasse Heiz-/Kraftwerke	25.600	25.500	26.600
Biokraftstoffe	23.900	23.500	26.100
Summe	272.800	317.200	333.000
Beschäftigung durch öffentliche/gemeinnützige Mittel	4.500	4.900	6.500
Summe	277.300	322.100	339.500

EEG-induzierte Arbeitsplatzwirkungen

Die Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland und damit einhergehend der Branche der erneuerbaren Energien wird wesentlich durch eine Reihe von Förderinstrumenten unterstützt. Das EEG ist hier besonders hervorzuheben, da mit seiner Hilfe der Ausbau der Anlagen zur Nutzung erneuerbaren Stroms ganz wesentlich vorangetrieben werden konnte. Die Beschäftigung der Jahre 2007 bis 2009, die auf die Einführung dieses Instrumentes zurückzuführen ist, ist in

Tabelle 2-40 abgeschätzt worden. Demnach können 172.700 Beschäftigte des Jahres 2007 der Wirkung des EEG zugeschrieben werden. Dies entspricht einem Anteil der EE-Beschäftigten von 62 %, der sich bis 2009 auf 66 % angestiegen ist. Mit 225.000 Beschäf-

© GWS mbH 2011

tigten in 2009 konnte die durch das EEG induzierte Beschäftigung in nur zwei Jahren um 30 % steigen. Verglichen mit 2004 ist ein Anstieg von insgesamt 130 % zu verzeichnen (vgl. Abbildung 2-31).

Tabelle 2-40: EEG induzierte Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Zeitraum 2007-2009.

	Beschäftigung durch Investitionen (inkl. Exporte)	Beschäftigung durch Wartung und Betrieb	Beschäftigung durch Brennstoffbereitstellung	Beschäftigung gesamt 2009	Beschäftigung gesamt 2008	Beschäftigung gesamt 2007
Wind	84.800	17.300		102.100	95.600	85.700
Photovoltaik	60.700	4.000		64.700	60.300	38.300
Biomasse	21.400	18.200	15.600	55.200	48.400	45.700
Wasserkraft	700	1.100		1.800	1.800	1.900
Tiefengeothermie	1.100	100		1.200	1.200	1.100
Summe	168.700	40.700	15.600	225.000	207.300	172.700

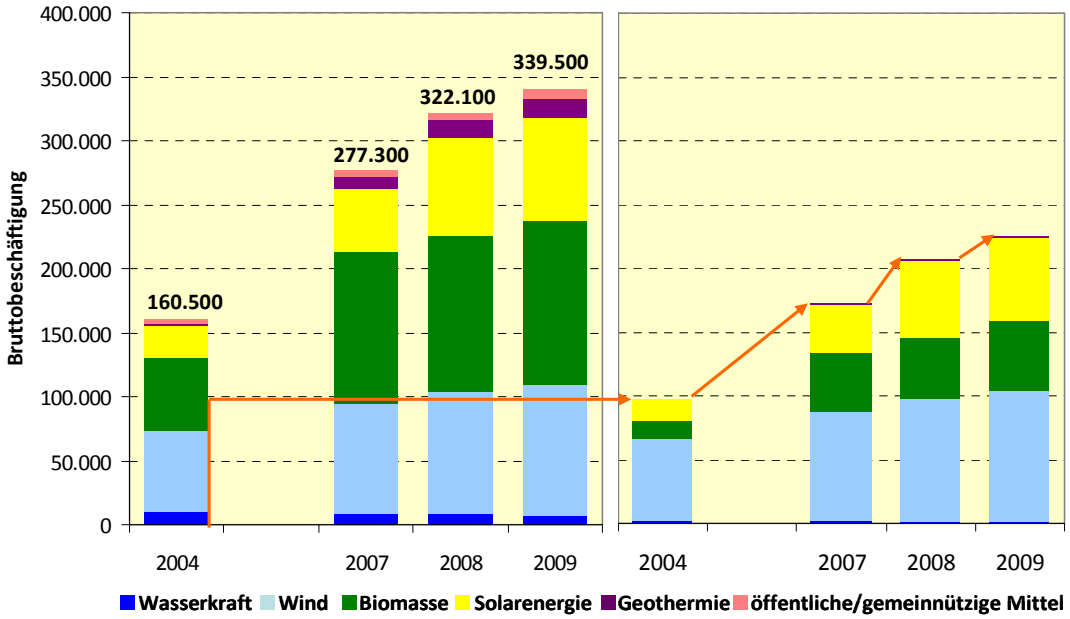


Abbildung 2-31: Entwicklung der Beschäftigung in der Branche der Erneuerbaren Energien sowie der durch EEG induzierten Beschäftigung von 2004 bis 2009.

Zur Ermittlung der EEG induzierten Beschäftigung wurden einige Annahmen getroffen, die im Folgenden dargestellt werden sollen.

Bei den Bereichen Wind und Photovoltaik ist davon ausgegangen worden, dass die Beschäftigung vollständig auf die Wirkung des EEG zurückgeführt werden kann. Dies

© GWS mbH 2011

schließt neben den in Deutschland errichteten Anlagen auch die exportierten Anlagen mit ein. Diese Herangehensweise wird damit begründet, dass sich die deutsche Industrie auf der Grundlage des heimischen Marktes entwickeln konnte und damit auch die Exporterfolge durch die Einführung des EEG erzielt werden konnten.

Anders wurde dagegen im Bereich der Wasserkraft verfahren. Die in diesem Bereich tätige Industrie hat bereits vor der Einführung des EEG in Deutschland produziert. Daher wird angenommen, dass die Exporte dieser Sparte nicht mit dem EEG im Zusammenhang stehen. Die in Deutschland getätigten Investitionen im betrachteten Zeitraum sind jedoch vollständig auf das EEG zurückzuführen. Die Beschäftigung durch Betrieb und Wartung der Wasserkraftwerke in Deutschland wurde dagegen nur anteilig dem EEG zugeschrieben, da nicht alle am Netz befindlichen Anlagen über dieses Gesetz gefördert werden. Die Differenzierung der Beschäftigten erfolgte anhand des EEG-Anteils an der bereitgestellten Endenergie aus Wasserkraftanlagen, der 2009 beispielsweise knapp 26 % entsprach.

Im Bereich der Biomasse und der Tiefengeothermie beeinflusst die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung die Zuordnung der Beschäftigung. Bezüglich der Beschäftigung, die auf die Investitionen zurückgeführt werden kann, ist angenommen worden, dass die Anlagen nur auf Grund des EEG errichtet worden sind, da dadurch die notwendige Investitionssicherheit gegeben war. Dies wird auch damit begründet, dass die KWK Nutzung mittlerweile ebenfalls durch das EEG unterstützt wird. Bezüglich der Beschäftigten durch Betrieb und Wartung wurde ein Teil der Beschäftigung bei Biomassekraftwerken von der Zuordnung zum EEG ausgenommen. Es handelt sich dabei um die anteilige Personenzahl, die im Betrieb von Anlagen zur Nutzung biogener Abfälle tätig sind. Bei der Tiefengeothermie wurde lediglich die Beschäftigung in Betrieb und Wartung berücksichtigt, die anteilig der Stromgestehung zugerechnet werden kann.

Der Anteil der in dieser Studie ermittelten Bruttobeschäftigung, der auf das Marktanreizprogramm zurückzuführen ist, lässt sich nicht in vergleichbarer Form abschätzen. Dies ist insbesondere darin begründet, dass die Informationen, die für diese Aufteilung notwendig wären, nicht verfügbar sind.

Zuordnung der Bruttobeschäftigung auf die Strom- und Wärmegestehung

Nicht ganz so einfach wie die Zuordnung der Beschäftigung zum EEG ist die Aufteilung nach strom- und wärmegestehenden Anlagen. Die größte Schwierigkeit einer solchen Unterscheidung liegt in der Zuordnung der KWK Anlagen. Die Ergebnisse, die in Tabelle 2-41 und Tabelle 2-42 dargestellt sind, rechnen die Personen, die durch die Investitionen in KWK Anlagen beschäftigt waren, vollständig der Stromgestehung zu. Eine Differenzierung dieser Beschäftigten könnte anhand der anteiligen Nutzung der neu installierten KWK-Anlagen für Strom und Wärme vorgenommen werden. Die hierfür notwendigen Informationen sind jedoch nicht verfügbar. Die einzige Differenzierung die auf Grund der Informationslage möglich wäre, ist anhand der gesamten bereitgestellten Endenergie, die technologiescharf nach Strom und Wärme vorliegt. Diese Herangehensweise ist für die Aufteilung der Beschäftigten des Betriebs und der Wartung gewählt worden. Bei den Investitionen ist sie aber insofern fehlerbehaftet, als das die neuinstallierten Anlagen nicht dieselbe Nutzungsverteilung aufweisen müssen, wie der Anlagenbestand. Noch viel gravierender wiegt dieser Einwand bei den Beschäftigten des Anlagenexports. Da die Ergebnisse dieser Herangehensweise auch nur zu einer marginalen Verschiebung der Beschäftig-

© GWS mbH 2011

ten hin zum Wärmebereich führen[1], wurde die Darstellung einer Aufteilung ohne eine Differenzierung bei den KWK Investitionen vorgezogen.

Demnach waren 2009 227.200 Beschäftigte den Aktivitäten rund um die erneuerbare Stromgestehung zuzuordnen, was einem Anteil von 67 % der Gesamtbeschäftigung entspricht. 23 % der Beschäftigten (79.700 Personen) waren dagegen im Zusammenhang mit erneuerbarer Wärme aktiv. Die restlichen 10 % entfallen auf die Bereiche der Biokraftstoffbereitstellung (8 %) und der öffentlich bereitgestellten Mittel (2 %). Dieses Verhältnis ist in etwa für alle drei betrachteten Jahre gültig.

Abschätzung der Bruttobeschäftigung in Ostdeutschland

Eine Abschätzung der induzierten Beschäftigung in Ostdeutschland ergibt eine Steigerung auf ca. 71.500 (gegenüber gut 62.000 in 2008). Im Bereich der Photovoltaik steigt die Beschäftigung in den ostdeutschen Unternehmen an, bleibt aber insgesamt in der Steigerungsrate noch hinter der gesamtdeutschen Steigerung zurück, da der Prozess zu einer stärkeren Integration der gesamten Wertschöpfungskette noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Darüber hinaus bleiben die südlichen Bundesländer die Gebiete mit den höchsten Installationszahlen. Im Bereich der Windenergie steigt die Beschäftigung leicht an, da auch die Anteile an Neuinstallationen in den ostdeutschen Bundesländern in 2009 bei 41% [DEWI10] verharrten. Ein erheblicher Teil des Ausbaus an Biogasanlagen entfällt auf die neuen Bundesländer, daher ist hier prozentual der größte Anstieg zu verzeichnen. Die weiteren Bereiche verbleiben nahezu unverändert.

Die Abschätzung der Bruttobeschäftigung in einzelnen Bundesländern oder in bestimmten Regionen wie Ostdeutschland steht methodisch vor einer zusätzlichen Schwierigkeit verglichen mit den Berechnungen zur Bruttobeschäftigung insgesamt. Während die Unternehmensstandorte und die installierten Anlagen sich räumlich direkt zuordnen lassen, sind die Vorlieferungsströme zwischen den Bundesländern schwierig zu messen. Die befragten Unternehmen geben darüber oftmals keine Auskunft, unter anderem weil sie ihre Zulieferer nicht offenlegen möchten und die regionale Zuordnung Rückschlüsse auf einzelne Unternehmen zuließe. In der Befragung 2005 wurde diese Schwierigkeit dadurch umgangen, dass anstelle der bundesländerscharfen Fragen eine umfassendere Einteilung in 4 Regionen benutzt wurde. Selbst hier waren die Auskünfte nicht sehr belastbar (vgl. die Diskussion in BMU 2006). Im Rahmen des vorliegenden Vorhabens wurden explorative Ansätze zur Regionalmodellierung verfolgt, die zu vielversprechenden Resultaten kommen und in einem eigenen Band veröffentlicht werden (Distelkamp et al. 2011, in Vorbereitung).

[1] Insgesamt würde die Beschäftigung, die der Stromgestehung zuzurechnen ist, um 2 % geringer ausfallen und die der Wärmegestehung um 5 % höher.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-41: Beschäftigung durch Anlagen zur Nutzung erneuerbaren Stroms in Deutschland 2007-2009.

	Beschäftigung durch Investitionen (inkl. Exporte)	Beschäftigung durch Wartung und Betrieb	Beschäftigung durch Brennstoff-bereitstellung	Beschäftigung gesamt 2009	Beschäftigung gesamt 2008	Beschäftigung gesamt 2007
Wind	84.800	17.300		102.100	95.500	85.700
Photovoltaik	60.700	4.000		64.700	60.300	38.300
Biomasse	21.400	15.600	12.400	49.400	44.900	44.000
Wasserkraft	3.400	4.400		7.800	7.900	8.100
CSP	2.000			2.000	1.600	1.300
Tiefen-geothermie	1.100	100		1.200	1.100	1.100
Summe	173.400	41.400	12.400	227.200	211.300	178.500

Tabelle 2-42: Beschäftigung durch Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Wärme in Deutschland 2007-2009.

	Beschäftigung durch Investitionen (inkl. Exporte)	Beschäftigung durch Wartung und Betrieb	Beschäftigung durch Brennstoff-bereitstellung	Beschäftigung gesamt 2009	Beschäftigung gesamt 2008	Beschäftigung gesamt 2007
Biomasse	13.100	20.200	19.100	52.400	53.200	51.600
Solarthermie	11.700	2.200		13.900	15.700	9.600
Geothermie	10.700	2.600		13.300	13.500	9.200
Summe	35.500	25.000	19.100	79.600	82.400	70.400

2.3.4.7 Erste Schätzungen und endgültige Werte

Die Bruttobeschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien in Deutschland wurde im Rahmen dieses Projektes für den Zeitraum 2007 bis 2009 zu Beginn des jeweils folgenden Jahres auf der Basis des vorliegenden Datenstandes und des in der Vorgängerstudie ermittelten IO-Vektors vorläufig abgeschätzt (BMU 2008, 2009, 2010). Diese Zahlen bildeten dann die Grundlage für die öffentliche Kommunikation, u. a. des BMU. Auf Basis des aktualisierten IO-Vektors und eines verbesserten Datenstandes kann jetzt eine revidierte, tiefer fundierte Neuschätzung der Bruttobeschäftigung für diesen Zeitraum vorgelegt werden, die im Detail soeben beschrieben wurde. Die Neuschätzung weicht in ihrem Ergebnis

© GWS mbH 2011

teilweise deutlich von den bislang vorliegenden vorläufigen Ergebnissen ab. Im Folgenden wird auf die Unterschiede zwischen beiden Ergebnissen hingewiesen.

Der Ausgangspunkt der Ermittlung der direkten und indirekten Bruttobeschäftigungseffekte für die Herstellung von EE-Anlagen sind – wie bereits erläutert - die von der Arbeitsgemeinschaft erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) ermittelten Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Da sich der Kenntnisstand über die Ausbauzahlen sowie die Kosten je installierte Einheit im Jahresablauf jeweils konsolidiert, werden die Investitionsdaten dem jeweiligen Stand entsprechend angepasst und mehrfach jährlich veröffentlicht. Abbildung 2-32 gibt einen Überblick über die Investitionen, die seinerzeit jeweils als Grundlage für die vorläufigen Abschätzungen zu Beginn des Folgejahres verwendet wurden (als „alt“ bezeichnet) und die Investitionen die auf dem Kenntnisstand vom Juli/August 2010 beruhen[1] (vgl. BMU 2010d). Letztere bilden die Grundlage für die hier vorgelegten, neuen Berechnungen. Die aktualisierten Werte liegen in allen Jahren über den ersten Abschätzungen. Insgesamt gab es 2007 eine Steigerung von 9 %, in 2008 und 2009 lagen die Investitionen um etwa 16 % höher als anfangs angenommen.

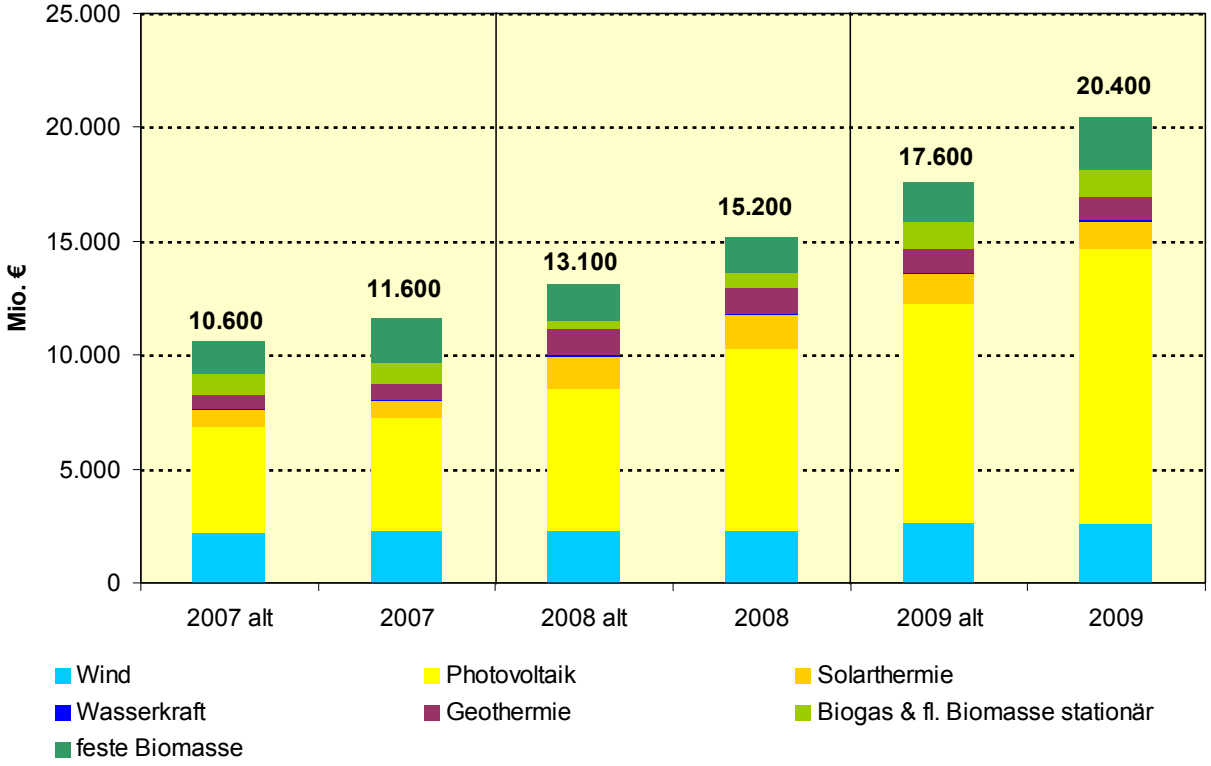


Abbildung 2-32: Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbare Energien in Deutschland 2007 bis 2009 (AGEE-Stat, Stand 7/2010).

Im Wesentlichen sind die Veränderungen auf wenige Bereiche beschränkt. Am deutlichsten sind die Abweichungen bei der Photovoltaik. Hier musste in allen drei Jahren auf Grund von neuen Erkenntnissen die installierte Leistung deutlich nach oben korrigiert werden. Im Bereich der Biomasse (Heiz-)Kraftwerke konnten ganz aktuell neue Untersu-

[1] Die Investitionen lagen 2009 nach den neuesten Angaben der AGEE-Stat bei 20,2 Mrd. €. Die Differenz ist auf neue Erkenntnisse im Bereich Biomasse Strom zurückzuführen.

© GWS mbH 2011

chungsergebnisse berücksichtigt werden, wodurch sowohl die installierte Leistung als auch die Investitionen je MW deutlich nach oben korrigiert wurden. Andere Änderungen fallen weniger ins Gewicht. Hierzu zählen vor allem der Ausbau der Anlagen zur Nutzung flüssiger Biomasse, der entgegen erster Schätzungen bereits 2008 zum Erliegen kam, ebenso wie die installierte Biogasleistung 2008, die nicht so stark rückläufig war wie ursprünglich angenommen. Des Weiteren werden jedes Jahr leichte Anpassungen im Bereich der Solarthermie notwendig, sobald die endgültigen Auswertungen der Förderung nach Marktanreizprogramm (MAP) vorliegen.

Ausgehend von den Investitionen in Deutschland werden die Umsätze der in Deutschland ansässigen Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ermittelt. Hierzu sind die Umfrageergebnisse zum Außenhandel maßgeblich. In den jährlich veröffentlichten vorläufigen Abschätzungen wurden diese Werte - soweit Informationen vorhanden waren – zwar angepasst, in weiten Teilen der vorläufigen Schätzungen waren jedoch die Umfrageergebnisse des Jahres 2004 ausschlaggebend. Im besonderen Maße trifft dies auf die Importe von Anlagen zu. Die aktualisierten Umsatzzahlen basieren nun auf neuen Befragungsergebnissen des Jahres 2007, wodurch teilweise deutliche Veränderungen der Umsätze zu verzeichnen sind.

Abbildung 2-33 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Umsätze in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien inklusive des Exports der Komponentenhersteller.

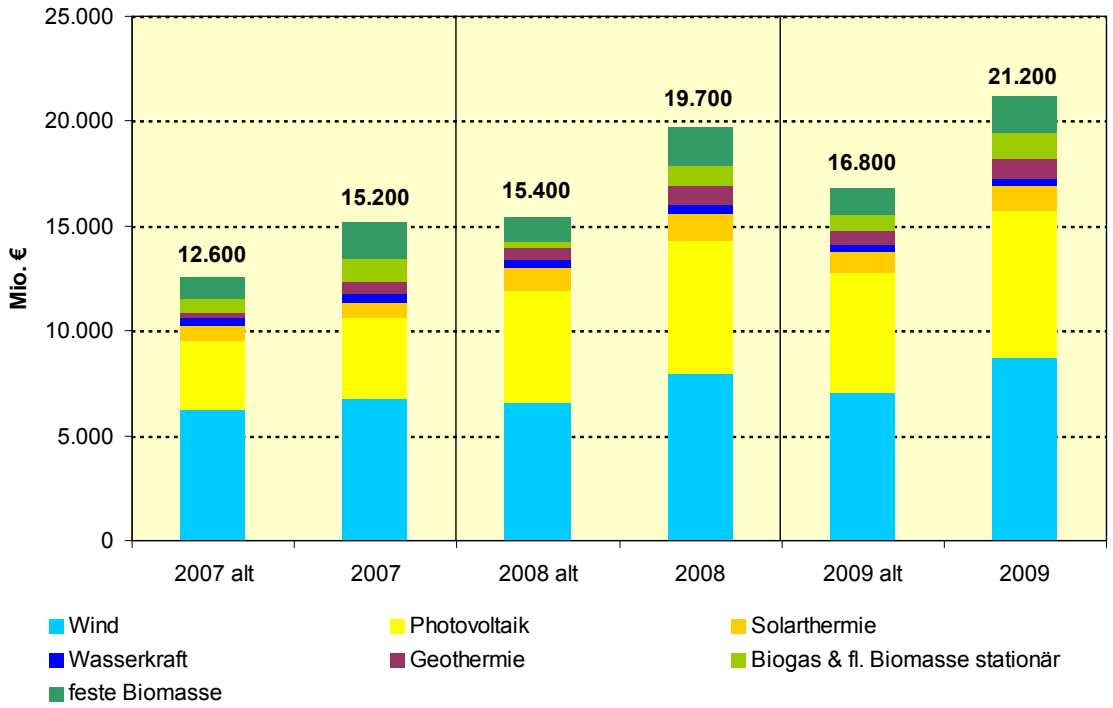


Abbildung 2-33: Umsatz in Deutschland ansässiger Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien inklusive der Exporte in Deutschland ansässiger Komponentenhersteller 2007 bis 2009.

Die Exporte der Komponentenhersteller bilden einen Bereich, der in den bisherigen Untersuchungen weniger tief analysiert wurde. Dies war unter anderem der Tatsache geschuldet, dass diese Exporte bis zum Vorliegen der neuen Umfrageergebnissen im Sinne einer

© GWS mbH 2011

konservativen Herangehensweise auf dem Niveau des Jahres 2004 fixiert wurden. Die nunmehr vorliegenden Ergebnisse haben ergeben, dass die Exportumsätze der Komponentenhersteller 2007 bei rund 3,4 Mrd. € lagen und damit um mehr als das Vierfache (knapp 360 %) höher sind als noch 2004. In der Aktualisierung der Zahlen für 2008 und 2009 wurde anschließend eine Anpassung der Komponentenexporte analog zu der Umsatzentwicklung der Hersteller vorgenommen. Zum einen wird dies damit begründet, dass diese Herangehensweise mit der Erstellung der Exportszenarien, in denen die Komponentenexporte ebenfalls berücksichtigt wurden, konform ist, zum anderen ist dies der Erkenntnis geschuldet, dass eine Fixierung der Komponentenexporte zu einer deutlichen Unterschätzung der Umsätze und somit der Beschäftigung führt. Für 2008 hat dies zur Folge, dass 4,1 Mrd. € durch Komponentenexport zu den beschäftigungsrelevanten Umsätzen der Hersteller hinzuzurechnen sind. 2009 liegt der Wert bei 4,4 Mrd. €.

Damit stieg der beschäftigungsrelevante Umsatz in der Neuberechnung des Jahres 2007 um knapp 21 %. Insgesamt ist zwar der Umsatz der Hersteller gleich geblieben, zwischen den Technologien hat jedoch eine Verschiebung stattgefunden. So ist beispielsweise der Export der Windanlagenhersteller in den letzten Jahren überschätzt worden. Die Exporte der Komponentenhersteller gleichen dies in der Summe jedoch wieder aus, da der weitaus größte Teil der Exportumsätze mit Komponenten in Höhe von rund 2,5 Mrd. € auf die Windenergie entfällt, gefolgt von der Photovoltaik mit über 0,5 Mrd. € und der Wasserkraft mit etwa 0,1 Mrd. €. Eine weitere bisherige Überschätzung der Exporte der Hersteller konnte bei der Solarthermie identifiziert werden, was in Kombination mit leicht höheren Importen zu geringeren Umsätzen führt. Eine Unterschätzung der Exporte konnte vor allem im Bereich Biogas und der kleinen Biomasseanlagen verzeichnet werden. Einen größeren Einfluss auf die Umsätze haben allerdings die neu gewonnen Erkenntnisse zu den Importen. Hier konnten vor allem die Bereiche oberflächennahe Geothermie sowie Biogas seit 2004 eine deutliche Verlagerung hin zu heimischer Wertschöpfung verzeichnen. Schlussendlich sind die offshore Windenergie sowie die solarthermischen Kraftwerke neu in die Betrachtung aufgenommen worden.

2008 stiegen die beschäftigungsrelevanten Umsätze gegenüber den ersten Abschätzungen um knapp 28 % an, wobei die Umsätze der Hersteller lediglich einen Anstieg um 6 % verzeichnen konnten. In den Bereichen Biogas und (Heiz-)Kraftwerke konnte ein Rückgang in der neu installierten Leistung im Vergleich zu 2007 festgestellt werden. In 2009 wurde hingegen deutlich mehr Leistung neu installiert als 2007, was die Vermutung bestätigt, dass einige Anlagen bewusst erst 2009 fertig gestellt wurden, um die veränderten Förderbedingungen des EEG abzuwarten. In den neu ermittelten Umsätzen wurde dieser Aspekt berücksichtigt. Insgesamt liegen die beschäftigungsrelevanten Umsätze 2009 um knapp 26 % höher als bisher angenommen, wobei die Umsätze der Hersteller um 4 % angestiegen sind.

In Abbildung 2-34 ist die aus den Umsätzen resultierende Beschäftigung dargestellt, wobei die aktuellen Werte den bisherigen, vorläufigen Ergebnissen gegenübergestellt sind. Die aktualisierten Werte liegen in der Summe deutlich über den bisherigen Abschätzungen. Für 2007 beträgt der Unterschied 11 %, 2008 knapp 16 % und 2009 etwa 13 %. Die Bereiche, in denen die größten positiven Abweichungen gegenüber den bisherigen Abschätzungen ermittelt wurden, sind die Windenergie (bis zu 17 % in 2009) und die Biomasse (bis zu 27 % in 2008), was zum Teil auch auf die beschriebenen Neuerungen bei der Ermittlung der Biomasse- und Biokraftstoffbereitstellung zurückzuführen ist (vgl. Kapitel 2.3.3). Re-

© GWS mbH 2011

lativ gesehen erfuhr die Geothermie die größte Korrektur (bis zu 129 % in 2007). In einigen wenigen Bereichen kam es aber zu einer Reduktion der vorläufigen Zahlen. Dies betrifft vor allem die Wasserkraft (bis zu 22 % in 2008) und die Solarenergie, deren Beschäftigung im Jahr 2007 zu hoch angesetzt war (3 %). Im Wesentlichen ist dies auf eine Überschätzung der Exporte von Solarthermieanlagen zurückzuführen, die auf Basis der neuen Umfrage korrigiert werden konnte. Die Differenzen bei den Beschäftigten öffentlicher und gemeinnütziger Mittel liegt daran, dass in den ersten Schätzungen der Jahre 2007 und 2008 die Ergebnisse der letzten Untersuchung für das Jahr 2006 konstant beibehalten wurden. In der Schätzung des Jahres 2009 wurden erstmals die mittlerweile deutlich erhöhten Forschungsmittel des Bundes berücksichtigt.

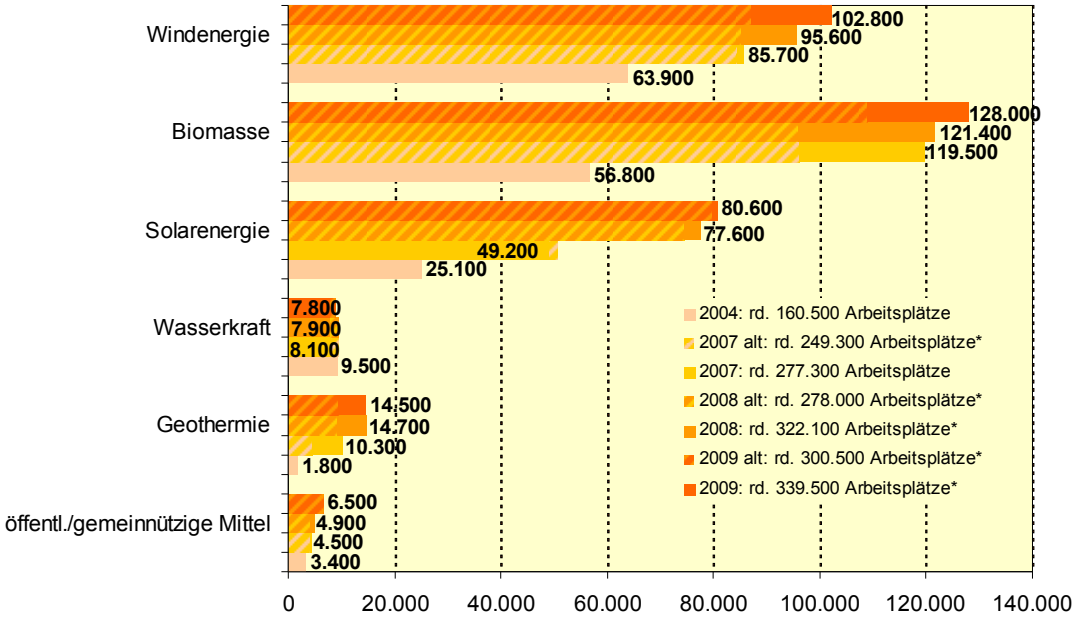


Abbildung 2-34: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland.

2.3.5 Beschäftigung durch den Ausbau von Produktionskapazitäten

Der Ausbau von Produktionskapazitäten für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ist ein weiterer Bereich, in dem Arbeitsplatzeffekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien zu beobachten sind. Diese wurden erstmals in der letzten Studie zu den Beschäftigungseffekten des Ausbaus erneuerbarer Energien untersucht, wobei ein Umsatz der Hersteller von Produktionsanlagen in Höhe von 2.925 Mio. € für den Zeitraum von 2004 bis 2006 identifiziert werden konnte. 2004 lag die Beschäftigung in diesem Bereich demnach bei 5.800 Personen, stieg 2005 auf 12.600 Personen und lag 2006 schlussendlich bei 23.500 Personen[BMU07].

Im Rahmen der bislang dargestellten Bruttobeschäftigung sind diese Effekte innerhalb der indirekten Beschäftigung insofern berücksichtigt, als die durch den Produktionskapazitätsausbau entstandenen Kosten in die Preisbildung der Anlagenhersteller einfließen. Insgesamt werden die Beschäftigten allerdings nicht vollständig in dem Jahr berücksichtigt, in dem die Arbeit anfiel. Stattdessen werden sie über den Abschreibungszeitraum einer Pro-

© GWS mbH 2011

duktionsmaschine verteilt berücksichtigt. In diesem Kapitel soll nun eine Abschätzung der Beschäftigung durch den Ausbau von Produktionskapazitäten erfolgen.

Weder die Umsätze noch die Investitionen in neue Produktionskapazitäten werden für den gesamten Bereich der erneuerbaren Energien erfasst. Lediglich in der Sparte Photovoltaik gibt es mittlerweile einige Informationen von Seiten des VDMA bezüglich des Umsatzes sowie des Exports der deutschen Anlagenbauer.

Für die Ermittlung der Beschäftigung dieses Bereiches wurden die Investitionen abgeschätzt, die zum Teil im Rahmen der Unternehmensbefragung ermittelt werden konnten. Die hier gewonnenen Erkenntnisse sind durch eine Reihe von weiteren Informationen bezüglich getätigter Investitionen oder der Entwicklung der Produktionskapazitäten ergänzt worden. Zu den wichtigsten Quellen zählen u. a. der Energie Pressedienst des Internationalen Wirtschaftsforum Regenerative Energien, die Fachzeitschriften „Sonne, Wind & Wärme“ und „Photon“ aber auch die Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e. V. und die Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V. Sowohl bei der Umfrage als auch bei der Auswertung von Quellen konnten zum Teil nur Informationen zu den zusätzlichen Produktionskapazitäten gewonnen werden, aber nicht zu den damit verbundenen Investitionen. In solchen Fällen wurden die Investitionen anhand von vergleichbaren Projekten anderer Unternehmen über Kennziffern geschätzt.

Da viele Ausbauaktivitäten den Zeitraum eines Jahres deutlich überschritten, wurde darüber hinaus eine Aufteilung der Investitionen ab Beginn der Arbeiten bis zur Aufnahme der Produktion vorgenommen.

Tabelle 2-43: Investitionen in den Neubau sowie die Erweiterung von Produktionsanlagen im Zeitraum 2007-2009 (in Mio. Euro).

	2007	2008	2009	2007-2009
Windenergie	218,0	371,5	133,5	722,9
Photovoltaik	1.220,3	2.039,7	1.843,0	5.103,0
Solarthermie	16,1	39,5	32,6	88,1
Wasserkraft	1,2	8,5	8,4	18,0
Geothermie	6,2	4,5	4,3	15,0
Biomasse	62,1	68,0	89,1	219,2
Biokraftstoffe	593,7	422,9	312,3	1.328,9
Summe	2.117,5	2.954,6	2.423,1	7.495,2

Auf diesem Wege konnten Investitionen im Zeitraum 2007 bis 2009 in Höhe von etwa 7,5 Mrd. € in Produktionskapazitäten in Deutschland ermittelt werden (vgl. Tabelle **2-43**).

© GWS mbH 2011

Bei der Betrachtung des zeitlichen Verlaufs wird deutlich, dass die bislang höchsten Investitionen in den Ausbau der Produktionskapazitäten mit rund 3 Mrd. € im Jahr 2008 getätigt wurden. Hier lagen die Investitionen um 40 % über den Investitionen des Jahres 2007. In 2009 war hingegen ein Rückgang um 18 % auf 2,4 Mrd. € zu verzeichnen. Insgesamt trug die Photovoltaik mit 68 % (5,1 Mrd. €) zu den Gesamtinvestitionen bei. Dabei lagen die Investitionen 2008 um 67 % höher als 2007 und erreichten mit etwa 2 Mrd. € das bislang höchste ermittelte Niveau in einem Jahr. 2009 lagen die erfassten Investitionen etwa 10 % unter denen des Vorjahres. Der Bereich der Biokraftstoffe trug mit knapp 18 % (1,3 Mrd. €) zu den Gesamtinvestitionen bei. Der Vergleich mit der letzten Untersuchung [BMU07] zeigt dabei, dass die jährlichen Investitionen hier bereits seit 2007 rückläufig sind. Ebenso ist eine Verschiebung der Investitionen von Biodieselanlagen hin zu Bioethanolanlagen zu beobachten.

Der Bereich der Windenergie trägt mit knapp 10 % (0,7 Mrd. €) zu den Gesamtinvestitionen bei. Die verbleibenden Investitionen in neue Produktionsanlagen konnten im Bereich Biomasse, insbesondere der Pelletherstellung, aber auch in geringem Umfang bei der Solarthermie, der Wasserkraft und der Geothermie identifiziert werden.

Die getätigten Investitionen für den Ausbau der Produktionskapazitäten wurden zunächst in die Grobkategorien Ausrüstungsinvestitionsgüter, bauliche Investitionen, Versorgungstechnik und Planung aufgeteilt. Dabei wurde darauf geachtet, ob es sich bei den getätigten Investitionen um den Neubau von Produktionsstätten handelte oder ob eine Erweiterung einer Produktionsstätte vorgenommen wurde, die keine Investitionen in neue Gebäude erforderte. Für jede dieser Grobkategorien wurde unter Nutzung der in der Input-Output-Tabelle ausgewiesenen Strukturen eine typische Güterstruktur in der Abgrenzung der Input-Output-Rechnung abgeschätzt.

Zur Ermittlung der inländischen Beschäftigung durch den Ausbau der Produktionskapazitäten muss die im Inland wirksame Nachfrage für die deutschen Unternehmen ermittelt werden, also auch der Import und der Export von Gütern in diesem Nachfragebereich abgeschätzt werden. Im Rahmen dieses Projektes konnten empirisch keine hinreichenden Informationen zu den Außenhandelsrelationen der Hersteller von Produktionskapazitäten ermittelt werden. Stattdessen wurden die sektorspezifischen Import- und Exportrelationen der einschlägigen Industriezweige in Deutschland für die entsprechenden Jahre herangezogen.[1] Die beschäftigungswirksamen Umsätze, die aus dieser Herangehensweise resultieren, werden in Tabelle 2-44 ausgewiesen. Im Zeitraum von 2007 bis 2009 konnten die Hersteller von Produktionsanlagen demnach 10,6 Mrd. € an Umsatz erwirtschaften, wovon 5 Mrd. € (47 %) durch den Export erwirtschaftet wurden. Den mit Abstand größten Anteil an diesem Umsatz hatten die Hersteller im Bereich Photovoltaik mit insgesamt 7,2 Mrd. € über den betrachteten Zeitraum, von dem 3,4 Mrd. € im Ausland erwirtschaftet wurden. 2007 lag der Umsatz mit Produktionsanlagen aus deutscher Herstellung demnach bei 2,9 Mrd. € inklusive des Exports in Höhe von 1,3 Mrd. €. Mit knapp 4,1 Mrd. € war 2008 das erfolgreichste Jahr in dieser Betrachtung, in dem 1,9 Mrd. € durch den Export erzielt werden

[1] Nur für den Bereich Photovoltaik lagen zusätzlich Informationen des VDMA für die Exportquote der Ausrüstungshersteller vor. Sie waren mit 71 % (2007), 80 % (2008) und 82 % (2009) [VDMA10] höher als die durchschnittlichen sektorspezifischen Exportquoten. Im Sinne eines konservativen Schätzansatzes wurden jedoch auch hier die geringeren durchschnittlichen Exportquoten verwendet.

© GWS mbH 2011

konnte. 2009 blieb der Export auf diesem Niveau, wobei der Umsatz insgesamt auf 3,6 Mrd. € sank.

Tabelle 2-44: Umsatz deutscher Unternehmen durch den Neubau sowie die Erweiterung von Produktionsanlagen weltweit im Zeitraum 2007-2009.

	2007	2008	2009	2007-2009
Wind	289,1 Mio. €	549,3 Mio. €	199,9 Mio. €	1.038,3 Mio. €
Photovoltaik	1.703,8 Mio. €	2.811,4 Mio. €	2.688,2 Mio. €	7.203,4 Mio. €
Solarthermie	23,3 Mio. €	54,8 Mio. €	48,9 Mio. €	127,0 Mio. €
Wasserkraft	1,6 Mio. €	12,1 Mio. €	12,5 Mio. €	26,3 Mio. €
Geothermie	9,3 Mio. €	6,0 Mio. €	6,5 Mio. €	21,8 Mio. €
Biomasse	89,4 Mio. €	97,9 Mio. €	130,6 Mio. €	317,8 Mio. €
Biokraftstoffe	814,0 Mio. €	605,7 Mio. €	482,8 Mio. €	1.902,5 Mio. €
Summe	2.928,8 Mio. €	4.135,5 Mio. €	3.567,8 Mio. €	10.632,1 Mio. €

Die Beschäftigung in Deutschland, die aus dem weltweiten Ausbau der Produktionsanlagen resultiert, beläuft sich für das Jahr 2007 auf knapp 37.000 Personen. 2008 stieg die Beschäftigung auf rund 51.000 Personen und fiel 2009 auf knapp 42.000.

© GWS mbH 2011

Tabelle 2-45: Beschäftigte des Ausbaus von Produktionsanlagen im Bereich erneuerbarer Energien im Zeitraum 2007-2009.

	2007	2008	2009
Wind	3.770	6.500	2.320
Photovoltaik	21.140	34.960	31.460
Solarthermie	280	680	560
Wasserkraft	20	150	140
Geothermie	110	80	70
Biomasse	1.100	1.190	1.560
Biokraftstoffe	10.450	7.370	5.530
Summe	36.870	50.930	41.640

Auf Grund der anteiligen Berücksichtigung dieser Beschäftigten in den in Kapitel 2.3.4.6 beschriebenen Zahlen ist eine Aufsummierung der hier ermittelten Beschäftigung mit der ausgewiesenen Bruttobeschäftigung nicht möglich.

© GWS mbH 2011

3 NATIONALE UND INTERNATIONALE SZENARIEN ZUM AUSBAU EE UND ZUR ENTWICKLUNG VON EXPORTMÄRKTEN

In globalen und nationalen Energieszenarien werden Strategien beschrieben, wie die weltweiten Treibhausgasemissionen deutlich reduziert werden können. Um die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre auf den vom IPCC angestrebten Wert von ca. 450 ppm und somit die globale Erwärmung auf etwa 2 Grad gegenüber der vorindustriellen Zeit zu begrenzen, ist weltweit bis 2050 mehr als eine Halbierung der gegenwärtigen Emissionen erforderlich. Die Industriestaaten müssen dazu ihre Treibhausgasemissionen um 85 – 90% senken. Ende des Jahrhunderts sollte die Energiebereitstellung und –nutzung weitgehend emissionsfrei sein.

Aktuellere Energieszenarien, die mögliche Zukunftsentwicklungen des globalen Energiesystems beschreiben, zeigen eindeutig, dass ein wesentlich effizienterer Umgang mit Energie (EFF), verknüpft mit einem massiven Ausbau EE (EE) einen umfassenden, vermutlich sogar den bedeutendsten Lösungsbeitrag für diese Zielsetzung leisten kann, [u. a. WBGU 2003; Krewitt et al. 2008; IEA 2008 und IEA 2009]. Zwar werden in unterschiedlichem Ausmaß auch die Kernenergie und die Zurückhaltung von CO_2 bei der Nutzung von Kohle als Optionen betrachtet, ihre möglichen Reduktionsbeiträge bleiben jedoch deutlich hinter denjenigen der Effizienzsteigerung und des EE-Ausbaus zurück. So wird auf globaler Ebene erwartet, dass von den EE bis 2050 Energiemengen in der Größe des gesamten derzeitigen Weltenergieverbrauchs bereitgestellt werden können. Verschiedene globale Energieszenarien werden in diesem Abschnitt gegenübergestellt und verglichen. Darin eingeordnet wird das Szenario „Energy [R]Evolution“ [Krewitt et al. 2008], welches auch das Datengerüst für den zukünftigen globalen Ausbau der erneuerbaren Energien für diese Untersuchung liefert.

Auf der nationalen Ebene wurde mit den Szenarien aus [BMU 2004], die auch für die Vorläuferstudie dieser Untersuchung [BMU 2006] benutzt wurden, die Basis für eine langfristige Ausbaustrategie der EE gelegt. Mit den Leitszenarien 2007 [BMU 2007] und 2008 [BMU 2008] wurden detaillierte Wege beschrieben, wie im Zusammenwirken eines konsequenten EE-Ausbaus in Verknüpfung mit anderen Teilstrategien (Effizienzsteigerung; Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung) die Treibhausgasemissionen bis 2050 in Deutschland auf rund 20% des Werts von 1990 gesenkt werden können. Gleichzeitig wurden in diesen Szenarien die Zwischenziele der Bundesregierung für die Reduktion der CO_2-Emissionen, der Steigerung der Energieproduktivität und den Beitrag der EE für das Jahr 2020, wie sie in den Beschlüssen der Bundesregierung, den einschlägigen Gesetzen und den Regelungen der EU-Kommission festgelegt sind, abgebildet und der dadurch erforderliche Strukturwandel der Energieversorgung dargestellt. Das Leitszenario 2009 [BMU 2009a] stellt die aktuellste Variante dieser Szenarienfamilie dar. Es repräsentiert in dieser Untersuchung den nationalen Teil einer globalen Ausbaustrategie für erneuerbare Energien.

3.1 DAS NATIONALE LEITSZENARIO 2009

Einen Überblick über die wesentlichen ökonomischen und demografischen Ausgangsdaten und die resultierenden energetischen Kenndaten des Leitszenarios 2009 gibt Tabelle

© GWS mbH 2011

3-1. Bis 2020 bleiben Bevölkerung und Anzahl der Haushalte etwa konstant, um dann bis 2050 auf 92% bzw. 97% des heutigen Wertes zu sinken. Parallel wird von einem mittleren Wachstum des Bruttoinlandprodukts (BIP) bis 2020 von durchschnittlich 1,45 %/a ausgegangen, welches zwischen 2020 und 2050 auf rund 1%/a sinkt. Daraus resultiert in 2020 eine um 19% höhere Wirtschaftsleistung, die bis 2050 auf das 1,6-fache des heutigen Wertes steigt. Von den übrigen energieverbrauchsbestimmenden Größen wachsen insbesondere die Wohnfläche um weitere 12% und die Güterverkehrsleistung um 21% bis 2020 gegenüber 2008. Während erstere danach stagniert, wird bis 2050 von einem weiteren Wachstum des Güterverkehrs auf 34% gegenüber 2008 ausgegangen.

Die Wirkung der unterstellten Effizienzstrategie mit einer durchschnittlichen Steigerung der (Primär-) Energieproduktivität ab 2009 von 3%/a führt bis 2020 zu einer Verdopplung der Energieproduktivität gegenüber dem Jahr 1990. Zwischen 1990 und 2008 betrug die durchschnittliche Steigerungsrate 1,9 %/a. Daraus resultieren ein um 17% geringerer Primärenergieverbrauch gegenüber 2008, ein um 10% geringerer gesamter Endenergiebedarf und ein um 11% geringerer Endenergieverbrauch von Strom im Jahr 2020. Die Abnahme setzt sich fort bis 2050 mit einem Primärenergieverbrauch, der 58% des Niveaus von 2008 entspricht. Der gesamte Endenergiebedarf beträgt dann noch 67% des heutigen Niveaus, der von Strom noch 84%. In letzterem Wert spiegelt sich die wachsende Bedeutung von Strom bei der Erschließung großer EE-Anteile und beim Einsatz in neuen Anwendungsbereichen, wie der Wärmepumpe und der Elektromobilität nach 2020 wider.

Entsprechend der Ziele des Szenarios reduzierten sich die CO_2-Emissionen deutlich. In der Kombination von deutlicher Effizienzsteigerung, weiterem KWK-Ausbau, einer relativen Verschiebung des fossilen Energiemixes hin zu Erdgas und insbesondere durch einen kontinuierlichen EE-Ausbau erreicht das aktualisierte Leitszenario mit CO_2-Emissionen im Jahr 2050 von 203 Mio. t/a die angestrebte 80%-Minderung gegenüber 1990. Die Pro-Kopf-Emissionen an Kohlendioxid reduzieren sich entsprechend von derzeit rund 10 t/Kopf/a auf 2,7 t/Kopf/a. Bis zum Jahr 2020 wird mit einem Ausstoß von 617 Mio. t CO_2/a eine Minderung von 38% gegenüber 1990 erreicht.

Die einzelnen Einsatzbereiche tragen in unterschiedlichem Ausmaß zum Anteil der EE an der gesamten Energieversorgung bei, mit einer deutlichen Führerschaft im Strombereich (Abbildung 3-1). Im Jahr 2020 decken EE 35,2% des Bruttostromverbrauchs (bzw. 40,4% des Endenergieverbrauchs an Strom), 17,5% der Endenergienachfrage nach Wärme (ohne Stromanteil) und 9,8% des gesamten Kraftstoffbedarfs (bzw. 11,5% des Kraftstoffbedarfs für den Straßenverkehr). Bereits vor dem Jahr 2030 wird beim Bruttostromverbrauch die 50%-Marke überschritten. Bis 2050 ist der Umbau der Energieversorgung schon weit fortgeschritten. Strom wird dann zu 84% (Bruttostromverbrauch) bzw. 90% (Endenergie) aus EE bereitgestellt. Fossile Kraftwerke übernehmen dann nur noch Reserve- und Regelungsaufgaben. Im Wärmebereich wird knapp die Hälfte der Nachfrage mit EE gedeckt. Im Verkehr ist der Beitrag der EE mit 29% des Kraftstoffbedarfs (bzw. 33% des Kraftstoffbedarfs für den Straßenverkehr) allerdings immer noch relativ gering.

© GWS mbH 2011

Tabelle 3-1: Spezifische Kenndaten des Leitszenarios 2009.

Demographische und ökonomische Eckdaten

	2000	2005	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Bevölkerung (Mio)	82,2	82,5	**82,1**	81,9	81,7	**81,4**	80,6	79,3	77,3	**75,1**
Erwerbstätige (Mio)	38,7	38,9	**40,4**	39,8	39,2	**39,0**	38,4	37,5	37,0	**35,8**
Priv. Haushalte (Mio)	38,1	39,2	**39,7**	39,8	39,9	**39,9**	39,9	39,7	39,2	**38,5**
Wohnungen (Mio)	38,4	39,6	**39,9**	40,3	41,0	**41,3**	41,1	40,8	39,5	**38,5**
Wohnfläche (Mio m²)	3.245	3395	**3450**	3534	3692	**3850**	3950	4000	4000	**3900**
Beheizte Nutzfläche (Mio m²)	1.458	1495	**1513**	1525	1539	**1550**	1540	1520	1500	**1450**
BIP real (Mrd.EUR, 2000)	2.063	2122	**2270**	2280	2470	**2700**	2900	3070	3350	**3630**
Anzahl PKW (Mio)	42,8	45,4	**46,6**	47,0	47,2	**47,5**	47,5	47,5	47,0	**46,3**
Personenverkehr (Mrd Pkm)	1045	1088	**1120**	1120	1120	**1113**	1105	1080	1050	**1015**
Güterverkehr (Mrd. tkm)	511	580	**665**	690	742	**804**	835	855	880	**890**
Spezifische Werte										
Pers./Haushalt	2,16	2,10	**2,07**	2,06	2,05	**2,04**	2,02	2,00	1,97	**1,95**
Wohnfl/Kopf (m²)	39,5	41,15	**42,02**	43,15	45,19	**47,30**	49,01	50,44	51,75	**51,92**
Wohnfl/Wohn. (m²)	84,5	85,73	**86,47**	87,61	90,05	**93,22**	96,11	97,93	101,27	**101,30**
PKW/Haushalt	1,12	1,16	**1,17**	1,18	1,18	**1,19**	1,19	1,20	1,20	**1,20**
Nutzfl./Beschäft. (m²)	37,6	38,43	**37,45**	38,32	39,26	**39,79**	40,10	40,53	40,54	**40,50**
BIP/Kopf (EUR, 2000)	25.094	25721	**27649**	27839	30233	**33172**	35980	38714	43338	**48323**
Pers. verkehr/Kopf (Pkm)	12.712	13188	**13642**	13675	13709	**13674**	13710	13619	13583	**13512**
Güterverkehr/Kopf. (tkm)	6.219	7030	**8100**	8425	9082	**9878**	10360	10782	11384	**11848**
Index (2008 = 100)										
Bevölkerung	100,1	100,5	**100,0**	99,8	99,5	**99,1**	98,2	96,6	94,2	**91,5**
Beschäftigte	95,9	96,3	**100,0**	98,5	97,0	**96,4**	95,0	92,8	91,6	**88,6**
Haushalte	96,0	98,7	**100,0**	100,3	100,5	**100,5**	100,5	100,0	98,7	**97,0**
Wohnungen	96,2	99,2	**100,0**	101,1	102,8	**103,5**	103,0	102,4	99,0	**96,5**
Wohnfläche	94,1	98,4	**100,0**	102,4	107,0	**111,6**	114,5	115,9	115,9	**113,0**
Beheizte Nutzfläche	96,4	98,8	**100,0**	100,8	101,7	**102,4**	101,8	100,5	99,1	**95,8**
Bruttoinlandsprodukt (BIP)	90,9	93,5	**100,0**	100,4	108,8	**118,9**	127,8	135,2	147,6	**159,9**
Anzahl PKW	91,9	97,4	**100,0**	100,8	101,3	**101,9**	101,9	101,9	100,9	**99,4**
Personenverkehr	93,3	97,1	**100,0**	100,0	100,0	**99,4**	98,7	96,4	93,8	**90,6**
Güterverkehr	76,9	87,2	**100,0**	103,8	111,6	**120,9**	125,6	128,6	132,3	**133,8**
BIP-Wachstum %/a		0,56	**2,25** **1,20**	0,22	1,60	**1,78** **1,45**	1,43	1,14	0,87	**0,80** **0,99**

LEIT09/Eckdat; 27.6.09

Daten 2005, 2008 nach BMWI 2009. Daten bis 2020 Eckdaten der "Energiegipfelszenarien" [BMWI 2007]; ab 2025 nach BMU 2008; kurzfrisitiges BIP-Wachstum modifiziert.

Energetische Eckdaten	2000	2005	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Primärenergie (PJ/a)	14402	14465	**14003**	13636	12695	**11650**	10679	9846	8798	**8138**
Endenergie (PJ/a)	9235	8920	**8828**	8813	8388	**7942**	7518	7085	6491	**5944**
- davon Strom (PJ/a)	1779	1864	**1906**	1887	1801	**1694**	1630	1604	1594	**1594**
(Strom in TWh/a)	494	518	**529**	524	500	**471**	453	446	443	**443**
CO2-Emissionen (Mio t/a)	844	837	**801**	759	678	**613**	526	427	295	**203**
PEV/BIP (GJ/1000 EUR)	6,981	6,817	**6,169**	5,981	5,140	**4,315**	3,682	3,207	2,626	**2,242**
END/BIP (GJ/1000 EUR)	4,476	4,204	**3,889**	3,865	3,396	**2,941**	2,592	2,308	1,938	**1,637**
STROM/BIP (GJ/1000 EUR)	0,862	0,878	**0,840**	0,828	0,729	**0,627**	0,562	0,522	0,476	**0,439**
PEV/BIP (2008 = 100)	113,2	110,5	**100,0**	97,0	83,3	**69,9**	59,7	52,0	42,6	**36,3**
END/BIP (2008 = 100)	115,1	108,1	**100,0**	99,4	87,3	**75,6**	66,7	59,3	49,8	**42,1**
STROM/BIP (2008 = 100)	102,7	104,6	**100,0**	98,6	86,8	**74,7**	66,9	62,2	56,7	**52,3**
CO2 (1990 = 100; 993 Mio t/a)	85,0	84,3	**80,7**	76,4	68,3	**61,7**	53,0	43,0	29,7	**20,4**
PEV/Kopf (GJ/a)	175,2	175,3	**170,6**	166,5	155,4	**143,1**	132,5	124,2	113,8	**108,3**
END/Kopf (GJ/a)	112,3	108,1	**107,5**	107,6	102,7	**97,6**	93,3	89,3	84,0	**79,1**
STROM/Kopf (GJ/a)	21,6	22,6	**23,2**	23,0	22,0	**20,8**	20,2	20,2	20,6	**21,2**
CO2/Kopf (t/a)	10,3	10,1	**9,8**	9,3	8,3	**7,5**	6,5	5,4	3,8	**2,7**

LEIT09/Eckdat; 27.6.09

© GWS mbH 2011

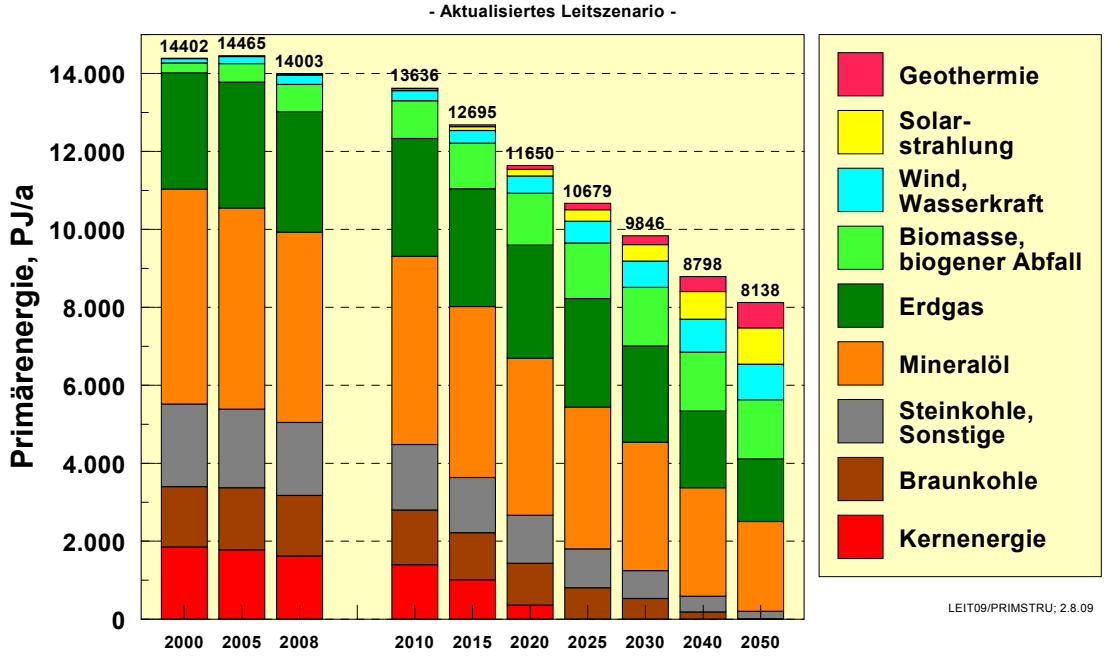
Tabelle 3-2: Energetische Eckdaten 2010 bis 2050 des Leitszenarios 2009, speziell Beiträge der EE.

	2005	2008	2010	2020	2030	2040	2050
Primärenergie, PJ/a	14465	14003	13636	11650	9846	8798	8138
Primärenergie EE, PJ/a[1)]	682	982	1298	2050	2834	3460	4024
Anteil EE an PEV; %	4,7	7,0	9,5	17,6	28,8	39,3	49,4
Endenergie, PJ/a	8920	8828	8813	7942	7085	6491	5944
Endenergie EE, PJ/a	604	840	983	1599	2246	2785	3225
Anteil EE an EEV; %	6,7	9,5	11,1[1)]	20,1[1)]	31,7	42,9	54,3
Strom Endenergie, PJ/a	1864	1906	1887	1694	1604	1594	1594
Strom-End EE, PJ/a	229	334	375	684	1022	1315	1436
Anteil EE, %	12,3	17,5	19,9	40,4	63,7	82,5	90,1
Wärme Endenergie, PJ/a [2)]	4529	4362	4431	3948	3443	2997	2598
Wärme-End EE, PJ/a	292	375	460	690	899	1083	1284
Anteil EE, %	6,5	8,6	10,4	17,5	26,1	36,1	49,4
Kraftstoff Endenergie, PJ/a [3)]	2528	2560	2494	2300	2037	1900	1753
Kraftstoffe EE, PJ/a	81	132	148	225	325	387	505
Anteil EE, %	3,2	5,2	5,9	9,8	16,0	20,4	28,8
Bruttostromverbr., TWh/a [4)]	612	617	613	557	540	558	599
EE-Erzeugung, TWh/a	63,6	92,8	109	196	317	426	503
Anteil EE, %	10,4	15,0	17,8	35,2	58,7	76,3	84,0
Primärenergie, PJ/a [5)]	14465	14003	13636	11650	9846	8798	8138
EE	682	982	1298	2050	2834	3460	4024
Mineralöl	5165	4884	4831	4035	3300	2786	2305
Kohlen [6)]	3609	3426	3085	2307	1244	585	202
Erdgas, Erdölgas, Grubengas	3229	3091	3025	2898	2468	1967	1606
Fossile Energien, gesamt	12003	11401	10941	9240	7012	5338	4114
Kernenergie[1]	1779	1623	1397	360	0	0	0
CO_2 – Emissionen, Mio. t/a	837	801	759	613	427	295	203
Verringerung der CO_2-Emissionen seit 1990; % [7)]	15,7	19,4	23,5	38,2	57,0	70,2	79,5

© GWS mbH 2011

1) Primärenergie nach Wirkungsgradmethode
2) nur Brennstoffe, d.h. ohne Stromeinsatz zur Wärmebereitstellung
3) Kraftstoffverbrauch für Straßenverkehr, Bahn, Schiff und Luftverkehr, ohne Stromeinsatz
4) Bruttostromverbrauch mit Strom aus Pumpspeicher
5) Temperaturbereinigter Wert 2005 = 14613 PJ/a; 2008 = 14245 PJ/a;
6) einschl. sonstige fossile Brennstoffe; einschließlich Stromimportsaldo
7) 1990 = 993 Mio. tCO2/a

Der gesamte Primärenergieeinsatz im Leitszenario 2009 sinkt deutlich und beläuft sich in 2050 mit 8.138 PJ/a noch auf 58% des Verbrauchs im Jahr 2008 (s. Abbildung 3-1). Der Anteil der EE steigt von 7,0% in 2008 auf 17,6% in 2020, 28,8% in 2030 und 49,4% in 2050. Die Biomasse stellt den größten Beitrag mit 38% der gesamten EE-Endenergie des Jahres 2050. Der Einsatz fossiler Energien verringert sich im Leitszenario 2009 stetig. Bis 2020 erfolgt der Rückgang wegen des parallelen Abbaus der Kernenergie noch verhalten von 11.400 PJ/a im Jahr 2008 auf 9.247 PJ/a im Jahr 2020; danach beschleunigt sich der Rückgang auf 4.114 PJ/a im Jahr 2050. Zur Jahrhundertmitte werden damit nur noch 36% der heute eingesetzten fossilen Primärenergie und kein Uran mehr benötigt. Damit verringert sich auch die Importabhängigkeit der deutschen Energieversorgung. Die importierte Energiemenge belief sich in 2008 auf 10.285 PJ/a, die Importquote auf 73 %. Bis 2020 verringert sich die Importmenge, bei 100%-igem Import von Öl, Erdgas und Uran, sowie 80%-igem Import von Steinkohle, bereits auf 8.300 PJ/a. Die Importquote sinkt dagegen nur gering auf 71%, da sich die Bezugsgröße „Primärenergieverbrauch“ ebenfalls reduziert. Nach 2020 erfolgt ein deutlicher Rückgang. Im Jahr 2050 werden noch 4.075 PJ/a fossile Energien importiert, hinzu kommt ein „importierter“ Beitrag der EE aus dem europäischen Stromverbund (auch in Verbindung mit Nordafrika und Osteuropa) in Höhe von 440 PJ/a (entsprechend 123 TWh/a Strom). Die Importquote beträgt somit 55%. Der Beitrag der importierten EE am Gesamtverbrauch ist mit 5% jedoch gering und kann als eine erwünschte, da politisch stabilisierende internationale Kooperation angesehen werden [Trans-CSP 2006; DESERTEC 2009].



Wirkungsgradmethode; Ist-Werte nicht temperaturbereinigt.

© GWS mbH 2011

Abbildung 3-1: Entwicklung und Struktur des Primärenergieverbrauchs im Leitszenario 2009 (Wirkungsgradmethode).

Die deutliche Effizienzsteigerung des gesamten Energieumsatzes erleichtert es, das durch die neue EU-Richtlinie EE für Deutschland vorgegebene Ziel eines Anteils von 18% am Brutto-Endenergieverbrauch des Jahres 2020 mit 20% zu übertreffen**.** Da diese Strategie auch nach 2020 weitergeführt wird (die Energieproduktivität in 2050 liegt dann beim knapp Vierfachen des Wertes von 1990), erhält man relativ hohe Beiträge der EE bis 2030 mit 32% Anteil am Endenergieverbrauch bzw. 28% am Primärenergieverbrauch und erst recht bis 2050 mit 54% bzw. 49%.

Im Leitszenario 2009 werden bis 2050 gegenüber 2008 insgesamt 613 Mio. t CO_2/a vermieden (Abbildung 3-2). Dargestellt sind die Summenwerte aus beiden Strategieelementen: der weiteren Effizienzsteigerung und dem EE-Ausbau. Die Wirkung beider wird benötigt, um rechtzeitig und dauerhaft eine klimaschonende Energieversorgung zu schaffen. Wegen der notwendigen Kompensation des Kernenergierückbaus ist die (Netto-) Reduktion im Strombereich zunächst begrenzt; sie summiert sich bis 2020 auf 80 Mio. t CO_2/a. In der Gesamtbilanz von Effizienzsteigerung, KWK-Ausbau und EE-Ausbau kann also trotz Kernenergieausstieg eine beträchtliche Verringerung der CO_2-Emissionen im Stromsektor erreicht werden.

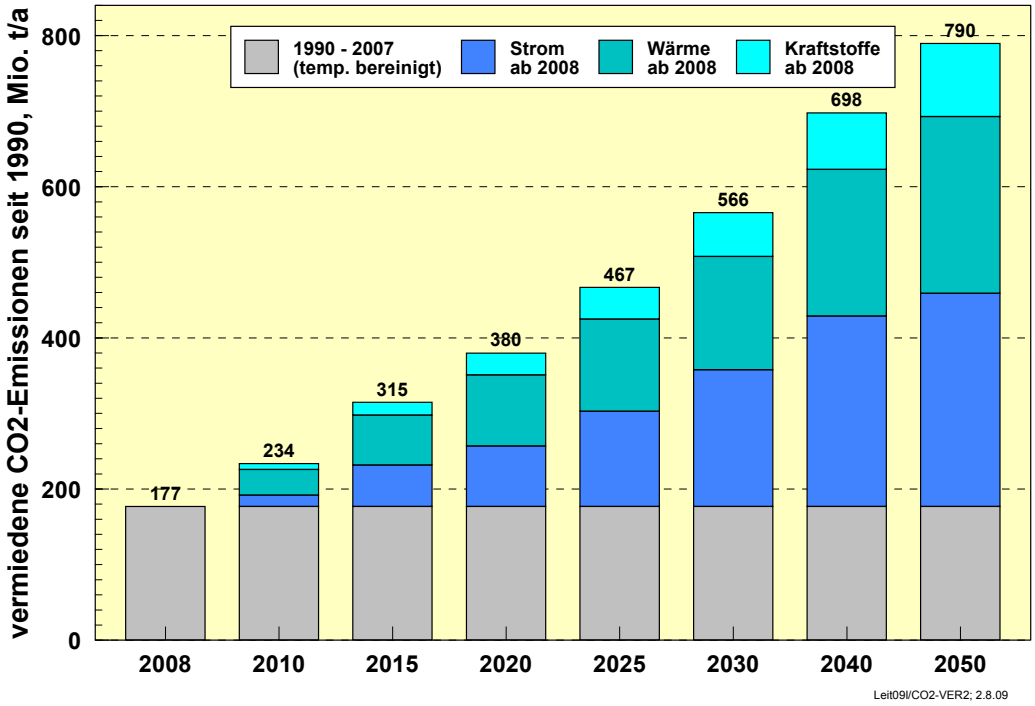


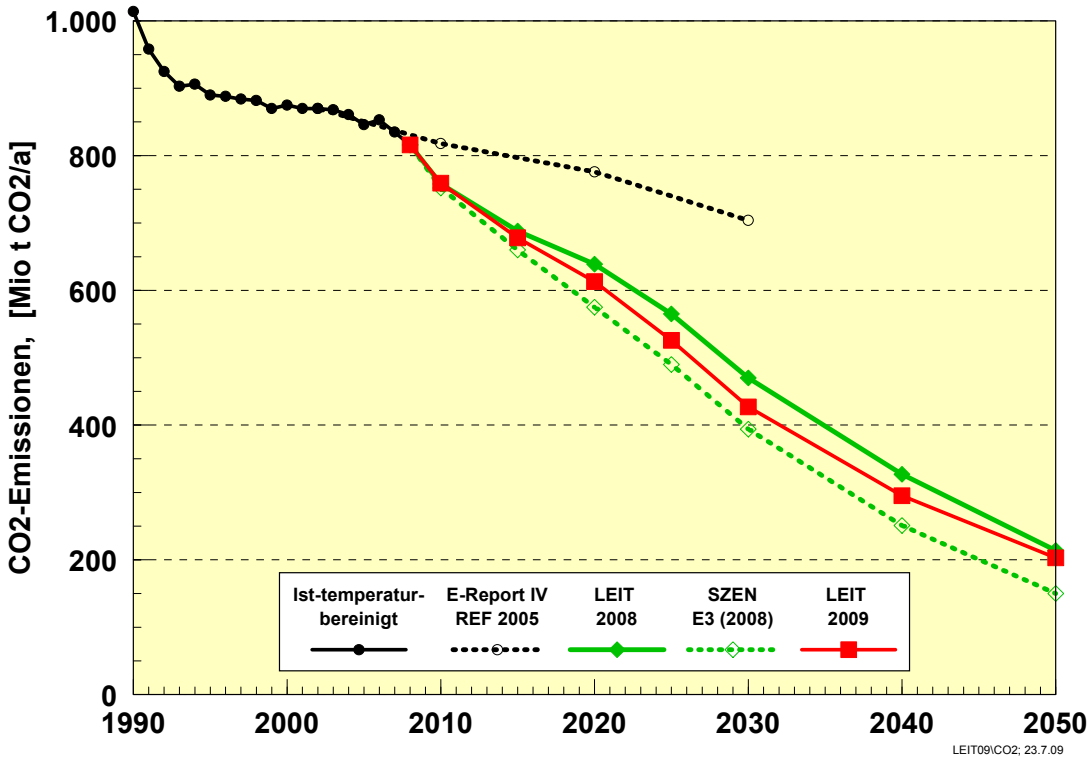
Abbildung 3-2: Vermiedene CO_2-Emissionen ab 2008 im Leitszenario 2009 nach Nutzungsbereichen sowie vermiedene CO_2-Emissionen zwischen 1990 und 2007.

Nach 2020 nimmt auch die CO_2-Minderung im Stromsektor rasch zu und stellt in 2050 mit 281 Mio. t CO_2/a den höchsten Beitrag vor der CO_2-Vermeidung im Wärmesektor mit 234 Mio. t CO_2/a. Wegen des Kernenergierückbaus ist aber die CO_2-Reduktion im Wärmesektor mittelfristig von großer Bedeutung für die Erreichung des Zwischenziels 2020. Von der zwischen 2008 und 2020 erreichten CO_2-Nettoreduktion in Höhe von 202 Mio. t/a be-

© GWS mbH 2011

wirkt der Wärmesektor rund 47%. Relativ gering bleibt über den ganzen Zeitraum der Beitrag des Verkehrssektors mit einer CO_2-Minderung von 30 Mio. t/a zwischen 2008 und 2020 und von 97 Mio. t/a bis 2050. Hauptsächliche Ursache dafür sind die unterstellten weiteren Wachstumstendenzen im Güterverkehr und im Luftverkehr und der eher verhalten steigende Anteil der EE am Energiebedarf des Verkehrs.

Einschließlich der bereits bis 2008 vermiedenen Emissionen durch EE in Höhe von 112 Mio. t CO_2/a erhält man für das Jahr 2050 einen Reduktionsbeitrag der EE von insgesamt 448 Mio. t CO_2/a, also gut 55% der insgesamt seit 1990 insgesamt vermiedenen CO_2-Emissionen. Den weitaus größten Beitrag stellt der Stromsektor mit einer Vermeidung von 323 Mio. t CO_2/a bis 2050, gefolgt vom Wärmesektor mit 80 Mio. t CO_2/a und dem Kraftstoffsektor mit 45 Mio. t CO_2/a. Im Stromsektor überwiegt langfristig eindeutig der Beitrag der EE, während im Wärmesektor die Effizienzsteigerung mit einem Reduktionsbeitrag von 180 Mio. t CO_2/a in 2050 den größten Teil der Emissionsminderung bewirkt. Auch im Verkehrssektor überwiegt der Beitrag der Effizienzsteigerung. In der Gesamtbilanz aller Maßnahmen stellt sich im Leitszenario 2009 ein CO_2-Reduktionspfad ein, der zwischen dem Basisfall des Leitszenarios 2008 und dessen Variante E3: „Verstärkte Effizienz und EE-Ausbau“ liegt (Abbildung 3-3). Im Jahr 2020 werden 38% Minderung gegenüber 1990 erreicht; in 2050 beträgt die Reduktion knapp 80%. Ersichtlich ist ebenfalls, dass gegenüber Referenzentwicklungen [EWI/Prognos 2005] beträchtliche zusätzliche Emissionsminderungen erforderlich sind.



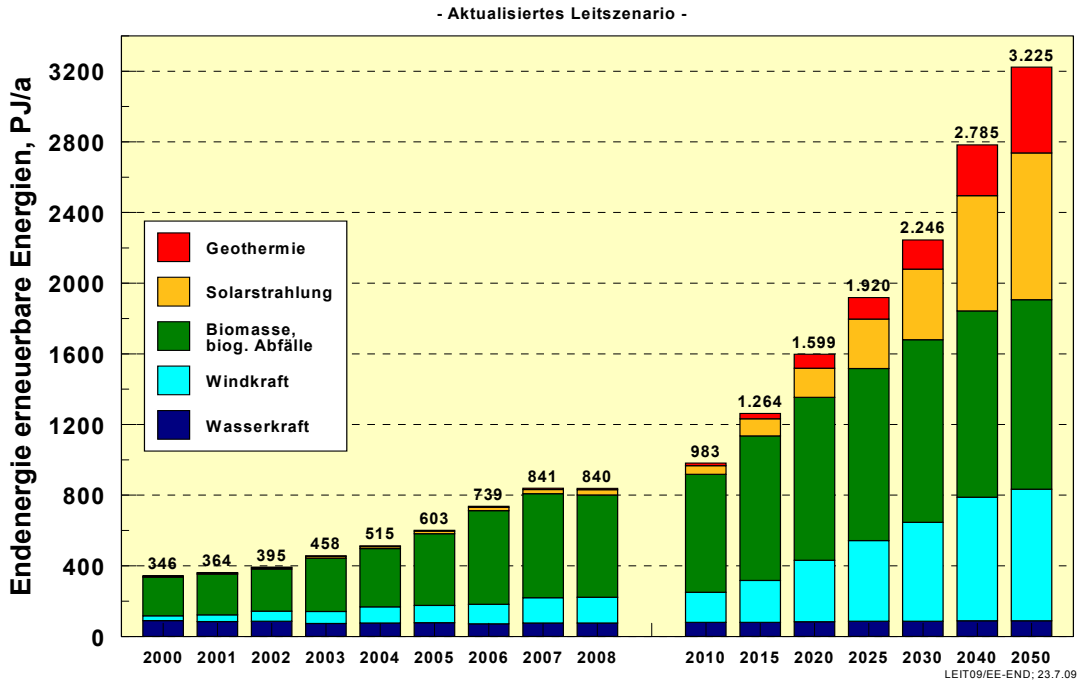
© GWS mbH 2011

Abbildung 3-3: Entwicklung der CO_2-Emissionen im Leitszenario 2009 im Vergleich zum Leitszenario 2008 und der dortigen Szenariovariante E3 .

3.2 Annahmen zum Ausbau EE – Leitszenario 2009 und Ausblick auf Varianten

Abbildung 3-4 zeigt, dass das Leitszenario 2009 die deutlichen Wachstumstendenzen der EE seit Anfang des Jahrhunderts unvermindert weiterführt. Bis 2020 steigt ihr Beitrag zur Endenergie gegenüber 2008 um weitere 90% auf 1.600 PJ/a. Bis 2030 wächst der EE-Beitrag auf das 2,7-fache (2.250 PJ/a); im Jahr 2050 wird mit 3.225 PJ/a nahezu die vierfache Energiemenge im Vergleich zu 2008 aus EE bereitgestellt. Bis 2020 wird im Vergleich zum Leitszenario 2008 von einem um 8% höheren EE-Beitrag ausgegangen. Der dominierende Beitrag der Biomasse bleibt auf absehbare Zeit noch bestehen, im Jahr 2020 beträgt ihr Anteil noch 58%, im Jahr 2030 noch 46%. Danach sind aber ihre Potenziale ausgeschöpft, ihr relativer Beitrag sinkt bis zum Jahr 2050 auf 33%, die Windenergie steigert ihren Beitrag stetig und erreicht in 2030 mit 560 PJ/a Endenergie ihren höchsten relativen Anteil von 25%.

Langfristig übernimmt die Solarstrahlung (Photovoltaik, Solarkollektoren, EE-Strom aus dem europäischen Verbund) die Wachstumsdynamik. Während ihr relativer Beitrag derzeit mit 3,5% noch sehr gering ist und auch bis 2030 „nur“ auf knapp 18% wächst, übertrifft er im Jahr 2050 mit 26% den Beitrag der Windenergie. Letzterer beträgt dann bei einem absoluten Beitrag von 745 PJ/a noch 23%. Der Beitrag der Geothermie beläuft sich in 2020 auf 5%, in 2050 aber bereits auf 15%. Blickt man perspektivisch in die zweite Hälfte des Jahrhunderts und geht von weiter wachsenden Anteilen der EE aus, wird nach 2050 im Wesentlichen die Solarstrahlung – ggf. unterstützt durch die Geothermie und die Meeresenergie - das weitere Wachstum der EE tragen.



© GWS mbH 2011

Abbildung 3-4: Endenergiebeitrag EE im Leitszenario 2009 nach Energiequellen bis zum Jahr 2050.

Für die energiepolitische Diskussion ist die Stromerzeugung wegen der großen Bedeutung einer jederzeit gesicherten Stromversorgung für die Volkswirtschaft und der hohen Wachstumsdynamik der EE von besonderem Interesse. Unter Fortschreibung der bisherigen Ausbaudynamik auf der Basis der Ausgangsdaten von 2008 kann sich im Leitszenario 2009 der in Abbildung 3-4 dargestellte Zubau einstellen. Dabei ist angenommen, dass die Vorrangregelungen des EEG zum Anschluss von EE-Anlagen an Stromnetze und zur Einspeisung von EE über einen längeren Zeitraum erhalten bleiben. Gleichzeitig wird die Degression der Vergütungssätze entsprechend der aktuellen Fassung des EEG fortgeschrieben. Von 92,8 TWh/a im Jahr 2007 kann der Beitrag der EE bis 2020 auf 196 TWh/a steigen. Bezogen auf den Bruttostromverbrauch des Leitszenarios 2009 im Jahr 2020 von 557 TWh/a entspricht der EE-Anteil 35,2%. Im Jahr 2030 erreicht die Stromerzeugung aus EE mit 317 TWh/a einen Anteil von rund 60% am Bruttostromverbrauch.

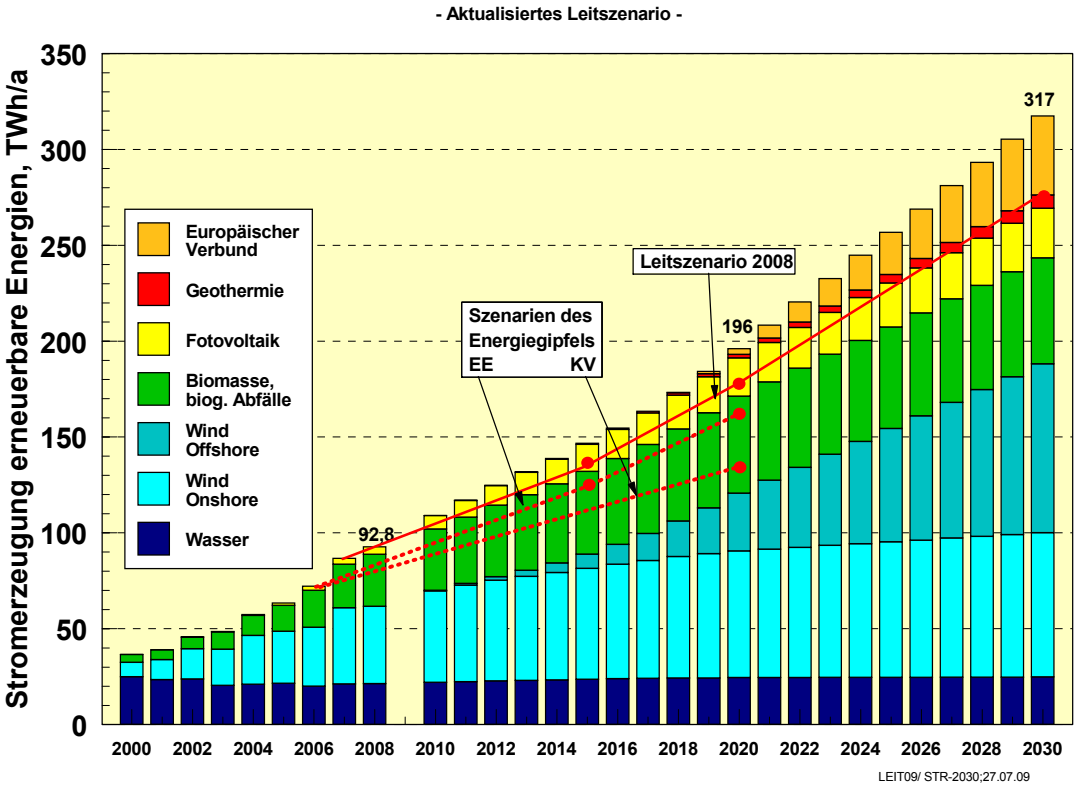


Abbildung 3-5: Entwicklung der Stromerzeugung aus EE bis 2030 im Leitszenario 2009 und Vergleich mit dem Leitszenario 2008 und den Szenarien EE und KV des Energiegipfels [BMWi 2007].

Aus Abbildung 3-5 wird deutlich, dass die etwa ab 2002 entstandene Wachstumsdynamik sich stetig fortsetzt. Bis 2015 nimmt die Stromproduktion aus EE jährlich um durchschnittlich 7,7 TWh/a zu, also im Durchschnitt etwas höher als in den Jahren 2000 bis 2008, da kein Anlass besteht, hinter die bisherige Wachstumsdynamik zurückzufallen. Beginnend etwa ab 2015 können die EE-Technologien schrittweise aus der Förderung durch das EEG entlassen werden. Bis dahin werden auch ihre gesamtwirtschaftlichen Vorteile hinreichend deutlich sein, weshalb sich danach der jährliche Zuwachs beschleunigt und sich in der Periode 2016-2020 auf jährlich 10 TWh/a beläuft. Damit zeigt sich, wie schon

© GWS mbH 2011

in [BMU 2008] abgeleitet, dass das Ziel der Bundesregierung, bis 2020 einen Anteil der EE von mindestens 30% am Bruttostromverbrauch bereitzustellen, relativ sicher überschritten werden dürfte. Es wäre nur dann gefährdet, wenn das EEG mit seiner Einspeisevergütung und Vorrangregelung für Strom aus EE grundsätzlich in Frage gestellt werden sollte oder der dazu erforderliche Netzausbau nicht in ausreichendem Maße fortschreitet. In der Periode 2020 bis 2030 steigt der jährliche Zuwachs der Stromerzeugung aus EE auf durchschnittlich 12 TWh/a, da dann die meisten der EE-Technologien in einem fair gestalteten Strommarkt sehr günstige Marktchancen haben.

Die Wasserkraft hat ihr Potenzial bereits weitgehend ausgeschöpft. Durch umfassende Modernisierungsmaßnahmen und ausgewählte Neubauten kann dennoch ihr Beitrag noch um rund 15% gesteigert werden. Mit einer installierten Leistung von 5,2 GW trägt die Wasserkraft im Jahr 2050 mit 25 TWh/a zur Stromerzeugung aus EE bei (Tabelle 3-3). Die Windenergienutzung an Land führt zu einer installierten Leistung von 32,9 GW in 2020, womit rund 66 TWh/a Strom bereitgestellt werden können. Die Offshore-Nutzung der Windenergie beginnt im Jahr 2009. Mit einem Ausbau auf 180 MW kann bis Ende 2010 der Einstieg in eine energiewirtschaftlich relevante Nutzung beginnen; bis 2020 kann die Leistung auf 9 GW mit einer Stromproduktion von 30 TWh/a steigen. Windkraftanlagen stellen somit in 2020 mit 96 TWh/a bereits 17% der gesamten Bruttostromerzeugung. Bis 2050 steigt der Beitrag der Windenergie mit 228 TWh/a auf 38% der gesamten Bruttostromerzeugung.

Die Stromerzeugung aus Biomasse verdoppelt sich nahezu bis 2020 gegenüber 2008 auf insgesamt 51 TWh/a. Gleichzeitig wird mit 205 PJ/a (57 TWh/a) Wärme aus KWK-Anlagen rund die dreifache Menge gegenüber dem Wert des Jahres 2008 genutzt. Das für 2020 ermittelte Niveau bei der stationären Verwendung von Biomasse erfordert neben der weitgehenden Nutzung aller biogenen Rest- und Abfallstoffe den Anbau von Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf 0,55 Mio. ha und den Anbau von Pflanzen für die Vergärung in Biogasanlagen auf 0,70 Mio. ha. Bis 2050 steigt die Stromproduktion aus Biomasse nur noch gering auf insgesamt 57 TWh/a. Dann werden Energiepflanzen auf einer Fläche von 1,85 Mio. ha für die stationäre Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt, was knapp 10% der gesamten Fläche an Acker- und Dauergrünland entspricht.

Die seinerzeit in der Basisvariante des Leitszenarios 2009 angenommene Ausbauaktivität der Photovoltaik steigt bis 2010 noch auf 1.900 MWp/a und geht danach infolge Anpassung der EEG-Vergütungen bis 2015 auf stabile 1.300 MWp/a zurück. Angesichts der deutlich über diese Annahmen hinausgehenden jüngsten Entwicklung wurden im Projektverlauf kurzfristig zusätzliche Varianten zum PV-Ausbau aufgenommen.[1] Die dabei aus heutiger Sicht realistischste Variante PV2 wird später unter Abschnitt 3.5 noch genauer dargestellt. Dies führt im Leitszenario 2009 zu einer installierten Leistung in 2020 von knapp 18 GWp und einer Stromerzeugung von 16 TWh/a. Weitere Kostendegressionen (Stromgestehungskosten in 2020: 14 ct_{2005}/kWh; in 2030: 10,5 ct_{2005}/kWh) führen auch nach 2020 zu einem stetigen Wachstum, das bis 2030 in einer installierten Leistung von 28

[1] Der Photovoltaikzubau aus 2009 von mehr als 3000 MWp/a sowie die sehr hohen Zubauten in 2010 konnten im Leitszenario 2009 nicht berücksichtigt werden. Sie sind Gegenstand der derzeit fortgesetzten Arbeiten zu weiteren Langfristszenarien des BMU, die dann auch die im Energiekonzept der Bundesregierung verankerten neuen Rahmenbedingungen aufgreifen.. Aktuell wird von einem Ausbau der Photovoltaik bis 2020 auf etwa 52 GW ausgegangen (Leitszenario 2009: 23 GW). Die damit erzeugte Strommenge liegt um gut 25 TWh/a höher als im Leitszenario 2009.

© GWS mbH 2011

GWp und in 2050 von 34 GWp resultiert. Strom aus Geothermie und Strom aus einem sich etablierenden europäischen EE-Stromverbund tragen in 2020 mit knapp 5 TWh/a bereits substantiell zur EE-Stromerzeugung bei. Wegen günstiger Stromgestehungskosten um 6,5 - 7 ct_{2005}/kWh wächst insbesondere die Stromlieferung aus dem europäischen Stromverbund (insbesondere Windenergie und solarthermische Kraftwerke) nach 2020 deutlich, beläuft sich in 2030 bereits auf 41 TWh/a und steigt bis 2050 auf 123 TWh/a. Dies entspricht 20% der gesamten Bruttostromerzeugung.

Tabelle 3-3: Stromerzeugung EE im Leitszenario 2009.

in TWh/a	2005	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Wasserkraft	21,5	21,3	21,9	23,6	24,5	24,6	24,8	24,9	25,0
Windenergie	27,2	40,4	48,2	65,3	96,3	129,8	163,4	209,0	228,2
- Onshore	27,2	40,4	47,7	57,9	66,1	70,7	75,3	81,7	85,8
- Offshore	-	-	0,5	7,5	30,2	59,1	88,0	127,3	142,5
Photovoltaik	1,3	4,0	7,0	14,1	20,0	23,0	25,9	28,6	32,5
Biomasse	13,5	27,0	32,1	42,7	50,6	53,0	55,3	56,3	56,6
- Biogas, Klärgas u. a.	5,8	11,4	13,6	19,8	25,1	25,6	26,2	26,3	26,3
- feste Biomasse	4,6	10,9	13,6	17,5	20,1	22,0	23,7	24,6	24,9
- biogener Abfall	3,1	4,7	4,9	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Erdwärme	0	0,02	0,09	0,57	1,9	4,4	7,0	16,2	37,1
EU-Stromverbund	-	-	-	-	2,7	21,7	40,7	91,5	123,3
- solartherm. KW	-	-	-	-	-	9,7	20,2	55,3	84,5
- Wind, andere EE	-	-	-	-	2,7	12,0	20,5	36,2	38,8
EE-Strom gesamt	63,6	92,8	109,3	146,3	196,0	256,5	317,0	426,5	502,6
EE-Strom nur Inland	63,6	92,8	109,3	146,3	193,3	234,8	276,3	335,0	379,3
Eigene Berechnungen.									

Der Beitrag der EE an der Wärmeversorgung steigt bis 2020 auf 16% (ohne Stromanteil an der Wärmeversorgung auf 17,5%) und bis 2030 auf gut 26%. In 2050 kann die Hälfte der dann noch verbleibenden Nachfrage nach Wärmeenergie in Höhe von 3.000 PJ/a mittels EE bereitgestellt werden, (Tabelle 3-2, Tabelle 3-4). Der Beitrag netzgebundener Wärme (Fern- und Nahwärme einschließlich Objekt-KWK; ohne industrielle KWK) steigt von derzeit 370 PJ/a bis 2020 auf 560 PJ/a und längerfristig auf knapp 1000 PJ/a. An fossilen Brennstoffen werden in 2050 nur noch 1300 PJ/a benötigt, was rund 30% des heutigen fossilen Einsatzes für die Wärmeerzeugung entspricht.

Bis 2050 muss der Raumwärmesektor einen gravierenden Strukturwandel durchlaufen, [BMU 2009a]. Die weiter vordringende KWK und der Ausbau der EE erfordern in beträchtlichem Ausmaß die Umwandlung von Einzelheizungen in netzgebundene Wärmeversorgungen. Im Leitszenario 2009 steigt daher ihr Anteil von derzeit 15% auf 65% in 2050. Die Wärmebereitstellung der EE geschieht bereits heute zu 40% in netzgebundener Form, im Leitszenario 2009 steigt dieser Anteil bis 2050 ebenfalls auf 65%. Die durch die klimapolitischen Zielsetzungen der Bundesregierung notwendig gewordenen strukturellen Veränderungen im Wärmemarkt sind erheblich. Sie erfordern eine sehr genaue Beobachtung

© GWS mbH 2011

der Wirkungsweise des derzeitigen energiepolitischen Instrumentariums und ggf. rasche Nachjustierungen.

Unter der Voraussetzung einer wesentlich effizienteren Nutzung von Energie im Verkehrssektor [BMU 2009a], ist die Einführung biogener Kraftstoffe eine empfehlenswerte Übergangsstrategie, wenn die Nachhaltigkeitskriterien, die u. a. in der Biomassestrategie des BMU definiert sind, eingehalten werden. Aus „ökologischen" inländischen Potenzialen steht in der im Leitszenario 2009 vorgenommenen Nutzungsaufteilung der Biomassepotenziale für den Verkehrssektor eine verfügbare Anbaufläche für Biokraftstoffe von maximal 2,35 Mio. ha zu Verfügung. Vor dem Hintergrund der aktuellen Rahmenbedingungen hinsichtlich Biokraftstoffquote und Besteuerung wird bis 2020 ein Anteil von Biokraftstoffen am gesamten Kraftstoffverbrauch von knapp 10% angesetzt (Tabelle 3-2, Tabelle 3-4). Bis 2050 erreicht der Anteil von Biokraftstoffen am gesamten Kraftstoffverbrauch einen Anteil von 17% (20%).

Tabelle 3-4: Wärme- und Kraftstofferzeugung EE im Leitszenario 2009.

In TWh/a	2005	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Biomasse	77,0	97,1	117,1	135,3	148,2	152,6	156,8	159,1	159,7
-Biogas, Klärgas 1)	4,5	8,7	10,6	17,1	23,0	23,7	24,3	24,6	24,6
- feste Biomasse	67,8	83,4	101,0	112,2	119,2	122,9	126,5	128,5	129,1
- biogener Abfall	4,7	5,0	5,5	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Solarkollektoren	2,8	4,1	6,0	12,5	22,1	35,0	47,9	73,5	99,0
- Einzelanlagen	2,8	4,0	5,8	11,3	18,4	25,2	32,0	40,0	48,0
- Nahwärme	0	0,1	0,2	1,2	3,7	9,8	15,8	33,5	51,0
Geothermie	1,9	2,5	4,4	10,9	21,2	33,1	45,1	68,0	97,6
- Einzelanlagen	1,8	2,3	3,9	8,3	12,7	15,5	18,3	19,5	19,7
- Nahwärme	0,1	0,2	0,5	2,6	8,5	17,6	26,8	48,5	77,9
EE-Wärme ges. 2)	81,6	103,7	127,5	158,8	191,5	220,7	249,8	300,6	356,4
Biokraftstoffe	22,5	36,7	41,1	51,4	62,5	74,4	83,3	83,3	83,3
EE-Wasserstoff	-	-	-	-	-	-	7,0	24,1	57,0
EE-Kraftstoffe 2)	22,5	36,7	41,1	51,4	62,5	74,4	90,3	107,4	140,3

1) enthält auch Deponiegas und flüssige Brennstoffe
2) ohne EE-Strom für Wärme und für Verkehr

Eigene Berechnungen.

Mittelfristig bestehen sehr attraktive Möglichkeiten, kostengünstigen **EE-Strom** in größerem Umfang **im Verkehrssektor** einzusetzen. Dazu stehen die Elektrotraktion und der Wasserstoffantrieb zur Verfügung. Ihr möglicher Beitrag wird im Leitszenario 2009 ebenfalls berücksichtigt: Für 2020 wird von rund 1 Mio. Elektrofahrzeugen ausgegangen; bis 2050 sind es 5,5 Mio. Fahrzeuge. Ab 2030 wird auch von einem Beitrag von EE-Wasserstoff ausgegangen. Damit stammen in 2030 bereits 18% des gesamten Endenergiebedarfs im Verkehr aus EE. **Bis 2050 steigt der EE-Anteil auf 33%.** Damit würden 60%

© GWS mbH 2011

aller PKW und 20% der LKW mit Biokraftstoffen, EE-Strom und EE-Wasserstoff betrieben. Außerdem stammt der Strom für die Bahn zu diesem Zeitpunkt zu 85% aus EE.

3.3 Investitionen in Anlagen zur Nutzung EE (Leitszenario 2009)

Die jährlich zu installierenden Leistungen bestimmen in Kombination mit den spezifischen Kosten und den angenommenen Kostendegressionen der Einzeltechnologien das durch den Ausbau der EE mobilisierte Investitionsvolumen. Es ist ein wichtiger Indikator dafür, welchen Stellenwert ein derartiger Ausbau in der Volkswirtschaft hat.

3.3.1 Investitionsvolumen für den Stromsektor

Für den Stromsektor sind die jährlichen Investitionsvolumina in Abbildung 3-6 zusammengestellt. In den letzten fünf Jahren hat sich das Investitionsvolumen für alle EE-Technologien der Stromerzeugung etwa verdoppelt und belief sich im Jahr 2008 auf 9,2 Mrd. €/a (€ = $€_{2005}$). Dieser Anstieg war bis 2003 insbesondere von der Windkraft verursacht worden, der weitere Anstieg bis 2008 ist insbesondere auf das starke Wachstum der Photovoltaik zurückzuführen. Letztere bewirkte in 2008 allein 5,5 Mrd. €/a an Investitionen.

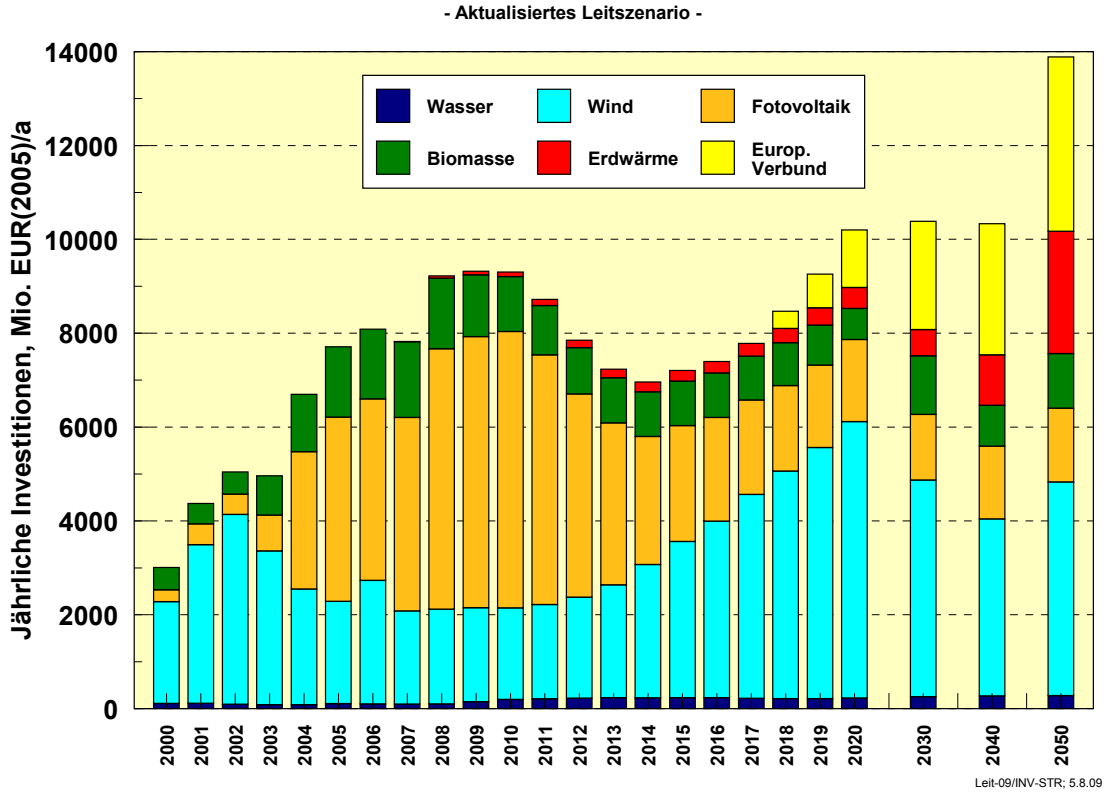


Abbildung 3-6: Jährliches Investitionsvolumen im Leitszenario 2009 für den Stromsektor nach Einzeltechnologien.

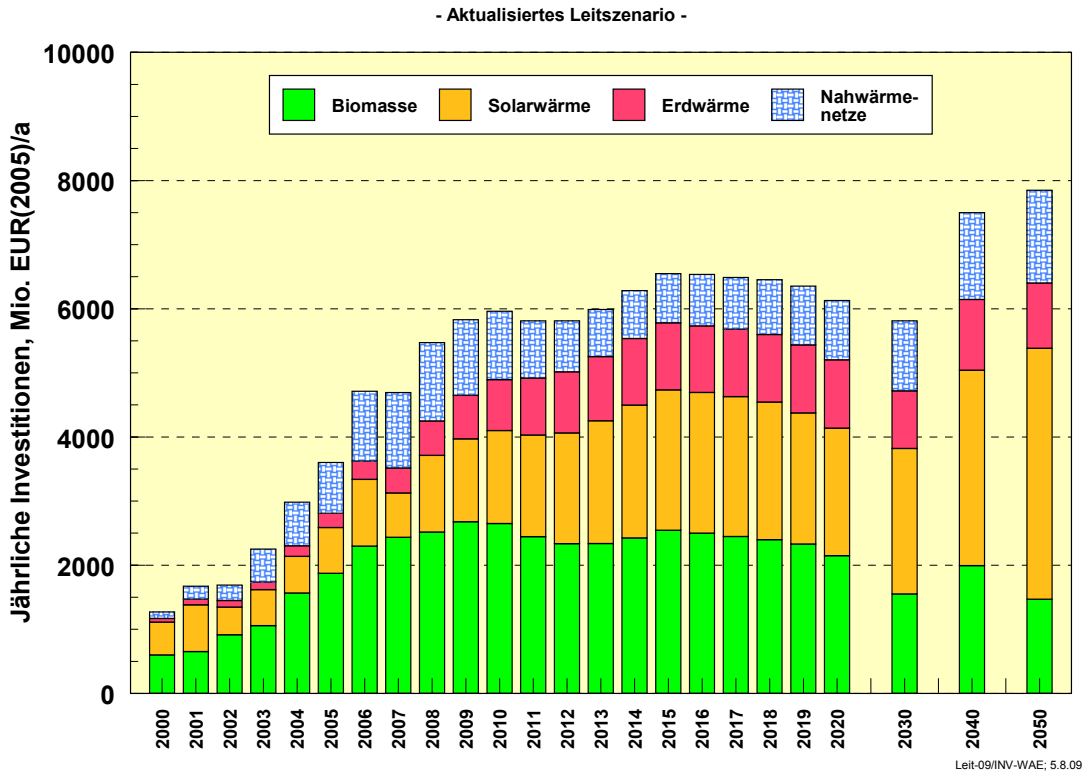
In den nächsten Jahren wird das inländische Investitionsvolumen zunächst etwa auf demselben Niveau halten. Nach 2010 macht sich die zurückgehenden Investitionen der Biomasse und der Photovoltaik bemerkbar. Bei letzterer wirkt sich insbesondere die weitere deutliche Kostendegression aus. Das Investitionsvolumen erreicht im Jahr 2014 ein Mi-

© GWS mbH 2011

nimum von 7 Mrd. €/a, danach steigt es wieder deutlich infolge des stark wachsenden Ersatz- und Modernisierungsbedarfs. Im Jahr 2020 wird mit 10,2 Mrd. €/a der Wert des Jahres 2008 übertroffen. Die wesentlich größeren Mengenumsätze zu diesem Zeitpunkt kompensieren also die bis dahin eingetretenen Kostendegressionen. Mit dem weiter wachsenden Beitrag der EE an der Energieversorgung steigt auch das Investitionsvolumen längerfristig, schwankt aber in Abhängigkeit der Ersatzzyklen der einzelnen Energietechnologien. Im Jahr 2050 liegt das inländische Investitionsvolumen bei 14 Mrd. €/a. Ab etwa 2020 wird ein wachsender Teil der Investitionen in Anlagen getätigt, die innerhalb des europäischen Stromverbunds Strom nach Deutschland liefern. Sie sind hier den inländischen Investitionen zugeschlagen worden, werden aber in Abschnitt 3.7.5 den entsprechenden Weltregionen zugeordnet.

3.3.2 Investitionsvolumen für den Wärmesektor

Im Wärmesektor liegen die getätigten Investitionen einschließlich der Investitionen in Nahwärmenetze derzeit bei 4,2 Mrd. €/a (Abbildung 3-7). Hinzu kommen 1,2 Mrd. €/a Investitionen in Nahwärmenetze. Die Investitionen haben sich, wegen des starken Wachstums der Biomasse (nur Einzelanlagen und reine Heizwerke) in den letzen fünf Jahren mehr als verdoppelt. Mittelfristig steigt das Investitionsvolumen – im Gegensatz zur Stromversorgung – weiter auf knapp 6 Mrd. €/a, wobei das Wachstum von Solarkollektor- und Erdwärmeanlagen getragen wird. Nach 2030 ist wegen des unterstellten deutlichen Wachstums des Solarkollektormarkts eine weitere Steigerung der wärmeseitigen Investitionen auf rund 8 Mrd. €/a zu erwarten. Dieses starke Wachstum, das insbesondere durch den Ausbau der solaren Nahwärmeversorgung entsteht, überkompensiert die auch hier vorhandenen Kostendegressionen.



© GWS mbH 2011

Abbildung 3-7: Jährliches Investitionsvolumen im Leitszenario 2009 für den Wärmesektor nach Einzeltechnologien.

Bis 2008 wurden in EE-Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung insgesamt 95 Mrd. € investiert. Im Leitszenario 2009 werden zwischen 2009 und 2020 weitere 175 Mrd. € hinzukommen. Den größten Anteil daran hat die Biomasse mit 50 Mrd. €, wenn die Investitionen in strom- und wärmeerzeugende Anlagen zusammengefasst werden. Es folgt nahezu gleichauf die Windenergie und die Photovoltaik mit 40 Mrd. €, gefolgt von Solarkollektoren mit 23 Mrd. €. Im Jahrzehnt 2021-2030 beträgt das kumulierte Investitionsvolumen nochmals rund 170 Mrd. €.

Das gesamte jährliche Investitionsvolumen in EE-Anlagen bleibt mit durchschnittlich 15 Mrd. €/a relativ konstant. Erst längerfristig wächst es nochmals bis 2050 auf über 20 Mrd. €/a. Diese Werte machen deutlich, dass die im Leitszenario 2009 angenommene Wachstumsdynamik unbedingt erforderlich ist, damit der Inlandsmarkt die Fähigkeit zu einer Stabilisierung der Umsätze der EE-Branche aufrechterhalten kann. Das ist auch eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die weiteren Chancen für die Technologieführerschaft in der Mehrzahl der EE-Technologien auf dem Weltmarkt erhalten bleiben und somit den Aufbau von Exportmärkten weiter betrieben werden kann. Nur so kann zukünftig in angemessenem Umfang von den beträchtlich wachsenden Auslandsmärkten [Krewitt et al. 2008] profitiert werden. Dies bestätigt nochmals die Bedeutung des politisch gesetzten Ziels, eines Anteils von mindestens 18% der EE am Endenergieverbrauch des Jahres 2020.

3.4 AUFWENDUNGEN FÜR DEN AUSBAU EE (LEITSZENARIO 2009)

3.4.1 GESAMTKOSTEN DER ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ENERGIEPREISPFADE

Aus dem erläuterten Ausbau der EE im Leitszenario 2009 und den resultierenden Investitionsvolumina lassen sich die sogenannten Jahreskosten dieses Ausbaus ableiten. Dabei handelt es sich um die annuitätisch berechneten jährlichen Kosten aller zu einem bestimmten Zeitpunkt bestehenden Anlagen. Sie sind in Abbildung 3-8 gegliedert nach Kapitalkosten, Betriebs- und Wartungskosten und, im Falle der Nutzung von Biomasse, um Brennstoff- bzw. Rohstoffkosten ergänzt. Auf der Basis der Erlöse für biogene Kraftstoffe wurden deren jährliche Kosten den einzeltechnologisch detailliert ermittelten Kosten der Strom- und Wärmebereitstellung hinzugefügt. Sie belaufen sich derzeit auf rund 20,3 Mrd. €/a, verdoppeln sich etwa bis 2020 auf 42 Mrd. €/a und steigen bis 2030 auf 55 Mrd. €/a. Den größten Anteil haben mit rund 60% die Kapitalkosten, gefolgt von den Betriebs- und Wartungskosten von durchschnittlich 25%. Nach Nutzungsarten dominiert die Stromversorgung mit durchschnittlich 45% Anteil. Mit 40% Anteil folgt die Wärmeversorgung (einschließlich Nahwärmenetze), während die Bereitstellung von Kraftstoffen mit rund 15% von geringerer Bedeutung ist.

Zu diesem Zeitpunkt beträgt der Beitrag EE bereits 32 % am Endenergieverbrauch (Tabelle 3-2). Ein beträchtlicher Teil der heute jährlich für den Einkauf fossiler Primärenergien verausgabten Mittel fließt dann in den Betrieb von Anlagen EE (vgl. Abschnitt 2.3.3).

Für die weiteren Betrachtungen interessieren insbesondere die Differenzkosten, die durch den Ausbau EE im Vergleich zu Bereitstellung der Nutzenergie durch konventionel-

© GWS mbH 2011

le Energieträger entstehen. Zu ihrer Bestimmung sind Annahmen zur Entwicklung der zukünftigen Energiepreise und zu den monetären Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen (z. B. in Form von Kosten für CO_2-Zertifikate) erforderlich.

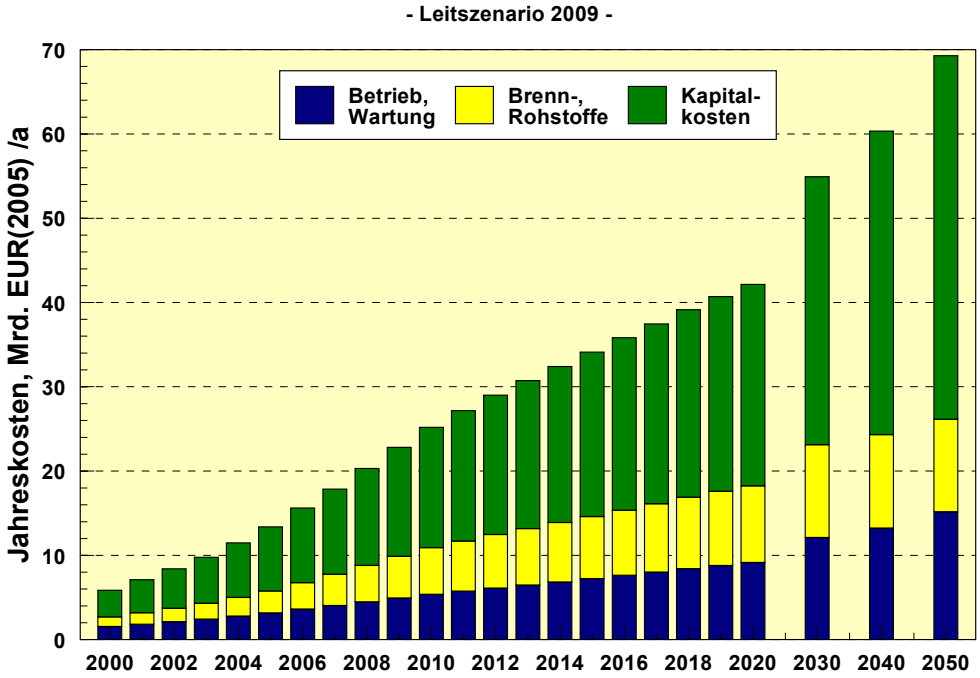


Abbildung 3-8: Gesamte Jahreskosten des EE-Ausbaus im Leitszenario 2009 nach Kostenarten (reale Kosten, Geldwert 2005).

Die Basis zur Ermittlung der EE-Differenzkosten sind die in den Leitszenarien 2008 und 2009 [BMU 2008 und BMU 2009a] getroffenen Annahmen für die zukünftige Kostenentwicklung der EE-Technologien und die dortigen Preisszenarien für die Entwicklung der fossilen Energiepreise und der Preise von CO_2-Zertifikaten. Die dort abgeleiteten Angaben sind nach wie vor aktuell. Sie werden deshalb unverändert übernommen. So stimmen die Annahmen für die zukünftige Ölpreisentwicklung im World Energy Outlook (WEO) 2009 [IEA 2009] sehr gut mit denjenigen des Preispfads A aus [BMU 2008] überein. Die hier verwendeten drei Preispfade A, B und C sind am Beispiel des Jahresmittelwerts des Rohölpreises (in $\$_{2005}$/b) in Abbildung 3-9 dargestellt. Verglichen werden sie mit den Preisannahmen des WEO 2008 [IEA 2008] und WEO 2009. Die Pfade B und C werden jedoch ebenfalls verwendet, um die Auswirkungen einer niedrigen bzw. sehr niedrigen fossilen Ölpreisentwicklung zu berücksichtigen. Der Energiepreispfad C ist aus den Annahmen des Energiereports IV [EWI/Prognos 2005] abgeleitet worden.

Die Vergangenheitsentwicklung zeigt einerseits mehrere starke Preissprünge des Ölpreises, anderseits im Mittel jedoch eine stetig steigende Tendenz. Während im Jahrzehnt 1990 bis 2000 ein Preis von 20 $/b als niedrig bezeichnet wurde, gilt heute ein Preis von 60 $/b bereits als außerordentlich günstig. Die Annahmen der IEA in ihren aktuellen Szenarien WEO 2008 und WEO 2009 stützen die Annahmen zum Energiepreispfad A: „Deutlich“ der Leitszenarien hinsichtlich der zukünftigen Ölpreisentwicklung.

Von Bedeutung für das inländische Preisniveau sind die Grenzübergangspreise. Hierbei spielen sowohl die Entwicklung des zukünftigen Wechselkurses $/€ eine Rolle, wie auch die Abhängigkeit des Erdgas- und Kohlepreises von der Entwicklung des Rohölpreises.

© GWS mbH 2011

Die resultierenden Werte sind für die Leitszenarien [BMU 2008] in der Tabelle 3-5 zusammengestellt.

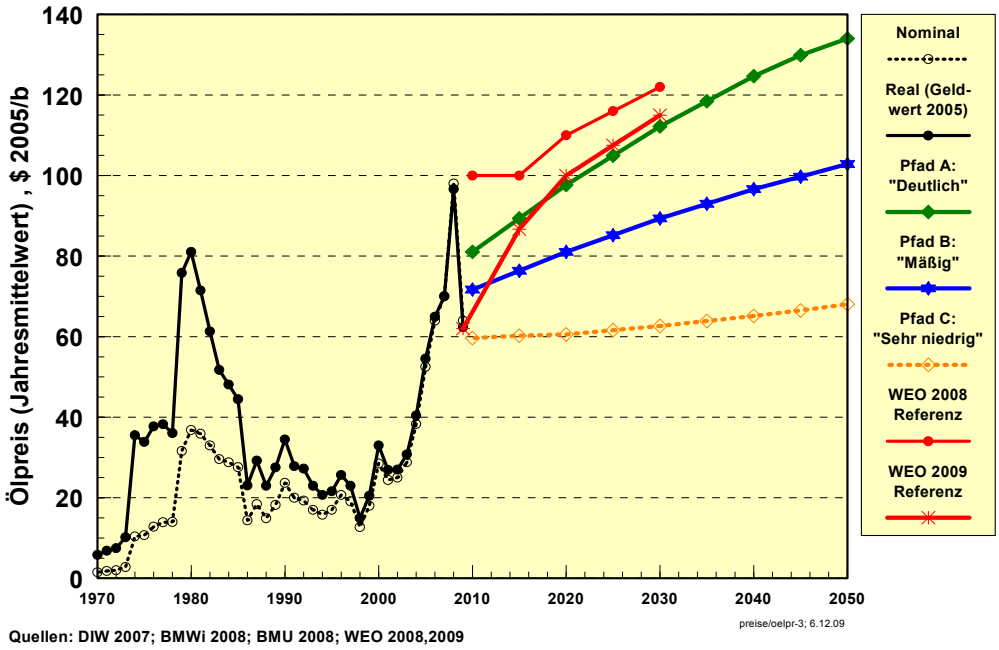


Abbildung 3-9: Ölpreisentwicklung 1970 – 2009 (Jahresmittelwert, nominal und Geldwert 2005), sowie die Preispfade der Leitszenarien [BMU 2008] im Vergleich mit den Angaben der IEA [IEA 2008,2009].

Tabelle 3-5: Entwicklung der Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle in den Energiepreispfaden nach [BMU 2008],(in €2005/GJ); Werte 2005 bis 2008 nach [BMWI 2009].

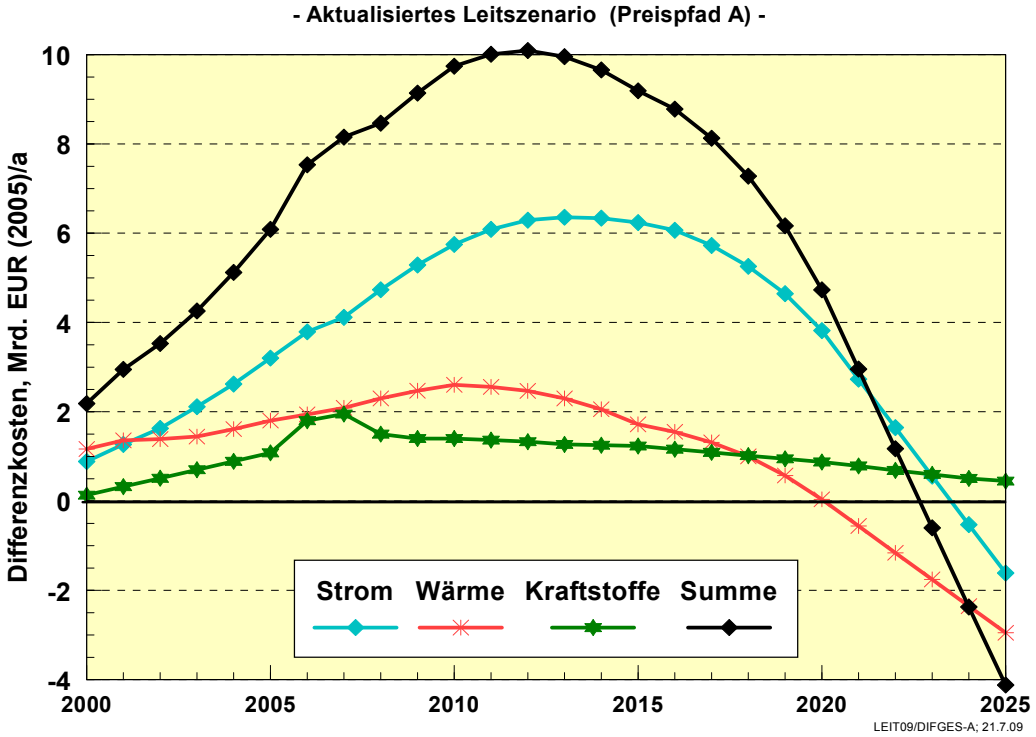
	2005	2007	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Leitszenarien, Pfad A: „Deutlich“										
Rohöl	7,5	9,2	10,8	9,8	11,2	12,7	14,2	15,7	18,2	19,7
Erdgas	4,5	5,6	7,4	7,8	9,2	10,7	12,2	13,8	16,5	18,5
Steinkohle	2,2	2,3	3,8	3,9	4,6	5,3	6,1	6,9	8,5	9,9
Leitszenarien, Pfad B: „Mäßig“										
Rohöl	7,5	9,2	10,8	8,7	9,6	10,5	11,5	12,5	14,1	15,1
Erdgas	4,5	5,6	7,4	7,0	7,7	8,4	9,2	10,0	11,3	12,1
Steinkohle	2,2	2,3	3,8	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,6	6,1
Leitszenarien, Pfad C: „Sehr niedrig“										
Rohöl	7,5	9,2	10,8	7,2	7,6	7,9	8,3	8,7	9,5	10,0
Erdgas	4,5	5,5	7,4	5,9	6,0	6,3	6,7	7,0	7,6	8,0
Steinkohle	2,2	2,3	3,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,5	3,8	4,0
Eigene Berechnungen.										

© GWS mbH 2011

Weiterhin sind Annahmen zur Entwicklung der Preise von CO_2-Zertifikaten von Bedeutung. Die jeweiligen CO_2-Preise für die Leitszenarien lauten für den Preispfad A (Preispfad B und C in Klammern) für 2010: 24 $€_{2007}$ /t CO_2 (20;15), für 2020: 39 (30; 18), für 2030: 50 (35; 23), für 2040: 60 (40;26) und für 2050: 70 (45; 28). Während im Preispfad C im gesamten Zeitraum von sehr niedrige CO_2-Preisen ausgegangen wird, nähern sich die CO_2-Preise des Preispfads A bis 2050 denjenigen Werten, die in verschiedenen Untersuchungen für die CO_2-Vermeidungskosten in wirksamen Klimaschutzstrategien ermittelt wurden (z. B. ~ 70 €/t in [Krewitt 2006]; 85 €/t in [Stern 2007]). Werden die CO_2-Preise auf den Brennstoffpreis aufgeschlagen, so zeigt sich, dass die Preisanstiege bei Erdgas überwiegend durch den Brennstoff selbst verursacht sind, während sie bei Steinkohle zum überwiegenden Teil und bei Braunkohle fast ausschließlich durch den Preis für CO_2-Zertifikate bestimmt werden. Daraus wird klar, dass ein unter Klimaschutzgesichtspunkten fairer Wettbewerb fossiler und erneuerbarer Energietechnologien wesentlich von der Wirksamkeit des zukünftigen Handels mit CO_2-Zertifikaten abhängt.

3.4.2 Differenzkosten des EE-Ausbaus (Leitszenario 2009)

In Abbildung 3-10 ist der Verlauf der Differenzkosten in den drei Bereichen der EE für die Energiepreisentwicklung gemäß Preispfad A dargestellt. Im Jahr 2008 lag dabei die Summe der Differenzkosten der EE im **Strombereich** bei 4,7 Mrd. €/a. Sie steigen im Leitszenario bis 2015 noch auf 6,2 Mrd. €/a. Danach sinken sie und werden um das Jahr 2024 negativ. Ab diesem Zeitpunkt bewirken diese EE-Technologien mit einem Beitrag von dann 245 TWh/a eine Stabilisierung der Stromgestehungskosten. Im Jahr 2030 „sparen“ sie der Volkswirtschaft bereits 7 Mrd. €/a gegenüber einer fossilen Stromerzeugung.



© GWS mbH 2011

Abbildung 3-10: Differenzkosten des Ausbaus EE in allen Sektoren im Leitszenario 2009 bei Preissteigerungen fossiler Energie entsprechend Preispfad A.

Die Differenzkosten der **Wärmebereitstellung** aus EE belaufen sich derzeit auf insgesamt 2,3 Mrd. €/a**.** Die Differenzkosten sind deutlich niedriger als im Strombereich. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass die Wärmeversorgung auf der Basis von Biomasse, die den weitaus größten Teil ausmacht, eine kostengünstige Versorgung darstellt. Die gesamten Differenzkosten für EE-Wärme steigen auf ein Maximum in 2010 von 2,6 Mrd. €/a. Nach 2015 sinken die gesamten Differenzkosten der Wärmebereitstellung deutlich und erreichen kurz nach 2020 die Nulllinie. Im Jahr 2030 „spart" die Wärmebereitstellung mittels EE bezogen auf eine Preisentwicklung entsprechend Pfad A dann bereits 6 Mrd. €/a ein. Bis zu diesem Zeitpunkt ist der Beitrag der EE zur Wärmeversorgung gegenüber 2008 auf 900 PJ/a gestiegen und deckt dann 26 % des gesamten Wärmebedarfs.

Die Differenzkosten im **Kraftstoffsektor** im Vergleich zu Kraftstoffpreisen frei Tankstelle ohne Steuern sind in 2008 wegen des deutlichen Rückgangs des Kraftstoffumsatzes gegenüber 2007 auf 1,5 Mrd. €/a gesunken. Sie liegen damit in ähnlicher Größenordnung wie diejenigen des Wärmesektors, hatten aber wegen des rasanten Wachstums der letzten Jahre einen deutlich stärkeren Wachstumsgradienten. Der deutliche Anstieg der Kraftstoffpreise im Preispfad A und das zukünftig geringere Wachstum der Biokraftstoffe verhindern ein weiteres Wachstum der Differenzkosten; sie erreichen vor 2030 die Nulllinie. Zu diesem Zeitpunkt sind beim Preispfad A die reinen Bereitstellungskosten von Biokraftstoffen geringer als diejenigen von Benzin und Diesel. Biokraftstoffe (und ein geringer Beitrag von Wasserstoff) decken dann mit 325 PJ/a rund 15% des Kraftstoffbedarfs.

Summiert über alle Sektoren beliefen sich die Differenzkosten des EE-Ausbaus im Jahr 2008 auf 8,5 Mrd. €/a. Davon entstammen 55% der Stromversorgung. Sie steigen gegenüber der Preisentwicklung des Energiepreispfads A noch auf ein Maximum von 10 Mrd. €/a im Jahr 2012; davon 6,3 Mrd. €/a für den Stromsektor, 2,5 Mrd. €/a für den Wärmesektor und 1,3 Mrd. €/a für den Kraftstoffsektor. Um das Jahr 2023 entstehen bei Eintreffen des Preispfads A keine Differenzkosten mehr. EE decken dann knapp 23% des gesamten Endenergieverbrauchs und vermeiden damit bereits 240 Mio. t CO_2/a. Die danach eintretenden negativen Differenzkosten bedeuten, dass EE nach diesem Zeitpunkt das Energiepreisniveau stabilisieren, das gemäß den Annahmen des Preispfads A ansonsten stetig weiter steigen würde.

Unterstellt man eine geringe zukünftige Steigerung fossiler Energiepreise gemäß Preispfad B: „Mäßig" (Abbildung 3-11), so würden die Differenzkosten aller Sektoren auf 12 Mrd. €/a steigen; dieses Maximum würde um 2015 eintreten. Auch das Unterschreiten der Nulllinie würde sich verschieben und erst kurz nach 2030 eintreten. Selbst im Fall dieses nur „mäßigen" Anstiegs der Preise herkömmlicher Energieträger würden sich also die Differenzkosten des EE-Ausbaus in Grenzen halten und letztlich zu einem volkswirtschaftlich günstigen Ergebnis führen.

© GWS mbH 2011

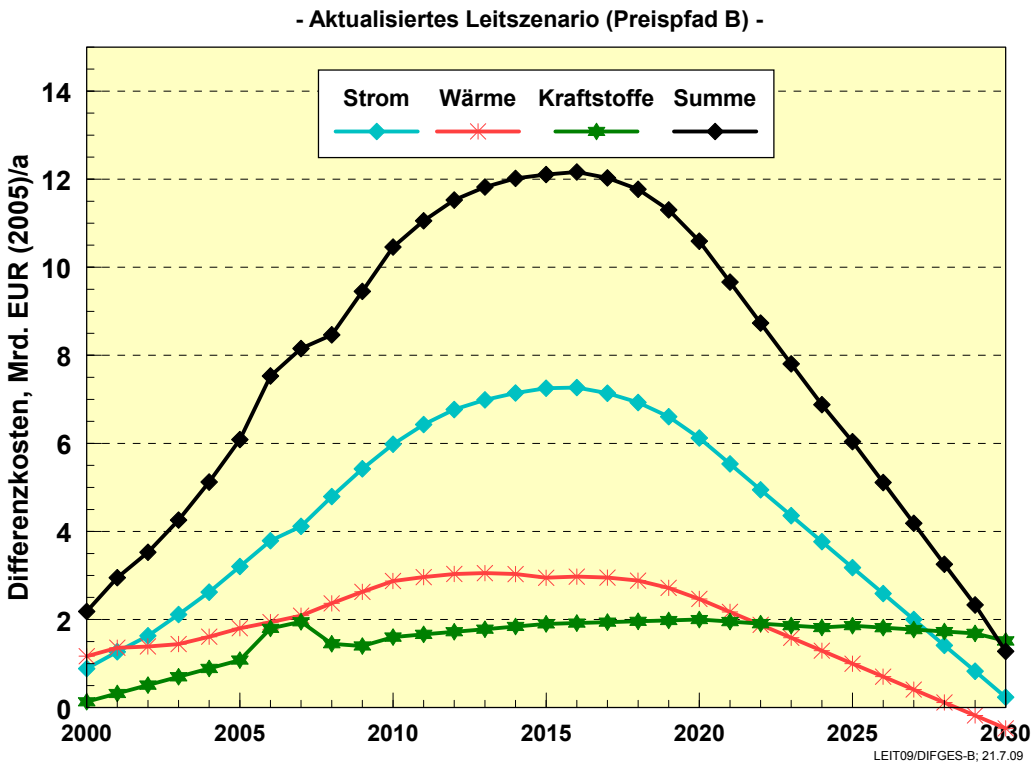


Abbildung 3-11: Differenzkosten des Ausbaus EE in allen Sektoren im Leitszenario 2009 bei Preissteigerungen entsprechend dem Preispfad B.

3.5 INVESTITIONEN UND KOSTEN - -VARIANTE PV2

Noch während der Arbeiten an diesem Vorhaben zeichnete sich ab, dass die aktuellen Entwicklungen des EE-Ausbaus, insbesondere des starken Zuwachses in der Photovoltaik, die Annahmen aus dem Leitszenario 2009 bei weitem übertreffen. Diese liegen für den PV-Zuwachs im Jahr 2010 bei 1,9 GW/a, bei Fertigstellung dieses Berichts (Anfang 2011) wird der tatsächliche Zubau dagegen mit knapp über 7 GW/a auf das mehr als 3,5fache geschätzt. Um diesem starken Wachstum Rechnung zu tragen wurde die Basisvariante des Leitszenarios noch im Sommer 2010 um zwei Ausbau-Varianten ergänzt. Die erste dieser Varianten, PV1, erwies sich allerdings schon im Laufe der Arbeiten als nicht ausreichend. Im Folgenden werden daher zentrale Eckdaten der Variante PV2 aufgezeigt.

Der den in Abbildung 3-12 dargestellten Investitionen zugrundeliegende Leistungszubau der PV nimmt die Zahlen der AGEE-Stat für die Jahre bis 2009 auf. Damit korrigiert sich z.B. der Zubau der PV im Jahr 2009 von 1,7 GW/a (Leitszenario 2009) auf 3,8 GW/a. Für 2010 wird von einem Wachstum von 6 GW/a ausgegangen [1], für 2011 dann ein Rückgang der Neuinstallationen auf 4,5 GW/a angenommen. Eine weitere Abschwächung folgt: Für die Jahre bis 2020 wird ein jährlicher Ausbau in Höhe von 3,5 GW/a, für die Dekade bis 2030 in Höhe von 2,4 GW/a unterstellt.

[1] Die im Sommer 2010 vorgenommene Korrektur der Annahmen für die Variante PV2 zeigt sich damit inzwischen ebenfalls als überholt. Kleinere Unterschätzungen des kurzfristigen PV-Ausbaus stellen allerdings für die Nettoabschätzung von Arbeitsplatzeffekten kein grundsätzliches Problem dar, auch die Orientierung am Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energie mit einem Ausbaustand von 52 GW PV-Kapazität im Jahr 2020 bleibt ohne Einschränkung erhalten.

© GWS mbH 2011

Damit wird 2010 mit 25 Mrd. € eine Spitze in den Investitionen in Technologien zur Nutzung erneuerbarer Technologien im Strom- und Wärmesektor erreicht. Allein auf die PV entfallen davon 17,4 Mrd. €, in die Nutzung von Windenergie fließen 2,6 Mrd. €. In 2011 erfolgt dann allerdings ein Rückgang der Investitionen in Photovoltaik um ca. 30% auf gut 12 Mrd. €. Dieser Trend setzt sich 2012 fast unvermindert fort. Weitere Kostendegressionen lassen die jährlichen PV-Investitionen bis 2020 jeweils zwischen 7% und 11% schrumpfen.

Bei stetigem Zuwachs der Investitionen vor allem in Wind, Solarkollektoren und stromerzeugender Geothermie hält sich das absolute Niveau der jährlichen Investitionen bis 2020 bei rund 17 Mrd. €/a. 2030 sinken die Investitionen in Erneuerbare kurzzeitig auf ein Niveau leicht über 15 Mrd. €/a, steigen dann aber bis zur Mitte des Jahrhunderts wieder auf 17 Mrd. €/a an.

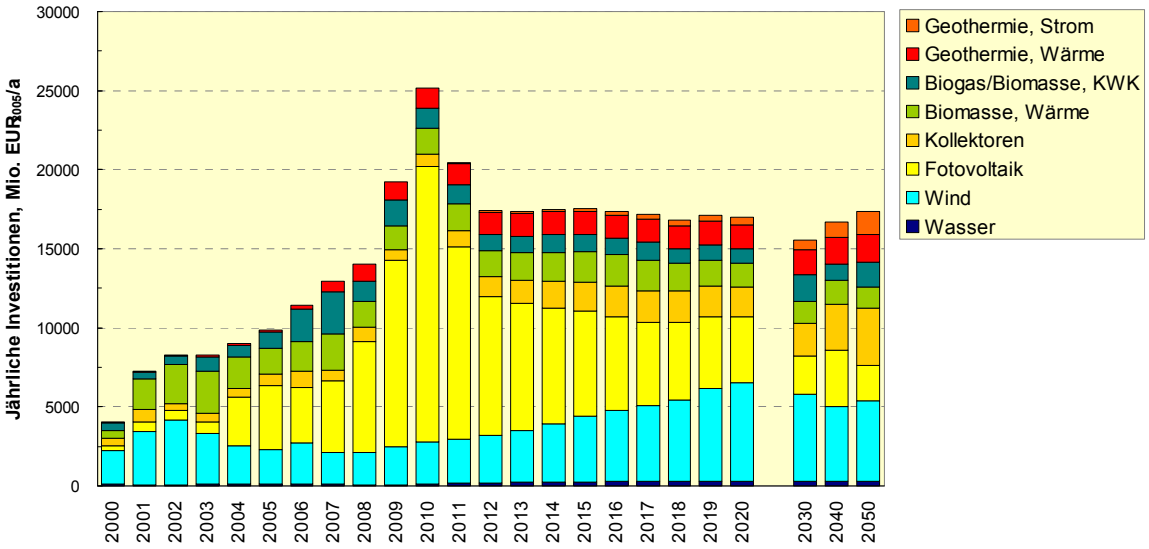


Abbildung 3-12: Jährliches Investitionsvolumen in der Variante PV2 des Leitszenario 2009 für den Strom- und Wärmesektor nach Einzeltechnologien.

Der Verlauf der Differenzkosten des Ausbaus der erneuerbaren Energien im Stromsektor in der PV2-Variante des Leitszenarios ist in Abbildung 3-13 dargestellt. Für den Fall einer Energiepreisentwicklung nach Preispfad B wird davon ausgegangen, dass das Maximum der Differenzkosten ebenso wie in der Basisvariante des Leitszenarios 2016 erreicht wird, mit 12 Mrd. €/a aber um rund 4,8 Mrd. €/a höher ausfällt. Dieser Unterschied steigt bis 2020 auf knapp 5 Mrd. €/a an, für die PV2-Variante werden zu dem Zeitpunkt Differenzkosten in Höhe von 11,1 Mrd. €/a angenommen. In der folgenden Dekade sinkt dann das absolute Niveau der Differenzkosten deutlich, 2030 fallen in der PV2-Variante Differenzkosten in Höhe von 4,2 Mrd. €/a an. Der Abstand zu den Differenzkosten der Basisvariante nimmt dabei auf 4 Mrd. €/a ab.

© GWS mbH 2011

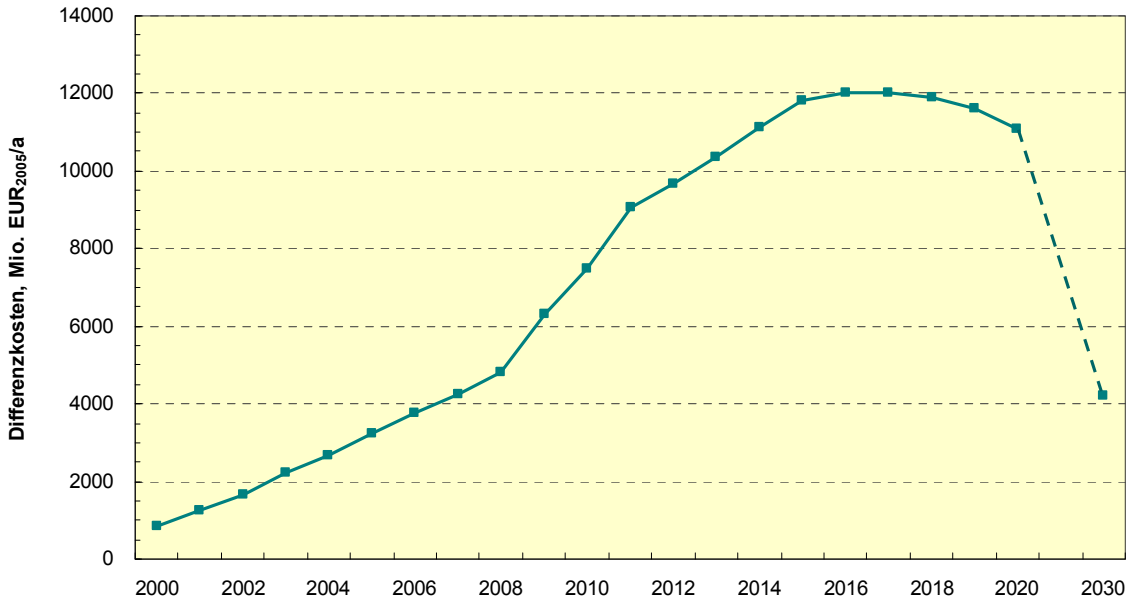


Abbildung 3-13: Differenzkosten des Ausbaus EE im Stromsektor in der Variante PV2 des Leitszenarios 2009 bei Preissteigerungen entsprechend dem Preispfad B.

3.6 AUFWENDUNGEN FÜR DIE FOSSILE ENERGIEVERSORGUNG IN DEUTSCHLAND

3.6.1 WIRKUNGEN DES EE-AUSBAUS SEIT 1995 („EE-NULL" – SZENARIO)

Das Leitszenario 2009 beschreibt das Wachstum der EE ausgehend von der tatsächlichen Vergangenheitsentwicklung und vor dem Hintergrund der bestehenden Förderinstrumente und der Ausbauziele der Bundesregierung. Um die vollständige Wirkung des EE-Ausbaus auf die Energieversorgung und die Volkswirtschaft zu erfassen, wird zum Vergleich ein Szenario benötigt, welches beschreibt, wie die deutsche Energieversorgung aussehen würde, wenn dieser EE-Ausbau nicht stattgefunden hätte und der entsprechende Energiebedarf durch fossile Energien gedeckt werden müsste. Dafür wurde ein fiktives „EE-NULL-Szenario" entwickelt. Als Stichjahr für den Beginn dieser Entwicklung wird das Jahr 1995 gewählt. Erst nach diesem Zeitpunkt begann das substantielle Wachstum der „neuen" EE-Technologien. Die bereits seit langem bestehende Nutzung der Wasserkraft (und der geringe Ausbau der Windenergie bis 1995) sowie der Biomasse in Einzelheizungen werden mit dem Stichjahr 1995 „eingefroren". Damit ergibt sich für 1995 ein Sockel von ca. 275 PJ/a an EE-Primärenergie. Für die weitere Entwicklung der Energieversorgung werden ausschließlich fossile Energieträger berücksichtigt. Die Randbedingungen hinsichtlich der Energienachfrage und des Kernenergieausstiegs sind mit denjenigen des Leitszenarios 2009 identisch. In Tabelle 3-6 sind die Wirkungen des seit 1995 erfolgten und im Leitszenario 2009 zukünftig angenommenen EE-Ausbaus auf den Verbrauch an fossilen Primärenergien und hinsichtlich der CO_2-Emissionen zusammengefasst.

© GWS mbH 2011

Tabelle 3-6: Differenzen des Primärenergieverbrauchs und der CO2-Emissionen zwischen dem Leitszenario 2009 und dem EE-NULL-Szenario.

	2000	2008	2015	2020	2030	2040	2050
Erneuerbare E., PJ/a	+97	+698	+1359	+1760	+2544	+3170	+3734
Fossile Energien, PJ/a	- 150	- 736	- 1673	- 2230	- 3465	- 4441	- 5063
- Mineralöl	-150	- 380	-542	- 605	-940	- 1039	- 1118
- Kohlen	0	- 346	- 993	- 1264	- 1996	- 2564	-2860
- Erdgas	0	- 10	-138	- 361	- 529	- 838	- 1085
CO_2-Emissionen, Mio. t CO_2/a	- 46	- 60	- 144	- 188	- 300	- 383	- 434
Vermiedene fossile Energieimporte, PJ/a	-143	-602	-1200	-1644	- 2343	-2961	-3414
Eigene Berechnungen.							

Aufgrund der für die Ermittlung der Primärenergie definierten Wirkungsgradmethode, die stromseitig bei Wasser, Wind und Solarstrahlung keine Wandlungsverluste berücksichtigt, ist der Primärenergiebedarf an EE niedriger als die substituierte fossile Primärmenge. Die Aufteilung auf die fossilen Energieträger ergibt sich im Wesentlichen aus der Struktur der zu ersetzenden Kraftwerke. Da im Leitszenario 2009 mittelfristig der Erdgaseinsatz für Kondensationskraftwerke steigt, muss der zusätzliche Bedarf für die fehlende EE-Leistung im EE-NULL-Szenario vorwiegend über zusätzlichen Kohleeinsatz gedeckt werden. Im Wärmemarkt werden zu etwa gleichen Teilen Mineralöl und Erdgas statt der EE eingesetzt, während der „fehlende“ Biokraftstoff und Wasserstoff ausschließlich durch Mineralöl ersetzt werden. In 2020 werden durch den seit 1995 erfolgten EE-Ausbau 2.230 PJ/a fossiler Energieeinsatz vermieden, bis 2050 wächst der Betrag auf 5.063 PJ/a, was 45% der in 2008 verbrauchten fossilen Primärenergie entspricht.

Die durch EE vermiedenen CO_2-Emissionen fallen etwas niedriger aus, als die in [BMU 2009b] ausgewiesene tatsächliche CO_2-Vermeidung durch erneuerbare Energien. Zum einen muss der bereits in 1995 bestehende Sockel an EE-Primärenergie abgezogen werden, zum anderen wird hier der jeweilige mittlere CO_2-Koeffizient des fossilen deutschen Kraftwerkparks zur Ermittlung der Emissionen herangezogen. Er ist geringer als der in [BMU 2009b] angenommene Wert für EE-Strom. Da in beiden Szenarien von einer relativ wirksamen Effizienzstrategie ausgegangen wird, sinken auch im EE-NULL Szenario die CO_2-Emissionen ohne weiteren Ausbau der EE, bleiben aber mit 805 Mio. t/a in 2020 und 637 Mio. t/a in 2050 weit über den für eine wirksamen Klimaschutz erforderlichen Reduktionen. Die letzte Zeile der Tabelle 3-6 enthält die vermiedenen fossilen Energieimporte.

Die dadurch vermiedenen monetären Importkosten belaufen sich derzeit auf 3,3 Mrd. €/a (Tabelle 3-6). Sie steigen erheblich und belaufen sich für den Preispfad A in 2020 bereits auf 15 Mrd. €/a (ohne CO2-Aufschlag) bzw. auf 21 Mrd. €/a (mit CO2-Aufschlag). In 2030 lauten die entsprechenden Werte 28 bzw. 38 Mrd. €/a und in 2050 54 bzw. 73 Mrd. €/a.

© GWS mbH 2011

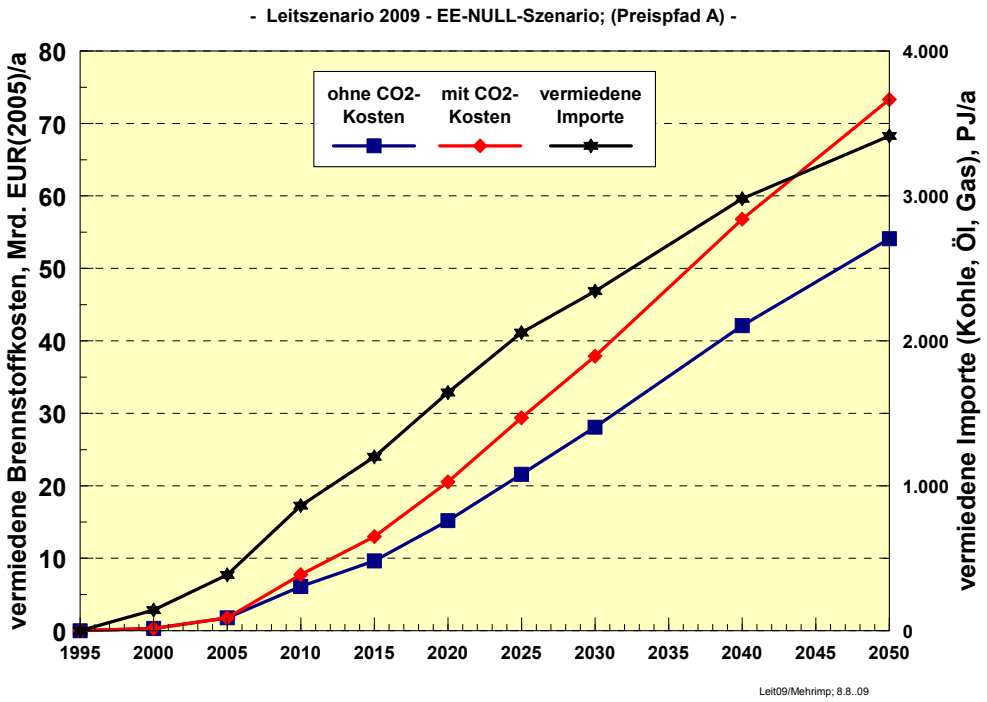


Abbildung 3-14: **Durch den EE-Ausbau ab 1995 vermiedene fossile Energieimporte und ihr monetärer Wert bei Energiepreissteigerungen entsprechend Preispfad A.**

3.6.2 Investitionen in die fossile Energieversorgung

Neben Investitionen in EE-Anlagen fallen im Leitszenario 2009 auch Investitionen in fossile Kraftwerke und fossile Heizanlagen an. Diese Investitionen dienen ausschließlich der Erneuerung bzw. dem Umbau des fossilen Anlagenparks (bei Kraftwerken auch dem Ersatz von Kernkraftwerken bzw. dem Neubau von KWK-Anlagen), da die Gesamtleistung fossiler Anlagen im Leitszenario 2009 stetig abnimmt. Trotzdem ergeben sich auch in diesem Bereich erhebliche Investitionen (Abbildung 3-15; Tabelle 3-7). Für fossile Kraftwerke fallen bis 2030 kumulierte Investitionen von rund 30 Mrd. € an, wobei gut 20 Mrd. € in HKW und BHKW investiert werden müssen, wenn das KWK-Ausbauziel der Bundesregierung näherungsweise erreicht werden soll. Nach Energieträgern fallen für Steinkohle-KW und -HKW 14 Mrd. € an, für Gas-KW und –HKW/BHKW sind es 12 Mrd. € und für Braunkohle-KW knapp 5 Mrd. €. Nach 2030 sinkt die Investitionstätigkeit in fossile Anlagen deutlich. In fossile Kraftwerke sind zwischen 2030 und 2050 nur noch 4 Mrd. € an Investitionen erforderlich.

Der hohe Bestand an fossilen Heizanlagen (rund 470 GW_{th} für Raumwärme- und Prozesswärmeanlagen) und der noch relativ geringe Anteil von EE-Anlagen im Wärmebereich machen hier auf absehbare Zeit noch erhebliche Investitionen in fossile Anlagen erforderlich. Derzeit liegen sie bei 11,5 Mrd. €/a (bei einer mittleren angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren). Bis 2030 (gerechnet ab 2000) laufen so rund 260 Mrd. € an kumuliertem Investitionsvolumen an. Langfristig sinken die Investitionsvolumina deutlich. Im Zeitraum 2030 – 2050 belaufen sie sich noch auf rund 50 Mrd. €.

© GWS mbH 2011

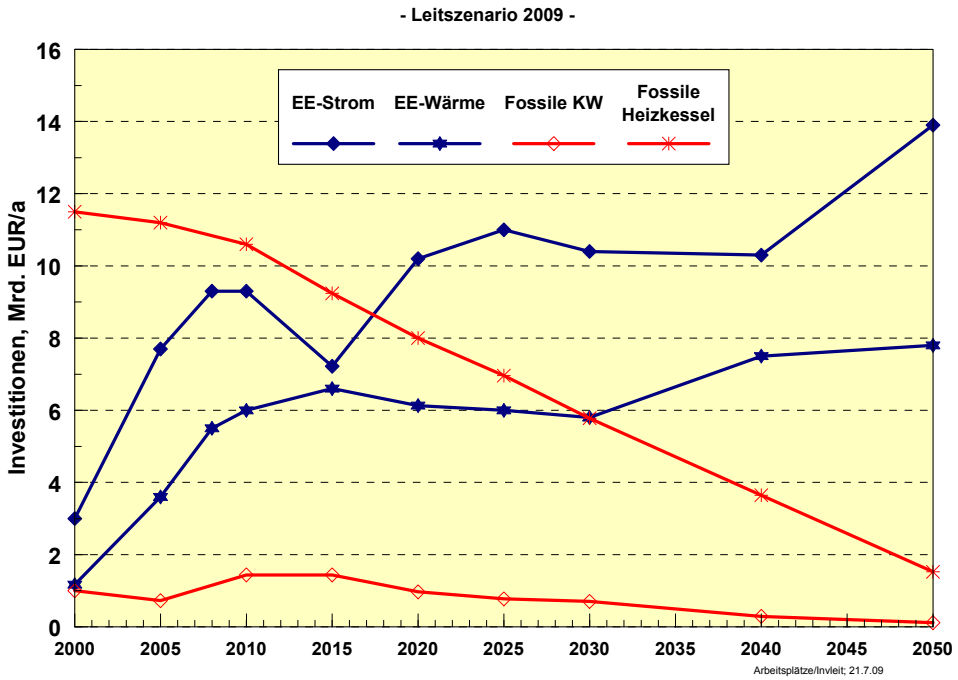


Abbildung 3-15: Investitionen in fossile Kraftwerke und Heizanlagen im Leitszenario 2009 und Vergleich mit den Investitionen in die entsprechenden EE-Anlagen.

Den bis 2030 insgesamt erforderlichen Investitionen in fossile Anlagen in Höhe von 290 Mrd. € stehen 450 Mrd. € Investitionen in EE-Anlagen gegenüber (vgl. Abbildung 3-6 und Abbildung 3-7), von der Größenordnung also vergleichbare Werte. Nach 2030 zeigt sich ein völlig anderes Bild. Weiteren 56 Mrd. € Investitionen in fossile Anlagen stehen jetzt zusätzliche 400 Mrd. € in EE-Anlagen gegenüber. Anlageninvestitionen allein ergeben jedoch noch kein vollständiges Bild der Aufwendungen für die Energieversorgung. Neben den Kapitalkosten dieser Investitionen (und den Betriebs- und Wartungskosten aller Anlagen) müssen selbstverständlich auch die Kosten der durch den EE-Ausbau vermiedenen fossilen Brennstoffe, die im vorhergehenden Abschnitt vorgestellt wurden, in die Gesamtbetrachtung einbezogen werden.

In einem EE-Null- Szenario fallen die Investitionen in fossile Energieanlagen naturgemäß deutlich höher aus, (Tabelle 3-7; unten). Diese notwendigen fossilen Mehrinvestitionen im Vergleich zum Leitszenario 2009 lägen derzeit bei 3 Mrd. €/a (Abbildung 3-16). diesen Wert halten sie bis ca. 2020 bei, danach steigen sie auf rund 4 Mrd. €/a in 2030 und 5,5 Mrd. €/a in 2050. Die kumulierten Mehrinvestitionen bis 2030 belaufen sich für Kraftwerke auf 51 Mrd. € und für Heizkessel auf 46 Mrd. €. In der Periode 2030 bis 2050 sinken die kumulierten Mehrinvestitionen für Kraftwerke auf 19 Mrd. € während sie für Heizkessel deutlich auf 82 Mrd. € steigen. Insgesamt müssten für den Erhalt einer fiktiven fossilen Strom- und Wärmeversorgung ohne EE-Zubau zwischen 2000 und 2050 rund 200 Mrd. € an zusätzlichen Investitionen gegenüber dem Leitszenario 2009 ausgegeben werden. Zur Aufrechterhaltung der Brennstoffversorgung kämen dann die in Tabelle 3-7 erläuterten Energiemengen in Höhe von 5.000 PJ/a hinzu, von denen rund 3.500 PJ/a importiert werden müssten. An Kosten wären dafür jährlich 55 bzw. 70 Mrd. €/a aufzuwenden.

© GWS mbH 2011

Tabelle 3-7: Investitionen in fossile und erneuerbare Anlagen zur Strom- und Wärmebereitstellung im Leitszenario 2009 (oben) und im EE-Null-Szenario (unten).

Gesamtinvestitionen im LEITSZENARIO 2009; Mio. EUR/a								
Jahr	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**
Gesamte Neukraftwerke, fossil	**727**	**1440**	**1440**	**968**	**775**	**705**	**289**	**115**
-Steinkohle/Übr. feste B.	288	780	804	417	236	279	13	0
-Braunkohle	218	375	175	43	153	0	0	0
-Erdgas/Öl/übrig.Gase	221	285	461	508	387	427	276	115
Gesamte EE Strom	**7715**	**9275**	**7215**	**10206**	**10299**	**10393**	**10339**	**13896**
Gesamt Strom	**8442**	**10715**	**8654**	**11174**	**11075**	**11098**	**10628**	**14011**
Gesamt fossile Heizkessel	**11208**	**10583**	**9241**	**8011**	**6960**	**5780**	**3645**	**1548**
- davon Direkt Gas	6165	5813	5639	5128	4780	4028	2729	1084
- davon Direkt Öl +Kohle	4632	4374	3204	2469	1754	1433	601	138
- davon Fern-, Nah-Objekt-KWK	411	396	398	414	426	319	315	326
Gesamt EE Wärme	**3609**	**5944**	**6553**	**6135**	**5978**	**5821**	**7503**	**7860**
Gesamt Wärme	**14817**	**16527**	**15794**	**14146**	**12938**	**11601**	**11148**	**9408**
Gesamt EE + Fossil	**23259**	**27242**	**24449**	**25321**	**24013**	**22698**	**21776**	**23419**

Aktual/LE-09- LE; 19.7.09

Gesamtinvestitionen im EE- NULL- Szenario; Mio. EUR/a								
Jahr	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2040**	**2050**
Gesamte Neukraftwerke, fossil	**2068**	**3939**	**3104**	**2222**	**2573**	**2397**	**1404**	**881**
-Steinkohle/Übr. feste B.	822	2312	1806	687	1046	714	505	167
-Braunkohle	620	851	669	526	1013	865	468	540
-Erdgas/Öl/übrig.Gase	626	776	629	1009	514	818	431	174
Gesamte EE Strom	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Gesamt Strom	**2068**	**3939**	**3104**	**2222**	**2573**	**2397**	**1404**	**881**
Gesamt fossile Heizkessel	**12085**	**11609**	**10545**	**9628**	**8989**	**8167**	**7005**	**6417**
- davon Direkt Gas	6165	6074	5900	5520	5179	4487	3898	3721
- davon Direkt Öl +Kohle	5415	5024	4096	3510	3189	3213	2643	2218
- davon Fern-, Nah-Objekt-KWK	505	511	549	598	621	467	464	478
Gesamt EE Wärme	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Gesamt Wärme	**12085**	**11609**	**10545**	**9628**	**8989**	**8167**	**7005**	**6417**
Gesamt EE + Fossil	**14153**	**15548**	**13649**	**11850**	**11562**	**10564**	**8409**	**7298**

Aktual/LE-09- LE; 19.7.09

© GWS mbH 2011

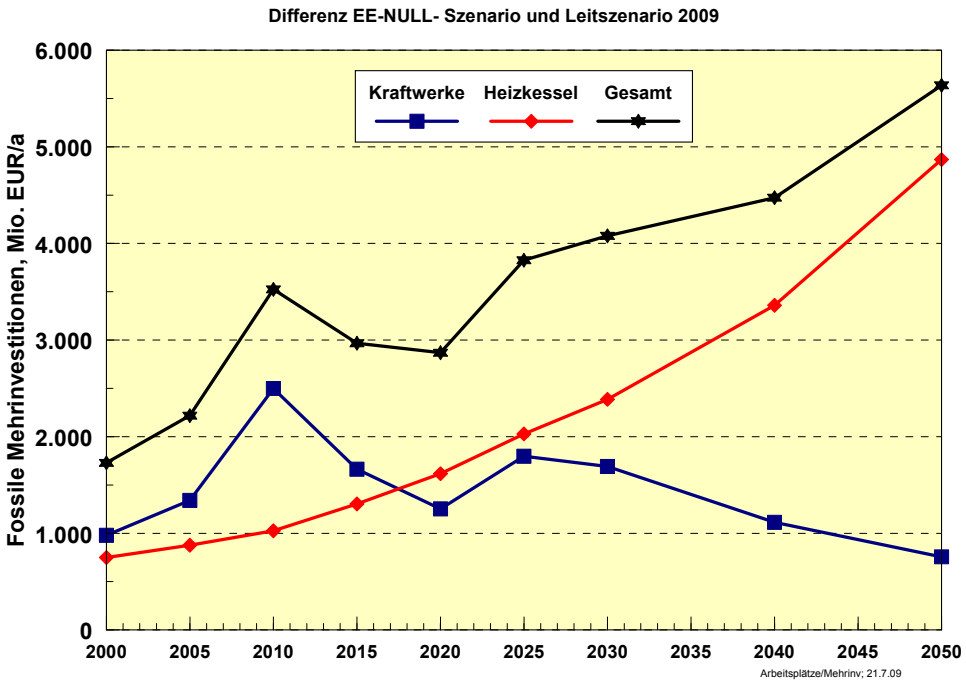


Abbildung 3-16: Mehrinvestitionen in fossile Energieanlagen im EE-Null-Szenario gegenüber dem Leitszenario 2009.

Die in den vorhergehenden Abschnitten dargelegten ökonomischen Eckdaten des Leitszenarios 2009 und die entsprechenden Unterschiede zu einem EE-Null-Szenario gehen in die Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Wechselwirkungen des EE-Ausbaus mit der übrigen Energieversorgung ein, die mittels des ökonometrischen Modells PANTA RHEI ermittelt werden. Neben den nationalen Aktivitäten im Bereich der EE spielen auch die internationalen Entwicklungen und die zukünftigen Dimensionen eines globalen EE-Marktes eine wichtige Rolle für die Ermittlung der nationalen volkswirtschaftlichen Nettowirkungen einer konsequenten EE-Politik. Wie bereits in [BMU 2006] gezeigt, spielen insbesondere die Export- und Importaktivitäten mit EE-Technologien dabei eine wesentliche Rolle. Hierzu ist es erforderlich, den zukünftigen globalen EE-Markt differenziert abzubilden, um die Export- und Importströme in und aus unterschiedlichen Weltregionen erfassen zu können. Im Folgenden wird vor dem Hintergrund verschiedener globaler Szenarien der zukünftigen Energieversorgung diese Handelsstruktur abgeleitet.

3.7 Entwicklung des Weltmarkts für erneuerbare Energien und seine regionale Differenzierung

3.7.1 Ausgewählte aktuelle globale Klimaschutzszenarien

Als Datengerüst für die Abschätzung der Entwicklung des Weltmarkts für Technologien zur Nutzung EE sind Annahmen über den zukünftigen globalen Ausbau der EE nötig. Belastbare Informationen finden sich dazu in globalen Energieszenarien, die in den letzten Jahren von verschiedenen Institutionen angefertigt wurden. Mit besonderem Blick auf die Entwicklung der EE wurden vier der bekanntesten aktuellen Szenarien analysiert und miteinander verglichen:

© GWS mbH 2011

- *World Energy Outlook 2009*
  450 Scenario ("WEO 450"), [IEA 2009]
- *Energy [R]evolution 2008*
  Energy [R]evolution Scenario ("E[R]"), [Krewitt et al. 2008]
- *Energy Technology Perspectives 2008*
  BLUE Map Scenario ("ETP BLUE Map"); [IEA 2008b]
- *World Energy Technology Outlook 2006*
  Carbon Constraint Case ("WETO CCC"), [EC 2006]

Diese Szenarien sind ohne Ausnahme Klimaschutzszenarien. Sie zeigen Wege für eine Transformation des globalen Energiesystems auf, die es ermöglichen, das normative Ziel einer Begrenzung der CO_2-Emissionen zu erreichen. Dieses Ziel entspricht in den meisten der betrachteten Szenarien einer Stabilisierung der Konzentration von CO_2-Äquivalenten in der Atmosphäre bei 450 ppm. Allein im Carbon Constraint Case im World Energy Technology Outlook der Europäischen Kommission wird ein Pfad beschrieben, der als maximale Konzentration 550 ppm CO_2-Äquivalente toleriert. Dies schränkt die direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse ein. In den folgenden, vergleichenden Abbildungen wird das CO_2-Ziel der Szenarien daher bei Bedarf jeweils mit ausgewiesen. Ein weiterer Unterschied der Szenarien besteht im Projektionszeitraum. Für fast alle Szenarien liegen Daten für die Entwicklung des Energiesystems bis 2030 vor. Das ETP BLUE Map Scenario betrachtet zwar ebenso wie das E[R] Szenario und WETO CCC einen Zeitraum bis 2050, veröffentlicht die Ergebnisse seiner Berechnungen allerdings ohne Zwischenschritte. Die folgenden, vergleichenden Abbildungen trennen daher die Ergebnisse – da Daten für 2007 ebenfalls mit dargestellt werden – des Weiteren in drei Jahreskategorien auf.

Tabelle 3-8: CO2-Ziele und Projektionszeiträume der betrachteten Energieszenarien.

	Maximale CO_2-Konzentration (ppm CO_2 eq.)	Projektionszeitraum
WEO 450	450	2030
E [R]	450	2050
ETP BLUE Map	450	2050
WETO CCC	550	2050

Die jeweilige Entwicklung des Energiesystems eines Szenarios wird auf Basis verschiedener Modelle und Annahmen über politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen errechnet. Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse vor allem mit Bezug auf die Rolle der EE miteinander verglichen.

Bei Betrachtung des Primärenergieverbrauchs fällt so auf, dass das E[R]-Szenario im Vergleich mit den Szenarien der IEA und insbesondere auch mit dem CCC-Szenario des World Energy Technology Outlook der Europäischen Kommission signifikant höhere Beiträge von EE aufweist.[1] Im Gegenzug spielen fossile Energien eine deutlich geringere Rol-

[1] Dies stellt sich für das aktuelle BLUE Map-Szenario von 2010 inzwischen etwas anders dar. Erneuerbare erreichen in diesem Szenario 2050 mit etwa 268 EJ/a eine vergleichbare Größenordnung wie im E[R]-Szenario, in dem EE 271 EJ zum Primärenergieverbrauch beitragen.

© GWS mbH 2011

le, für Kernenergie wird ein globaler Ausstieg bis 2050 abgebildet. Auch fällt der Gesamtbedarf an Primärenergie im E[R]-Szenario infolge höherer Steigerungsraten der Energieeffizienz geringer aus (

Abbildung 3-17). 2030 liegt trotz eingeschränkter Nutzung der Potenziale von Wasserkraft im E[R]-Szenario wegen der Einhaltung von Nachhaltigkeitsstandards der Anteil der EE am Primärenergieverbrauch mit 31% über dem des WEO 450-Szenarios mit 23,4% und dem des CCC-Szenarios mit 14,3%. Die zentrale Rolle unter den EE spielt in allen drei Szenarien noch die Nutzung von Biomasse und Abfällen, im E[R]- und WEO 450-Szenarien mit über 80 EJ pro Jahr, im CCC-Szenario unter 70 EJ jährlich.

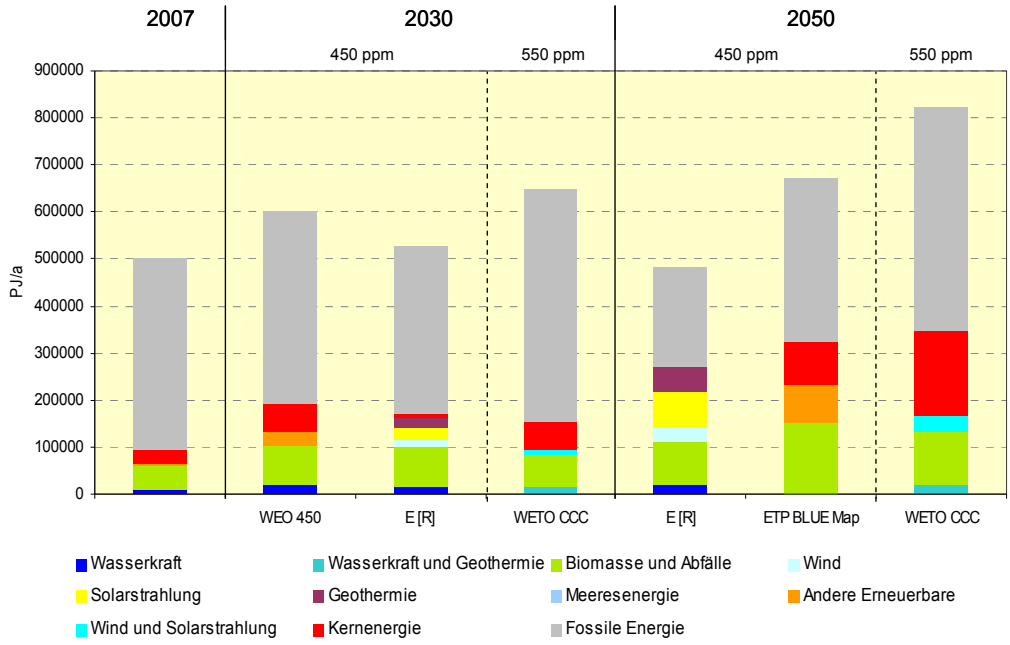


Abbildung 3-17: Primärenergieverbrauch in den betrachteten Szenarien.

Bis zur Mitte des Jahrhunderts nimmt der Anteil der erneuerbaren Energien dann im E[R]-Szenario auf 56,3% des gesamten Primärenergieverbrauchs zu, im ETP BLUE Map-Szenario der IEA sind es zu dem Zeitpunkt 34,7% und im CCC-Szenario der Europäischen Kommission 20,5%. In den BLUE Map- und CCC-Szenarien spielt die Biomasse nach wie vor mit gut 150 EJ/a bzw. knapp 115 EJ/a eine dominante Rolle, die im E[R]-Szenario zu dem Zeitpunkt aber mit knapp 95 EJ/a zum einen absolut kleiner ausfällt und zum anderen von der Solarstrahlung mit 76 EJ/a und der Geothermie mit 50 EJ/a immer weiter eingeholt wird. Trotz der Nutzung von Kernenergie in den Szenarien der IEA und der Europäischen Kommission fallen im Ergebnis die CO_2-Emissionen in diesen Szenarien erheblich höher aus als im E[R]-Szenario. Bis 2030 können im E[R]-Szenario die CO_2-Emissionen auf 21 Gt CO_2 pro Jahr beschränkt werden, im WEO 450-Szenario sind es 26,4 Gt CO_2 pro Jahr und im (550 ppm-) WETO CCC-Szenario 29,5 Gt CO_2 pro Jahr. 2050 fällt der relative Unterschied noch größer aus. Im E[R]-Szenario werden zu der Zeit 10,6 Gt CO_2/Jahr emittiert, im BLUE Map-Szenario sind es 14 Gt CO_2/Jahr und im (550 ppm-) CCC-Szenario 25,5 Gt CO_2/Jahr (Abbildung 3-18).

© GWS mbH 2011

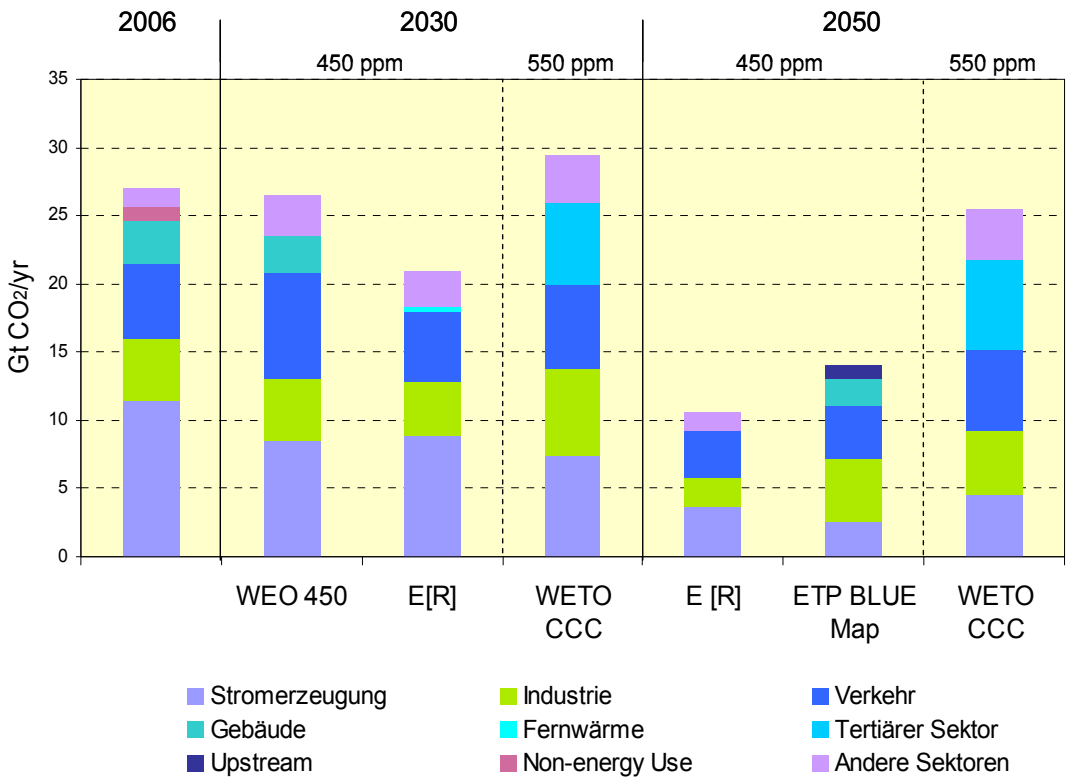


Abbildung 3-18: CO_2-Emissionen der betrachteten Szenarien nach Sektoren.

Unterschiede in der Rolle einzelner Technologien zur Nutzung von EE erschließen sich aufgrund der höheren Aufschlüsselung der Daten am weitesten bei Betrachtung des Stromsektors (Abbildung 3-19).

Im Jahr 2030 liefert Wasserkraft im WEO 450-Szenario mit knapp 5.700 TWh jährlich noch den mit Abstand größten Beitrag zur globalen Stromversorgung. Im E[R]-Szenario liegt zu der Zeit die Nutzung von Windenergie mit ca. 4.400 TWh pro Jahr schon gleichauf mit der der Wasserkraft. In einer ähnlichen Größenordnung über alle Szenarien bewegt sich lediglich der Beitrag von Biomasse und Abfällen mit ca. 1.450 (WEO 450) bis 1.800 TWh/Jahr (E[R]). Photovoltaik (1350 TWh pro Jahr) und solarthermische Kraftwerke (1.200 TWh pro Jahr) speisen lediglich im E[R]-Szenario größere Mengen Strom ein, im WEO 450-Szenario sind es dagegen 525, respektive 325 TWh/Jahr.

Bis 2050 nimmt über alle Szenarien hinweg der Anteil der Nutzung von Windenergie deutlich zu. Im E[R]-Szenario werden dann jährlich 7700 TWh aus Windenergie gewonnen, im CCC-Szenario 7300 TWh. Das BLUE Map-Szenario weist für 2050 pro Jahr 5.200 TWh aus. Solarthermische Kraftwerke tragen im E[R]-Szenario mit ca. 5.300 TWh jährlich ebenso viel Strom bei wie die Wasserkraft, die Photovoltaik liegt bis 2050 bei 4.300 TWh/Jahr. Der im BLUE Map-Szenario, ebenso wie im CCC-Szenario ausgewiesene Gemeinposten Solarstrahlung vereint dort hingegen lediglich 47.50 bzw. 2.300 TWh/Jahr. In Folge relativ hoher Wachstumsraten insbesondere im E[R]-Szenario wurde für Geothermie bis zur Mitte des Jahrhunderts ein Beitrag von 1.700 TWh/Jahr ermittelt bzw. 1.050 TWh/Jahr im BLUE Map-Szenario.

© GWS mbH 2011

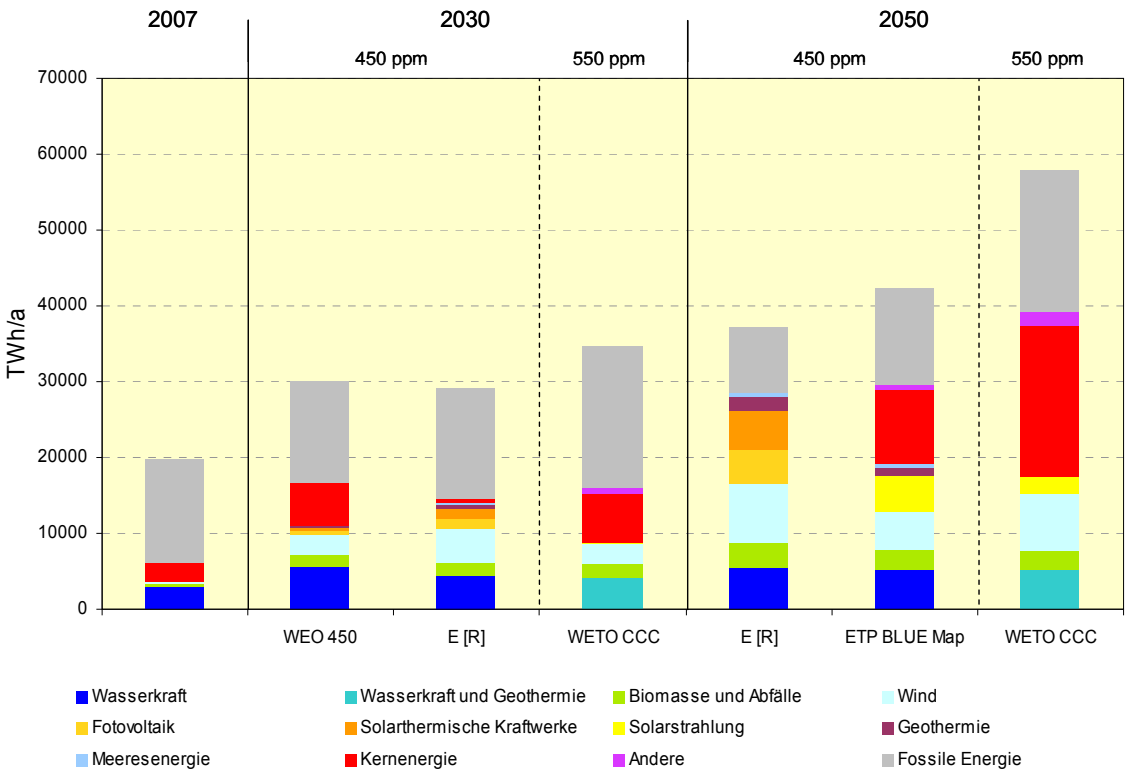


Abbildung 3-19: Stromerzeugung in den betrachteten Szenarien.

Diese Beobachtungen spiegeln sich in der Betrachtung des Netto-Kapazitätszubaus der Technologien zur Stromerzeugung wider. Von 2010 bis 2030 werden im E[R]-Szenario weltweit 3000 GW an EE zugebaut, mit 1450 GW nimmt die Windenergie dabei Platz eins ein. An Photovoltaik werden in dem Zeitraum zusätzlich 900 GW installiert, ca. 200 GW Kapazität kommen von solarthermischen Kraftwerken. Ein Zubau von Wasserkraft erfolgt aufgrund der Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien im Rahmen von ca. 320 GW, im WEO 450- Szenario sind das von 2008 bis 2030 ca. 830 GW. Wind mit 1.130 GW, Photovoltaik mit 400 GW sowie solarthermische Kraftwerke mit 110 GW fallen dagegen im WEO 450-Szenario geringer aus.

Zwischen 2010 und 2050 erfolgt der Zubau von Windenergie dagegen etwas stärker im BLUE Map- (2840 GW) als im E[R]-Szenario (2570 GW). Photovoltaik mit zusätzlichen 2900 GW spielt dann im E[R]-Szenario eine größere Rolle als im BLUE Map-Szenario mit 1400 GW. In beiden Szenarien werden bis 2050 ca. 800 GW an solarthermischen Kraftwerken zugebaut. Die Nutzung von Geothermie schlägt sich im BLUE Map-Szenario mit 520 GW stärker nieder als im E[R]-Szenario mit 140 GW.

© GWS mbH 2011

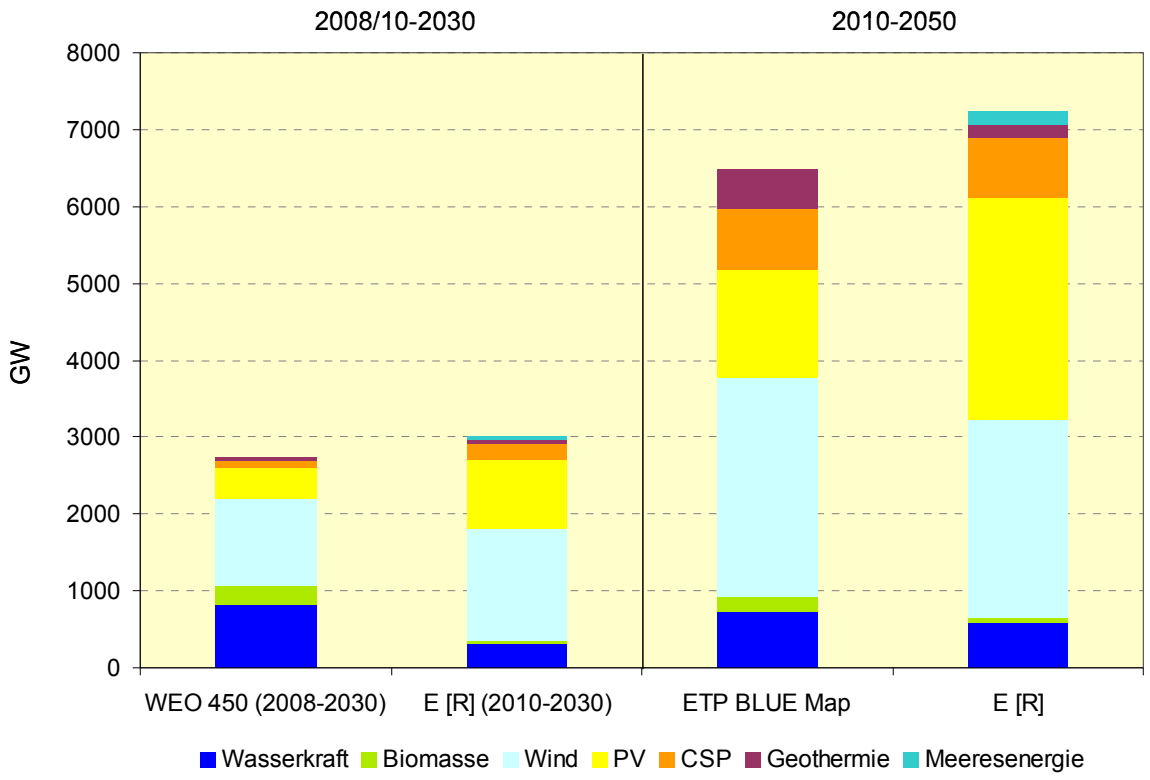


Abbildung 3-20: Netto-Kapazitätszubau EE zur Stromerzeugung in den betrachteten Szenarien.

Die regionale Verteilung des Kapazitätszubaus von 2008 bis 2030 im WEO 450-Szenario verortet den meisten Zubau mit insgesamt 1200 GW in die OECD+-Region (Länder der OECD sowie EU-Länder, die kein OECD-Mitglied sind). Onshore-Windenergie mit einem Plus von ca. 520 GW liegt dabei vor Photovoltaik mit ca. 230 GW. Für die Region ‚Other Major Economies' (Brasilien, China, Russland, Südafrika und Länder des Mittleren Ostens) ist ein Zubau von insgesamt ca. 850 GW (stärkster Zubau mit 320 GW bei Wasserkraft und mit 280 GW bei Onshore-Windenergie) ermittelt worden. Für die Region ‚Other Countries' (alle übrigen Länder) werden insgesamt ca. 700 GW Zubau an Technologien zur Nutzung von EE (davon allein Wasserkraft mit 364 GW und Onshore-Windenergie mit 136 GW) angenommen (Abbildung 3-21).

© GWS mbH 2011

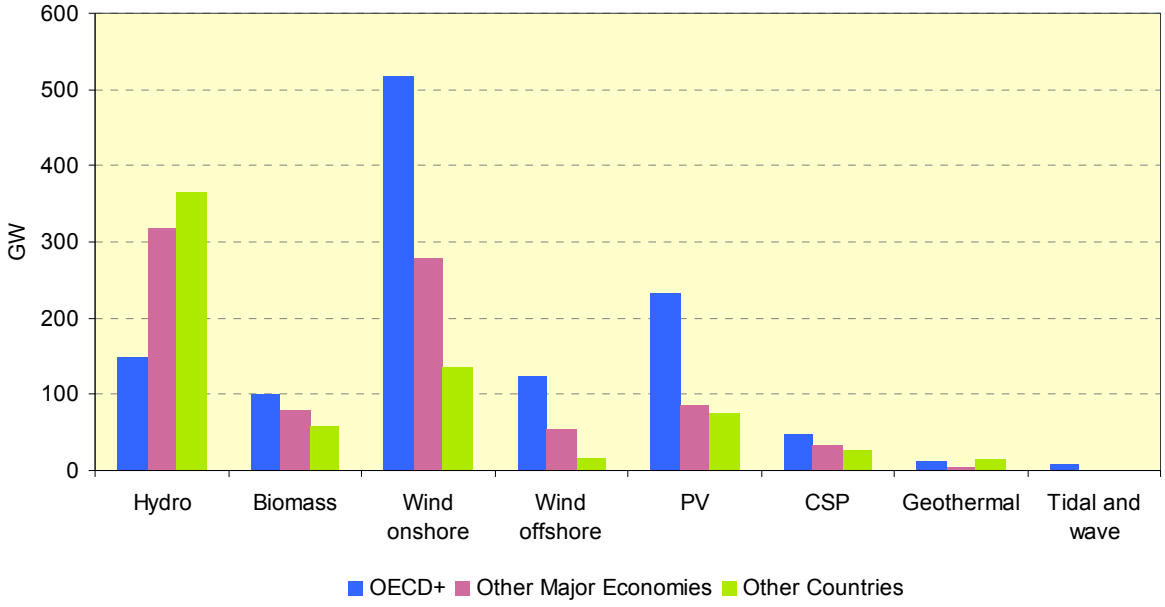


Abbildung 3-21: Netto-Kapazitätszubau EE zur Stromerzeugung im WEO 450 Szenario 2008 bis 2030 nach Regionen.

Die Veröffentlichung von Zahlen zum Wärmesektor bleibt mit Ausnahme des E[R]-Szenarios (s. dazu Kapitel 3.7.2 sowie 3.7.3) in allen anderen Szenarien hinter seiner Bedeutung wie auch den Erfordernissen für einen Vergleich zwischen den Szenarien zurück.

In der Tabelle 3-9 sind die Annahmen zu den spezifischen Investitionskosten der Technologien zur Nutzung der EE in den betrachteten Szenarien ausgewiesen. Lernkurveneffekte lassen sich über alle Technologien und Szenarien hinweg nachvollziehen, Unterschiede in den Ergebnissen gibt es 2030 insbesondere bei den Kosten der Onshore-Windenergie (WEO 450 höher in den Annahmen), der Geothermie (E[R] sehr viel höher) sowie der Photovoltaik (PV; E[R] niedriger in den Annahmen). Für 2050 lässt sich festhalten, dass die dem E[R]-Szenario zugrunde liegenden Annahmen (bis auf Photovoltaik) in der Regel über denen des BLUE Map-Szenarios der IEA sowie des CCC der Europäischen Kommission liegen. Die im Verhältnis durchgängig hohen Investitionskosten für solarthermische Kraftwerke im E[R]-Szenario liegen darin begründet, dass anders als in den übrigen Szenarien der Bau von Speichern berücksichtigt wurde.

© GWS mbH 2011

Tabelle 3-9: Spezifische Investitionskosten erneuerbarer Technologien in den betrachteten Szenarien (in €2005/kW).

WEO 450	2008	2030				
Wind Onshore	1460-1620	1190-1320				
Wind Offshore	2390-2650	1890-2090				
Geothermie	2870-3360	2500-2930				
PV	4740-5630	1630-1990				
CSP	2870-3720	1430-1790				
E [R]	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Wind Onshore	1210	1100	950	890	880	880
Wind Offshore	3020	2800	2090	1770	1600	1520
Geothermie, KWK	14070	10490	7640	6390	5570	5070
Geothermal, nur elektr.	14020	12090	9290	8160	7630	7220
PV	5310	3020	1330	1030	920	870
CSP	6050	5100	4210	3560	3510	3470
ETP BLUE Map	2006	2010	2015	2020	2030	2050
Wind Onshore	950-1330	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Wind Offshore	1790-2340	n.a.	1480-2030	1330-1790	1170-1560	1170-1480
Geothermie, hydrotherm.	1320-4440	n.a.	n.a.	n.a.	1170-3900	1090-3820
Geothermie, Hot dry rock	3900-11890	n.a.	n.a.	n.a.	3120-7790	2340-5840
PV	4870	2920-3440	n.a.	n.a.	1480	830
CSP	3120-7010	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
WETO CCC	2010	2020	2030	2040	2050	
Wind Onshore	880	800	760	720	720	
Wind Offshore	1450	1210	970	880	800	
Geothermie	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
PV	4500	3050	2250	1770	1450	
CSP	2570	2250	2090	2010	1850	

Eine weitere wichtige Größe im Vergleich von Energieszenarien spielen die Annahmen zur Entwicklung des Ölpreises (Abbildung 3-22). Hier liegen die Prognosen des E[R]-Szenarios über denen der IEA sowie der Europäischen Kommission. Für den World Energy Outlook 2009 hat die IEA unterschiedliche Ölpreise für das Referenz- und das 450-Szenario angenommen. Für 2030 rechnet die IEA im Referenzfall mit 115 $\$_{2008}$ pro Barrel Rohöl, im 450-Szenario wegen der verminderten Nachfrage mit 90 $\$_{2008}$ pro Barrel.

© GWS mbH 2011

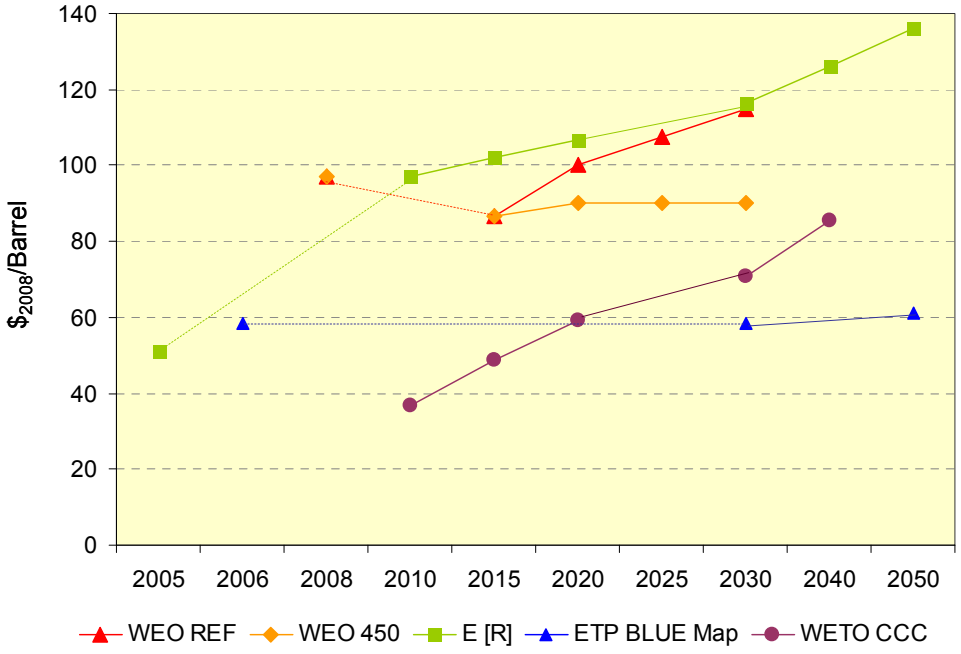


Abbildung 3-22: Preise für ein Barrel Rohöl in den betrachteten Szenarien (hier $\$_{2008}$).

Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass die wirtschaftlichen Potenziale der EE am weitesten im E[R]-Szenario ausgeschöpft werden. Abgesehen davon, dass im E[R]-Szenario die zugrunde liegenden Annahmen detailliert dokumentiert sind, stehen dem DLR als Mitverfasser sämtliche Ergebnisse und Daten der Szenarioanalyse für eine weitgehende Analyse zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund erweist sich das E[R]-Szenario als Grundlage für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Weltmarkts für EE in dieser Studie als am geeignetsten.

3.7.2 Energetische Eckdaten des Energy [R]evolution-Szenarios

Das E[R]-Szenario ist ein 450 ppm-Zielszenario, dessen Projektionszeitraum bis 2050 reicht. Als Referenzszenario dient das Referenzszenario des World Energy Outlook 2007 (IEA 2007) der International Energy Agency (IEA), das um zwanzig Jahre auf Basis einer Extrapolation seiner makroökonomischen Indikatoren bis 2050 erweitert wurde. Die zugrunde liegenden Rahmendaten für die wirtschaftliche und die Bevölkerungsentwicklung sind somit für den Zeitraum bis 2030 für das WEO- sowie das E[R]-Referenzszenario identisch.

Ziel des E[R]-Szenarios ist das Aufzeigen einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems, welches bis 2050 seine CO_2-Emissionen auf einen jährlichen Ausstoß von 10,6 Gt halbiert, so eine Stabilisierung der Konzentration von CO_2-Äquivalenten bei 450 ppm ermöglicht und den Temperaturanstieg im Vergleich zu vorindustriellen Werten auf 2°C beschränkt. Ermöglicht wird dies durch ein Ausschöpfen vorhandener Effizienzpotenziale sowie mittels wirtschaftlicher Technologien zur Nutzung von EE unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien. Auf die Optionen Kernkraft und Carbon Capture and Storage (CCS) wird verzichtet.

Im Folgenden werden die Annahmen und Ergebnisse des E[R]-Szenarios, welches mit Hilfe des Modells MESAP PlaNet berechnet wurde, ausführlicher vorgestellt: Die erwarte-

© GWS mbH 2011

te Bevölkerungsentwicklung basiert wie im WEO 2007 auf Daten von UNDP. Die globalen Wachstumsraten nehmen demnach bis zum Jahr 2050 ab, zur Mitte des Jahrhunderts wird mit 9,17 Milliarden Menschen weltweit gerechnet. Das Wachstum findet dabei vornehmlich in Entwicklungsländern statt, die meisten Menschen werden schließlich in Asien (neben Indien und China vor allem in den übrigen Nicht-OECD-Länder Asiens) und Afrika leben.

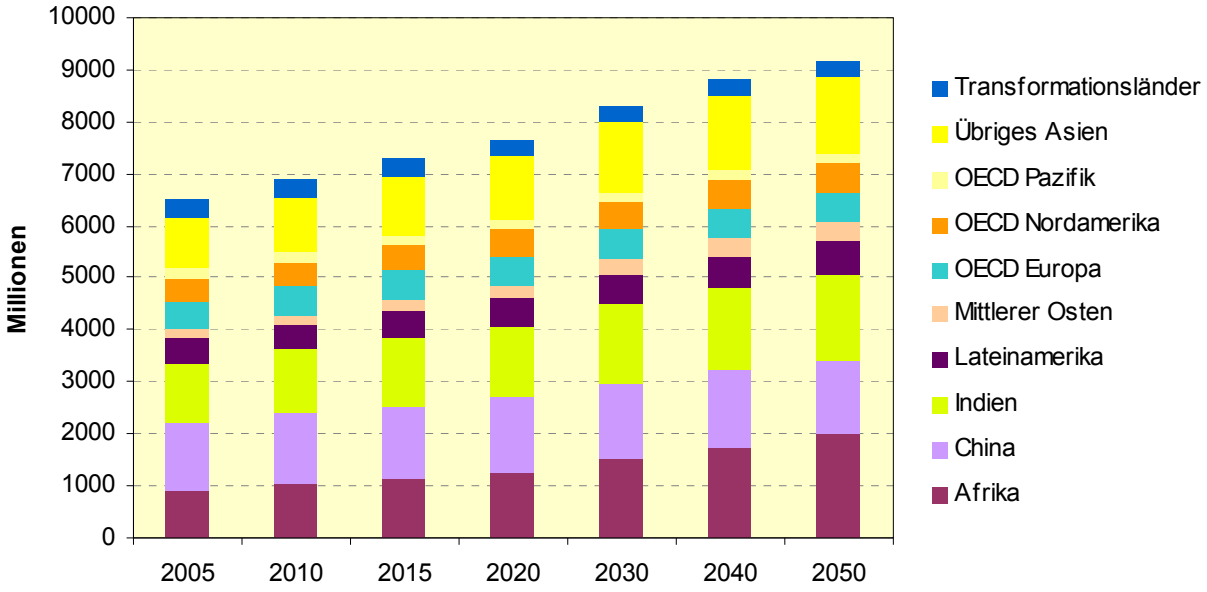


Abbildung 3-23: Bevölkerungsentwicklung im E[R]-Szenario.

Zum angenommenen Wirtschaftswachstum werden Aussagen lediglich über Änderungsraten getroffen, absolute Zahlen finden sich weder bei der IEA noch im E[R]-Bericht. Demnach steigt das weltweite Bruttoinlandsprodukt zwischen 2005 und 2050 im Durchschnitt jährlich um 3,3%, wobei die Wachstumsraten über die Zeit sinken. China und Indien verzeichnen mit 5,7% bis 9,3% jährlichem BIP-Wachstum die höchsten Steigerungsraten. Die Wirtschaft in den Ländern der OECD wächst hingegen mit durchschnittlich 1,8%. In der Gruppe befindet sich OECD Nordamerika mit einer jährlichen Zunahme des BIP von 2,2% an der Spitze.

Die Annahmen zu weiteren wirtschaftlichen Randbedingungen finden sich in den folgenden Tabellen. In Tabelle 3-10 ist der Preis für CO_2-Zertifikate dargestellt, der über die Jahre steigt, bis er 2050 ein Niveau von 40,20 €/tCO_2 (€ = $€_{2005}$)erreicht.

© GWS mbH 2011

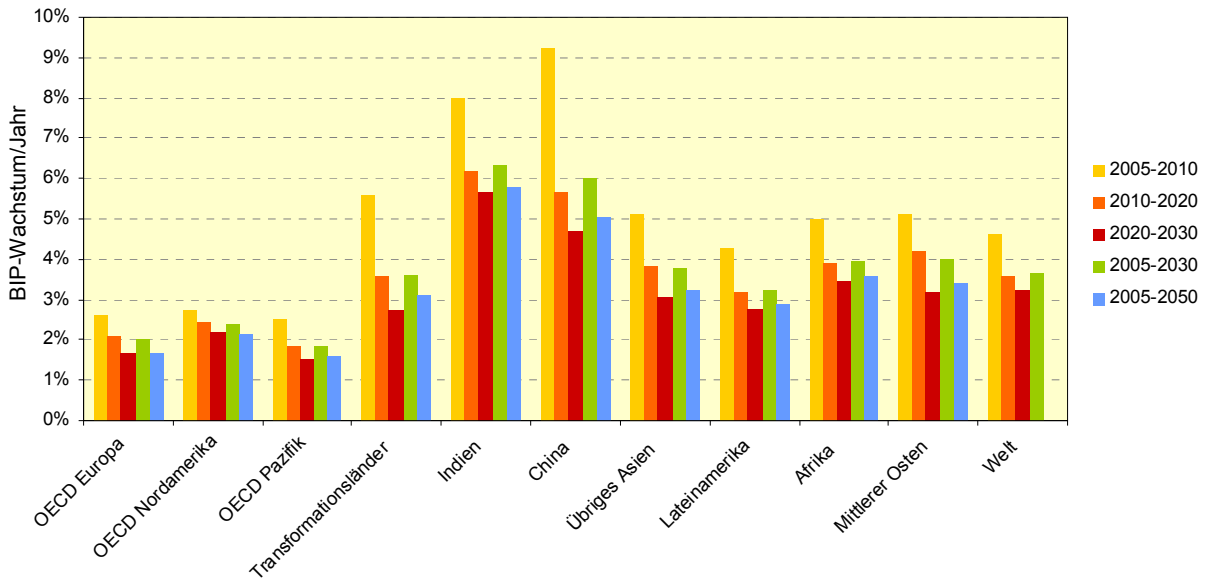


Abbildung 3-24: Wachstumsraten des Bruttoinlandsproduktes im E[R]-Szenario.

Tabelle 3-11 weist die erwarteten spezifischen Investitionskosten für EE aus. In der Mitte des Jahrhunderts werden für Photovoltaik und Wind Onshore mit unter 900 € die geringsten Kosten pro installiertem Kilowatt anfallen. Investitionen in solarthermische Kraftwerke und Geothermie fallen mit 3470 €/kW bis 7220 €/kW wesentlich höher aus, wobei höhere Volllaststunden (für solarthermische Kraftwerke wird der Bau von Speichern unterstellt) die Gesamtkosten dieser Technologien im Verhältnis wieder reduzieren. Tabelle 3-12 stellt die Entwicklung der Kosten für fossile Energieträger dar. Für 2050 wird für Rohöl ein Preis von 112,50 €/Barrel angenommen.

Tabelle 3-10: Entwicklung der Preise für CO2-Zertifikate im E[R]-Szenario.

	2010	2020	2030	2040	2050
Zertifikatspreis (€/tCO_2), Kyoto Annex B	8.0	16.1	24.1	32.2	40.2
Zertifikatspreis (€/tCO_2), Kyoto Non-Annex B		16.1	24.1	32.2	40.2

Tabelle 3-11: Spezifische Investitionskosten für Technologien zur Nutzung EE im E[R]-Szenario.

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Wind Onshore (€/kW)	1210	1100	950	890	880	880
Wind Offshore (€/kW)	3020	2800	2090	1770	1600	1520
Geothermie, KWK (€/kW)	14070	10490	7640	6390	5570	5070
Geothermie, nur Strom (€/kW)	14020	12090	9290	8160	7630	7220
Photovoltaik (€/kW)	5310	3020	1330	1030	920	870
Solarthermische Kraftwerke (€/kW)	6050	5100	4210	3560	3510	3470

© GWS mbH 2011

Tabelle 3-12: Preise für fossile Energieträger im E[R]-Szenario.

	2005	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Rohölimporte (€/Barrel)	42.2	80.4	84.4	88.4	96.5	104.5	112.5
Erdgasimporte (€/GJ)							
Importe USA	4.6	9.2	10.2	11.8	14.8	17.6	19.8
Importe Europa	4.7	8.0	9.2	10.7	13.8	16.6	18.5
Importe Asien	4.5	9.2	10.1	11.8	14.7	17.6	19.8
Steinkohleimporte (€/Tonne)		114.7	134.4	156.3	202.1	250.1	288.6

Der auf Basis der Annahmen zur Entwicklung der globalen Bevölkerung, der Wirtschaft und der Energieintensitäten ermittelte Primärenergieverbrauch im E[R]-Szenario steigt von 475 000 PJ/a bis 2015 leicht auf 549 000 PJ/a an. Infolge zunehmender Steigerungen der Energieeffizienz sinkt er bis 2050 dann wieder auf 481 000 PJ/a.

Die Abbildung 3-25 zeigt die Entwicklung der Nutzung der verschiedenen Energieträger. Der Verbrauch fossiler Energieträger nimmt nach 2015 um durchschnittlich 2,1% pro Jahr ab. Die Option der CO_2-Sequestrierung wird im E[R]-Szenario aufgrund von Unsicherheiten in Bezug auf Sicherheit der CO_2-Speicherung und Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt. Für die Nutzung von Kernenergie und Braunkohle wird ein Ausstieg bis 2050 abgebildet. EE wachsen dagegen durchschnittlich mit 3,4% pro Jahr. Bis zur Mitte des Jahrhunderts wird erwartet, dass sie so jährlich insgesamt 270 900 PJ beisteuern und 56% des weltweiten Energiebedarfs decken.

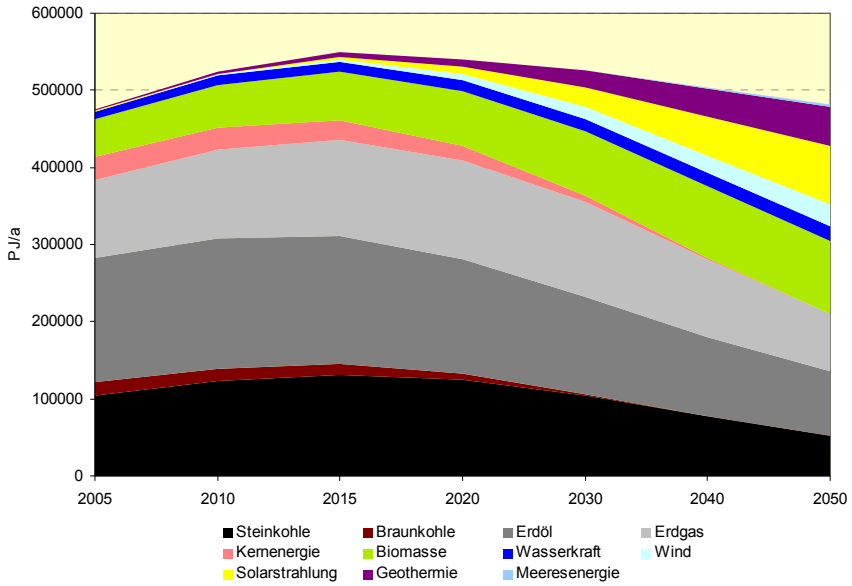


Abbildung 3-25: Primärenergieverbrauch im E[R]-Szenario.

Unter den EE spielt in der Bereitstellung von Primärenergie Biomasse die stärkste Rolle. Für 2050 wird mit einem Beitrag von 94 800 PJ jährlich gerechnet, das sind 19,7% des gesamten Primärenergiebedarfs. Dabei wird unterstellt, dass die heutige wenig nachhaltige traditionelle Nutzung der Biomasse durch eine Nutzung mittels moderner effizienter Anlagen ersetzt wird. Die Nutzung von Solarstrahlung wächst (neben der von Meeresenergie

© GWS mbH 2011

mit 17%, diese verbleibt zunächst dennoch auf marginalem Niveau) mit durchschnittlich jährlich 14,5% zwischen 2005 und 2050 am schnellsten und liefert 2050 schließlich 74 400 PJ/a. Das sind 16% des gesamten Primärenergiebedarfs des Jahres (im Vergleich: 2005 lag der Beitrag noch bei 0,04%). Geothermie wächst mit durchschnittlich 7,5% im Jahr und steuert 2050 mit 50 100 PJ/a 10,4% zum globalen Primärenergiebedarf bei. Die Zuwachsraten der Nutzung von Windenergie liegen von 2005 bis 2020 bei durchschnittlich 22,8% pro Jahr. In den folgenden Jahren nehmen sie dann stark ab, zwischen 2020 und 2050 sind es nur noch 4,2% jährlich. 2050 werden mit knapp 28 000 PJ/a 5,8% des Primärenergiebedarfs aus Windenergie gedeckt.

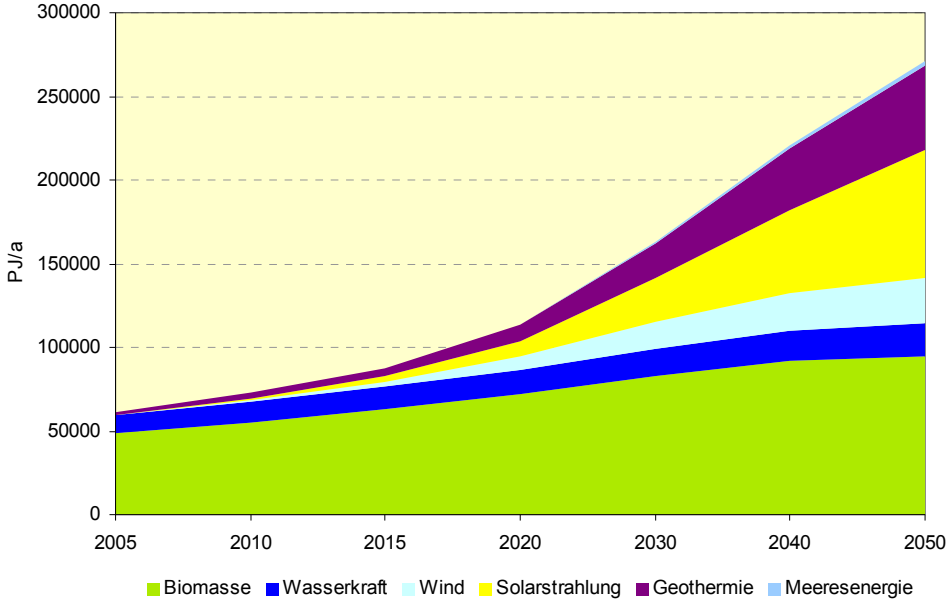


Abbildung 3-26: Beitrag EE zum Primärenergiebedarf im E[R]-Szenario.

Die Erzeugung von Strom wird im E[R]-Szenario mit großer Geschwindigkeit von EE übernommen. 2030 werden von 4540 GW installierten EE 14 000 TWh erzeugt, 2050 generieren 9100 GW schließlich 28 600 TWh, das sind 77,1% der für das Jahr prognostizierten globalen Stromerzeugung. Von 2005 bis 2030 wächst die Nutzung der EE im Durchschnitt um 5,9% jährlich (unter Berücksichtigung der Wasserkraft, ohne Wasserkraft sind es 13,6%), die Wachstumsraten nehmen ab 2030 sukzessive ab. Über den gesamten Zeitraum von 2005 bis 2050 verzeichnet der Sektor ein durchschnittliches Wachstum von 4,9% (ohne Wasserkraft: 9,5%) pro Jahr. Bis 2030 sind Wasserkraft und Windenergie die mit Abstand größten Stromerzeuger unter den EE. In den folgenden Jahrzehnten holen dann solarthermische Kraftwerke, Photovoltaik und Biomasse zunehmend auf und generieren 2050 fast die Hälfte des erneuerbaren Stroms (Tabelle 3-13, Abbildung 3-27, Abbildung 3-28).

© GWS mbH 2011

Tabelle 3-13: Beitrag EE zur Stromerzeugung im E[R]-Szenario.

	TWh, 2030	Anteil an Gesamt-erzeugung, 2030 (%)	Änderung 2005-2030 (% p.a.)	TWh, 2050	Anteil an Gesamt-erzeugung, 2050 (%)	Änderung 2030-2050 (% p.a.)
Wasserkraft	4430	15,2	1,7	5350	14,4	1
Biomasse	1830	6,2	8,6	3530	9,5	3,4
Wind	4400	15,1	16,2	7740	20,9	2,9
Photovoltaik	1350	4,6	30,6	4350	11,7	6
Solarthermische Kraftwerke	1170	4	32,1	5260	14,2	7,8
Geothermie	680	2,3	10,4	1710	4,6	4,7
Meeresenergie	150	0,5	25,1	680	1,8	7,8
Gesamt ohne Wasserkraft	9577*	32,9	13,6	23251*	62,4	4,5
Gesamt	14002*	48,1	5,9	28599*	77,1	3,6
* Abweichungen von der Tabellensumme in Folge der Rundung der Beiträge einzelner Technologien.						

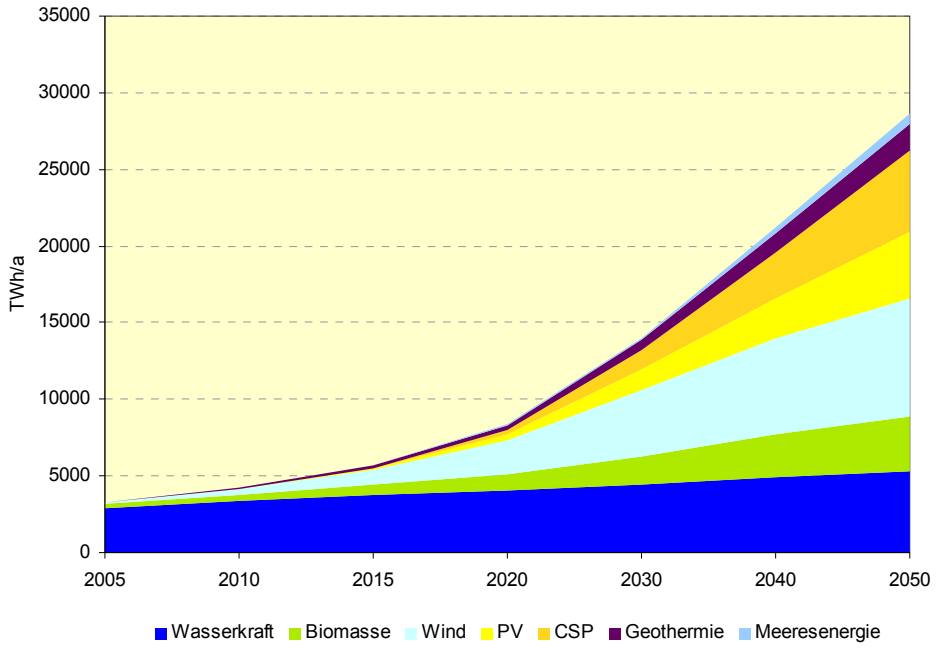


Abbildung 3-27: Beitrag EE zur Stromerzeugung im E[R]-Szenario.

© GWS mbH 2011

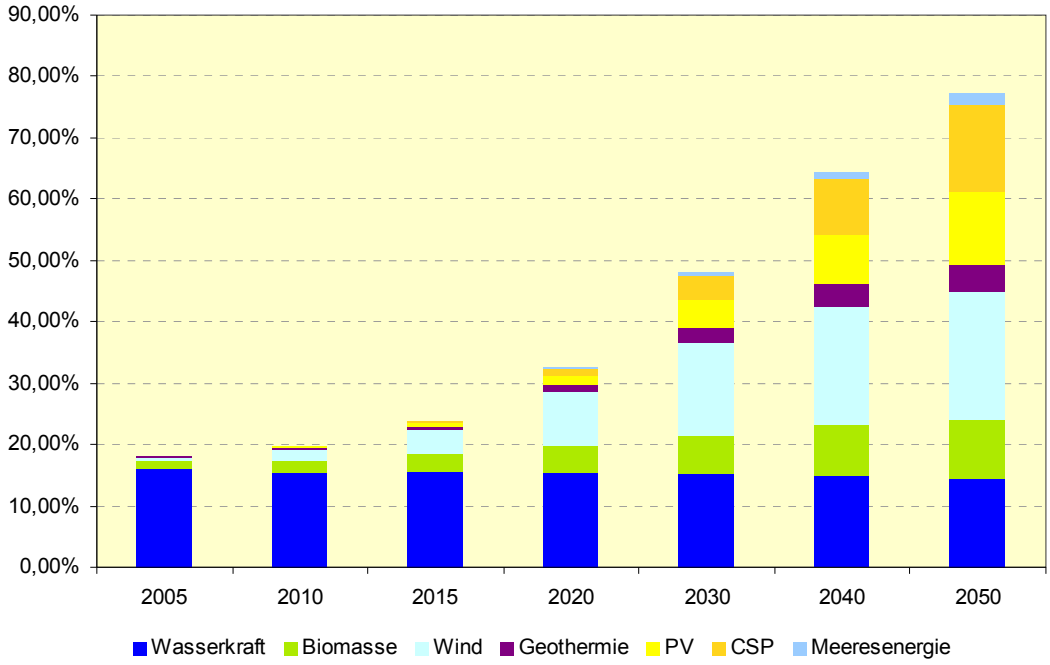


Abbildung 3-28: Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung im E[R]-Szenario.

Im Wärmesektor steigt der Bedarf im E[R]-Szenario von 136..400 PJ/a im Jahr 2005 zunächst bis 2030 auf 162.400 PJ/a an und sinkt nach 2040 bis zum Ende des Projektionszeitraums leicht auf 161 700 PJ/a. Der Beitrag der EE entwickelt sich dabei von 33.400 PJ/a im Jahr 2005 (24% der gesamten Wärmeerzeugung) auf 114.500 PJ/a (71%) im Jahr 2050. Zwischen 2010 und 2050 wächst die von EE erzeugte Wärme um durchschnittlich 2,8% pro Jahr. Solarkollektoren decken 2050 mit 41.900 PJ/a 26% der gesamten Wärmeerzeugung, zwischen 2010 und 2050 sind ihre Wachstumsraten mit 10% jährlich die höchsten. Die geothermische Wärmeerzeugung nimmt bis 2050 um durchschnittlich 8,4% pro Jahr zu, sie erreicht zur Mitte des Jahrhunderts die Größenordnung von 25.000 PJ/a. Diese bzw. eine noch stärkere Nutzung von Geothermie und Solarthermie hängt allerdings entscheidend von einem gleichzeitigen deutlichen Ausbau von Wärmenetzen ab. Absolut betrachtet ist der globale Beitrag der Biomasse mit 48.000 PJ/a (29,5% der gesamten Wärmeerzeugung) im Jahr 2050 am höchsten (und liegt damit in der gleichen Größenordnung wie die fossilen Energieträger), allerdings fallen die Wachstumsraten mit durchschnittlich 0,7% (2010-2050) nur noch sehr gering aus (Abbildung 3-29).

© GWS mbH 2011

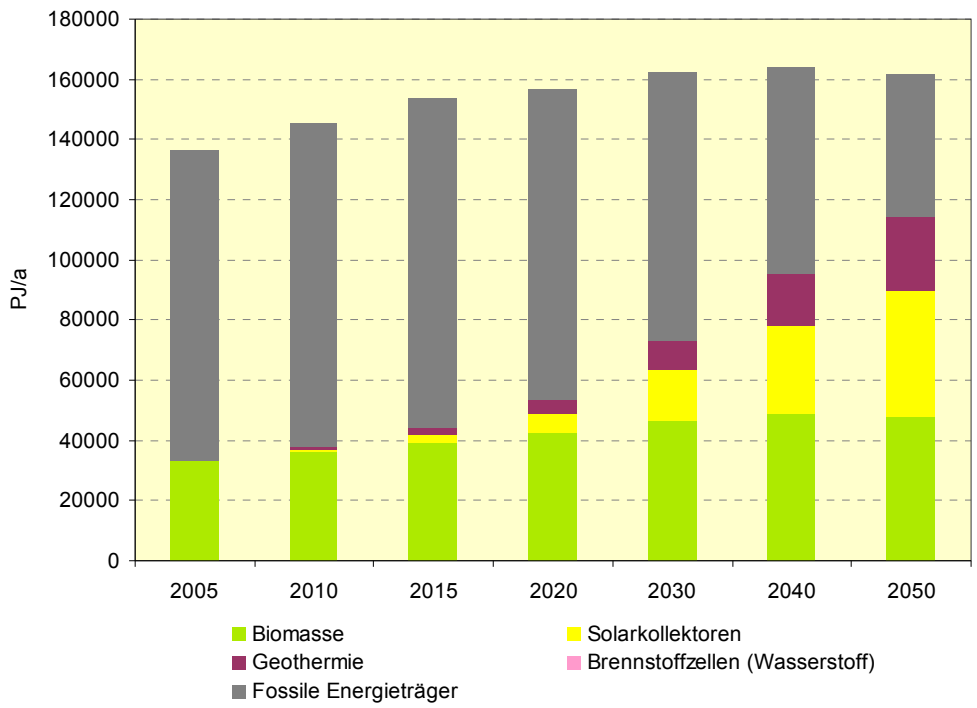


Abbildung 3-29: Wärmeerzeugung im E[R]-Szenario.

Im Verkehrssektor nimmt der Gesamtenergiebedarf im E[R]-Szenario von 83.900 PJ/a im Jahr 2005 auf 93 900 PJ/a bis 2015 zu. In den folgenden Jahren reduziert sich der Bedarf bis 2050 auf 83 300 PJ/a. EE spielen dabei zwar eine immer wichtigere Rolle, dennoch verbleiben sie mit 29.600 PJ/a (35,6% des Gesamtenergiebedarfs für Verkehr) bis 2050 auf einem niedrigeren Niveau als in den anderen Sektoren. Am stärksten ist zu dem Zeitpunkt EE-Strom mit 15.600 PJ/a bei Elektro- und Hybridfahrzeugen sowie bei mit Hilfe von EE-Strom gewonnenem Wasserstoff (1280 PJ/a) vertreten. Insbesondere wird Elektrofahrzeugen, die mit EE-Strom fahren, nach 2020 eine immer größeren Bedeutung im Transportsektor zukommen. Die Nutzung von Biokraftstoffen wächst zwischen 2010 und 2050 im Durchschnitt jährlich mit 5,1%, sie steuern bis zur Mitte des Jahrhunderts 12.800 PJ/a bei (Abbildung 3-30).

Die jährlichen CO_2-Emissionen nehmen im E[R]-Szenario von 24,4 Gt CO_2/Jahr bis zum Jahr 2015 auf 27,6 Gt CO_2/Jahr zunächst noch zu. Erst danach sinken sie kontinuierlich. 2030 werden 21 Gt CO_2 pro Jahr emittiert, 2050 sind es 10,6 Gt CO_2/Jahr. Die CO_2-Emissionen aus dem Stromsektor sinken dabei in Folge des zunehmenden Einsatzes von Technologien zur Nutzung EE und von Effizienzgewinnen am stärksten. Sie bleiben aber mit einem Anteil von 35% (2050) vor den verkehrsbedingten Emissionen mit einem Anteil von 33% die größte Quelle der weltweit energiebedingten CO_2-Emissionen.

© GWS mbH 2011

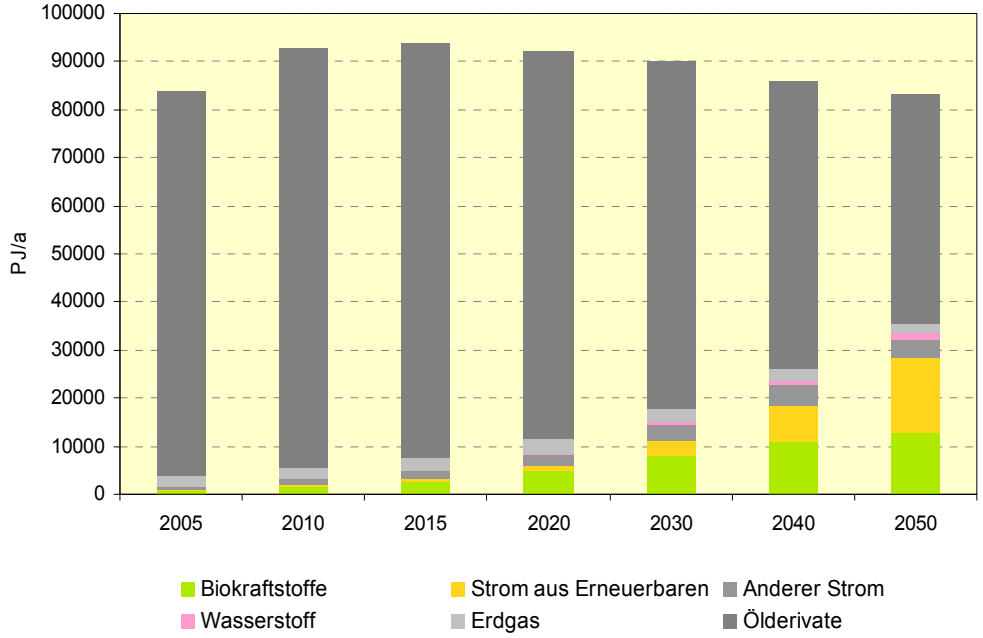


Abbildung 3-30: Entwicklung der Energieträger im Verkehrssektor im E[R]-Szenario.

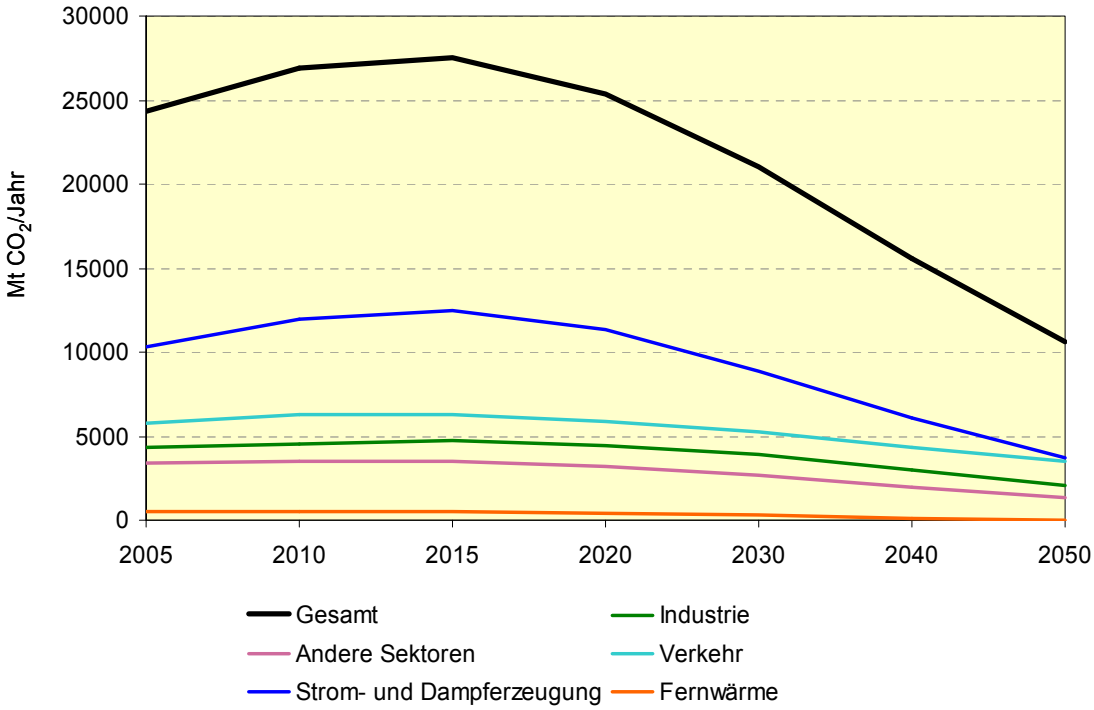


Abbildung 3-31: Entwicklung der CO_2-Emissionen im E[R]-Szenario.

Insgesamt belaufen sich die benötigten Investitionsmittel für die Transformation des Energiesystems im E[R]-Szenario bis 2030 auf 11,8 Billionen € (im Vergleich zum Referenzszenario sind dies um 2,7 Billionen Euro höhere Investitionen). Die jährlichen Investitionskosten liegen damit im Durchschnitt unter 1% des globalen Bruttoinlandsprodukts. 80% der Gesamtinvestitionen werden in Technologien zur Nutzung von EE getätigt, die übrigen 20% verteilen sich auf Kraft-Wärme-Kopplung und effiziente Gaskraftwerke. In

© GWS mbH 2011

den Stromsektor werden im Durchschnitt jährlich 470 Mrd. Euro investiert (vgl. auch Kapitel 3.7.4). Den Kosten bis 2030 stehen Einsparungen an fossilen Energieträgern im Wert von 15 Billionen Euro gegenüber.

3.7.3 Installierte EE-Leistungen und globales EE-Marktwachstum

Die zur Umsetzung des E [R]-Szenarios erforderliche Marktentwicklung der EE macht deutlich, dass trotz derzeit hoher Wachstumsraten einiger EE-Technologien, wie der Windenergie und der Photovoltaik, weltweit noch enorme und langdauernde Anstrengungen bei allen EE-Technologien erforderlich sein werden, um die in diesem Szenario angestrebten Beiträge der EE zur Einhaltung der Klimaschutzziele zeitgerecht zu erreichen. Derzeit (2008) liefert nur die Wasserkraft mit rund 945 GW installierter Leistung (davon „große“ Wasserkraft ca. 860 GW [REN 2009]) mit 16% einen nennenswerten Beitrag zur weltweiten Stromversorgung. Windenergie liegt hinsichtlich der Leistung mit 120 GW an zweiter Stelle, gefolgt von Biomasse mit rund 65 GW, Photovoltaik (Netz- und Inselversorgung) mit 16 GW und Erdwärme mit etwa 10 GW. An solarthermischen Kraftwerken waren Ende 2008 erst 0,5 GW und an Gezeiten- und Wellenenergie 0,3 GW in Betrieb. Diese EE-Technologien tragen zusammen derzeit weitere rund 2% zur globalen Stromversorgung bei. Mit rund 1 160 GW Gesamtleistung stellen die EE damit knapp 25% der insgesamt installierten weltweiten Kraftwerksleistung von 4 700 GW. Ohne große Wasserkraft sind es allerdings lediglich 6%.

Die erforderlichen Leistungszuwächse der Einzeltechnologien machen die Grafiken der Abbildung 3-32 deutlich. Während sich die Leistung der Wasserkraft bis 2050 „nur“ etwa verdoppelt, muss die Leistung der Biomassestromerzeugung auf 285 GW in 2030 und auf 620 GW in 2050 steigen. Für Erdwärme wird in 2050 von insgesamt 280 GW, für solarthermische Kraftwerke von 800 GW und für Gezeiten- und Wellenenergie von 190 GW (in Abbildung 3-32 in der Wasserkraft enthalten) ausgegangen. Für EE-Technologien mit deutlich geringeren Volllaststunden sind die zukünftig zu installierenden Leistungen deutlich größer. Bei der Windenergie ist ein Zuwachs auf 1 620 GW bis 2030 und auf 2 700 GW bis 2050 erforderlich, bei der Photovoltaik auf 920 GW in 2030 und auf 2 900 GW in 2050.

In der Wärmerzeugung wird davon ausgegangen, dass die traditionelle Biomassenutzung (deren Leistung in Abbildung 3-32 grob abgeschätzt ist) sukzessive durch moderne Biomassetechnologien ersetzt wird. Dies macht bis 2050 die Installation von rund 3 000 GW thermischen Leistung erforderlich (derzeit ~ 370 GW_{th}). Die thermische Leistung der Erdwärme (derzeit ~ 65 GW_{th}) wächst in ähnlicher Größe. Wie für die Photovoltaik auf der Stromseite ist bei den solarthermischen Kollektoren ein beträchtliches Wachstumspotenzial vorhanden. Es wird – ausgehend von derzeit ~150 GW_{th} – bis 2030 mit 6 600 GW_{th} und bis zur Jahrhundertmitte mit 15 000 GW_{th} installierter Kollektorleistung weitgehend ausgeschöpft.

© GWS mbH 2011

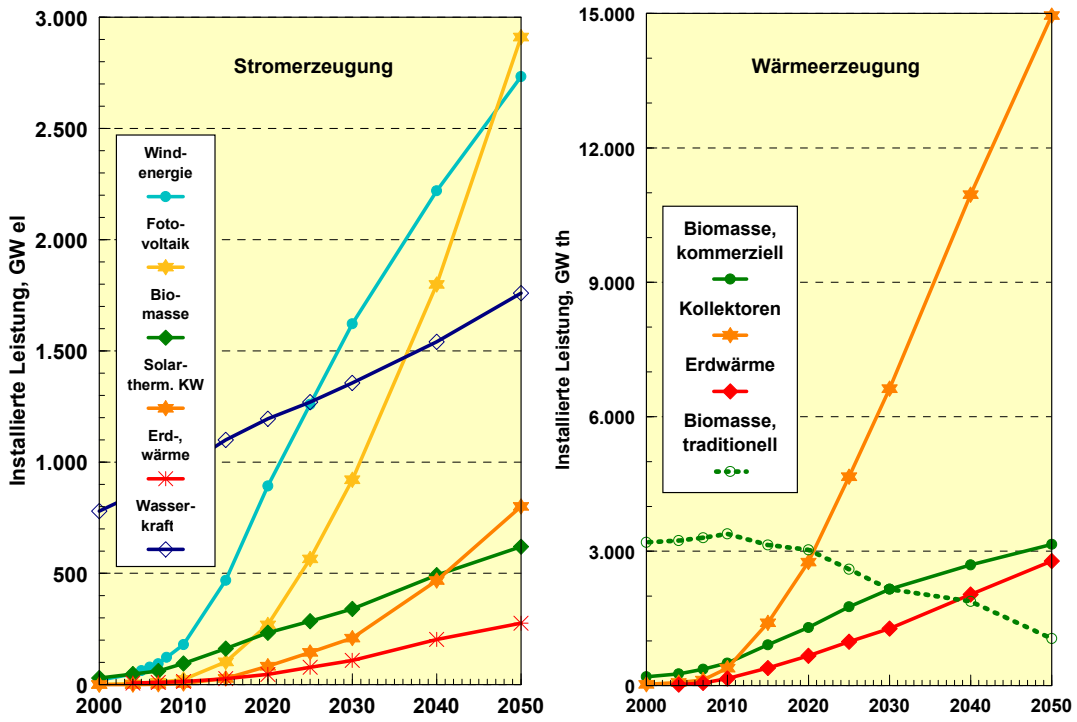


Abbildung 3-32: Erforderliches Wachstum der EE-Technologien zur Stromerzeugung (links) und Wärmeerzeugung (rechts) im Szenario „Energy (R)Evolution.

In der Gesamtbilanz haben somit die Technologien zur Nutzung der solaren Strahlung die größten Leistungszuwächse zu erbringen. Sie reichen – bezogen auf die derzeit installierte Leistung - vom 180-fachen bei der Photovoltaik bis zum rund 1000-fachen bei solarthermischen Kraftwerken und solarthermischen Kollektoren.

Die im E[R]-Szenario unterstellte Marktentwicklung, die zu obigem Zubau führt, zeigt, dass die EE im Laufe der nächsten 40 Jahre fossile Kraftwerke nahezu völlig vom Markt verdrängen werden. Derzeit werden jährlich rund 220 GW/a Kraftwerksleistung neu installiert, wovon gut 65 GW/a von EE stammen (davon 26 GW/a Wasserkraft; 27 GW/a Windenergie und knapp 6 GW/a Photovoltaik). Obige Technologien, ergänzt um Biomasse, Erdwärme und längerfristig auch Wellenenergie u. a. führen zu einem stetigen Wachsen des Marktvolumens auf rund 260 GW/a in 2030 und 430 GW/a in 2050. Der erforderliche jährliche Leistungszubau (einschließlich jeweiliger Ersatz von Altanlagen nach Ablauf der Nutzungsdauer) ohne Berücksichtigung der Wasserkraft beträgt in 2030 das Sechsfache des Wertes von 2008, in 2050 das Zehnfache. Insgesamt steigt die weltweit jährlich zu installierende Leistung, einerseits wegen der wachsenden Stromnachfrage, andererseits aber auch wegen der bei den meisten EE geringeren Volllaststundenzahlen im Vergleich zu fossilen Kraftwerken auf etwa das Doppelte des heutigen Wertes.

© GWS mbH 2011

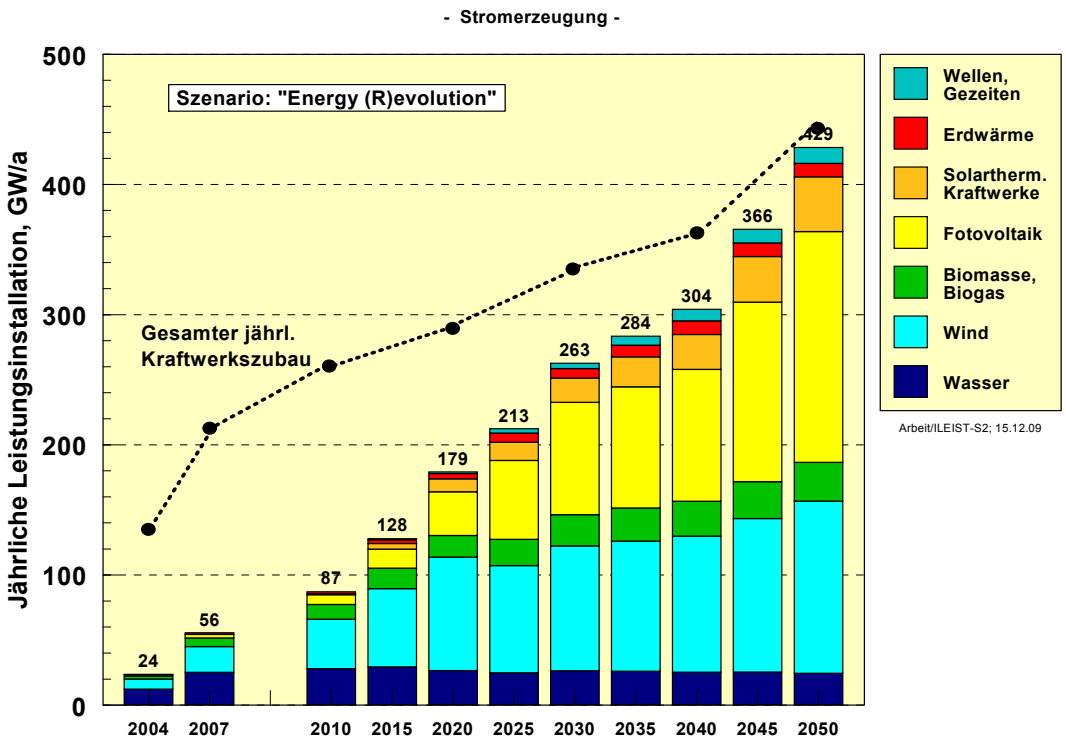


Abbildung 3-33: Jährliche Leistungsinstallation EE zur Stromerzeugung im E[R]-Szenario.

Ein beträchtliches Marktwachstum muss im Wärmemarkt eingeleitet werden, da dort der heutige Anteil der EE (ohne Berücksichtigung der traditionellen Nutzung von Biomasse) mit knapp 3% Anteil noch sehr gering ist. Insbesondere im Kollektormarkt werden bereits kurzfristig beträchtliche Zuwächse erforderlich. Langfristig muss der Kollektormarkt auf mehr als das Dreißigfache des heutigen Volumens ausgeweitet werden (Tabelle 3-14). Ein großer Teil der Anlagen muss der Raumwärmebereitstellung dienen, wozu auch netzgestützte Wärmeversorgungen mit saisonalen Wärmespeichern gehören. Im E[R]-Szenario wird auch davon ausgegangen, dass die traditionelle Biomassenutzung (~ 20% Anteil) weitgehend auf effizientere kommerzielle Technologien umgestellt wird. Insgesamt muss hier der jährliche Leistungszuwachs bis 2030 auf das Achtfache und bis 2050 auf das Zwölffache des Wertes von 2008 wachsen.

© GWS mbH 2011

Tabelle 3-14: Globaler jährlicher Zubau von EE-Technologien im E[R]-Szenario.

Jährlicher Leistungzubau nach Energietechnlogien, GW el/a, GW th/a												
	Wasser-kraft	Wind-energie	Foto-voltaik	Geo-thermie	Biomasse	SOT-KW	Gezeiten, Wellen	**Summe Strom**	Solar-kollekt.	Geo-thermie	Biomasse, komm.	**Summe Wärme**
2004	12,2	7,8	1,2	0,3	2,4	0,0	0,0	**23,8**	8,5	7,6	20,0	**36,1**
2007	25,2	19,8	2,7	1,3	6,7	0,1	0,0	**55,7**	19,9	12,9	42,8	**75,6**
2008*)	26,0	27,0	5,9	1,0	7,0	0,1	0,0	**67,0**	27,0	15,0	50,0	**92,0**
2010	28,0	38,0	7,5	1,6	11,3	0,9	0,1	**87,4**	88,1	34,9	59,6	**182,6**
2015	29,4	60,2	14,6	2,9	15,8	4,4	1,0	**128,3**	206,0	47,8	94,3	**348,1**
2020	26,5	87,2	33,6	4,1	16,6	10,0	1,4	**179,4**	274,4	56,0	90,5	**420,8**
2025	24,8	82,4	60,7	7,0	20,2	14,0	3,5	**212,4**	387,1	75,6	109,4	**572,0**
2030	26,4	95,9	86,3	7,3	24,1	18,8	4,2	**262,8**	462,8	78,3	124,8	**665,9**
2040	25,3	104,5	101,3	10,5	26,9	26,9	9,0	**304,1**	571,0	109,6	109,2	**789,9**
2050	24,4	132,4	177,3	10,4	29,8	42,1	12,4	**428,7**	730,8	138,2	163,3	**1032,4**

*) REN 2009; Sarasin 2009; Biomasse und Geothermiewärme eigene Schätzung

GLO-REG; 14.12.09

3.7.4 Investitionsvolumina des globalen Markts für erneuerbare Wärme- und Stromerzeugung

Aus den so abgeleiteten Marktvolumina können die zu erwartenden Investitionsvolumina eines wachsenden globalen EE-Marktes abgeleitet werden (Tabelle 3-14). Bereits heute werden jährlich rund 150 Mrd. €/a in EE-Technologien investiert. Davon stammen allerdings rund 60 Mrd. €/a von der Wasserkraft, weitere 30 Mrd. €/a trägt die Windindustrie bei. Bis 2030 wird im E[R]-Szenario, bei etwa gleichbleibenden Investitionen für Wasserkraft, das jährliche Investitionsvolumen auf knapp 600 Mrd. €/a steigen und bis 2050 auf knapp 900 Mrd. €/a. Den weitaus größten Anteil von 55% werden dann die solaren Technologien bewirken, gefolgt von der Windenergie. Das beträchtliche Wachstum des Investitionsvolumens der EE um das gut Fünffache (ohne Wasserkraft das Achtfache) kennzeichnet die Abkehr von der heutigen energierohstoffabhängigen Energieversorgung.

Im Stromsektor werden von den insgesamt 260 Mrd. €/a bereits 50% in EE investiert (Abbildung 3-34). In 2030 dominieren diese Technologien den Markt bereits mit knapp 60% (337 Mrd. €/a). Die drei wichtigsten Säulen der EE-Stromversorgung sind die Windenergie, die Photovoltaik und solarthermische Kraftwerke. Da in 2050 die EE-Stromproduktion bereits bei 80% liegt, werden im E [R]- Szenario nur noch geringe Investitionen in fossile Kraftwerke getätigt.

© GWS mbH 2011

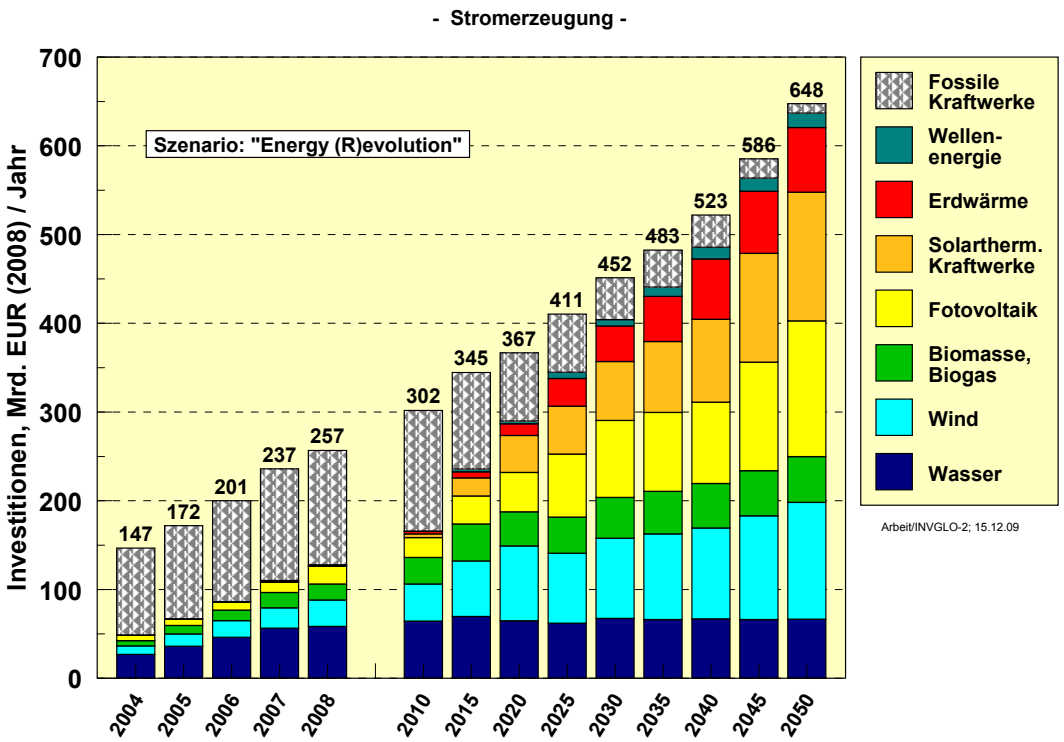


Abbildung 3-34: Jährliche Investitionsvolumina im Stromsektor nach EE-Technologien und für die verbleibende fossile Stromversorgung.

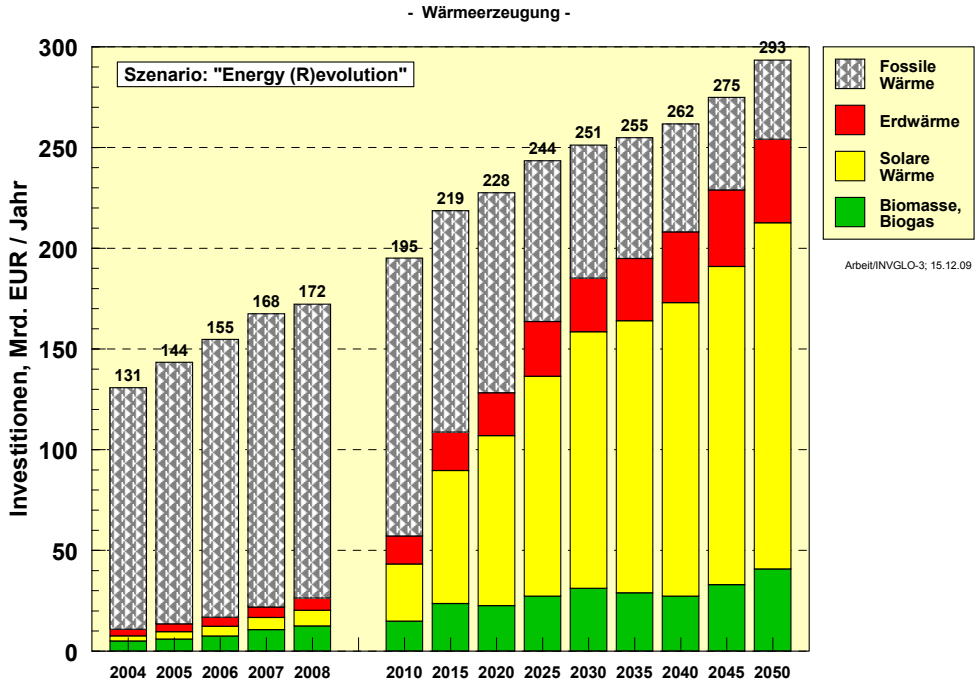


Abbildung 3-35: Jährliche Investitionsvolumina im Wärmesektor nach EE-Technologien und für die verbleibende fossile Wärmeversorgung.

Im Wärmemarkt dominieren derzeit noch eindeutig die Investitionen in die fossile Wärmeversorgung. Mit 26 Mrd. €/a (ohne Kosten der traditionellen Biomassenutzung) werden derzeit nur 14% im EE-Sektor investiert. Mit 128 Mrd. €/a in 2020 erreicht dieser Anteil im E[R]- Szenario bereits 58%. In 2050 dominieren die EE-Investitionen mit 86%

© GWS mbH 2011

Anteil. Zwei Drittel der EE-Investitionen stammen von solarthermischen Kollektoren. Dieser im Szenario unterstellte sehr rasche Strukturwandel des globalen Wärmemarktes stellt eine mindestens so große Herausforderung für die Weltgemeinschaft dar, wie der wesentlich stärker im Mittelpunkt stehende erforderliche Umbau der globalen Stromversorgung. Hierbei wird es vor allem darauf ankommen, dass in den Regionen mit größerem Heizwärmebedarf Kollektoreinzelanlagen und solarthermischen Nahwärmeversorgung mit möglichst hohen solaren Deckungsgraden selbstverständlicher Bestandteil der Siedlungs- und Gebäudeerrichtung werden. Die dafür erforderliche Marktdynamik muss noch durch geeignete Förderinstrumente unterstützt werden.

Im Stromsektor ist die Entwicklung bereits wesentlich dynamischer. Windenergie, Photovoltaik und die Nutzung von Biomasse zur Stromerzeugung zeigen deutliche Zuwachsraten. Solarthermische Kraftwerke erfahren in Südeuropa, Nordafrika und den USA soeben ihre „Wiedergeburt“. Weitere Technologien, wie die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie und aus Wellenenergie stehen in den „Startlöchern“. Hier wird es darauf ankommen, diese eingeleitete Entwicklung zu stabilisieren und die Wachstumsdynamik, die derzeit nur auf einige Weltregionen bzw. Staaten beschränkt ist, auf alle Kontinente auszudehnen.

Tabelle 3-15: Jährliche Investitionen in EE für die globale Strom- und Wärmeversorgung.

Jährliche Investitionen nach Energietechnlogien, Mrd. EUR/a													
	Wasser-kraft	Wind-energie	Foto-voltaik	Geo-thermie	Biomasse	SOT-KW	Gezeiten, Wellen	**Summe Strom**	Solar-kollekt.	Geo-thermie	Biomasse, komm.	**Summe Wärme**	**Gesamt**
2004	26,7	9,5	6,2	0,4	6,1	0,0	0,0	**48,9**	2,6	3,0	5,0	**10,6**	**59,5**
2007	56,3	23,1	11,8	1,7	17,3	0,4	0,0	**110,7**	6,0	5,2	10,7	**21,9**	**132,6**
2008	58,2	29,9	20,1	1,3	18,0	0,6	0,0	**128,0**	7,8	6,0	12,5	**26,3**	**154,3**
2010	64,3	42,0	22,5	2,9	30,0	4,3	0,4	**166,5**	28,4	13,9	14,9	**57,3**	**223,7**
2015	69,6	62,5	31,6	6,9	41,9	20,4	3,3	**236,1**	66,1	19,1	23,6	**108,8**	**345,0**
2020	64,6	84,7	44,5	13,1	38,6	41,8	3,3	**290,6**	84,4	21,3	22,6	**128,3**	**418,9**
2025	61,9	78,9	71,1	31,3	40,8	54,0	7,1	**345,0**	109,2	27,2	27,3	**163,8**	**508,8**
2030	67,3	90,5	86,9	40,0	46,0	66,3	7,4	**404,5**	127,4	26,6	31,2	**185,3**	**589,7**
2040	66,8	102,4	91,6	68,1	50,4	93,5	13,3	**486,2**	145,7	35,1	27,3	**208,1**	**694,3**
2050	66,4	131,8	153,0	72,9	51,7	145,0	16,4	**637,2**	171,8	41,5	40,8	**254,1**	**891,3**

GLO-REG; 14.12.09

3.7.5 Regionale Struktur des Weltmarkts für erneuerbare Energien

Generell werden die wesentlichen EE-Investitionen derzeit in drei Regionen getätigt (Abbildung 3-36). Dies sind OECD Europa („Übriges EUR“) mit besonderer Bedeutung von Deutschland, OECD Nordamerika (NAM) und China. In diesen drei Regionen wurden in 2008 rund 87% der Windenergieleistung, 86% der Photovoltaikleistung und 93% der Solarkollektorleistung installiert. Rund zwei Drittel der Gesamtinvestitionen (einschließlich der „großen“ Wasserkraft) fallen auf diese Regionen. Die Einzelmärkte zeigen jedoch beträchtliche strukturelle Unterschiede. Der Windenergiezubau ist mit jeweils 25 -30% relativ homogen auf diese Regionen verteilt.

© GWS mbH 2011

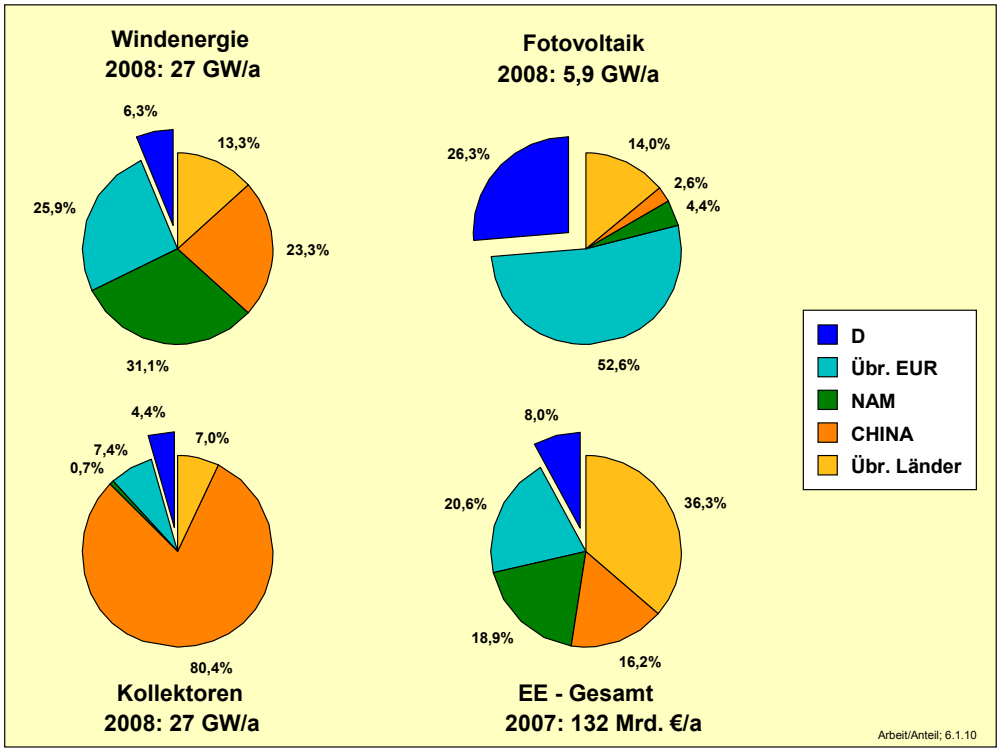


Abbildung 3-36: Regionale Struktur der globalen Märkte für Wind, Photovoltaik und Solarkollektoren (2008) und des EE-Gesamtumsatzes (2007); Quellen: [REN 2009; Sarasin 2009; eigene Berechnungen], Übr. EUR = OECD Europa ohne D; NAM = OECD Nordamerika.

Beim Photovoltaikzubau liegt ein eindeutiges Übergewicht in Europa (~ 80%) und im Besonderen in Deutschland mit mehr als einem Viertel des gegenwärtigen Weltmarkts. Der Kollektorzubau findet dagegen in besonderem Ausmaß in China statt (80%), in weitem Abstand gefolgt von Europa (11% einschl. D).

Von zentraler Bedeutung für eine deutliche Steigerung des jährlichen EE-Zubaus ist eine rasche Ausweitung der EE-Investitionen auf die noch „unterentwickelten“ Marktregionen der Welt unter Beibehaltung des hohen Zubauniveaus in den oben genannten Regionen. Dazu gehören das übrige Asien, Lateinamerika, Afrika, der Mittlere Osten und die osteuropäischen Länder einschließlich Russland. Im E[R]- Szenario stellt sich die zukünftige EE-Marktentwicklung wie in Tabelle 3-16 aufgeführt dar. In allen Ländergruppen wachsen die jährlich zuzubauenden Leistungen beträchtlich, die durchschnittlichen Wachstumsraten sind aber sehr unterschiedlich, so dass sich die Anteile entsprechend des zukünftig erwarteten Energieverbrauchs der einzelnen Region angleichen.

© GWS mbH 2011

Tabelle 3-16: Jährlicher EE-Zubau nach Ländergruppen (einschl. „große“ Wasserkraft) für die Strom- und Wärmeerzeugung im E[R] -– Szenario.

Jährlicher Leistungszubau nach Ländergruppen, GW/a													
Region	(1) NAM	(2) EUR	(3) TRAN	(4) CHINA	(5) IND	(6) Ü-AS	(7) LAM	(8) M-OST	(9) AFR	(10) PAZ	WELT	(2b) EUR ohne D	WELT ohne D
EE-Stromerzeugung, ges.													
2004	4,6	8,3	1,3	3,3	1,5	1,0	2,2	0,1	0,4	1,2	23,9	5,3	20,9
2007	11,4	16,5	3,0	8,3	3,4	3,2	4,2	0,6	2,4	2,6	55,8	13,3	52,5
2008											67,0		
2010	17,7	23,2	3,8	14,0	6,4	4,7	8,3	1,5	2,0	5,8	87,3	19,3	83,4
2015	28,7	28,3	6,4	22,1	8,8	7,1	11,4	3,9	3,1	8,5	128,3	24,5	124,6
2020	55,2	33,0	8,5	29,7	12,8	9,2	11,8	5,2	3,9	9,9	179,3	26,8	173,1
2025	54,4	27,6	13,1	42,2	14,9	14,1	13,6	11,2	8,9	12,5	212,5	21,5	206,4
2030	50,9	36,9	16,6	55,0	21,3	19,0	20,5	15,9	11,4	15,6	262,8	30,9	256,9
2040	59,3	36,6	21,0	63,5	28,9	20,8	23,6	18,9	11,9	19,7	304,1	31,1	298,7
2050	75,2	43,8	26,4	83,5	49,2	27,3	31,8	33,5	21,2	36,9	428,7	36,8	421,6
EE-Wärmeerzeugung, ges.													
2004	4,9	9,6	1,6	9,2	2,6	2,3	1,5	0,7	0,8	2,9	36,1	7,5	34,0
2007	15,2	19,7	3,2	20,6	4,2	3,5	3,0	1,3	1,3	3,8	75,7	16,3	72,3
2008											92,0		
2010	33,3	34,2	20,7	28,3	9,0	10,1	18,5	10,6	11,2	6,6	182,6	28,8	177,2
2015	67,7	47,9	44,9	38,0	26,0	31,0	26,0	22,5	24,8	19,6	348,3	40,1	340,4
2020	70,2	50,8	52,8	44,6	32,8	46,6	32,1	33,8	31,1	25,9	420,8	41,6	411,6
2025	127,4	90,2	60,1	57,1	55,7	52,2	29,5	39,6	33,6	26,8	572,1	81,0	562,9
2030	144,3	117,4	62,5	68,0	65,4	56,1	32,6	47,5	39,8	32,3	665,9	107,6	656,1
2040	115,7	107,7	63,1	151,0	67,8	60,0	43,3	88,0	55,7	37,3	789,6	93,5	775,5
2050	112,4	119,4	106,3	178,8	93,3	92,6	55,8	143,8	79,2	50,8	1032,4	103,1	1016,1

GLO-REG; 14.12.09

Die Definition der Ländergruppen/Regionen entspricht derjenigen des World Energy Outlooks [IEA 2008; Krewitt et al. 2008].

In 2007 wurden 30% der stromerzeugenden und 26% der wärmeerzeugenden EE-Anlagen in EUR (OECD Europa) installiert. In 2030 betragen die Marktanteile noch 14% bzw. 17% und in 2050 noch 10% bzw. 12%. China und Indien steigern dagegen ihren Anteil deutlich. Im Stromsektor steigt der Anteil der jährlichen Leistungsinstallation in diesen beiden Ländern von derzeit 21% auf 29% in 2030 und noch auf 31% in 2050. Im Wärmesektor sinkt der bereits hohe Anteil von 32% nur gering auf 26%. Auch der mittlere Osten und Afrika steigern ihre Marktanteile an den zukünftigen Leistungsinstallationen der EE. Die Verschiebungen werden noch deutlicher, wenn man die EE- Leistungsinstallation ohne die „große“ Wasserkraft betrachtet. Aus diesen Annahmen zur Entwicklung der regionalen EE-Märkte folgt die in Abbildung 3-37 aufgeführte regionale Verteilung der globalen EE-Investitionen für die Strom- und Wärmeerzeugung (vgl. auch Tabelle 3-15).

© GWS mbH 2011

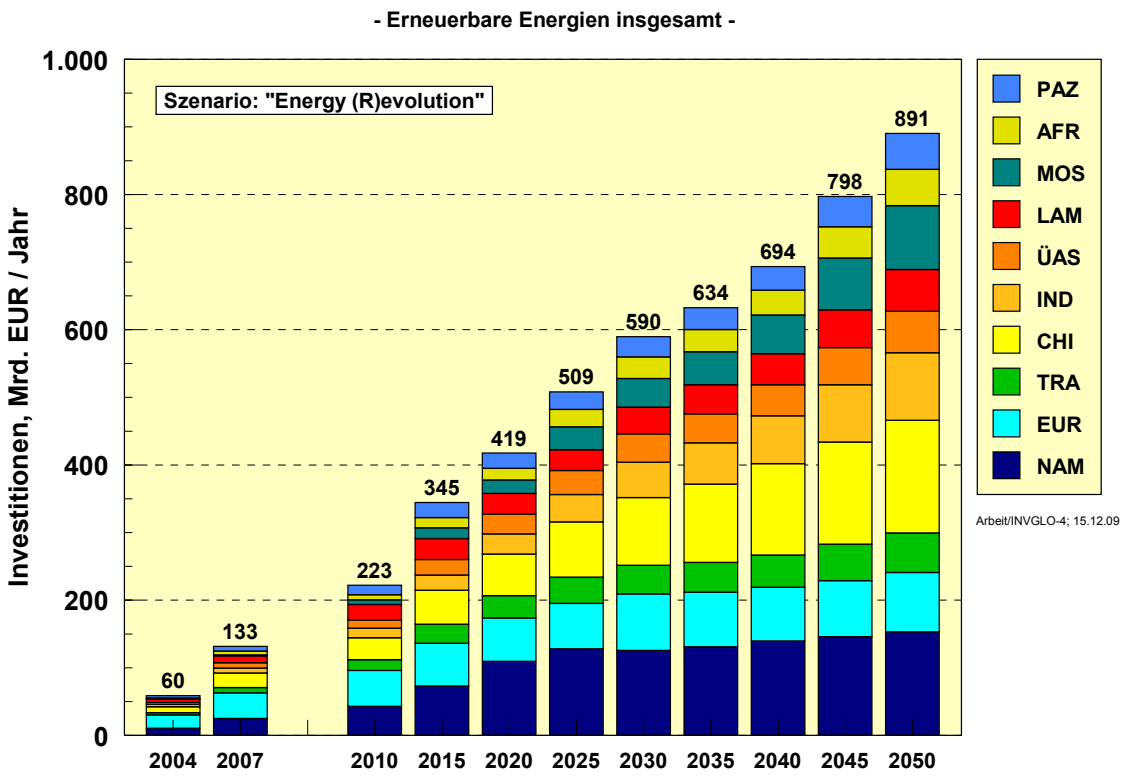


Abbildung 3-37: Globale Investitionen in EE-Technologien zur Strom- und Wärmeerzeugung nach Ländergruppen.

Bis 2020 wachsen die jährlichen EE-Investitionen global mit durchschnittlich 8,8%/a. Überdurchschnittliche Wachstumsraten haben insbesondere die Märkte in Afrika und Mittlerer Osten mit 12,5%/a, in Nordamerika und in den osteuropäischen Transformationsländern mit 11%/a und im Übrigen Asien (einschl. Indien) mit 10%/a. Im Durchschnitt liegen China, Lateinamerika und die OECD Pazifik. Der europäische Markt wächst „nur“ noch mit 4 %/a, der deutsche mit 2,3%/a. Vom Gesamtvolumen gesehen, ist der nordamerikanische Markt bis 2020 mit 110 Mrd. €/a der umfangreichste, gefolgt von China und OEDC Europa mit je rund 65 Mrd. €/a. Nach 2020 sind der europäische und der nordamerikanische Markt weitgehend gesättigt (mittlere Wachstumsraten 2020 – 2050 von ~ 1%/a), während der Weltmarkt weiter mit durchschnittlich 2,5%/a wächst. Stark überdurchschnittlich wächst in dieser Periode der Markt in Afrika und dem Mittleren Osten mit 4,6%/a. Auch die mittleren Wachstumsraten der asiatischen Märkte (China, Indien, Übr. Asien) sind mit 3,3%/a noch relativ hoch. China ist in 2050 der größte Einzelmarkt mit knapp 170 Mrd.€/a, Indien und das Übrige Asien kommen zusammen auf 160 Mrd. €/a, gefolgt vom OECD Nordamerika mit 150 Mrd. €/a. Ebenso groß ist der afrikanische Markt (einschließlich Mittlerer Osten). In OECD Europa werden dann „nur“ noch knapp 90 Mrd. €/a an EE-Investitionen umgesetzt.

Die erläuterten Wachstumsraten und Gesamtvolumina des zukünftigen globalen Energiemarkts entsprechend dem E[R]-Szenario machen deutlich, dass der deutsche und der europäische EE-Markt derzeit von großer Bedeutung sind. 8% der globalen EE-Investitionen wurden in 2007 in Deutschland getätigt, knapp 30% in OECD Europa. Bei dem angestrebten weltweiten Ausbau der EE werden diese Anteil bereits bis 2020 auf 3,5 % (Deutschland) bzw. 15% (OECD Europa) sinken und im Jahr 2050 bei 1,9% (D) bzw.

© GWS mbH 2011

10% liegen. Will die deutsche EE-Branche, die derzeit einschließlich ihrer Exporte rund 14% der globalen EE-Investitionen tätigt, in ähnlichem bzw. möglichst gering sinkendem Ausmaß an dem zukünftig deutlich wachsenden globalen EE-Markt teilnehmen, so muss sie ihr Augenmerk besonders auf die in den nächsten Jahrzehnten überdurchschnittlich wachsenden Regionalmärkte richten. Da der Inlandsmarkt nach dem rasanten Wachstum der letzten Jahre nur noch relativ gering wächst (vgl. Abschnitt 3.3), sind Erfolge in diesen Märkten von besonderer Bedeutung für das weitere Wachstum der einheimischen EE-Branche.

© GWS mbH 2011

4 CHANCEN DEUTSCHER EE-UNTERNEHMEN – VOM WELTMARKT ZUM WELTHANDEL

4.1 EINLEITUNG

Exporte stellen für Deutschland einen besonders wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. Im Krisenjahr 2009 wurde diese Tatsache kontrovers diskutiert und die hohe Exportabhängigkeit der deutschen Wirtschaft zunehmend kritisiert (vgl. Horn et al. 2010), im Wachstumsjahr 2010 wurde die besondere Bedeutung der Exporte als Treiber der anziehenden Konjunktur erneut positiv vermerkt. Das Statistische Bundesamt vermerkt im November 2010, dass „der Außenhandel () auch im dritten Vierteljahr 2010 den Aufschwung der deutschen Wirtschaft (stützte): Die Exporte von Waren und Dienstleistungen (+ 2,3%) stiegen zum Vorquartal etwas stärker als die Importe (+ 1,9%), sodass der Exportüberschuss (Außenbeitrag) einen Wachstumsbeitrag von 0,3 Prozentpunkten am BIP hatte“.

Bei genauerer Untersuchung zeigt sich, dass es nur wenige Gütergruppen sind, die mehr als die Hälfte der deutschen Exporte ausmachen. Allen voran tragen die Kraftwagen und Kraftwagenteile mehr als 17% der gesamten deutschen Exporte (StaBuA 2006), gefolgt vom Maschinenbau (12,5%), den chemischen Erzeugnissen (11,4%), den Metallen (5,6%) und den Geräten zur Elektrizitätserzeugung und -verteilung (4,4%). Insgesamt tragen diese fünf Gütergruppen im Jahr 2006 458,03 Mrd. Euro zum Export in Höhe von 890,77 Mrd. Euro bei. Bei der Kraftwagenproduktion entfielen 61% im Jahr 2006 auf den Export, in der Chemischen Industrie werden inzwischen über 80% der Waren für den Export gefertigt.

Der weltweite Handel hat sich in den Jahren zwischen 2000 (6.218 Mrd. US-$) und 2007 (13.261 Mrd. US-$) (StaBuA 2009a) mehr als verdoppelt. Die aktuelle weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise hat zwar zu einem temporären Einbruch des Welthandels geführt, allgemein wird jedoch erwartet, dass sich der langfristige Trend der Ausweitung des Welthandels weiter fortsetzen wird.

In diesem Zeitraum der Verdopplung des Welthandels konnte der Anteil Deutschlands am Welthandel sogar noch leicht gesteigert werden (UN 2008), d.h. die Exporte haben sich von ca. 550 Mrd. US-$ (2000) auf 1.323 Mrd. US-$ (2007) nahezu verdreifacht, während sich die Importe Deutschlands von 495 Mrd. US-$ auf 1.055 Mrd. US-$ etwas mehr als verdoppelten. Die Differenz zwischen Ex- und Importen, der Außenbeitrag, hat sich in der Vergangenheit in der Tendenz ständig vergrößert. Im Krisenjahr 2008 sind die deutschen Exporte auf 994,9 Mrd. Euro angestiegen und damit langsamer gewachsen (3,1%) als die Importe, die um 6,3% auf 818,6 Mrd. Euro anstiegen (StaBuA 2009b) und den Handelsbilanzüberschuss um fast 10% senkten.

Die Bedeutung des Exports für die Herstellung von Geräten zur Elektrizitätserzeugung und -verteilung scheint sich in den Exportaktivitäten der Branchen der EE-Technologien fortzusetzen. Auf diesen Märkten haben die deutschen Unternehmen in den vergangenen Jahren erhebliche Anteile erzielt. Ziel dieses Kapitels ist es, eine Methode zu entwickeln und zu testen, nach der sich zukünftige Exporttätigkeiten bei gegebenen Weltmarktentwicklungen anhand transparenter Parameter abschätzen lassen. Die wesentlichen Kenngrößen hierbei sind die Entwicklung des Welthandels mit EE-Technologien und die zukünfti-

© GWS mbH 2011

gen Anteile deutscher Unternehmen an diesem Welthandel. Beide Kenngrößen werden zunächst für 2007 konsistent abgeleitet und dann in verschiedenen Szenarien für die Zukunft fortgeschrieben. Die Entwicklung der Exporttätigkeit stellt einen wichtigen Input zur Abschätzung der zukünftigen gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien dar (vgl. Kapitel 5). Sie zeigt auf, welchen Chancen und Risiken die teilweise noch recht jungen Industrien unterworfen sind und wie sich Welthandelsanteile unter anderem auch im Vergleich mit maturierteren Wirtschaftsbereichen entwickeln können.

4.2 Bestehende Ansätze zur Schätzung von Exporten von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien

Die amtliche Statistik liefert keine belastbare Grundlage zur Abschätzung der Exporttätigkeit deutscher Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, der Komponentenhersteller sowie der Hersteller von Produktionsanlagen und der mit der Herstellung verbundenen Dienstleistungen. Zum einen existiert keine systematische Abgrenzung dieser Anlagen in den internationalen Handelsstatistiken und auch in den deutschen statistischen Systematiken ist die Branche Teil anderer Wirtschaftszweige. So werden die Anlagenhersteller zum Teil in der Herstellung von Geräten zur Elektrizitätserzeugung und -verteilung, im Maschinenbau, in der Elektrotechnik und in der Feinmechanik geführt. Internationale Handelsstatistiken wie etwa die Comtrade-Datenbank[1] weisen Gütergruppen aus, die entweder weiter definiert sind und etliche nicht dem EE-Bereich zurechenbare Güter enthalten oder eben enger definiert sind und sich nur mit Teilaspekten von EE-Anlagen decken. Dieses Problem tritt bei der ex post Analyse auf und kann sich verstärkt bei Projektionen eines zukünftigen Verlaufs auswirken.

Da sich das Bewusstsein für die zunehmende Bedeutung von Exporten für die EE-Branche jedoch verstärkt einstellt, wurden verschiedene Schätzansätze für diese Exporte entwickelt. Grundsätzlich kann man zwischen angebotsorientierten und nachfrageorientierten Schätzansätzen zukünftiger Entwicklungen unterscheiden. Bei der angebotsorientierten Vorgehensweise werden in der Regel auf der Basis von Marktstudien bzw. Unternehmens- und Verbanderhebungen die Absatzchancen aus Sicht der Unternehmen/Wettbewerber abgeschätzt. Ein Problem kann die Selbstüberschätzung eigener Absatzchancen im Wettbewerb sein, so dass oft ein (zu) optimistisches und unter Umständen nicht konsistentes Bild der zukünftigen Entwicklung entsteht. Hinzu kommt, dass international aufgestellte Unternehmen ihre internationalen Absatzchancen aus Unternehmenssicht – unabhängig vom konkreten Produktionsstandort – darstellen.

Beispiele für angebotsorientierte Abschätzungen sind die Schätzungen der Branchenvertreter wie der Solarindustrie oder der Windindustrie. So hat die Solarindustrie in der PV-Roadmap (BSW 2010) Marktanteile für die deutschen PV-Unternehmen von 20% auf den europäischen Märkten, 7% im Rest der Welt und 46% auf den heimischen Märkten angenommen und errechnet so ein Exportvolumen bis 2020 von 8,5 Mrd. €.

[1] Handelsdatenbank der Vereinten Nationen, die Informationen und Daten der International Merchandise Trade Statistics (IMTS) und der International Merchandise Trade Statistics Section (IMTSS) der statistischen Abteilung der Vereinten Nationen (UNSD) enthält. http://comtrade.un.org/

© GWS mbH 2011

Bei der nachfrageorientierten Vorgehensweise bilden – in der Regel szenarienbasierte – Projektionen über die (weltweite) Nachfrage, z. B. die Investitionsnachfrage nach Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, den Ausgangspunkt der Überlegungen.

In BMU (2006) wurde aus verschiedenen internationalen Szenarien die weltweiten Investitionen und somit die Entwicklung des Weltmarktes abgeleitet. In Szenarien wurden verschiedene mögliche Entwicklungen für den Anteil Deutschlands am Weltmarkt diskutiert. Durch Abzug der inländischen Investitionen, sowie der Berücksichtigung der Importe, lassen sich die Exporte ableiten. Neue Abschätzungen auf der Basis des Energy [r]evolution Szenarios und des aktuellen Leitszenarios liegen wieder vor. Allerdings berücksichtigt diese Vorgehensweise die zunehmende heimische Wertschöpfung in verschiedenen Regionen nicht in systematischer Weise. Die Untersuchung BEE (2009) folgt diesem Ansatz, unterlegt ihn jedoch mit einem eigenen Ausbauszenario.

In EMPLOY RES (2008) erfolgt die Abschätzung der Exporte anhand des Ausbaus der erneuerbaren Energien. Hierfür werden jährliche Investitionen in EE, die mittels des Simulationsmodells Green-X für energiepolitische Instrumente ausgewiesen werden, zugrunde gelegt. Green-X prognostiziert die Entwicklung des Einsatzes von EE in Abhängigkeit der unterstellten energiepolitischen Rahmenbedingungen und Szenarien unter Berücksichtigung der Interaktionen zwischen den Energiesektoren Strom, Wärme und Verkehr auf Länder- und EU-Ebene. Innerhalb des Modells werden die wichtigsten regenerativen Erzeugungstechnologien in den betrachteten Energiesektoren auf Länderebene mit Hilfe von dynamischen Kosten-Potenzialkurven abgebildet. Darüber hinaus erfolgt die Modellierung des technologischen Wandels, d.h. der dynamischen Kosten- und Effizienzentwicklung sowie Berücksichtigung verschiedener Aspekte der Technologiediffusion durch Berücksichtigung nicht-ökonomischer dynamischer Barrieren. Der Aufbau des Modell ist so gestaltet, dass sowohl preisorientierte (z.B. Einspeisetarife, Ausschreibungsverfahren, Investitionszuschüsse, Steueranreize) als auch mengenorientierte Strategien (z.B. Quotensystem in Kombination mit handelbaren Grünstromzertifikaten) analysiert werden können. Für eine detaillierte Beschreibung des Modells sei auf „http://www.green-x.at“ verwiesen.

Die in GreenX ausgewiesenen jährlichen Investitionen in verschiedene EE Technologien werden in Komponenten zerlegt, die entweder global gehandelt oder eher regional bzw. lokal gehandelt werden können. Globale Komponenten sind diejenigen, deren tatsächliches Handelsmuster stark vom Handelsmuster des entsprechenden Wirtschaftszweiges abweicht (bspw. Stromerzeugungsanlagen auf Basis Wind), während bei lokalen Komponenten vom allgemeinen Exportmuster des jeweiligen Wirtschaftszweiges rückgeschlossen wird. Für die global gehandelten Komponenten werden Marktanteile ermittelt, anhand derer das Produktionsvolumen Deutschlands am internationalen Investitionsbedarf für EE-Anlagen abgeleitet wird. Nach Abzug der für die inländische (deutsche) Nachfrage produzierten Anlagen an der gesamten inländischen Komponentenproduktion für EE-Anlagen, zeigt die Differenz den Export Deutschlands in die Welt auf (vgl. dazu Abbildung 4-1). Die Berechnung der Importe basiert auf einer ähnlichen Vorgehensweise. Nach Abzug der im Inland produzierten Komponenten für die inländische Nachfrage nach Wind- und PV-Installationen von den gesamten inländischen Investitionen in die jeweiligen EE-Technologien ergeben sich die Importe je Land.

© GWS mbH 2011

Abbildung 4-1: Berechnungsschema für die Ermittlung der Exporte globaler EE-Komponenten, zuletzt in EMPLOY-RES.

Als global gehandelte Technologien werden Photovoltaik und Windkraft betrachtet. Der Handel lokaler Komponenten wird auf Basis der bilateralen Handelbeziehungen abgeschätzt. Über die Verflechtung der Handelsmatrizen mit dem Input-Output-Modell finden die regional gehandelten Komponenten, die nicht separat ausgewiesen werden, Eingang in die jeweilige nationale Produktion. Bei diesem Ansatz lassen sich somit die Exporte der global gehandelten Komponenten explizit ausweisen, während der Handel der lokalen Komponenten direkt in die Produktion mit einfließt und nicht explizit ausweisbar ist. Die berechneten Exporte bei PV und Windkraft reflektieren nicht den tatsächlichen Handel sondern im gewissen Sinne „Nettoexporte“, d.h. Warenströme, die sich nach Abzug der Nachfrage nach inländischer Produktion in Deutschland ergeben.

4.3 Weltmarkt – Welthandel – Export – ein neuer Ansatz

Die Exportchancen Deutschlands im Bereich der Umwelt- und Klimaschutzgüter auf der Basis eines nachfrageorientierten Schätzansatzes wurden in einer Studie von Blazejczak, Edler (2008) untersucht. Die hier vorgeschlagene methodische Vorgehensweise orientiert sich teilweise an dem dort angewandten Schätzansatz. [1]

Die methodische Herausforderung im Hinblick auf die Abschätzung der Exportchancen besteht darin, die weltweite Nachfrage zunächst dahin zu differenzieren, welche Teile der Nachfrage im jeweiligen Wirtschaftsraum aus eigener Produktion bedient wird (local content) und welcher Teil international gehandelt wird. Eine zweite wichtige Herausforderung besteht darin, den Anteil Deutschlands am Welthandel nach Regionen und Technologien abzuschätzen.

Der Ansatz in den vorliegenden Überlegungen ist von dem bei Blazejczak, Edler (2008) abgeleitet und an die besondere Fragestellung bei den erneuerbaren Energien angepasst worden. Abbildung 4-2 zeigt eine Übersicht der Vorgehensweise.

[1] Allerdings basierte die Untersuchungen auf anderen Ausgangsdaten und betrachtete nicht Weltregionen (Ländergruppen) sondern einzelne Länder. Vgl. zur verwendeten Methodik auch Blazejczak, Braun, Edler 2009.

© GWS mbH 2011

Abbildung 4-2: Systematik zur Abschätzung deutscher Exporte von EE-Technologien.

Die Abgrenzung der weltweiten Investitionen und somit auch des gehandelten Teils und der deutschen Welthandelsanteile folgt im Wesentlichen dem Technologieraster der Befragungsdaten, da mit diesen Daten eine hervorragende empirische Grundlage zur Kalibrierung gelegt wurde. Somit werden 6 stromerzeugende und 4 wärmerzeugende Technologien unterschieden und für die Photovoltaik und die Windenergie auch die Komponentenhersteller explizit abgebildet.

4.3.1 Kalibrierung des Schätzansatzes für das Jahr 2007

4.3.1.1 Abschätzung des Weltmarkts für EE-Technologien

Ziel der Abschätzung ist eine Szenarien basierte Fortschreibung der Exporte von EE-Technologien auf Basis der vorliegenden Erkenntnisse für das (ex-post) Jahr 2007 bis zum Jahr 2030. Hierzu wird ein Mengengerüst benötigt, das die weltweiten Installationen und die damit verbundenen Investitionen in erneuerbare Energien beschreibt. In Kapitel 3 wurden verschiedene globale Szenarien vergleichend dargestellt. Insbesondere wegen seines Detaillierungsgrads hinsichtlich der Weltregionen und hinsichtlich der EE-Technologien, fiel die Wahl auf das Energy [r]evolution Szenario. Dieses Szenario wurde mit Hilfe von Informationen zu den spezifischen Investitititionskosten der jeweiligen Anlagen in eine 10 x 10 Matrix von Investitionen in die Anlagen nach 10 Technologien und 10 Weltregionen übertragen. Diese Datenbasis liegt sowohl für 2007 wie auch für die Folgejahre bis 2030 vor. Es bietet sich daher methodisch an, die weltweiten Investitionen für 2007 anhand zusätzlicher verfügbarer statistischer Quellen und den Daten aus der eigenen Erhebung in ein Welthandelsvolumen zu überführen und die Handelsanteile deutscher Unternehmen zu bestimmen. Zur Abschätzung zukünftiger Entwicklungen werden dann die Anteile weltweit gehandelter Mengen und die deutschen Handelsanteile fortgeschrieben und mit den durch das Mengengerüst vorgegebenen Investitionen – dem Weltmarkt – multipliziert. So ergeben sich die Entwicklungspfade deutscher Exporte.

Die Investitionsmatrix enthält in den Zeilen die stromerzeugenden Technologien

- Wasserkraft,
- Windenergie,

© GWS mbH 2011

- Photovoltaik,
- Tiefengeothermie,
- Gezeiten und Wellenkraft (die jedoch in 2007 nicht berücksichtigt wird) und
- Solarthermie

sowie die wärmeerzeugenden Technologien

- Kollektoren,
- Wärmepumpen und
- kommerzielle Biomasse (in Unterscheidung zur traditionellen Biomassenutzung).

Die Weltregionen sind in den Spalten aufgeführt und werden unterschieden in

- OECD Nordamerika (NAM) mit Kanada, Mexiko und den USA.
- OECD Europa (EUR) mit allen europäischen OECD Ländern, allerdings ohne Deutschland, da nur Zielländer für deutsche Exporte berücksichtigt werden.
- Transformationsländer (TRAN), alle osteuropäischen Länder und die Länder der GUS ohne die Slowakische und die Tschechische Republik, die in OECD Europa enthalten sind.
- China (CHINA)
- Indien (IND)
- Übriges Asien (Ü-AS) ohne China und Indien
- Lateinamerika (LAM) mit allen Süd- und Mittelamerikanischen Ländern und den Karibikinseln.
- Naher Osten (N-OST)
- Afrika (AFR)
- OECD Pazifik (PAZ) mit Australien, Japan, Neuseeland und Südkorea.

Die Summe dieser Investitionen ergibt den Weltmarkt für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Danach wurden im Jahr 2007 weltweit 133 Mrd. € in EE-Technologien investiert. Die höchsten Investitionen wurden mit 28 Mrd. € in Europa getätigt. Danach folgen Nordamerika mit 25 Mrd. € vor China mit 21 Mrd. €. Abbildung 4-3 zeigt eine Übersicht der im Jahr 2007 getätigten Investitionen (ohne Investitionen in Deutschland) nach Technologien und Weltregionen.

© GWS mbH 2011

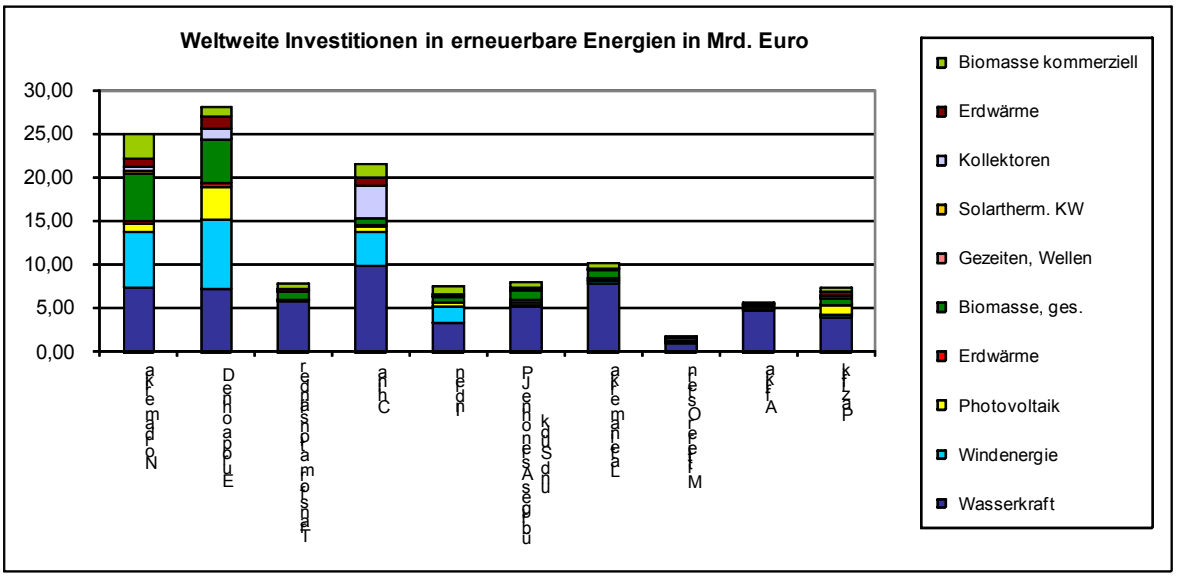


Abbildung 4-3: Weltweite Investitionen in erneuerbare Energien 2007 (Mrd. Euro), Quelle: Energy [r]evolution (eigene Berechnungen).

Bei den stromerzeugenden Technologien liegt weltweit die Wasserkraft vorne, gefolgt von den Investitionen in die Windenergie. In der Region NAM und auch in Europa zeigen sich darüber hinaus erhebliche Investitionen in Biomasseanwendungen zur Stromerzeugung. Im Wärmebereich liegt die Biomasse ebenfalls in NAM weit vorne, China hingegen setzt eher auf Solarkollektoren. In den übrigen Regionen sind die Investitionen in Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien gering. Die IEA (IEA 2010) weist für denselben Zeitraum Investitionen in erneuerbare Energien im Umfang von ca. 105 Mrd. US$ aus, allerdings folgt sie einer etwas anderen Abgrenzung. Zum einen sind Investitionen in große Wasserkraft (95 Mrd. US$ in Wasserkraft insgesamt in Energy [r]evolution) und Biokraftstoffe nicht enthalten, zum anderen werden von Bloomberg New Energy Finance, auf die die IEA sich in diesem Abschnitt beruft (IEA 2010 S. 285), Zahlungseingänge für Projekte gewertet und nicht Anschlussdaten. Dadurch kommt es gelegentlich zu einem anderen Buchungsdatum eines Projektes. Addiert man zu den 105 Mrd. $ einen Anteil der großen Wasserkraft, so liegt man in einer sehr ähnlichen Größenordnung mit 181 Mrd. $ gegenüber 189 Mrd. $ bei Energy [r]evolution.

4.3.1.2 Welthandel

Bei weitem nicht alle Güter auf dem Weltmarkt werden international gehandelt, d.h. importiert bzw. exportiert. Im Bereich der erneuerbaren Energien gibt es ebenso wie bei anderen Güterproduktionen wie der Fahrzeugherstellung, oder Lebensmittelproduktion unterschiedliche nationale Spezialisierungen, die auf Erfahrung, Potenziale, natürliche Gegebenheiten, politische Förderung, Regulierung etc. im jeweiligen Wirtschaftsraum zurückzuführen sind. Manche Weltregionen treiben historisch grundsätzlich weniger Handel als andere. Lohnkosten, aber auch Qualifizierung der Arbeitnehmer, technologische Fähigkeiten, Rohstoffverfügbarkeit, Infrastruktur und weitere Faktoren beeinflussen die Standortwahl von Unternehmen genauso wie die Entscheidung von Ländern bzw. Unternehmen, bestimmte Produkte zu importieren oder selbst herzustellen. Weltweit ist seit einem längeren Zeitraum eine Zunahme des Handels zu verzeichnen, eine Entwicklung die unter dem Stichwort „Globalisierung“ nicht nur positiv zu Kenntnis genommen wird. Zur Messung

© GWS mbH 2011

der Offenheit und letztlich der Stärke und der Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft lassen sich verschiedene Indikatoren heranziehen. Die OECD weist für die Mitgliedsstaaten die „Import Penetration“ als Rate der Importe an der letzten Verwendung von Gütern, die „Trade to GDP Ratio“, i.e. das Verhältnis von Importen plus Exporten zum BIP und die „Export Propensity“ als Verhältnis der Exporte zum BIP aus. Diese drei Maße zeigen die unterschiedlichen Aspekte des Außenhandels auf die Wirtschaftstätigkeit auf. Die Import Penetration zeigt in welchem Ausmaß die inländischen Nachfrage eines Landes durch Importe gedeckt wird. Die Trade to GDP Ratio wird oftmals als ein Maß für die Offenheit einer Volkswirtschaft angesehen, wobei niedrige Quotienten nicht unbedingt auf hohe Handelsbarrieren und eine geringe Offenheit schließen lassen, da Größe eines Landes und geographische Lage diesen Quotienten beeinflussen können. Grundsätzlich spielen Exporte und Importe in großen Ökonomien eine kleinere Rolle als in kleinen. Die Export Propensity schließlich gilt als Maß für die Abhängigkeit einer Wirtschaft von der ausländischen Nachfrage. Auch hier spielt die Größe eines Landes eine wichtige Rolle. Abbildung 4-4 bis Abbildung 4-6 zeigen die Entwicklung der jeweiligen Indikatoren für ausgewählte OECD Länder und für Russland.

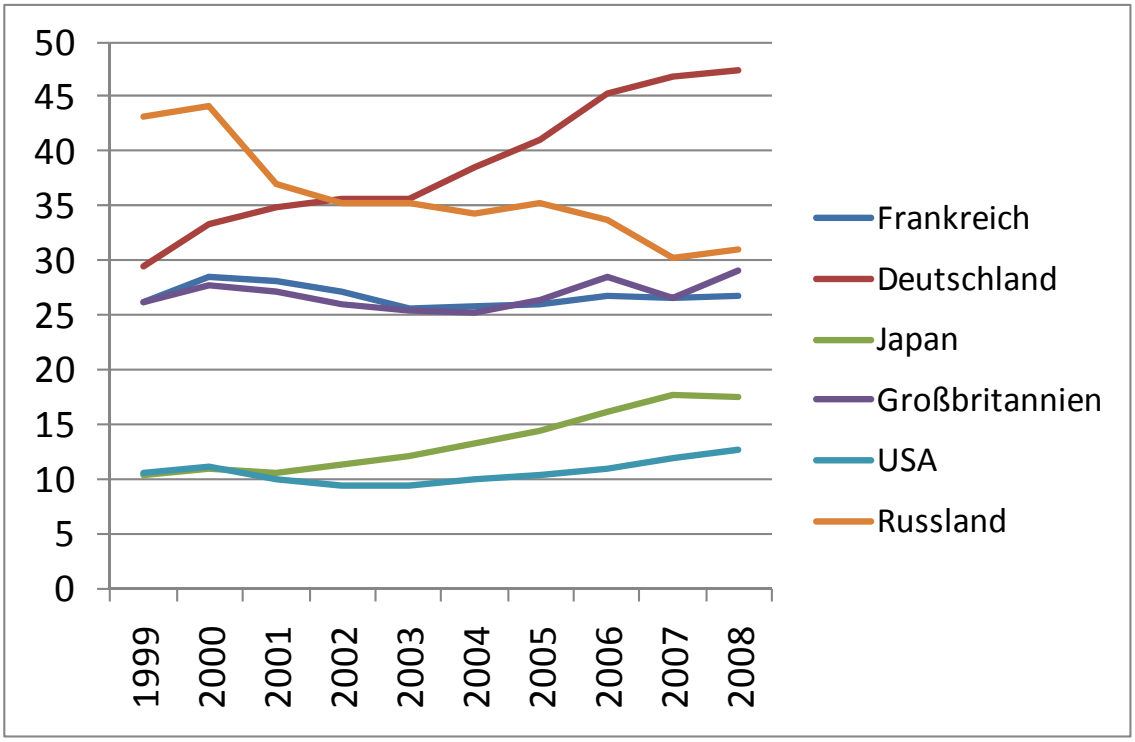


Abbildung 4-4: Export Propensity in Prozent für ausgewählte OECD Länder und Russland 1999 bis 2008, nach OECD Datenbank, eigene Berechnungen.

© GWS mbH 2011

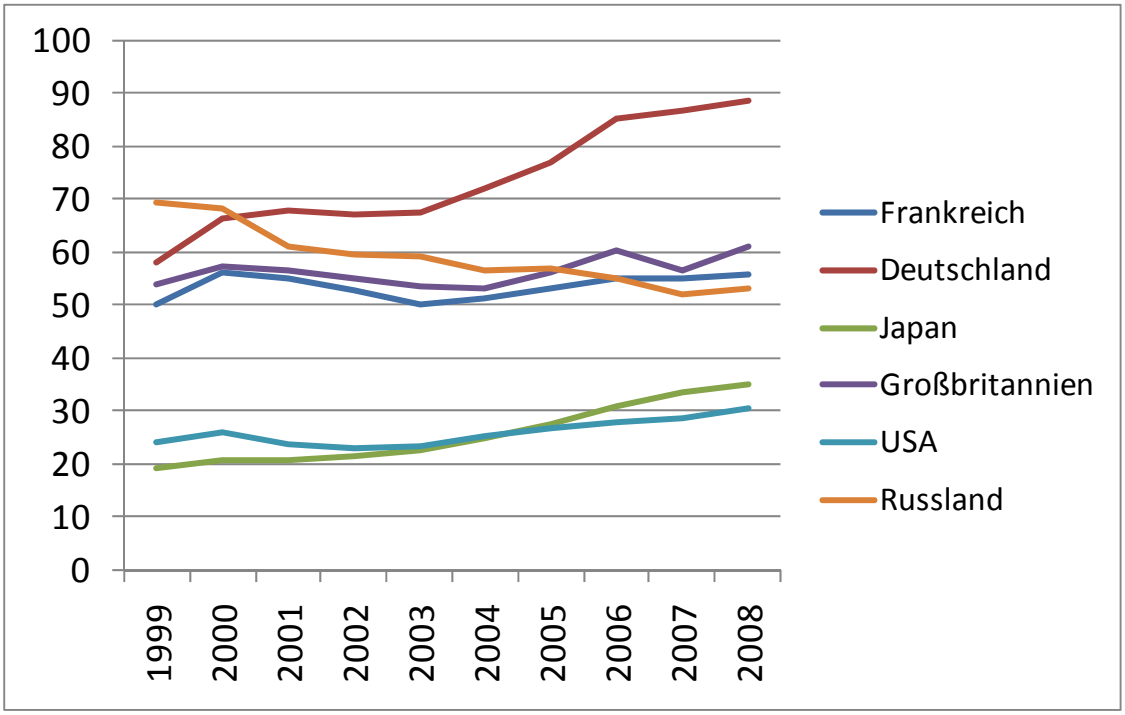


Abbildung 4-5: Trade to GDP Ratio in Prozent für ausgewählte OECD Länder und Russland 1999 bis 2008, nach OECD Datenbank, eigene Berechnungen.

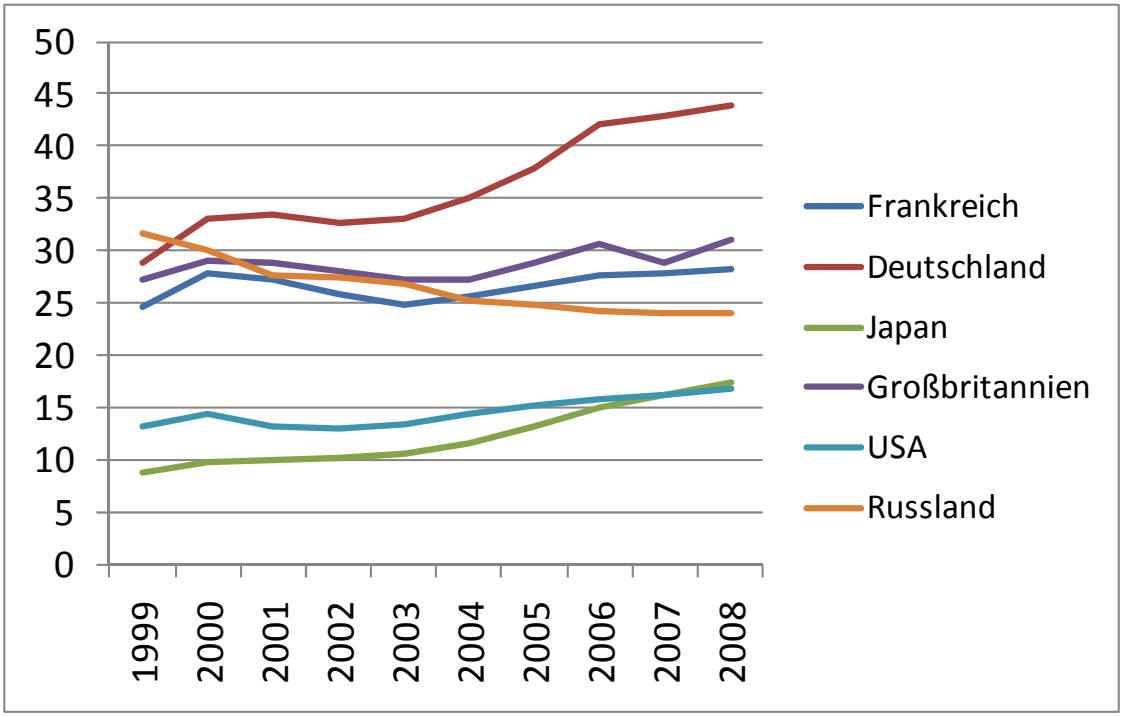


Abbildung 4-6: Import Penetration in Prozent für ausgewählte OECD Länder und Russland 1999 bis 2008, nach OECD Datenbank, eigene Berechnungen.

Überwiegend zeigt sich eine Zunahme der Handelsaktivitäten. Deutschland liegt bei allen Indikatoren im im oberen Bereich der ausgewählten Länder. Sehr kleine Länder und viele neue EU-Beitrittsländer, weisen deutlich höhere Werte aus. Die Indikatoren beziehen sich auf die gesamte letzte Verwendung von Gütern oder auf das BIP, fassen also

© GWS mbH 2011

Konsumgüter, Investitionsgüter und Dienstleistungen zusammen. In den einzelnen Bereichen weicht die Handelsaktivität zum Teil deutlich von den Gesamtgrößen ab.

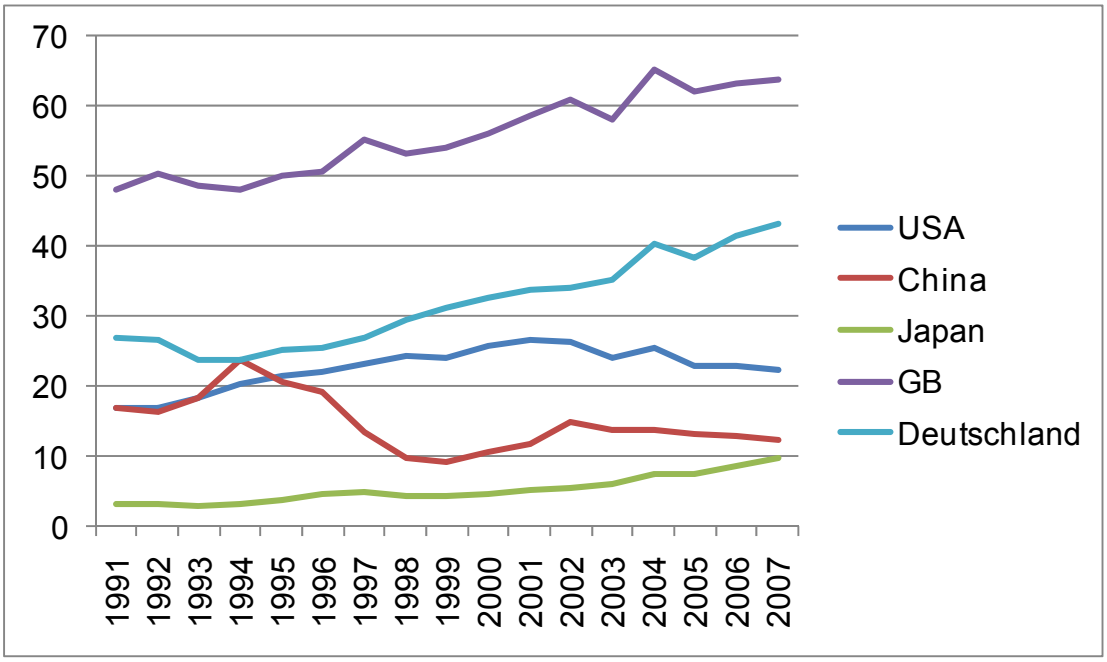


Abbildung 4-7: Anteile der gehandelten Investitionsgüter (Maschinenbau) an den inländischen Investitionen (in vH) (eigene Modellergebnisse).

Ein Blick auf den gehandelten Anteil von Investitionsgütern am jeweiligen inländischen Investitionsvolumen in anderen Wirtschaftsbereichen kann Rückschlüsse darüber geben, welche Relationen zwischen Welthandel und Weltmarkt sich für EE-Technologien ergeben können. So gehören Erzeugnisse des Maschinenbaus zu den am intensivsten gehandelten Investitionsgütern weltweit. Ein Vergleich der Handelsanteile der USA, Deutschland, Großbritanniens und Japans (Abbildung 4-7) zeigt, dass Großbritannien deutlich mehr als die Hälfte seiner im Land verwendeten Investitionsgüter im Bereich Maschinenbau importiert, während in Japan dieser Anteil nur bei gut 10 Prozent liegt. Gemessen am BIP lagen die Importe insgesamt in Großbritannien deutlich darunter. Japan andererseits scheint bei allen Indikatoren geringe Importtätigkeiten aufzuweisen.

Für die vorliegende Abschätzung interessieren nun in dem speziellen Güterbereich der Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien die Anteile der gehandelten Güter an den insgesamt getätigten Investitionen. Auch hier werden nicht alle Investitionsgüter gehandelt. Ein erheblicher Teil der Investitionen wird durch die heimische Industrie in den jeweiligen Weltregionen selbst erbracht. Das ist zum einen notwendig, weil es sich bei den Investitionen zum Teil um nur sinnvoll vor Ort zu erbringende Leistungen handelt. Dies offentsichtlich für wie zum Beispiel bei den für ortsgebundene Baumaßnahmen, die viele Technologien notwendig sind. Teilweise werden über die aus der Natur der Güter heraus gegebene Notwendigkeit zur Produktion vor Ort auch weitere (versteckte) Auflagen zum local content gemacht. Zum anderen existieren in vielen Bereichen natürlich auch regionale leistungsfähige Anbieter, die einen großen Teil der heimischen Nachfrage abdecken können. So produzieren in Spanien, den USA, China, Indien und Dänemark erfolgreiche Windkraftanlagenhersteller, die neben Auslandsmärkten auch den heimischen Markt bedienen. Ähnlich wie bei anderen Konsum- und Investitionsgütern werden Teile

© GWS mbH 2011

der heimischen Nachfrage aus heimischer Produktion gedeckt und der Rest aus Importen. Der Anteil der gehandelten Güter errechnet sich aus:

Anteil gehandelter Güter an der heimischen Nachfrage = Importe / heimische Nachfrage = Importe / (Heimische Produktion - Exporte + Importe)

Diese Anteile werden aus vielfältigen Informationen zu der Entwicklung der jeweiligen Märkte, der Förderbedingungen des Ausbaus erneuerbarer Energien und der Entwicklung von Unternehmen abgeleitet. Da diese Entwicklungen in den verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich verlaufen und die jeweiligen Technologien auch unterschiedliche Entwicklungen in den Ländern genommen haben, werden in der Analyse weiterhin 10 Weltregionen und 10 unterschiedliche Technologien unterschieden.

Wasserkraft:

Deutschland tätigt selbst nur geringe Investitionen im Bereich der großen Wasserkraft, sodass die Umsätze der betreffenden Industrie nahezu vollständig in den Export gehen. Für 2007 betrugen diese Exporte ca. 300 Mio. €. Wasserkraftwerke haben hohen local content, da sie in erheblichem Umfang aus Bauleistungen bestehen. Daher wird der Anteil der gehandelten Güter an diesen gesamten Investitionen weltweit mit ca. 7% etwa in der Größenordnung der Investitionen in Turbinen etc. am gesamten Kraftwerk angesetzt. Transformationsländer, Afrika oder das übrige Asien haben etwas überdurchschnittliche Handelsanteile, weil sie für ein breiteres Spektrum von Gütern auf Importe angewiesen sind.

Windenergie:

Die Handelsanteile unterscheiden sich in den Weltregionen deutlich in Abhängigkeit von der Existenz einer wettbewerbsfähigen heimischen Windindustrie. Abgesehen davon wird berücksichtigt, dass die Bauleistungen als Teil der Windenergieinvestitionen von der heimischen Bauindustrie erbracht werden.

In den USA waren aufgrund der instabilen Marktsituation und der unklaren Förderpolitik die heimischen Anbieter seit dem Jahr 2000 erheblich verunsichert, sodass bereits 2006 umfangreich importiert wurde und sich auch im Jahr 2007 die Situation für die heimischen Anbieter noch nicht wieder vollständig stabilisiert hatte. Dänemark weist im Jahr 2007 keinen eigenen Zubau auf, sodass die dänische Produktion auf die Weltmärkte, u.a. in die USA, ging. In Europa ohne Deutschland konzentrierte sich der Zubau auf Spanien. Die spanischen Windanlagenhersteller verfügen über eine starke Markposition im Inland, haben jedoch auch Produktionsstätten in Asien und den USA, sodass sie diese Auslandsmärkte aus größerer Nähe bedienen können und die spanischen Windparks zum Teil mit importierten Anlagen errichtet wurden. Insgesamt wurde in den europäischen Ländern ein vergleichbarer Anteil der installierten Leistung in Windanlagen importiert wie in Nordamerika. Die chinesischen Windanlagenhersteller haben sich zunehmend am Markt aufgestellt und in 2008 kam über die Hälfte der in China installierten Leistung aus chinesischer Produktion. 2007 lag der Anteil noch etwas geringer. In Indien ist Suzlon der große Weltmarktplayer bei der Windenergie. Enercon und Vestas haben ebenfalls Produktionsstätten in Indien, liefern jedoch aus ihren jeweiligen Heimatländern dieser Produktion zu. Darüber hinaus sind chinesische und weitere europäische Akteure in Indien aktiv. Von den Ländern der Region LAM hat Brasilien eine Rotorblattherstellung und beliefert unter anderem die

© GWS mbH 2011

Nachbarstaaten. Insgesamt ist der Handelsanteil in dieser Region sehr hoch, ebenso wie in Afrika und im Nahen Osten. In Japan führt die Windenergie sowohl hinsichtlich der installierten Leistung als auch als Industrie noch ein Schattendasein (bfai 2007). Daher sind die Handelsanteile für die Region eher hoch angesetzt.

Um zu einer wirklichkeitsnahen Einschätzung der gehandelten Investitionsgüter im Bereich Windenergie zu gelangen müssen darüber hinaus die gehandelten Komponenten mit berücksichtigt werden, die die Handelsanteile auf dem Weltmarkt in nahezu allen Regionen nochmals deutlich erhöhen. Noch stärker als bei der Windenergie tritt dieser Aspekt jedoch bei der Photovoltaik zu Tage.

Photovoltaik:

In NAM und Europa werden PV-Anlagen in ähnlichem Umfang gehandelt. In Lateinamerika gibt es keine heimischen Hersteller und Produktionsstätten, sodass sogar die planerischen Dienstleistungen überwiegend importiert werden. Der japanische Markt wird fast vollständig durch japanische Unternehmen abgedeckt, Handelsaktivitäten konzentrieren sich auf die restliche Pazifikregion (Australien etc.). China und Indien haben erhebliche Kapazitäten in der Herstellung, nutzen diese jedoch auch für den Export, sodass für die inländische Investition auch importierte Güter eingesetzt werden. Die statistische Abgrenzung des gehandelten Guts ist im Bereich der Photovoltaik besonders schwierig, da Solarzellen und -module gehandelt werden, die für diverse Produkte (z.B. Taschenrechner) genutzt werden bzw. erst beim Endkunden zu Komplettanlagen zusammengesetzt werden. Die Systemkomponenten der Solaranlagen werden wiederum einzeln gehandelt und das in stärkerem Umfang als die stromerzeugenden Komponenten selbst. Für die deutschen Exporte ist beispielsweise der Handel mit Wechselrichtern von zentraler Bedeutung. Insgesamt wird ein internationaler Handel von Komponenten dem Welthandel mit Anlagen zugeschlagen.

Geothermie:

Tiefengeothermie weist automatisch hohe Anteile local content bei den Tiefenbohrungen auf. Wenngleich Bohrunternehmen international tätig sind, so werden doch in erheblichem Maße Transportleistungen und Bauleistungen von heimischen Unternehmen aufgebracht. Die Anlagentechnik selbst jedoch wird gehandelt und zwar in ähnlichem Umfang wie Kraftwerkstechnik insgesamt und Leistungen aus dem Anlagenbau. Daher orientieren sich die unterstellten Handelsanteile an den Handelsanteilen aus dem Sektor Maschinenbau mit Abschlägen für die vor Ort erbrachten Bau- und Transportleistungen.

Im Jahr 2007 gab es einen Zubau an Geothermieanlagen in den USA, in Island, Frankreich, Österreich und Deutschland, sowie in Russland, Indonesien, Papua Neuguinea, Nicaragua, Guatemala und in El Salvador.

Biomasse:

Anlagen zur Stromerzeugung aus Biomasse bestehen ebenfalls zu einem Teil aus Bauleistungen für Anlagengebäude und Lagerstätten für die Biomasse, sowie Zufahrts- und Abfahrtswegen. Der Erzeugungstechnologie selbst besteht im Wesentlichen aus einfacher Anlagentechnik, die in vielen Ländern heimisch erbracht werden kann. Daher liegen die Handelsanteile durchweg in allen Weltregionen auf einem sehr niedrigen Niveau. Dieselbe Handelsstruktur wurde auch bei der Wärmeerzeugung aus Biomasse unterstellt.

Solarthermische Kraftwerke:

© GWS mbH 2011

Bei den für 2007 bekannten Installationen wurden erhebliche Teile gehandelt und stammen überwiegend aus deutscher Produktion (Spiegel und Receiver). Ausgehend von der Kostenstruktur der Solarthermischen Kraftwerke lässt sich unterstellen, dass etwa die Hälfte der Investitionsgüter gehandelt wird.

Solarkollektoren:

Solarkollektoren sind in vielen Regionen bereits weit verbreitet und basieren gerade im Sonnengürtel auf recht einfachen Technologien. In den USA werden beispielsweise in erheblichem Umfang Schwimmbadkollektoren eingesetzt, die überwiegend aus heimischer Produktion stammen. Generell werden Kollektoren in geringem Umfang gehandelt, da die meisten Länder die zu ihren Bedürfnissen „passenden“ Technologien selbst entwickelt haben. Eine Ausnahme bildet in gewissem Sinne Europa, da sich hier ein Markt für technologisch anspruchsvollere Anwendungen - unterstützt durch verschiedene Förderprograme - herausbildet und spezielle hochwertige Anwendungen in größerem Umfang gehandelt werden.

Wärmepumpen:

Für die Handelsanteile bei den Wärmepumpen dienen die Handelsanteile des Maschinenbaus als Proxy.

Da für 2007 keine Investitionen in Gezeiten und Wellenkraftwerke vorliegen, wurden auch keine Annahmen zu den Handelsanteilen getroffen.

Abbildung 4-8 zeigt die Ergebnisse dieser Überlegungen im Überblick.

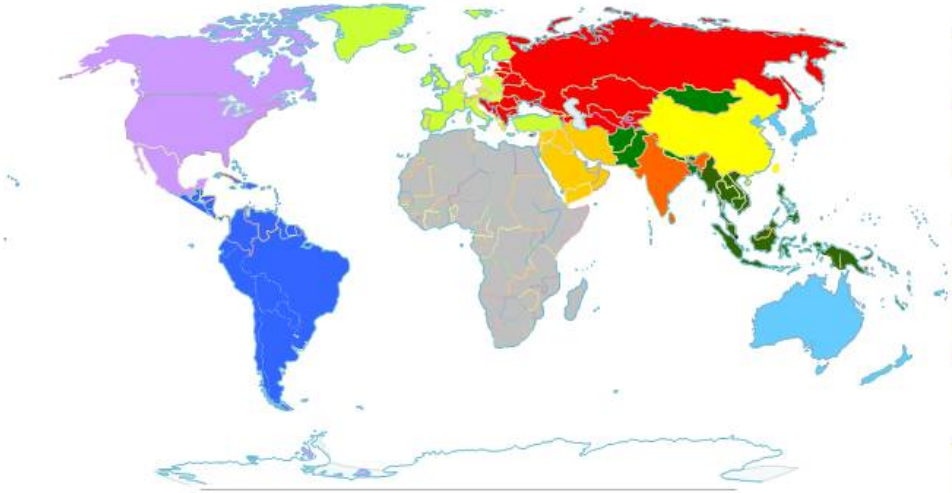
© GWS mbH 2011

Abbildung 4-8: Anteil der gehandelten Investitionsgüter an den getätigten Investitionen nach Weltregionen und Sparten (2007) in %, eigene Schätzungen.

Nordamerika	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	60,0
	Photovoltaik	50,0
	Solartherm.KW	50,0
Wärme	Kollektoren	5,0
	Erdwärme	30,0
	Biomasse	5,0

Europa	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	60,0
	Photovoltaik	55,0
	Solartherm. KW	50,0
Wärme	Kollektoren	35,0
	Erdwärme	55,0
	Biomasse	9,2

Transformations-Länder	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	90,0
	Photovoltaik	85,0
	Biomasse	10,0
Wärme	Kollektoren	20,0
	Erdwärme	60,0
	Biomasse	10,0



China	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	45,0
	Photovoltaik	25,0
	Biomasse	3,0
Wärme	Kollektoren	0,5
	Erdwärme	18,0
	Biomasse	3,0

Indien	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	30,0
	Photovoltaik	25,0
	Biomasse	2,5
Wärme	Kollektoren	5,0
	Erdwärme	15,0
	Biomasse	2,5

Übriges Asien	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	75,0
	Photovoltaik	85,0
	Biomasse	4,2
Wärme	Kollektoren	5,0
	Erdwärme	25,0
	Biomasse	4,2

Latein-amerika	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	70,0
	Photovoltaik	90,0
	Biomasse	4,2
Wärme	Kollektoren	5,0
	Erdwärme	25,0
	Biomasse	4,2

Afrika	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	75,0
	Photovoltaik	85,0
	Biomasse	5,8
Wärme	Kollektoren	5,0
	Erdwärme	35,0
	Biomasse	5,8

Pazifik	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	55,0
	Photovoltaik	25,0
	Biomasse	1,8
Wärme	Kollektoren	5,0
	Erdwärme	11,0
	Biomasse	1,8

Naher Osten	Gehandelter Anteil Investitionsgüter	in %
Strom	Windenergie	75,0
	Photovoltaik	85,0
Wärme	Kollektoren	5,0

© GWS mbH 2011

Insgesamt wurden im Bereich der EE-Technologien im Jahr 2007 Investitionsgüter in Höhe von knapp 25 Mrd. Euro weltweit gehandelt. Davon entfielen 10% auf die wärmeerzeugenden Technologien und 90% auf die Stromerzeugung. Obwohl gut 20% der weltweiten Investitionen auf wärmeerzeugende Technologien entfallen, werden sie in deutlich geringerem Umfang gehandelt. Wärmeerzeugung aus Biomasse oder in Solarkollektoren ist in vielen Weltregionen bereits seit Jahren etabliert. So konnte sich eine heimische Industrie entwickeln, die auf die Bedürfnisse des jeweiligen regionalen Markts abgestimmt ist.

4.3.1.3 Welthandelsanteile Deutschlands

Deutschlands Exporte leiten sich von diesen Welthandelsvolumina ab. Die Leitfrage in diesem Abschnitt lautete daher: In welchem Umfang ist es deutschen Unternehmen gelungen, Welthandelsanteile zu realisieren? Zur Beantwortung dieser Frage lassen sich verschiedene statistische Quellen heranziehen. Zur Ermittlung der Exporte wird auf die Datenbank UN Comtrade (United Nations‘ Commodity Trade Statistics Database) zurückgegriffen. Die Datenbank umfasst über 170 Länder, die ihre jährlichen Handelsdaten nach Gütern und Handelspartner differenziert bereitstellen. Alle Güterwerte werden in Dollar ausgewiesen, wobei die Landeswährung mit einem Wechselkurs umgerechnet wird, der entweder auf Angaben der berichtenden Länder bzw. auf monatlichen Börsenwechselkursen beruht. Für die Exporte wird die Güterklassifikation nach dem Harmonized System (HS) 2002 angelegt. Die UN Comtrade Datenbank gibt für ausgewählte Gütergruppen Auskunft über die jeweils in einem Land importierten Mengen und die jeweils in ein Land von einem Ausgangsland exportierten Mengen. Aggregiert man diese Größen auf Länderebene zu Regionen und auf Güterebene zu bestimmten Technologien, erhält man die Welthandelsanteile Deutschlands nach Regionen und Technologiesparten

In einem ersten Schritt werden die einzelnen EE-Technologien in ihre technischen Hauptkomponenten zerlegt und diese nach Produkthandelsgruppen zugeordnet. Allerdings entfallen hierbei viele Komponenten auf Handelsgruppen, die Produkte enthalten, welche kaum für EE-Technologien eingesetzt werden. Daher erfolgte eine Selektion der Handelsgütergruppen nach deren Relevanz für EE. Für einige Technologien wie die Solarthermie oder die Wärmepumpen liegen eng abgrenzbare Gütergruppen vor, so dass sich die Analyse der Handelsströme für diese Technologien auf sehr wenige Produktgruppen stützen kann. Auch für PV, Windenergie und Wasserkraft bestehen relativ gut abgrenzbare Gruppen, während für die anderen Technologien mehrere Produktgruppen herangezogen werden, in die auch viele Güter eingehen, die nicht im Bereich EE Einsatz finden. Rückschlüsse auf die EE-Technologien sind in diesem Falle schwierig.

Nach Identifikation der Güterhandelsgruppen und Download der Exporte für 2007 nach Regionen, Ländern und Produktgruppen, werden basierend auf der Produktgruppenzuordnung die Exporte je Technologie ausgewiesen und die Anteile berechnet (siehe nachfolgende Box). Die Summe der Exporte aller Länder in eine Region A widerspiegelt die Importe dieser Region A.

© GWS mbH 2011

Anteil deutscher EE-Investitionsgüter am Welthandel (Region A, Sparte a) =
Exporte D Sparte a in die Region A /
Summe (Importe der Sparte a in Region A aus allen Regionen)

In den Fällen, in denen die Internationalen Handelsstatistiken keine Rückschlüsse auf die EE-Technologien zuließen (insbesondere bei der Biomasse) wurde auf Kenngrößen aus komplementären Sektoren wie dem Maschinenbau und der Elektrotechnik zurückgegriffen. Dieser Vorgehensweise liegt die Hypothese zugrunde, dass sich etablierte Handelsbeziehungen des Maschinenbaus und der Elektrotechnik insgesamt auf den Handel mit Biomasseanlagen ausdehnen lassen. Anders ausgedrückt: wenn Deutschland starke Handelsbeziehungen zu bspw. den europäischen Nachbarländern im Maschinenbau hat, so werden diese sich auf die Handelsbeziehungen mit anderen verwandten Gütern auswirken.

Abbildung 4-9 zeigt einen Überblick über die zugrunde gelegten Anteile Deutschlands an den gehandelten EE-Investitionsgütern am Welthandel nach Regionen und Sparten.

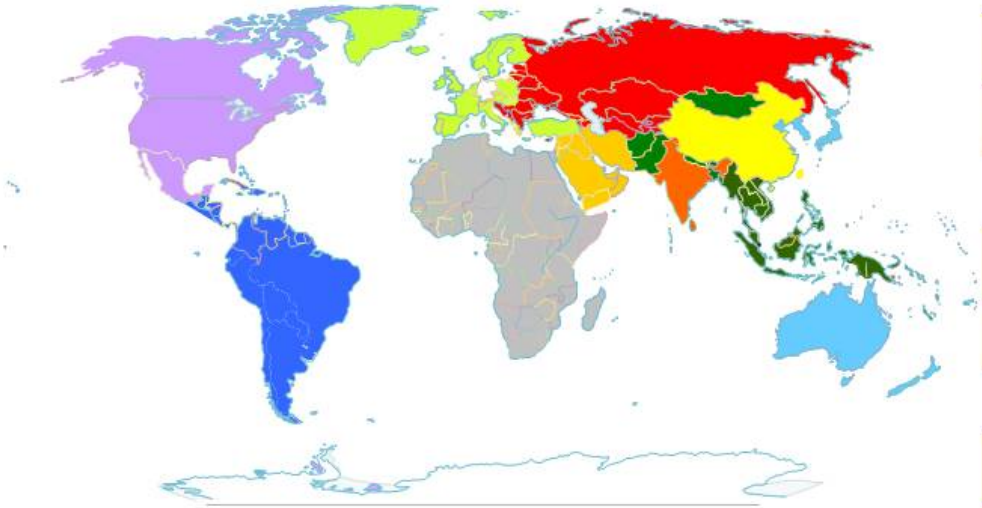
© GWS mbH 2011

Abbildung 4-9: Anteil der deutschen EE-Investitionsgüter am Welthandel nach Zielregionen und Sparten (2007) in %, eigene Schätzungen.

Nordamerika	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	31,6
	Photovoltaik	16,4
	Solarthermie KW	90,0
Wärme	Kollektoren	2,6
	Erdwärme	4,5
	Biomasse Wärme	38,3

Europa	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	43,1
	Photovoltaik	40,6
	Solarthermie KW	100,0
Wärme	Kollektoren	29,8
	Erdwärme	10,8
	Biomasse Wärme	73,6

Transformationsländer	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	45,0
	Photovoltaik	48,0
	Biomasse	31,0
Wärme	Kollektoren	34,6
	Erdwärme	20,3
	Biomasse komm.	46,2



China	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	40,9
	Photovoltaik	27,7
	Biomasse	13,0
Wärme	Kollektoren	26,7
	Erdwärme	18,4
	Biomasse	49,8

Indien	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	58,9
	Photovoltaik	39,8
	Biomasse	14,0
Wärme	Kollektoren	38,0
	Erdwärme	7,3
	Biomasse	76,4

Übriges Asien	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	17,2
	Photovoltaik	26,9
	Biomasse	8,0
Wärme	Kollektoren	5,2
	Erdwärme	9,3
	Biomasse	21,5

Latein-amerika	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	14,6
	Photovoltaik	33,0
	Erdwärme	17,0
Wärme	Kollektoren	1,4
	Erdwärme	4,0
	Biomasse	3,6

Afrika	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	15,3
	Photovoltaik	70,2
	Biomasse	25,0
Wärme	Kollektoren	8,2
	Erdwärme	3,5
	Biomasse	1,4

Naher Osten	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	26,8
	Photovoltaik	34,9
	Biomasse	15,0
Wärme	Kollektoren	5,4

Pazifik	Welthandels-anteil	in %
Strom	Windenergie	35,7
	Photovoltaik	25,5
	Biomasse	8,0
Wärme	Kollektoren	7,5
	Erdwärme	4,0
	Biomasse	58,3

© GWS mbH 2011

4.3.2 Ergebnisse für 2007

Zur Abschätzung der Exporte der deutschen EE-Branche im Jahr 2007 und zur Kalibrierung unseres Modellansatzes wurden bis hierher die folgenden Schritte durchgeführt:

- eine technologiescharfe Abschätzung der Investitionen in den Weltregionen
- eine technologiescharfe Abschätzung des Anteils der gehandelten Güter an diesen Investitionen in den Weltregionen und
- die Abschätzung des Anteils Deutschlands am Handel in einzelnen Regionen und Technologien

Hieraus ergibt sich für 2007 eine Abschätzung des deutschen Exports von EE-Investitionsgütern. Abbildung 4-10 zeigt eine Übersicht über die inländischen Investitionen, die deutschen Exporte und die Welthandelsanteile nach Sparten in 2007.Die Exportanteile orientieren sich dabei an den in Kapitel 2.3, Tabelle 2-3 ausgewiesenen Befragungsergebnissen. So liegt das Ergebnis der Windindustrie bei Komponentenherstellern und Anlagenherstellern in der Windindustrie bei 4,5 Mrd. €uro ebenso wie in Abbildung 4-5. Die Bedeutung einer spartenscharfen Analyse wird in der Abbildung deutlich. Während beispielsweise die Windenergie zwar deutlich höhere Exporte hat als inländische Investitionen, hält sie doch insgesamt weniger als ein Drittel des gesamten Weltmarkts (inklusive Deutschland). Für die PV ist die heimische Investition nach wie vor der Treiber der Entwicklung. Für die solarthermischen Kraftwerke hingegen besteht der Umsatz nahezu nur aus Export und die Industrie hielt in 2007 einen erheblichen Teil des Weltmarkts.

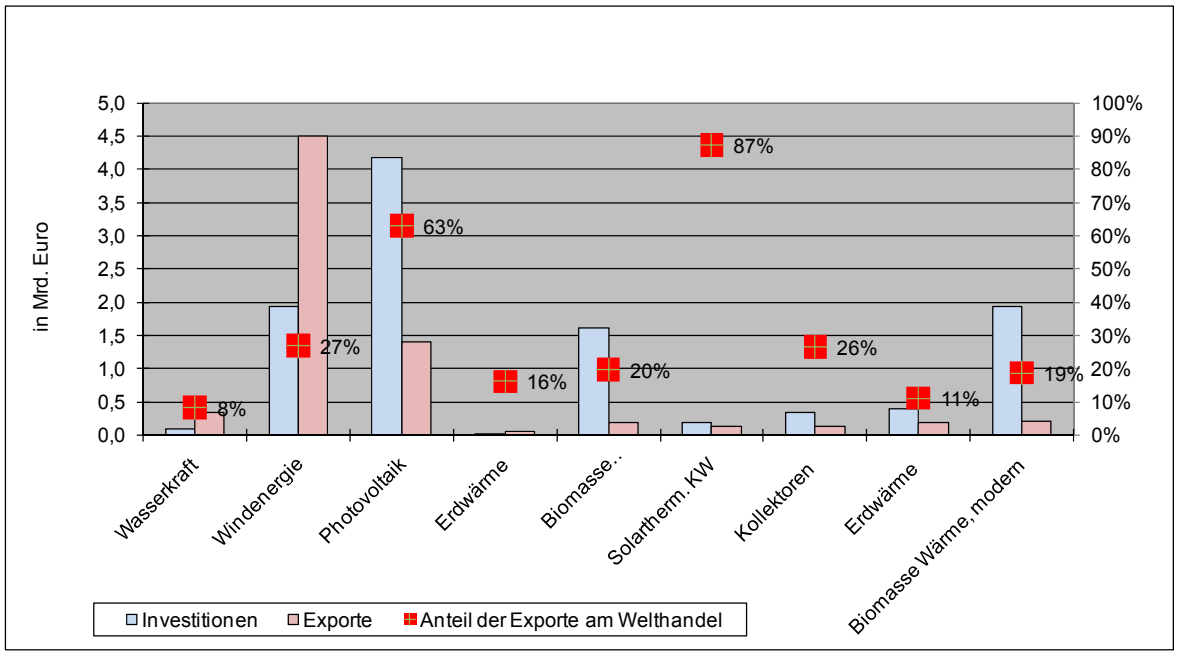


Abbildung 4-10: Deutsche Exporte, Investitionen in Mrd. € und Anteile am Weltmarkt nach Sparten 2007, eigene Schätzungen.

Die Bedeutung der Differenzierung der Analyse nach Weltregionen für eine zuverlässige Schätzung der deutschen Exporte lässt sich aus den nachfolgenden Abbildungen ablesen. In 2007 ist Europa mit deutlichem Abstand der wichtigste Absatzmarkt der deutschen EE-Branchen. Dies spiegelt zum einen die regionale Außenhandelsstruktur Deutschlands

© GWS mbH 2011

wider. Wie auch bei anderen Gütern ist die EU auch für EE-Güter der wichtigste regionale Absatzmarkt. Zum anderen drückt sich in dieser regionalen Verteilung der deutschen Exporte auch aus, das Europa Vorreiter bei den Investitionen in erneuerbare Energien ist. Von 122 Mrd. € weltweiten Investitionen (ohne Deutschland) entfallen knapp 30 Mrd. € auf die EU, gefolgt von Nordamerika mit knapp 25 Mrd. € und China mit knapp 21 Mrd. €.

Während Europa aus Deutschland neben der Windenergie als größtem Importposten auch in erheblichem Umfang PV-Anlagen und Komponenten importiert, werden die deutschen Exporte nach Nordamerika und China von der Windenergie dominiert. Wärmeanwendungen werden fast nur nach Europa exportiert. Der größte Anteil der Bauteile für Solarthermische Kraftwerke ging in 2007 nach Nordamerika.

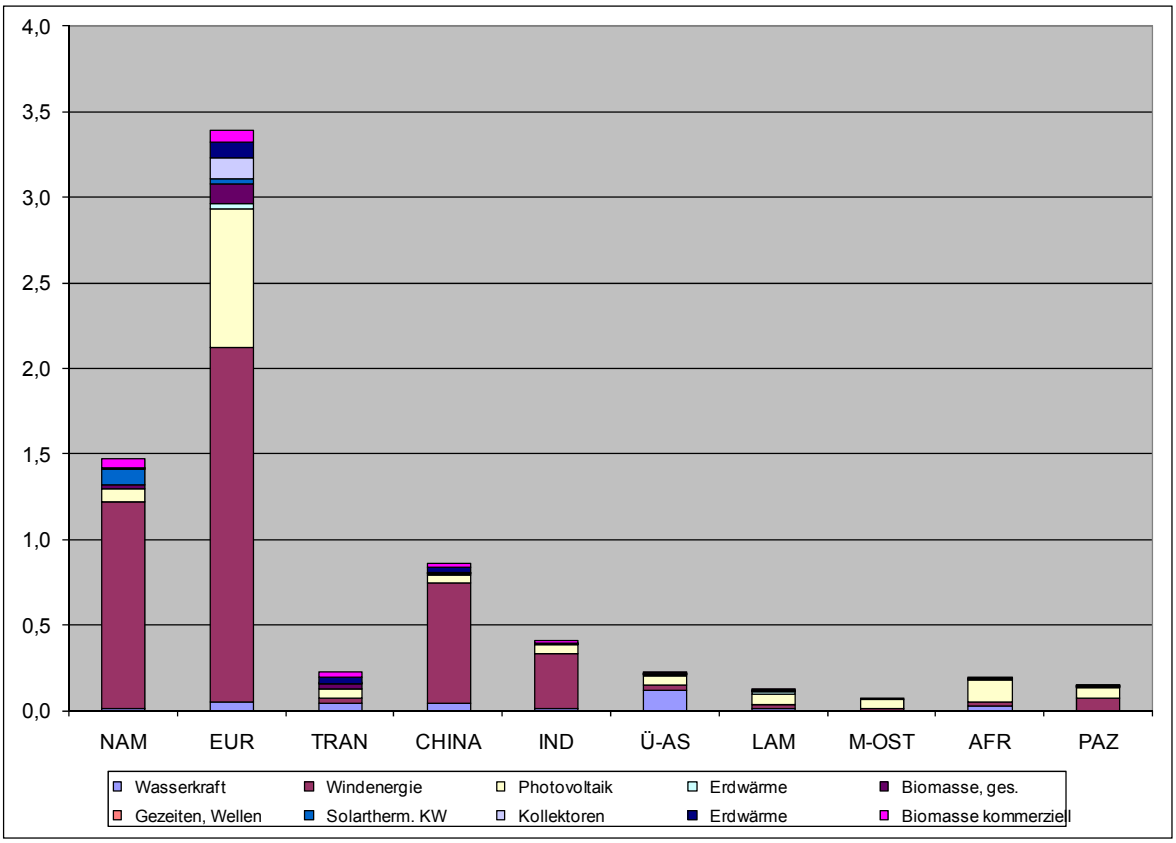


Abbildung 4-11: Deutsche Exporte von EE-Investitionsgütern nach Regionen im Jahr 2007 in Mrd. €, eigene Schätzungen.

Während Abbildung 4-11 die größten Exportabnehmer identifizieren hilft, lässt sich aus Abbildung 4-12 ablesen, welche Technologien in 2007 das Exportvolumen von EE-Gütern dominierten. Windenergie stellt das Hauptexportgut unter den EE-Sparten dar. Auch die Photovoltaik trägt bereits 2007 erheblich zum Exportvolumen bei. Andere Anwendungen werden nur in geringerem Ausmaß auf den Märkten gehandelt, wobei die Gründe hierfür je nach Technologie unterschiedlich ausfallen. Während solarthermische Warmwasserbereitung oftmals in den Ländern hergestellt wird, in denen es auch für anspruchslosere technologische Lösungen genügend Strahlung gibt, kommen solarthermische Kraftwerke bislang noch in wenigen Ländern zum Einsatz.

© GWS mbH 2011

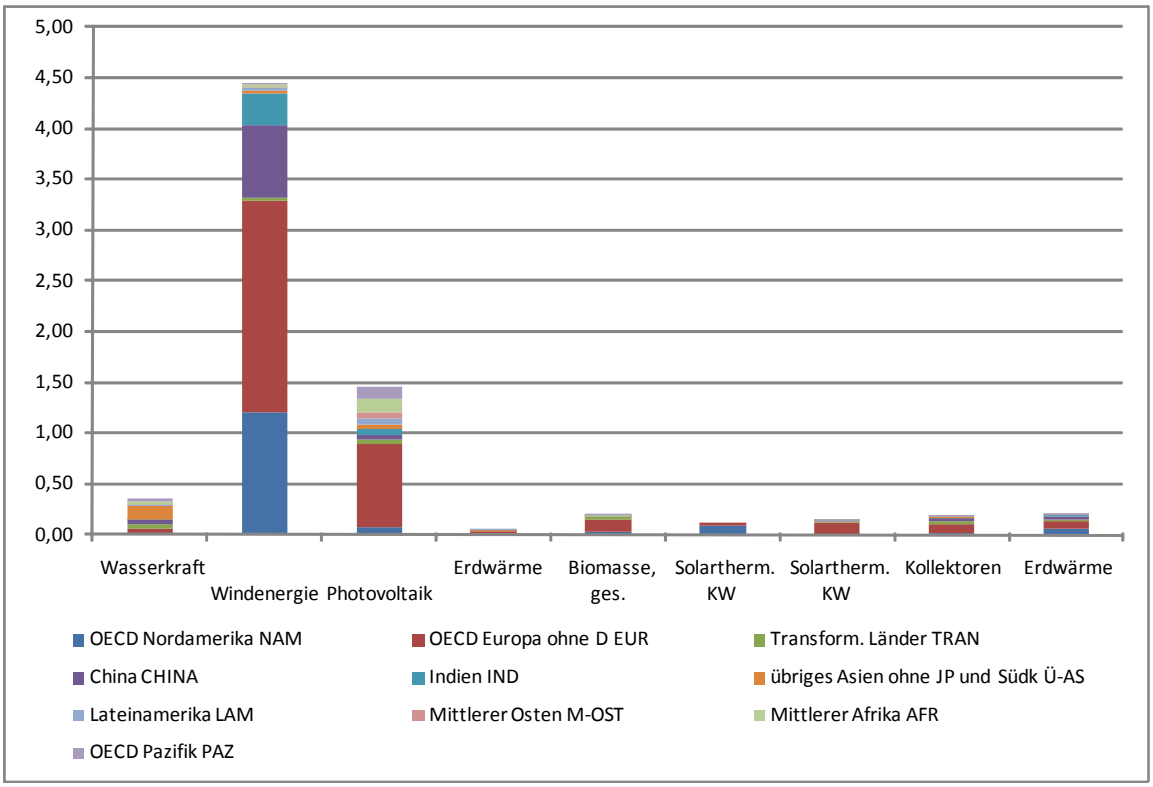


Abbildung 4-12: Exporte deutscher Hersteller nach Sparten und Regionen in Mrd. € 2007, eigene Schätzungen.

Im Jahr 2007 wurden weltweit umfangreiche Investitionen in erneuerbare Energien getätigt, wobei sich die Investitionstätigkeit in einigen Weltregionen konzentrierte. Die deutsche EE-Industrie konnte von der weltweiten Nachfrage erheblich profitieren. Die Welthandelsanteile Deutschlands sind in einigen Technologiebereichen vergleichsweise hoch, stimmen jedoch auch mit Einschätzungen der auf den Märkten agierenden Unternehmen überein (Tabelle 4-1).

So konnte nach den hier angestellten Berechnungen die Windindustrie in 2007 Exporte in Höhe von gut 3,1 Mrd. Euro realisieren, gefolgt von der Photovoltaik mit knapp 2,5 Mrd. Euro.[1] Gemessen am Unternehmensumsatz sind dies beachtliche Exportquoten von etwa 45%.

[1] Angaben über die Exporte von EE-Technologien liegen in der amtlichen Statistik nur für ausgewählte Bereiche vor. Nach einer Erhebung des Statistischen Bundesamtes zum Umsatz mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz (StaBuA 2009c) beliefen sie die Ausfuhren von Windkraftanlagen im Jahr 2007 auf gut 1 Mrd. Euro, für Photovoltaikanlagen wurden 1,4 Mrd. Euro ermittelt. Ausgewiesen werden auch die Exporte von Wasserkraftwerken (173 Millionen Euro) und von Solarthermischen Anlagen (154 Millionen Euro). Unklar ist ob durch die Befragung alle Hersteller erfasst wurden, nicht enthalten sind in diesen Zahlen Komponentenexporte. Für das Berichtsjahr 2008 (StaBuA 2010) wurden Exporte von Windkraftanlagen oder Komponenten in Höhe von 2,3 Mrd. Euro ermittelt (Zunahme um 124%), die Exporte von Photovoltaikanlagen oder Komponenten wurden auf 2,7 Mrd. Euro (Zunahme um 86%) geschätzt.

© GWS mbH 2011

Tabelle 4-1: Exporte nach der Unternehmensbefragung 2007, in Mrd. Euro.

Technologiesparte	Export	Weltmarktanteile
Wasserkraft	0,33	0,6%
Windenergie	4,50	19,5%
Photovoltaik	1,40	11,8%
Geothermie Strom	0,05	3,0%
Biomasse, ges.	0,19	1,1%
Solartherm. KW	0,12	28,7%
Kollektoren	0,13	2,2%
Geothermie Wärme	0,18	3,5%
Biomasse kommerziell	0,21	1,9%
Summe Strom	6,59	6,0%
Summe Wärme	0,52	2,4%
Summe	7,11	5,4%
Quelle: Eigene Schätzungen.		

Vergleicht man die sich im Jahr 2007 ergebenden Exportquoten mit anderen exportintensiven Branchen so liegen sie oberhalb der Quoten des ebenfalls exportstarken deutschen Maschinenbaus (ca. 30 % IWconsult 2006) und unterhalb der Quoten der ausgesprochen exportorientierten IKT Branchen. Insgesamt hält Deutschland auf den Weltmärkten einen Anteil am Welthandel mit Waren von 8,2%.

4.4 Abschätzungen zukünftiger Entwicklungen auf den Exportmärkten für EE-Technologien

Märkte für Umweltschutzgüter im weiteren Sinne sind wie wenige andere von politischen Vorgaben geprägt. Der Einsatz von Umweltschutztechniken erfolgt meistens erst nach einer gesetzlichen Verordnung zur Anwendung von Filtern, Kläranlagen, Trennungsvorrichtungen etc. Auch für die weltweiten Investitionen in erneuerbare Energien gilt, dass sie typischerweise die Umsetzung staatlicher Quotenregelungen darstellen oder durch Einspeisevergütungen, steuerliche Anreize oder andere Instrumente induziert werden. Hintergründe der Förderung erneuerbarer Energien sind Klimaschutzgedanken, aber auch die Abkehr von (häufig importierten) fossilen Energien und von den unklaren Folgekosten der Kernenergienutzung.

Eine frühzeitige Marktführerschaft auf diesen Märkten kann sich somit nur positiv auswirken, wenn möglichst viele Länder weltweit sich ehrgeizige Ausbauziele vornehmen.

Will man mit dem hier entwickelten methodischen Ansatz und auf Basis der Kalibrierung für das Jahr 2007 zukünftige Entwicklungen ableiten, stellt sich zunächst die Frage nach sinnvollen Parameter, anhand derer sich verschiedene mögliche Zukunftsszenarien unterscheiden lassen. Die zu entwickelnden Exportszenarien sollten mit dem Erfolg Deutschlands auf den internationalen Märkten korrelieren. Dieser Erfolg spiegelt sich in den Anteilen Deutschlands an den weltweit gehandelten Investitionsgütern wider. Die An-

© GWS mbH 2011

teile der gehandelten Güter am Weltmarkt (entspricht den weltweit getätigten Investitionen) spiegelt hingegen die Entwicklung der Öffnung verschiedener Volkswirtschaften sowie der Liberalisierung von Märkten insgesamt wider, ist also nur bedingt ein von Deutschland zu beeinflussender Parameter.

4.4.1 Eine Ober- und eine Untergrenze zukünftiger Exporte

Zur Abschätzung der zukünftigen Exportchancen Deutschlands auf dem Weltmarkt für Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien wird eine Vielzahl von Informationen und Modellrechnungen herangezogen. Vorab lassen sich jedoch durch eine einfache Überlegung eine Ober- und eine Untergrenze der Exporte bestimmen, die quasi als Leitplanken für realistische Exportszenarien dienen können.. Eine plausible Untergrenze ergibt sich durch die mengenmäßige Konstanz deutscher Exporte bis 2030. Dies würde bedeuten, dass es Deutschland nicht gelingt am Wachstum des Welthandelsvolumens mit EE-Technologien teilzunehmen. Während sich das Welthandelsvolumen nach unseren Überlegungen bis 2020 bereits mehr als versechsfacht, blieben die deutschen Exporte in diesem Szenario mengenmäßig konstant. Dies bedeutet, anders ausgedrückt, Verluste der Welthandelsanteile Deutschlands in erheblicher Höhe. Für die Technologien zur Nutzung der Windenergie und der Biomasse, sowie für die Photovoltaik übersetzt sich dieses Szenario in Welthandelsanteilverluste von 70 bis 80 Prozentpunkten Die Exporte blieben in dieser Welt ab 2020 deutlich hinter den inländischen Investitionen zurück (weniger als 50% der inländischen Investitionen). Da im Mengengerüst des Szenarios auch die inländischen Investitionen in Deutschland zwischen 2020 und 2030 abnehmen, müssten die inländischen Hersteller – bei Konstanz der unterstellten Importe – ihre Produktionskapazitäten zurückfahren. Für unsere weiteren Überlegungen stellen die sich ergebenden Welthandelsanteile somit eine untere Grenze dar, deren Erreichen sich nicht aus begründeten Szenarioüberlegungen darstellen lässt.

Die Obergrenze der deutschen Exporte ergibt sich aus einer ähnlichen Überlegung. Das gewissermaßen andere Extrem ist die Konstanz der deutschen Welthandelsanteile, die sich mit Anwachsen des Welthandels in die bereits erwähnte Versechsfachung der Exporte übersetzen lässt. Betrachtet man die Entwicklung deutschen Handelsanteile in der Vergangenheit bei reiferen Industrien, so lagen sie für den Maschinenbau und die elektrischen Geräte je nach Region zwischen 20 und 50% (vgl. Abbildung 4-13). Die Länder der EU dominieren als Handelspartner. Insgesamt ist der Welthandelsanteil jedoch nahezu konstant geblieben, er hat sich eher regional verändert. In einigen Regionen sind jedoch Zuwächse von mehr als 10 Prozentpunkten zu verzeichnen. Insgesamt ist der Export des Maschinenbaus zwischen 2003 und 2007 um über 40% angewachsen. Andere Branchen, wie die Hersteller von Büromaschinen und Geräten zur Datenverarbeitung haben in der Vergangenheit auch Wachstumsraten von über 40% innerhalb eines Jahres realisiert.

© GWS mbH 2011

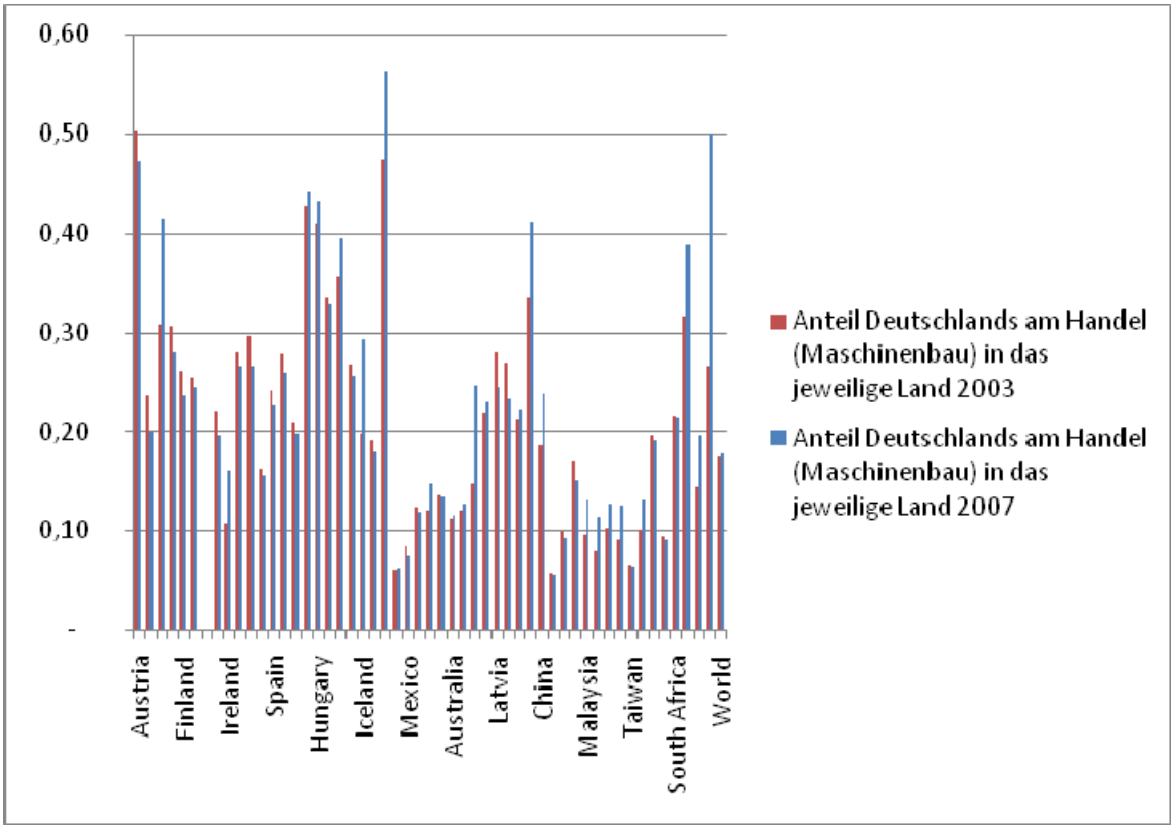


Abbildung 4-13: Anteile des deutschen Maschinenbaus an den Importen nach Ländern 2003 und 2007, (eigene Modellergebnisse).

Dennoch ist die Konstanz der Welthandelsanteile in keiner Branche über einen wirklich langen Zeithorizont beobachtbar, insbesondere, wenn das Handelsvolumen sich derart schnell entwickelt, wie im Mengengerüst für den Ausbau erneuerbarer Energien impliziert. Daher stellt dieses Szenario auch für die weitere Entwicklung zweier realistischer Szenarien der Entwicklung der deutschen Exporte eine Obergrenze dar. Abbildung 4-14 zeigt die Summe der Exporte in den so definierten Grenzen. Die Aufteilung auf die einzelnen EE-Sparten ergibt sich aus der Definition der Grenzen: an der Untergrenze wird die Struktur von 2007 beibehalten (kein Anstieg des Exportvolumens), an der Obergrenze ergibt sich die Verteilung der exportierenden Industrien aus der unterstellten Konstanz der Welthandelsanteile und führt zu einem Anstieg des Exportvolumens. Deutschland fällt in 2020 (2030) an der Untergrenze auf einen durchschnittlichen Welthandelsanteil von 6,8% (4,2%) über alle Technologien zurück, an der Obergrenze steigen die Exporte auf über 60 Mrd. € an.

© GWS mbH 2011

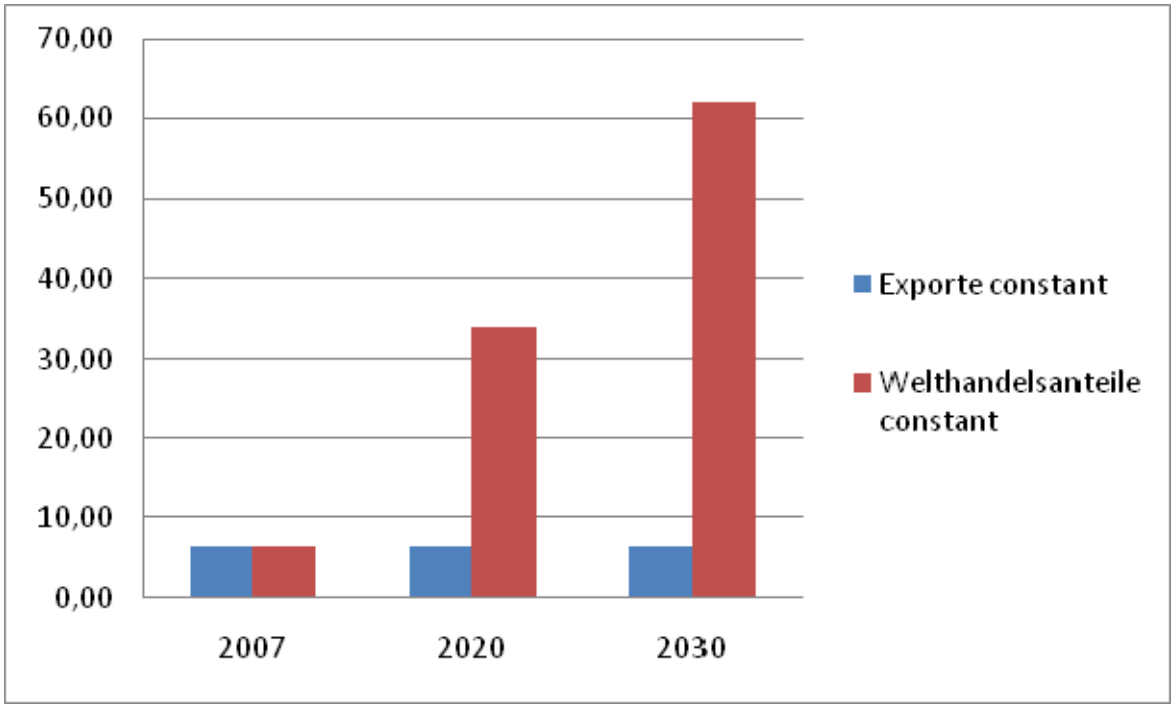


Abbildung 4-14: Exportvolumina Deutschlands an der Ober- und Untergrenze in Mrd. Euro$_{2005}$ (eigene Modellergebnisse).

4.4.2 Zukunftsentwicklungen der deutschen EE-Exporte

Abbildung 4-14 zeigt zwei Stellgrößen, die einen wichtigen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung deutscher Exporte von EE-Technologien ausüben.

(1) Zum einen werden die Exportmöglichkeiten von der Entwicklung internationaler Handelsaktivitäten beeinflusst. Geht der internationale Handel in der Zukunft eher zurück, werden also die derzeitigen Handelspartner sich wieder auf ihre jeweilige heimische Produktion zurückbesinnen, so sind die Exportmöglichkeiten auch bei expandierendem Weltmarkt hierdurch eingeschränkt. Dies könnte insbesondere der Fall sein in Ländern wie den USA, die über die notwendigen Fähigkeiten zur Versorgung des eigenen Marktes mit Hochtechnologie verfügen können, in großem Umfang am internationalen EE-Ausbau beteiligt sind und derzeit in erheblichem Umfang importieren, so dass ein Rückgang des Imports nach der Devise „buy American“ deutlich spürbar wäre. Andere Player wie Japan neigen ohnehin zur heimischen Produktion, so dass eine Verschlechterung der Exportsituation fast nicht möglich ist. China und Indien wiederum weisen ebenfalls erhebliches Wachstumspotenzial und hinreichende heimische Fähigkeiten auf, sind jedoch derzeit noch nicht in demselben Ausmaß am internationalen Handel im Sinne von Importen von EE-Technologien beteiligt, dass es zu einem echten Einbruch käme. Der innereuropäische Handel wird sich durch die stabilen Währungsbedingungen und die räumlich Nähe ebenfalls nicht abschwächen.

Daher wird im Folgenden für keine Region von einer Abnahme der Handelsaktivitäten oder einer Abschottung der Märkte hinter das Niveau von 2007 zurückgehend ausgegangen. Aus der anderen Seite ist der internationale Handel durch die Finanzkrise erheblich durchgerüttelt worden, so dass etliche Märkte derzeit deutlich unter dem Niveau von 2007 bleiben, auch in den EE-Bereichen. Wir unterstellen jedoch im Folgenden eine mittelfristige Erholung zumindest der Handelanteile und der Handelsstruktur auf eine ähnliche Welt,

© GWS mbH 2011

wie sie weiter oben für 2007 beschrieben wurde. Darüber hinaus lässt sich bei Ländern und für Technologien mit großen Wachstumsdynamik bei EE-Investitionen eher der Aufbau einer wettbewerbsfähigen heimischen Industrie unterstellen, für die Länder mit geringerer Wachstumsdynamik ist eher mit einer Marktversorgung durch Importe, also mit einem Anstieg des Handels zu rechnen. Aus den Szenarien lässt sich ablesen, welche Regionen gewissermaßen (zeitlich) in Vorleistung treten beim internationalen Ausbau und welche Regionen später eintreten, aber dann überdurchschnittliche Wachstumsraten aufweisen.

Darüber hinaus werden vor allem in den Transformationsländer die Handelsintensitäten mittelfristig anwachsen, da diese Länder die erforderlichen Zuwächse im EE-Bereich nicht durch eigene Produktion decken können. Ähnliches gilt für Lateinamerika, den Nahen Osten, Afrika und den Pazifischen Raum.

(2) Zum anderen werden die Exportchancen auf den weltweiten Märkten durch die Handelsanteile deutscher Unternehmen abgebildet. Handelsanteile werden von einer Reihe von Faktoren beeinflusst:

- Räumliche Nähe erleichtert den Transport und somit auch den Handel (geringe Handels- bzw. Transaktionskosten). Dies zeigt sich auch daran, dass deutlich mehr als die Hälfte aller Exporte aus Deutschland in die EU-Mitgliedstaaten geht. Zur räumlichen Nähe treten in diesem Fall noch die gemeinsame Währung der meisten Mitgliedstaaten und der Abbau der meisten Handelshemmnisse. Unter geographischen Aspekten sind die Transformationsländer sowie Nordafrika wahrscheinliche Kandidaten für hohe Handelsanteile.
- Bestehende Handelsverflechtungen (bei anderen/ähnlichen Gütern) stärken auch den Handel mit EE-Technologien. Wenn in einem Land die Nachfrage nach EE-Technologien ansteigt, zu dem bereits etablierte Handelsbeziehungen auf anderen Gütermärkten bestehen, steigt die Tendenz zu größeren Handelsanteilen Deutschlands. Dies trifft ebenfalls auf die Länder der EU zu, sowie zum Teil auf die USA.
- Tendenzielle Verlagerung der Nachfrage zu hochwertigen Produkten. Deutschlands Produktion und Exporte umfassen generell forschungsintensive Produkte (Maschinen- und Fahrzeugbau). Derzeit nimmt Deutschland bei Wind-, Wasser- und Solarenergienutzung hinsichtlich der Forschungsintensität, des Innovationsgrads oder der Technologieentwicklung eine führende Stellung ein. Zielt die Förderung und damit der Ausbau in einer Weltregion gezielt auf marktbeste Geräte, können sich hier zusätzliche Chancen für deutsche Hersteller eröffnen.

Innerhalb der durch die beiden definierten Ober- und Untergrenzen markierten Spannweite geht eine verhaltene Variante der deutschen Exportentwicklung von einer deutlichen Abnahme der Exportchancen der deutschen Industrie aus. Eine solche Annahme lässt sich als Verlust der Technologieführerschaft deuten und als Zunahme der Bedeutung von Produzenten in anderen Regionen. Allerdings hätten auch ausländische Fertigungsstandorte von deutschen Unternehmen einen vergleichbaren Effekt, da auch in diesem Fall die Exporte geringer werden und die durch den Export induzierte Beschäftigung in Deutschland zurückgeht.

Die optimistische Variante unterstellt eine größere Öffnung der Märkte in den Transformationsländern, Afrika und dem Nahen Osten bereits bis 2020, China und Indien ziehen bis 2030 nach. Angenommen wird ein weniger starkes Absinken der Handelsanteile im Vergleich zu dem verhaltenen Szenario bei der Windenergie bis 2020 und bei den wärme-

© GWS mbH 2011

erzeugenden Technologien. Solarthermische Kraftwerke weisen bis 2030 zunehmende Handelsanteile für China und Indien auf, in Nordamerika wird eine Zunahme der eigenen Produktion unterstellt. Insofern bildet die Region Nordamerika eine Ausnahme in der angewendeten Systematik, da für die übrigen Regionen und Technologien eher eine Zunahme der Handelsaktivitäten unterstellt wird. Da die Region Nordamerika gegenüber 2007 jedoch bereits in den letzten Jahren erhebliche Zuwächse bei den EE-Technologien gezeigt hat, werden eher konstante bzw. abnehmende Handelsaktivitäten in beiden mittleren Varianten angenommen.

Der beste Überblick lässt sich gewinnen, wenn man diese Szenarien nach Technologien und Regionen für bestimmte Stichjahre und die zeitliche Entwicklung der Exporte insgesamt betrachtet. Abbildung 4-15 zeigt die Exporte in verschiedene Regionen für die vier Szenarien und das Jahr 2020 in Mrd. $€_{2005}$.

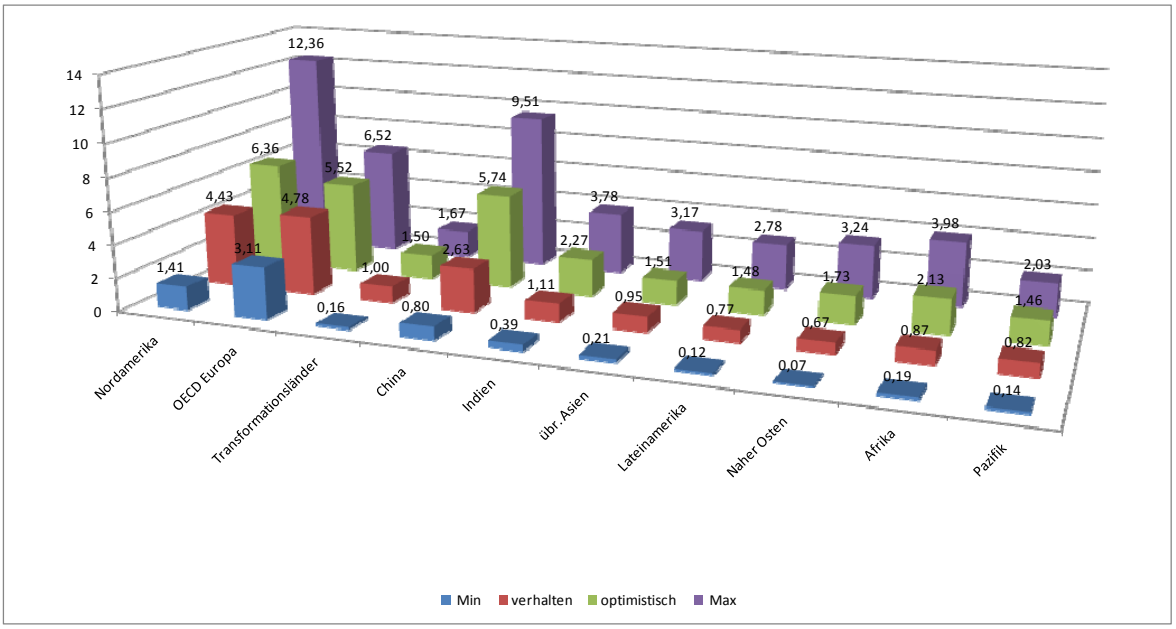


Abbildung 4-15: Exporte von EE-Anlagen nach Regionen in 2020, in Mrd. $€_{2005}$, (eigene Modellergebnisse).

Es zeigt sich, welche Regionen die Unterschiede in den Szenarien treiben. Wegen der wirtschaftlichen Verflechtungen in Europa liegen die geschätzten Exporte über alle Szenarien dort erheblich enger zusammen als beispielsweise in China oder Nordamerika. Die Länder mit geringerem Ausbau weisen ebenfalls keine großen Abweichungen auf.

© GWS mbH 2011

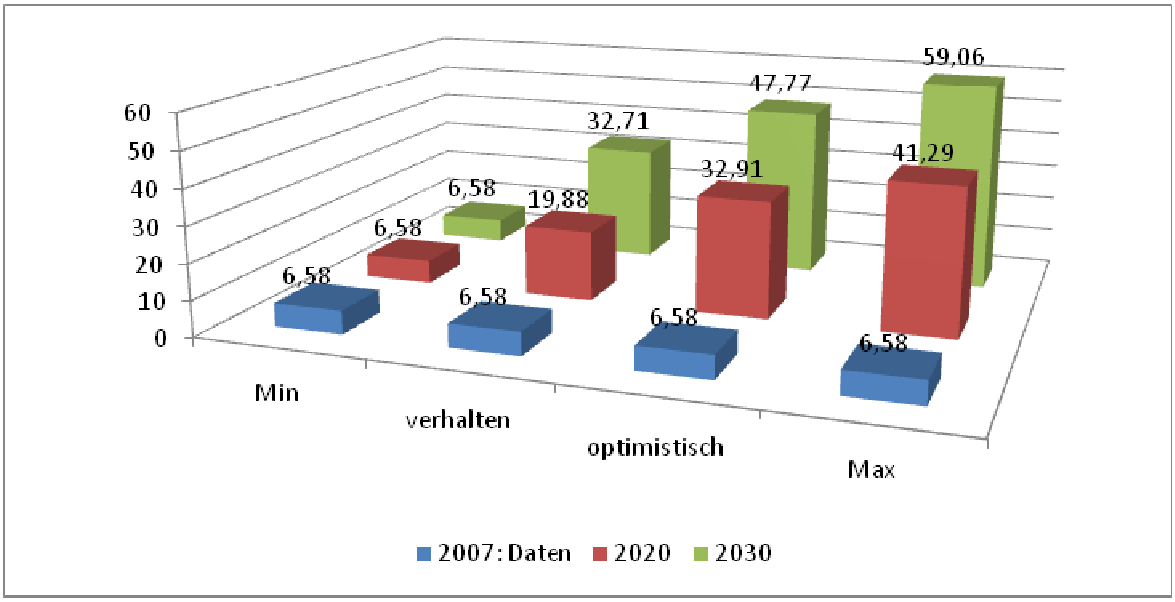


Abbildung 4-16: EE-Technologieexporte im Zeitablauf, in Mrd. €$_{2005}$ (eigene Modellergebnisse).

Aus dem Vergleich der weltweiten Exporte im Zeitablauf in verschiedenen Szenarien wird die Bandbreite deutlich, zu der die verschiedenen Annahmen führen. In 2020 liegen über 30 Mrd. € zwischen der Untergrenze und der Obergrenze. Das verhaltene Szenario unterschiedet sich insgesamt um ca. 10 Mrd. € vom optimistischen Szenario in 2020. In 2030 fallen diese Unterschiede bereits erheblich deutlicher aus. Die optimistische Variante liegt mit rd. 60 Mrd. €$_{2005}$ um ca. 20 Mrd. € über der verhaltenen Variante. Die optimistische Variante stellt mehr als eine Verneunfachung des Exportniveaus von 2007 bis 2030 dar, bei einem Anwachsen des Welthandels auf das Neunfache.

© GWS mbH 2011

5 Langfristige Entwicklung der Beschäftigung durch den Ausbau erneuerbarer Energien

In diesem Kapitel werden die Erkenntnisse aus der Abschätzung der langfristigen Entwicklung der in- und ausländischen Märkte mit eine Fortschreibung der Kostenentwicklung bei den erneuerbaren Energien und der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung zu einer Abschätzung der langfristigen Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien zusammengeführt. Dabei wird nach einem kurz Rückgriff auf frühere Ergebnisse zunächst die für die zukünftige Entwicklung wichtige methodische Trennung in Brutto- und Nettobeschäftigung aufgegriffen und dann beide Beschäftigungsaspekte in ihrer zukünftigen Entwicklung abgeschätzt.

5.1 Frühere Ergebnisse

Die wirtschaftlichen Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien insbesondere im Hinblick auf die hiermit verbundene Beschäftigung werden seit 2004 durch Forschungsvorhaben des BMU begleitet. In diesen Untersuchungen (BMU 2006, 2007, 2008, 2009, 2010) lag das Augenmerk zum einen auf der Analyse der aktuellen Beschäftigung in den Wirtschaftsbereichen, die mit der Herstellung und dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie der Bereitstellung von Biomasse sowie Biokraftstoffen befasst sind. Hier wurde seit der ersten Erhebung für das Jahr 2004 mit einer Bruttobeschäftigung von 160.500 in jährlich vorgelegten, jeweils vorläufigen und konservativ angelegten Abschätzungen ein Anstieg der Beschäftigung auf zuletzt 300.500 (2009) ermittelt.

Zum anderen wurden die gesamtwirtschaftlichen Effekte eines zukünftigen Ausbaus erneuerbarer Energien mit Schwerpunkt auf der Analyse der Beschäftigungsentwicklung untersucht (Nettowirkungen). In BMU (2006) wurde dazu eine Entwicklung verstärkten Ausbaus einer möglichen Zukunft mit deutlich geringerem Ausbau gegenübergestellt. Durch den Vergleich der Beschäftigungsentwicklungen dieser beiden Szenarien wird deutlich, dass das verstärkte Ausbauszenario gesamtwirtschaftlich positive Effekte aufweist. Es ergaben sich Nettowirkungen bei der Beschäftigungsentwicklung von bis zu 180.000 Erwerbstätigen bis 2030 (BMU 2006). Da die mögliche Steigerung der inländischen Produktion in erheblichem Maße von der zu erwartenden Entwicklung der Auslandsnachfrage und den realisierten Exportchancen der deutschen Industrie auf den Weltmärkten abhängt, wurde in BMU (2006) darüber hinaus die Sensitivität der Ergebnisse gegenüber verschiedenen Exportannahmen getestet. Der positive Nettobeschäftigungseffekt blieb auch bei verhaltenen Exportannahmen erhalten.

Die Follow-up Studie (BMU 2007) untersuchte Teilaspekte der Bruttobeschäftigung genauer. So wurden die Beschäftigten durch öffentliche Mittel detailliert erhoben und die Beschäftigungswirkungen des Ausbaus von Produktionskapazitäten, die in den Berechnungen sonst nur implizit enthalten sind, mit 23.500 (2006) Beschäftigten abgeschätzt. Darüber hinaus stellte diese Untersuchung dem verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien eine Entwicklung gegenüber, bei welcher der Ausbau erneuerbarer Energien nicht gefördert wird und daher keinerlei Zubau stattfindet (sog. „Null-Szenario“). Der Vergleich mit einer derartigen Entwicklung diente der Abschätzung der Auswirkungen des Ausbaus er-

© GWS mbH 2011

neuerbarer Energien insgesamt. Die Beschäftigung im Jahr 2030 lag demnach im Ausbauszenario je nach Exportannahmen um 80.000-120.000 Erwerbstätige höher als in dieser neuen Referenzentwicklung und wies damit die gleiche Tendenz auf wie in der 2006 veröffentlichten Untersuchung.

5.2 Brutto- und Nettobetrachtung - methodische Überlegungen

Die Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt werden immer wieder kontrovers diskutiert (vgl. u.a. Frondel et al. (2007, 2010), Erdmann (2008), Blankart et al. (2007), Alvarez et al. (2009)). Dabei geht es um die Frage, ob die Förderung erneuerbarer Energien bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung letztlich zu einer Zunahme von Beschäftigung führt, oder ob dadurch Arbeitsplätze verloren gehen. Annahmen zur künftigen Entwicklung wichtiger Größen, zum Beispiel zu Importpreisen fossiler Energieträger, zu in- und ausländischen Investitionen und zum Außenhandel, spielen hierbei eine wesentliche Rolle. Während Investitionen in erneuerbare Energien im In- und Ausland die Hersteller der Anlagen, die Zulieferer und die mit Betrieb und Wartung der Anlagen betrauten Unternehmen stärken, schwächen niedrige internationale Preise für fossile Energieträger zunächst die Wettbewerbsfähigkeit der Erneuerbaren, wirken sich jedoch positiv auf die Gesamtwirtschaft aus.

Vor diesem Hintergrund ist es insbesondere wichtig, die verschiedenen Effekte methodisch konsistent zu untersuchen (Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2). Betrachtet man zunächst die linke Seite der Abbildung 5-1, findet man eine Zuweisung der Effekte, die aus der inländischen Nachfrage stammen. Zunächst ergibt sich aus den Investitionen in Anlagen die direkte Beschäftigung bei den Herstellern (gelb unterlegt).

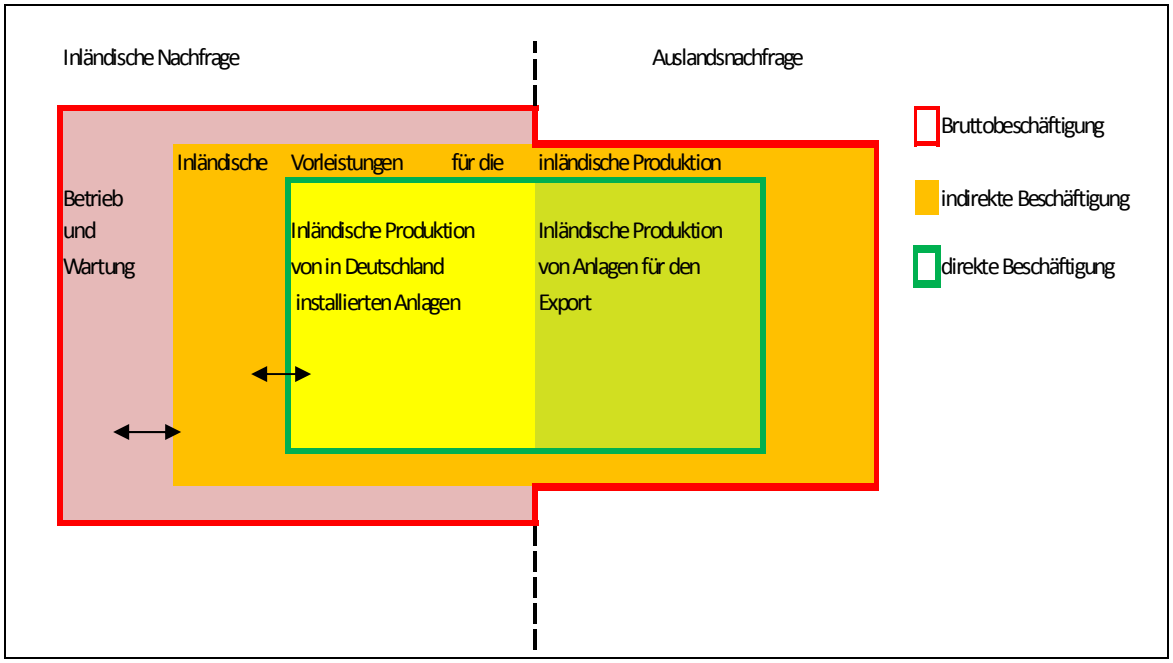


Abbildung 5-1: Systematische Darstellung der Bruttobeschäftigung.

Durch den Betrieb und die Wartung der bereits im Inland installierten Anlagen entsteht direkte Beschäftigung bei Dienstleistern, Handwerkern und anderen Sektoren (hellrot).

© GWS mbH 2011

Beide Bereiche fragen ihrerseits Güter in anderen Wirtschaftssektoren nach und schaffen so indirekte Beschäftigung in den Vorleistungs- und Zulieferunternehmen.

Wendet man sich der rechten Seite der Grafik zu, sieht man eine ähnliche Aufteilung infolge der Auslandsnachfrage. Allerdings entfällt hier der Bereich Betrieb und Wartung, da diese überwiegend durch Unternehmen vor Ort bereitgestellt werden. Die inländische Produktion fürs Ausland fragt jedoch wiederum Vorleistungen nach, die ihrerseits zum Teil im Inland bereitgestellt werden. Aus der Summe der direkten und indirekten Beschäftigung resultiert die sog. Bruttobeschäftigung (vgl. BMU 2008, 2009, 2010). Während diese immer positiv ist, müssen in einer belastbaren gesamtwirtschaftlichen Analyse auch mögliche negative Beschäftigungswirkungen wie die Mehrkosten der erneuerbaren Energien oder die Substitution von Investitionen in herkömmliche Kraftwerke berücksichtigt werden (vgl. Abbildung 5-2).

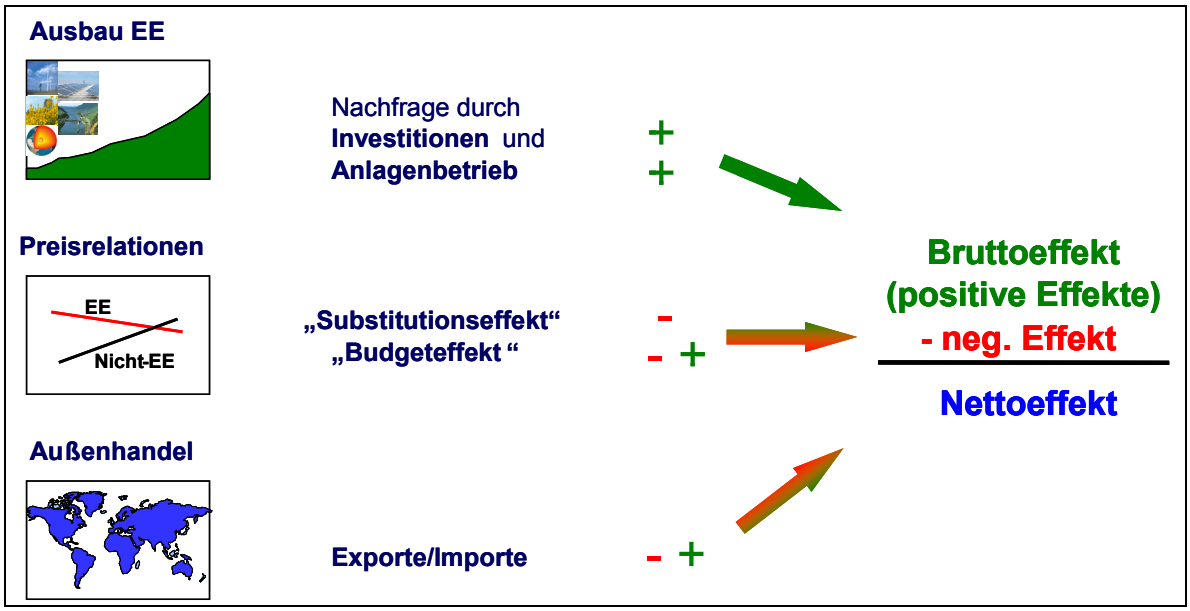


Abbildung 5-2: Analyse positiver und negativer Beiträge zur Nettobeschäftigung (nach Staiß 2006).

Der so genannte Nettobeschäftigungseffekt stellt die Bilanzierung aller Effekte dar und kann damit positiv oder negativ ausfallen. Während die Bruttobeschäftigung für die Gegenwart und die jüngere Vergangenheit in Kapitel 2 beschrieben wird, kann sie für die Zukunft innerhalb eines Szenarios, d.h. innerhalb eines definierten Sets von Annahmen über die Entwicklung von Rahmendaten bestimmt werden. Der Nettobeschäftigungseffekt einer Änderung der Rahmendaten hingegen wird als Differenz zweier konsistenter zukünftiger Szenarien ermittelt. Vergleicht man zwei Szenarien, die sich im Niveau des Ausbaus erneuerbarer Energien unterscheiden, so stellt der Nettoeffekt, wenn er positiv ist, somit die tatsächliche Mehrbeschäftigung eines verstärkten Ausbaus erneuerbarer Energien dar. Zur Ermittlung dieses Effekts wird die modellgestützte Analyse eingesetzt und der Vergleich zwischen den Ergebnissen zweier Modellsimulationsläufe gezogen.

© GWS mbH 2011

5.3 SZENARIENVERGLEICH

In unserer Untersuchung verwenden wir ein Set an Szenarien, die sich hinsichtlich der Preise für fossile Energieträger, des inländischen Ausbaus erneuerbarer Energien sowie der realisierten Exportchancen deutscher Unternehmen auf den Weltmärkten unterscheiden, da diese Faktoren in früheren Untersuchungen (BMU 2006, 2007) als wesentliche Treiber der Beschäftigungsentwicklung durch den Ausbau erneuerbarer Energien ausgemacht werden konnten.

Die vorliegende Studie greift für den inländischen Ausbau und die Entwicklung der internationalen Preise für fossile Energieträger, wie in Kapitel 3.2 beschrieben, über weite Strecken auf die in der EE-Leitstudie 2009 (BMU 2009 b) abgeleiteten Szenarien zurück[1]. Darüber hinaus werden exogene Entwicklungspfade für die globalen Investitionen herangezogen, wie ebenfalls in Kapitel 3.7.4 beschrieben. Die Exportszenarien von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wurden explizit im Rahmen dieser Studie entwickelt; sie werden in Kapitel 3 ausführlich dargestellt.

Aus der Kombination von zwei Preispfaden, drei inländischen Ausbaupfaden und vier möglichen Exportentwicklungen ergibt sich ein breiter durch die Szenarien abgedeckter Fächer möglicher Entwicklungen. Die wichtigsten Eckpunkte werden nachfolgend kurz zusammengefasst:

1. **Preisniveau fossiler Energieträger**: Der Preispfad A weist einen deutlichen Anstieg der Preise für importiertes Öl, Erdgas und importierte Steinkohle auf. Der Preispfad B unterstellt dieselbe Relation zwischen den Importpreisen dieser Energieträger, weist aber einen geringeren Anstieg auf[2]. Das Preisniveau der fossilen Energieträger führt zu unterschiedlichen Strompreisen. Der jeweilige Preispfad beeinflusst somit die Differenzkosten der erneuerbaren Energien: hohe fossile Energieträgerpreise verringern die Differenzkosten der erneuerbaren Energien.
2. **Ausbau der erneuerbaren Energien**: Der Zubau folgt dem Mengengerüst des Leitszenario 2009. Um dem hohen Ausbau der Photovoltaik in 2009 und dem erwarteten hohen Ausbau in 2010 Rechnung zu tragen, wurden darüber hinaus im Projektverlauf kurzfristig zwei Sensitivitäten zur Photovoltaik ergänzend einbezogen: PV1 unterstellt einen Zuwachs von 3 GW/a bis 2020, danach fällt der Zubau bis 2030 auf 2,5 GW/a. PV2, das der Zielvorstellung des derzeitigen Förderkorridors entspricht, unterstellt einen Zubau von 6 GW in 2010, 4,5 GW in 2011 und bis 2020 3,5 GW/a.[3] Anschließend wird ein Zubaupfad von 2,4 GW/a angesetzt. In der

[1] Die Leitstudie 2009 befindet sich auf dem Stand „Kernenergieausstieg“. Die in diesem Jahr verabschiedete Laufzeitverlängerung wird in der derzeit erarbeiteten Leitstudie 2010 aufgegriffen. Für die nachfolgend dokumentierten Ergebnisse zur EE-Nettobeschäftigung ist die Laufzeitverlängerung jedoch insofern ohne Bedeutung, als die in Prognos/EWI/GWS 2010 errechneten Preiswirkungen sowohl im Referenzszenario als auch in den Ausbau und Exportszenarien enthalten wären. Da in der Analyse der Nettowirkungen nur Abweichungen zur Referenz bei gleichen Energiepreisen betrachtet werden, können sich die Effekte nicht grundlegend ändern.

[2] Insgesamt liegt der Ölpreis im niedrigeren Preisszenario (B) mit 79 $\$_{2005}$/bbl (94 $\$_{2005}$/bbl) in 2020 (2030) unterhalb der Rahmenannahmen von Prognos/EWI/ GWS (2010) mit 97,5 $\$_{2008}$/bbl (110 $\$_{2008}$/bbl).

[3] Letzte Meldungen deuten darauf hin, dass der PV-Ausbau 2010 über dieser Marke gelegen haben könnte. Wichtige Treiber für die langfristigen Beschäftigungswirkungen sind jedoch die langfristigen Entwicklungspfade des Ausbaus erneuerbarer Energien.

© GWS mbH 2011

folgenden Darstellung wird auf die zweite PV Sensitivität gesondert im Detail eingegangen. Die Differenzkosten zu allen Mengengerüsten wurden mit beiden Preispfaden unterlegt.

3. **Exporttätigkeit** der Hersteller von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien[1]: Die Obergrenze (Maximum) ist durch konstante Handelsanteile auf stark expandierenden Weltmärkten gekennzeichnet, an der Untergrenze (Minimum) sind die Exportvolumina auf dem heutigen Niveau konstant. Ein sogenannter optimistischer und ein verhaltener Exportpfad verlaufen zwischen diesen beiden Grenzen.

An die Stelle eines business-as-usual-Referenzlaufs, der in vielen Untersuchungen eine Entwicklung ohne weitere Maßnahmen beschreibt (vgl. Prognos/GWS/EWI 2010), tritt in dieser Untersuchung das Null-Szenario (vgl. auch BMU 2007). Es beschreibt eine konsistente hypothetische Entwicklung der Energieerzeugung ohne erneuerbare Energien ab dem Jahr 1995 (vgl. Kapitel 3.6.1) und umfasst den dann notwendigen Zubau fossiler Kraftwerke und Wärmeerzeuger und die hiermit verbundenen Investitionen. Erneuerbare Energien liefern in diesem Szenario nur einen sehr begrenzten Beitrag zu Wärme- und Stromversorgung, letzteren Falls vornehmlich über die sog. Große Wasserkraft, die bereits vor Inkrafttreten des EEG wettbewerbsfähig war.

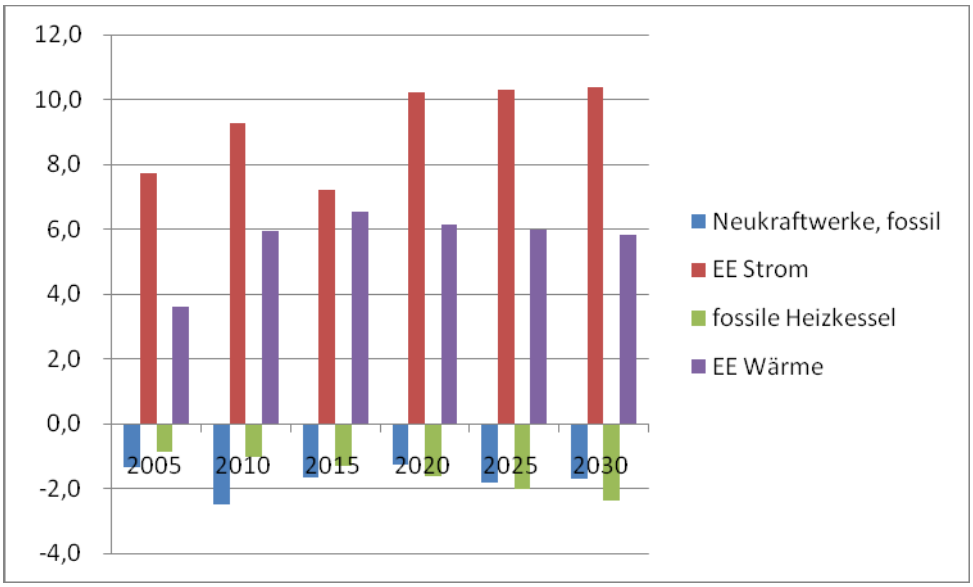


Abbildung 5-3: Absolute Abweichungen der Investitionen in Energietechnologien vom Null-Szenario in Mrd. €, Berechnungen des DLR.

Vergleicht man die Investitionen in neue Kraftwerkstechnologie – einen der wesentlichen Treiber für Substitutionseffekte - sieht man (Abbildung 5-3), dass die Zunahme der EE-Investitionen im Leitszenario 2009 die verringerten Investitionen in fossil basierte Technologien weit übertreffen. Der größte Rückgang der Investitionen im fossilen Kraftwerksbereich findet nah am aktuellen Rand statt, während der Rückgang der Investitionen in fossil basierte Wärmebereitstellung erst gegen Ende des Betrachtungszeitraums zunimmt.

[1] Einschließlich Komponentenhersteller.

© GWS mbH 2011

5.4 BRUTTOENTWICKLUNG BIS 2030

Die in Kapitel **3** beschriebene mögliche Entwicklung deutscher Exportchancen übt einen zunehmenden Einfluss auf die heimische Beschäftigung durch erneuerbare Energien aus. Dies liegt vor allem an der unterschiedlichen Entwicklung von Binnenmarkt und weltweiter Nachfrage entlang des Zeitpfades. Während die inländischen EE-Zubauten und damit die inländischen Investitionen bis 2020 stark ansteigen und danach abflachen, setzt in einigen Weltregionen der Nachfrageschub erst nach 2020 ein und gleicht diese Entwicklungen bei entsprechenden Exportannahmen aus. Die zukünftige Produktion von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Inland wird sich zunehmend auf sogenannte High-Tech Produkte konzentrieren, die in hochautomatisierten und –technisierten Fertigungsabläufen hergestellt werden. Letztlich bedeutet dies, dass der zukünftige Anstieg in der Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien nicht zu einem vergleichbaren Anstieg der Beschäftigung wie in den letzten 5 Jahren führen wird, da die unterstellten Kostendegressionen, die einen solchen fortgesetzten Anstieg ermöglichen und die erwünscht sind, sich nur durch Produktivitätsfortschritte erreichen lassen. Einen Anhaltspunkt zur Entwicklung der Produktivität gibt erneut der Blick auf die maturierteren Wirtschaftsbereiche. Hier sind jährliche Produktivitätssteigerungen von 1,5-2,5% je nach Wirtschaftsbereich keine Seltenheit.

Insgesamt wird die Bruttobeschäftigung bei weiterhin erfolgreicher Aktivität der EE-Unternehmen auf den Weltmärkten zwischen 500.000 und 600.000 Beschäftigten in 2030 liegen (Abbildung 5-4).

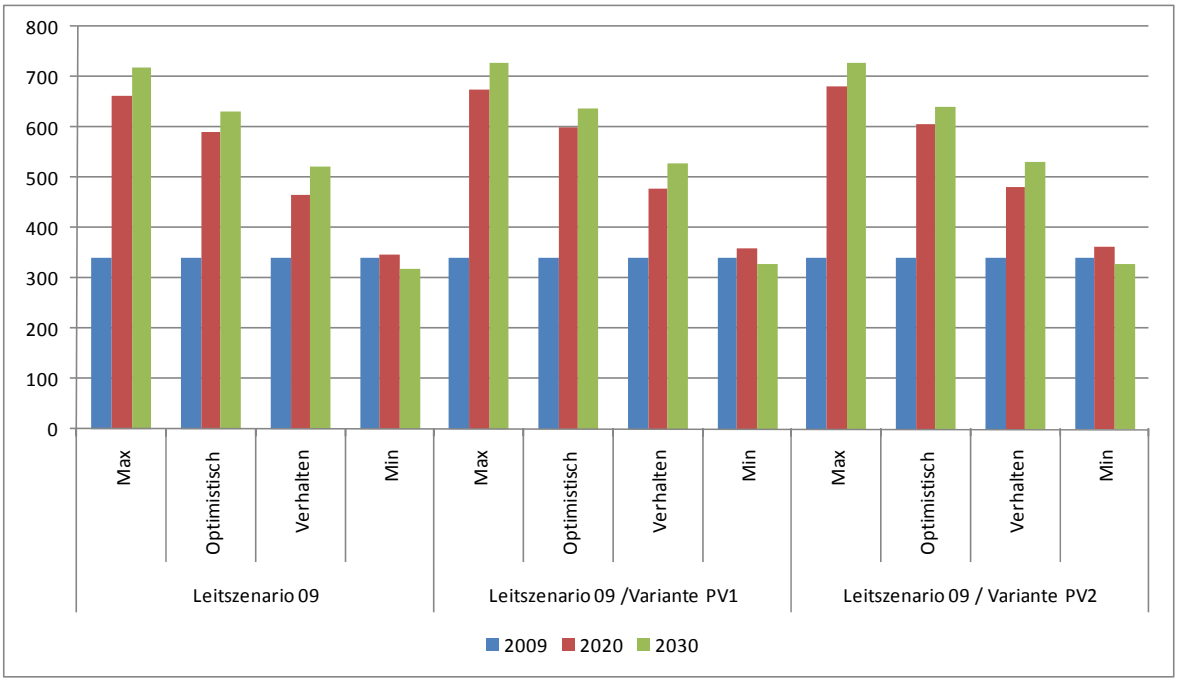


Abbildung 5-4: Beschäftigte (in 1.000) unter verschiedenen heimischen Investitionspfaden und Exportszenarien beim niedrigeren Preispfad.

Die Abbildung weist für drei verschiedene inländische Szenarien die Kombination mit jeweils vier Exportszenarien aus. Dabei werden die Exportober- und –untergrenze jeweils nachrichtlich mitgeführt. Erwarten lassen sich die mittleren Entwicklungen, die durch einen optimistischen und einen verhaltenen Exportpfad gekennzeichnet sind. Der Anstieg

© GWS mbH 2011

der Bruttobeschäftigung ist dabei am stärksten zwischen heute und 2020. Die Bruttobeschäftigung steigt in diesem Zeitraum von den heutigen knapp 340.000 auf 470.000 – 600.000 Beschäftigte an. Hinsichtlich der Bruttobeschäftigung sind die Auswirkungen unterschiedlicher Exportszenarien stärker als die Auswirkungen der beiden PV-Sensitivitäten. Bei Exportunterschieden von über 10 Mrd. € tragen die Unterschiede in den PV-Varianten mit jeweils unter einer Mrd. € nur geringe Unterschiede in der gesamten Bruttobeschäftigung bei. Insgesamt zeigt sich, dass der nationale und internationale Markt für EE-Technologien immer noch von einer erheblichen Dynamik gekennzeichnet ist, wenngleich die rasante Verdopplung der Beschäftigung in 6 Jahren, wie sie von 2004 bis 2009 beobachtet wurde, wie erwähnt, in der Zukunft nicht mehr zu erwarten ist. Tabelle 5-1 gibt eine Übersicht zur Bruttobeschäftigung im Bereich Erneuerbare Energien. Es wird deutlich, dass der erhöhte PV-Ausbau aus der Variante PV2 des Leitszenarios besonders in den Jahren bis 2020 zu deutlichen Unterschieden in der Beschäftigung führt. Dies führt wiederum zu Produktivitätssteigerungen, die sich am Ende des Betrachtungszeitraums in wesentlich geringeren Zunahmen der Beschäftigung äußern. Insgesamt sind die Szenarien mit höherem inländischem Ausbau natürlich auch durch höhere Beschäftigung in Betrieb und Wartung gekennzeichnet.

Tabelle 5-1: Bruttobeschäftigung im Bereich Erneuerbare Energien (verhaltener Preispfad, gerundet, ausgewählte Jahre).

Inland	Exporte	2009	2015	2020	2025	2030
Leitszenario 2009	Maximum	340.000	489.000	608.000	645.000	669.000
	optimistisch		437.000	534.000	563.000	580.000
	verhalten		353.000	410.000	444.000	470.000
	Minimum		272.000	291.000	280.000	269.000
PV1-Ausbau	Maximum	340.000	505.000	619.000	654.000	677.000
	optimistisch		454.000	545.000	572.000	588.000
	verhalten		369.000	421.000	453.000	478.000
	Minimum		288.000	302.000	289.000	276.000
PV2-Ausbau	Maximum	340.000	511.000	624.000	657.000	678.000
	optimistisch		460.000	550.000	575.000	589.000
	verhalten		376.000	426.000	456.000	479.000
	Minimum		295.000	307.000	292.000	277.000
Eigene Berechnungen.						

Die verschiedenen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien folgen in ihrer zukünftigen Entwicklung unterschiedlichen Pfaden. Bei den strom- und wärmeerzeugenden Technologien lassen sich Marktanteile behaupten oder sogar neue Märkte erschließen, während für die Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen wenige Exporte erwartet werden. Weltweit gibt es Länder, die mit den hierzu notwendigen Ressourcen reicher ausgestattet sind. Darüber hinaus werden auch in Zukunft die Auflagen zur nachhaltigen Gestehung dieser Brenn- und Kraftstoffe sich in Deutschland eher verschärfen, als dass sie

© GWS mbH 2011

aufgehoben werden. Der Betrieb von Anlagen nimmt zwar mit steigender inländischer Anlagenzahl zu, ist aber weniger an den dynamischen Exportentwicklungen beteiligt. Einzig im Bereich der Dienstleistungen für Betrieb und Wartung gibt es erste Hinweise auf Exportaktivtäten (vgl. EXPEED 2009).

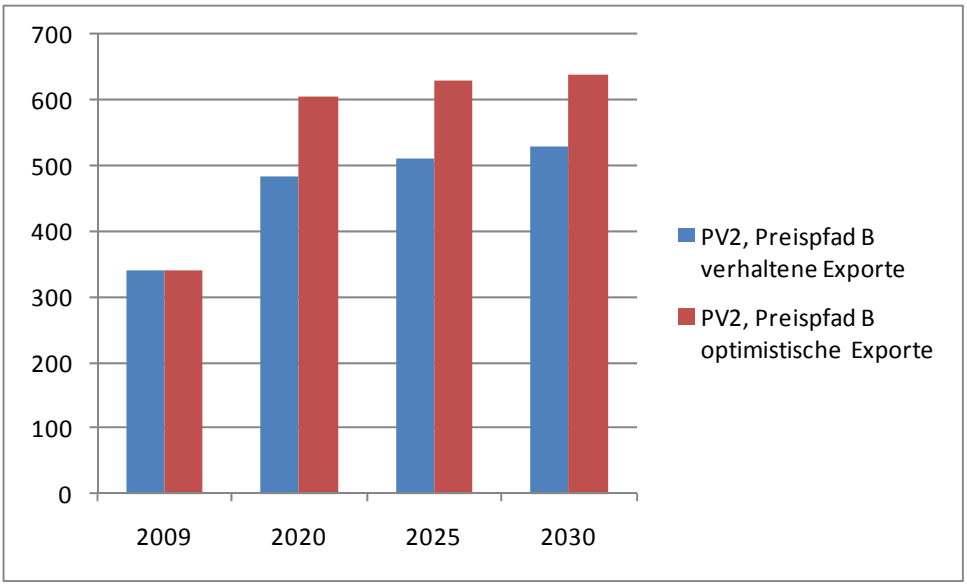


Abbildung 5-5: Bruttobeschäftigung bis 2030.

Abbildung 5-5 vergleicht für das Szenario PV2 mit kräftigem PV-Ausbau (bei niedrigem Preispfad) die Auswirkungen verschiedener Exportannahmen auf die Bruttobeschäftigungsentwicklung. Es lässt sich deutlich erkennen, dass die weltweite Nachfrage nach Anlagen je nach den realisierten Exportchancen zu deutlich zusätzlicher Beschäftigung führt. Im Falle verhaltener Exportannahmen liegt die Bruttobeschäftigung bei knapp unter 500.000 bzw. knapp über 600.000 in 2020 (2030). Optimistischere Annahmen bezüglich des Exports führen zu einer zusätzlichen Beschäftigung von 100.000 Personen, so dass sich die Bruttobeschäftigung in 2030 auf über 640.000 belaufen kann.

5.5 Analyse der Nettoeffekte

Dem Null-Szenario mit Preisbasis A oder B wird nun eine Entwicklung mit unterschiedlichem inländischen Ausbau und verschiedenen Exportentwicklungen auf derselben Preisbasis gegenübergestellt, um die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen verschiedener Umsatzentwicklungen aus der Differenz der Simulationsergebnisse zu ermitteln. Nettobeschäftigungseffekte lassen sich nur in einem komplexen gesamtwirtschaftlichen Modell mit hinreichender Genauigkeit bilanzieren. Für die Simulationen in dieser Studie wurde das Modell PANTA RHEI eingesetzt.

PANTA RHEI ist eine zur Analyse umweltökonomischer Fragestellungen erweiterte Version des Modells des makroökonometrischen Simulations- und Prognosemodells INFORGE der GWS mbH. Das Modell erfasst den langfristigen Strukturwandel in der wirtschaftlichen Entwicklung sowie in den umweltökonomischen Interdependenzen. Neben der umfassenden ökonomischen Modellierung wird der Energieeinsatz mit einem besonderen Schwerpunkt auf dem Einsatz erneuerbarer Energien detailliert erfasst. Alle Modellteile sind konsistent miteinander verknüpft.

© GWS mbH 2011

Die unterschiedlichen Vorgaben in den genannten Bereichen lösen in einem hoch interdependenten Modell wie PANTA RHEI einzeln und zusammen eine Vielzahl von Effekten aus. Abbildung 5-2 unterscheidet Investitionseffekt, Betriebseffekt, Budgeteffekt, dynamischer Effekt und Außenhandelseffekt. Alle diese Effekte werden im Modell abgebildet, wobei PANTA RHEI als nationales Modell Entwicklungen in anderen Ländern nur über Vorgaben erfassen kann. Zusätzlich beschreibt das Modell komplexe Lohn-Preis-Zusammenhänge auf dem Arbeitsmarkt. So wird der ökonomische Kern des Modells auch in anderem Zusammenhang für langfristige Arbeitsmarktprojektionen und -simulationen (Ahlert et al. 2009) eingesetzt.

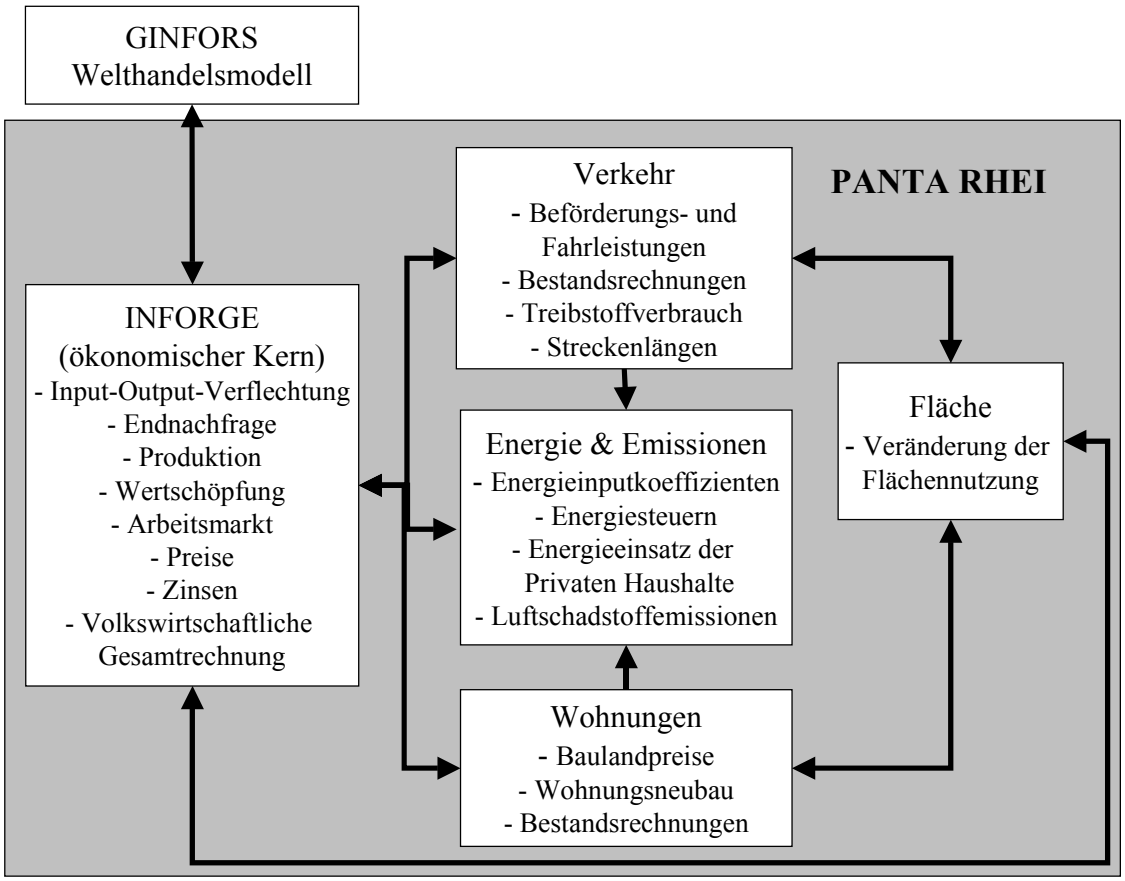


Abbildung 5-6: Vereinfachte Darstellung der Wirkungszusammenhänge in PANTA RHEI.

Dynamische Effekte einer sich ändernden Wirtschaftsstruktur und technischen Fortschritts berücksichtigt PANTA RHEI, soweit dies auf Basis von Vergangenheitsdaten möglich ist. Dies gilt für alle Szenarien. Dabei ist, wie bereits im vorigen Abschnitt angemerkt, bei der Analyse und Interpretation zu beachten, dass die auch in Zukunft weiter steigende Arbeitsproduktivität im Verarbeitenden Gewerbe im Jahr 2020 und noch deutlicher 2030 wesentlich mehr Produktionsvolumen pro Beschäftigtem ermöglichen wird als heute. Gleichzeitig wird die Energieproduktivität der deutschen Volkswirtschaft in Zukunft in allen Szenarien weiter steigen. Energiepreise werden deshalb in allen Szenarien einen geringeren Einfluss auf die Gesamtwirtschaft haben als noch heute. Budgeteffekte etwa durch geringere verfügbare Einkommen bei den privaten Haushalten oder durch sich ändernde Energieimporte sind in PANTA RHEI ebenfalls berücksichtigt. Abbildung **5-6** stellt diese Wirkungszusammenhänge im Modell etwas vereinfacht grafisch dar. Auf die

© GWS mbH 2011

Erfassung einiger Interdependenzen in PANTA RHEI, die für die Fragestellung nicht entscheidend sind, ist zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet worden.

Die Impulse der Szenarien gehen vor allem von den Energiepreisen (Strom, Brenn- und Kraftstoffe) und den Endnachfragekomponenten Investitionen und Exporte an EE-Anlagen aus. Dies löst vielfältige Mengeneffekte auch in vorgelagerten Bereichen (Vorleistungsnachfrage) aus, die durch inländische Produktion und Importe gedeckt werden können. Geänderte Energiepreise wirken ebenfalls auf die gesamte Preisstruktur der Volkswirtschaft, was wiederum Vorleistungs- und Endnachfrage, Produktion und Importe beeinflusst. Vermehrte Produktion kann zu mehr Wertschöpfung, aber auch zu mehr Importen und mehr Vorleistungseinsatz führen. Für diese Verteilung und die Frage, ob mögliche zusätzliche Wertschöpfung auch zu mehr Beschäftigung führt, spielen Preis-, Lohn- und Produktivitätsentwicklung eine wichtige Rolle. Blazejczak et al. (2010) errechnen auf Basis unterschiedlicher Annahmen zur Entwicklung der Produktivität Nettobeschäftigungseffekte, die als Sensitivität zur vorliegenden Untersuchung gelesen werden können. Lassen sich zusätzliche Arbeitskräfte aktivieren, liegen die Nettowirkung in 2030 bei zusätzlichen 270.000 Beschäftigten, werden die zusätzlichen Aufträge durch hohe Produktivitätszuwächse mit der bestehenden Belegschaft abgearbeitet, zeigen sich die positiven Effekte in der Zunahme des BIP, jedoch bei gleichbleibender Beschäftigung. Höhere Löhne bzw. mehr Beschäftigung wirken über höhere verfügbare Einkommen auch wieder auf die Endnachfrage. Wenngleich sich innerhalb der Branche der erneuerbaren Energien erhebliche Zuwächse in der Beschäftigung zeigen (vgl. Einschätzung der Bruttobeschäftigung weiter oben), liegen die Ergebnisse aus Blazejczak et al. (2010) zu den positiven gesamtwirtschaftlichen Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien und die im Folgenden dargestellten Ergebnisse nicht weit auseinander.

5.5.1 Nettobeschäftigung im Überblick

Um eine Übersicht über ausgewählte Ergebnisse in allen Simulationsläufen zu gewinnen, werden in den nachfolgenden Abbildungen die Resultate für die Nettobeschäftigung im Zeitverlauf dargestellt. Es werden absolute Abweichungen gegen das Null-Szenario des entsprechenden Preispfades gezeigt. Da allen Szenarien gemeinsam ist, dass sie sich vom Nullszenario durch einen höheren inländischen Ausbau erneuerbarer Energien und die Existenz der entsprechenden Branchen unterscheiden, lassen sich positive Werte als positive Nettobeschäftigung im Vergleich zu einer Entwicklung ohne EE-Ausbau zu sehen. Negative Werte deuten an, dass die Beschäftigung hinter ihrem Wert ohne EE-Ausbau zurückbleibt.

Aus den Abbildungen 5-7 und 5-8 lassen sich Rückschlüsse auf die Auswirkungen verschiedener Export bei gleichem inländischen Ausbau ziehen, indem die vier Säulengruppen zu dem Leitszenario, zur Variante PV1 oder der Variante PV2 jeweils untereinander verglichen werden. Die Effekte eines geänderten inländischen Ausbaus lassen sich durch den Vergleich der Säulengruppen bei gleichen Exporten bewerten. Effekte eines anderen Preispfades lassen sich durch den Vergleich zwischen den Abbildungen beurteilen.

Beim **Preispfad A** (Abbildung 5-7) führt der unterstellte Ausbau der erneuerbaren Energien in nahezu allen untersuchten Szenarien durchgehend zu positiver Netto-Beschäftigung, die insbesondere ab 2020 ansteigt. Am niedrigsten fallen die Nettowirkun-

© GWS mbH 2011

gen dabei in den – hier allerdings eher als eine fiktive Untergrenze angesehenen – Szenarien mit minimalem (d.h. gegenüber. dem heutigen Stand konstantem) Export aus. In diesem Fall ergeben sich für zwei Ausbaupfade (Leit 2009 und PV2) zwischenzeitlich geringere Werte für die Beschäftigung im Vergleich zum Null-Szenario. Zum Ende des Betrachtungszeitraums ändert sich auch in diesen Fällen das Vorzeichen; die Nettobeschäftigungswirkungen werden positiv (rd. 200.000 Beschäftigte). In den untersuchten Szenarien sieht man deutlich den Einfluss des Exports für die heimische Beschäftigungsbilanz: Bei optimistischen Erwartungen steigt die positive Nettobeschäftigungswirkung bis 2030 auf Werte deutlich über 200.000. In Kombination mit den verhaltenen Exporterwartungen ergeben sich bis 2015 nur geringe positive Abweichungen zum Nullszenario. Danach zeigen sich positiven Beschäftigungseffekte des Exports.

Beim **Preispfad B** führen die höheren Differenzkosten, die durch niedrige Preise fossiler Energieträger bestimmt werden, zu einer leichten Dämpfung der oben beschriebenen positiven Netto-Beschäftigungseffekte. Das für den Preispfad A beschriebene Grundmuster bleibt dabei jedoch erhalten: Negative Netto-Beschäftigungswirkungen treten zeitweise an der fiktiven Exportuntergrenze auf.

Insgesamt ergibt sich die höchste Nettobeschäftigung für den Preispfad A an der Exportobergrenze in Kombination mit dem PV1 Ausbau. Hier liegt die Nettobeschäftigung in 2030 um mehr als 300.000 Personen höher als ohne einen Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland. Höhere fossile Brennstoffpreise unterstützen die Vorteilhaftigkeit erneuerbarer Energien und senken die Differenzkosten, die für den stärksten negativen Impuls – den Budgeteffekt – verantwortlich sind. In den Szenarien entlang des Preispfads A liegen die Differenzkosten kumuliert (2009 – 2030) je nach Ausbauszenario um 60-70 Mrd. niedriger als in denselben Szenarien beim Preispfad B. Trotz der leicht dämpfenden Wirkung höherer fossiler Energiepreise auf die Gesamtwirtschaft wirken sich die geminderten Differenzkosten bei gleichem EE-Ausbau deutlich positiv aus.

© GWS mbH 2011

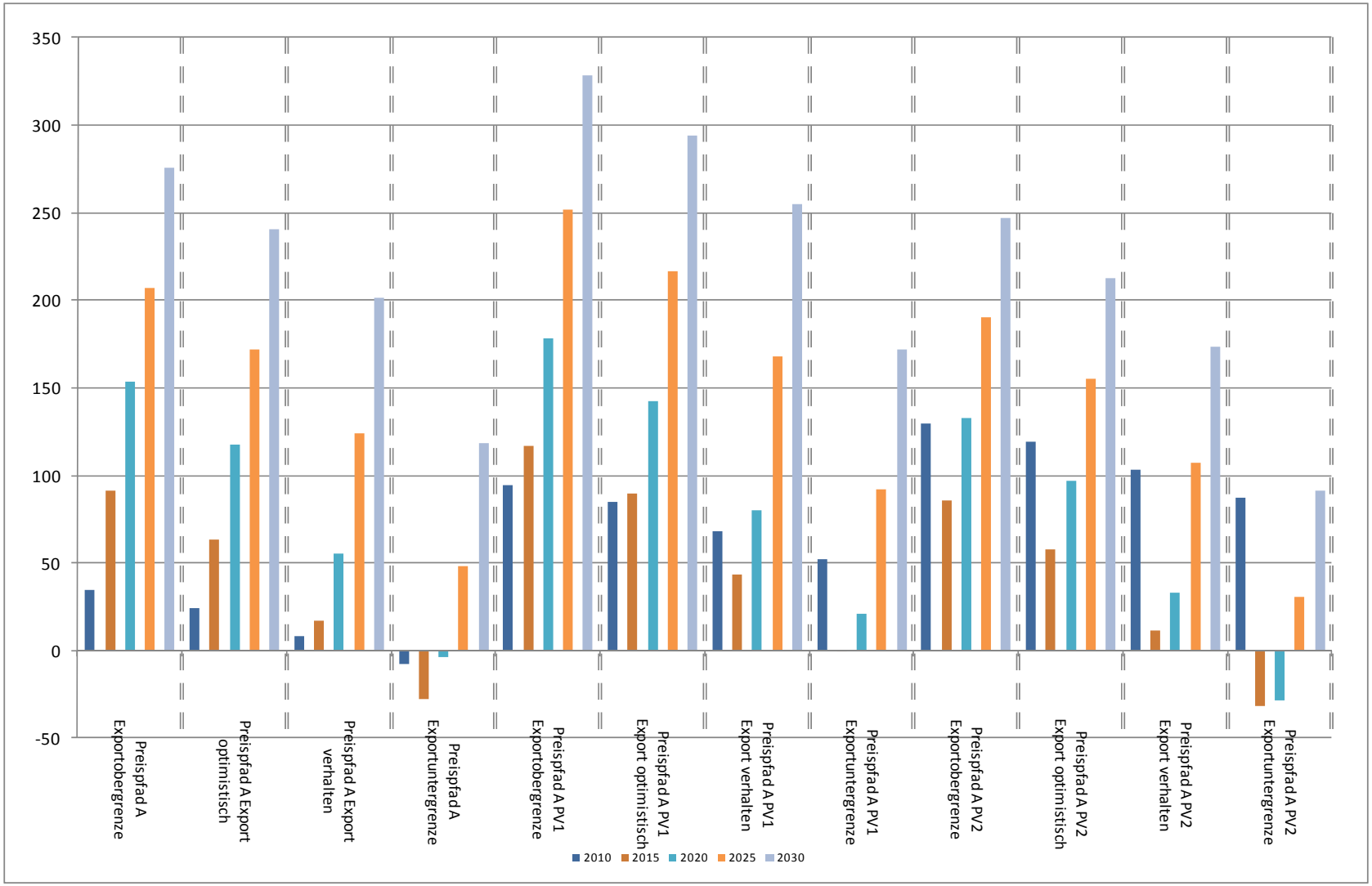


Abbildung 5-7: Beschäftigung in 1.000, Abweichung zum Null-Szenario beim Preispfad A.

© GWS mbH 2011

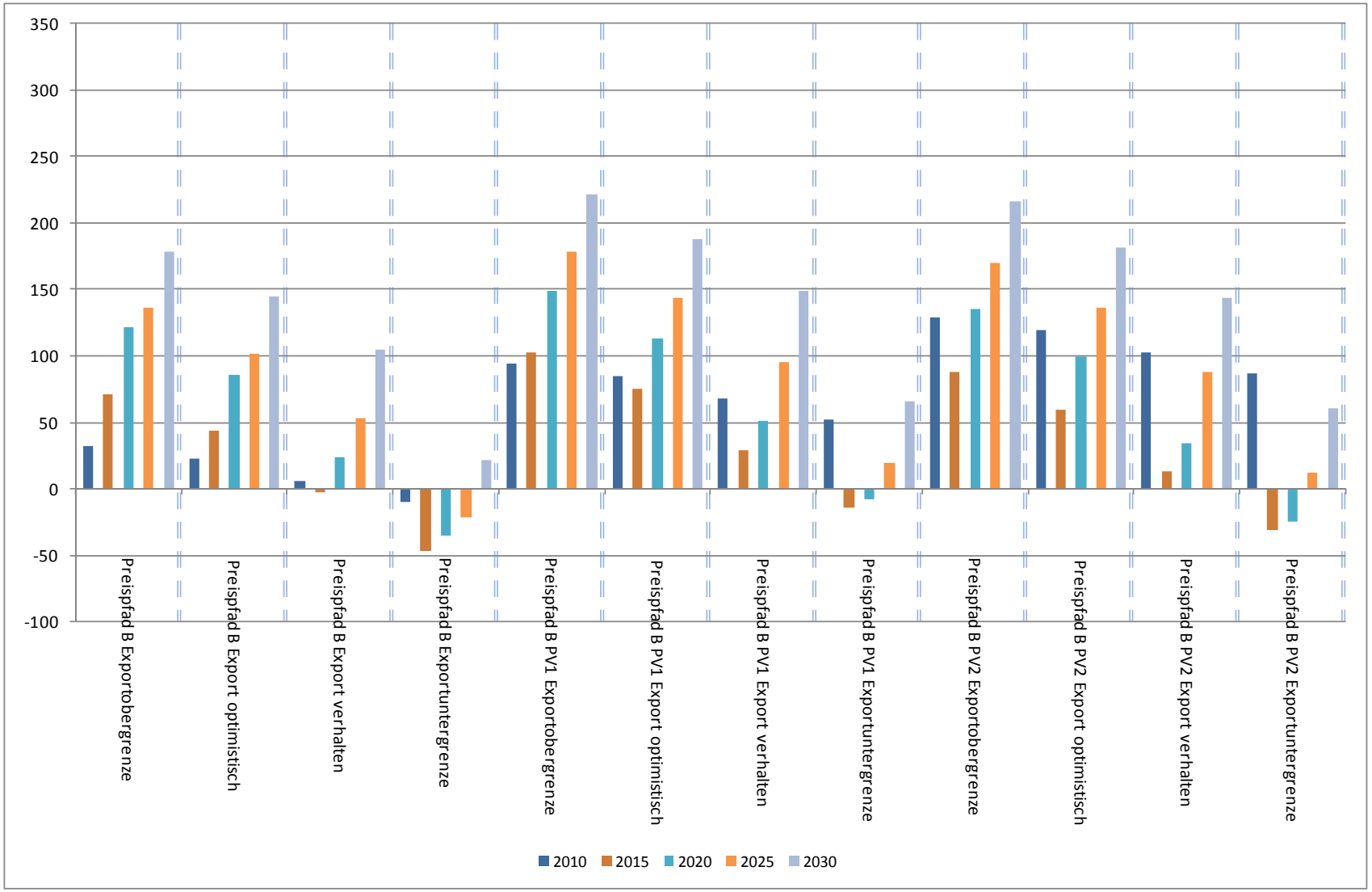


Abbildung 5-8: Beschäftigung in 1.000, Abweichungen zum Null-Szenario beim Preispfad B.

© GWS mbH 2011

5.5.2 Weitere gesamtwirtschaftliche Effekte

Angesichts der aktuellen Entwicklung des PV-Ausbaus und der in der Literatur derzeit unterstellten zukünftigen Entwicklung der Preise fossiler Energieträger werden die Ergebnisse des ursprünglichen Leitszenarios und des hohen PV-Ausbaus bei niedrigen Energiepreisen im Folgenden detaillierter dargestellt.

Eine weitere Analyse gesamtwirtschaftlicher Effekte wie der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts und seiner Komponenten, der Löhne und Einkommen, sowie der Preisentwicklungen jenseits der fossilen Energieträger soll die Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf dem Arbeitsmarkt besser verständlich und nachvollziehbar werden lassen.

In Tabelle 5-2 werden Abweichungen gesamtwirtschaftlicher Kenngrößen vom Null-Szenario für die beiden mittleren Exportvarianten in Kombination mit dem inländischen Ausbau nach dem Leitszenario 2009 aufgeführt. Die Nettobeschäftigung findet sich in der letzten Zeile wieder. Die Tabellen beschränken sich aus Gründen der Übersichtlichkeit auf ausgewählte Jahre. Das Jahresmodell PANTA RHEI erfasst aber alle Modellgrößen für alle Jahre bis 2030.

Die CO_2-Emissionen liegen aufgrund der emissionsärmeren Erzeugungsstruktur in allen Jahren und allen Ausbauszenarien deutlich unter den Emissionen des Null-Szenarios. Die Minderung fällt bei höheren Exporten aufgrund der höheren Wirtschaftsaktivität etwas geringer aus.

Die Bruttoproduktion und das Bruttoinlandsprodukt liegen durch den verstärkten Ausbau der EE-Anlagen über den gesamten Zeitraum höher als im Null-Szenario. Jedoch lässt sich eine höhere Produktion nicht automatisch in eine gleiche Steigerung der Wertschöpfung (BIP) übersetzen. Zum einen wird ein Teil der zusätzlichen Produktion aus dem Ausland eingekauft, was in den höheren Importen sichtbar wird. Zum anderen steigt auch der Einsatz von Vorprodukten mit anderen Beschäftigungsintensitäten.

Die in Tabelle 5-2 ablesbare positive gesamtwirtschaftliche Wirkung der Ausbauszenarien wird auf der Nachfrageseite in erster Linie von den Ausrüstungsinvestitionen und den Exporten getragen. Der Exporteffekt nimmt mit dem stark wachsenden Weltmarkt für EE-Technologien im Zeitablauf deutlich zu, während der Impuls von den inländischen Investitionen nur bis 2020 leicht wächst, aber über den gesamten Beobachtungszeitraum positiv bleibt. Die Bauinvestitionen bleiben in den Ausbauszenarien hinter dem Null-Szenario, bei dem erhebliche Investitionen in den fossilen Kraftwerkspark getätigt werden, leicht zurück.

Die privaten Haushalte (und die nicht EEG-Befreiten sonstigen Verbraucher) müssen über zwischenzeitlich höhere Strompreise den Hauptteil der EE-Kosten tragen. Zwar steigen die verfügbaren Einkommen. Da aber die Preissteigerungen in ähnlicher Höhe, ist der Gesamteffekt sehr gering.

Der Staatskonsum bleibt trotz zunehmenden BIP in den Ausbauszenarien weitgehend unverändert. Während die Einkommensteuereinnahmen mit der höheren Beschäftigung ansteigen, bleiben die Mehrwertsteuereinnahmen weitgehend unverändert. Die Energiesteuern, die sich bisher vor allem auf fossile Energieträger beziehen, sind bei der angenommen unveränderten Energiebesteuerung sogar rückläufig.

© GWS mbH 2011

Tabelle 5-2: Gesamtwirtschaftliche Effekte des Leitszenarios 2009, absolute Abweichungen zum Null-Szenario.

		2010		2020		2030	
		Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export
CO2-Emissionen	Mio. t	-73,3	-73,4	-128,9	-129,3	-193,2	-193,5
BIP	Mrd. €	16,0	14,2	30,9	22,4	43,9	36,5
Bruttoproduktion	Mrd. €	3,9	2,2	8,9	1,2	16,7	10,6
Konsum private Haushalte	Mrd. €	-3,0	-3,1	1,1	-0,5	3,2	2,0
Staatskonsum	Mrd. €	-1,7	-1,6	-1,8	-1,6	-1,8	-1,5
Bauinvestitionen	Mrd. €	-1,6	-1,7	-0,4	-0,6	0,1	0,0
Ausrüstungsinvestitionen	Mrd. €	21,3	21,2	22,2	21,6	22,0	21,8
Export	Mrd. €	8,8	6,5	22,1	12,4	34,8	23,7
Import	Mrd. €	8,1	7,4	14,0	10,9	17,9	13,1
Staatsverschuldung	Mrd. €	5,6	5,1	1,8	0,7	-0,6	-1,7
Stundenlohnsatz	€	0,2	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4
Preisindex der Lebenshaltung	Index	1,1	1,1	1,4	1,4	0,5	0,4
Erwerbstätige	1.000	5,5	-11,0	73,2	9,2	137,9	98,8
Beschäftigte	1.000	22,4	5,8	85,6	23,6	144,3	105,1

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die höheren Differenzkosten, die die deutsche Volkswirtschaft durch den Ausbau der erneuerbaren Energien im Inland insbesondere bis 2020 im Vergleich zum Null-Szenario trägt, schlagen sich in einem leicht höheren Preisniveau nieder. Je nach Stromkostenanteil werden die Produktionsbereiche unterschiedlich stark belastet.

Dieser Effekt dämpft einerseits den Exportanstieg und ist neben der besseren gesamtwirtschaftlichen Entwicklung andererseits ein wichtiger Grund für den Anstieg der Importe. Höhere Preise im Inland machen ausländische Güter wettbewerbsfähiger, was sich im Importanstieg zeigt. Der gesamtwirtschaftliche Anstieg der Importe ist umso bemerkens-

© GWS mbH 2011

werter, als im Bereich der fossilen Energieträger die Importe wie der Energieeinsatz insgesamt annahmegemäß deutlich niedriger liegen als im Null-Szenario. Die verringerten Energieimporte stellen einen positiven Budgeteffekt dar.

Für den gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekt spielt neben den oben genannten Größen auch die Lohnentwicklung eine sehr wichtige Rolle. Unter der Annahme unveränderter Stundenlohnsätze würde sich die prozentuale Änderung des BIP weitestgehend im Beschäftigungseffekt wieder finden. Allerdings entspricht dies nicht der Erfahrung der vergangenen Jahre. Bei Lohnverhandlungen wird neben der Entwicklung des Preisniveaus und der (gesamtwirtschaftlichen sowie sektoralen) Produktivitätsentwicklung auch die allgemeine Lage auf dem Arbeitsmarkt mitberücksichtigt. Dadurch steigt der durchschnittliche Stundenlohnsatz (um 1,8 % (optimistische Exporte) bzw. 1,4 % (verhaltene Exporte) im Jahr 2020) stärker als der Preisindex der Lebenshaltung (1,1 % in 2020). Dieser Reallohnanstieg begrenzt den Beschäftigungsanstieg (0,3 % (optimistische Exporte), 0,1 % (verhaltene Exporte) in 2020). Es wird an dieser Stelle deutlich, dass anders als in einer statischen Input-Output-Analyse im Modell PANTA RHEI vielfältige Rückkopplungen hinterlegt sind, die die Wirkung eines Investitionsimpulses auf die Beschäftigung dämpfen. Die explizite Berücksichtigung der außenwirtschaftlichen Verflechtung führt auch dazu, dass der Multiplikatoreffekt höherer inländischer Investitionen eher gering ausfällt, weil auch die Importe mit ansteigen.

5.5.3 Sektorale Effekte

Neben der gesamtwirtschaftlichen Analyse ist die sektorale Verteilung von Interesse, denn lt. Tabelle 5-3 werden nicht alle Produktionsbereiche in gleichem Maße von der Entwicklung in den Ausbauszenarien profitieren. Letztlich treten zwei gegenläufige Impulse auf, die zusammen mit einer Vielzahl von Verknüpfungen im Modell für die einzelnen Produktionsbereiche zu berücksichtigen sind. Zum einen wirkt sich die für den Export bestimmte Produktion auch auf andere Wirtschaftsbereiche über die Vorleistungsverflechtung aus, d.h. mit wachsenden Exporten wächst die Nachfrage in diesen vorgelagerten Bereichen. Diese Bereiche lassen sich, vereinfacht gesprochen, zu den Gewinnern der in den beiden Szenarien unterstellten Entwicklung zählen. Zum anderen jedoch belasten die höheren Energiepreise bestimmte Wirtschaftszweige je nach ihrer Energieintensität und ihrer möglichen Befreiung von der EEG-Umlage, wobei auch die vorgelagerten Bereiche mitberücksichtigt werden. Schließlich sind die internationale Wettbewerbsintensität und die Möglichkeit und Notwendigkeit zusätzlicher Produktivitätssteigerungen in den einzelnen Bereichen ganz unterschiedlich. Als Ergebnis dieser Effekte verzeichnen verschiedene Bereiche (neben den Herstellern von EE-Anlagen auch Unternehmensnahe Dienstleister, Hersteller von Geräten der Elektrizitätserzeugung sowie das Baugewerbe) deutliche Produktionssteigerungen und weisen zunächst negative Effekte auf, die sich allerdings im Falle der Unternehmensnahen Dienstleistungen ab 2020 bei optimistischen Exporten deutlich und auch bei verhaltenen Exporten im Vorzeichen umkehren. Durchgehend positiv verläuft die Entwicklung im Maschinenbau, der auch als wichtiger Vorlieferant der EE-Anlagen angesehen wird. An dieser Stelle ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass der neu definierte Sektor der Hersteller von EE-Anlagen sich in der Statistik bisher in anderen Sektoren befunden hat. Insbesondere war die Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer

© GWS mbH 2011

Energien im Maschinenbau, aber auch in der Chemischen Industrie und der Herstellung von Geräten zur Elektrizitätserzeugung verortet.

Tabelle 5-3: Sektorale Produktionseffekte – absolute Abweichungen der Beschäftigung in 1.000 zum Null-Szenario.

	2010		2020		2030	
	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export
Landwirtschaft und Jagd*	0	0	0	0	0	0
Herstellung v. chemischen Erzeugnissen*	-2	-2	-5	-5	-3	-3
Herstellung v. Metallerzeugnissen*	1	1	1	-1	3	1
Maschinenbau*	5	4	5	3	5	3
Herstellung v. Geräten der Elektrizitätserzeugung*	4	3	4	2	5	3
Herstellung v. Kraftwagen und –teilen*	-4	-4	-7	-7	-5	-4
Energieversorgung*	-2	-2	-3	-3	-2	-2
Baugewerbe*	-8	-8	-5	-6	-3	-4
Dienstleister für Unternehmen*	-4	-7	19	5	24	19
Herstellung von EE-Anlagen	112	97	150	105	146	109
Gesamtwirtschaft	22	6	86	24	144	105

*ohne Unternehmen, die der „Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ zuzurechnen sind, Eigene Berechnungen.

Tabelle 5-3 zeigt, dass sich die positiven Arbeitsmarkteffekte auf wenige Sektoren beschränken. Neben den Herstellern von EE-Anlagen selbst sind es vor allem der Maschinenbau, die Metallerzeugung und – ab 2020 - die unternehmensbezogenen Dienstleistungen, die gegenüber dem Null-Szenario Beschäftigung aufbauen. Dagegen ist der Beschäftigungseffekt in fast allen anderen Bereichen leicht negativ. Die gesamtwirtschaftlich höhere Beschäftigung verstärkt den Druck auf eine beschleunigte Steigerung der Arbeitsproduktivität. Diese wiederum ermöglicht gleiche oder sogar leicht höhere Produktion bei etwas niedrigerer Beschäftigung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Verarbeitende Gewerbe sehr viel schneller als der Dienstleistungssektor mit Produktivitätssteigerungen reagieren kann und wird.

© GWS mbH 2011

5.5.4 Sensitivitätsrechnung: Höherer Pfad für den Ausbau der Photovoltaik

Der starke Ausbau der Photovoltaik (PV) in den Jahren 2009 und 2010 hat für erhebliche Diskussionen gesorgt. Zum einen überstiegen die Ausbauzahlen in 2010 den durch die Änderung des EEG vom 11. August 2010 angestrebten Korridor. Laut Presseerklärung der Übertragungsnetzbetreiber zur Umlageberechnung[1] lag „Ende 2009 () die installierte Photovoltaik-Leistung in Deutschland bei insgesamt 9,9 Gigawatt (Millionen Kilowatt). Der Zuwachs betrug 2009 rund 3,8 Gigawatt. Von Januar bis August 2010 wurden laut Bundesnetzagentur noch einmal 4,9 Gigawatt an Photovoltaik-Leistung installiert, eine Zunahme um knapp 50 Prozent in nur acht Monaten." In ihrer Vorausberechnung der EEG-Umlage weisen die Netzbetreiber die EEG-Umlage für 2011 zu 13 Milliarden Euro, bzw. 3,530 Cent/kWh aus (2,047 Cent/kWh in 2010). Da sich die zusätzliche Umlage in die Zukunft fortsetzt, lohnt es sich, ein Szenario mit höherem PV Ausbau als Sensitivität zu den bislang dargestellten Ergebnissen anzuschauen[2].

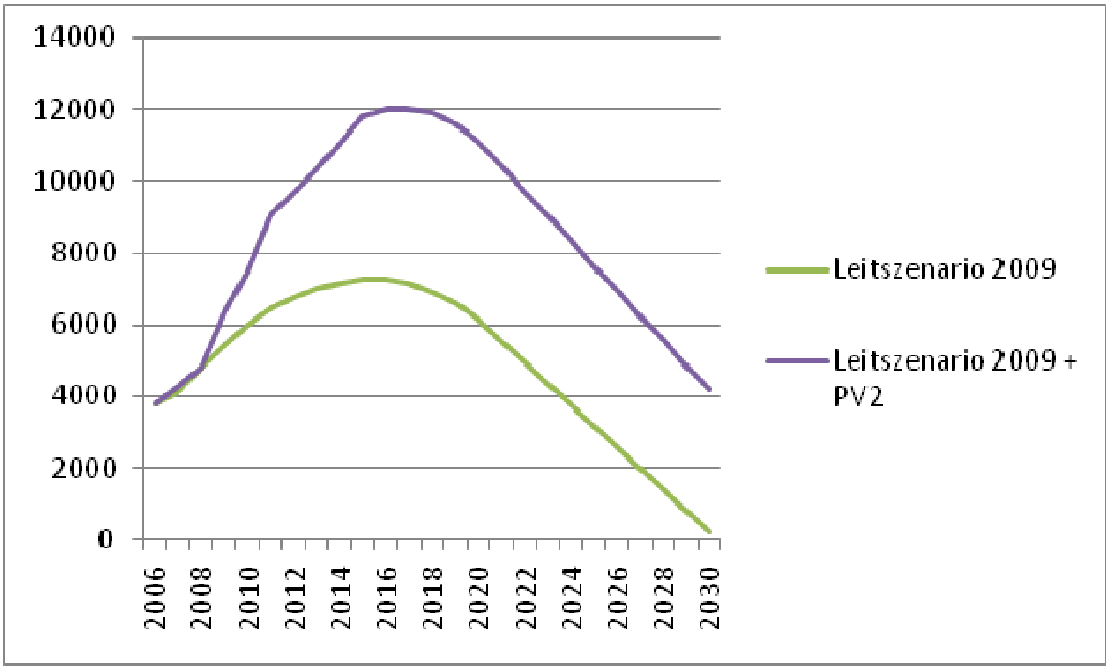


Abbildung 5-9: Vergleich der Differenzkosten aus Leitszenario 2009 und der PV2 Sensitivität (in 1.000 €$_{2005}$).

In der Sensitivität PV2 steigen die PV-Installationen in 2010 auf 6,5 GW an, in 2011 werden 4,5 GW installiert und danach münden die Installationen in einen 3,5 GW Korridor bis 2020 und sinken auf 2,4 GW/a bis 2030. Die beiden hauptsächlichen Effekte gehen von den zusätzlichen Investitionen und der erhöhten EEG-Umlage aus. Insgesamt werden im PV2 Szenario zwischen 2010 und 2020 etwas über 50 Mrd. € zusätzlich zum im Leitszenario 2009 beschriebenen Ausbau investiert. Die zusätzlichen Differenzkosten belaufen sich im selben Zeitraum auf etwas über 40 Mrd. € (Abbildung 5-9).

[1] Die Übertragungsnetzbetreiber sind entsprechend der am 25.7.2009 in Kraft getretenen Ausgleichsmechanismusverordnung (AusglMechV) § 3 Absatz 2 verpflichtet, bis zum 15. Oktober eines Kalenderjahres die EEG-Umlage für das folgende Kalenderjahr zu ermitteln und zu veröffentlichen.

[2] Das Szenario PV1 ist hingegen von der Realität so sehr übertroffen worden, dass auf eine ausführliche Darstellung der Auswirkungen an dieser Stelle verzichtet wird.

© GWS mbH 2011

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte für die beiden betrachteten Kombinationen aus hohem inländischen PV Ausbau und einem optimistischen sowie einem verhaltenen Exportszenario liegen im Durchschnitt höher als in der der zuvor betrachteten Kombination mit dem Leitszenario 2009. Dieses Ergebnis wird im Wesentlichen von den höheren Investitionen und den durch Lernkurveneffekte niedrigeren spezifischen Kosten getrieben.

© GWS mbH 2011

Tabelle 5-4: Gesamtwirtschaftliche Effekte der PV2 Sensitivität, absolute Abweichungen zum Null-Szenario.

		2010		2020		2030	
		Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export
CO2-Emissionen	Mio. t	-74,8	-74,9	-142,0	-142,6	-207,3	-207,7
BIP	Mrd. €	22,5	20,7	18,9	10,1	28,9	21,5
Bruttoproduktion	Mrd. €	21,9	20,3	10,4	2,2	20,8	14,7
Konsum private Haushalte	Mrd. €	-2,3	-2,4	-1,0	-2,8	1,5	0,3
Staatskonsum	Mrd. €	-1,2	-1,1	-1,7	-1,4	-1,2	-0,9
Bauinvestitionen	Mrd. €	-1,6	-1,6	-0,5	-0,8	0,0	0,0
Ausrüstungsinvestitionen	Mrd. €	28,3	28,2	11,4	10,8	6,5	6,2
Export	Mrd. €	8,7	6,5	21,6	11,9	34,9	23,8
Import	Mrd. €	7,5	6,8	10,3	7,0	14,0	9,2
Staatsverschuldung	Mrd. €	5,6	5,0	1,0	-0,1	-2,1	-3,2
Stundenlohnsatz	€	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3
Preisindex der Lebenshaltung	Index	1,1	1,1	1,6	1,5	0,5	0,5
Erwerbstätige	1.000	111,7	95,2	86,7	19,2	178,8	140,5
Beschäftigte	1.000	119,4	102,8	99,4	34,3	181,7	143,1

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die wesentlichen Effekte eines vorübergehend starken PV-Ausbaus zeigen sich im zeitlichen Verlauf. Während der unmittelbare Nachfrageeffekt im Jahr der zusätzlichen Installation auftreten (im Jahr 2010 ist das BIP um 6,5 Mrd. Euro höher), senken die höheren Kosten in den Folgejahren das BIP dauerhaft (im Jahr 2020 um immerhin 12 Mrd. Euro). Der hohe PV-Ausbau vor allem während der Wirtschafts- und Finanzkrise hat damit im Sinne eines keynesianischen Konjunkturprogramms Nachfrage vorgezogen, die später

© GWS mbH 2011

leichter bezahlt werden kann. Auf Dauer ist jedoch ein sehr hoher umlagefinanzierter PV-Ausbaupfad vor diesem Hintergrund nicht sinnvoll, auch wenn die Zusatzkosten durch die Degression natürlich von Jahr zu Jahr deutlich sinken. Ziel der Förderung muss es sein, den PV-Strom so wettbewerbsfähig werden zu lassen, dass er zunehmend in die Eigennutzung überführt werden kann.

Tabelle 5-5: Sektorale Produktionseffekte des PV2 Szenarios– absolute Abweichungen der Beschäftigung in 1.000 zum Null-Szenario.

	2010		2020		2030	
	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export	Optimistischer Export	Verhaltener Export
Landwirtschaft und Jagd*	0	0	0	0	0	0
Herstellung v. chemischen Erzeugnissen*	-2	-2	-4	-4	-2	-1
Herstellung v. Metallerzeugnissen*	3	3	2	1	5	3
Maschinenbau*	9	9	8	6	7	5
Herstellung v. Geräten der Elektrizitätserzeugung*	5	4	5	3	5	4
Herstellung v. Kraftwagen und –teilen*	-4	-4	-7	-6	-3	-2
Energieversorgung*	-2	-2	-5	-5	-4	-4
Baugewerbe*	-6	-6	-6	-9	-3	-4
Dienstleister für Unternehmen*	10	7	21	8	29	24
Herstellung von EE-Anlagen	146	131	153	108	144	107
Gesamtwirtschaft	119	103	99	34	182	143

*ohne Unternehmen, die der „Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ zuzurechnen sind, Eigene Berechnungen.

Die Struktureffekte fallen von der Richtung her ähnlich, aber deutlicher aus als im Leitszenario ohne den erhöhten PV Ausbau. Der Bereich der Herstellung von EE-Anlagen nimmt deutlich zu, getrieben durch die Solarindustrie. Ebenso gewinnt der Dienstleistungsbereich, dem etliche an der Installation und an Betrieb und Wartung beteiligte Unter-

© GWS mbH 2011

nehmen zuzuordnen sind. Die zusätzlichen Impulse hoher Exporte fallen im Durchschnitt etwas geringer aus.

5.5.5 Exkurs: Nettoeffekte für die Jahre 2009 und 2010

Der Ausweis von Nettoeffekten für die Jahre 2009 und 2010 ist aus methodischen Gründen und wegen der hohen Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Wirtschaftskrise schwierig. Einige Daten für das Jahr 2009, wie die installierten Leistungen der erneuerbaren Energien, liegen zum Teil bereits als Statistik vor, andere sind Modellergebnisse. Beides lässt sich nicht ohne Weiteres zusammenführen. Ein Beispiel sind die Daten der Energiebilanz, die im Detail nur bis 2009 vorliegen, in den Randsummen und für den Primärenergieverbrauch bis 2009. 2009 war zudem durch die Wirtschaftskrise ein außergewöhnliches Jahr, das sich nicht einfach fortschreiben lässt. Dies macht die Interpretation im Vergleich mit dem Null-Szenario besonders schwierig. Das Energiepreisniveau in 2009 und 2010 ist eher niedrig, der PV-Zubau in 2010 übertrifft den Zubau von 2009 deutlich. Insgesamt scheinen die Exporte nicht eingebrochen zu sein, daher kann man die Nettowirkung des aktuellen EE-Ausbaus (2009) gegenüber dem Null-Szenario mit 70.000 – 90.000 Beschäftigten abschätzen.

5.6 Einordnung und Bewertung

Der Vergleich der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung unter verschiedenen Ausbauszenarien mit der entsprechenden Entwicklung ohne EE-Ausbau zeigt insgesamt positive Effekte auf Wachstum und Beschäftigung. Damit steht die aktuelle Untersuchung in Übereinstimmung mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen (BMU 2006, 2007). Zusammenfassend lassen sich folgende Aussagen festhalten:

- Der Ausbau erneuerbarer Energien führt im ganz überwiegenden Teil der untersuchten Szenarien zu deutlich positiven Nettobeschäftigungseffekten.
- Die Entwicklung der Exporte zeigt sich auch in dieser Untersuchung als bedeutsam für die Entwicklung der Beschäftigung. Mittlere Exportannahmen führen zu einer Nettomehrbeschäftigung von 180.000 bis 250.000 Personen in 2030.
- Die Importpreispfade für fossile Energieträger wirken sich zum einen auf das Wirtschaftswachstum insgesamt aus und zum anderen auf den Beschäftigungsimpuls des Ausbaus erneuerbarer Energien. Die ökonomische Vorteilhaftigkeit erneuerbarer Energien steigt mit steigenden fossilen Brennstoffpreisen.
- Die dämpfenden Auswirkungen höherer Differenzkosten lassen sich durch Anstiege in den Exportszenarien mehr als ausgleichen. Dies ist jedoch nur der Fall, wenn die Produktionskapazitäten im selben Maße erweitert werden, damit der Inlandsmarkt nicht verstärkt über Importe gedeckt wird, was seinerseits einen dämpfenden Effekt hätte.
- In der Sensitivität PV2 wirken sich beim niedrigen Preispfad für fossile Energieträger die dämpfenden Einflüsse durch die hohen Differenzkosten mittelfristig stärker aus und selbst zusätzliche Exporte führen zu maximal 170.000 Beschäftigten mehr. Langfristig (bis 2030) allerdings treten diese Effekte in den Hintergrund.

© GWS mbH 2011

- Insgesamt ist die EE-Industrie von erheblichen Produktivitätszuwächsen gekennzeichnet, die sich in Kostensenkungen aber auch in geringerer Beschäftigung je produzierte Einheit niederschlagen. Allerdings werden sich diese Fortschritte in der Entwicklung der Produktionsanlagen zunehmend auch in Exportchancen bei diesen Anlagen weltweit ausdrücken. Diese Effekte sind bislang nicht ausführlich berücksichtigt, werden jedoch in der Zukunft an Bedeutung gewinnen.
- Will die deutsche EE-Branche, die derzeit einschließlich ihrer Exporte rund 13% der globalen EE-Investitionen tätigt, in ähnlichem bzw. möglichst gering sinkendem Ausmaß an dem zukünftig deutlich wachsenden globalen EE-Markt teilnehmen, so muss sie ihr Augenmerk besonders auf die in den nächsten Jahrzehnten überdurchschnittlich wachsenden Regionalmärkte (wie beispielsweise China) richten. Da der Inlandsmarkt nach dem rasanten Wachstum der letzten Jahre zukünftig mit geringeren Raten wachsen wird, sind Erfolge in diesen Märkten und die Realisierung von Exportchancen von besonderer Bedeutung für das weitere Wachstum der einheimischen EE-Branche. Diese ist durch die stabilen Rahmenbedingungen der letzten Jahre zu einer Industrie herangereift, die durch zukünftige aktive Beteiligung am Welthandel erhebliche positive gesamtwirtschaftliche Impulse entfalten kann.

© GWS mbH 2011

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Die Zukunft des deutschen Energiesystems und mit ihr die gesamtwirtschaftlichen Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien wurden im Bearbeitungszeitraum dieser Studie in der wissenschaftlichen Community und in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert. Neben kritischen Arbeiten zu den kumulierten Kosten der Förderung erneuerbarer Energien (vgl. die verschiedenen Beiträge von Frondel et al. 2009 und 2010) sind umfassende Untersuchungen zu den Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf europäischer Ebene durchgeführt worden. Die Ergebnisse der Studie EMPLOY-RES (2009) zeigen für Deutschland positive gesamtwirtschaftliche Effekte, die gegenüber anderen Ländern, die keine heimische Produktion von Anlagen aufweisen, entsprechend höher ausfallen.

Die Dynamik von Veränderungen auf dem Markt für erneuerbare Energien ist hoch verglichen mit anderen Wirtschaftsbereichen. Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen oder auch nur die Ankündigung von Veränderungen können zu erheblichen Fluktuationen führen; neue internationale Player beteiligen sich an den Märkten und die wachsenden Märkte tragen zu einem – zum Teil erheblichen - Preisverfall bei.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, neben der Beobachtung der aktuellen Entwicklungstendenzen durch die kurzfristigen Untersuchungsbausteine wie etwa die jährliche Abschätzung der Bruttobeschäftigung im EE-Bereich, die langfristig tragfähige methodische Grundlage weiterzuentwickeln und zu ergänzen. Durch die stärkere Detaillierung der Input-Output-Tabelle ist ein detaillierterer Einblick in die Güterströme und Produktionsverflechtungen im Bereich erneuerbarer Energien gelungen. Dies führt zu einer genaueren Abbildungsmöglichkeit der verschiedenen gesamtwirtschaftlichen Impulse, die vom Ausbau erneuerbarer Energien ausgehen.

Insbesondere der für die Beschäftigung in Deutschland wichtige Beitrag des Exports wurde methodisch auf neue Grundlagen gestellt. Die Disaggregation der Welthandelsströme nach 10 Technologien und 10 Weltregionen führt zu einem deutlich verbesserten Bild dieses Bereichs. In der Untersuchung wurde deutlich, dass hohe Exporte in der ferneren Zukunft sich nur realisieren lassen werden, wenn bereits heute der Blick auf die zukünftig wichtigen Ausbauregionen gerichtet wird. Die Dynamik des EE-Ausbaus in den Weltregionen wird sich durchaus unterschiedlich gestalten. Während Europa und auch die USA einen wesentlichen Teil des EE-Ausbaus bis 2020 erreichen können, werden die Schwellenländer und auch die Entwicklungsländer sich erst zwischen 2020 und 2030 verstärkt der Strom- und Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energien zuwenden. Wenn es gelingt an diesem Ausbau durch Anlagen- oder Komponentenexporte teilzunehmen, kann die abnehmende Dynamik im Inland und innerhalb Europas somit ausgeglichen werden.

Der hohen Dynamik der Photovoltaik in 2010 wurde in der vorgelegten Analyse Rechnung getragen, indem die heimischen Ausbauszenarien zweimalig nachgeführt wurden. Insgesamt ist das Ergebnis dadurch geschärft worden, denn die Rechnungen zeigen, dass kurzfristig sich höhere heimischen Investitionen auf jeden Fall positiv auswirken (im Sinne eine Konjunkturprogramms) und dass die Exporte in der mittleren Frist die Belastungen der Wirtschaft durch die umgelegten Kosten durchaus ausgleichen können. Voraussetzung hierfür ist ein entsprechend rasches Absinken der Kosten, wie es in den gängigen Lernkurven auch projiziert wird.

© GWS mbH 2011

Ein wesentlicher Treiber der gesamtwirtschaftlichen Effekte ist der Preis importierter Energieträger. Er beeinflusst die Wettbewerbsfähigkeit der erneuerbaren Energien ebenso wie die Inputpreise vieler Herstellungsbereiche und die Budgets der privaten Haushalte. Niedrige Ölpreise entlasten die Wirtschaft und verteuern die erneuerbaren Energien im Vergleich zu den fossilen. Um die positiven gesamtwirtschaftlichen Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energieträger nicht zu überschätzen, wurde in den Untersuchungen ein eher niedriger Ölpreis unterstellt.

Kurz- und langfristige Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien auf dem deutschen Arbeitsmarkt haben ein positives Vorzeichen. Neben der zwischen 2004 und 2009 beobachtbaren Verdopplung der Beschäftigung in diesem Bereich lässt sich auch für die Zukunft eine positive Tendenz festhalten. In den Produktions- und Dienstleistungsbereichen, die mit der Herstellung und dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien befasst sind, sowie mit der Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen, können bis 2030 500.000 bis 600.00 Personen beschäftigt sein. Nach Berücksichtigung aller negativer Effekte und aller wirtschaftlichen Kreislaufeffekte kann der Saldo immer noch in der Größenordnung von mehr als 200.000 zusätzlichen Beschäftigten liegen.

Auch eine umfangreiche Untersuchung wie die vorliegende weist auf der Forschungslandkarte noch weiße Flecken auf. Zukünftiger Forschungsbedarf wird insbesondere bei der Frage nach den regionalen Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien gesehen. Erste vielversprechende Ansätze hierzu finden sich bei Distelkamp et al. (2011, in Vorbereitung). Darüber hinaus wird der Bereich der Herstellung von Produktionsanlagen insbesondere für den Export in Zukunft an Bedeutung zunehmen, sodass eine genauere Untersuchung das methodische Fundament stärken kann. Unter dem Aspekt der heimischen Beschäftigung ist mit zunehmenden Anteilen erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung die Beschäftigung durch Betrieb und Wartung der Anlagen einen wichtigen Sockel dar und sollte methodisch in ähnlicher Weise abgebildet werden wie die Produktion der Anlagen.

© GWS mbH 2011

7 LITERATURVERZEICHNIS

AGEE-Stat: http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/5468/.

Ahlert, G., Distelkamp, M., Lutz, C., Meyer, B., Mönnig, A. & Wolter, M.I. (2009): Das IAB/INFORGE-Modell. In: Schnur, P. & Zika, G. Hrsg: Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonometrisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. IAB-Bibliothek 318, Nürnberg, S. 15-175.

APX-ENDEX (2010): APX-ENDEX: Endex industrial wood pellets pricing, http://www.apxendex.com/?id=315, 9.6.2010.

BDBe (2009): Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V.: Deutsche Bioethanolstatistik 2008, Februar 2009, www.bdbe.de/Bioeth_Stat.html, abgerufen am 11.08.2010.

BDBe (2010): Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V.: Bioethanolproduktion in Deutschland 2009, www.bdbe.de/Zahlen_2009.html, abgerufen am 11.08.2010.

BEE (2009), Umsatzpotenziale der deutschen Erneuerbare Energien Branche im Jahr 2020 - Am Beispiel der Stromerzeugung aus Windkraft, Photovoltaik,Wasserkraft, Bioenergie und Geothermie

BioSt-NachV (2009): Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung BGBl I 2009, Nr. 46.

Blazejczak, Braun, Edler (2009): Jürgen Blazejczak, Frauke Braun, Dietmar Edler, Weltweite Nachfrage nach Umwelt- und Klimaschutzgütern steigt: Gute Wachstumschancen für deutsche Anbieter, in Wochenbericht des DIW 18/2009, Seite 294-301.

Blazejczak, Edler (2008): Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Szenarien zur Entwicklung des Weltmarktes für Umwelt- und Klimaschutzgüter, Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 204 14 107), Reihe Umwelt Innovation und Beschäftigung des BMU und UBA 04/08, Dessau 2008.

BMBF (2008): Berufsbildungsbericht 2008, Vorversion.

BMELV (2004): Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten. Münster, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 2004.

BMELV (2006): Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten. Münster, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 2006.

BMELV (2007): Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten. Münster, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 2007.

BMELV (2008): Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten. Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW GmbH, 2008.

BMELV (2009): Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten. Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW GmbH, 2009.

© GWS mbH 2011

BMU (2004): J. Nitsch, M. Pehnt, M. Fischedick u. a.: „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland.“ DLR Stuttgart, IFEU Heidelberg, WI Wuppertal, Forschungsvorhaben FKZ 901 41 803 im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), April 2004.

BMU (2006): Staiß, F.; Kratzat, M. (ZSW); Nitsch, J.; Lehr, U. (DLR); Edler, D. (DIW); Lutz, C. (GWS): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte – Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Juni 2006.

BMU (2007): J. Nitsch u.a.: „Leitstudie 2007 – Aktualisierung und Neubewertung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien bis 2030 mit Ausblick auf 2050.“ Untersuchung im Auftrag des BMU, Stuttgart, Berlin, Februar 2007.

BMU (2007): Kratzat, M. (ZSW); Lehr, U.; Nitsch, J. (DLR); Edler, D. (DIW); Lutz, C. (GWS): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006 – Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), September 2007.

BMU (2007b): Walser, M.; Neidlein, H.-C.: Stiftungen zur Förderung erneuerbarer Energien auf Bundes und Länderebene, Kurzgutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Mai 2007.

BMU (2008): J. Nitsch: „Leitstudie 2008 - Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien.“ Untersuchung im Auftrag des BMU; in Zusammenarbeit mit DLR Stuttgart, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung, Stuttgart, Oktober 2008.

BMU (2008a): Kratzat, M. (DLR), Edler, D. (DIW), Ottmüller, M. (ZSW), Lehr, U. (DLR): Bruttobeschäftigung 2007 – eine erste Abschätzung, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), März 2008.

BMU (2008b) Welke, M.; Nick-Leptin, J.: Innovation durch Forschung - Jahresbericht 2007 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Hrsg.: Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Februar 2008.

BMU (2009): Erneuerbare Energien in Zahlen – Internetupdate Dez. 2009.

BMU (2009a): J. Nitsch, B. Wenzel: „ Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland – Leitszenario 2009.” Untersuchung im Auftrag des BMU, Stuttgart, Berlin, August 2009.

BMU (2009b): „Erneuerbarer Energien 2008 in Deutschland “. Daten des BMU auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik (AGEE-Stat.), Stand Juli 2009.

BMU (2009b): O’Sullivan, M. (DLR), Edler, D. (DIW), Ottmüller, M. (ZSW), Lehr, U. (DLR): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2008 – eine erste Abschätzung, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), März 2009.

© GWS mbH 2011

BMU (2009c): Welke, M.; Nick-Leptin, J.: Innovation durch Forschung - Jahresbericht 2008 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Hrsg.: Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Januar 2009.

BMU (2010): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45919/, Download: Dez. 2010.

BMU (2010): Erneuerbare Energien in Zahlen, Ausgabe Juni 2010.

BMU (2010a): Lehr, U.; Lutz, C.; Khoroshun, O. (GWS); Edler, D. (DIW); O'Sullivan, M.; Nitsch, J.; Nienhaus, K. (DLR); Breitschopf, B. (ISI); Bickel, P.; Ottmüller, M. (ZSW): Erneuerbar beschäftigt! Kurz- und langfristige Arbeitsplatzwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), September 2010.

BMU (2010b): Wissing, L; Bizjak, D.; Nick-Leptin, J.; Noll, I.: Innovation durch Forschung - Jahresbericht 2009 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Hrsg.: Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Februar 2010.

BMWi (2007): M. Schlesinger, D. Lindenberger u. a.: Energieszenarien für den Energiegipfel 2007 (inklusive Anhang 2%-Variante). Prognos Basel, EWI Köln im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums, November 2007.

BMWi (2009): „Zahlen und Fakten: Energiedaten - Nationale und internationale Entwicklung". Hrsg. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Stand April 2009.

BSW (2010): PV-Roadmap 2020 -Wettbewerbsfähig – auf dem Weg zu einer bedeutenden Säule der Energieversorgung.

Carmen (2010): Persönliche Informationen, C.A.R.M.E.N. e.V. www.carmen-ev.de.

DBFZ (2009): Thrän, D. et al: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2009.

DBFZ (2010): Nationales Altholzaufkommen und Handelsbilanz wurden vom DBFZ ausgewertet und sind den Bearbeitern dieser Studie persönlich zur Verfügung gestellt worden.

DBFZ (2010a): Witt, J. et al.: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzts (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2010.

DEPV (2010a): Pelletproduktion und Inlandsbedarf in Deutschland. Deutscher Energie-Pellet-Verband e. V./ Deutsches Pelletinstitut, 2010; http://www.depv.de/startseite/marktdaten/entwicklung-pelletproduktion/.

DEPV (2010b): Jahresdurchschnittspreis Holzpellets, DEPV/Solar Promotion GmbH; http://www.depv.de/startseite/marktdaten/pelletspreise/.

© GWS mbH 2011

DEPV (2010c): Umweltschonender Energieträger Holzbriketts ist im Kommen. Deutscher Energie-Pellet-Verband e. V., 20.1.2010, http://www.depv.de/nc/oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/article/umweltschonender-energietraeger-holzbriketts-ist-im-kommen/.

DESERTEC (2007): „Clean Power from Deserts“. The Desertec Concept for Energy, Water and Climate Security. Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (TREC), Whitebook, Hamburg, November 2007, www.DESERTEC.org.

DeStatis (2010): Genesis-Online Datenbank, https://www-genesis.destatis.de/genesis/online, Download: Juni 2010.

DeutschesPelletinstitut (2010): Persönliche Information Herr Proske, Deutsches Pelletinstitut, 28.05.2010.

DEWI (2007): Molly, J.P.: Status der Windenergienutzung in Deutschland – Stand 31.12.2007, DEWI GmbH.

DEWI (2009): Neddermann, B.: Status der Windenergienutzung in Deutschland – Stand 31.12.2009, DEWI GmbH.

DMK (2010): Maisanbaufläche in Deutschland. Maisanbauflaeche_D_08-09.pdf, Deutsches Maiskomitee, 2010.

EC (2006): European Commission: “World Energy Technology Outlook – 2050. WETO - H_2”. Luxembourg.

EC, DG Energy and Transport, TREN/D1/474/2006: The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in the European Union, 2009.

EHPA (2010): Forsén, M.; Nowak, T.: Outlook 2010 – European Heat Pump Statistics. European Heat Pump Association (EHPA), 2010.

EPIA (2010): Global Market Outlook for Photovoltaics until 2014 – May 2010 update, European Photovoltaic Industry Association, May 2010.

ESTIF (2010): Solar Thermal Markets in Europe – Trends and Market Statistics 2009. European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF), June 2010.

EUKom (2008): Mitteilung der Kommission an alle Landwirte betreffend die Abschaffung der Flächenstilllegungsregelung ab 2009." Amtsblatt der Europäischen Union 2008(C324/7).

EUKom (2010): Europäische Kommission: Die Mehrwertsteuersätze in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union, taxud.d.1(2010), Stand: 1. Mai 2010.

Eurostat (1996): Eurostat, Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG 1995), Luxemburg 2006.

EWI//Prognos (2005): „Energiereport IV – Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030“ Untersuchung im Auftrag des BM für Wirtschaft und Arbeit. Köln, Basel, April 2005

EXPEED (2009), Hirschl, Bernd (Hrsg.); Weiß, Julika(Hrsg.), Dienstleistungen im Bereich erneuerbare Energien Wirtschaftliche Bedeutung, Exportpotenziale und Internationalisierungsstrategien.

FAOSTAT (2010): Food and Agriculture organization of the united nations (FAO), http://faostat.fao.org/site/628/DesktopDefault.aspx?PageID=628.

© GWS mbH 2011

FNR (2007): Daten und Fakten zu nachwachsenden Rohstoffen. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2007.

FNR (2009): FNR_Anbau_Tabelle_2009. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

FNR (2010a): Erhebung statistischer Daten zu Preisen nachwachsender Rohstoffe. Gülzow, Hannover, Dr. Gehrig Management- & Technologieberatung GmbH, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2010.

FNR (2010b): Barthelmes, G., M. Benke, et al. (2010). Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).

FNR (2010c): Mündliche Mitteilung D. Kemnitz.

FOEX (2010): FOEX Indexes LTD: PIX Bioenergy indexes, http://www.foex.fi/bioenergy/default.asp, download: 1.06.2010.

GADORE (2008): German American Dialogue on Renewable Energy: Wie stark wird der nord-amerikanische Windmarkt, http://www.gadore.org/index.php?id=270&L=0, Pressemitteilung 25.08.2008.

Greenpeace (2008): S. Teske, O. Schäfer, W. Krewitt, S. Simon, W. Graus u. a.: "Energy (R)evolution – a sustainable Global Energy Outlook." Studie von DLR Stuttgart, Ecofys Utrecht im Auftrag von Greenpeace und EREC (European Renewable Energy Council), Stuttgart, Utrecht, Oktober 2008.

Hinz, P. (2008): Ausbildungsquote der DAX Unternehmen weit unter dem Durchschnitt

Hirschl, Weiß (2009): Hischl, B., Weiß, J. (Hrsg.), Dienstleistungen im Bereich erneuerbarer Energien. Wirtschaftliche Bedeutung, Exportpotenziale und Internationalisierungsstrategien, München 2009.

IE (2007): Müller-Langer, F. et al: Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2007.

IE (2008): Scholwin, F. et al: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzts (EEG) auf die Stromerzeugung aus Biomasse. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2008.

IEA (2007): International Energy Agency: "World Energy Outlook 2007". Paris.

IEA (2008a): International Energy Agency: "World Energy Outlook 2008". Paris.

IEA (2008b): International Energy Agency: "Energy Technology Perspectives 2008". Paris.

IEA (2009): International Energy Agency: "World Energy Outlook 2009". Paris.

IEA (2010): International Energy Agency: "Energy Technology Perspectives 2010". Paris.

IEA (2010): Weiss, W.; Mauthner, F. (AEE): Solar Heat Worldwide – Markets and Contribution to the Energy Supply 2008. IEA Solar Heating & Cooling Programme, May 2010.

Krewitt (2006): W. Krewitt, B. Schlomann: Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern." Gutachten für das BMU, DLR Stuttgart, ISI Karlsruhe, März 2006.

© GWS mbH 2011

Krewitt et al. (2008): W. Krewitt, S. Teske, O. Schäfer, S. Simon, W. Graus u. a.: "Energy R)evolution – a sustainable Global Energy Outlook." Studie von DLR Stuttgart, Ecofys Utrecht im Auftrag von Greenpeace und EREC (European Renewable Energy Council), Stuttgart, Utrecht, Oktober 2008.

KTBL/ATB (2006): Energiepflanzen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. und Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. Darmstadt, Potsdam.

MED-CSP (2005): F. Trieb; C. Schillings u.a.: „Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region." Untersuchung im Auftrag des BMU, Stuttgart, Berlin , April 2005; www.dlr.de/tt/med-csp.

Obernberger (2009): Obernberger, I.; Thek, G.: Herstellung und energetische Nutzung von Pellets – Produktionsprozess, Eigenschaften, Feuerungstechnik, Ökologie und Wirtschaftlichkeit. Schriftreihe Thermische Biomassenutzung, Institut für Prozesstechnik, Technische Universität Graz; Feb. 2009.

PHOTON (2010): Podewils, C.: Das Jahr der Entscheidungen, PHOTON, Januar 2010, S. 26-33.

Prognos/GWS/EWI (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept, Studie im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums.

PTJ (2009): Jessen, C.: Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer (2008); Projektträger Jülich / Forschungszentrum Jülich, 2009.

StaBu (2007): Statistisches Bundesamt (2007) "Fachserie 17, Reihe 1." Volume 5.

StaBu (2009): Statistisches Bundesamt (2009) "Fachserie 17, Reihe 1." Volume 5.

StaBu (2010): Statistisches Bundesamt (2010) "Fachserie 17, Reihe 1." Volume 5.

Statistisches Bundesamt (2008): Beschäftigte, Umsatz, Produktionswert und Wertschöpfung der Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (WZ2003 2-Steller), Kostenstrukturerhebung im Verarb. Gewerbe, Bergbau, sowie ebda. Erwerbstätige: Deutschland, Jahre, Wirtschaftsunterbereiche, Geschlecht, Mikrozensus Grundprogramm, Deutschland.

Statistisches Bundesamt (2009a): Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 2009, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2009b): Deutscher Außenhandel nach Ländern, Ergebnisse für das Jahr 2008 und das erste Vierteljahr 2009, WiSt 6/2009.

Statistisches Bundesamt (2009c): Umsatz mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz, Berichtsjahr 2007, Fachserie 19, Reihe 3.3 Wiesbaden 2009.

Statistisches Bundesamt (2010): Statistisches Bundesamt, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Input-Output-Rechnung 2006, Fachserie 18, Reihe 2, Wiesbaden 2010.

Statistisches Bundesamt (2010): Umsatz mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz, Berichtsjahr 2008, Fachserie 19, Reihe 3.3 Wiesbaden 2010.

Stern (2007): Stern Review „The Economics of Climate Change." 2007.

TFZ (2010): Persönliche Information Herr Reisinger, Technologie- und Förderzentrum (TFZ),13.07.2010.

TFZ (2010a): Entwicklung der Brennstoffpreise. Straubing, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, 2010.

© GWS mbH 2011

Trans-CSP (2006): F. Trieb, C. Schillings u. a: Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power. Untersuchung im Auftrag des BMU, Stuttgart, Berlin , April 2006; www.dlr.de/tt/trans-csp.

UBA (2009): Umweltbundesamt: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Dessau 2009, www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3761.pdf.

UFOP (2010a): UFOP -Marktinformation Ausgabe Februar 2010, S.1.

UFOP (2010b): UFOP -Marktinformation Ausgabe März 2010, S.1.

UFOP (2010c): UFOP -Marktinformation Ausgabe Oktober 2010, S.6.

UFOP, VDB und FNR (2010): Entwicklung Biodiesel in Deutschland. www.bio-kraftstoffe.info/fileadmin/fnr/images/daten-und-fakten/2010/Abb31_2010_300dpi_RGB.jpg, abgerufen am 28.07.2010.

UN (2008): International Trade Statistics Yearbook, Volume I - Trade by Country

VDMA (2010): Persönliche Informationen von Herrn Wessendorf, VDMA, 6.12.2010

WBGU (2003): Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen: „Welt im Wandel – Energiewende zur Nachhaltigkeit.“ Hauptgutachten, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, ISBN 3-540-401601-1. www.wbgu.de/wbgu_jg2003.html.

WWEA (2010): World Wind Energy Association (WWEA): World Wind Energy Report 2009, http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2009_s.pdf, 12.03.2010.

© GWS mbH 2011