

**Stand und Bewertung der
Exportförderung
sowie
Evaluierung der Exportinitiative
Erneuerbare Energien**

Endbericht

Teil I – Einleitung und
Branchen- und Exportanalyse

VDI/VDE
Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin

Ihr Ansprechpartner:

VDI/VDE
Innovation + Technik GmbH
Dr. Horst Steg

Tel.: 030 310078-117
E-Mail steg@vdivde-it.de

Berlin, 12.12.2007

Evaluationsteam und Autoren der Studie:

Wolfram Groß

Dr. Wolfgang Domröse

Ludger Lorych

Nadine May

David Hein

Dr. Randolph Schließer

Dr. Horst Steg (Projektleitung)

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	6
Branchen- und Exportanalysen	9
1. Erneuerbare Energien – Überblick	11
2. Windenergie	22
2.1 Internationale Märkte.....	22
2.2 Die deutsche Industrie im Bereich Windenergie	26
3. Photovoltaik	30
3.1 Internationale Märkte.....	30
3.2 Die deutsche Industrie im Bereich Photovoltaik.....	34
4. Niedertemperatur-Solarthermie	40
4.1 Internationale Märkte.....	40
4.2 Die deutsche Industrie im Bereich Niedertemperatur-Solarthermie.....	43
5. Solarthermische Kraftwerke	48
5.1 Internationale Märkte.....	48
5.2 Die deutsche Industrie im Bereich Solarthermischer Kraftwerke	53
6. Bioenergie	56
6.1 Internationale Märkte.....	56
6.2 Die deutsche Industrie im Bereich Bioenergie	63
7. Wasserkraft	67
7.1 Internationale Märkte.....	67
7.2 Die deutsche Industrie im Bereich Wasserkraft	71
8. Geothermie	74
8.1 Internationale Märkte.....	74
8.2 Die deutsche Industrie im Bereich Geothermie.....	83
Zusammenfassung und Folgerungen	87
Verzeichnisse	89
Abbildungsverzeichnis.....	91
Tabellenverzeichnis.....	93
Literatur- und Quellenverzeichnis.....	94

Einleitung

Aufgabenstellung

Die Exportinitiative Erneuerbare Energien des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) unterstützt deutsche Unternehmen dabei, sich auf internationalen Märkten erfolgreich zu positionieren.

Aufgabe der Evaluation der Exportinitiative war es, die Initiative seit dem Start in 2003 bis Ende 2006 zu untersuchen. Dabei wurden deren Arbeit und die erzielten Ergebnisse bewertet. Zu berücksichtigen war der wirtschaftliche Kontext im Bereich der Erneuerbaren Energien auf nationaler und internationaler Ebene. Anknüpfend an die Ergebnisse wurden Handlungsempfehlungen für eine Weiterführung der Exportinitiative erarbeitet. Berücksichtigen sollte die Evaluation sowohl die Gesamtkonzeption der Initiative als auch ihre einzelnen Instrumente und Maßnahmen.

Analysekonzept

Um diese Aufgabe zu realisieren, sah das Analysekonzept der Evaluation zwei miteinander verbundene Analyselinien vor.

In der Analyselinie „*Branchen- und Exportanalyse*“ wurden die wirtschaftlichen Strukturen und Fakten der Exportsituation im Bereich der Erneuerbaren Energien untersucht. Die spezifische Situation der einzelnen Branchen wurde dabei explizit berücksichtigt. Aufgaben der Branchen- und Exportanalysen waren im Einzelnen

- die Beschreibung der internationalen Märkte für Erneuerbare Energien
- die Darstellung der deutschen Industrie für Erneuerbare Energien
- das Aufzeigen der Markt- und Wettbewerbsposition deutscher Unternehmen im internationalen Vergleich
- die Identifikation der Exportpotenziale und –hemmnisse für deutsche Unternehmen.

Die zweite Analyselinie „*Evaluation der Exportinitiative*“ beschäftigte sich mit

- der Exportinitiative Erneuerbare Energien insgesamt und
- den einzelnen Maßnahmen und Instrumenten der Exportinitiative.

Die dabei zu berücksichtigenden Kriterien waren u.a. die Zielgruppenschärfe und Bedarfsorientierung der Initiative, der Beitrag zur Überwindung von Exporthemmnissen, die wirtschaftliche Wirkung, die Effizienz und Subsidiarität sowie die Zusammenarbeit der beteiligten Institutionen.

Methodische Vorgehensweise und durchgeführte Erhebungen

Die eingesetzten Instrumente und Methoden der Evaluation setzten an zentralen Daten und Informationsquellen an. Es wurde aufgrund der Komplexität der Exportinitiative Erneuerbare Energien und der oben beschriebenen Fragestellungen ein Set unterschiedlicher, sich ergänzender Methoden und Instrumente eingesetzt.

1. Auswertung von Dokumenten und sonstigen Informations- und Datenquellen

Ausgewertet wurden hier vor allem Branchenstudien sowie sonstige Materialien zu den einzelnen Sektoren im Bereich der erneuerbaren Energien. Ein zweiter Schwerpunkt waren Programme, Veranstaltungs- und Arbeitsberichte, Aktivitätsübersichten, Außendarstellungen und schriftliche Produkte aus den diversen Maßnahmen der Initiative.

2. Experteninterviews

Gesprächspartner bei den insgesamt 45 Interviews waren:

- Die Trägerorganisationen und Partner der Exportinitiative: Dabei wurden mit allen Organisationen ein oder auch mehrere persönliche Interviews geführt. Zusätzlich gab es ergänzende Telefonate, um Detailfragen zu klären oder aktuell Entwicklungen zu diskutieren.
- Die einschlägigen und im Koordinierungskreis vertretenen Fachverbände der relevanten Branchen (BBE, BEE, BSW, BWE, GtV, VDMA): In der Regel waren dies persönliche Gespräche vor Ort.
- Unternehmen: Gesprächspartner bei den Telefoninterviews waren vor allem die Nutzer der einzelnen Maßnahmen und Angebote der Exportinitiative (z. B. Geschäftsreisen, IuK-Veranstaltungen, Nutzer der Informationsangebote). Zusätzlich zu regulären Interviews gab es Kurzgespräche mit Unternehmen (z. B. bei Messebesuchen).
- Ergänzend fanden schließlich Gespräche mit Vertretern aus den Bereichen Finanzierung, Politik und Kompetenznetzen statt.

3. Online-Befragung

In diesem Zusammenhang fand eine breit angelegte Online-Befragung im Kreis der Zielgruppen und Nutzer der Exportinitiative Erneuerbare Energien statt. Genutzt wurde hierbei der E-Mail-Verteiler der Kundendatei der dena. Versickt wurde die Bitte um Teilnahme am 25.07.2007. Eine Erinnerung erfolgte am 18.08.2007. Unterstützt wurde die Befragung auch durch die einschlägigen Fachverbände, die zur Teilnahme motivierten. Geschlossen wurde die Befragung zum 08.10.2007. Insgesamt beteiligten sich 244 Unternehmen an der Befragung, davon haben 127 (52 %) die Angebote der Exportinitiative bereits genutzt.

Zusätzlich zu der breit angelegten Gesamterhebung gab es eine Online-Befragung im Kreise der 14 Projekte des Solardachprogramms. Die Fragestellungen und der Fragebogen wurden in enger Zusammenarbeit mit der dena erarbeitet. Kontaktiert wurden die Unternehmen am 09.08.2007. Geschlossen wurde die Befragung am 02.10.2007. Alle geförderten Projekte des Solardachprogramms haben sich daran beteiligt.

4. Teilnehmende Beobachtung

Um einen vertiefenden Einblick in die Prozesse der Exportinitiative und das Umfeld zu erhalten, nahmen Mitglieder des Evaluationsteams auch an diversen Treffen und Veranstaltungen teil; z. B. an der Sitzung des Koordinierungskreises (23.04.2007) sowie an einer Sitzung im BMWi, bei der die Messebeteiligungen 2008 abgestimmt und die vergangenen Messebeteiligungen bewertet wurden (12.06.2007). Ferner wurde der Messeauftritt im Rahmen des Hannover Messe 2007 besucht. Zusätzlich ergab sich für ein Mitglied des Evaluationsteams die Möglichkeit, zwei internationale Messeauftritte zu begutachten (Solar Tech India, New Delhi, 12-14.9.2007; Solar Power, Long Beach, Kalifornien, 24.-27.9.2007).

Gedankt sei an dieser Stelle allen Unternehmen, Organisationen und Experten, die an den Befragungen teilgenommen oder die Erhebungen in sonstiger Form unterstützt haben.

Meilensteine der Evaluation und Endbericht

Die Evaluation startete im März 2007. Der Zwischenbericht wurde im September 2007 vorgelegt. Der Zwischenbericht enthielt die Branchen- und Exportanalysen der einzelnen Sektoren und Kurzprofile zu den einzelnen Maßnahmen mit ersten Befunden. Vorgestellt und ausführlich diskutiert wurden die Ergebnisse des Zwischenberichts im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) am 29.08.2007. und am 07.09.2007. Um die Trägerorganisationen und Partner der Exportinitiative über die Zwischenbefunde zu informieren und diese gemeinsam zu diskutieren, fand im BMWi am 22.10.2007 ein entsprechender Workshop statt.

Der vorliegende Endbericht wurde im Dezember 2007 eingereicht. Entsprechend der Aufgabenstellung der Evaluation enthält der Endbericht zum einen Branchen- und Exportanalysen für die einzelnen Sektoren im Bereich erneuerbarer Energien (EE). Sie bieten Informationen und Analysen zu internationalen Märkten und zur Positionierung der deutschen Industrie in den einzelnen EE-Branchen. Am Ende eines jeden Berichts findet sich ein kurzer Überblick zentraler Ergebnisse. Den Sektoranalysen vorangestellt ist ein entsprechendes übergreifendes Kapitel zu erneuerbaren Energien insgesamt. Die Branchen- und Exportanalysen bilden Teil I des Endberichts der Evaluation.

Teil II des Endberichts stellt die Ergebnisse der zweiten Analyselinie dar: der Evaluation der Exportinitiative Erneuerbare Energien. Dabei werden zunächst Erhebungsergebnisse und Befunde zur Initiative insgesamt vorgestellt. Im Anschluss daran finden sich detaillierte Evaluationsberichte zu allen Einzelmaßnahmen der Exportinitiative. Der Struktur der Exportinitiative Erneuerbare Energien entsprechend sind diese Berichte ausführlich gestaltet und bilden den wesentlichen Bestandteil der Evaluation.

Die Berichte bieten zu Beginn eine Kurzinformation zum Inhalt und den Zielsetzungen der einzelnen Maßnahmen. Im Anschluss daran werden deren Gestaltung und Charakteristika ausführlich dargestellt und analysiert. Anknüpfend daran werden Stärken und Schwächen der Maßnahme, ein Gesamtbefund und entsprechende Handlungsempfehlungen abgeleitet. Abgerundet wird Teil II des Endberichts mit Folgerungen für die Exportinitiative insgesamt.

Branchen- und Exportanalysen

1. Erneuerbare Energien – Überblick

Folgendes Kapitel bietet einen Überblick über Bedeutung und Entwicklung der erneuerbaren Energien insgesamt.¹ Historisch wurden vor allem Wasserkraft und Biomasse als erneuerbare Energien genutzt. Auf beiden Feldern verfügte Deutschland im internationalen Vergleich eher über unterdurchschnittliche Voraussetzungen. Jedoch wurde mit der politisch gewollten Unterstützung der erneuerbaren Energien in den letzten Jahren eine dynamische Entwicklung angestoßen, die Deutschland in eine international führende Position bei FuE, Anwendung und Export gebracht hat. Erneuerbare Energien sind nicht nur zu einer zentralen Säule des deutschen Klima- und Ressourcenschutzes geworden. Durch die Vorreiterrolle in diesem Feld hat sich auch ein leistungsfähiger, innovativer und zukunftsorientierter Industriezweig entwickelt. Verbunden damit ist auch eine hervorragende Ausgangslage im internationalen Wettbewerb und Export (vgl. BMU, 2007; UBA, BMU, 2007). Differenziert wird das Feld der erneuerbaren Energien heute üblicherweise nach folgenden Bereichen:²

- Biomasse, Bioenergie
- Geothermie
- Photovoltaik
- Solarthermie (Niedertemperatur)
- Solarthermische Kraftwerke
- Wasserkraft
- Windenergie

Die Relevanz der erneuerbaren Energien (EE) für die **Energiebereitstellung in Deutschland** ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Im Jahr 2006 lieferten sie 5,8 % des Primärenergieverbrauchs (2000: 2,6 %), 12 % des Bruttostromverbrauchs (2000: 6,3 %) und 8 % des gesamten Endenergieverbrauchs (2000: 3,8 %). Die Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien betragen 2006 insgesamt 11,6 Mrd. €. Der Umsatz in Verbindung mit dem Anlagenbetrieb betrug im gleichen Jahr weitere 11,3 Mrd. € (BMU, 2007). Die Verteilung der Investitionen auf die verschiedenen Branchen zeigt folgende Grafik:

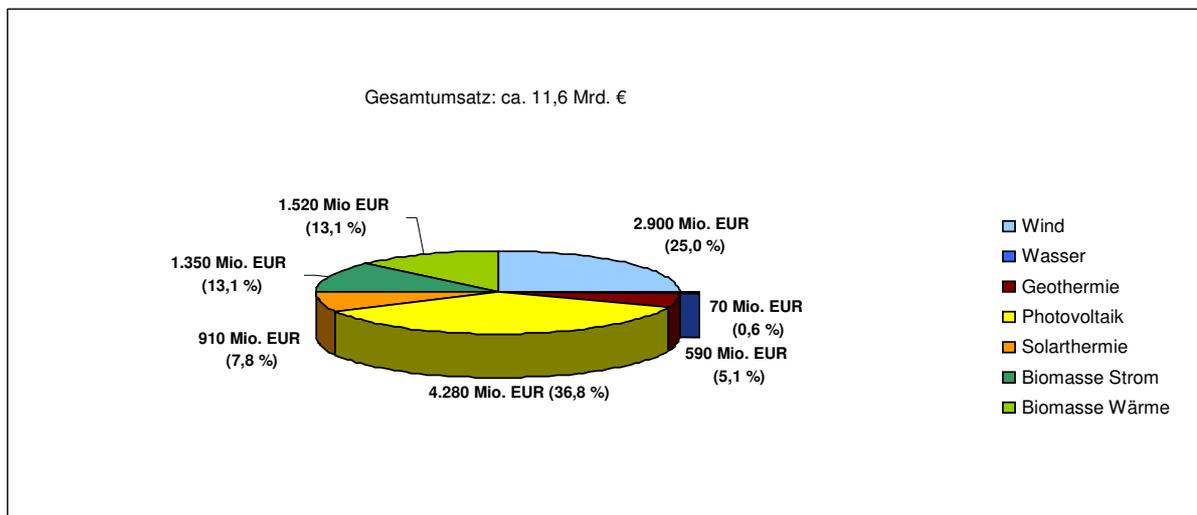


Abbildung 1: Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2006 (BMU, 2007)

¹ Eine Reihe aktueller Studien und Analysen, auf denen auch dieses Kapitel basiert, geht detailliert auf diese Thematik ein (vgl. BMU (2006), BMU (2007), ifeu (2007), Informationskampagne für Erneuerbare Energien (2007), UBA, BMU (2007), ZSW et al. (2007). Aus diesem Grund konzentriert sich die Evaluation hier auf eine zusammenfassende Darstellung.

² Vgl. hierzu auch die folgenden Branchen- und Exportanalysen

Damit ist Deutschland beim Ausbau der erneuerbaren Energien in vielen Sparten international führend (z. B. beim Zubau von Photovoltaik und Biodieselanlagen oder bei der installierten Wind- oder PV-Leistung) bzw. unter den „Top-5“ (Zubau von Sonnenkollektoren, installierte Biomasse-Leistung). Wichtige Anreize für die Entwicklung des Heimatmarktes setzten dabei das EEG oder das Marktanzreizprogramm (ifeu, 2007).

Gemäß der Pläne der Bundesregierung soll der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung bis 2010 gegenüber 2000 mindestens verdoppelt werden. Bis 2020 soll der Anteil am Primärenergieverbrauch mindestens 10 % betragen und an der Strombereitstellung mindestens 20 %. Ferner sieht das Szenario vor, bis 2050 mindestens die Hälfte des deutschen Energieverbrauchs aus regenerativen Energien zu beziehen (BMU, 2007).

Internationale Marktentwicklung: Auch wenn damit der Heimatmarkt Deutschland eine zentrale Bedeutung für den Aufbau von Kompetenzen, die Auslastung von Produktionskapazitäten und die Demonstration von Referenzprojekten besitzt, kann er allein auf Dauer nicht die Grundlage der deutschen EE-Industrie bilden. Bedeutender ist hier vielmehr die Entwicklung der internationalen Märkte. Stimuliert werden diese durch ambitionierte Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien weltweit. Damit bieten sich generell gute Exportchancen für die deutsche EE-Industrie.

Europa: Auf europäischer Ebene hat die europäische Kommission bereits 1997 angekündigt, den Anteil erneuerbarer Energien bis 2010 auf 12 % des Bruttoinlandsenergieverbrauchs zu verdoppeln. Im Frühjahr 2007 hat nun der europäische Rat eine Roadmap verabschiedet, die für die EU bis 2020 einen Anteil von 20% der Gesamtenergie aus erneuerbaren Energien vorsieht. Erreicht werden soll dieses Ziel durch verbindliche nationale Ziele und nationale Aktionspläne. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies dem Ausbau der erneuerbaren Energien in Europa weitere Schubkraft verleiht.

Derzeit sind Deutschland, Spanien, Dänemark und Finnland auf dem Weg, ihre für 2010 gesteckten Zielvorgaben zu erreichen. In einer Reihe von Mitgliedsstaaten findet jedoch nur eine mangelhafte Umsetzung der entsprechenden Richtlinie statt. Somit ist es eher unwahrscheinlich, dass das o. g. 12%-Ziel bis 2010 auch tatsächlich erreicht wird. Dennoch kann festgestellt werden, dass seit 1997 die Energieproduktion durch erneuerbare in Europa um 55 % gestiegen ist.

Beim Ländervergleich weiterhin auffällig sind die deutlichen Unterschiede des EE-Anteils am Primärenergieverbrauch:³ Hohe Werte erreichen gegenwärtig Schweden (29,8%), Finnland (23,2%) oder auch Österreich (20,5%); vergleichsweise niedrig sind hingegen die EE-Anteile in Großbritannien (1,7%), Irland (2,7 %) oder den Niederlanden (3,5%). Auch Deutschland besitzt mit 4,8 % noch deutliches Ausbaupotenzial. Europaweit beträgt gegenwärtig der Anteil 6,6 %. Eindeutig dominiert wird dabei die Energieerzeugung durch die Sektoren Biomasse und Wasserkraft (ifeu, 2007; BMU, 2007).

Weltmarkt: Auch weltweit kommt den erneuerbaren Energien im Hinblick auf eine nachhaltige und sichere Energieversorgung, dem Klimaschutz sowie der wirtschaftlichen Entwicklungsdynamik eine wachsende Bedeutung zu. Dies wird nicht nur an hohen Wachstumsraten deutlich (in den letzten fünf Jahren stieg die PV-Installation jährlich um 60 %, Wind 28 %, Sonnenkollektoren 17 %, Biodiesel 25 % und Geothermie um 13 %) (ifeu, 2007). Insgesamt ist im Zeitraum 1995 bis 2004 die Primärenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien weltweit um 15 % auf 60.600 PJ angewachsen.

Ungeachtet dieser Dynamik muss jedoch festgestellt werden, dass der EE-Anteil am Primärenergieverbrauch gleichzeitig leicht gefallen ist: Von 13,8 % (1995) auf 13,1 % im Jahr 2004.

³ Vorläufige Werte für 2005. Unterschiede der Werte der EU-Statistik bezüglich EE-Anteil am PEV gegenüber nationalen Angaben ergeben sich durch teils unterschiedliche Bilanzierungsmethoden. Dies trifft auch für die Werte Deutschlands zu.

Zurückzuführen ist dies auf die noch stärkere Erhöhung des Energieverbrauchs. Eine Schlüsselrolle dabei spielen Verbrauchssteigerungen der Entwicklungs- und Schwellenländer, insbesondere auch China.

Zusätzlich anzumerken ist, dass von diesen 13,1 % durch Biomasse 10,4 % geleistet werden, durch Wasserkraft 2,2 %. Wind- und Solarenergie sind damit gemessen am Welt-Primärenergieverbrauch nach wie vor marginale Größen – trotz einer hohen mittleren Wachstumsrate von ca. 24 % im Bereich der Windkraft im Zeitraum 1990 bis 2004. Umso kritischer ist dies zu bewerten, weil es sich bei der 10,4 % Biomasse zum Großteil um traditionelle, nicht-nachhaltige Nutzungsformen handelt, die mit den Problemen der Abholzung und CO₂-Emissionen verbunden sind (BMU, 2007). Umgekehrt unterstreicht dieser noch relativ geringe Anteil moderner erneuerbarer Energien am Weltenergieverbrauch umso mehr das enorme Ausbau- und Exportpotenzial für innovative und nachhaltige Lösungen.

Auch macht dies deutlich, dass gegenwärtig und auch schätzungsweise für die nächsten 20 Jahre die erfolgreiche Entwicklung und Etablierung erneuerbarer Energien noch wesentlich von politischen Rahmenbedingungen abhängen wird. Ambitionierte Zielvorgaben zum Ausbau der erneuerbaren Energien sind entsprechend nicht nur in Europa sondern auch weltweit feststellbar: 49 Staaten haben Ausbauziele, 32 Staaten haben Förderinstrumente mit Einspeisegesetzen. Zusätzlich haben 18 Bundesstaaten der USA und drei Provinzen Kanadas entsprechende Ausbauziele festgelegt. In Kalifornien soll – ausgehend von aktuell 11 % - bis 2020 ein Drittel des Strombedarfs mit regenerativen Energien gedeckt werden; einschließlich der Wasserkraft knapp 50 %. Lateinamerika und die Karibik peilen an, 10 % des Energiebedarfs bis 2010 zu erreichen. China will ausgehend von gegenwärtig 10 % bis 2020 15 - 20 % seines gesamten Energiebedarfs aus erneuerbaren Quellen decken – ungeachtet des stark steigenden Energieverbrauchs. Insgesamt sind insbesondere China, Indien und die USA als gewichtige Wachstumsmärkte zu sehen (ifeu, 2007; Informationskampagne für Erneuerbare Energien, 2007).

Diese Entwicklungen führen konkret zum Wachstum der Märkte und damit auch der deutschen Exportchancen für erneuerbare Energien: Von 2000 bis 2006 verdoppelten sich nach Angabe des Bundesverbandes Erneuerbare Energien die weltweiten Investitionen von 30 Mrd. € auf 60 Mrd. € p.a. (BEE, 2007). Für 2005 setzen DIW et al. auf der Grundlage des REN21 Reports (Update 2006) ein Weltmarktvolumen von 45 Mrd. € für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien an. Wie die folgende Grafik zeigt, sind dabei Wasserkraft und Windkraft die beiden wichtigsten Sparten. Bei einer Betrachtung der Teilmärkte lässt sich erkennen, dass 2005 Deutschland und China die beiden Länder mit den eindeutig größten Investitionsvolumina waren (vgl. Abb. 3). Der Schwerpunkt der Investitionen – ohne große Wasserkraft – lag dabei in China vor allem im Bereich Solarthermie (Sonnenkollektoren) und der kleinen Wasserkraft; in Deutschland vor allem in den Bereichen Windenergie und Photovoltaik. Zukünftig sind hinsichtlich der Größe und der Gewichtung der internationalen Zielmärkte jedoch deutliche Verschiebungen zu erwarten (UBA, BMU 2007).

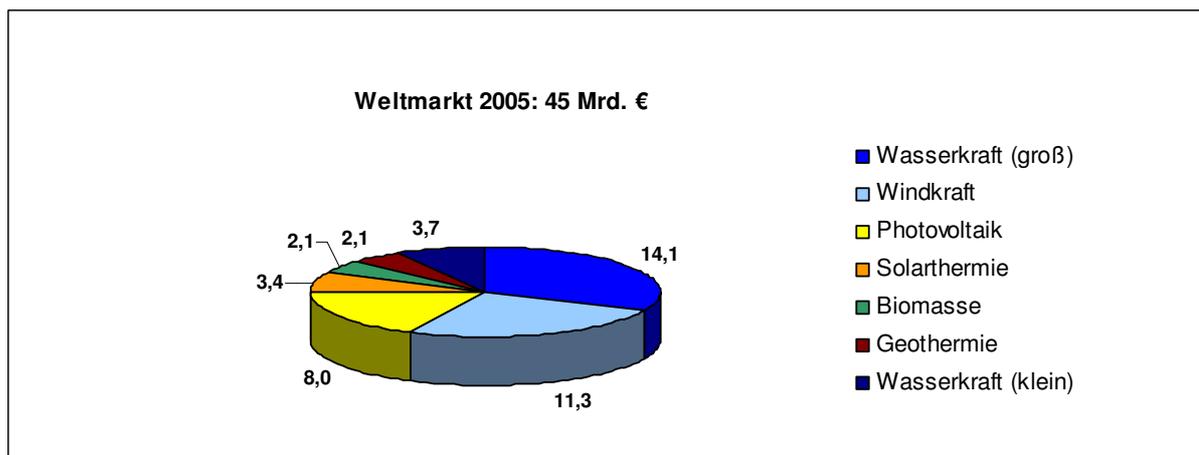


Abbildung 2: Weltmarkt für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien 2005 (UBA, BMU, 2007)

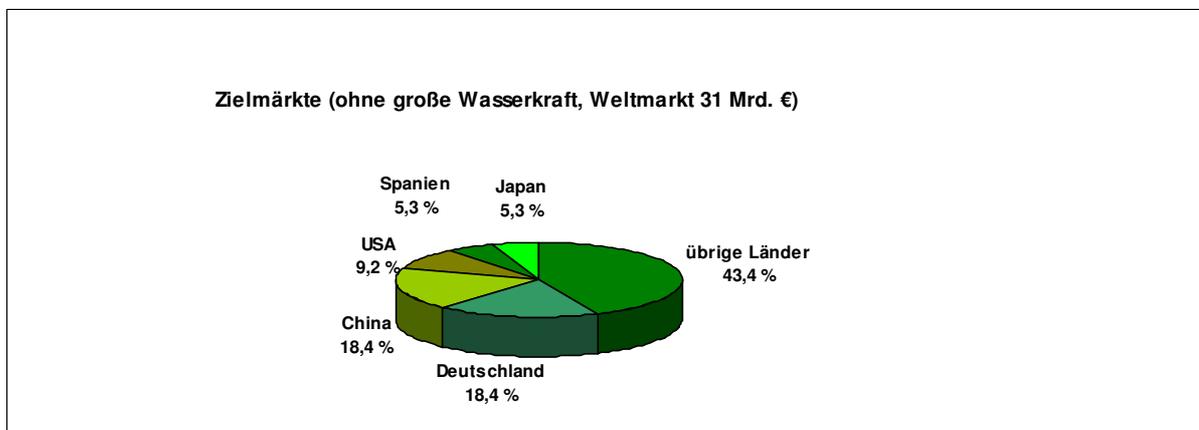


Abbildung 3: Regionale Verteilung des EE-Weltmarkts in 2005 (UBA, BMU, 2007)

Für die Zukunft ist mit einem weiteren Anstieg des Weltenergieverbrauchs zu rechnen. Nach den Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA) ist bis 2030 von einer Steigerung um 60 % auszugehen (von 10 auf 16 Mrd. t Öläquivalent). Maßgebliche Ursachen dafür sind das zu erwartende weltweite Wachstum der Bevölkerung (von 6 auf 8 Mrd. Menschen in 2030) und Wirtschaft (3 % p. a. im weltweiten Durchschnitt und einer Verdopplung des Sozialprodukts). Bei einem konstanten Energiemix würden entsprechend auch die energiebedingten Emissionen steigen (UBA, BMU, 2007).

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung erschließt sich die Notwendigkeit einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien. Die oben beschriebenen nationalen und regionalen Ausbauziele sind ein wichtiger Schritt in diese Richtung. Zukünftig ist mit einer starken Expansion der internationalen EE-Märkte zu rechnen.

Die prognostizierten Werte unterscheiden sich – je nach Szenario – deutlich: So rechnen Bundesverband Erneuerbare Energien und Informationskampagne Erneuerbare Energien bis 2010 mit einem Anstieg der weltweiten Investitionen auf 100 Mrd. €; bis 2020 auf mehr als 400 Mrd. € (BEE, 2007).

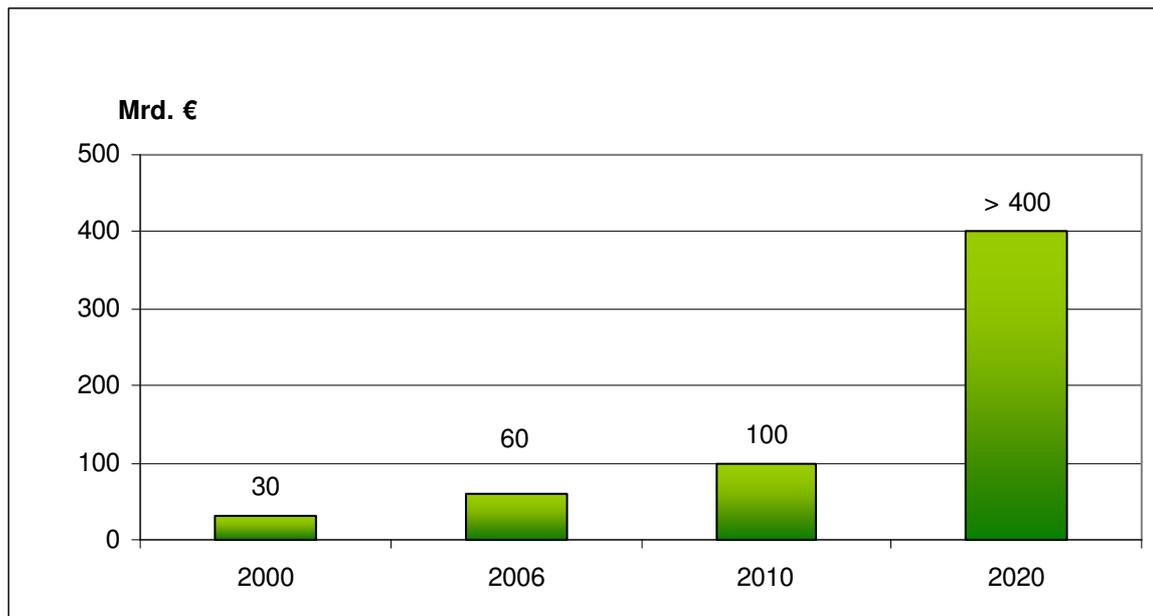


Abbildung 4: Weltweite Investitionen in Erneuerbare Energien (BEE, 2007)

Das eher konservative Szenario der Internationalen Energie Agentur (IEA) aus dem Jahr 2004 geht für 2020 von einem Marktvolumen von 115 Mrd. € aus. Das Szenario des European Renewable Energy Council (EREC) prognostiziert für 2020 einen deutlich höheren Wert von 252 Mrd. €. Damit ist in den nächsten 15 Jahren von einer Verdrei- bis zu einer Versechsfachung des derzeitigen globalen Marktvolumens auszugehen. Die Verteilung auf die einzelnen Sparten wird dabei folgendermaßen eingeschätzt: (BMU, 2006; UBA, BMU, 2007):

- Biomasse, Bioenergie: 60 Mrd. €
- Windenergie: 57 Mrd. €
- Wasserkraft: 52 Mrd. €
- Photovoltaik: 42 Mrd. €
- Solarthermie: 28 Mrd. €
- Geothermie: 14 Mrd. €

Export der deutschen EE-Branche: Die deutsche EE-Branche kann in besonderem Maße vom zukünftigen Wachstum der internationalen Märkte profitieren. Hintergrund ist die am Heimatmarkt gewachsene Kompetenz und eine ausgezeichnete internationale Wettbewerbsposition.

Dies spiegelt sich auch bereits in der Entwicklung des Exportvolumens der vergangenen Jahre wider. Seit dem Jahr 2000 ist das Exportvolumen der EE-Branche von 0,5 Mrd. € auf 2,5 Mrd. € in 2004 und auf 6 Mrd. € in 2006 gestiegen (BEE, 2007). Zu etwas niedrigeren Exportzahlen kommt die Studie von ZSW et al.: Demnach stiegen die Gesamtumsätze deutscher EE-Unternehmen durch Investitionen im In- und Ausland im Zeitraum 2004 bis 2006 von 7,2 Mrd. € auf 11,9 Mrd. €. Der Anteil des Exports wird für 2006 mit 4,4 Mrd. € und einer Exportquote von 37 % beziffert. Für 2004 werden diese Größen noch mit 2 Mrd. € und einer Quote von 28 % angesetzt. Damit fand in dem relativ kurzen Zeitraum von 2004 bis 2006 eine Steigerung der Exportumsätze um ca. 120 % statt (ZSW et al., 2007, 11-12).

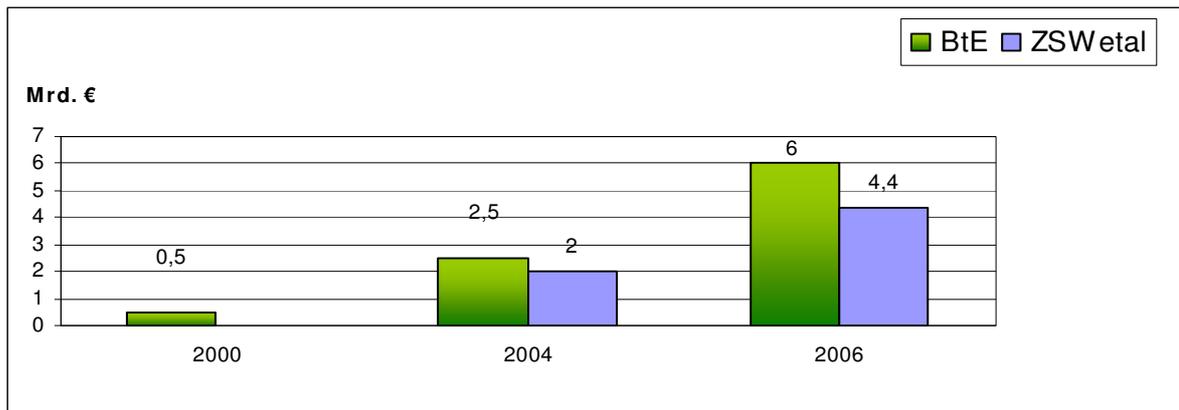


Abbildung 5: Entwicklung des Exportvolumens der EE Branche in Deutschland nach BtE und ZSW et. Al. (BMU 2006)

Die Verteilung der Exportvolumina auf die einzelnen EE-Branchen im Jahr 2004 illustriert die folgende Abbildung:

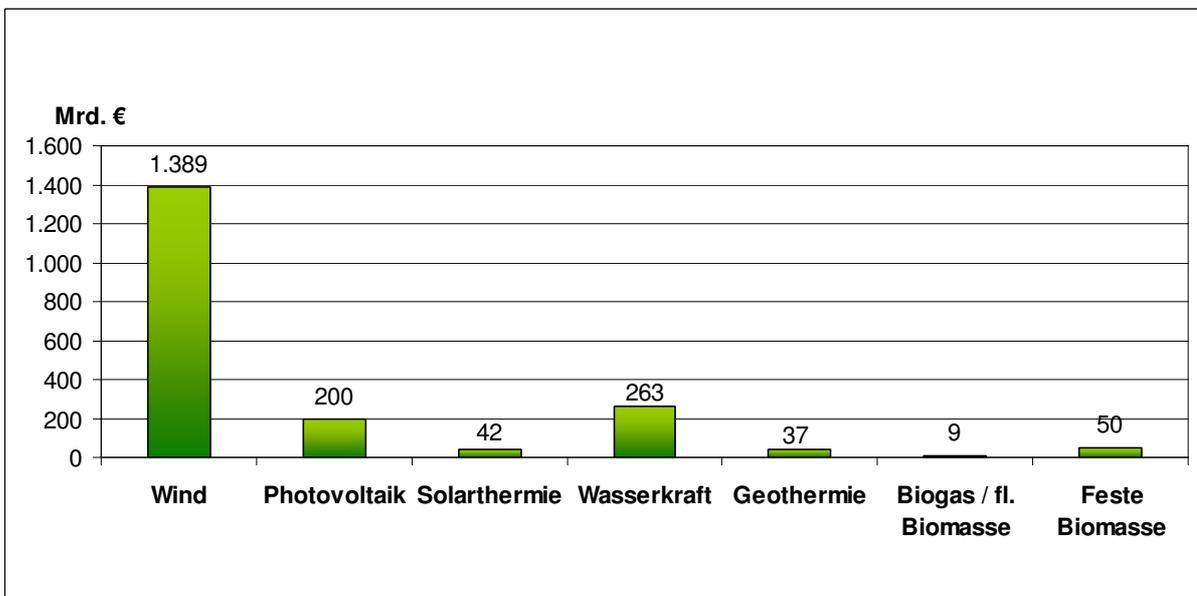


Abbildung 6: Deutsche Exporte von Anlagen und Komponenten erneuerbarer Energien in 2004 (BMU, 2006)

Als Zielregion hatte in 2004 Europa mit 65 % aller Exporte die mit Abstand höchste Bedeutung, gefolgt von Asien (14 %) und Nordamerika (6%), Mittelamerika (4 %). Die Sparten Solarthermie und Geothermie wiesen mit 85 – 90 % ihrer Exporte eine noch deutlichere Fokussierung auf Europa auf (BMU, 2006).

Auch weiterhin wird der europäische Markt für den deutschen Export eine zentrale Rolle spielen. Gleichzeitig unterstreichen die bisherigen eher niedrigen Werte der anderen Zielmärkte das Nachholpotenzial in diese Richtung. Zukünftig zusätzlich interessante Zielmärkte liegen aus Unternehmenssicht generell zusätzlich z. B. Nordamerika und China. Dabei sind jedoch deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Branchen feststellbar. So sehen z. B. die Branchen Bioenergie und Solar WestEuropa und Nordamerika als interessante Absatzmärkte. Für Unternehmen der Geothermie erscheint wiederum OstEuropa interessant. Deutlich anders stellt sich die Exportsituation bereits heute im Bereich der Wasserkraft dar. Hier spielt Europa auf Grund des bereits hohen Ausbaugrades nur eine untergeordnete Rolle. Hier sind und bleiben hingegen Indien und China von hoher Relevanz. (UBA, BMU, 2007).

Die Bedeutung des Exports unterscheidet sich zwischen den einzelnen EE-Branchen deutlich. Die relativ größte Bedeutung hat gegenwärtig der Export für die Wasserkraftindustrie, die eine Exportquote von 80 % aufweist. Weiterhin hat auch die Windenergiebranche eine hohe Exportstärke entwickelt. Auf sie entfällt der weitaus gewichtigste Anteil des Export mit einem Exportvolumen von 3,6 Mrd. €. (Informationskampagne Erneuerbare Energien, 2007). Einen Überblick über den Ausbau der Exportorientierung und den Unterschied zwischen den einzelnen Sparten vermittelt auch folgende Tabelle:⁴

Branchen	2004	2006
Windenergie	Windenergie-gesamt: 50 % (1) Windenergie-gesamt: 32 % bzw. lt. DEWI 59 % (3)	Windenergie-gesamt: 60 % (2,4) Windenergie-gesamt: 55 % bzw. lt. DEWI 74 % (3)
Photovoltaik	PV-gesamt (inkl. Dienstl.): 11 % (6) PV-gesamt (Produktion): 14 % (5), 20 % (1) Solarmodule: 8 % (6), 11 % (3) Solarzellen: 17 % (6), 30 % (3)	PV-gesamt (inkl. Dienstl.): 27 % (6) Photovoltaik-gesamt (Produktion): 34 % (5), 40 % (2) Solarmodule: 11 % (3); 22 % (6) Solarzellen: 34 % (3), 36 % (6)
Solarthermie	Solarthermie-gesamt: < 10 % (5) Kollektorhersteller: 15 % (3)	Solarthermie-gesamt: 17 % (5) bzw. 20 % (2) Kollektorhersteller: 28 % (5) bzw. 30 % (3)
Wasserkraft	Wasserkraft-gesamt: 80 % (1, 2)	Wasserkraft-gesamt: 80 % (2)
Geothermie	Wärmepumpen: 60 % (3)	Kraftwerkstechnologie: noch kein Export (2) Oberfl.nahe Geoth.: 10 % (2) Wärmepumpen: 20 % (3)
Bioenergie	Biogas/flüssige Biomasse: 7 % (1) Feste Biomasse: 5 % (1)	Biogas 2007 (geschätzt): 15 % (7) Biogas-Anlagenbau: 30 % (2)
Legende der Quellen:	(1) BMU (2006, 14) (2) UBA/ BMU (2007, 133ff.) (3) ZSW et al. (2007, 8-11) (4) Informationskampagne für Erneuerbare Energie (2007)	(5) BSW (2007) (6) Information durch BSW (2007) (7) Fachverband Biogas (2007)

Tabelle 1: Entwicklung der Exportquoten einzelner EE-Branchen (BMU, 2006, 14; BMU, 2007; ZSW et al. 2007)

Ungeachtet des Anstiegs in vielen Bereichen ist hinsichtlich der Exportorientierung auch festzustellen, dass das dynamische Wachstum des deutschen Marktes auf Grund kurzfristig begrenzter Produktionskapazitäten in einzelnen Bereichen dazu geführt hat, dass deutsche Unternehmen vorübergehend auf den Binnenmarkt konzentriert waren und auch internationale Anbieter vom deutschen Marktwachstum angezogen wurden. Gleichwohl belegen auch die o. g. internationalen Exporterfolge der deutschen Windkraftindustrie, dass auf dieser Grundlage eine gute Ausgangsbasis für Exporterfolge geschaffen werden kann. In der jüngsten Vergangenheit führte das starke Wachstum in der Photovoltaik zu einer Verschiebung der Export-/Import-Relation. Gleichzeitig kann daraus aber nicht direkt abgeleitet werden, dass hieraus auch automatisch eine starke Außenhandelsposition

⁴ Zu berücksichtigen ist hierbei, dass sich in den einschlägigen Quellen variierende Angaben zu den Exportquoten finden. Die Tabelle nennt deshalb mehrere Werte. Die hinter der Exportquote in Klammern genannte Zahl benennt dabei die jeweilige Quelle, die in der Legende aufgeführt sind.

entsteht. Zusätzlich erforderlich sind immer auch günstige Rahmenbedingungen, Maßnahmen zur Überwindung der Exporthindernisse und eine Innovationsstärke der Unternehmen (UBA, BMU, 2007).

Für die Zukunft sehen deutsche Unternehmen die Auslandsmärkte als zentrale Säule des Geschäfts. Da jedoch der weitere internationale Ausbau erneuerbarer Energien mit einer zunehmenden Produktion auch in den Standortländern verbunden sein wird, wird auch der Anteil der deutschen Industrie am Weltmarkt abnehmen. Dieser Anteil liegt – gemittelt über alle Technologien – für 2004 bei 17 %, deutlich höher bei Windenergie (40%) und Photovoltaik (30%) (UBA, 2006, 34). DIW et al. beziffern den aktuellen Weltmarktanteil Deutschlands für erneuerbare Energien insgesamt leicht höher auf über 20 % (UBA, BMU, 2007, 143).

Ungeachtet zukünftig insgesamt sinkender Weltmarktanteile sind bei anspruchsvollen Technologien (z. B. PV-Module, Getriebe und Generatoren für Wasserkraft, Mess- und Steuerungstechnik für Biomasseanlagen) auch weiterhin hohe Anteile realistisch. Noch entscheidender als die prozentualen Anteile sind jedoch die auf Grund des zu erwartenden internationalen Marktwachstums erzielbaren Absolutwerte des Exports. So erwartet der Branchenverband BEE für das Jahr 2010 nochmals mehr als eine Verdoppelung auf 15,7 Mrd. €. (BEE, 2007).

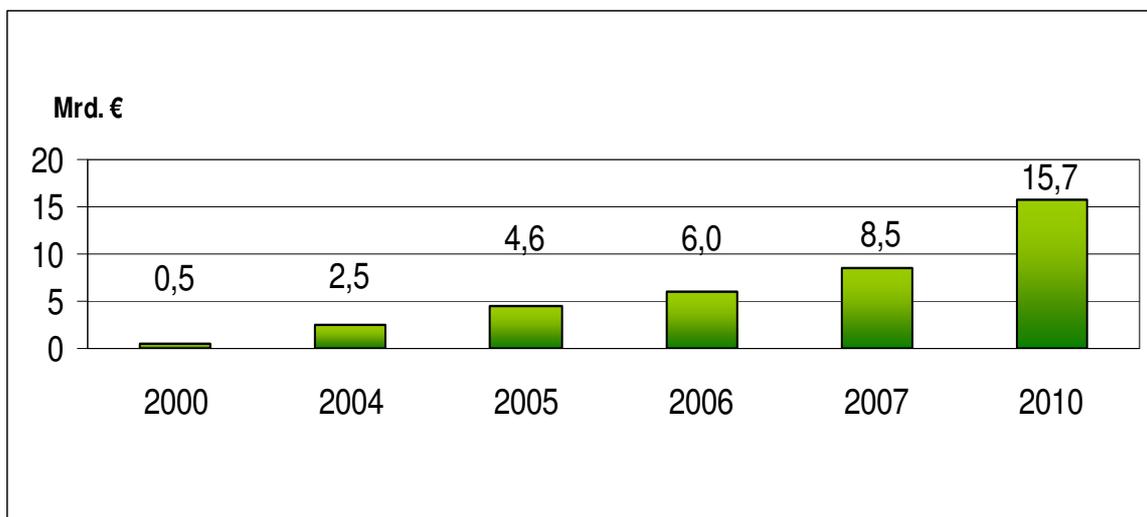


Abbildung 7: Entwicklung des Exportvolumens der deutschen Erneuerbaren-Energie-Branche (Informationskampagne für Erneuerbare Energien, 2007a)

Gemäß eines „verhaltenen“ bzw. „verhalten optimistischen“ Ausbauszenario (Basis EREC) sind in 2020 Exportumsätze für die deutsche Industrie in Höhe von 16 – 22 Mrd. € bei einem Weltmarktanteil von ca. 9-12 % zu erwarten. Treten hingegen die als konservativ anzusehenden Referenzentwicklungen auf nationaler und internationaler Ebene ein (Basis IEA), dürfte die deutsche EE-Industrie 2020 „nur“ ein Exportvolumen in Höhe von rund 5 Mrd. € realisieren (BMU, 2006, 9, 34, 39).

Ausgehend von einer Exportquote von heute 37 % (vgl. oben) wird bis 2020 mit einer Exportquote von ca. 70 % für erneuerbare Energien insgesamt gerechnet. Für einzelne Bereiche (z. B. Windenergie, Photovoltaik) werden noch höhere Werte erwartet (UBA, 2006, 7). Nach Angabe der Informationskampagne für Erneuerbare Energien strebt die Branche bis 2020 sogar eine durchschnittliche Exportquote von 80 % an (Informationskampagne für Erneuerbare Energien, 2007).

Markterschließung und Exporthindernisse: Um diese Märkte für sich zu erschließen, werden von den Unternehmen unterschiedliche Strategien verfolgt. Neben den direkten Exporten sind auch Niederlassungsgründungen, Fusionen, Joint Ventures und Kooperationen gängige Praxis. Lediglich die Vergabe von Lizenzen wird branchenübergreifend eher abgelehnt.

Gleichzeitig stellen sich den Unternehmen auch Hindernisse beim Export. Dies sind im Ausland vor allem Schwierigkeiten beim Marktzugang auf Grund von gesetzlichen Vorgaben, gefolgt von Handelsbarrieren und Protektionismus. In diesem Umfeld stellt die Unternehmensstruktur mit einem insgesamt hohen Anteil von KMU eine zusätzliche Hürde für die Internationalisierung und der Überwindung der Exporthindernisse dar. Folgende Übersicht nennt die Hindernisse, die aus Sicht der Unternehmen deren Exportaktivitäten am stärksten behindern (BMW, dena, 2007; ifeu, 2007; UBA, BMU, 2007):

Exporthindernisse im Inland	Exporthindernisse im Ausland
<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Risikoabsicherung für Auslandsgeschäfte • Mangelnde Information über Finanzierungs- und Förderangebote • Unangepasste Finanzierungsinstrumente für Auslandsgeschäfte • Fehlende Personalkapazitäten • Mangelnde Information über Auslandsmärkte 	<ul style="list-style-type: none"> • Bürokratische Hürden • Fehlende gesetzliche Rahmenbedingungen • Fehlende qualifizierte Mitarbeiter oder Partner vor Ort • Kontaktaufbau zu Partnern und Kunden vor Ort • Mangelnde Kenntnis der Einsatzmöglichkeiten der angebotenen Technologie • Fehlende politische Unterstützung aus Deutschland • Technische Probleme

Tabelle 2: Zentrale Hindernisse beim Export erneuerbarer Energien (BMW, dena, 2007)

Arbeitsplätze/Beschäftigung: Diese insgesamt positive Entwicklung der nationalen und auch internationalen Märkte für erneuerbare Energien führt letztendlich auch zu einem Ausbau an Arbeitsplätzen in diesem Bereich. Gemäß der aktuellsten Zahlen eines Forschungsvorhabens des BMU (ZSW et al., 2007) kann für das Jahr 2006 mit 231.300 Arbeitsplätze in Deutschland zugerechnet werden.⁵ Für 2004 wurden rund 157.000 Beschäftigte ermittelt (1998: 66.600, 2002: 118.700). Somit fand im Zeitraum 2004 bis 2006 eine Steigerung um ca. 74.300 Arbeitsplätze bzw. rund 47 % statt.⁶

Folgende Übersicht vermittelt einen Eindruck über die unterschiedliche Beschäftigungsrelevanz und -dynamik der einzelnen EE-Branchen:

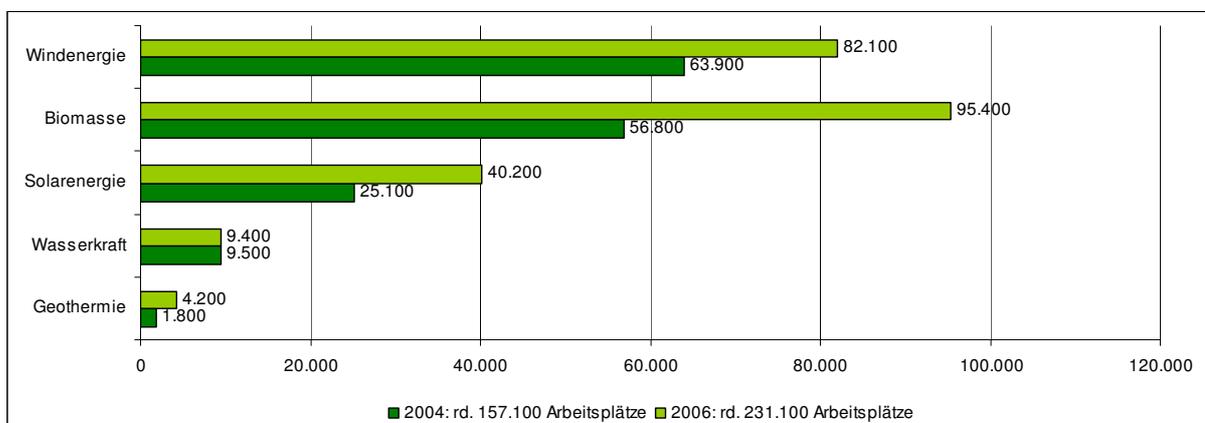


Abbildung 8: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien im Zeitraum 2004 – 2006 (ZSW et al., 2007: 15)

⁵ Ohne Beschäftigte durch öffentliche oder gemeinnützige Mittel.

⁶ Rund 134.000 Beschäftigte werden aktuell auf die Wirkungen des EEG auf dem deutschen Markt zurückgeführt.

Für 2007 rechnet die Branche mit einem weiteren Anstieg auf 250.000 Beschäftigte. Bis 2010 plant jedes fünfte Unternehmen, seine Beschäftigtenzahl zu verdoppeln (Informationskampagne Erneuerbare Energien, 2007). Es wird davon ausgegangen, dass bis zum Jahr 2020 in Deutschland 400.000 bis 500.000 Menschen im Bereich erneuerbare Energien beschäftigt sein können, sofern dieser positive Trend fortgesetzt werden kann. Auf Grund eines hohen Anteils inländischer Wertschöpfung ist auch unter Berücksichtigung aller möglichen negativen Beschäftigungseffekte in den nächsten Jahrzehnten ein deutlicher positiver Netto-Beschäftigungseffekt zu erwarten. Da diese Beschäftigungszahl jedoch nicht allein auf der Grundlage des Heimatmarktes realisiert werden kann, wird es von zentraler Bedeutung sein, dass sich deutsche Anbieter auf dem voraussichtlich stark wachsenden Weltmarkt für erneuerbare Energien auch hohe Marktanteile sichern können und ihre Exportaktivitäten weiter ausbauen (BMU, 2007, 24; ZSW et al., 2007, Informationskampagne für Erneuerbare Energien, 2007).

Technische Entwicklung und Innovation: Um die Position im internationalen Wettbewerb auf Dauer zu sichern sind FuE sowie Innovationen von hoher Bedeutung. Dies gilt umso mehr, als dass mit einer zunehmenden Reife der Märkte und Verbreitung der Produkte auch andere Länder Kompetenzen und Produktionskapazitäten aufbauen werden. Gerade bei einfacheren oder standardisierten Produkten wird sich die Konkurrenz für deutsche Unternehmen international verschärfen.

Verglichen mit anderen Technologien und Industriezweigen ist das technische Entwicklungspotenzial im Bereich der erneuerbaren Energien insgesamt als sehr hoch zu bewerten. Erhebliche technische Durchbrüche sind noch zu erwarten. Die Auswertung von Delphi-Studien deutet auf einen Wissenszuwachs auf diesem Gebiet hin, der sowohl mittel- als auch langfristig überdurchschnittlich hoch ist. Eine weitere Besonderheit ist, dass die Zeitdauer zwischen technischer Realisierung und Markteinführung der Produkte vergleichsweise lang ist (UBA, BMU, 2007).

Die Entwicklungslinien in den einzelnen EE-Bereichen weisen ein breites Spektrum und unterschiedliche Innovationsdynamiken auf. In der lang etablierten Wasserkraft sind bereits viele technologische Effizienzpotenziale ausgeschöpft. Bei der Windenergie hingegen bestehen noch weitaus höhere Innovationspotenziale (neue Leistungs- und Größenklassen, Offshore-Windparks). Auf dem Gebiet der Photovoltaik sind u. a. auf Grund der Nähe zur Halbleiter- und Nanotechnologie noch größere technische Sprünge zu erwarten, die auch zu grundsätzlich neuen Technologielinien führen können (z. B. neue Materialkonstellationen). In der Solarthermie weisen klassische Sonnenkollektoren ein eher geringeres Innovationspotenzial auf, deutlich mehr ist bei solarthermischen Kraftwerken zu erwarten. Die Tiefengeothermie muss sich in Deutschland erst noch großtechnisch bewähren und lässt somit noch weitere Durchbrüche erhoffen (Hot-Dry-Rock-Verfahren) (UBA, BMU, 2007).

Gerade vor dem Hintergrund der hohen technischen Dynamik, der stark durch KMU geprägten Unternehmensstruktur sowie der Dauer und Risiken des Innovationsprozesses hat die öffentliche FuE-Förderung eine wichtige Rolle. Das 5. Energieforschungsprogramm des Bundes vom 1.6.2005 setzt Schwerpunkte in den Feldern Energieeffizienz und Erneuerbare Energien (v. a. Photovoltaik, Windenergie-Offshore und energetische Nutzung von Biomasse). Die Förderung wurde und wird weiterhin erhöht. So wird die Projektförderung des BMU von gegenwärtig 83 Mio. € auf knapp 100 Mio. € in 2009 gesteigert. Eingesetzt wurden im Zeitraum 2003 bis 2006 fast die Hälfte der Projektmittel für Photovoltaik, 16 % für Windenergie, 15 % für Geothermie und 14 % für Hoch- und Niedertemperatur-Solarthermie. Die aktuellen Schwerpunkte der BMU-Projektförderung in 2006 haben sich gegenüber diesen Durchschnittswerten kaum verschoben. Am deutlichsten ist die Erhöhung des Anteils der Geothermie für 2006 (24%). Neu bewilligt wurden in 2006 118 neue Vorhaben mit einem Volumen von 98 Mio. €. Zusätzlich zu berücksichtigen sind die FuE-Förderung der Bioenergie durch das BMVEL und die Förderung des BMBF im Bereich der institutionellen Förderung, der Projektförderung sowie der Förderung von Netzwerken (ifeu, 2007; Informationskampagne Erneuerbare Energie, 2007; BMU, 2007b).

Bereich	1998	2003	2006	Planung 2008
Energieeffizienz und Erneuerbare Energien, davon:	178	207	(nur EE: 128)	259
BMU-Projektförderung		67,8	80,4	93,4
BMVEL-Bioenergie		5,1	10,2	10
BMBF		31	35,9	40,4

Tabelle 3: FuE-Förderung des Bundes (ifeu, 2007; BMU, 2007b)

2. Windenergie

2.1 Internationale Märkte

2.1.1. Basisinformationen und Eckdaten

Der Weltmarkt für den Bereich Windenergie beträgt im Jahr 2007 schätzungsweise über 18 Mrd. €, was einer Verdreifachung seit 2004 entspricht. Dazu trägt Deutschland mit einem Gesamtumsatz von 6 Mrd. € etwa zu einem Drittel bei, wobei der größte Teil bereits im Ausland erwirtschaftet wird, da es in Deutschland zunehmend schwierig wird, für Windenergieanlagen an Land geeignete Standorte zu finden. Die Windenergie hat in Deutschland Ende 2004 die Wasserkraft als wichtigste erneuerbare Energiequelle abgelöst. Damit nimmt Deutschland eine Sonderrolle ein, denn weltweit ist nach wie vor die Wasserkraft die am häufigsten genutzte erneuerbare Energiequelle zur Stromproduktion. Solarenergie, Biomasse und Geothermie tragen hingegen insgesamt nur zu einem vergleichbar geringeren Teil zur Stromerzeugung bei.

Europa ist mit über 40.000 MW (das entspricht zwei Drittel der installierten Leistung weltweit) führend in der Nutzung der Windenergie. Außerhalb Europas sind die Märkte in Nordamerika, Kanada, Indien, China, Japan, Australien und Neuseeland zunehmend interessant für die deutschen Hersteller und Projektentwickler.

Die wichtigsten Märkte in Europa für die Windenergie sind Deutschland und Spanien. Die Wichtigkeit anderer europäischer Märkte nimmt jedoch ständig zu: Ende 2006 wurden in der EU-27 insgesamt 7.611 MW Windleistung neu installiert, davon 1.587 MW in Spanien und 2.233 MW in Deutschland. Die Hälfte der gesamten Neuinstallationen wurde also in den übrigen europäischen Ländern getätigt. Dennoch sind nach wie vor etwa zwei Drittel der gesamten in der EU installierten Windleistung in diesen beiden Ländern zu finden (vgl. Abbildung 9).

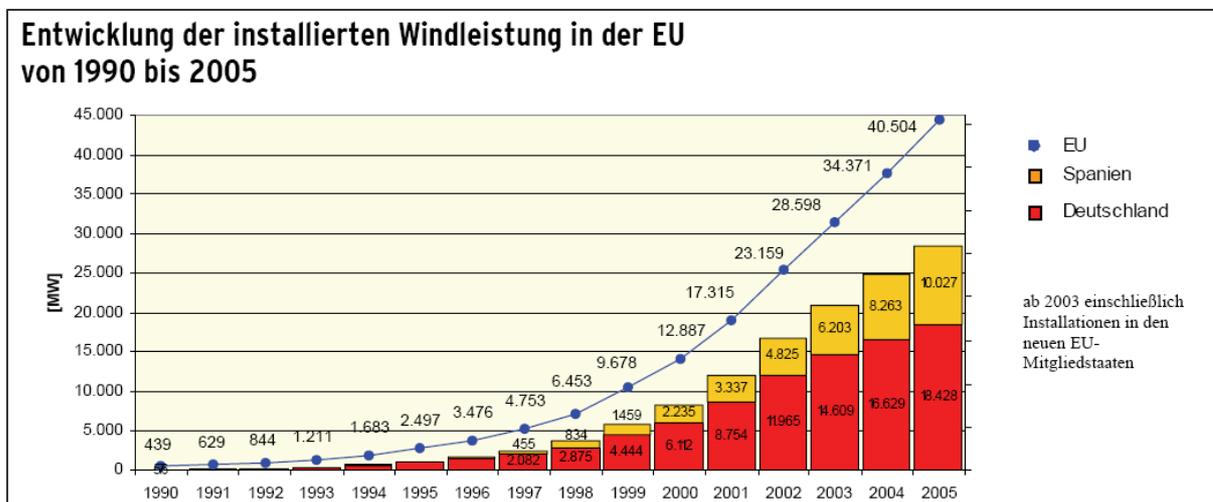


Abbildung 9: Entwicklung der installierten Windleistung in der EU (BMU, 2007)

Die Ursache dafür ist die Planungssicherheit für die Investoren und die finanzierenden Banken durch eine garantierte Einspeisevergütung für den erzeugten Strom aus Wind. Ein Vergleich der Vergütung für den durch Windenergie erzeugten Strom in Europa zeigt, dass Deutschland nicht mehr an der Spitze liegt. In Italien, Großbritannien, Spanien und Portugal beispielsweise wird der Strom höher vergütet als in Deutschland.

Daher sind diese Märkte nun für die deutschen Hersteller besonders interessant, da hier in den nächsten Jahren mehr investiert werden wird als in Deutschland und somit größere Steigerungsraten zu erwarten sind.

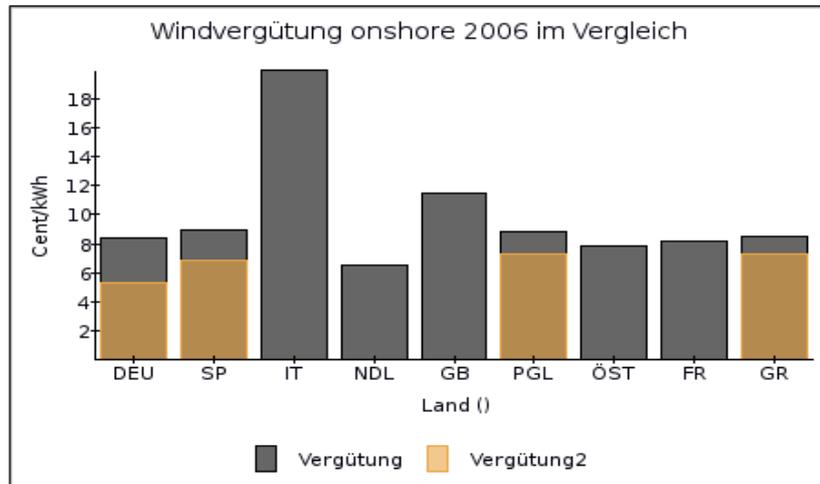


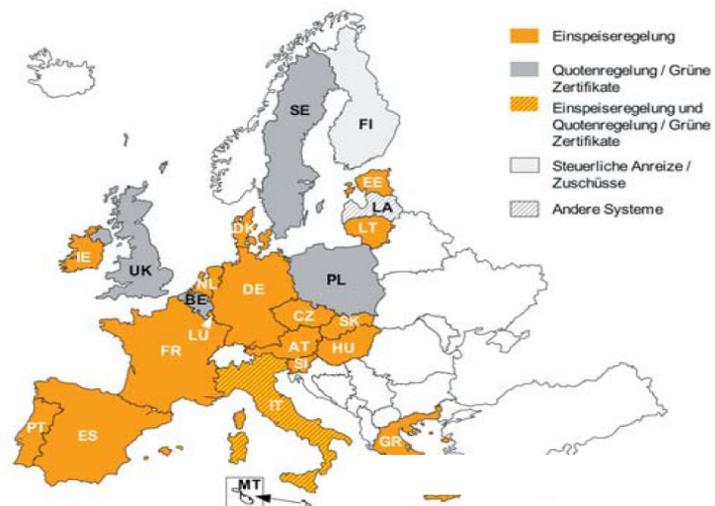
Abbildung 10: Vergütung für Strom aus Windenergie in Europa (BWE, 2007)

2.1.2 Marktstrukturen und -zusammenhänge

Nachfrage: Die Nachfrage für Windenergie steigt weltweit stark an. Der Strom aus Windenergie ist mittlerweile wegen weltweit steigender Energiepreise unter sehr günstigen Bedingungen zu ähnlichen Preisen zu erzeugen wie aus neuen fossilen Kraftwerken. Nachteilig ist die nicht ständige Verfügbarkeit von Windenergie, die eine Absicherung durch Leistungsreserven erfordert.

Die Nachfrage wird in vielen Ländern durch Maßnahmen der Politik in hohem Maße beeinflusst und verstärkt; z. B. Förderung durch Einspeiseregulungen, Quotenmodelle, Ausschreibungen, steuerliche Anreize oder Zertifikate (vgl. Abbildung 11). Diese Regelungen, Garantien und eine langfristige Förderpolitik sind von zentraler Bedeutung für die Planungssicherheit der Projekte und ermöglichen erst eine sichere Finanzierung.

Fördermodelle für erneuerbaren Strom in der EU



Quelle: Ragwitz [52]

Abbildung 11: Erneuerbare Energien in Zahlen (BMU, 2007)

Auf dem Weltmarkt ist es für die Hersteller wichtig, zuverlässige und kostengünstige Anlagen anzubieten. Zwar sind die deutschen Hersteller nicht die günstigsten Anbieter, können diesen Nachteil aber durch ihren Technologievorsprung kompensieren. Dies zeigt sich z. B. daran, dass die bisher größten Windenergieanlagen der Welt mit einer Nennleistung von 5 bis 6 MW in Deutschland entwickelt und installiert wurden. Hier liegt für die deutschen Hersteller zukünftig wohl das größte Marktpotenzial, da ausländische Hersteller derartig große Anlagen gegenwärtig nicht anbieten können.

Andererseits gibt es weltweit auch eine hohe Nachfrage nach kleineren und somit preisgünstigeren Anlagen. Hier bietet aktuell nur noch ein deutscher Hersteller eine entsprechende Anlage an. Die übrigen Produzenten gehen davon aus, dass Anlagen, die durch ein Repowering abgebaut wurden, in Schwellen- und Entwicklungsländern wieder aufgebaut werden.

Heimatmarkt als „lead market“: Auf dem deutschen Markt hat sich die Nachfrage in der Vergangenheit über viele Jahre hinweg positiv entwickelt. Dies stellt eine zentrale Grundlage der heutigen industriellen Stärke der Branche dar. Seit 2006 sind in Deutschland über 20.000 MW Windenergieleistung am Netz, 2003 waren es beispielsweise noch ca. 15.000 MW. Der Zuwachs der jährlich neu installierten Leistung ist jedoch seit 2002 eher rückläufig, was auf die knapper werdenden attraktiven Standorte (v. a. an der Küste) und die schwierigen Genehmigungsverfahren im Binnenland zurückzuführen ist.

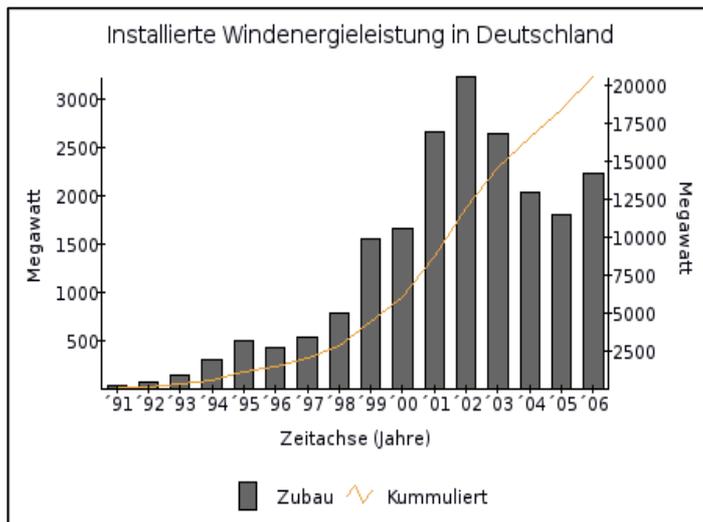


Abbildung 12: Installierte Windenergieleistung in D (BWE, 2007)

Die Hoffnung der deutschen Windindustrie liegt neben dem Exportgeschäft zum einen auf dem Ersatz von Altanlagen an Land (Repowering), andererseits auch auf der Entwicklung und Realisierung von Offshore-Windenergie-Standorten, welche sich trotz guter Anreize durch eine erhöhte Vergütung des Windstroms schwieriger gestaltet als zunächst erwartet, da die Hersteller ihre Offshore-Prototypen erst an Land oder Nearshore ausgiebig testen müssen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse dienen dann der Anpassung und Verbesserung der Anlagentechnik.

Eine große Hürde für die Offshore-Windenergie wurde durch die Bundesregierung genommen, indem die Zuständigkeit für den Netzanschluss an die Netzbetreiber gegangen ist. Diese sind nun dafür verantwortlich, dass die Windparks auf hoher See rechtzeitig an das Stromnetz angeschlossen werden und müssen dafür die Finanzierung sicherstellen. Mit Beginn der Realisierung der bereits genehmigten Offshore-Windenergie-Projekte wird der deutsche Markt voraussichtlich in den kommenden Jahren wieder stark wachsen.

Angebot: Das Angebot im Bereich der Windenergie ist sehr vielschichtig. Es gilt vor allem zwischen den Herstellern der Anlagen und deren Zulieferern zu unterscheiden.

Die Unternehmen der Windenergiebranche haben insgesamt eine recht unterschiedliche Größe. Bei einigen Herstellern der Windenergieanlagen handelt es sich meist um Großkonzerne (beispielsweise General Electrics, Siemens, Enercon, Vestas, REpower Systems, Nordex, etc.). Es gibt allerdings auch mittelständische Unternehmen, wie z. B. Fuhrländer oder Vensys, die eher als Nischenanbieter tätig sind.

Trotz der unterschiedlichen Größe wird etwa 75 % des Weltmarktes für die Produktion und Installation von Windenergieanlagen von nur vier Herstellern abgedeckt. Es gibt zwar eine große Zahl von Herstellern weltweit, doch die meisten spielen außerhalb ihres Heimatmarktes kaum eine Rolle. Kleinere Unternehmen haben es schwer, sich in einem Auslandsmarkt zu etablieren. Diese profitieren meist von Kapazitätsengpässen der großen Hersteller, da z. B. gegenwärtig die Nachfrage nach Windenergieanlagen das Angebot deutlich übersteigt.

Bei den Zulieferern ist das Spektrum der Unternehmensgröße noch breiter. Viele der Hauptteile, wie z. B. Generator, Umrichter, Rotorblätter, etc., werden von Großunternehmen, wie z. B. Siemens, GE, Alstom, etc. hergestellt. Andere Spezialteile, wie z. B. die Türme, Gondelverkleidungen, Anlagensteuerung, etc., werden meist von mittelständischen Unternehmen produziert. Generell gilt, dass die Nachfrage auch im Zulieferbereich das Angebot übersteigt und es dadurch zu Lieferengpässen vor allem zum Jahresende kommen kann.

Marktanteile in Deutschland: Marktführer unter den Herstellern in Deutschland ist die Firma Enercon (Deutschland) mit einem Marktanteil von 38,4 %. Danach folgen Vestas (Dänemark), REpower Systems (Deutschland), GE Wind (USA), Nordex (Deutschland) und Siemens (Deutschland / Dänemark).

Die auf dem Weltmarkt sehr erfolgreichen Hersteller Gamesa (Spanien) und Suzlon (Indien) sind zwar ebenfalls auf dem deutschen Markt vertreten, spielen hier aber kaum eine Rolle.

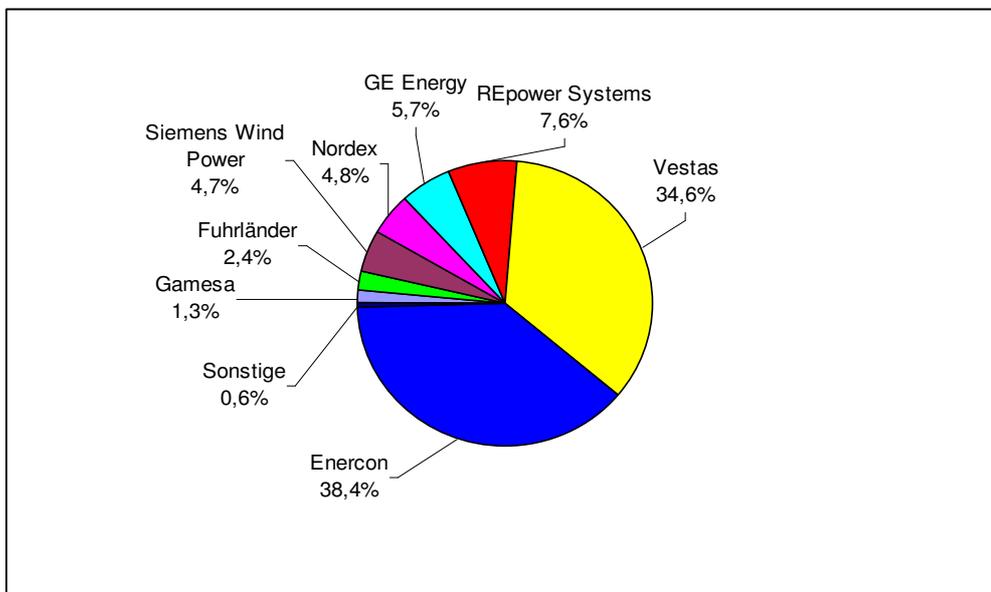


Abbildung 13: Marktanteile der Hersteller in Deutschland 2006 (DEWI, 2007)

Marktzusammenhänge: Die internationalen Märkte für Windenergieanlagen werden zum einen durch eine stark steigende Nachfrage und zum anderen durch ein knapperes Angebot (Konsolidierungen) bestimmt. Als weiterer Faktor kommt hinzu, dass weltweit die Preise für Rohstoffe gestiegen sind (dies gilt z. B. besonders für Kupfer und Stahl, die in großen Mengen in der Windbranche benötigt werden).

Dadurch sind Preissenkungen zunächst nicht so stark zu erwarten wie in anderen Bereichen der Erneuerbaren Energien. Erst wenn das Angebot größer als die Nachfrage ist, ist auch mit Preisnachlässen zu rechnen.

2.2 Die deutsche Industrie im Bereich Windenergie

2.2.1. Eckdaten und Strukturmerkmale

Der Umsatz der gesamten Windenergiebranche in Deutschland betrug 2006 über 6 Mrd. €. Insgesamt waren über 70.000 Menschen in dieser Branche beschäftigt, was ca. 41 % der Beschäftigten in den Erneuerbaren Energien in Deutschland entspricht. Vor zehn Jahren betrug die Zahl der Beschäftigten nicht einmal 10.000. Diese positive Entwicklung der Beschäftigung ist bereits seit langem zu verzeichnen (vgl. Abbildung 14).

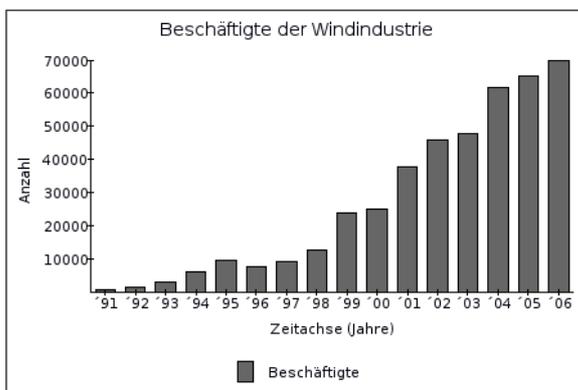


Abbildung 14: Beschäftigte in der Windindustrie (BWE, 2007)

Die Wertschöpfungskette in der deutschen Windbranche reicht von der Entwicklung und Herstellung der einzelnen Komponenten für eine Windkraftanlage über die Planung der Windparkprojekte, deren Aufbau und Netzanschluss bis zum Betrieb der installierten Anlagen. Im Einzelnen werden in der Wertschöpfungskette folgende Stufen abgedeckt:

- Herstellung von Komponenten
- Systementwicklung
- Anlagenproduktion
- Projektentwicklung
- Windpark-Fonds-Manager
- Windparkeigentümer
- Betrieb und Wartung

Die meisten Hersteller konzentrieren sich dabei auf die Systementwicklung, die Anlagenproduktion und Errichtung sowie deren Wartung. Die Herstellung der Systemkomponenten wird von Zulieferern abgedeckt, die Windparkprojektierung wird in der Regel von spezialisierten Projektentwicklern und –planern übernommen. Den Betrieb der Anlagen übernehmen Finanzinvestoren, Stadtwerke oder Energieversorgungsunternehmen (EVUs).

Nachfolgend eine Übersicht der in Deutschland aktiven Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette:

Komponenten	Windenergieanlagen	Projektplaner	Finanzierung	Versicherung
Winergy	Enercon	Terrawatt	Commerzbank	Allianz
Siemens	Vestas	EAB Projektbau	Prokon	Marsh
Alstom	REpower Systems	Prokon	WPD	Kontor Nord
MAN	GE Wind	Seeba	Winkra	VfU
SEG	Nordex	Solvent	Juwi	Enser
Seeba	Siemens	Ostwind	ABO Wind	Contrust
Eickhoff	Fuhrländer	Enertrag	Windwärts	Van Ellen

Tabelle 4: Bedeutende Unternehmen aus der Windenergiebranche auf dem deutschen Markt (BWE, 2007)

Der Erfolg auf dem Heimatmarkt ist für die Hersteller enorm wichtig für einen erfolgreichen Einstieg in die nun stark wachsenden Auslandsmärkte. Die hier gewonnenen Erfahrungen sind eine wichtige Basis für den Ruf und den Bekanntheitsgrad des Herstellers auch im Ausland.

2.2.2 Exportpotenzial und Exportorientierung im Bereich Windenergie

Der Bereich Windenergie ist bereits heute relativ stark exportorientiert. Im Jahr 2006 betrug die Exportquote der deutschen Windbranche lt. DEWI 74%. Mit einer weiteren Steigerung in den kommenden Jahren auf voraussichtlich ca. 80 – 85 % wird gerechnet (An anderer Stelle wird die gegenwärtige Exportquote etwas niedriger mit 55-60% beziffert). In jedem Fall ist die Exportquote seit 2004 deutlich gestiegen - hier werden Quoten von 32 % bzw. lt. DEWI von 59 % genannt (BMU, 2006; UBA, BMU, 2007; ZSW et. Al., 2007; Informationskampagne für Erneuerbare Energie). Die wichtigsten Zielländer des deutschen Exports liegen zurzeit noch innerhalb der EU. In den kommenden Jahren werden jedoch Märkte in Nordamerika, Asien und Afrika zunehmende Bedeutung erlangen.

Das Exportpotenzial weltweit wächst in den kommenden Jahren gewaltig. Schätzungsweise wird das Investitionsvolumen in Erneuerbare Energien weltweit von heute 60 auf über 400 Mrd. € im Jahre 2020 ansteigen. Die Windenergie wird insbesondere davon profitieren. Es ist davon auszugehen, dass die deutsche Industrie aufgrund ihrer Erfahrung und ihres guten Rufes bezüglich der Qualität und Zuverlässigkeit ihrer Produkte einen großen Teil dieser Investitionen realisieren wird. Dies gilt für die deutschen Hersteller, gerade auch für die Komponentenhersteller, sowie für Dienstleister, wie z. B. Gutachter, Planer, Finanzierer, etc.. Mittel- bis langfristig wird die Bedeutung des Exports von Altanlagen aufgrund des Repowerings in Deutschland zunehmen.

2.2.3 Internationale Wettbewerbsposition der deutschen Industrie

Die Stärken der deutschen Windenergiehersteller und deren Zulieferer liegen im internationalen Vergleich vor allem in den Bereichen Technologie, Innovationskraft, Know-how sowie in der Produktqualität. Deutsche Hersteller von Windenergieanlagen genießen weltweit einen guten Ruf aufgrund der langjährigen Erfahrung und der damit verbundenen Qualität der Anlagen.

Dies führt demnach auch auf den internationalen Märkten zu einer hohen Marktreputation und zu einem hohen Bekanntheitsgrad. Mittlerweile sind deutsche Hersteller von Windenergieanlagen in vielen internationalen Märkten Marktführer, was den Eintritt in neue Märkte erleichtert.

Diese hohe Exportquote deutscher Unternehmen im Bereich der Windenergie resultiert nicht nur aus dem Auslandsgeschäft großer Anlagenhersteller. Deutsche Komponentenhersteller liefern bereits heute einen großen Teil ihrer Produkte ins Ausland, da auch ausländische Hersteller von Windenergieanlagen, z. B. in Dänemark oder in Spanien, in ihre Anlagen Komponenten von deutschen Herstellern einbauen. Komponentenhersteller und Dienstleister im Bereich Windenergie haben sich zum Teil so stark spezialisiert, dass ihr Angebot weltweit einmalig ist und daher auch trotz eines höheren Preises durchaus nachgefragt wird. Hier gilt es, diesen Wissensvorsprung zu halten oder gar auszubauen.

Die Schwächen der deutschen Hersteller liegen eher in den höheren Herstellungskosten, die zu geringen Margen im Ausland oder zu hohen Preisen führen. Die höhere Technologie und Qualität kann diese Schwäche nicht immer ausgleichen.

Die Wettbewerbsposition der deutschen Hersteller auf dem Weltmarkt hat sich in den vergangenen Jahren kontinuierlich verbessert. Noch wird etwa die Hälfte des Weltmarktes von den beiden Herstellern Vestas (Dänemark) und GE (USA) abgedeckt. Erfolgreichster deutscher Hersteller von Windenergieanlagen ist danach die Firma Enercon. In den weltweiten „Top Ten“ der Windbranche sind immerhin vier deutsche Unternehmen vertreten – mit steigendem Anteil.

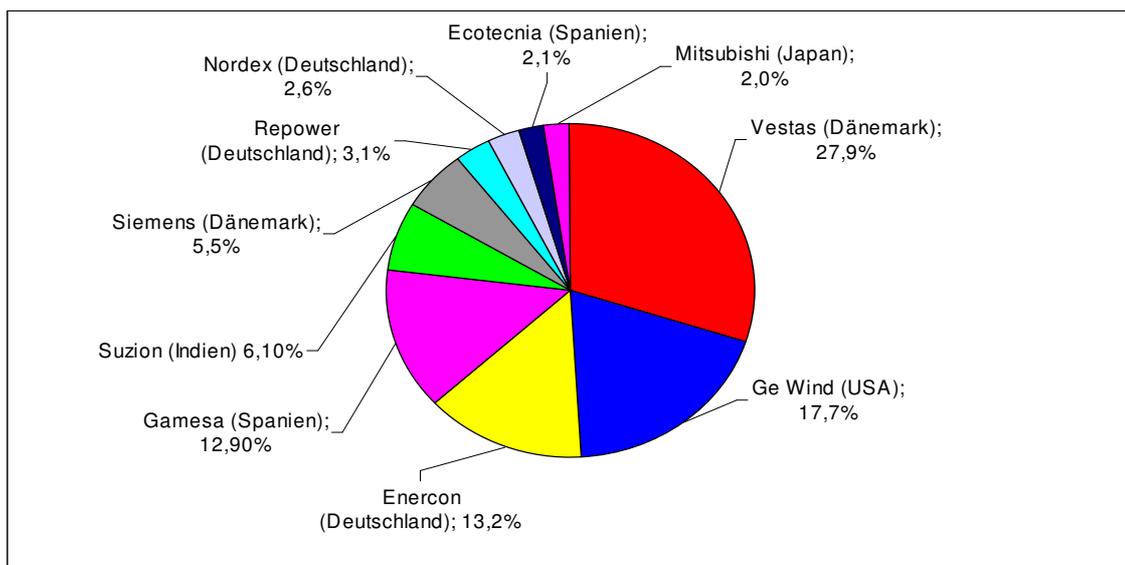


Abbildung 15: Weltmarktanteile der Windenergieanlagenhersteller 2005 (BTM Consult, 2006)

Einer der Vorteile der deutschen Hersteller - gerade im Hinblick auf die zukünftige Marktentwicklung - ist zurzeit der technologische Vorsprung gegenüber den Wettbewerbern im Bereich der Multimegawattanlagen für die Offshore-Windenergie. Für diesen Zukunftsmarkt haben die deutschen Hersteller bereits erfolgreich Windenergieanlagen entwickelt und installiert, die nun als Prototypen getestet und verbessert werden.

Förderlich für den Erfolg im Ausland sind für die deutschen Hersteller die über viele Jahre gewachsene Erfahrung und die gute Ausgangslage auf dem heimischen Markt. Die Anlagen sind technologisch auf dem neuesten Stand und werden ständig weiter verbessert und entwickelt. Deutsche Hersteller verfügen über langjähriges Know-how und über viele Referenzanlagen, die internationalen Kunden vorgestellt werden können. Die Markennamen und die Produkte sind dadurch weltweit bekannt und werden entsprechend nachgefragt.

2.2.4 Exporthindernisse

Exporthindernisse im Inland sind im Wesentlichen Engpässe bedingt durch das starke Marktwachstum der letzten Jahre und der damit verbundenen knappen Ressourcen in den Bereichen Komponenten, Personal und Produktionskapazitäten. Diese Einschränkungen dürften allerdings in Zukunft an Bedeutung verlieren. Exporthindernisse im Ausland sind vorwiegend Informationsdefizite, unklare rechtliche und administrative Rahmenbedingungen sowie mangelnde Unterstützung durch die Politik und die Verwaltungen in den jeweiligen Ländern. Unklare Regelungen und die damit verbundene Planungsunsicherheit ist das stärkste Hindernis für die erfolgreiche Realisierung der Windparks im Ausland, da ohne Planungssicherheit die Finanzierung des Projektes sehr schwierig oder gar unmöglich wird. Ein weiteres Hindernis sind die unzureichenden Infrastrukturen (schlechte Straßen, Stromnetze etc.), die die Realisierung großer Windparks sehr erschweren können. Der oftmals in Relation zum lokalen Wettbewerber höhere Preis für die deutschen Windenergieanlagen wird in der Regel durch Vorteile der Technologie (wie zum Beispiel höherer Ertrag, höhere Verfügbarkeit, etc.) wieder ausgeglichen, kann sich aber in preissensiblen Märkten (z. B. in Schwellenländern) durchaus nachteilig auswirken.

Zusammenfassung Windenergie
<p>Internationale Märkte und deutsche Industrie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Unternehmen sind technologisch und bezüglich der Fertigungskapazitäten international unter den führenden Unternehmen zu finden. • Die Exportquote der deutschen Windenergie-Branche konnte von rd. 59 % im Jahr 2004 auf 74 % im Jahr 2006 gesteigert werden. • Der gewachsene und gewichtige Heimatmarkt ist von hoher Bedeutung für die Branche. • Innovationen, hohe Produktqualität und System-Know-how werden zukünftig wichtige Erfolgsfaktoren für die deutsche Wind-Branche darstellen. • Deutsche Hersteller bereiten sich auf den neuen Zukunftsmarkt vor: Offshore-Windenergie.
<p>Ausblick</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der deutsche Anteil am Weltmarkt ist stark zurückgegangen: von fast 60 % in 2003 auf ca. 36 % in Jahr 2006. Dennoch ist das Exportpotenzial erheblich und hat von 2 Mrd. € in 2003 auf über 4 Mrd. € in 2006 zugenommen. • Exportaktivitäten als Erfolgsfaktor: Die Kapazitätswachse der deutschen Wind-Industrie sind deutlich höher als das Wachstum des Binnenmarktes. • Die Exportinitiative ist im Windbereich in der gegenwärtigen Form für Komponenten- und Anlagenhersteller nicht mehr notwendig. • Größtes Exporthindernis: unklare Regelungen, entsprechende Planungsunsicherheit auf Zielmärkten. • Gewünscht wird eine stärkere Unterstützung beim Aufbau förderlicher Rahmenbedingungen in den Zielmärkten. • Zunehmende Reife und Internationalisierung der Branche erfordert ferner einen individuelleren Zuschnitt der Maßnahmen.

3. Photovoltaik

3.1 Internationale Märkte

3.1.1 Basisinformationen und Eckdaten

Der PV-Anteil an der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien liegt heute bei unter 3 % und ist damit verglichen mit der Windenergie oder der Wasserkraft gering. Die Bedeutung wird jedoch wachsen. Verschiedene Entwicklungsszenarien prognostizieren der Photovoltaik hohe Zuwachsraten und einen Anteil an der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien von über 30 % im Jahr 2040 (European Renewable Energy Council, 2004).

Deutschland und Japan sind derzeit noch die Vorreiter der Photovoltaik. Dies kommt u. a. darin zum Ausdruck, dass 2005 etwa zwei Drittel der weltweit installierten netzgekoppelten PV-Leistung (1.100 MWp photovoltaische Spitzenleistung) auf diese beiden Länder entfielen (BMU, 2006b). Die Einführung von Stromeinspeisegesetzen oder anderen Fördermechanismen in einer Reihe von Ländern und die damit gesetzten Förderimpulse führen jedoch zu einer steigenden Nachfrage nach PV-Anlagen. Beispielhaft sind hier Spanien, Italien, Frankreich oder auch Kalifornien zu nennen. Aber auch asiatische Länder wie Indien, Südkorea und insbesondere China sind relativ neue Marktteilnehmer, die zukünftig das Potenzial haben, den Weltmarkt grundlegend zu verändern. So wird in der EuPD Research Studie (Forst et al., 2006) für China für 2010 eine installierte Leistung von 500 MWp prognostiziert. Da die chinesischen Hersteller aber auf den Export ausgerichtet sind, sind hier noch ambitioniertere Ziele beim Ausbau der Produktionskapazitäten anzunehmen. Deutlich wird dies in dem für 2007 geplanten Wachstum von 53 % in der Zellfertigung und 62 % in der Modulfertigung der chinesischen Unternehmen (vgl. Tabelle 6). Eine Realisierung der chinesischen Planungen kann in Anbetracht der niedrigen Arbeits- und Standortkosten zu erheblichen Marktverschiebungen und Auswirkungen auf die Preisbildung führen.

Die internationale Marktentwicklung ist von starker Expansion geprägt. Das durchschnittliche jährliche Wachstum betrug seit 1996 rund 30 % (vgl. Abbildung 16). Das weltweite Produktionsvolumen wurde von 750 MWp im Jahr 2003 auf über 1.800 MWp in 2005 gesteigert. Unter Annahme der in Forst et al. (2006) ermittelten Systempreisentwicklung ergibt sich daraus für 2005 ein Gesamtumsatz von 11,7 Mrd. US\$ für die PV-Branche. Der Anteil deutscher Unternehmen entspricht 2005 ca. 20 % (Prognos et al., 2007). Diese Zahlen zeigen, dass die Photovoltaik bei weitem kein Nischenmarkt mehr ist. Die weltweite installierte PV-Leistung betrug 2003 ca. 3 GWp und 2005 ca. 5,4 GWp. Der Anteil netzgekoppelter Anlagen stieg dabei stärker als off-grid-Applikationen, er betrug 2005 ca. 3,1 GWp (REN21, 2006).

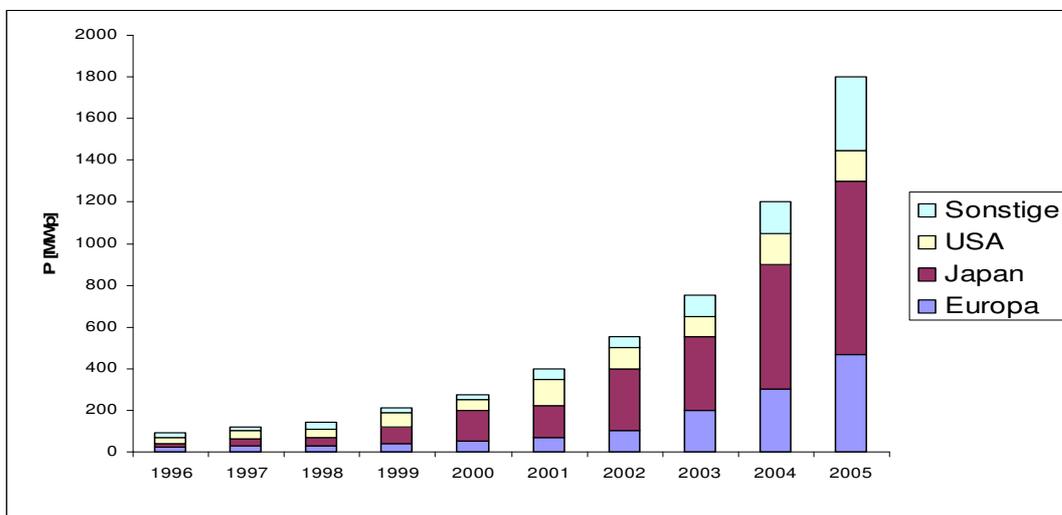


Abbildung 16: Entwicklung der PV-Produktion weltweit seit 1996 (Prognos et al., 2007)

3.1.2 Marktstrukturen und -zusammenhänge

Nachfrage: Bis zur Wettbewerbsfähigkeit mit konventionell erzeugtem Spitzenlaststrom werden noch etliche Jahre vergehen. Bis dahin ist die Entwicklung stark an staatliche Unterstützungsmaßnahmen gekoppelt. Die derzeitigen politischen Rahmenbedingungen in einer ganzen Reihe von Industrie- und Schwellenländern führen aber zur langfristigen Planungssicherheit und damit zu hohen Wachstumsraten. Die staatlichen Anreize umfassen sowohl allgemeine Förderprogramme für Erneuerbare Energien und Einspeisegesetze als auch spezifische Maßnahmen für PV, von denen hier beispielhaft einige genannt werden sollen:

- Kalifornien hat für 3,2 Mrd. US\$ ein Programm für eine Million Solardächer aufgelegt (California Solar Initiative), mit dem bis 2.017 3 GWp PV-Leistung installiert werden sollen (REN21, 2006)
- China plant die Elektrifizierung von bis zu 10.000 Dörfern und 3,5 Mio. ländlichen Haushalten bis 2010 mit einem PV-Anteil von bis zu 270 MW (Ebd.)
- Südkorea will bis 2012 1,3 GWp PV-Leistung installieren. Dazu existiert ein Renewable-Portfolio-Standard-Programm (Landesbank Baden-Württemberg, 2005)
- Schweden hat ein 3-Jahres-Programm zur Installation von PV an öffentlichen Gebäuden aufgelegt (REN21, 2006)

Durch die momentane Siliziumknappheit, die durch den Kapazitätsausbau frühestens 2008 überwunden wird, ist derzeit die Nachfrage größer als das Angebot.

Qualität des Heimatmarktes als „lead market“: Ein stabiler Heimatmarkt trägt generell zur Investitionssicherheit bei und schafft damit Voraussetzungen für Investitionen in Forschung und Entwicklung sowie Fertigungskapazitäten. Trotz steigender Exportquoten hat damit der Heimatmarkt eine wichtige Bedeutung für die deutsche PV-Industrie.

Die international führende Position der deutschen PV-Branche ist deshalb u. a. auch darauf zurückzuführen, dass insbesondere durch das EEG auf dem Heimatmarkt exzellente Rahmenbedingungen für die Vermarktung herrschen. Dies spiegelt sich auch im starken Wachstum der installierten PV-Leistung wider: Waren Ende 2003 in Deutschland ca. 400 MWp in Betrieb, so konnte die kumulierte Leistung bis Ende 2005 auf ca. 1.500 MWp gesteigert werden. Allein in 2005 wurden in Deutschland netzgekoppelte Anlagen im Umfang von 620 MWp neu installiert⁷ (Forst et al., 2006). Im Vergleich zu etwa 300 MWp in Japan und 100 MWp in den USA zeigt allein dies die Bedeutung des deutschen Marktes. Auch 2006 ist noch einmal von einer Steigerung auf etwa 750 MWp auszugehen (BSW, 2007). Die Entwicklung ab 2005 (einschließlich der Prognosen für 2007) weist jedoch darauf hin, dass sich das Wachstum abflachen wird. Verantwortlich dafür ist u. a. die EEG-Degression. Abbildung 17 zeigt hierzu die Prognosen aus verschiedenen Studien. Entscheidend für die Entwicklung des deutschen Marktes werden das Potenzial zur Preissenkung durch die Systemanbieter und die zukünftige Ausgestaltung des EEG sein.

⁷ Die Angaben zur installierten Leistung variieren in verschiedenen Quellen. Die Angaben des BSW sind etwas höher.

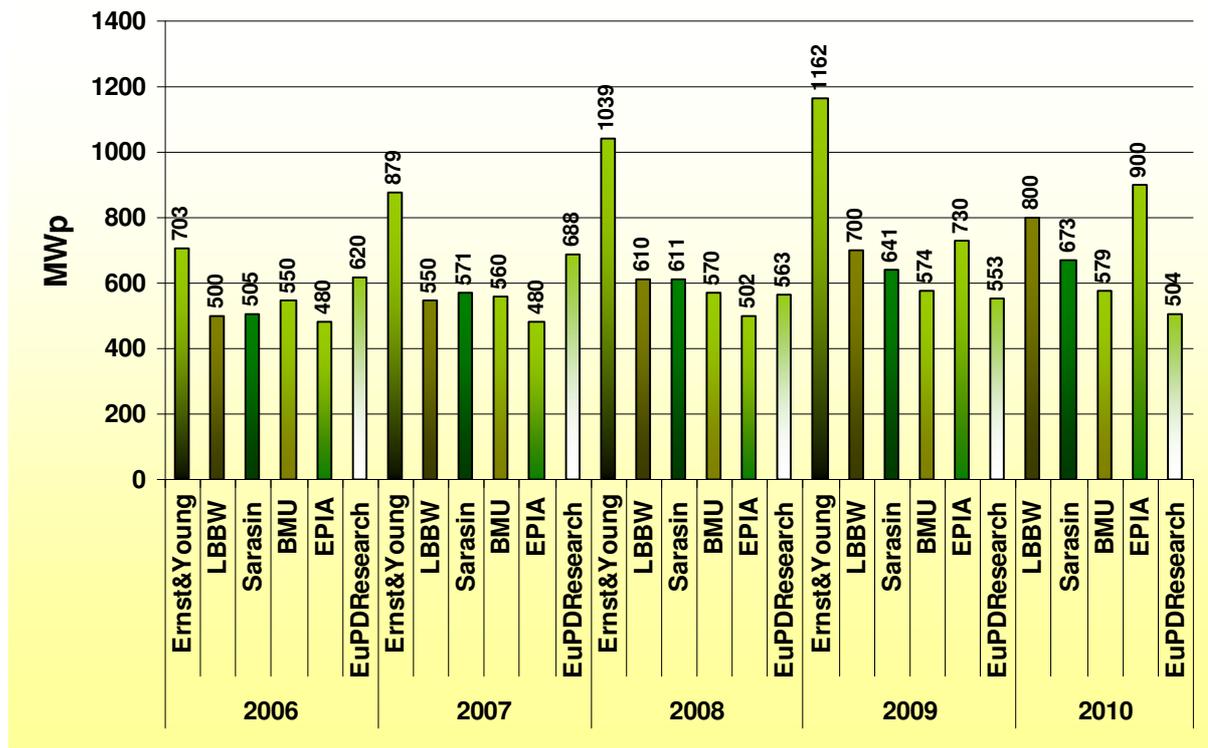


Abbildung 17: Prognose der Entwicklung des deutschen PV-Marktes nach verschiedenen Studien (vgl. Forst et al., 2006)

Angebot: Entlang der Wertschöpfungskette sind der PV-Branche die Segmente Siliziumhersteller, Wafer/Ingots, Solarzellen, Module, Komponenten (z. B. Wechselrichter oder Nachführsysteme), PV-Systeme und Installationsbetriebe zuzuordnen (vgl. Tabelle 5). Während bei Silizium und Wafern oligopolistische Strukturen vorliegen (die Top-Ten-Waferhersteller beherrschen rund 84 % des Weltmarktes), sind ansonsten polypolistische Strukturen vorhanden (Landesbank Baden-Württemberg, 2005).

	Silizium	Wafer/Ingots	Zellen	Module	Systeme	Installation	Services
Unternehmen national	Wacker ErSol SolarWorld (Töchter)	ErSol Schott Solar Deutsche Solar Crystalox	Q-Cells Schott Solar Deutsche Cell ErSol Sunways	Aleo solar Schott solar Solar Fabrik Solon Solarwatt	Conergy IBC Phönix S.A.G. Sunset	SunTechnics Energossa Ilotec	Mennheimer Gerling S.A.G. SunTechnics
Unternehmen international	Hemlock Tokuyama REC Mitsubishi Sumitoto	M.Setek REC Kyocera BP Solar	Sharp Kyocera Sanyo Mitsubishi REC	Sharp Kyocera Mitsubishi Evergreen MSK	AEE Solar Solartron Carmanah	Sekisui Chem	Basler Securitas
Investitionskosten Mio. €/MWp	0,8-1,3	0,5-0,7	0,3-0,5	0,15-0,25	0,01-0,04		

Tabelle 5: Wertschöpfungskette Photovoltaik mit ausgewählten Marktteilnehmern (Forst et al., 2006)

Bei den Fertigungskapazitäten der wichtigen Teilsegmente für Zellen und Module sind Japan, Deutschland und China die Schlüsselländer. Deutschland holt dabei gegenüber Japan auf: Während 2005 die Produktionskapazität für Zellen nur halb so hoch wie in Japan war, standen Ende 2006 japanischen Kapazitäten von 1.140 MWp deutsche Zellfabriken mit 835 MWp gegenüber. Beide Länder können jedoch das Ausbautempo in China (vgl. Tabelle 6) nicht mithalten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sowohl Zellen- als auch Modulhersteller aufgrund der Siliziumknappheit ihre Fertigungskapazitäten 2006 nicht auslasten konnten.

Zellenfertigungskapazität					Modulfertigungskapazität			
	2006	2007	Steigerung	Anzahl Standorte	2006	2007	Steigerung	Anzahl Standorte
Japan	1.140	1.235	8 %	5	953	1.078	13 %	14
Deutschland	835	1.146	37 %	10	641	879	37 %	19
China	1.005	1.542	53 %	14	1.005	1.627	62 %	22

Tabelle 6: Zell- und Modulfertigungskapazitäten in Japan, Deutschland und China in den Jahren 2006 und 2007 (geplant) (Epp, 2007)

Marktzusammenhänge: In der Entwicklung der Wettbewerbsstrukturen ist sowohl der Ausbau von „Spezialisten“ zu beobachten, als auch Bestrebungen zur Erweiterung der Wertschöpfungskette. Welcher Trend zukünftig überwiegen wird, ist derzeit nicht vorhersehbar. Aufgrund der momentanen Siliziumknappheit versuchen einige Unternehmen, die Siliziumversorgung in den Konzern zu integrieren. Beispiele hierfür sind die Joint Solar Silicon GmbH als Joint Venture von SolarWorld und Degussa oder die REC Silicon als Teil des norwegischen Konzerns Renewable Energy Corp.

Obwohl derzeit viele Zell- und Modulhersteller ihre Fertigungskapazitäten nicht auslasten können, werden bis Ende 2007 nach Erhebungen von Epp (2007) über 40 neue Fabriken mit einer Kapazität größer 10 MWp entstehen. Darunter sind sowohl Neugründungen als auch der Aufbau neuer Fabriken durch bereits etablierte Hersteller subsumiert.

Prognosen: Der internationale PV-Markt ist von hoher Dynamik gekennzeichnet. Staatliche Anreize, das verstärkte Bestreben, auch ländliche Gebiete in Entwicklungsländern mit Strom zu versorgen, sowie die insgesamt gewachsene Akzeptanz für den Energieeinsatz aus erneuerbaren Quellen tragen zum zukünftigen Wachstum bei. Während der Markt heute aufgrund der Siliziumknappheit ein Nachfragermarkt ist, ist durch anstehende Kapazitätserweiterungen (werden nicht vor 2008 wirksam) und durch den Markteintritt neuer Produzenten (insbesondere in China) zukünftig ein stärkerer Wettbewerb mit entsprechendem Preisverfall zu erwarten, der auch zu weiteren Konzentrationsprozessen führen wird. In Forst et al. (2006) wurde nach einem Lernkurvenmodell die Preisentwicklung für netzgekoppelte PV-Anlagen bis 10 kWp prognostiziert. Danach wird der Systempreis pro Watt von durchschnittlich 7 US\$ im Jahr 2004 bis auf etwa 1-2 US\$ im Jahr 2030 sinken. Deutsche Unternehmen können über die mit dem Lernkurvenmodell verbundenen Kostensenkungen hinausgehende Kostensenkungspotenziale nur durch weitere F&E-Anstrengungen erschließen. Kurzfristig stehen die Verbesserung des Wirkungsgrades, Materialeinsparungen (z. B. dünnere Wafer) und die Entwicklung produktiverer Fertigungsverfahren im Fokus. Mittel- und langfristig werden neue Materialien (z. B. organische Solarzellen) und innovative Zellkonzepte zur Kostenreduzierung beitragen.

In diesem Zusammenhang muss auch das Verhältnis von Silizium- und Dünnschichttechnologie betrachtet werden. Im Vergleich zu Si-basierten Zellen hat die Dünnschichttechnologie heute einen geringeren Wirkungsgrad, ist aber auch günstiger in der Produktion. Derzeit ist von einem Marktanteil von 90 % für mono- und polykristalline Module auszugehen. Zukünftig ist mit einem steigenden Anteil von Dünnschichtmodulen zu rechnen (in Japan entstehen derzeit ausschließlich Dünnschicht-

Modulhersteller; Honda, Showa Shell). Die zukünftige Entwicklung wird stark davon abhängen, inwieweit es gelingt, den Wirkungsgrad und die Zuverlässigkeit der Dünnschichttechnologie zu verbessern und die Fertigungskosten weiter zu verringern.

3.2 Die deutsche Industrie im Bereich Photovoltaik

3.2.1 Eckdaten und Strukturmerkmale

Der Umsatz der deutschen Photovoltaikbranche stieg von 750 Mio. € im Jahr 2003 auf 3,7 Mrd. € in 2006. Dieser Umsatz wurde mit rund 7.000 Unternehmen erzielt. Von diesen Unternehmen ist der größte Teil dem Handwerk (Installateure) zuzurechnen. In den Segmenten Zellen, Komponenten (z. B. Wechselrichter), Module und Systeme sind über 50 Unternehmen tätig.

Die derzeit ca. 35.000 - 40.000 Arbeitsplätze in der PV-Branche (2003 noch 12.000) verteilen sich zu 60 % auf das Handwerk, zu 10 % auf den Handel und zu 30 % auf die produzierenden Industrieunternehmen (BSW, 2007).

Tabelle 7 verdeutlicht das starke Wachstum wichtiger Segmente der deutschen PV-Branche, allein die Produktionsleistung von Zellen hat sich seit 2000 mehr als verzehnfacht.

Jahr	Produktion Wechselrichter in MW	Produktion Solarzellen in MW
1998		2
2000		16
2002	92	54
2004	458	187
2006	570	500

Tabelle 7: Produktionsvolumen deutscher Unternehmen für Solarzellen und Wechselrichter (Bundesverband Solarwirtschaft – Internetseite, 2007)

Dabei ist noch zu berücksichtigen, dass aufgrund der Siliziumknappheit die 2006 vorhandene Kapazität von 850 MW_p nicht ausgenutzt werden konnte. Insgesamt konnten die Hersteller – in MW_p betrachtet – gegenüber 2005 einen Produktionszuwachs um 36 % verzeichnen (Wafer 31 %, Zellen 49 %, Module 28 %).

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass sich eine Reihe von Unternehmen aus dem Maschinenbau und der Automatisierungstechnik in unterschiedlichem Maße auf Anlagen zur Herstellung von PV-Produkten spezialisiert haben, so dass durch die PV-Industrie hier zusätzliche Umsätze generiert werden.

Deutsche Unternehmen sind auf allen Stufen der Wertschöpfungskette vertreten (vgl. Tabelle 5). Die Branchenstruktur ist dabei heterogen. Während bei den Installateuren Kleinunternehmen vorherrschen, haben bei Zellen- und Modulfertigern einzelne Unternehmen Ausbauziele mit Umsätzen im Milliardenbereich. Dabei ist ein Trend zur Integration von Wafer-, Zell- und Modulfertigung unter einem Dach zu verzeichnen. Ein integriertes Modell, wie es die Solar World AG umgesetzt hat, wird auch von Conergy und anderen PV-Herstellern verfolgt. Die Vorteile, die sich die Unternehmen davon versprechen, liegen vorrangig bei der Kompatibilität von Komponenten und Systemkonzepten und einem verbesserten Qualitätsmanagement. Abbildung 18 sind wichtige deutsche Hersteller mit ihren Fertigungskapazitäten und der Beschäftigtenzahl zu entnehmen. Die PV-Landschaft ändert sich jedoch ständig, allein 2007/2008 ist die Errichtung von 15 neuen Solarfabriken vorgesehen und eine Reihe weiterer Anbieter plant Kapazitätserweiterungen.

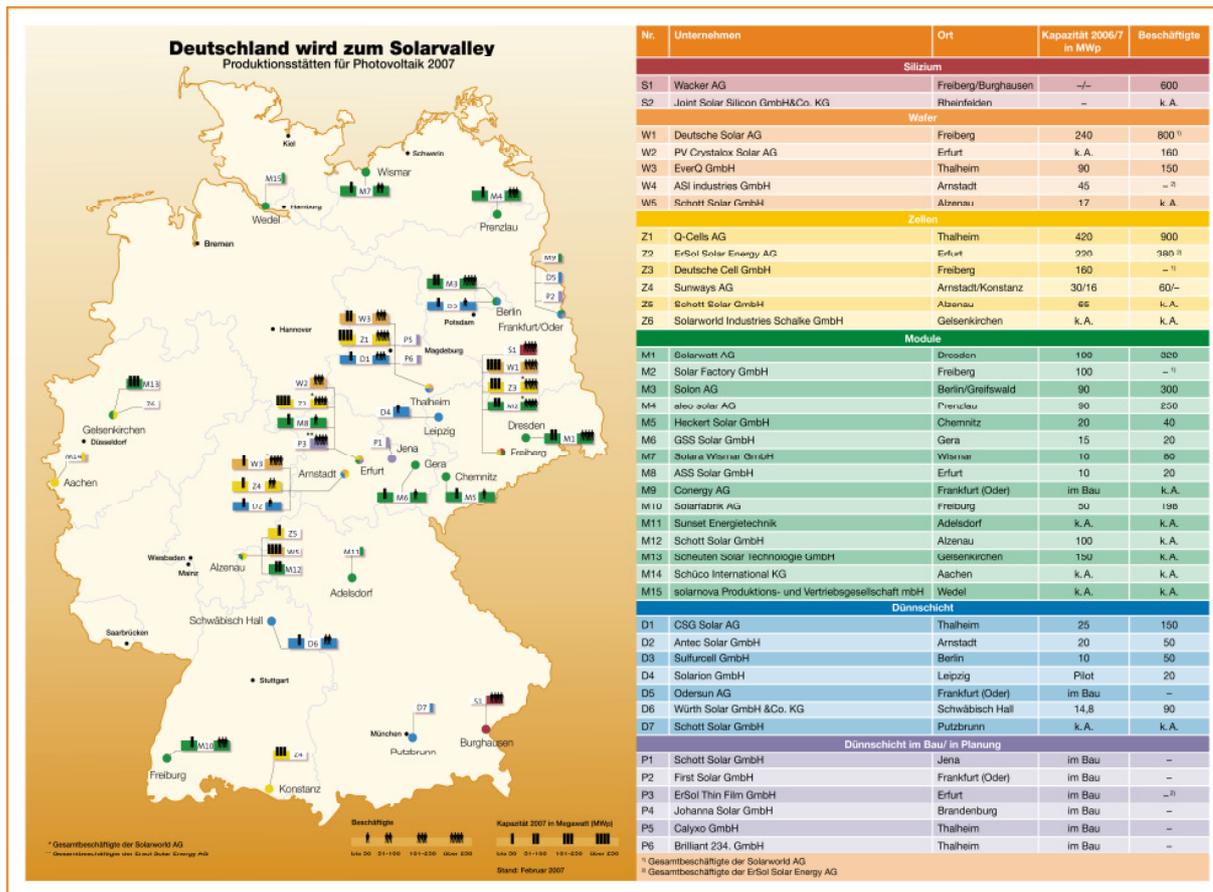


Abbildung 18: Überblick über wesentliche deutsche PV-Hersteller (BSW, 2007)

3.2.2 Exportpotenzial und Exportorientierung

Verschiedene Entwicklungsszenarien, wie z. B. in European Renewable Energy Council (2004), gehen von einem stark steigenden PV-Anteil an den erneuerbaren Energien aus. Gestützt werden diese Szenarien durch die Schaffung von am deutschen EEG angelegten Förderbedingungen in anderen Ländern sowie die ehrgeizigen Ausbauziele in zahlreichen Industrie- und Schwellenländern.

Wichtige Zukunftsmärkte sind sowohl europäische Industrienationen (z. B. Spanien, Italien, Portugal, Griechenland, Frankreich) als auch die USA, China, Korea oder Indien. Schätzungen gehen in den nächsten 10 Jahren von einem jährlichen Wachstum des Weltmarktes von 20 % aus.

Noch hat Deutschland eine führende Position auf dem Weltmarkt (ca. 20 % Marktanteil 2005). Verschiedene Studien gehen jedoch davon aus, dass aufgrund der verbesserten Förderbedingungen und der Ausbauziele anderer Länder (insbesondere von China und den USA) sowie der damit einhergehenden Produktion in den Standortländern der deutsche Anteil am Weltmarkt zurückgehen wird. Entscheidender sind jedoch die Absolutwerte. Im BMU (2006) wird geschätzt, dass sich die Investitionen in Strom erzeugende Anlagen von deutschen Herstellern von 6 Mrd. € in 2004 auf über 20 Mrd. € in 2020 entwickeln können. Trotz wachsender Konkurrenz ist somit davon auszugehen, dass das Exportpotenzial deutscher PV-Unternehmen auch zukünftig erheblich ist, wenn es gelingt, die Wettbewerbsfähigkeit durch ständige Innovationen zu erhalten.

Rund 90 % der deutschen Hersteller, Zulieferer und Händler sind heute im Export tätig. Die Exportquote der deutschen PV-Branche konnte von 11 % im Jahr 2004 auf 26,6 % im Jahr 2006 deutlich gesteigert werden. Dies bedeutet in 2006 einen Umsatz von über einer Mrd. € und damit absolut eine Verfünffachung innerhalb von drei Jahren (Information durch BSW, 2007).

Berücksichtigt man nur die produzierenden Unternehmen, dann lag die Exportquote 2004 noch bei ca. 14 %, 2006 bereits bei 34 % (Information durch BSW, 2007; BSW 2007). An anderer Stelle wird diese Quote etwas höher mit 20 % in 2004 und 40 % in 2006 beziffert (BMU, 2006; UBA, BMU, 2007).

Die unterschiedlichen Exportquoten in ausgewählten Segmenten der Branche sind Tabelle 8 zu entnehmen (Information durch BSW, 2007).

Jahr	Zellhersteller	Modulhersteller	Systemintegratoren
2004	16,7 %	8,8 %	
2005	16,7 %	10,9 %	7,1 %
2006	36,6 %	22,3 %	10,9 %
Tendenz 2007			

Tabelle 8: Exportentwicklung von Segmenten der Wertschöpfungskette der deutschen PV-Branche

An anderer Stelle werden für die Segmente folgende Zahlen genannt: Solarmodule: 11 % (in 2004 und 2006); Solarzellen: 30 % (2004), 34 % (2006) (ZSW et al., 2007).

Hauptexportregion ist Europa mit 60,9 %, danach folgen Asien mit ca. 21,1 % und die USA mit 13 % (BSW, 2007). In Europa ist Spanien das wichtigste Exportland. Verschiedene Prognosen (vgl. BMU, 2006; BSW, 2007) gehen davon aus, dass der Exportanteil 2007 auf 40 % steigt und bis 2020 mit 70 % Werte ähnlich dem deutschen Maschinenbaus erreichen kann.

Nicht nur die Exportquoten innerhalb der Branche sind unterschiedlich, auch die Exportorientierung einzelner Unternehmen differiert stark. Ein Überblick über die Entwicklung der Exportquoten einzelner Unternehmen von 2002 bis 2005 ist Köpke (2005) zu entnehmen. Eine Analyse von EUPD Research ergab, dass keine Zusammenhänge von Unternehmens- und Organisationsmerkmalen zur Exportquote herzustellen sind. Demzufolge müssen Managemententscheidungen in Zusammenhang mit der strategischen Ausrichtung des Unternehmens eine wesentliche Rolle spielen.

Da die Kapazitätswachse der deutschen PV-Industrie mittelfristig deutlich höher als das Wachstum des Binnenmarktes sein werden, wird der Ausbau der Exportaktivitäten immer mehr zu einem Erfolgsfaktor. Unternehmen, die sich frühzeitig auf Auslandsmärkte orientiert haben, werden im internationalen Wettbewerb bessere Chancen besitzen.

3.2.3 Internationale Wettbewerbsposition der deutschen Industrie

Insbesondere in den wichtigen Segmenten Zell- und Modulherstellung sind deutsche Unternehmen neben japanischen Unternehmen derzeit Technologieführer. Als Beispiel zeigt ein Blick auf die Kapazität führender Zellhersteller, dass die deutschen Unternehmen Q-Cells (Exportanteil 48 % in 2006), Solarworld, Schott Solar und Ersol in der Spitzengruppe zu finden sind. Durch die von Q-Cells angekündigte Kapazitätserweiterung auf 540 MWp in 2007 kann das Unternehmen weiter zum Marktführer Sharp aufschließen.

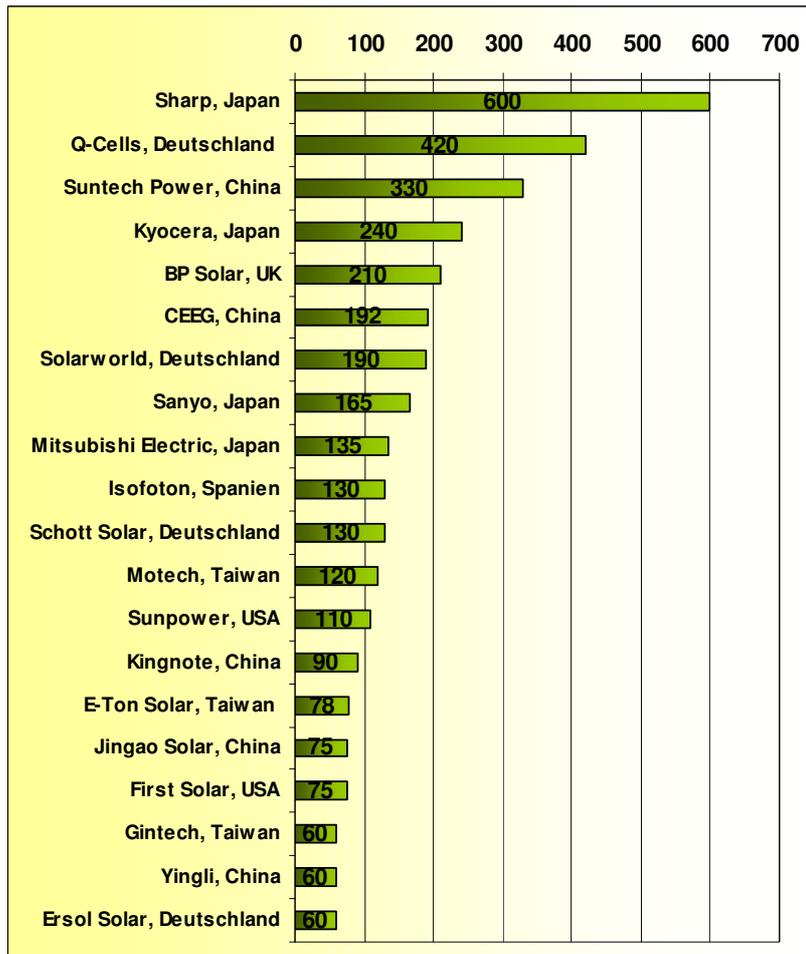


Abbildung 19: Weltweit führende Zellhersteller mit ihrer Produktionskapazität in MWp im Jahr 2006 (Epp, 2007)

Nach Meinung internationaler Experten haben die exzellente Forschungsinfrastruktur sowie die effektive Verknüpfung von Forschungseinrichtungen und Industrie wesentlich zum Markterfolg deutscher Unternehmen beigetragen (Prognos et al., 2007). Hinzu kommt, dass die deutsche PV-Branche durch die günstigen Rahmenbedingungen im Heimatmarkt und den frühen Markteintritt über umfassende Anwendungserfahrungen und eine hohe Markt Reputation verfügt. Auch die enge Anbindung an führende Equipment-Hersteller kann als Stärke der deutschen PV-Branche angesehen werden.

Da deutsche Unternehmen bei den Herstellungs- und Standortkosten Nachteile haben, ist die Branche auf laufende Innovationen und eine hohe Produktqualität angewiesen. Lebensdauer und Anlagenverfügbarkeit sowie Wirkungsgrad werden zukünftig wesentliche Erfolgsfaktoren für die deutsche PV-Branche darstellen.

Im internationalen Wettbewerb sind deutsche Unternehmen auf allen Stufen der Wertschöpfungskette unter den Marktführern zu finden, sowohl was die Fertigungskapazitäten als auch die Produktperformance betrifft. Dies trifft auch auf die Hersteller von Anlagen und Geräten zur Fertigung von PV-Zellen und -Modulen zu. Insbesondere in den wichtigen Segmenten Zell- und Modulherstellung sind deutsche Unternehmen neben japanischen Unternehmen derzeit Technologieführer. Der Anteil deutscher Unternehmen am Weltmarkt betrug 2005 ca. 20 % (Prognos et al., 2007).

Während der Markt heute aufgrund der Siliziumknappheit ein Nachfragemarkt ist, ist durch anstehende Kapazitätserweiterungen (werden nicht vor 2008 wirksam) und den Markteintritt neuer Produzenten (insbesondere in China) zukünftig ein stärkerer Wettbewerb mit einhergehendem

Preisverfall zu erwarten. Da deutsche Unternehmen bei den Herstellungs- und Standortkosten Nachteile haben, ist die Branche auf laufende Innovationen und eine hohe Produktqualität angewiesen. Lebensdauer und Anlagenverfügbarkeit sowie Wirkungsgrad werden zukünftig wesentliche Erfolgsfaktoren für die deutsche PV-Branche darstellen.

3.2.4 Exporthindernisse

Im Bereich der Photovoltaik ist auch zukünftig mit einer dynamischen Entwicklung der deutschen Branchenstruktur als auch der internationalen Märkte zu rechnen. Das heißt, im Bereich der Hersteller und Zulieferer werden neue Unternehmen in den Wettbewerb eintreten. Dies werden sowohl große Unternehmen als auch Neugründungen und Spin-offs aus Forschungsunternehmen sein. Vorhandene Märkte werden sich weiter entwickeln und neue Märkte werden entstehen. So ist die Photovoltaik für viele Entwicklungsländer zur Elektrifizierung ländlicher Gebiete von Interesse.

Sowohl der Markteintritt neuer Player als auch die Erschließung neuer Märkte ist naturgemäß mit einem erhöhten Bedarf an Informationen zu Marktbedingungen, zu möglichen Partnern und Kunden, zu rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen sowie zu Finanzierungsfragen verbunden. Für die bisherigen Maßnahmen der Exportinitiative, die diese Exporthindernisse adressiert haben, wird auch weiterhin ein Bedarf bestehen. Trotz der nicht unbedeutenden Exportquote der deutschen PV-Branche sehen internationale Experten Risiken darin, dass ein Teil der deutschen Unternehmen durch die günstigen Rahmenbedingungen noch zu stark auf den Binnenmarkt fixiert und damit unzureichend auf die Exportmärkte vorbereitet ist (Prognos et al., 2007).

Ein weiteres Risiko besteht in der Verfügbarkeit von Fachpersonal. Während im Inland eher ein allgemeiner Mangel an Fachkräften zu befürchten ist, fehlen in vielen Schwellen- und Entwicklungsländern entsprechende Ausbildungsmöglichkeiten. Die Schulung von Fachkräften im Rahmen der Errichtung und des Betriebs von Demonstrationsvorhaben (z. B. exemplarisch im Rahmen der Vorhaben des Solardachprogramms) könnte hier Unterstützung leisten.

Ein weiteres Exportrisiko besteht in der zu erwartenden Kostendegression. Gegenüber Wettbewerbern wie China können deutsche Unternehmen ihre Marktposition nur durch den Erhalt der Technologieführerschaft und Qualitätsvorteile erhalten. Hier kann die Exportinitiative wenig eigene Unterstützung leisten. Jedoch können zumindest Hinweise auf die bedrohte Wettbewerbsposition in Richtung Forschungs- und Technologiepolitik gegeben werden.

Zusammenfassung Photovoltaik**Internationale Märkte und deutsche Industrie**

- Die internationale Marktentwicklung ist von starker Expansion geprägt. Das durchschnittliche jährliche Wachstum betrug seit 1996 rund 30 %.
- Deutsche Unternehmen sind technologisch und bzgl. Fertigungskapazitäten unter den führenden Unternehmen zu finden.
- Die Exportquote der produzierenden Unternehmen der PV-Branche konnte von rund 15 – 20 % im Jahr 2004 auf 35 – 40 % in 2006 gesteigert werden.
- Innovationen, hohe Produktqualität und System-Know-how werden zukünftig wichtige Erfolgsfaktoren für die deutsche PV-Branche darstellen.
- Der stabile Heimatmarkt ist von hoher Bedeutung für die Branche: Er führt zu Marktreputation, Anwendungserfahrung, Investitionssicherheit.

Ausblick

- Es wird ein Wechsel vom Nachfrage- zum Anbietermarkt stattfinden.
- Der deutsche Anteil am Weltmarkt wird zurückgehen: Dennoch ist das Exportpotenzial erheblich.
- Exportaktivitäten als Erfolgsfaktor: Die Kapazitätswachse der deutschen PV-Industrie sind mittelfristig deutlich höher als das Wachstum des Binnenmarktes.
- Die Exportinitiative ist weiter notwendig → der Markteintritt neuer Player in Deutschland und die Erschließung neuer Märkte erfordert eine weitere Unterstützung.
- Entwicklung von Branche und Märkten erfordert einen individuelleren, auf die Bedürfnisse angepassten Zuschnitt der Maßnahmen.

4. Niedertemperatur-Solarthermie

4.1 Internationale Märkte

4.1.1 Basisinformationen und Eckdaten

Eine konservative Schätzung der internationalen Energieagentur IEA geht davon aus, dass der weltweite Umsatz im Bereich erneuerbare Energien von aktuell 50 Mrd. € auf über 200 Mrd. € im Jahr 2030 steigen wird. Die EREC, das European Renewable Energy Council, erwartet für das Jahr 2030 einen Gesamtumsatz von über 450 Mrd. €, wovon ca. 50 Mrd. € auf den Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie entfallen. Das entspricht weltweit einer installierten Leistung von ca. 3.000 GWth (European Renewable Energy Council, 2004).

Bei der Niedertemperatur-Solarthermie, im Folgenden der Einfachheit halber nur Solarthermie genannt, handelt es sich um eine weitgehend ausgereifte Technologie, deren Hauptanwendungsgebiete die Warmwasserbereitung, das Beheizen von Gebäuden und Schwimmbädern sowie die Trocknung landwirtschaftlicher Produkte umfasst.

Wie Abbildung 20 zeigt, wuchs die weltweit installierte Kollektorfläche im Zeitraum 2000 bis 2006 stetig. Die jährlichen Wachstumsraten (bezogen auf die neu installierte Kollektorfläche) lagen weltweit in den Jahren 2002 bis 2005 zwischen 9 % und 19 %.

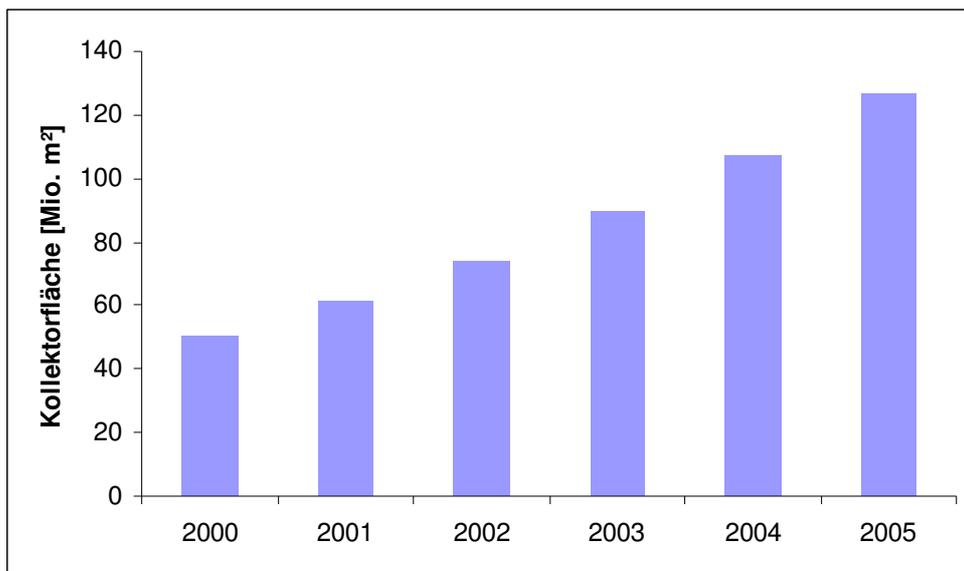


Abbildung 20: Die Entwicklung der weltweit installierten Kollektorfläche im Zeitraum 2000 bis 2006 (Prognos, 2007)

4.1.2 Marktstrukturen und -zusammenhänge

Nachfrage: Der größte Einzelmarkt ist China, auf den 2005 ca. 77 % der weltweit installierten Kollektorfläche entfielen. Weitere große Märkte außerhalb Europas sind Japan, Korea, die Türkei und Israel. In der EU sind aktuell Solarkollektoren mit einer Leistung von etwa 12.000 MWth installiert, allein im Jahr 2005 wurden EU-weit über 1.450 MWth neu installiert. Dies entspricht einem Wachstum von fast 23 % gegenüber 2004.

Innerhalb Europas war Deutschland im Jahr 2006 der Spitzenreiter mit einer kumulierten installierten Leistung von über 6.000 MW thermischer Leistung (MWth), gefolgt von Griechenland (2.270 MWth) und Österreich (1.950 MWth). Einen deutlichen Sprung hat Frankreich gemacht, das mit Neuinstallationen von 147 MWth hinter Deutschland auf den zweiten Platz in Europa vorstieß. Noch ist der deutsche Markt für Solarthermie mit einem Anteil von etwa 50 % der Größte in Europa (vgl. Abbildung 21).

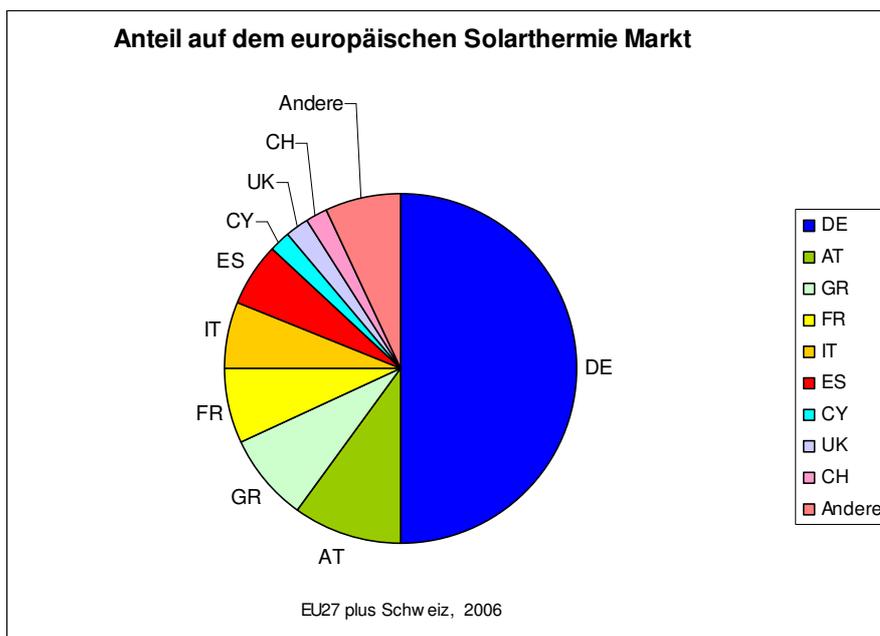


Abbildung 21: Anteil Deutschlands am europäischen Markt für Nieder temperatur-Solarthermie (ESTIF 2007)

Bei der Bewertung des deutschen Marktes ist aber auch zu berücksichtigen, dass inzwischen die Märkte europäischer Nachbarländer rasant wachsen. Länder wie England (+93 %), Frankreich (+81 %), Belgien (+76 %) und Spanien (+64 %) verzeichneten im Jahr 2006 ein höheres Wachstum als Deutschland (+58 %), das bisher an der Spitze lag. Der Vorsprung Deutschlands wird in Zukunft also schrumpfen.

Allein für Kollektoren (ohne Installation) ergibt sich bei einem angenommenen Kollektorpreis von 600 € pro m² in Deutschland ein Marktvolumen von ca. 900 Mio. €. Die gesamte solarthermische Leistung beträgt etwa 6,5 GWth bei ca. 940.000 installierten Solarwärmeeinrichtungen in Deutschland.

Üblicherweise wird in vielen Ländern der Einsatz von Solarthermie durch den Staat gefördert, z. B. durch die Gewährung von Steuervorteilen, Investitionszuschüssen oder zinsgünstigen Krediten.

In einigen Ländern, wie zum Beispiel in Israel und in Spanien, ist es inzwischen gesetzlich vorgeschrieben, beim Neubau von Gebäuden solarthermische Warmwasserbereitung oder Heizung zu integrieren. Dies führt auch ohne Förderung zu einer hohen Nachfrage. Auch das Bundesland Baden-Württemberg hat kürzlich ebenfalls den Einsatz von erneuerbaren Energien beim Neubau von Gebäuden vorgeschrieben.

Die Nachfrage nach Solarthermie steigt weltweit stark an. Zum Teil ist dies, wie das Beispiel China zeigt, sogar völlig ohne Fördermittel und Subventionen möglich. Dort wurden im Jahr 2004 Kollektoren mit einer Leistung von 9.450 MWth neu installiert. Insgesamt verfügt China damit über 43.400 MWth. Dabei handelt es sich überwiegend um teurere aber dafür leistungsfähigere Kollektoren mit Vakuumröhren.

Qualität des Heimatmarktes als „lead market“: Auf das nach wie vor große Volumen des deutschen Marktes wurde bereits hingewiesen. Die Marktentwicklung in Deutschland wird dabei stark durch die Förderprogramme des Bundes und der Länder, insbesondere durch das Marktanreizprogramm, beeinflusst. Anfang 2007 sind die Umsätze der Solarthermie gegenüber dem Vorjahreszeitraum leicht zurückgegangen. Eine Anhebung der Fördersätze des Marktanreizprogramms (MAP) soll diesem Rückgang entgegenwirken. 2006 war die Nachfrage nach Fördermitteln im MAP offensichtlich größer

als das Angebot (in 2006 waren die Mittel schon zu Mitte des Jahres aufgebraucht). Eine Umsetzung des geplanten regenerativen Wärmegesetzes würde den Binnenmarkt weiter anregen.

Die starke Abhängigkeit vom MAP ist auch deutlich aus der Marktentwicklung der vergangenen Jahre zu entnehmen (vgl.

Abbildung 22). Der Einbruch bei der installierten Kollektorfläche im Jahr 2002 ist auf reduzierte Fördersätze sowie einen zeitweiligen Förderstopp im MAP zurückzuführen. Der Marktrückgang gegenüber dem Jahr 2001 betrug beachtliche 40 %. Erst 2005 konnte das bereits 2001 erreichte Niveau wieder erreicht bzw. übertroffen werden.

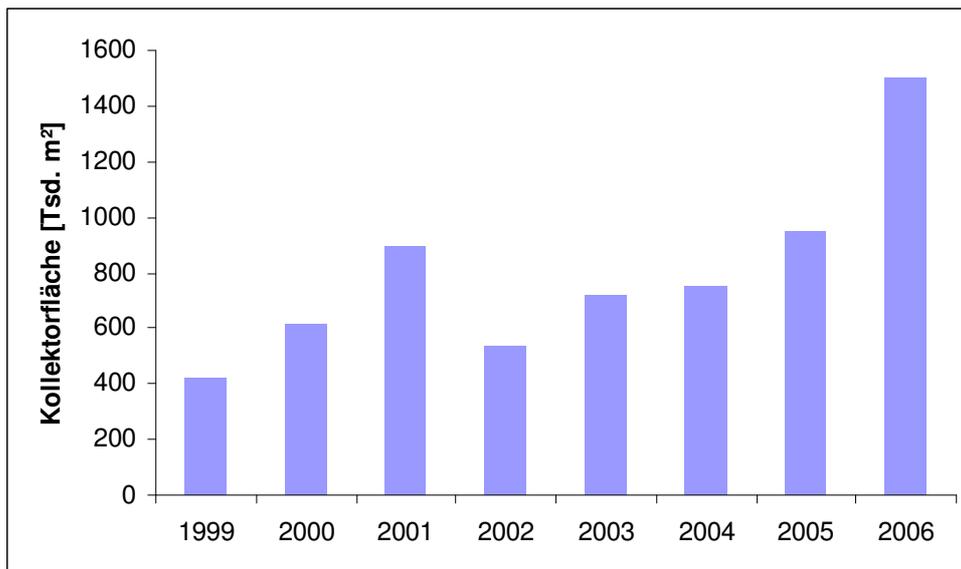


Abbildung 22: Entwicklung der jährlich installierten Kollektorfläche in Deutschland (BSW, 2007)

Unter den zehn größten Lieferanten für den nationalen Flachkollektormarkt befinden sich acht deutsche Unternehmen. Mit einem Marktanteil von über 20 % ist allerdings der als OEM-Produzent auftretende österreichische Hersteller GreenOneTec (GoT) Marktführer.

Der Heimatmarkt stellt für die deutschen Hersteller eine wichtige Basis dar, auch wenn mehr Kollektoren importiert als von deutschen Herstellern geliefert werden. Neben staatlichen Anreizen werden zukünftig auch weiter steigende Energiekosten zu einer anhaltend hohen Nachfrage nach solarthermischen Anlagen führen.

Angebot: Der Solarthermiemarkt in Europa weist eine heterogene Akteursstruktur auf. Als Kollektorhersteller sind die großen Heiztechnikunternehmen (z. B. Viessmann), konzerngebundene Unternehmen und eine Vielzahl kleinerer Hersteller am Markt. Auch bei Komponenten wie z. B. Speichern oder Regelungen handelt es sich um polypolitische Strukturen. So bieten allein ca. 150 Unternehmen Speichertechnik auf dem deutschsprachigen Markt an.

Das Angebot im Bereich der Solarthermie ist sehr groß, da es sich nicht um eine sehr anspruchsvolle Technologie handelt und ein starker Anstieg der Nachfrage relativ rasch zu größeren Produktionskapazitäten der Hersteller und somit zu einem größeren Angebot führt.

Marktzusammenhänge: Die technische Entwicklung wird weltweit im Wesentlichen von Ländern wie Deutschland, Australien und Israel vorangetrieben. Technologisch gibt es drei Arten von Solarkollektoren: verglaste Flachkollektoren, Vakuumröhren und Kunststoffabsorber, die für die Erwärmung von Wasser in Schwimmbädern verwendet werden. Neue Einsatzmöglichkeiten sehen Experten in dem Einsatz der Solarthermie zur Kühlung und Klimatisierung von Gebäuden. Eine

weitere interessante Möglichkeit ist die Kombination von Solarthermie mit der Photovoltaik in sogenannten Hybridkollektoren.

Im Gegensatz zur Photovoltaik oder Geothermie ist die Solarthermie nicht sehr forschungsintensiv. Im Schwerpunkt von Entwicklungsanstrengungen stehen die Verbesserung der Produktqualität, die Erhöhung des Wirkungsgrades und Untersuchungen zu neuen Applikationen. Neuere Anwendungen sind z. B. die solare Kühlung oder die Erzeugung solarer Prozesswärme.

4.2 Die deutsche Industrie im Bereich Niedertemperatur-Solarthermie

4.2.1 Eckdaten und Strukturmerkmale

In Deutschland sind etwa 5.000 Unternehmen in der Niedertemperatursolarbranche tätig, davon sind ca. 100 Produzenten von Solarkollektoren, Speichern und Komponenten. Die meisten Unternehmen sind Handwerksbetriebe, die die Montage der Anlagen übernehmen. Der Umsatz der Branche (inkl. Montage) betrug im Jahr 2006 ca. 1,2 Mrd. €. Das Wachstum im Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie beträgt jährlich über 20 %. Dies hat auch Auswirkungen auf die Entwicklung der Arbeitsplätze.

Die Branche geht davon aus, dass von 2004 bis zum Jahr 2010 etwa 55 % mehr Beschäftigte in der Branche tätig sein werden. Diese Zunahme entspricht in etwa dem Durchschnitt der gesamten Branche der Erneuerbaren Energien (54 %). Die Daten aus Tabelle 9 zeigen die Entwicklung der Branche noch einmal über die Jahre 1998 bis 2006 (zur Stagnation im Jahr 2002 siehe oben).

Jahr	Umsatz in Mio. €	Zahl der Arbeitsplätze
1998	200	4.000
2000	350	8.000
2002	340	9.000
2004	600	10.000
2006	1.200	19.000

Tabelle 9: Entwicklung von Umsatz und Arbeitsplätzen im Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie - inklusive Installation (BSW, 2007)

Zu der Branche der Solarthermie gehören zum einen die Hersteller der Kollektoren sowie Zulieferer für Komponenten wie Speicher, Pumpen oder Regelungssysteme und zum anderen die Dienstleister und Handwerker, die die Anlagen planen und montieren.

Bei den Herstellern sind große Heizungsfirmen (z. B. Vaillant), unabhängige mittelständische Betriebe (z. B. Solvis) und konzerngebundene Unternehmen (z. B. Bosch Buderus Thermotechnik) vertreten. Einen Überblick über wesentliche deutsche Marktteilnehmer gibt Meyer, J.-P. (2007).

Viele bekannte und renommierte Heizungsanlagenhersteller haben inzwischen auch solare Warmwasser- und Heizungssysteme in ihrem Angebot. Nach Untersuchungen aus Prognos (2007) kann in letzter Zeit ein Konzentrationsprozess in der Branche beobachtet werden. Kleinere Unternehmen werden zunehmend von kapitalstärkeren Unternehmen aufgekauft. Ausdruck findet das auch darin, dass die Heizungsanlagenhersteller mit 41 % an der deutschen Kollektorproduktion den Hauptanteil haben. Diese Unternehmen haben sich durch Firmenübernahmen, den Aufbau eigener Fertigungskapazitäten und die Nutzung von OEM-Produkten in den letzten Jahren einen steigenden Marktanteil gesichert. Der nationale Markt wird von Flachkollektoren dominiert, die ca. 90 % der Fertigung ausmachen. Thermosyphonanlagen, die in einigen Ländern wie China, Griechenland oder Israel eine hohe Bedeutung haben, sind in Deutschland von geringer Bedeutung.

Als Zuliefersegment sollen noch die Beschichter von Absorber und Kollektoren genannt werden. Hier sind die deutschen Firmen Alanod Sunselect und Tinox Weltmarktführer.

Die Dienstleister sind überwiegend kleine und mittlere Architektur- und Ingenieurbüros, die sich mit der Auslegung und Planung der Solaranlagen befassen. Anschließend wird die Montage der Anlagen durch Handwerksbetriebe von den Dienstleistern überwacht und schließlich abgenommen.

4.2.2 Exportpotenzial und Exportorientierung im Bereich Solarthermie

Der Weltmarkt im Bereich der Solarthermie entwickelt sich sehr stark mit zweistelligen Steigerungsraten. Vor allem in Asien, hier sind besonders China und Taiwan sehr aktiv, hat sich der Markt in den letzten Jahren von 2.500 auf ca. 10.000 MWth jährlich neu installierter Kapazität vervierfacht.

Das Marktpotenzial für deutsche Unternehmen im Bereich der Solarthermie ist dennoch nicht so groß, wie es das weltweite Wachstum vermuten lässt. Dies liegt vor allem an den im Vergleich zu asiatischen Produkten höheren Kosten und dem technologischen Niveau der Produkte, das insbesondere chinesischen Unternehmen den Markteintritt erleichtert. Eine Ausweitung des Exports nach Asien erscheint daher wenig erfolgversprechend.

Aufgrund des starken Marktwachstums auch in Europa bestehen hier jedoch erhebliche Exportpotenziale für deutsche Unternehmen (auch bei von der Engineeringleistung her einfachen Komponenten oder Systemen). Zukünftig werden sich die Exportpotenziale stärker hin zu komplexen Anlagen verschieben, die mehr System-Know-how erfordern.

Deutsche Unternehmen haben aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung und mit dem großen Heimatmarkt im Hintergrund eine gute Basis im internationalen Wettbewerb, insbesondere in Europa. Dazu tragen auch die Erfahrungen bei, die mit Pilotprojekten (z. B. zu Anlagen zur solaren Kühlung und Klimatisierung oder zur solaren Erzeugung von Prozesswärme) in einer frühen Phase der Marktentstehung gewonnen werden können. Die zukünftigen Auslandsmärkte für deutsche Unternehmen liegen vorrangig in Europa, wo u. a. vor dem Hintergrund der EU-Verpflichtung zur 20%igen CO₂-Verminderung solare Wärmeerzeugung auch mittelfristig stark nachgefragt sein wird.

Die wichtigsten Zielländer des deutschen Exports sind die europäischen Nachbarstaaten wie Frankreich, Belgien, England, Italien und Spanien. Ein Export nach Asien erscheint langfristig nicht wirtschaftlich.

Die Aussagen zu den Exportpotenzialen beziehen sich vorrangig auf Kollektorhersteller und einen Teil der Zulieferer. Die Installation wird überwiegend von einheimischen Unternehmen durchgeführt, die meist nicht die Größe haben, um im Ausland aktiv zu werden und mehrheitlich regional oder lokal tätig sind. Daher ist auch bei der Bewertung der Exportorientierung eine Differenzierung zwischen den Herstellern von Komponenten und Anlagen sowie den Installateuren vorzunehmen. Deutlich wird dies in den Exportquoten: Lag im Jahr 2004 die Exportquote der Kollektorhersteller bei ca. 15 % und der Gesamtbranche durch den geringeren Exportanteil der Dienstleister bei unter 10 %, so konnten die Kollektorhersteller die Exportquote bis zum Jahr 2006 mit 28 % fast verdoppeln. Der Exportanteil der Gesamtbranche lag 2006 bei knapp 17 % (BSW, 2007). An anderer Stelle werden die Exportquoten noch leicht höher angesetzt: Kollektorhersteller 30 %, Solarthermie-gesamt 20 % (UBA, BMU, 2007; ZSW et al., 2007).

Trotz der Steigerung der Exportquoten ist nicht zu verkennen, dass deutsche Hersteller unter erheblichem Kostendruck stehen. Das liegt in erster Linie an den höheren Arbeits- und Standortkosten im Vergleich zu z. B. China. Da die Systeme (Module und Speicher) recht groß sind, sind die Transportkosten allerdings nicht unerheblich. Daher lohnen sich lange Wege bei ähnlichem Preisniveau nicht. Ein Export in die Nachbarländer, wie z. B. Dänemark, Polen, Österreich, Italien, Frankreich, Spanien und Großbritannien, lohnt sich dagegen, zumal diese Märkte inzwischen stärkeres Wachstum aufweisen als der deutsche Inlandsmarkt. Wie die Entwicklung der Exportquote

zeigt, führt die stark steigende Nachfrage aus dem Ausland dazu, dass deutsche Hersteller zunehmend in Auslandsmärkten aktiv werden. Vorteilhaft für konzerngebundene Unternehmen sowie für die großen Heizungsfirmen im Export ihrer Produkte sind dabei im Allgemeinen die vorhandenen Vertriebsstrukturen.

Wie Abbildung 23 aus einer Befragung von Unternehmen der Branche zu entnehmen ist, findet die insgesamt positive Marktsituation u. a. auch darin ihren Ausdruck, dass die Solarthermie von allen erneuerbaren Energien in Deutschland mit 87 % der befragten Unternehmen diejenige Branche ist, die am ehesten mit steigenden Umsätzen rechnet (BMU, 2006).

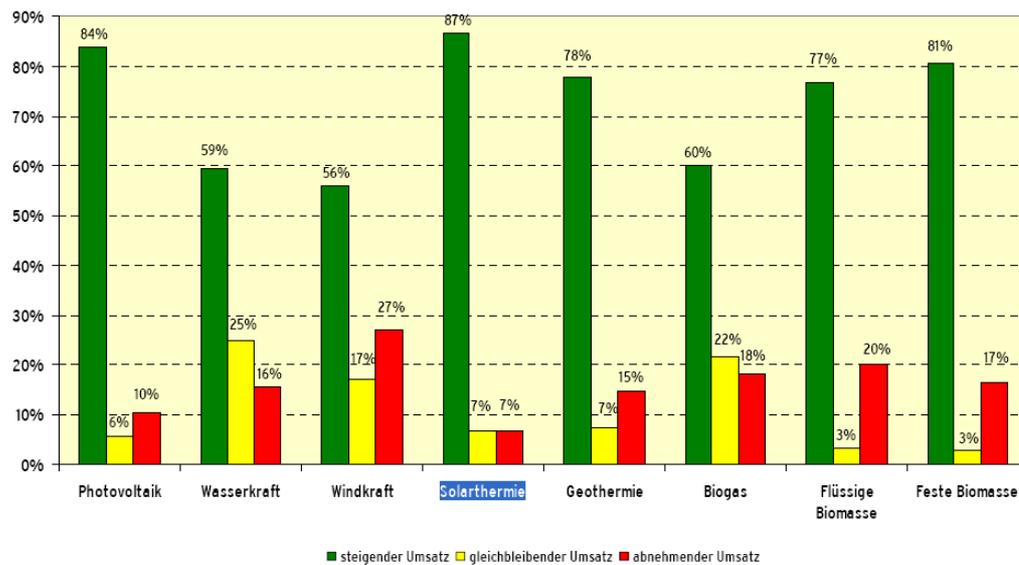


Abbildung 23: Anteil der Unternehmen mit positiver, neutraler und negativer Erwartung zur Umsatzentwicklung (BMU, 2006)

4.2.3 Internationale Wettbewerbsposition der deutschen Industrie

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Stärken und Schwächen im Bereich Solarthermie nicht sehr von denen anderer erneuerbaren Energien unterscheiden, wie die folgende Abbildung verdeutlicht.

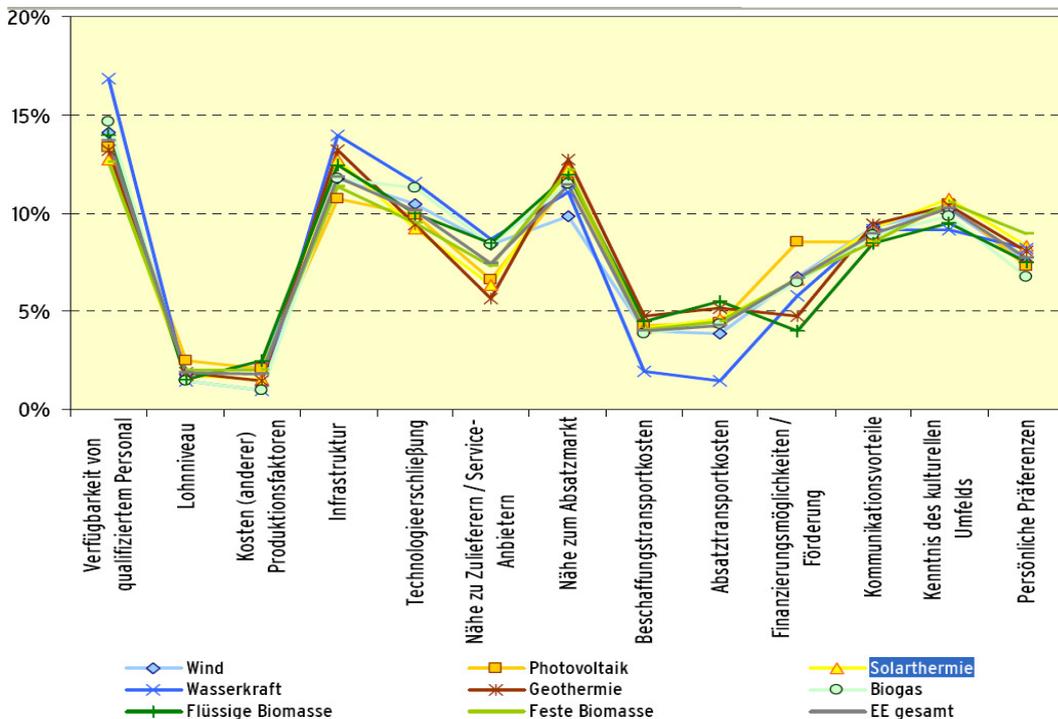


Abbildung 24: Bewertung der Standortvorteile Deutschlands im Rahmen einer Unternehmensbefragung (BMU, 2006)

Besonders hoch bewertet wurden die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal (dies muss inzwischen durch das weitere Wachstum der Branche und die allgemein gute konjunkturelle Lage aber relativiert werden), die verfügbare Infrastruktur, die Nähe zum Absatzmarkt und der Grad der Technologieerschließung. In Bezug auf die Technologie sind die langjährige Erfahrung, die sich vor allem in hohem Wirkungsgrad und hoher Zuverlässigkeit der Produkte ausdrückt, sowie das System-Know-how die Alleinstellungsmerkmale deutscher Produzenten. Hersteller komplexer Anlagen (z. B. komplexe Gebäudelösungen, Einsatz in neuen Anwendungen, wie z. B. Kühlung) haben auch verbesserte Exportchancen.

Die Marktstellung der deutschen Solarthermiebranche im internationalen Wettbewerb ist differenziert zu betrachten. Während deutsche Unternehmen in Europa eindeutig zu den Marktführern gehören, sind gerade auf dem sehr stark boomenden asiatischen Markt die deutschen Hersteller kaum vertreten. Dieser Markt wird dominiert durch chinesische oder taiwanesischen Hersteller. Aktuell sind diese durch das starke Wachstum aber so stark ausgelastet, dass für sie ein Export nach Europa uninteressant ist. Dies kann sich aber bei einer Sättigung des asiatischen Marktes und einer weiter steigenden Nachfrage in Europa schnell ändern.

Da es sich um eine ausgereifte und technisch nicht sehr anspruchsvolle Technologie handelt, können die deutschen Produzenten höhere Herstellungskosten schwer durch bessere Effizienz oder höhere Qualität kompensieren. Hier hilft nur eine Senkung der Produktionskosten durch einen hohen Automatisierungsanteil. Weiterhin haben deutsche Unternehmen Vorteile bei komplexeren Lösungen und Spezialanwendungen, die ein umfangreicheres System-Know-how erfordern.

4.2.4 Exporthindernisse

Ein Teil der in der Niedertemperatur-Solarthermie wirkenden Exporthemmnisse ist nicht allein für diesen Bereich der erneuerbaren Energien zutreffend: Wachsende Inlandsnachfrage und ein zu erwartender bzw. bereits vorhandener Fachkräftemangel führen dazu, dass für das Auslandsgeschäft nur unzureichende Ressourcen bereit gestellt werden können. Auch im Ausland ist zukünftig ein Fachkräftemangel zu erwarten, der es deutschen Unternehmen erschweren kann, Vertriebsstrukturen aufzubauen und qualifizierte Partner, z. B. für die Montage, zu finden. Ein weiteres, bereits benanntes, Exporthemmnis sind die hohen Lohn- und Produktionskosten der Hersteller in Deutschland sowie der Umstand, dass in vielen europäischen Ländern lokale Anbieter vor Ort sind.

Trotz der genannten Risiken bestehen insbesondere im europäischen Umfeld auch weiterhin gute Exportmöglichkeiten. Zusätzliche Möglichkeiten können sich durch neue Anwendungen wie solare Kühlung oder Prozesswärmeerzeugung ergeben, in denen deutsche Unternehmen ihre langjährigen Erfahrungen und ihr System-Know-how einbringen können.

Maßnahmen der Exportinitiative sollten vorrangig auf diese neuen Anwendungen und länderspezifischen Rahmenbedingungen zugeschnitten werden. Als Beispiele sind hier die Anpassung der Anlagen an die länderspezifische Haustechnik oder die einer hohen Dynamik unterliegenden Förderbedingungen zu nennen.

Zusammenfassung NT-Solarthermie
<p>Internationale Märkte und deutsche Industrie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Weltmarkt wächst kontinuierlich: Der größte Einzelmarkt ist China mit über $\frac{3}{4}$ der installierten Kollektorfläche 2006. • Deutschland hatte 2006 mit 50 % der installierten Kollektorfläche den größten Marktanteil in Europa, aber: unsere Nachbarn wachsen schneller. • Der Heimatmarkt ist stark von den Förderbedingungen, insbesondere vom Marktanzreizprogramm, abhängig. • Deutsche Unternehmen sind Marktführer in Europa: die Exportquote der Gesamtbranche konnte von unter 10 % in 2004 auf 17-20 % in 2006 gesteigert werden (Kollektorhersteller: 15 % in 2004, ca. 30% in 2006). • Als Stärken werden der Grad der Technologieerschließung, System-Know-how, die gute Infrastruktur und die Nähe zu den Absatzmärkten angesehen.
<p>Ausblick</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mangelnde personelle Ressourcen, hohe Lohn- und Standortkosten sowie lokale Konkurrenten (aufgrund des moderaten Technologieniveaus) sind die derzeitigen Exporthindernisse. • Dennoch haben deutsche Unternehmen aufgrund der langjährigen Erfahrungen eine gute Basis im internationalen Wettbewerb. • Neue Anwendungen, die umfassendes Systemwissen erfordern, stellen zusätzliche Marktchancen dar. • Die zukünftigen Auslandsmärkte deutscher Unternehmen liegen in Europa. Eine Ausweitung des Exports nach Asien erscheint wenig aussichtsreich. • Fokussierung der Exportinitiative: neue Anwendungen und länderspezifische Randbedingungen (z. B. länderspezifische Haus- und Gebäudetechnik).

5. Solarthermische Kraftwerke

5.1 Internationale Märkte

5.1.1 Basisinformationen und Eckdaten

Solarthermische Kraftwerke (STK) sind bereits heute die kostengünstigste Methode für eine Stromerzeugung aus Sonnenenergie. Zudem sind sie in Sonnenländern die optimale Technologie für die großtechnische Stromerzeugung mit dem Potenzial, „klassische“ Kraftwerke zu ersetzen. Neben relativ niedrigen Stromerzeugungskosten sind sie auch in der Lage, zu einer bedarfsgerechten Stromerzeugung beizutragen, da sie kostengünstig mit einer fossilen Zufeuerung oder Speicherung kombinierbar sind. Die thermische Speicherung (z. B. Salz- oder Betonspeicher) ist günstiger als die Stromspeicherung bei PV-Anlagen.

Bei solarthermischen Kraftwerken wird konzentrierte Sonnenstrahlung dazu benutzt, ein Trägermedium (z. B. Thermoöl, Luft oder Wasser) zu erhitzen. Damit lässt sich über einen Wärmetauscher ein konventioneller Kraftwerksteil betreiben (Dampfkreislauf, Turbine, Generator). Das Grundprinzip besteht in der Konzentration der Sonnenstrahlung mit Spiegelsystemen, d. h. es ist nur die direkte Einstrahlung nutzbar, da nur sie sich optisch konzentrieren lässt.

Die wesentlichen Technologielinien sind die Parabolrinnen-Technologie, die Fresnel-Technologie, Turmkraftwerke und Dish-Anlagen (jedoch eher für dezentrale Versorgung geeignet). Parabolrinnenkraftwerke weisen die größte technologische Reife auf und sind derzeit die kostengünstigste Technik zur Stromerzeugung. Die Kollektoren mit den parabolisch geformten Spiegeln (vgl. Abbildung 25.1a) werden der Sonne nachgeführt. In der Brennlinie befindet sich ein Receiver, in dessen Absorberrohr Thermoöl auf Temperaturen bis zu 400 °C erhitzt wird. Über einen Dampferzeuger wird in einem nachgeschalteten „klassischen“ Kraftwerksprozess Strom erzeugt.

Bei linearen Fresnel-Kollektoren besteht der Konzentrador aus einzelnen Facetten planer Spiegel (vgl. Abbildung 25.1b). Vorteil der Technologie ist, dass ein hoher Anteil an kostengünstigen Standardkomponenten verwendet werden kann und eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Windlasten vorliegt. Eine erste Versuchsanlage deutscher Unternehmen (von MAN, Solar Power Group und FhG-ISE) wurde kürzlich auf der Plataforma Solar de Almeria in Spanien in Betrieb genommen.

Bei der Turmtechnologie wird über ein Heliostatenfeld die Sonnenstrahlung auf einen an einem Turm installierten Absorber konzentriert (vgl. Abbildung 25.1c). Durch den Absorber (vorrangig poröse Keramik) wird Luft angesaugt, die dann zur Erzeugung von Dampf verwendet wird. Auch der Betrieb einer Gasturbine ist denkbar. Die Technologie hat noch nicht den Reifegrad von Parabolrinnenkraftwerken erreicht. Ein erstes Turmkraftwerk (PS 10) wird bereits kommerziell in Spanien betrieben, eine Prototypenanlage mit verbesserter Technologie wird derzeit in Jülich gebaut.

Bei Dish-Systemen ist der Konzentratorspiegel rotationssymmetrisch parabolisch angeordnet. Im Brennpunkt befindet sich der Receiver mit der Stirlingeinheit (vgl. Abbildung 25.1d). Dish-Stirling-Anlagen (typische Leistung zwischen 5 und 50 kW) sind insbesondere für die dezentrale Stromerzeugung geeignet. Der Wartungsaufwand muss im Vergleich zu PV-Anlagen aber kritisch gesehen werden.



Abbildung 25: Wesentliche Technologielinien im Bereich solarthermischer Kraftwerke. 1a) Parabolrinnenkollektoren in einem Kraftwerk der SEGS-Reihe in Kramer Junction (Kalifornien); 1b) Fresnel-Kollektor (Feiburg); 1c) Turm-Versuchs-Kraftwerk (Plataforma Solar de Almeria in Spanien); 1d) Dish-Sterling-Anlage zur dezentralen Stromversorgung

Ökonomisch interessant sind solarthermische Kraftwerke in Regionen mit einer Direkteinstrahlung von größer $1.700 - 2.000 \text{ kWh/m}^2$ pro Jahr. Die Regionen mit guten Einstrahlungsbedingungen sind Abbildung 26 zu entnehmen. Hierzu gehören u. a. Südeuropa, die USA und Mexiko, Nordafrika, die arabische Halbinsel, Teile Asiens (z. B. Indien, China) und Lateinamerikas sowie Australien. In Europa kommen Spanien, Portugal, Griechenland, Malta und Italien für den Einsatz solarthermischer Kraftwerke prinzipiell in Frage.

Kurzfristig sind Spanien und die USA als Märkte interessant, da sich hier Kraftwerke bereits im Bau bzw. in einem weit fortgeschrittenen Planungsstatus befinden. Mittelfristig werden Nordafrika (Libyen, Algerien, Marokko, Ägypten), die arabische Halbinsel und China eine wichtige Rolle spielen, da auch hier bereits Projekte geplant oder ausgeschrieben sind.

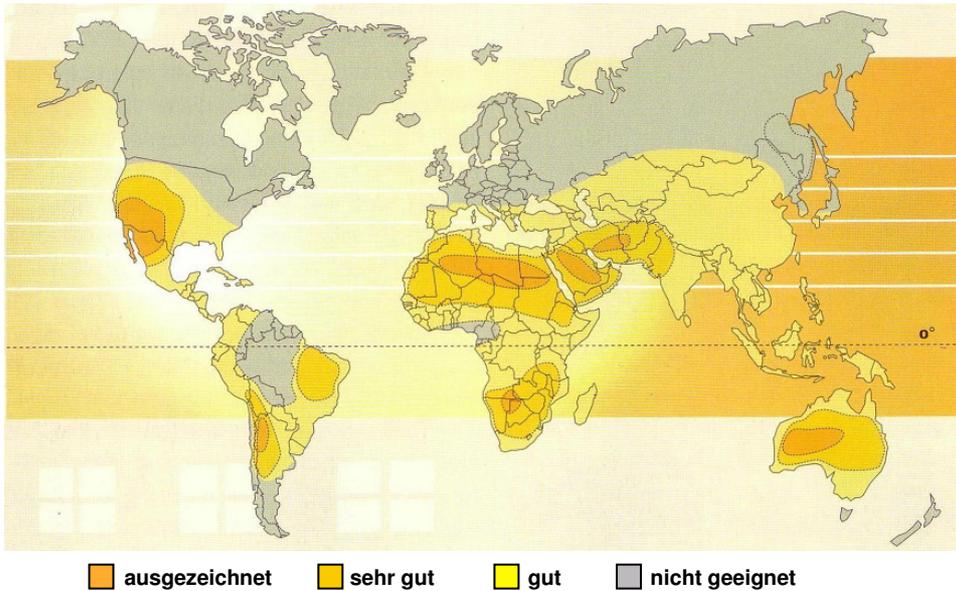


Abbildung 26: Einstrahlungsbedingungen für solarthermische Kraftwerke (Solar Paces Annual Report 2004)

5.1.2 Marktstrukturen und -zusammenhänge

Entwicklungsstand: Aus markttechnischer Sicht befinden sich solarthermische Kraftwerke – gerade auch im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien – noch in einer frühen Phase. Die breite Markteinführung steht erst in den nächsten Jahren bevor. Solar One (Nevada) ist bereits am Netz. Die überwiegend mit deutscher Technologie geplanten Kraftwerke Andasol 1 und 2 (Spanien) befinden sich im Bau, andere Projekte in einem weit fortgeschrittenen Planungsstatus. Am weitesten entwickelt ist die Parabolrinnen-Technologie. Die Forschungsanstrengungen konzentrieren sich auf Material- und Technologieentwicklungen mit dem Ziel, den Wirkungsgrad sowie die Zuverlässigkeit zu erhöhen und nicht zuletzt die Stromgestehungskosten zu senken. Dabei steht sowohl die Verbesserung der bereits eingesetzten Komponenten (z. B. Erhöhung der Standzeit der Parabolrinnen-Receiver) als auch die Umsetzung neuer Technologien (z. B. Direktverdampfung) im Fokus. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Speichertechnologie.

Die Roadmap (vgl. Abbildung 27), die von deutschen Experten aus Wissenschaft und Industrie entwickelt wurde, zeigt das große Potenzial der solarthermischen Kraftwerke. Demnach könnten bis zum Jahr 2020 eine Kapazität von weltweit 12.000 MW errichtet werden und die Stromgestehungskosten auf 5 bis 9 ct/kWh fallen. Damit könnte in absehbarer Zeit Solarstrom direkt mit konventionell erzeugtem Strom konkurrieren. Ein Ausbau solarthermischer Kraftwerke entsprechend dieser Roadmap würde im Jahr 2010 Investitionen von fast 1 Mrd. € mobilisieren, die bis zum Jahr 2020 auf ca. 7 Mrd. €/Jahr steigen könnten. Der mögliche Anteil deutscher Unternehmen wird dabei auf ca. 24 % geschätzt.

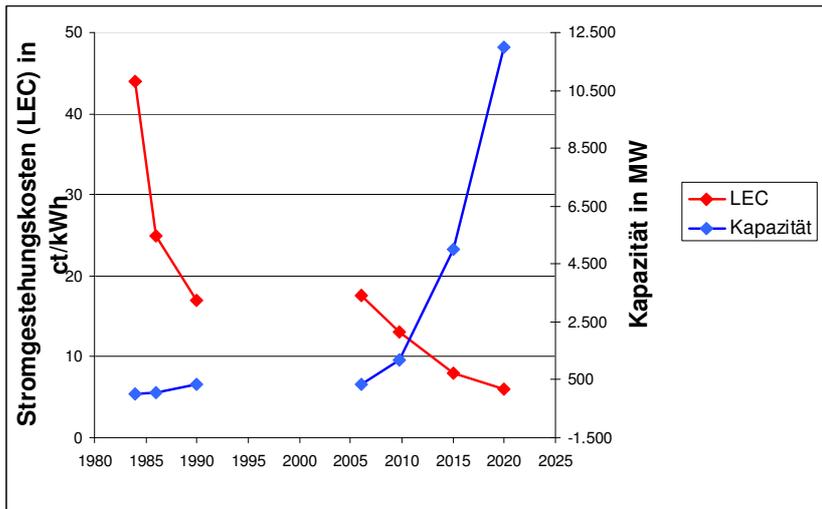


Abbildung 27: Roadmap zur Entwicklung der Stromgestehungskosten und der Kraftwerkskapazität solarthermischer Kraftwerke (nach BMU, 2006a)

Bei der Bewertung des Marktes muss berücksichtigt werden, dass es sich bei einem Kraftwerk von beispielsweise 50 MWel um eine Investitionssumme bis zu 300 Mio. € handeln kann. Dies bringt nicht nur in Entwicklungs- oder Schwellenländern viele Schwierigkeiten bei der Finanzierung derartiger Projekte mit sich. Auch in Spanien oder den USA mussten Generalunternehmer und Finanziere erst vom begrenzten technischen Risiko der Kraftwerkstechnologie überzeugt werden. Weitere Voraussetzungen für die Umsetzung der Andasol-Projekte in Spanien waren z. B.:

- Eine ausreichende Einspeisevergütung (durch das spanische EEG) von ca. 21ct/kWh
- Garantie der Vergütung über die Laufzeit der Kraftwerke (> 25 Jahre)
- Die Genehmigung großer und damit wirtschaftlicher Kraftwerkseinheiten (50 MWel) und des Hybridbetriebs, insbesondere zur Pufferung von Wolkendurchzügen

Der Einsatz solarthermischer Kraftwerke kann insbesondere in Zusammenhang mit solarer Kühlung/Klimatisierung, wie z. B. in den Arabischen Emiraten oder zur Meerwasserentsalzung, interessant werden. Einen weiteren Impuls könnte die Schaffung eines mediterranen Netzverbundes bewirken, über den europäische Länder Solarstrom aus Nordafrika beziehen könnten.

Nachfrage: Nachdem Ende der 80er Jahre/ Anfang der 90er Jahre in der kalifornischen Mojave-Wüste neun solarthermische Kraftwerke (Parabolrinnen-Technologie) gebaut wurden, die auch heute noch 354 MW Spitzenlastleistung produzieren, wurde über zehn Jahre lang kein neues Kraftwerk gebaut. Seit sechs bis sieben Jahren ist mit der Planung einer ganzen Reihe von Projekten und dem Baubeginn in Spanien und den USA eine deutliche Belebung des Marktes zu verzeichnen (vgl. Tabelle 10). Ursachen hierfür sind u. a. die wachsende Bedeutung des Klimaschutzes, anhaltend hohe Ölpreise und die Schaffung der wirtschaftlichen Voraussetzungen (z. B. ausreichende Einspeisevergütungen) in einer Reihe von Ländern sowie die verbesserte Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Technologien durch erhebliche FuE-Anstrengungen in den letzten Jahren.

Insgesamt befinden sich allein in Spanien Kraftwerke mit einer Leistung von ca. 500 MWel im Bau oder in konkreter Planung, weitere Projekte mit einem Umfang von 1,5 GWel sind in Vorbereitung (Pitz-Paal, 2006). Berücksichtigt man die weiteren Projekte, die sich in konkreten Planungen befinden, so ist bald mit der Realisierung von drei Kraftwerksprojekten pro Jahr zu rechnen. Das in der Roadmap (vgl. Abbildung 27) prognostizierte jährliche Investitionsvolumen von 1 Mrd. € in 2010 ist also durchaus realistisch. Eine Auswahl aktueller Projekte ist Tabelle 10 zu entnehmen.

Land	Solar-technologie	Projektentwickler, GU	Technische Parameter	Status
Algerien	Parabolrinne	NEAL, Abengoa	ISCCS (Hybridbetrieb), 25 MW _{el} Solar	beauftragt
Ägypten	Parabolrinne	NREA, Orascom	ISCCS	beauftragt
China	Parabolrinne	Inner Mongolia STP Development Co. Ltd. (JV von Solar Millennium und IMLNE Ltd. China)		Joint Venture gegründet; Machbarkeitstudie
Deutschland	Turm	SWJ, KAM	1,5 MW _{el} Versuchskraftwerk	Baubeginn 08/2007
Marokko	Parabolrinne		ISCCS	Planungsphase
Mexico	Parabolrinne	CFE	ISCCS, 31 MW _p Solar	Planungsphase
Spanien Andasol 1+2	Parabolrinne	Solar Millennium, ACS Cobra	90% Solar; 50 MW _{el} ; Speicher	Im Bau
Spanien Andasol 3	Parabolrinne	Solar Millennium, EdP	Hybrid; 90% Solar; 50 MW _{el}	Planungsphase
Spanien PS 10	Turm	SOLUCAR (Abengoa)	10 MW _{el} Satttdampf	07/2007 am Netz
Spanien	Turm	SOLUCAR (Abengoa)	20 MW _{el} Satttdampf	Im Bau
Spanien	Parabolrinne	Iberdrola	5 x 50 MW _{el}	Planungsphase
USA Solar One	Parabolrinne	Solargenix	Hybrid, 75% Solar; 64 MW _{el}	am Netz

Tabelle 10: Ausgewählte Projekte im Bereich solarthermischer Kraftwerke

Wie man sieht, ist derzeit geradezu ein Schub an neuen Kraftwerksprojekten zu verzeichnen. Den Chancen zur Erschließung eines großen Marktpotenzials stehen aber auch Risiken (z. B. unsichere politische Situationen in einigen Zielländern, Verlässlichkeit der Finanzierungsbedingungen) gegenüber.

Angebot: Entlang der Wertschöpfungskette sind im Bereich solarthermischer Kraftwerke Projektentwickler und Planungsunternehmen, Generalunternehmen (GU), Zulieferer von Komponenten sowie weitere Dienstleister (z. B. für die Ermittlung von Standortdaten, Messtechnik) zu unterscheiden. Spezialisten haben sich z. B. für die Receiver (Schott Rohrglas, Solel) oder für die Spiegel (Flabeg ist hier der einzige Hersteller) herausgebildet. Insbesondere die Generalunternehmen sind häufig nicht auf den Bereich solarthermischer Kraftwerke beschränkt. Generalunternehmen kommen z. B. aus dem Baubereich (ACS Cobra, Spanien), dem Anlagenbau (MAN, KAM, Deutschland), dem Energiesektor (Iberdrola, Spanien) oder sind wie Abengoa (Spanien) Konzerne mit mehreren Sparten. Insgesamt ist die Anbieterstruktur in allen Segmenten durch eine eher geringe Zahl von Unternehmen gekennzeichnet. Spanische, deutsche und amerikanische Unternehmen sind derzeit besonders im Bereich solarthermischer Kraftwerke aktiv.

5.2 Die deutsche Industrie im Bereich Solarthermischer Kraftwerke

5.2.1 Eckdaten, Strukturmerkmale und internationaler Wettbewerb

Obwohl die Branche aufgrund der Einstrahlungsbedingungen über keinen Heimatmarkt verfügt (der „Jülichturm“ ist nur ein Versuchskraftwerk), gehören deutsche Unternehmen auf allen Stufen der Wertschöpfungskette zu den Marktführern. Bereits bei den ersten Kraftwerken in Kalifornien stammt beispielsweise die gesamte Spiegelfläche von 2,5 Mio. m² von deutschen Firmen.

Im Bereich der Projektentwickler besteht bereits ein starker Wettbewerb. Neben der Solar Millennium AG (Andasol-Projekte) sind hier spanische Unternehmen wie Solucar (Tochter von Abengoa) und Acconia tätig. Ein weiterer Konkurrent ist Solargenix aus den USA, die Solar One in Nevada entwickelt haben. Auch deutsche Planungsunternehmen sind maßgeblich an der Projektentwicklung beteiligt. Zu nennen sind hier z. B. Fichtner Solar, Lahmeyer und Schlaich, Bergemann und Partner (SBP).

Die führenden Generalunternehmen kommen derzeit mit Abengoa, ACS Cobra und Iberdrola aus Spanien. In Deutschland haben MAN Ferrostaal und Solar Millennium eine strategische Allianz mit dem Ziel vereinbart, sich als Generalunternehmer im Bereich Parabolrinnenkraftwerke und Kraftwerksbetreiber zu betätigen. MAN Ferrostaal ist zusätzlich auch im Bereich der Fresnel-Technologie aktiv und hat im Juli 2007 in Kooperation mit der Solar Power Group auf der Plataforma Solar eine Fresnel-Versuchsanlage in Betrieb genommen. Bei Turmkraftwerken tritt die Firma Kraftanlagen München GmbH als Generalunternehmer auf. Zu erwarten ist, dass sich mit wachsender Marktreife und der besseren Überschaubarkeit des Risikos weitere Unternehmen aus dem Bereich des Anlagen- und Kraftwerkbaus engagieren werden.

Im Bereich der Komponenten kann für Parabolrinnenkraftwerke heute das komplette Solarfeld von deutschen Unternehmen angeboten werden. Die Kollektortechnologie basiert auf dem SKAL-ET-Kollektor, der bereits in Kramer Junction erfolgreich getestet wurde und nun auch in den Andasol-Kraftwerken eingesetzt wird. Das Solarfeldengineering, die Steuerung und die Sensorik für die Nachführung der Kollektoren werden von Flagsol angeboten. Schott Rohrglas hat inzwischen eine Serienfertigung von Receivern aufgenommen und beliefert sowohl die Andasol-Projekte als auch Solar One in Nevada (Konkurrent ist hier z. B. die Solel aus Israel). Weitere Komponenten aus deutscher Hand sind z. B. Speicher, die z. B. von Züblin entwickelt werden, Verbindungselemente zwischen den Absorberrohren von der Firma Senior Berghöfer oder Parabolspiegel von Flabeg. Flabeg als derzeitiger Monopolist wird bald Konkurrenz durch das Unternehmen Rioglas S. A. bekommen, das derzeit eine Fertigung in Spanien aufbaut.

Bei Fresnelkollektoren sind neben den bereits genannten MAN Ferrostaal und der Solar Power Group die Novatec Biosol AG und der Konkurrent Solar Heat and Power Ltd. aus Australien tätig. Auch für Turmkraftwerke wird mit dem Absorber eine der entscheidenden Komponenten von der Firma Bauer Technologies entwickelt. KAM hat von der DLR eine Lizenz für den entwickelten volumetrischen Receiver erhalten und wird diesen in das Turmkraftwerk in Jülich einbringen. Konkurrenten sind hier die spanischen Unternehmen Abener Energia und Sener sowie Boeing in den USA.

Dish-Stirling-Anlagen sind über die Firma SBP komplett aus deutscher Hand zu beziehen. SBP hat ein System entwickelt, das 10 kW Stirlingmotoren der SOLO Kleinmotoren GmbH verwendet. Weitere Firmen, die in diesem Bereich tätig sind, sind die Sunmachine GmbH und Power Fluidmaschine aus Deutschland.

Im konventionellen Kraftwerksteil, der z. B. mit solar erzeugtem Dampf betrieben wird, kommt angepasste Standardtechnik zum Einsatz. So konnte z. B. Siemens in Nevada ihre Dampfturbine erfolgreich vermarkten, da diese besonders gut für schnelle Lastwechsel geeignet ist. Ein weiteres Beispiel ist die Firma Flender, die Getriebe für den Betrieb der Heliostate des Turmkraftwerks PS 10 geliefert hat.

5.2.2 Exportpotenziale und Exporthindernisse

Trotz des fehlenden Heimatmarktes kann die deutsche Industrie auf einen langjährigen Erfahrungshintergrund zurückgreifen. Bereits in den ersten Kraftwerken, die vor ca. 20 Jahren gebaut wurden, wurden Komponenten aus deutscher Produktion eingesetzt. Mit dem SKAL-ET-Kollektor konnten in Kramer Junction wertvolle Erfahrungen gesammelt werden, die jetzt auch in im Bau befindlichen Kraftwerken genutzt werden. Hervorzuheben ist die führende Rolle der deutschen Forschungsinstitute (z. B. DLR, FhG-ISE) und die enge Kopplung zwischen Wissenschaft und Industrie, die dazu beigetragen hat, dass deutsche Unternehmen in Bereichen wie der Planung und Komponentenentwicklung führende Positionen einnehmen. Durch den Zugang zur Plataforma Solar de Almeria bestehen gute Möglichkeiten für gemeinsame anwendungsorientierte Forschungs- und Pilotprojekte. Nachholbedarf besteht noch bei Generalunternehmen im Parabolrinnenbereich. Hier sind mehrere spanische Konzerne am Markt, während in Deutschland erst das gemeinsame Joint Venture von MAN und Solar Millennium aktiv werden will.

Mit steigender Marktattraktivität und sinkendem technischen Risiko ist jedoch davon auszugehen, dass in allen Segmenten neue Unternehmen in den Markt eintreten werden. Zum Teil auch in den Ländern, in denen Kraftwerke errichtet werden. Weiterhin entsteht bereits heute aus den Ländern, in denen Kraftwerke errichtet werden, ein Druck, Zulieferkomponenten vor Ort zu fertigen. So wird z. B. Schott Rohrglas eine Receiverfertigung in Spanien aufbauen. Auch die Bildung von strategischen Allianzen, wie dies aktuell mit der Gründung eines gemeinsamen Unternehmens durch die MAN Ferrostaal und die Solar Millennium AG (MAN Solar Millennium GmbH) geschehen ist, ist zukünftig zu erwarten.

Um den momentanen Wettbewerbsvorsprung zu halten, sind weitere FuE-Arbeiten notwendig. Eine Stärkung der Unternehmen im Projektentwicklungs- und Planungsbereich als auch potenzieller Generalunternehmer kann dazu beitragen, den deutschen Lieferanteil bei zukünftigen Kraftwerksprojekten zu sichern.

Da es sich um Großprojekte mit hohen Investitionsvolumina handelt, spielen als Exporthemmnisse noch stärker als in anderen Bereichen der erneuerbaren Energien Fragen der Finanzierung und Risikoabsicherung sowie der bürokratischen Hürden und politischen Rahmenbedingungen eine Rolle. Weniger bedeutsam ist die Frage fehlender Informationen und Kontakte zu potenziellen Kunden und Partnern. Die weltweite Community ist überschaubar („man kennt sich“).

Aufgrund der begrenzten Zahl von deutschen Unternehmen in der STK-Branche bieten sich derzeit ausschließlich auf die solarthermische Stromerzeugung ausgerichtete Veranstaltungen der Exportinitiative zu solarthermischen Kraftwerken nicht an. Gleichwohl ist eine Kombination, insbesondere bei AHK-Geschäftsreisen, mit anderen Solarthemen dort sinnvoll, wo ein Teil der notwendigen Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Kraftwerksprojekten, wie Einspeisegesetze, Finanzierungspotenzial oder politische Strukturen, gegeben ist.

Die allgemeinen Rahmenbedingungen werden sich verbessern, sobald weitere Projekte in Ländern mit hohem Marktpotenzial realisiert werden. Wird z. B. das geplante Projekt in der Inneren Mongolei realisiert, hat dies eine Initialwirkung auf andere chinesische Provinzen. Unter solchen Rahmenbedingungen wäre auch eine reine STK-Geschäftsreise nach China sinnvoll. Dabei sind aber die spezifischen Marktbedingungen solarthermischer Kraftwerke zu berücksichtigen. Das heißt, der „politische Teil“ der Geschäftsreise unter Einbeziehung politischer Entscheidungsträger (eventuell auch von deutscher Seite) und Finanziers sollte dann ausgebaut werden. Über AHK-Geschäftsreisen hinaus wird bei den anderen Maßnahmen der Exportinitiative derzeit kein Potenzial gesehen.

Zusammenfassung Solarthermische Kraftwerke

Internationale Märkte und deutsche Industrie

- Die breite Markteinführung steht bevor: nach über 15 Jahren werden wieder STK gebaut.
- Die Marktbedingungen sind komplex:
 - Teilweise hohe Investitionsvolumina (> 200 Mio. €)
 - Garantie einer ausreichende Einspeisevergütung über den Life Cycle der Kraftwerke
 - Politische Situation in den Zielländern
- Trotz fehlendem Heimatmarkt: Deutsche Unternehmen gehören zu den Marktführern.
- Bei wesentlichen Komponenten sind deutsche Firmen Technologieführer: ihre Stärke ist die enge Kopplung zwischen Industrie und Forschungsinstituten.

Ausblick

- STK haben ein großes Marktpotenzial - sie sind die kostengünstigste Technologie zur großtechnischen Stromerzeugung aus Sonnenenergie.
- Jährliche Investitionsvolumina von > 1 Mrd. € sind bald erreichbar. Der deutsche Anteil wird von Experten auf ca. 24 % prognostiziert (bei 100 % Exportquote).
- Mit zunehmender Marktreife und sinkendem technischen Risiko wird die ausländische Konkurrenz wachsen: FuE ist der Schlüssel für die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen.
- Exportinitiative: die Einbeziehung der STK-Branche bei AHK-Geschäftsreisen zum Schwerpunkt Solar ist dort sinnvoll, wo die Markteintrittsbedingungen günstig sind.

6. Bioenergie

6.1 Internationale Märkte

6.1.1 Basisinformationen und Eckdaten

Biomasse umfasst die gesamte lebende organische Substanz, welche durch pflanzliche, mikrobielle oder tierische Organismen erzeugt wird. Sie wird unterteilt in nachwachsende Rohstoffe und biogene Rest- und Abfallstoffe. Ihre moderne energetische Nutzung erfolgt im festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand. Dabei stellt Biomasse einen klimafreundlichen Energieträger dar, weil durch ihre Verbrennung kein zusätzliches Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangt. Ökonomisch gesehen sind biogene Reststoffe von besonderer Bedeutung, da sie nur geringe oder keine Brennstoffkosten verursachen. Ihr Angebot ist aber limitiert.

Global gesehen ist Biomasse die bedeutendste erneuerbare Energiequelle mit einem Anteil von 10,4 % am Welt-Primärenergieverbrauch im Jahr 2004 (entsprechend 48.150 PJ).

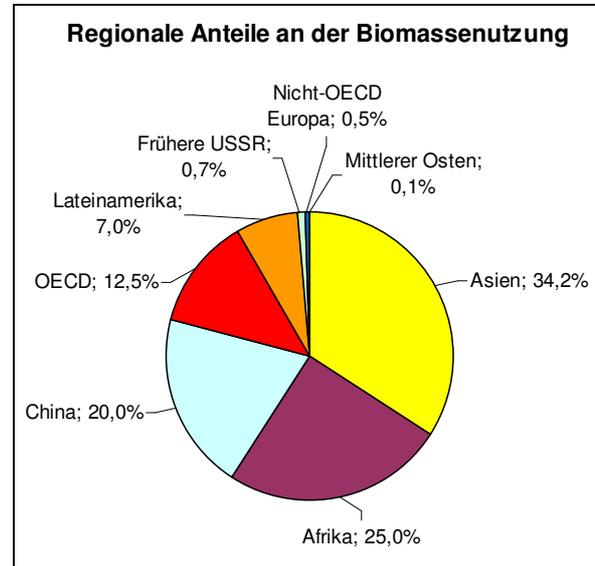


Abbildung 28: Regionale Anteile an der Biomassenutzung

Bezogen auf den Anteil aller erneuerbaren Energien am Welt-Primärenergieverbrauch betrug ihr Anteil im selben Jahr 79,4 %. Im Zeitraum von 1990 bis 2004 belief sich die mittlere Wachstumsrate der weltweiten Nutzung fester Biomasse auf 1,6 % und die der sonstigen Biomasse wie Biogas, flüssige Biomasse und biogener Abfall auf 8,1 %, in den OECD-Ländern sogar auf 12,3 % (BMU, 2007).

Mehr als 85 % der Biomasse werden in Entwicklungs- und Schwellenländern genutzt (s. Abbildung 28). Etwa 2,5 Mrd. Menschen nutzten in 2004 die Biomasse auf traditionelle Weise in Form von Brennholz oder Holzkohle, was aber größtenteils nicht als nachhaltig angesehen werden kann. Die moderne Biomassenutzung zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kraftstoffen macht bisher nur einen vergleichsweise geringen Anteil am weltweiten Energieverbrauch aus. In 2004 betrug der Anteil der Biomasse an der weltweiten Stromerzeugung ca. 1 % (entsprechend 175 TWh). Bezogen auf alle Erneuerbaren lag ihr Anteil bei 5,6 % (BMU, 2007).

Ende 2005 waren weltweit Anlagen mit einer Leistung von etwa 44 GWel zur Stromerzeugung und 220 GWth zur Wärmebereitstellung aus Biomasse installiert. Bei den Inselformen zur ländlichen Energieversorgung gab es insgesamt ca. 570 Mio. holzbefeuerte Herde und 21 Mio. kleine Biogasanlagen. Die fünf führenden Länder der jeweiligen Endenergiebereitstellung aus Biomasse sind in Tabelle 11 dargestellt (REN21, 2007).

Rang	Stromerzeugung	Wärmebereitstellung	Bioethanolproduktion	Biodieselproduktion
1	USA	China	USA/Brasilien	Deutschland
2	Brasilien	Indien		Frankreich
3	Philippinen	USA	China	Italien
4	Deutschland/ Schweden/ Finnland	Indonesien	Indien/Spanien	USA
5		Kanada		Tschechien

Tabelle 11: Internationale Rangfolge (REN21, 2007)

Die Biokraftstoffproduktion setzte sich im Jahr 2005 aus 33 Mrd. Liter Bioethanol und 3,8 Mrd. Liter Biodiesel zusammen. Die weltweite Aufteilung der Biodiesel- und Bioethanolproduktion sowie die Verteilung innerhalb Europas stellen die Abbildungen 29 und 30 dar. Demnach wurden im Jahr 2005 85 % der weltweiten Biodieselproduktion in den Staaten der EU erzeugt. In der Rangliste führte Deutschland vor Frankreich und Italien. Ebenfalls wächst der Anteil der Biokraftstoffe am europäischen Gesamtkraftstoffverbrauch kontinuierlich an, z. B. in Deutschland von 3,8 % in 2005 auf 6,6 % in 2006.

Auf den Märkten in Nord- und Südamerika wird hauptsächlich Bioethanol gehandelt, welches dort vor allem aus Zuckerrohr und Mais hergestellt wird. Sich derzeit rasch entwickelnde Märkte für Bioethanol stellen aber auch Asien und Europa dar.

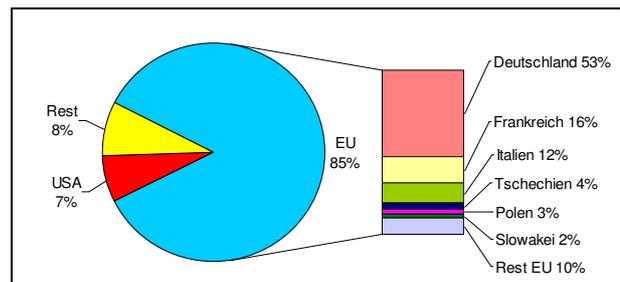


Abbildung 29: Kraftstoffmarkt für Bioethanol (BBE, 2007)

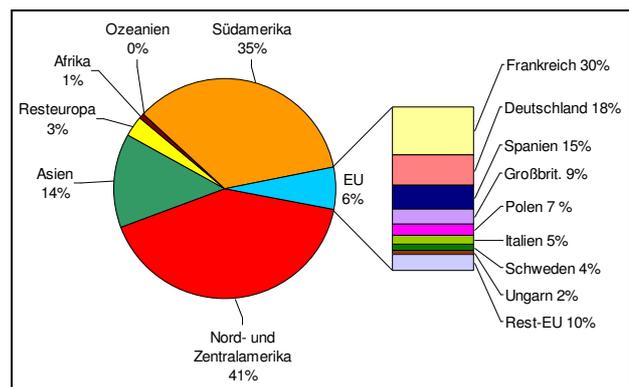


Abbildung 30: Kraftstoffmarkt für Biodiesel (BBE, 2007)

6.1.2 Marktstrukturen und –zusammenhänge

Nachfrage: Die Verringerung von Importabhängigkeiten, die Stabilisierung von Energiepreisen und die Notwendigkeit zur Reduktion schädlicher Klimagase, insbesondere im Straßenverkehr, bilden Triebkräfte für den Einsatz von Bioenergie im Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereich. Genaue Zielvorgaben finden sich z. B. im EU-Weißbuch, welches einen Biomasseanteil von 8,5 % zur Deckung des Primärenergiebedarfs in 2010 für die Länder der europäischen Union fest schreibt. Auf nationaler Ebene sind Festpreissysteme, Steuerermäßigungen und Quoten sehr wirksame Mittel zur Umsetzung von Zielvorgaben. In Schweden wird zudem noch eine CO₂-Steuer für Heizsysteme und eine NO_x-Gebühr für Kraftwerke mit hohen Emissionsraten erhoben. Einen weiteren Impuls zur forcierten energetischen Nutzung von biogenen Reststoffen liefern EU-Verordnungen, die das Deponieren von Abfällen und Reststoffen mit einem organischen Kohlenstoffgehalt von mehr als 5 % untersagen oder ein Verfütterungsverbot von tierischen Nebenprodukten aufstellen.

Das Wachstum der Biokraftstoffe ist in Europa eng an die Zielvorgaben der EU-Biokraftstoffrichtlinie gebunden, die einen Anteil von 5,75 % Biokraftstoffe am Kraftstoffmarkt in 2010 vorsieht. Darüber hinaus strebt die EU für 2020 einen verbindlichen Mindestanteil von 10 % Biokraftstoffe an. Die US-Regierung wiederum will den Benzinverbrauch um 20 % bis 2017 senken und die

Biokraftstoffproduktion in den nächsten 10 Jahren auf 132 Mrd. Liter verzehnfachen. Länder wie Island und Schweden wollen in Zukunft ganz ohne fossile Kraftstoffe auskommen.

Qualität des Heimatmarktes als „lead market“: Die aktuellen Rahmenbedingungen in Deutschland unterstützen die Entwicklung der Bioenergie-Branche prinzipiell in allen Bereichen der Endenergiebereitstellung. Auch wenn der Anteil der Bioenergie am nationalen Primärenergiebedarf nur 4,2 % in 2006 betrug, so lag ihr Anteil bezogen auf die Endenergiebereitstellung durch alle erneuerbaren Energien bei 70,8 %, wovon 41,4 % auf Biomassewärme, 19,7 % auf Biomassekraftstoffe und 9,7 % auf Biomassestrom entfielen (BMU, 2007).

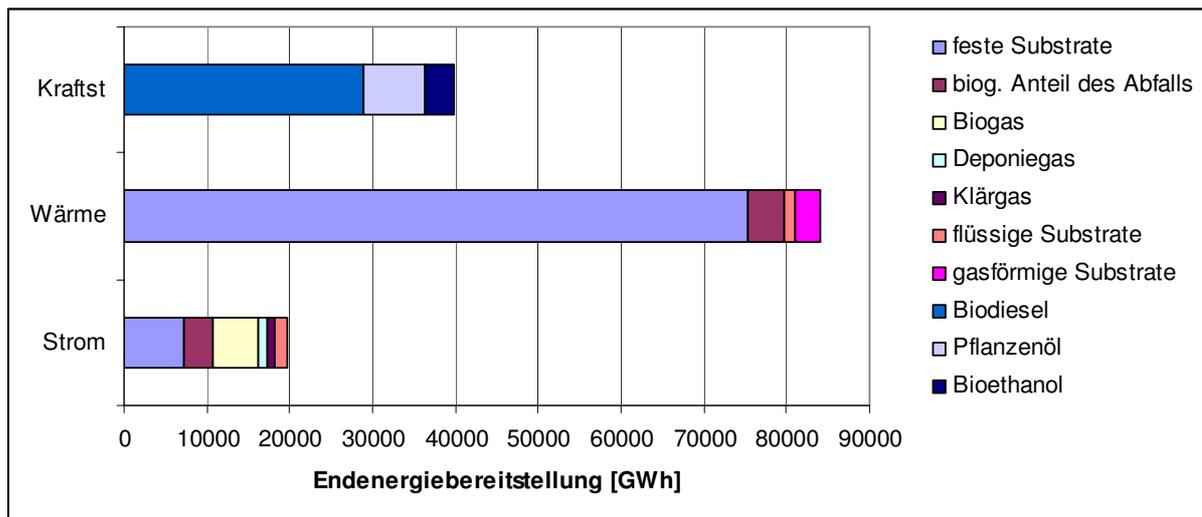


Abbildung 31: Anteile der biogenen Ausgangssubstrate an der deutschen Endenergiebereitstellung im Jahr 2006 (BMU, 2007)

Besonders durch die Novellierung des EEG in 2004 konnte sich der Markt für Strom aus fester Biomasse und Biogas beachtlich entwickeln. Die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo-Bonus max. 6 ct/kWh), der Einsatz innovativer Technik (Technologie-Bonus max. 4 ct/kWh) und die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme (KWK-Bonus max. 2 ct/kWh) erhöhen die Grundvergütung (max. 11,5 ct/kWh) auf bis zu 21,5 ct/kWh.

Im Jahr 2006 wurden in Deutschland 19,7 TWh durch Biomasseverstromung bereitgestellt, was ca. 27 % der Stromerzeugung aller Erneuerbaren ausmachte. Als Ausgangssubstrate dienten biogene Festbrennstoffe (36,5 %), Biogas (27,4 %), der biogene Anteil des Abfalls (18,2 %), flüssige Biobrennstoffe (8,1), Deponiegas (5,3 %) und Klärgas (4,5 %). Die durchschnittliche jährliche Steigerungsrate betrug zwischen 2002 und 2006 ca. +32 % (BMU, 2007). Im Jahr 2006 waren 2740 MWel an elektrischer Leistung installiert, entsprechend 8,9 % an der Gesamtleistung aller Erneuerbaren. Die Kraftwerksleistung zur Verstromung von Biomasse verteilte sich auf etwa 160 Biomasse(heiz)kraftwerke (900 MWel), die feste Biobrennstoffe einsetzen, ca. 3.500 Biogasanlagen (1.100 MWel) und 160 Pflanzenölkraftwerke (12 MW) (IE, 2007). Der starke Zuwachs auf dem Biogassektor ist durch höhere Einspeisevergütungen im Zuge der Novellierung des EEG entstanden. Dadurch werden zunehmend größere Anlagen von durchschnittlich 500 kWel und bis zu ganze Anlagenparks gebaut. Zu ca. zwei Drittel werden in diesen Anlagen nachwachsende Rohstoffe eingesetzt, was sich u. a. in Kostensteigerungen bei den Substraten äußert (BBE, 2007).

Die Wärmebereitstellung aus Biomasse wird durch das Marktanreizprogramm, das KWK-Gesetz und die KfW-Gebäudesanierung gefördert. Im Jahr 2006 wurden so insgesamt 84 TWh an Wärme aus Biomasse bereitgestellt, entsprechend 94,2 % der Wärmebereitstellung aller Erneuerbaren. Biogene Festbrennstoffe (89,6 %), der biogene Anteil des Abfalls (5,2 %), gasförmige Brennstoffe (3,6 %) und flüssige Brennstoffe (1,7 %) wurden als Ausgangssubstrate eingesetzt. Die durchschnittliche jährliche Steigerungsrate betrug zwischen 2002 und 2006 ca. +10 % (BMU, 2007). Etwa 9 Mio.

Kleinf Feuerungsanlagen mit einer Leistung von 50.000 MW waren in 2003 in deutschen Haushalten installiert. Die Zahl der Biomasseblockheizkraftwerke >500 kW beläuft sich derzeit auf ca. 1.100 Anlagen. In 2006 waren zudem 70.000 Pelletheizungen in privaten Haushalten installiert, die von ungefähren 300 Holzpelletshändlern beliefert werden. Die Produktionskapazität der insgesamt 44 Pellet-Produktionsanlagen wurde von 385.000 t in 2005 auf 1.300.000 t in 2007 gesteigert. 13 weitere Produktionsanlagen sind in Planung. Für 2007 wird eine Kapazität von 1,8 Mio. t erwartet (BBE, 2007).

Deutschland hat ab Januar 2007 mit dem Biokraftstoffquotengesetz eine Quotenregelung eingeführt. Demnach müssen dem Dieselmotorkraftstoff mindestens 4,4 % (cal.) FAME (Fettsäuremethylester) und dem Ottomotorkraftstoff mindestens 1,2 % (cal.) Bioethanol zugesetzt werden. Allerdings werden nun auf die beigemischten Biokraftstoffe die vollen Steuern erhoben. Für reinen Biodiesel und reines Pflanzenöl gilt eine Teilbesteuerung bis 2012. Die Kraftstoffe der „zweiten Generation“ wie BTL, Bioethanol aus Zellulose und B85 sind bis 2015 steuerfrei. Eine zunehmende Steuerlast für reinen Biodiesel und Pflanzenöl bei gleichzeitig steigenden Agrar-Rohstoffpreisen lassen um die Wettbewerbsfähigkeit der bestehenden Biokraftstoffanlagen fürchten. Aufgrund der so geschaffenen fehlenden Absatzmärkte für biogene Reinkraftstoffe in Deutschland wird zukünftig der Export von Biokraftstoffen eine zentrale Rolle spielen. Nachfolgend aufgeführte Eckdaten spiegeln den Einfluss der früheren Steuerbefreiung wieder.

Im Jahr 2006 wurden gut 40 TWh für den nationalen Kraftstoffmarkt bereitgestellt, und zwar ausschließlich aus Biomasse. Hierbei wurde neben Pflanzenöl (18,6 %) und Bioethanol (8,9 %) vornehmlich Biodiesel (72,5 %) angeboten. Die durchschnittliche jährliche Steigerungsrate zwischen 1998 und 2006 belief sich auf ca. +62 % (BMU, 2007). Die Biodieselproduktionskapazität betrug in 2003 noch 1,1 Mio. t, in 2006 waren es schon 3,6 Mio. t, für 2007 werden 4,8 Mio. t erwartet. Die Kapazitäten für die Bioethanol- und Pflanzenölproduktion zum Einsatz in Kraftfahrzeugen wurden seit 2005 stark ausgebaut.

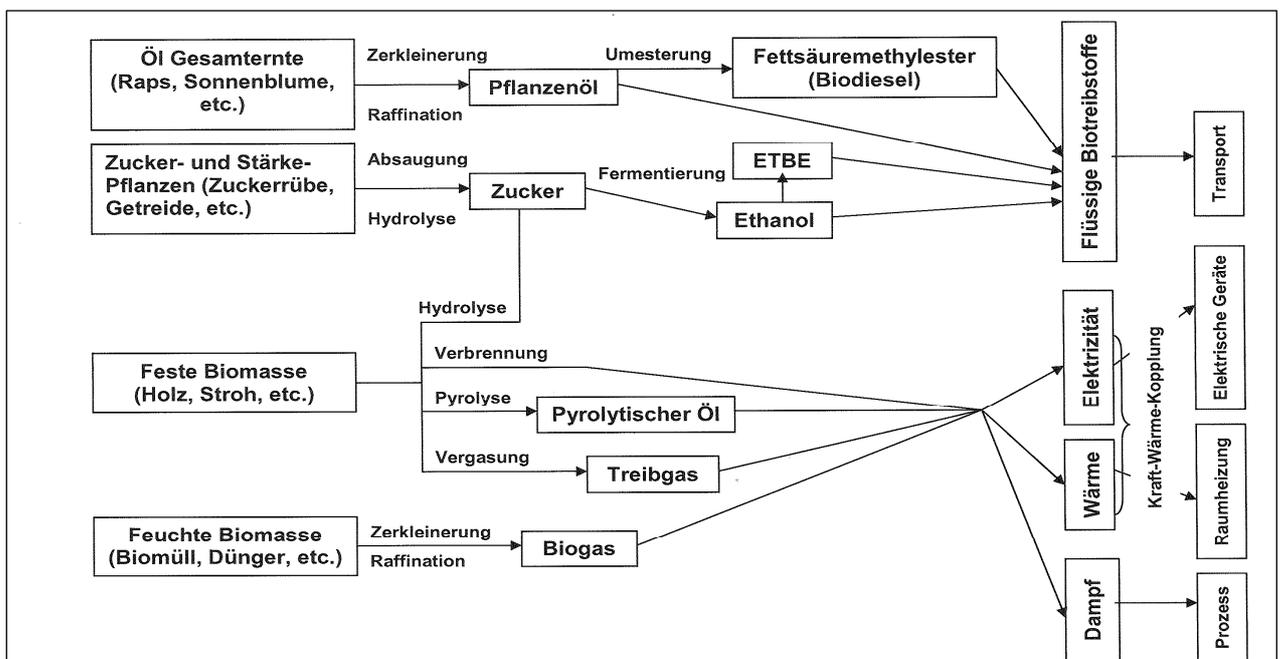


Abbildung 32: Umwandlungsprozesse biogener Stoffe (Siegmond, 2007)

Angebot: Aufgrund der unterschiedlichen biogenen Ausgangssubstrate und ihrer vielfältigen energetischen Verwertungsmöglichkeiten ergibt sich ein differenziertes Wertschöpfungssystem. Mögliche Wege bis zum Endverbraucher sind in Abbildung 32 dargestellt.

Ganz am Anfang der Wertschöpfungskette stehen die Land- und Forstwirte, die entweder gezielt Energiepflanzen oder Schellumtriebsgehölze wie Weiden und Pappeln anbauen oder die Weiterverarbeitung von organischen Abfällen und Nebenprodukten als alternative Verwertungsmöglichkeit nutzen. Dazu muss die Biomasse gesammelt, transportiert, bisweilen gelagert und aufbereitet werden. Durch thermische, physikalische, chemische oder biochemische Umwandlungsprozesse werden Änderungen des Aggregatzustands und damit der spezifischen Eigenschaften der Biomasse erzielt. Beteiligte Akteure sind hierbei Waldarbeiter, Transporteure, Hersteller und Betreiber von Ölmühlen, Pelletieranlagen, Sägewerken und Biogasanlagen.

Entsprechend ihrer Endenergienutzung wird generell zwischen dem Strom-, Wärme- und Kraftstoffmarkt unterschieden. Die Stromerzeugung erfolgt hauptsächlich dezentral in Holzkraftwerken (Strom), Holzheizkraftwerken (KWK), Biogasanlagen (Strom/KWK) oder Pflanzenöl-Blockheizkraftwerken (KWK).

Dabei kommen unterschiedliche Stromerzeugungstechnologien zum Einsatz, wie z. B. Dampfturbinen, Dampfmaschinen und ORC-Turbinen. Typische Wärmeabnehmer wie öffentliche Einrichtungen und Mehrfamilienhäuser sind über ein Nahwärmenetz angeschlossen. In Privathaushalten kommen eher Kleinanlagen zur Wärmebereitstellung, vorzugsweise Scheitholz-, Hackschnitzel- oder Pelletheizungen auch mit automatischer Beschickung, zum Einsatz.

In Fahrzeugen kann Biomasse in Form von Bioethanol, Biodiesel, Pflanzenöl oder Biogas als Reinkraftstoff oder additiv zum Einsatz kommen. Bei den sogenannten Flexible-Fuel-Vehicle (FFV) ermöglicht eine Einspritzanlage mit eingebauter Sensorik das Tanken von Benzin, Bioethanol oder auch Mischungen von beiden. Während der europäische Markt bisher auf Biodiesel ausgerichtet war, konnten deutsche Autobauer wie VW in Brasilien und USA beachtliche Marktanteile mit dem Verkauf von FFV erzielen. Mittlerweile werden auf dem europäischen Markt erste FFV von Herstellern wie Ford oder Saab angeboten.

Eine Auswahl von international tätigen Unternehmen der Bioenergiebranche zeigt Tabelle 12. Bei den Akteuren handelt es sich häufig um junge, kleine und mittelständische Unternehmen oder auch Tochterunternehmen multinationaler Konzerne. Auf der Nachfragerseite stehen die privaten Haushalte, Landwirte, Speditionen aber auch Mineralölkonzerne.

Bereitstellung der Roh- und Ausgangsstoffe	
Biomasseanbau, -lieferung	Landwirte, Holzbauern, Klärwerke
Säge-/Spaltmaschinen, Motorsägen, Hacker, Schredder-Hersteller	Stihl, BGU
Brikettier-/Pelletieranlagenhersteller	Tritec, Bühler, Amandus Kahl
Pelletsherstellung	German Pellets, CompacTec
Stromerzeugung	
Holzkraftwerke	Siemens, Lurgi, Standardkessel, KAB Takuma
Dampfturbinen, Dampfmaschinen, ORC-Turbinen	KK&K, Spilling, Aldavia, GMK
Biogasanlagen	Schmack, Biogas Nord, Xergi, G.A.S., Pro2, Lipp, Ökobit
Wärmeerzeugung	
Heizungen	HDG Bavaria, Wodtke, Paradigma
Filterhersteller	Balcke Dürr
Kraftstoffproduktion	
Kraftstoffhersteller/Ölmühlen	ADM (USA), Lurgi (D), Cimbria Sket (DK), Cargill (USA), Choren (D)
Automobilhersteller (Flex-Fuel)	VW (D), Ford (USA), General Motors (USA), Saab (S)
Flex-Fuel-Einspritztechnik	Bosch (D, Marktführer)
Beratung	Lahmeyer International (D)
Kraftwerksbetreiber	Stadtwerke, Investoren, Betreibergemeinschaften, Forstbesitzer, holzverarbeitende Industrie
Tabelle 12: Auswahl von Akteuren der Bioenergiebranche	

Die wesentlichen Trends gehen in Richtung größerer Anlagenleistungen aufgrund der Kostendegression und in Richtung Komplettanbieter aufgrund der Nachfrage am Markt. Die gleichzeitige Nutzung von Wärme und Strom ist ökonomisch sinnvoll (Vergütung, Eigenbedarf, Wirkungsgrad), setzt aber das Vorhandensein eines Nahwärmenetzes bzw. lokalen Wärmeabnehmers voraus. Ein großes Potenzial liegt zukünftig auch in der Einspeisung von aufbereitetem Biogas in die bestehende Gasinfrastruktur. So könnte das Biomethan für den Kraftstoffeinsatz und für Heizzwecke direkt an die Verbraucher verteilt werden. Komplettanbieter gehen dazu über, standardisierte Anlagen anzubieten. Ingenieurbüros bieten eher maßgeschneiderte Lösungen an. Insbesondere für kleinere Projekte im Ausland sind an die unterschiedlichen Gegebenheiten vor Ort (Ausgangssubstrate, Klima) angepasste Einzelsysteme sinnvoller.

Technologische Neuentwicklungen finden derzeit auf dem Gebiet der Umwandlung von zellulose- und ligninreichen Ausgangssubstraten zu Synthesegas statt, das u. a. weiter zu BtL-Kraftstoff verarbeitet werden kann. Sowohl das Forschungszentrum Karlsruhe als auch Choren Industries haben dazu entsprechende Verfahren entwickelt, die es ermöglichen, letztlich die gesamte Pflanze für die Kraftstoffproduktion nutzen zu können - im Gegensatz zu Ölfrüchten. In Schweden und den USA laufen zeitgleich Versuche mit der enzymatischen Erzeugung von Bioethanol aus Pflanzenresten und Gräsern. Auch im Hinblick auf etwaige Konkurrenten zur Nahrungsmittelproduktion oder Wasserknappheit in dem einen oder anderen Land ist eine möglichst effiziente Nutzung von Biomasse geboten. Eine positive Ökobilanz lässt sich insbesondere bei der intensiven Bewirtschaftung (Landmaschinen-, Pflanzenschutzmittel- und Düngereinsatz) von Raps und Bioethanol nur erreichen,

wenn die Transportwege kurz gehalten und die Reststoffe weiter energetisch verwertet werden. In Tabelle 13: Jahreserträge auf 1 Hektar Anbaufläche (Wüst, 2007) sind Möglichkeiten der Biokraftstoffherzeugung vergleichend dargestellt.

Biomasse	Biodiesel	Bioethanol	BtL-Diesel	Biogas
Jahresertrag/ha	1550 L	2560 L	4000 L	3560 L
Brennwert	1411 L Diesel	1690 L Liter Benzin	3720 L Diesel	4984 L Benzin
Hauptbestandteile	Raps, Ölpflanzen	Getreide, Zuckerrüben	Holz, Agrarpflanzen	Agrarpflanzen, Gülle, Biomüll

Tabelle 13: Jahreserträge auf 1 Hektar Anbaufläche (Wüst, 2007)

Bei der Firma Bosch wird schon am Tri-Fuel-Vehicle geforscht, das auch noch Biogas als Brennstoff nutzen kann. Weiterhin wird der Einsatz von effizienten Brennstoffzellen erforscht, die ihren Wasserstoff durch Katalyse, z. B. von Bioethanol, erhalten.

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt zumeist über Dampfturbinen, die einen elektrischen Wirkungsgrad von 12 bis maximal 20 % bei KWK-Betrieb haben. Hier und bei den Emissionen liegen Verbesserungsmöglichkeiten. Durch Kondensation der Rauchgase und Vortrocknung der Biomasse können die Wirkungsgrade gesteigert und die Emissionen durch einen kontinuierlichen Verbrennungsvorgang und Staubabscheidung reduziert werden. Weitere Maßnahmen sind die Entstickung und eine gestufte Luftzuführung, um einem erhöhten NO_x-Anstieg entgegenzuwirken. Zudem können Effizienzsteigerungen bei der Stromerzeugung durch die Kopplung von Vergasern mit Blockheizkraftwerken, Stirlingmotoren, Gasturbinen und ORC/Kalina-Prozessen erzielt werden. Eine Gasaufbereitung ist bei diesen Systemen zwingend erforderlich. Gleichzeitig spielt auch der Aufbau von Nahwärmenetzen eine zentrale Rolle. Auf diese Weise lassen sich Wirkungsgrade von bis zu 35 % erreichen (BMU, 2004).

Marktzusammenhänge: Der gegenwärtige Markt für die Bioenergie gestaltet sich entsprechend der vielen Nutzungsmöglichkeiten sehr heterogen. Die moderne Form der Biomassenutzung wird dabei hauptsächlich in den entwickelten Ländern betrieben. Die Bereitstellung von Strom und Wärme aus Biomasse hat schon einen fortgeschrittenen Stand der Marktdurchdringung erreicht (BMU, 2004). Bei der modernen Nutzung hat besonders die Verstromung von Biogas und Holz zugenommen. Bei den Kraftstoffen werden länderabhängig unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt (Biodiesel/Bioethanol).

Der Bioenergiemarkt ist aufgrund der biogenen Ausgangssubstrate eng mit dem Agrarmarkt verzahnt. Ertragseinbußen, Veränderungen im Anbau oder in der Regulierung der Agrarmärkte können die Produktion von Strom, Wärme und Kraftstoffen nachhaltig beeinflussen. Nicht nur die Konkurrenz zum Nahrungsmittelanbau spielt dabei eine wichtige Rolle, sondern auch die Konkurrenz zwischen den einzelnen Bioenergie-Marktsegmenten um die Ausgangsrohstoffe. Eine kurzfristige Änderung in der politischen Zielsetzung kann z. B. die Biokraftstoffherstellung begünstigen und gleichzeitig die Stromproduktion benachteiligen, da der Anbau an das angepasst wird, was die meiste Förderung erhält bzw. den meisten Umsatz generiert.

Um die zum Teil sehr ambitionierten Zielvorgaben zu erfüllen, sind die Industrieländer aufgrund ihres hohen Energiebedarfs häufig gezwungen auch Rohstoffe zu importieren. Dadurch erhält der Anbau von Energiepflanzen für den Export auch in zahlreichen Entwicklungs- und Schwellenländern eine hohe Attraktivität mit Chancen hinsichtlich der Entwicklung heimischer Agrarmärkte, als aber auch mit Risiken, wenn über die Erschließung zusätzlicher Anbauflächen vermehrt Druck auf sensible Ökosysteme ausgeübt wird und der Biomasseanbau nicht mehr den Nachhaltigkeitskriterien genügt. In der öffentlichen Wahrnehmung ist diesbezüglich exemplarisch importiertes Palmöl in den Blickpunkt

gerückt, welches jedoch weniger als Kraftstoff im Verkehrssektor eingesetzt wird, sondern überwiegend im stationären Bereich zur Strom- und Wärmeerzeugung Anwendung findet. Grundsätzlich gilt jedoch festzustellen, dass der Import und die Nutzung auch von Palmöl nicht per se gegen die Grundsätze der nachhaltigen Biomasseproduktion verstößt, sondern auch hier eine differenzierte Fall-zu-Fall-Bewertung vorgenommen werden muss. Da jegliche Biomasse in der EU-27 den umfangreichen Regelungen der Cross-Compliance unterliegt, trägt die Nutzung heimischer Rohstoffe dazu bei, Risiken einer nicht nachhaltigen Biomasseproduktion in Drittländern zu reduzieren.

6.2 Die deutsche Industrie im Bereich Bioenergie

6.2.1 Quantitative Eckdaten und Strukturmerkmale

Die deutschen Bioenergieunternehmen konnten in 2006 einen Gesamtumsatz von 9,1 Mrd. € erzielen, entsprechend 39,8 % am Gesamtumsatz aller Erneuerbarer. Etwa 1,52 Mrd. € stammen aus der Errichtung von Anlagen zur Wärmebereitstellung und 1,35 Mrd. € aus dem Bau von Anlagen zur Stromerzeugung. Weitere 1,42 Mrd. € wurden in Verbindung mit dem Verkauf biogener Festbrennstoffe zur Wärmebereitstellung, 1,58 Mrd. € in Verbindung mit dem Betrieb bestehender Stromerzeugungsanlagen und 3,24 Mrd. € mit dem Verkauf von Biokraftstoffen erzielt. Damit konnten im Vergleich zum Vorjahr 2,75 Mrd. € (+43 %) mehr umgesetzt werden. Für das Jahr 2007 rechnet die Branche mit einem durchschnittlichen Umsatzwachstum von 30 % einschließlich des Exports. Im Jahr 2006 war die Bioenergiebranche zum ersten Mal die beschäftigungsstärkste erneuerbare Energiebranche mit insgesamt 91900 Beschäftigten (Bruttobeschäftigungseffekt). Dies ist ein Plus von 35.200 Arbeitsplätzen (+62 %) im Vergleich zu 2004 (BMU, 2007).

Jahr	Gesamtumsatz		Investitionen in Neuanlagen		Umsatz aus Rohstoffverkauf und Betrieb		Beschäftigte	
	Mrd. €	Zuwachs	Mrd. €	Zuwachs	Mrd. €	Zuwachs	Anzahl	Zuwachs
2003	2,85		1,57		1,28			
2004	3,5	+23 %	1,75	+12 %	1,75	+37 %	56700	
2005	6,35	+81 %	2,8	+60 %	3,55	+103 %		
2006	9,1	+43 %	2,87	+2,5 %	6,23	+76 %	91900	+62 %

Tabelle 14: Entwicklung der deutschen Bioenergiebranche 2003-2006 (BMU, 2007)

Da der Bioenergiemarkt stark an den Agrarmarkt bzw. Holzmarkt gekoppelt ist, wird die zukünftige Entwicklung der Bioenergie maßgeblich von der Verfügbarkeit der biogenen Brennstoffe abhängen. Da biogene Reststoffe limitiert sind, gilt dies besonders für die Größe der verfügbaren Anbauflächen für Energiepflanzen.

In Deutschland standen im Jahr 2005 insgesamt 1,6 Mio. ha für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen bereit, was einem Anteil von mehr als 10 % an der deutschen Ackerfläche (ca. 12 Mio. ha) entspricht (Eichelbrönner, 2007). Laut einer Studie des Bundesumweltministeriums wird die verfügbare Anbaufläche für Energiepflanzen bis zum Jahr 2020 auf 3,4 Mio. ha geschätzt. Bis zum Jahr 2030 kann nach Angaben des BMU die Anbaufläche auf bis zu 4 Mio. ha erweitert werden, ohne in Konkurrenz mit den Belangen des Umwelt- und Naturschutzes zu treten. Dennoch wird man, um die politischen Zielvorgaben zu erreichen, um den Import von Rohstoffen nicht umhinkommen.

Vom Bundesverband BioEnergie e.V. werden zur Entwicklung der Bioenergiebranche die folgenden Angaben gemacht:

Marktanteil am Primärenergieaufkommen:	mindestens 10 % bis 2020 mindestens 15 % bis 2030
Marktanteil am Strommarkt:	16 %
Marktanteil am Wärmemarkt:	10 %
Marktanteil am Kraftstoffmarkt:	12 % (Anteile können variieren je nach Biomasseverwendung)
Technisches Potenzial Strom:	80-140 TWh/a biogene Festbrennstoffe 37-49 TWh/a Biogas
Technische Potenzial Wärme:	160 TWh/a
Technisches Potenzial Kraftstoffe:	9,5-24,3 TWh/a 4,1 Mio. t in 2010 (bei Umsetzung von 5,75 % EU-Vorgabe)
Arbeitsplätze:	200.000 neue Arbeitsplätze bis 2030

Tabelle 15: Prognosen für die Entwicklung der deutschen Bioenergiebranche (BBE)

Der Energiepelletverband prognostiziert 650.000 Holzpellettheizungen bis 2015. Laut dem Fachverband Biogas e.V. könnte Biogas in 2020 rund 17 % des Stromverbrauchs, 20 % des Gasbedarfs und 35 % des Verkehrsaufkommens abdecken, wenn das deutsche Flächenpotenzial optimal genutzt würde (Fachverband Biogas, 2007). Unter den genannten Voraussetzungen wird für die Biogasverstromung im Jahr 2020 eine installierte Leistung von 9.500 MWel (76 TWh) prognostiziert. In 2006 waren ca. 10.000 Menschen in der Biogasbranche beschäftigt. Für 2020 wird mit einer Steigerung auf 85.000 Arbeitsplätze gerechnet. Weiterhin wird eine Steigerung des Umsatzes durch den Anlagenbau von derzeit gut 1 Mrd. € auf 7,6 Mrd. € in 2020 erwartet. Gemäß der heutigen Vergütung durch das EEG könnte in 2020 unter optimalen Bedingungen ein Umsatz von 11 Mrd. € erzielt werden.

Bei den Unternehmen der Bioenergiebranche handelt es sich hauptsächlich um kleine und mittelständische Unternehmen. Daneben gibt es aber auch Großunternehmen aus den Bereichen Automobilherstellung und Anlagenbau, die hier auch in besonderem Maße Forschungs- und Entwicklungsarbeit leisten (vgl. auch Tabelle 15). Da der Bioenergiemarkt eng mit dem Agrarmarkt verknüpft ist, sind die die Biomasse erzeugenden Landwirte auch oft die Betreiber von Bioenergieanlagen zur Strom- und Wärmeproduktion. Biomasseheizkraftwerke werden vornehmlich von Unternehmen außerhalb der Energiewirtschaft betrieben, aber das Interesse von Energieversorgern und Stadtwerken nimmt insbesondere für >5 MWel-Anlagen immer mehr zu. Die typischen Heizungsbauer sind erst spät in den Pelletmarkt eingestiegen, kaufen jetzt aber zusehends Know-how durch Übernahmen ein.

6.2.2 Exportpotenzial und Exportorientierung im Bereich Bioenergie

Biomasse ist in fast allen Regionen der Welt nutzbar. Dadurch werden die Exportchancen prinzipiell als sehr gut eingestuft. In 2004 lag die Exportquote (Anlagen, Vorprodukte, Dienstleistungen, Exportanteil der Zulieferer) erst bei 7 % für Biogas/flüssige Biomasse bzw. 5 % für feste Biomasse (BMU, 2006). Langfristig kann durchaus eine Exportquote von 70 % erzielt werden (BBE, 2007). Für Biogas schätzt der Fachverband eine Exportquote von 15 % in 2007 und 30 % in 2020. Im Bereich Biogas-Anlagenbau ist in 2006 bereits eine Exportquote von 30 % zu verzeichnen (UBA, BMU, 2007).

Generell kann ein Großteil der Anlagen vor Ort hergestellt werden, was nicht nur die dortige Wirtschaftskraft stärkt, sondern auch im Hinblick auf die Transportkosten sinnvoll ist. Da aber die Anlagen sehr wartungsintensiv sind, bestehen sehr gute Chancen zur Vermarktung von

Serviceleistungen. Weiteres Know-how besteht in der Anlagen- und Verfahrenstechnik, Steuerungstechnik, Filtertechnologie, im Fermenterbetrieb und bei mikrobiologischen Prozessen.

Beim deutschen Biodieselmärkte wurden aufgrund der jahrelangen Steuerbefreiung große Produktionskapazitäten aufgebaut. Die neue Quotenregelung begrenzt nun den Bedarf des deutschen Marktes, so dass die vorhandenen Kapazitäten nicht mehr voll ausgenutzt werden können. Daher wird die Branche gezwungen sein, neue Absatzmärkte im Ausland zu erschließen.

Insbesondere Kraftanlagenbauer, Automobilhersteller und Hersteller von Biogas- und Kraftstoffanlagen konnten schon weltweite Exporterfolge verbuchen. Die kleinen und mittelständischen Unternehmen sind hingegen häufig mit der Bedienung des Heimatmarktes ausgelastet. Andererseits fehlt ihnen auch oft das finanzielle Budget, um ausländische Märkte erfolgreich zu erschließen.

Interessante Zielländer für Biodieselanlagen sind Indonesien und Malaysia und für Biogasanlagen die EU-Länder (Italien, Ungarn, Spanien, Benelux), Indien, USA und Kanada, die sich durch entsprechend langfristige politische Zielvorgaben und Fördermaßnahmen auszeichnen. Flex-Fuel-Vehicle wurden in der Vergangenheit bereits in den USA, Brasilien und Schweden abgesetzt. Mit weiteren lukrativen Märkten ist hier zukünftig, insbesondere in Europa, zu rechnen.

6.2.3 Internationale Wettbewerbsposition der deutschen Industrie

Bei den Anlagen- und Verfahrenstechniken zur Stromerzeugung aus Biomasse konnten sich deutsche Unternehmen insbesondere bei den Biogasanlagen zu den Marktführern entwickeln.

Sich stark entwickelnde Märkte für Holzpellets sind Nordamerika, Österreich, Deutschland, Italien, Skandinavien und die Beneluxstaaten, sowohl was die Produktion als auch die Nutzung angeht. Daneben entwickeln sich auch China oder Japan zu interessanten Märkten. Deutschland kann hier neben Österreich als Hersteller von Pelletieranlagen und Heizungssystemen zu den Marktführern gezählt werden.

Auch hinsichtlich der Kraftstoffproduktion und –einsatzmöglichkeiten gehört Deutschland mit zu den Technologieführern. Da aber im Ausland teilweise bessere Rahmenbedingungen herrschen, findet ein Know-how-Abfluss z. B. in Länder wie USA und Brasilien statt. Die Marktführerschaft der USA bei der Kraftstoffproduktion erklärt sich hauptsächlich durch den frühen Einstieg in den biogenen Kraftstoffmarkt. Die in den Fahrzeugen verwendete Einspritztechnik für die FFV stammt wiederum aus Deutschland.

6.2.6 Exporthindernisse

Die prinzipielle Risikoaversion deutscher Unternehmen ist auch in der Biomassebranche anzutreffen. Häufig mangelt es an Wissen über die Auslandsmärkte, insbesondere bzgl. Entwicklungsländer. Für die Umsetzung von Biomasseprojekten im Ausland müssen dabei sowohl die Agrarmärkte als auch die Energiemärkte bekannt sein, da diese in einem engen Zusammenhang stehen, was die Biomassennutzung angeht. Wichtige Informationen sind neben den allgemeinen Rahmenbedingungen auch, inwiefern eine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion besteht und ob es eine entsprechende Infrastruktur, z. B. für Biogas oder schnelle Transportwege, gibt, da z. B. Pflanzenöl nicht sehr lagerbeständig ist.

Aber auch Investoren haben bisher wenig Erfahrung mit der Energieerzeugung aus Biomasse. Insbesondere, wenn es darum geht, diese im Ausland unter den gegebenen Rahmenbedingungen zu betreiben. Staatlicher Protektionismus erschwert die Auslandsmarkterschließung noch zusätzlich.

Insgesamt mangelt es weniger an ausreichender Kapitalförderung, da viele Fördertöpfe für unterschiedliche Projektgrößen durchaus vorhanden sind, sondern eher an einer adäquaten Risikoabsicherung. Dabei geht es vorrangig um die Absicherung der Rohstofflieferungen, z. B. durch langfristige Lieferverträge, und eine ausreichende Anzahl von Anbietern auf dem Markt.

Es bestehen oft auch Defizite was Kenntnisse zur Sprache und Mentalität des möglichen Ziellandes anbelangen. Die Länderauswahl für den Export findet daher momentan eher durch interne Impulse statt, meist durch die Erfahrungen mit ausländischen Mitarbeitern und Praktikanten.

Schließlich besteht der allgegenwärtige Fachkräftemangel auch in der Bioenergiebranche, insbesondere wenn es um die Kombination von Ingenieurtechnologischen und mikrobiologischen Kenntnissen geht.

Zusammenfassung Bioenergie

Internationale Märkte und deutsche Industrie

- Das globale Potenzial ist beachtlich und wird noch wenig durch moderne Biomassennutzung erschlossen.
- Die Entwicklung der Bioenergienutzung wird weltweit forciert – in Deutschland durch EEG, MAP, KfW-Sanierung/Modernisierung, Steuervorteile, Quoten.
- Die Entwicklung auf dem Heimatmarkt ist in allen Bereichen (Strom, Wärme und Kraftstoff) als positiv anzusehen.
- Deutsche Unternehmen zählen - besonders was Anlagen- und Verfahrenstechnologien und mikrobiologische Prozesse betrifft - zu den führenden Unternehmen.
- Im Bereich Biogas ist ein Anstieg der Exportquote von 7 % (2004) auf 15 % (2006) zu verzeichnen. Im Bereich Biogas-Anlagenbau wird 2006 bereits eine Exportquote von 30 % erzielt.

Ausblick

- Entwicklungen:
 - Lieferungen von Komplettanlagen
 - Kopplung mit binären Systemen (Kalina)
 - Kraft-Wärme-Kopplung für Kleinanlagen
 - Holzvergasung durch schnelle Pyrolyse
 - Biomasse-Stirlingmotoren
 - Mikrogasturbine
 - BtL-Kraftstoff, Bioethanol aus Zellulose, Flexible Fuel Vehicle
 - Brennstoffzellen
- Zielländer: Europa, Südamerika, Afrika, Asien.
- Im Hinblick auf Nahrungsmittelkonkurrenten und Nachhaltigkeitsaspekte bei der Biomasseproduktion sind dem Zielland angepasste Lösungen anzubieten.
- Innerhalb der Exportinitiative findet derzeit keine strategische Herangehensweise bei der Auswahl der Zielländer statt.
- Die Komplexität der Branche wird von den Maßnahmen der Exportinitiative noch nicht ausreichend adressiert.

7. Wasserkraft

7.1 Internationale Märkte

7.1.1 Basisinformationen und Eckdaten

Mit einem Anteil von ca. 16 % ist die Wasserkraft die weltweit bedeutendste erneuerbare Energiequelle für die Stromerzeugung. Es handelt sich um eine technisch ausgereifte Technologie, die seit über 100 Jahren genutzt wird. Ihr großer Vorteil liegt in der stetigen Verfügbarkeit, ihrem hohen Wirkungsgrad und der Fähigkeit, Energie zu speichern. Damit leistet die Wasserkraft einen wichtigen Beitrag zur Deckung der Grundlast wie zur Netzstabilität.

Eine messbare Kostenreduktion während der vergangenen Jahre hat im Bereich der Wasserkraft nicht stattgefunden. Die Kosten für die Errichtung eines Wasserkraftwerkes werden im Wesentlichen durch die jeweiligen örtlichen Bedingungen der Baumaßnahmen beeinflusst (z. B. Zustand der bestehenden Anlagen, ökologische Anforderungen), so dass die spezifischen Investitionskosten sehr stark variieren können.

Bei Wasserkraftwerken unterscheidet man zwischen kleinen und großen Anlagen, wobei Kleinwasserkraftwerke bis zu 1 MW Leistung haben. Alle Anlagen über 1 MW Leistung gelten als große Wasserkraftwerke, die sich wiederum in Deutschland in 20 % Speicherkraftwerke und 80 % Laufwasserkraftwerke unterteilen.

Typisierung der Wasserkraftwerke:

- Kleinwasserkraftwerke: Diese Anlagen werden sowohl im Inselbetrieb als auch netzgekoppelt eingesetzt. Technisch handelt es sich hier ebenfalls um Speicher- oder Laufwasserkraftwerke, die aufgrund kleinerer Fallhöhen und Wassermengen aber nur geringere Leistungen liefern.
- Speicherkraftwerke: Speicherkraftwerke nutzen das hohe Gefälle und die Speicherkapazität von Talsperren und Bergseen zur Stromerzeugung. Beim Talsperren-Kraftwerk befinden sich die Turbinen am Fuß der Staumauer. Beim Bergspeicherkraftwerk wird ein in der Höhe liegender See über Druckrohrleitungen mit der im Tal liegenden Kraftwerksanlage verbunden. Speicherkraftwerke können sowohl zur Deckung der elektrischen Grundlast als auch im Spitzenlastbetrieb eingesetzt werden. Pumpspeicherkraftwerke werden nicht durch natürliche Wasservorkommen sondern durch aus dem Tal gepumptes Wasser aufgefüllt.
- Laufwasserkraftwerke: Laufwasserkraftwerke nutzen die Strömung eines Flusses oder Kanals zur Stromerzeugung. Charakteristisch ist eine niedrige Fallhöhe bei relativ großer Wassermenge. Die Anlagen werden aus wirtschaftlichen Gründen oft in Verbindung mit Schleusen gebaut.

7.1.2 Marktstrukturen und -zusammenhänge

Nachfrage: Im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien ist das Wachstum in Deutschland sehr gering. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass hier das technisch nutzbare Potenzial bereits zu einem großen Teil ausgeschöpft ist und die Vergütungssätze des EEGs die Stromerzeugungskosten in neuen Wasserkraftwerken nicht decken.

In Deutschland dürften insgesamt 7.000 Wasserkraftwerke in Betrieb sein. Davon finden sich über 4.000 in Bayern und 1.300 in Baden-Württemberg. Dabei handelt es sich überwiegend um Nicht-EVU-Anlagen. Etwa 85 % der installierten Leistung entfielen auf die 657 EVU-Anlagen, die im Schnitt zusammen etwa 20-25 TWh Strom pro Jahr erzeugen. Die im Jahr 2005 durch Wasserkraftwerke erzeugten 21,5 TWh Strom entsprechen etwa 3,5 % des gesamten deutschen Stromverbrauchs. Etwa 80 % der Stromerzeugung stammt aus Laufwasserkraftwerken, der Rest aus Speicherwasserkraftwerken und Pumpspeicherkraftwerken.

Die nebenstehende Tabelle 16 verdeutlicht die unterschiedliche Nutzung der Wasserkraft in den einzelnen Bundesländern. Insgesamt sind über 73 % des technisch nutzbaren Potenzials in Deutschland bereits erschlossen.

	technisch nutzbares Wasserkraftpotenzial	genutztes Wasserkraftpotenzial			
		> 1 MW		gesamt	
	[GWh/a]	[GWh]	[%]	[GWh]	[%]
Baden-Württ.	6.294	3.914	62,2	4.227	67,2
Bayern	14.400	11.403	79,2	12.315	85,8
Brandenburg/Berlin	101	4	4,1	4	4,4
Hessen	815	206	25,2	222	27,2
Mecklenburg-Vorp.	45	2	4,9	2	5,3
Niedersachsen	350	249	71,1	269	76,8
Nordrhein-Westfalen	700	349	49,9	377	53,9
Rheinland-Pfalz	1.500	902	60,2	975	65
Saarland	169	154	91,0	166	98,3
Sachsen	320	75	23,4	81	25,3
Sachsen-Anhalt	362	24	6,6	26	7,2
Schleswig-Holstein	ca.10	5	50,0	5	54
Thüringen	414	35	8,4	37	9,0
Deutschland gesamt	ca. 25.480	17.322	68,0	18.707	73,4

Tabelle 16 : Nutzung der Wasserkraft auf Landesebene (F. Staiß, 2007)

Während in Deutschland die Anzahl und Leistung der großen Anlagen seit 1990 fast konstant blieb, hat das 1991 eingeführte Stromeinspeisegesetz (seit 2000 Erneuerbare Energien Gesetz EEG) zu einer leichten Belebung beim Bau von Kleinwasserkraftwerken geführt. So erhöhte sich die insgesamt in Deutschland installierte Leistung schätzungsweise von 4.400 MW im Jahr 1990 auf 4.680 MW im Jahr 2005.

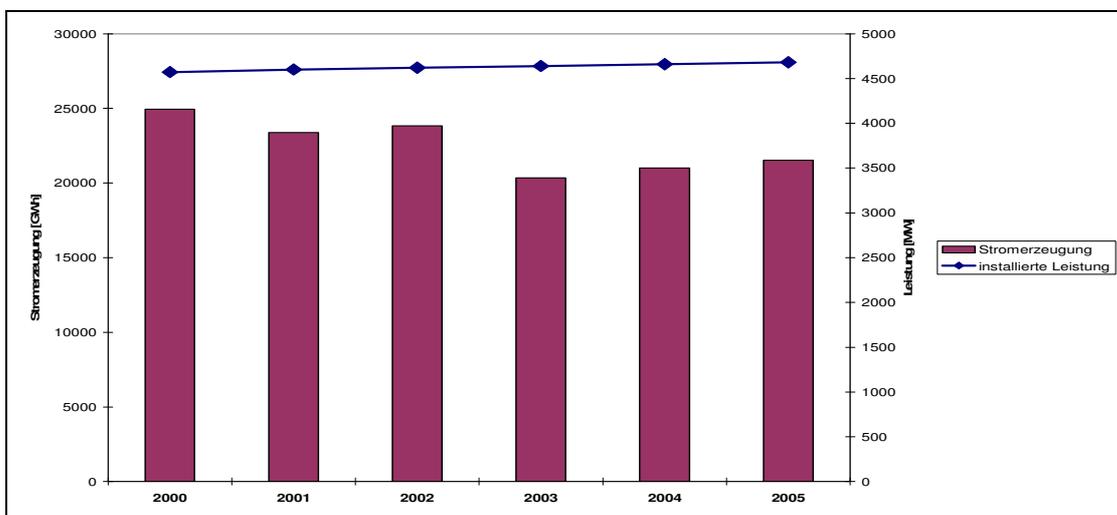


Abbildung 33: Installierte Leistung und Stromerzeugung aus Wasserkraft in Deutschland (F. Staiß, 2007)

Dies entspricht einer Steigerung der Gesamtkapazität um 100 MW im Zeitraum 2000 bis 2005. Im Vergleich dazu wurden in den Jahren 2000 bis 2005 Windenergieanlagen mit mehr als 12.000 MW zugebaut. Dies führte dazu, dass im Jahr 2004 schließlich mehr Strom aus Windenergie als aus Wasserkraft erzeugt wurde.

Auf Grund der begrenzten Nachfrage nach neuen Anlagen in Deutschland sind Hersteller von Wasserkraftanlagen sehr von der Entwicklung der Auslandsnachfrage abhängig. Bereits heute werden über 80 % der Umsätze der deutschen Hersteller von Wasserkraftwerken im Ausland erwirtschaftet. Die wichtigsten Auslandsmärkte sind China, Brasilien, Kanada und Zentralafrika.

Weltweit werden erst 25 % des wirtschaftlichen Potenzials genutzt. Damit ist international noch eine deutliche Steigerung der Nachfrage zu erwarten. Insbesondere in Asien, Südamerika und in Afrika gibt es noch große Potenziale und man kann davon ausgehen, dass diese in Zukunft auch zu einem großen Teil erschlossen werden.

Der Weltmarkt für die Wasserkraft wird demzufolge in Zukunft stark wachsen, da gerade in Schwellen- und Entwicklungsländern das Potenzial für die Wasserkraft noch sehr hoch ist, dort das Geld für den Import von Rohstoffen wie Öl, Gas oder Kohle fehlt und der Energiebedarf in diesen Regionen stärker steigt als in den OECD-Ländern.

Qualität des Heimatmarkets als „lead-market“: Die Nachfrage am Heimatmarkt spielt für die Entwicklung der Kompetenz und für die Reputation der deutschen Hersteller auf Grund des stark ausgeschöpften Potenzials eher eine nachrangige Rolle.

Die Nachfrage nach Wasserkraftwerken ist in Deutschland stark gesunken, da die Stromgestehungskosten über der Vergütung für die Wasserkraft durch das EEG liegen. Bei Kleinstanlagen mit einigen Kilowatt Leistung betragen die Stromgestehungskosten ca. 19ct pro kWh, der Vergütungssatz durch das EEG liegt hier bei 9,67ct pro kWh.

Außerdem belasten hohe Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie an die Durchgängigkeit flussabwärts für Sedimente, Geschiebe und Lebewesen die Baukosten für neue Wasserkraftwerke.

Die Modernisierung von Wasserkraftwerken dagegen rechnet sich mit dem aktuellen EEG. Auch hier liegt der Vergütungssatz bei 9,67ct pro kWh, doch die Stromgestehungskosten liegen meist darunter, so dass sich der Aufwand wirtschaftlich lohnt.

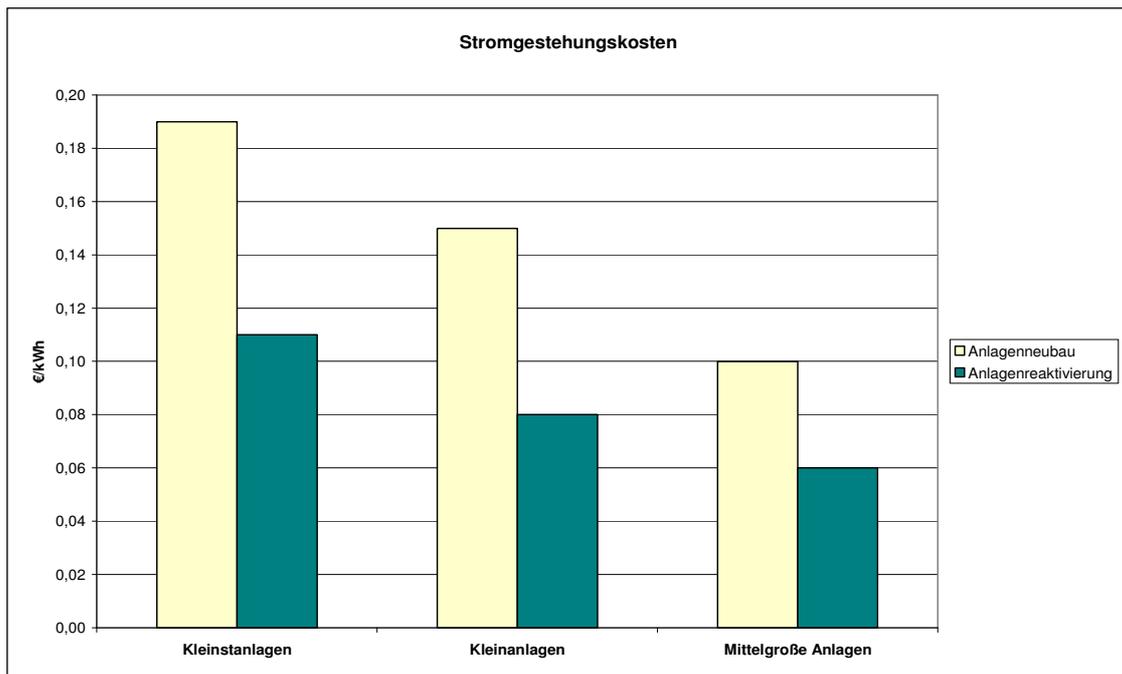


Abbildung 34: Stromgestehungskosten unterschiedlicher Anlagentypen (F. Staiß, 2007)

Angebot: Es gibt im Vergleich zu anderen Branchen der erneuerbaren Energien nur wenige Hersteller, die sich auf die Planung und den Bau von Wasserkraftwerken spezialisiert haben. Weltweit existieren vier namhafte Hersteller von großen Wasserkraftanlagen. Diese konzentrieren sich auf die Erschließung der Wasserkraft durch teilweise gigantische Anlagen (siehe China und Brasilien) in Asien, Afrika und Südamerika.

Aufgrund der vorangeschrittenen technologischen Reife sind grundlegend neue Entwicklungen für die Nutzung der Wasserkraft auf dem Festland eher nicht zu erwarten. Eine Ausnahme ist die von der Firma WICON in Österreich entwickelte Staudruckmaschine, bei der die Prinzipien von Wasserrad und Turbine kombiniert werden. Neben Kostenvorteilen verspricht dieses Konzept ökologische Vorteile, indem die in der EU-Wasserrahmenrichtlinie geforderte Durchgängigkeit flussabwärts für Sedimente, Geschiebe und Lebewesen hergestellt wird. Aktuell befindet sich die Staudruckmaschine in der Erprobungsphase.

Dagegen steht die Entwicklung bei der Nutzung der Meeresenergie (Wellen und Strömungen) direkt im Meer noch relativ weit am Anfang. Hier sind aufgrund der guten Unterstützung der britischen Regierung vor allem britische Unternehmen aktiv. Es gibt inzwischen erste Prototypen zur Nutzung dieser Energie. Das von dem britischen Unternehmen Ocean Power Delivery Ltd. OPD entwickelte Offshore-Wellenenergiekraftwerk PELAMIS oder das von dem ebenfalls britischen Unternehmen Marine Current Turbines Ltd. MCT entwickelte Meeresströmungskraftwerk „Seaflo“. Etwas fortgeschrittener sind die Entwicklungen von Wellenkraftwerken an Land, die die Wellenbewegung in eine nutzbare Luft oder Wasserströmung umsetzen.

Marktzusammenhänge: Der Markt für Wasserkraftanlagen ist im Vergleich zu Windkraft, Biomasse oder Solarenergie relativ überschaubar. Es gibt weltweit nur wenige Hersteller, die sich auf große Wasserkraftwerke spezialisiert haben. Etwas vielseitiger sind die Angebote für die sogenannte kleine Wasserkraft (Anlagengröße unter 1 MW). In Deutschland werden in diesem Segment pro Jahr etwa 20 MW Leistung zugebaut – ein sehr geringer Wert im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien.

Ausgerechnet der große Erfolg der Windenergie führt nun zu einer steigenden Nachfrage für die Wasserkraft als Lieferant von Regelleistung. Es lohnt sich, in Zukunft alte Pumpspeicherkraftwerke zu

modernisieren oder sogar neue zu errichten, um die Schwankungen im Windangebot auszugleichen oder bei hohem Strombedarf die Spitzenlast abzudecken.

7.2 Die deutsche Industrie im Bereich Wasserkraft

7.2.1 Eckdaten und Strukturmerkmale

Die Ermittlung quantitativer Eckdaten im Bereich der Wasserkraft ist relativ schwierig, da es – auch nach Aussagen des VDMA - zu wenige frei zugängliche Informationen dazu gibt. Dies gilt in einem noch stärkeren Maße für die Zuordnung zu einem bestimmten Jahr, da große Projekte über mehrere Jahre geplant und realisiert werden.

Schätzungsweise wurde in Deutschland im Jahr 2005 für den Ausbau, die Reaktivierung, Modernisierung und Erweiterung bestehender Anlagen ca. 50 bis 100 Mio. € investiert. In diesem Zeitraum gab es in Deutschland nur sehr wenige Neubauprojekte (z. B. Kraftwerk Kehl am Rhein 1,4 MW, Inbetriebnahme 2007, Investitionen 7,4 Mio. € oder Breisach, geplant 2,6 MW, Investition 6,6 Mio. €).

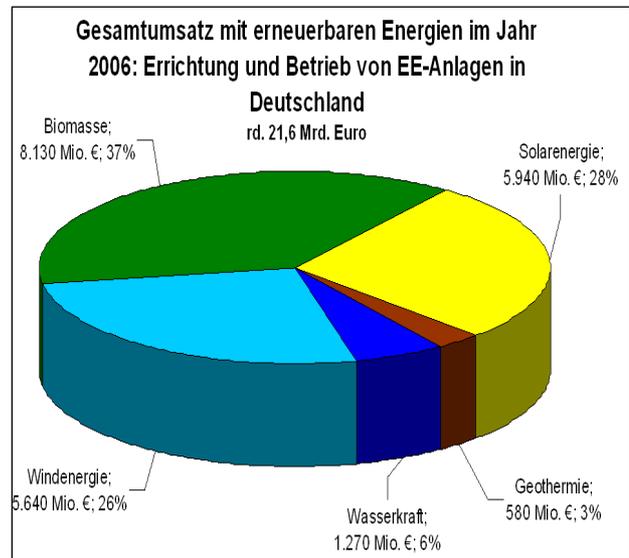


Abbildung 35: Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien im Jahr 2006 (BMU, 2007)

(Sehr viel höher ist der Umsatz, der aus dem Stromverkauf erwirtschaftet wird. Dieser belief sich in Deutschland im Jahr 2005 schätzungsweise auf über 1 Mrd. €.)

In Deutschland sind nach aktuellen Schätzungen etwa 10.000 Mitarbeiter im Bereich Wasserkraft beschäftigt. Im Jahr 2002 waren es noch 8.400, 2004 waren es ca. 9.500 (BMU, 2006).

Bezüglich der industriellen Strukturen unterscheidet sich die Wasserkraft-Branche gegenüber den anderen Branchen der erneuerbaren Energien. Dies liegt vor allem daran, dass es die Wasserkraft schon seit über 100 Jahren gibt und es sich – gerade bei der großen Wasserkraft – um eine etablierte Industriebranche handelt. Es gibt, wie bereits oben erwähnt, weltweit vier namhafte Hersteller von großen Wasserkraftanlagen. Größter Hersteller in Deutschland ist Voith Siemens Hydro mit einem Umsatz von ca. 600 Mio. € im Jahr. Daneben gibt es in Deutschland ca. 10 kleinere und mittlere Unternehmen, die Turbinen und andere Komponenten für Wasserkraftanlagen produzieren.

Außerdem gibt es einige Hersteller von kleinen Wasserkraftanlagen. Diese konzentrieren sich zurzeit eher auf das Geschäft im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit, da die Stromgestehungskosten aus kleinen Wasserkraftanlagen nur dort wirtschaftlich sind, wo gar kein Strom zur Verfügung steht. In sehr entlegenen Gebieten mit entsprechendem Wasservorkommen lohnt es sich, diese Anlagen zur Stromerzeugung zu installieren.

Die meisten deutschen Unternehmen sind im Ausland aktiv, andererseits drängen vermehrt Hersteller aus Österreich, der Schweiz, Frankreich, Tschechien und Polen auf den deutschen Markt.

7.2.2 Exportpotenzial und Exportorientierung

Das weltweite Auftragsvolumen schwankt zwischen 10.000 und 15.000 MW pro Jahr. Da die klassische Wasserkraft in Deutschland nur noch wenig Entwicklungspotenzial hat, liegt die Exportquote deutscher Hersteller in diesem Bereich bereits heute bei über 80 %. Die wichtigsten Auslandsmärkte sind China, Brasilien, Kanada und Zentralafrika. Zusätzlich liegen wichtige Zielländer des deutschen Exports nach wie vor in der EU.

Weitere Schwellenländer kommen als potenzielle Zielmärkte hinzu. Für Entwicklungsländer ist insbesondere die „kleine Wasserkraft“ relevant. Entsprechend sind auch die deutschen Hersteller von kleinen Wasserkraftwerken zunehmend exportorientiert, da die weltweite Nachfrage nach kleineren und damit leichter finanzierbaren Wasserkraftwerken steigt.

Die Perspektiven für die deutsche Wasserkraftbranche sind mit Blick auf das Ausland insgesamt sehr gut, weil international intensiv in den Ausbau der Stromerzeugungskapazitäten investiert wird und die Wasserkraft dabei eine große Rolle spielt. Gerade in Asien, Afrika und in Südamerika ist das noch nicht genutzte technische Potenzial besonders groß, wie auch die folgende Abbildung zeigt.

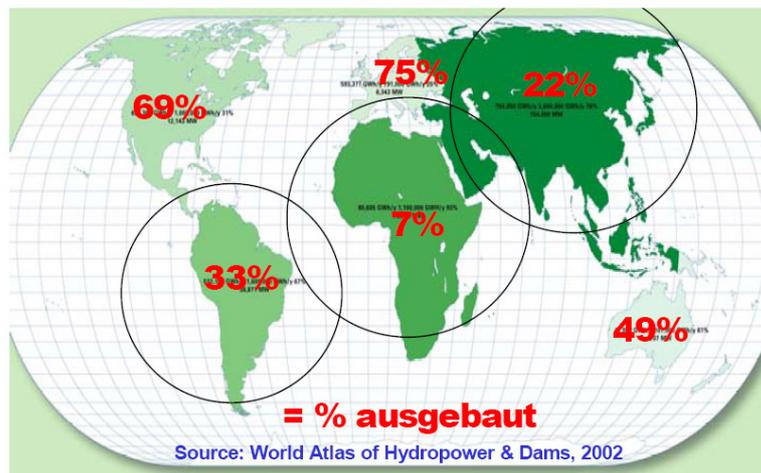


Abbildung 36: Ausbaupotenzial der technischen Nutzung der Wasserkraft weltweit (World Atlas of Hydropower & Dams, 2002)

7.2.3 Internationale Wettbewerbsposition der deutschen Industrie

Die deutsche Industrie ist auch auf dem Gebiet der Wasserkraft führend in der Welt. Dies gilt sowohl für den Bereich der Großwasserkraftwerke (z. B. Voith Siemens und VA-Tech – heute Andritz) als auch für den Bereich der kleinen Wasserkraft (z. B. Ossberger, Burger Wasserkraftanlagen, Wasserkraft Volk AG, KWT). Nicht umsonst kann sich die deutsche Wasserkraftbranche mit einem Exportanteil von über 80 % international gut behaupten.

7.2.4 Exporthindernisse

Im Falle der „großen Wasserkraft“ handelt es sich um Projekte etablierter Großunternehmen, deren Vorbereitungen und Verhandlungen sich über lange Zeiträume erstrecken, die eng mit politischen Entscheidungen verbunden und in der Regel auf höchster Ebene des Unternehmensmanagements und der Politik aufgehängt sind. Diese Anlagen werden zum größten Teil vor Ort produziert und damit an die lokalen Bedingungen angepasst. Das Engineering und einige Spezialteile kommen in der Regel aus Deutschland, Beton und Stahlteile stammen aus dem jeweiligen Land in dem die Wasserkraftanlage gebaut wird. Hier gibt es kaum Exporthindernisse, denen die Exportinitiative mit ihren gegenwärtigen Möglichkeiten begegnen kann.

Für die „kleine Wasserkraft“ dagegen gibt es einige bearbeitbare Exporthindernisse. Es ist weder wirtschaftlich, im Ausland neue Fertigungskapazitäten aufzubauen, noch die fertige Anlage über weite Strecken zu transportieren. Daher – und insbesondere auch im Hinblick auf die Finanzierung der Anlagen - sind die Hersteller kleinerer Anlagen auf die Zusammenarbeit mit Entwicklungshilfe-Trägern angewiesen.

Außerdem ist eine gewisse Planungssicherheit für die Finanzierung der Anlagen im Ausland notwendig. Hier spielen Einspeiseregulungen oder Abnahmegarantien für den erzeugten Strom durch die jeweiligen Stromversorger eine große Rolle.

Die Installation in sehr abgelegenen Gebieten wird teilweise durch die schlechte Infrastruktur, die in der Regel für den Schwerlastverkehr ungeeignet ist, sehr erschwert.

Zusammenfassung Wasserkraft
<p>Internationale Märkte und deutsche Industrie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedeutende erneuerbare Energiequelle (16 % der Stromerzeugung weltweit). • Technologisch insgesamt ausgereift. • Typisierung: Kleinwasser-, Speicher- und Laufwasserkraftwerke. • Industriestrukturen relativ etabliert und von Großunternehmen geprägt. Deutsche Industrie ist international hervorragend aufgestellt. • Marktpotenzial in Deutschland weitgehend ausgeschöpft, Dynamik am ehesten im Bereich Kleinwasserkraftwerke und in Verbindung mit Windkraftnutzung. • Internationale Märkte und Export sind extrem wichtig (Exportquote heute bereits 80 %).
<p>Ausblick</p> <ul style="list-style-type: none"> • Weltweit werden erst 25 % des wirtschaftlichen Potenzials genutzt. Zukünftig gute Exportmöglichkeiten liegen gerade auch in Schwellen und Entwicklungsländern. • Technologische Neuerungen: Staudruckmaschine, Nutzung der Meeresenergie (v. a. UK aktiv). • Für Entwicklungsländer sind insbesondere Kleinwasserkraftwerke interessant. Für die Realisierung ist eine Einbindung von Akteuren und Instrumenten der EZ erforderlich. • Instrumente der Exportinitiative können Unternehmen der „großen Wasserkraft“ kaum Mehrwert bieten (politische Großprojekte). • Unterstützung sollte sich auf „kleine Wasserkraft“ konzentrieren. Auch hier wäre ein eher strategisches Vorgehen wichtig.

8. Geothermie

8.1 Internationale Märkte

8.1.1 Basisinformationen und Eckdaten

Erdwärme entsteht zu zwei Drittel durch den Zerfall natürlicher radioaktiver Elemente wie Uran, Thorium und Kalium in Erdmantel und Erdkruste und zu einem Drittel durch die Wärmezufuhr aus dem ca. 5.000°C heißen Erdkern. Global gesehen ist die Geothermie die drittgrößte erneuerbare Energiequelle mit einem Anteil von 0,414 % am Welt-Primärenergieverbrauch bzw. 3,1 % an den weltweit genutzten Erneuerbaren. Im Zeitraum von 1990 bis 2003 betrug die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate +2,1 % (IEA, 2005).

Bei ihrer Nutzung wird allgemein zwischen oberflächennaher und tiefer Geothermie unterschieden. Wärmepumpen gekoppelt an Erdkollektoren, Erdwärmesonden, Energiepfähle oder Grundwasservorkommen stellen oberflächennahe Systeme (Maximaltemperatur 25°C, Maximaltiefe 400 m) dar, die für die Wärmenutzung oder auch saisonale Kälteerzeugung eingesetzt werden, was faktisch überall möglich ist.

Bei der Tiefengeothermie differenziert man Regionen mit und ohne vulkanische Aktivität im Untergrund. In Hochenthalpie-Regionen werden schon lange Trockendampfsysteme und Nassdampf-/Heißwassersysteme zur Stromproduktion ab ca. 175°C eingesetzt (GTN, 2003). Diese Form der Nutzung ist allerdings an die Grenzen der Lithosphärenplatten und vereinzelter Hotspots gebunden, welche nur ca. 5 % der Erdoberfläche ausmachen. In mehr als 95 % müssen die überall vorhandenen geothermischen Ressourcen mit anderen z. T. noch zu entwickelnden Methoden erschlossen werden. Eine Möglichkeit stellen Niederenthalpie-Regionen dar, in denen die in den wasserführenden Schichten des Untergrundes gespeicherte Erdwärme (Aquifere von 25 bis >100°C, Thermalquellen ab 20°C) genutzt werden können. Diese hydrothermalen Energiequellen dienen bisher hauptsächlich der direkten Gewinnung von Wärme. Im zunehmenden Maße werden nun binäre Wärmeaustauschverfahren eingesetzt, die keinen Wasserdampf als Arbeitsmittel verwenden und mit denen Strom schon ab 100°C effizient erzeugt werden kann. Mit petrothermalen Systemen kann man die im Gestein selbst gespeicherte Erdwärme nutzen. Beim sogenannten Hot-Dry-Rock-Verfahren (HDR) zirkuliert Fremdwasser in einem geschlossenen Kreislauf zwischen dem künstlich geschaffenen unterirdischen Wärmetauscher und dem oberirdischen Kraftwerksteil. Mit dem derzeitigen Stand der Bohrtechnik kann so Erdwärme in bis zu 5.000 Metern Tiefe und bis zu 200°C erschlossen und für die Stromproduktion verwendet werden.

Die Marktreife geothermischer Energietechnologien stellt sich sehr unterschiedlich dar. So bestehen schon langjährige Erfahrungen in der kommerziellen Stromproduktion und Wärmebereitung in den weltweiten Hochenthalpie-Regionen. Deren Nutzung kann zwar in den nächsten Jahren in Ländern mit entsprechenden Vorkommen noch weiter ausgebaut werden, aber eindeutig größere Relevanz für den Weltmarkt hat langfristig gesehen die Nutzung der Niederenthalpie-Regionen. So konnte bereits der Markt für oberflächennahe Systeme in jüngster Zeit ein exponentielles Wachstum in einigen Ländern aufzeigen. Die Marktentwicklung der Tiefengeothermie in Niederenthalpie-Regionen steht aber noch größtenteils am Anfang. Hydrothermale Anlagen sind heute an geologisch günstigen Orten vorzufinden und liefern zumeist Wärme für an Fernwärmenetze angeschlossene Siedlungsräume. Internationale Projekte, in denen das HDR-Verfahren als standortunabhängige Möglichkeit der Stromproduktion untersucht wird, liefern bislang z. B. in Los Alamos (USA), Hijiori (J), Soultz-sous-Forêts (FR) und Bad Urach (D). Im Cooper Basin (Australien) wird derzeit am größten HDR-Projekt gearbeitet, das in der ersten Ausbaustufe aus 8 unterirdisch vernetzten Bohrungen und einem 40 MWel-Kraftwerksblock besteht und letztlich ca. 200-300 MWel installierter Leistung umfassen soll.

Seit 1990 wurden die weltweiten Stromerzeugungskapazitäten jährlich um 3 bis 4 % ausgebaut. Die installierte Kraftwerksleistung steigerte sich seitdem von 5.832 MWel auf insgesamt 9.700 MWel in 2005 (vgl. Abbildung 37). Die Anzahl der produzierenden Länder nahm im gleichen Zeitraum von 18 auf 24 leicht zu. Die weltweite Stromproduktion betrug 5,3 TWh in 2005.

Das führende Land, gemessen an der installierten elektrischen Leistung, ist seit 1990 die USA. Im Jahre 2005 wurden dort mit 2.687 MWel an installierter Leistung ca. 0,4 % des amerikanischen Strombedarfs gedeckt. In Kalifornien befindet sich auch der weltweit leistungsstärkste Geothermiekraftwerkspark „The Geysers“ mit 900 MW. Nach den USA folgen die Philippinen mit 1.970 MWel, Indonesien mit 992 MWel und Mexiko mit 953 MWel. An fünfter Stelle befindet sich Italien als gleichzeitig führendes europäisches Land mit 811 MWel. Italien verfügt dabei im Vergleich zu anderen europäischen Ländern über sehr gute geologische Bedingungen und langjährige Erfahrungen in der Nutzung von Hochenthalpiefeldern. In der Toskana (Larderello) steht auch das älteste Geothermiekraftwerk (1913) mit einer aktuellen Leistung von 545 MW (IGA, 2007).

Die größten jährlichen Zuwachsraten zwischen 2000 und 2005 konnten Island (+20 %) und Indonesien (+11 %) verzeichnen. Die jährliche Wachstumsrate in den USA betrug nur knapp +4 %. Für das Jahr 2010 wird eine weltweit installierte Leistung von 13.500 MWel in 46 Ländern prognostiziert (GEA, 2007). Laut WEA könnte das weltweite Wachstum sogar auf 9 %/Jahr ansteigen und so im Jahr 2020 ca. 58.000 MWel erreichen (BMU, 2004). Für Deutschland kann eine zukünftige Kapazität von 30-35 MWel erwartet werden, legt man die planmäßige Inbetriebnahme von bis zu 7 weiteren Kraftwerken bis 2010 zugrunde.

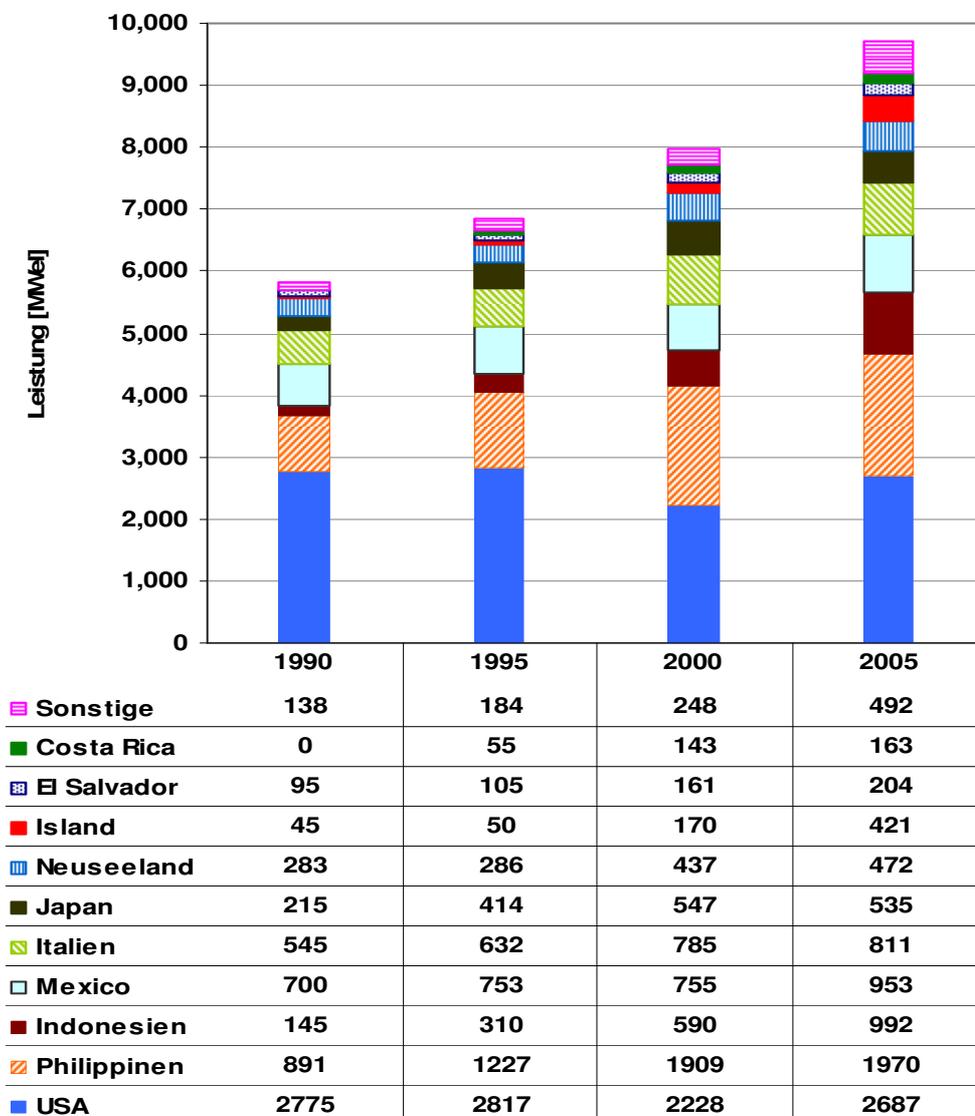


Abbildung 37: Weltweit installierte elektrische Leistung von 1990 bis 2005 und Top 10 Länder (IGA, 2007)

Weltweit gesehen hat die direkte Nutzung von Erdwärme in den letzten 10 Jahren mit einer jährlichen Wachstumsrate von 6,3 % zugenommen. Während in 1995 insgesamt 8.604 MWth in 28 Ländern installiert waren, waren es in 2005 schon 27.825 MWth in insgesamt 71 Ländern (vgl. Abbildung 38). Damit wurden in 2005 ca. 70 TWh weltweit erzeugt. Bei der direkten Nutzung von Erdwärme entfielen ca. 57 % auf Wärmepumpen, 18 % auf Balneologie und Badeeinrichtungen, 15 % auf die Raumheizung, 5 % auf Gewächshäuser, 2 % auf industrielle Prozesswärme und weitere 2 % auf die Beheizung von Aquakulturen (IGA, 2007; Lund, 2000; Lund et al., 2005).

In der Rangfolge der 5 wichtigsten Länder standen die USA in 2005 mit einer Kapazität von 7.817 MWth an erster Stelle vor Schweden (3.840 MWth) und China (3.687 MWth). Wenn es allerdings um die gesamte Energiebereitstellung geht, nahmen die USA mit 8.678 GWh/a nur den dritten Platz hinter China (12.605 GWh/a) und Schweden (10.000 GWh/a) ein (s. Tabelle 17). Die vorhandenen Kapazitäten in den USA werden derzeit nur zu 13 % genutzt, hingegen in China zu fast 40 % und in Schweden zu 30 %. An vierter Stelle stand Island als führendes europäisches Land mit einer Kapazität von 1.791 MWth. In 2005 wurden hier bei einer Kapazitätsauslastung von 42 % insgesamt 6.615 GWh erzeugt. Weitere wichtige europäische Länder sind Dänemark, Ungarn, Italien und die Schweiz. Deutschland belegte den 10. Platz mit einer installierten Leistung von 505 MWth und einer Energiebereitstellung von 808 GWh (Kapazitätsfaktor von 0,18) in 2005 (Lund et al., 2005).

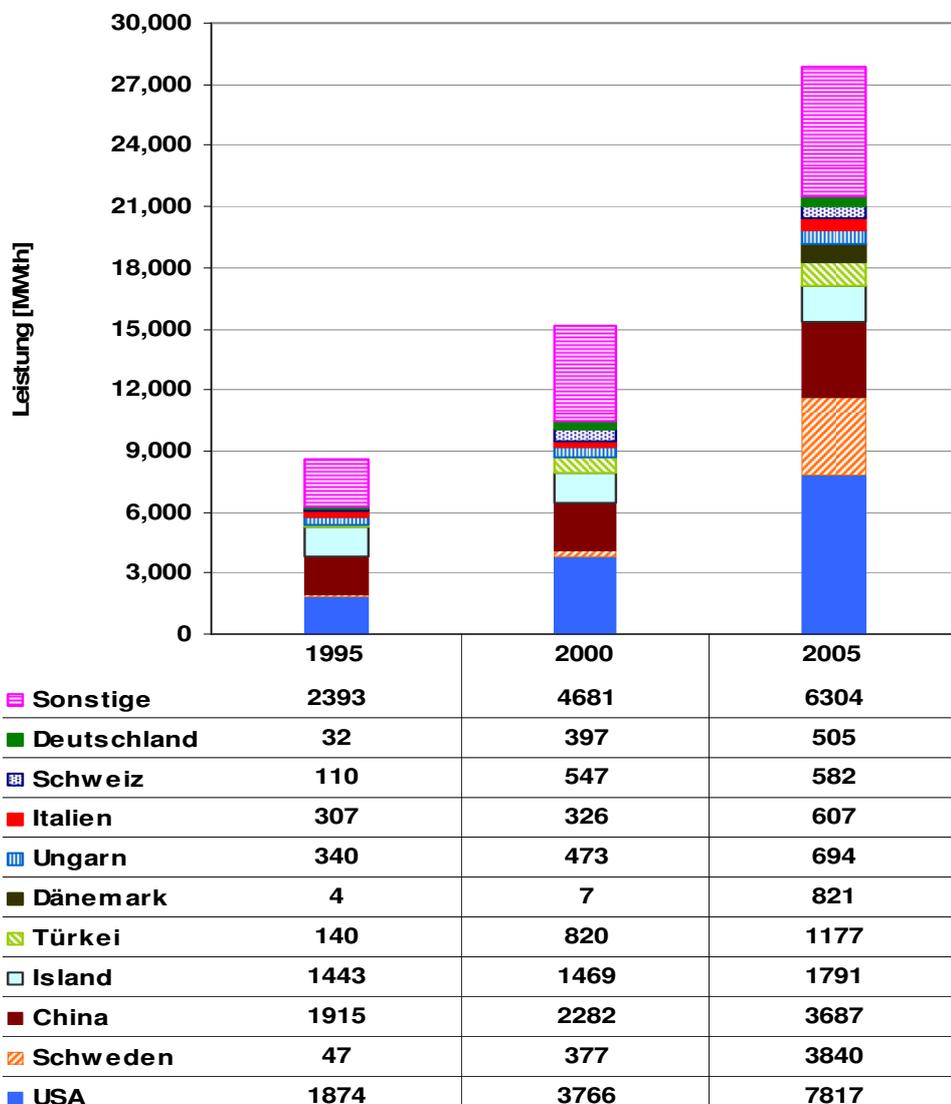


Abbildung 38: Weltweit installierte thermische Leistung von 1995 bis 2005 und Top 10 Länder (IGA, 2007; Lund et al., 2005)

Die größten jährlichen Wachstumsraten von 2000 bis 2005 wiesen die skandinavischen Länder Dänemark (+157 %), Norwegen (+137 %) und Schweden (+59 %) auf. Die Wachstumsrate in Deutschland betrug im gleichen Zeitraum nur knapp +5 %, in den USA ca. 16 % und in China 10 %. Die weltweite direkte Nutzung von Erdwärme wird in 2010 voraussichtlich auf ca. 40.000 MWth steigen (Lund, 2000a). Für Deutschland wird bei einem Zubau von bis zu 15 weiteren Heizkraftwerken bis dahin eine Kapazität von ca. 230 MWth (einschließlich Wärmepumpen ca. 1,5 GWth) prognostiziert.

Rang	installierte Leistung	Energiebereitstellung	Verhältnis Leistung/Fläche	Verhältnis Leistung/Einwohner	Verhältnis Energie/Fläche	Verhältnis Energie/Einwohner
1	USA	China	Dänemark	Island	Island	Island
2	Schweden	Schweden	Island	Schweden	Israel	Schweden
3	China	USA	Schweiz	Dänemark	Schweiz	Neuseeland
4	Island	Island	Schweden	Norwegen	Dänemark	Georgien
5	Türkei	Türkei	Ungarn	Schweiz	Georgien	Dänemark

Tabelle 17 : Rangfolge der 5 wichtigsten Länder im Bereich geothermische Wärmebereitstellung in 2005 (Lund et al., 2005)

Entsprechend einem Anteil von 56,5 % an der weltweit installierten Leistung zur direkten Nutzung von Geothermie betrug die globale Wärmepumpenkapazität 15.723 MWth im Jahre 2005 (6.849 MWth in 2000, 1.854 MWth in 1995). Damit wurden insgesamt 86.673 TJ (Kapazitätsfaktor 0,17) im selben Jahr produziert. Während im Jahr 2000 Wärmepumpen in 26 Ländern installiert wurden, waren es in 2005 32 Länder. Es wird davon ausgegangen, dass mit rund 1,3 Mio. Einheiten (12 kWth als Leistungsgröße angenommen) gegenwärtig die meisten Wärmepumpen in nordamerikanischen und westeuropäischen Haushalten installiert sind, was mehr als einer Verdoppelung gegenüber 2000 entsprechen würde (Lund et al., 2005).

Im Vergleich der leistungsstärksten Länder führten in 2005 die USA (7.200 MWth) vor Schweden (3.840 MWth), Dänemark (800 MWth) und China (631 MWth). Länder mit sehr hohen Zuwachsraten sind Deutschland (+113 %), die Schweiz (+15 %), Kanada (+10 bis 15 %) und die USA (+ 11 %). In Schweden liegt der Marktanteil bei neu gebauten Einfamilienhäusern schon bei 90 %. Aufgrund hoher Öl- und Gaspreise, geringer Anschaffungskosten und hoher Steuern auf alle Energieträger haben sich die Wärmepumpen bereits nach 3-5 Jahren amortisiert. Mittlerweile besteht in Schweden sogar eine Einsatzpflicht für Neubauten. Staatliche Unterstützung gibt es in Form von Zuschüssen, zinsgünstigen Darlehen und Steuervorteilen (BBT, 2007). In der Schweiz werden in 36 % aller Neubauten Wärmepumpen installiert (FVS, 2005). Die aktuelle Entwicklung in Frankreich ist, ähnlich der in Deutschland, von einer exponentiellen Zunahme an Neuinstallationen in den letzten 5 Jahren geprägt.

Rang	Land	Leistung [MWth]	Wärmepumpenanzahl
1	USA	7.200	600.000
2	Schweden	3.840	275.000
3	Dänemark	800	43.250
4	China	631	k.A.
5	Schweiz	532	30.000
6	Norwegen	450	13.000
7	Kanada	432	36.000
8	Deutschland	400	30.000
9	Österreich	300	25.000
10	Finnland	260	40.000

Tabelle 18: Länderrangfolge bzgl. geothermische Wärmepumpenanwendung (Lund et al., 2005)

8.1.2 Marktstrukturen und -zusammenhänge

Nachfrage: Die weltweit angestiegenen Preise für Rohöl und Gas führen dazu, dass sich viele Länder nach preiswerten und planungssicheren Alternativen umschauchen. Aber auch Umweltverschmutzung und Importabhängigkeit sind treibende Kräfte für einen verstärkten Ausbau von erneuerbaren Energien. Laut REN21 (2007) wurden in 2005 weltweit 2,7 Mrd. \$ in die Geothermienutzung investiert, was etwa 7 % aller Investitionen in Erneuerbare entspricht.

Die Länder setzen sich dabei unterschiedliche Ziele für den Ausbau von Geothermie. Ergänzend zur Darstellung der internationalen Märkte in 7.1.1. wird nachfolgend noch vertiefend auf die Entwicklung wichtiger Zielmärkte eingegangen.

In *China* erzwingt neben dem starken Bevölkerungswachstum und dem damit verbundenen steigenden Energiebedarf auch die hohe Umweltbelastung durch die Kohlenutzung die Erschließung anderer Energiequellen. Das Ziel lautet 16 % Erneuerbare an der Primärenergieversorgung bis 2020. Laut der National Development and Reform Commission (NDRC) könnten die geothermischen Kapazitäten von derzeit 45 MWel auf 75-100 MWel in 2010 und auf 250 MWel in 2020 ausgebaut werden. Bei der Wärmenutzung wird ein Anstieg von 1,1 Mtce auf 8 Mtce in 2020 prognostiziert. Derzeit gibt es zwar ein an das deutsche EEG angelehntes Einspeisegesetz, aber keine langfristigen festen Einspeisevergütungen für Geothermie oder spezielle Geothermieförderprogramme.

Der neuerliche Aufschwung der Branche in den *USA* ist vor allem dem Energy Policy Act aus dem Jahre 2005 geschuldet, der der Geothermie Steuervergünstigungen (Production Tax Credits) und zusätzliche Forschungsgelder eingebracht hat. Politische Zielvorgaben variieren zwischen den Bundesstaaten. So ist z. B. Kalifornien bestrebt, bis 2020 einen Anteil von 33 % Erneuerbare an der Stromerzeugung zu haben. Derzeit befinden sich 11 Geothermieprojekte in 5 Bundesstaaten mit einer Leistung von 251 MWel in der Realisierung (GEA, 2007).

Auf den *Philippinen* werden ca. 22 % der nationalen Stromerzeugung mit Geothermie abgedeckt. Um die Abhängigkeit von Importen zu verringern, hat das philippinische Energieministerium weitere Explorations- und Entwicklungsprojekte in diesem Bereich ausgeschrieben. Bis Ende 2014 sollen die bestehenden Kapazitäten um ca. 860-1.200 MWel erweitert werden. Das gesamte Potenzial wird auf 4.790 MWel geschätzt. (bfai, 2007)

In *Indonesien* sind finanzielle Anreize in Form von Steuererleichterungen gegeben. Die weiterhin bestehenden Rechtslücken und Rechtsunsicherheiten dämpfen jedoch die ausländischen Investitionen. Das gesamte geothermische Potenzial wird auf 20.000 MWel geschätzt, wovon bis 2025 gut 9000 MWel erschlossen werden sollen. Die Regierung hat dazu in einem ersten Schritt 13 geeignete Standorte ausgewählt (bfai, 2007).

Italien ist Europas größter Stromimporteur. Das Ziel für 2010 lautet 25 % Anteil Erneuerbare an der Stromproduktion (14,1 % in 2005). Entsprechend versucht Italien, die großen vorhandenen geothermischen Potenziale in Höhe von 5.000 TWh noch besser zu nutzen. Ein Quotenmodell mit handelbaren Zertifikaten soll einen Anteil von ca. 3 % Erneuerbare am Strommix gewährleisten (Renertec, 2004).

Islands Ziel ist es, bis 2050 komplett auf fossile Energiequellen zu verzichten. Aufgrund der besonders günstigen geologischen Bedingungen und einer gezielten Förderung ist es Island gelungen, einen Anteil von 100 % Erneuerbare (davon 19 % Geothermie in 2005) am Strommix zu erreichen und mehr als 90 % der Haushalte an ein Fernwärmenetz anzuschließen (OS, 2007).

Bis zum Jahr 2020 soll in *Europa* (EU-25) ein Anteil von 20 % Erneuerbare am Primärenergieverbrauch und bis 2010 ein Anteil von 21 % Erneuerbare an der Strombereitstellung erzielt werden. Laut dem Weißbuch der europäischen Kommission soll die geothermische Stromkapazität auf 1 GWel in 2010 bzw. 2 GWel in 2020 ansteigen. Mit ca. 850 MWel installiert in 2007 wird dieses Ziel höchstwahrscheinlich erreicht werden. Für den Wärmebereich lauten die Ziele 5 GWth in 2010 (EU-Weißbuch) und 25 GWth in 2020 (EGEC). Ende 2006 waren davon schon ca. 9 GWth an installierter Leistung erreicht (EGEC, 2007). Finanzielle Unterstützung finden derzeit länderübergreifende Verbundforschungsprojekte wie das Geothermie-Netzwerk ENGINE (Programm „Zusammenarbeit“, „Energie“) und Verbreitungsaktivitäten in Form von Planungsarbeiten,

Machbarkeitsstudien, Testphasen und Werbeaktionen (Programm „Intelligente Energie – Europa II“/ „ALTENER“). Über das sektorale Programm "Industrie und Unternehmen" des europäischen Strukturfonds werden auch Fördergelder zum Ausbau regenerativer Energiequellen insbesondere für osteuropäische Länder zur Verfügung gestellt.

Die *Weltbank* fördert derzeit Geothermieprojekte in Afrika, Europa und Asien. Ab 2008 soll mit dem Programm ARGEO (African Rift Geothermal Facility) die Geothermienutzung in sechs Ländern rund um den ostafrikanischen Grabenbruch Unterstützung finden, wo ein Potenzial von 6,5 GW vermutet wird. Weiterhin gibt es im Rahmen des GEOFUND (GEF Geothermal Energy Development Fund) einen Zuschuss für Geothermieprojekte in wirtschaftsschwachen Ländern Europas und Zentralasiens.

Qualität des Heimatmarktes als „lead market“: Aktuell setzt sich Deutschland laut Koalitionsvertrag das Ziel, den Ausstoß von Kohlendioxid bis 2020 um 40 % zu senken und den Anteil erneuerbarer Energien am Strommix von derzeit 12,5 % auf 20 % in 2020 zu steigern. Der Anteil von 6 % an der Wärmebereitstellung soll auf 14 % in 2020 anwachsen (BEE, 2007). Dazu soll auch die Geothermie zukünftig einen erheblichen Beitrag leisten. Allerdings befindet sich der deutsche Heimatmarkt für die tiefe Geothermie größtenteils noch im Pionierstadium. Auf der Anbieterseite ist er, neben vereinzelten Großindustrien, geprägt von kleinen und mittelständischen Unternehmen. Auf der Nachfragerseite stehen vor allem die privaten Haushalte, Kommunen und Gemeinden, die, bedingt durch die kontinuierlichen Energiepreissteigerungen der letzten Jahre, an langfristiger Planungssicherheit und damit an einem Umbau der regionalen Energieversorgung interessiert sind. Aber auch Bauträger sehen in der Gebäudesanierung mittels Geothermienutzung neue Möglichkeiten, um den Wohnungsleerstand in Deutschland zu minimieren.

Aufgrund des hiesigen Mangels an Hochenthalpie-Lagerstätten ging die Entwicklung in Deutschland immer in Richtung Niederenthalpie-Technologie. Hier aber verfügt Deutschland, besonders im anlagen- und verfahrenstechnischen Bereich, über zukunftsfähiges Know-how, womit die besonderen Schwierigkeiten bei der Exploration und Untertageinstallation gemeistert werden können. Darüber hinaus könnten die Anforderungen des Heimatmarktes an die Anlagenqualität und –sicherheit die deutschen Firmen auch international in eine führende Position versetzen.

Insgesamt gibt es für die geothermische Nutzung hierzulande noch wenig Vorzeigeprojekte. Die geothermische Stromerzeugung wird erst seit der Novellierung des EEG im Jahre 2004 bedarfsgerechter mit bis zu 15 ct/kWh vergütet. Das Marktanreizprogramm ist primär für die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien konzipiert, umfasst aber weder die oberflächennahe noch tiefe Geothermie. Auch die gemeinsame Erzeugung von Wärme und Strom wurde bei Geothermie bisher nicht berücksichtigt. Ab 2009 könnte es laut Entwurf eine maximale Einspeisevergütung von 17 ct/kWh und einen KWK-Bonus von 3 ct/kWh für geothermische Kraftwerke geben (BMU, 2007a). Fördermöglichkeiten für den Einbau von Wärmepumpen umfassen zinsgünstige Darlehen, die aber an weitere Bedingungen wie einen niedrigen Primärenergiebedarf oder eine bestimmte CO₂-Mengen-Einsparung geknüpft sind.

Derzeit sind in Deutschland, hauptsächlich im süddeutschen Molassebecken, im Oberrheingraben und im norddeutschen Tiefland, ca. 30 größere hydrothermale Anlagen zur Wärmebereitstellung mit einer Gesamtleistung von ca. 105 MWth in Betrieb. Es gibt allerdings erst eine Anlage (Neustadt-Glewe), die mit einer Leistung von 0,23 MWel seit 2003 auch zur geothermischen Stromerzeugung eingesetzt wird. Bis zum Jahresende sollen noch drei weitere Kraftwerke zur Strom- und Wärmeerzeugung in Süddeutschland ihren Betrieb aufnehmen. So entsteht derzeit das weltweit modernste Erdwärmekraftwerk im Niedertemperaturbereich unter 200 °C mit einer elektrischen Leistung von 3,4 MWel und 25-28 MWth in Unterhaching. Zwei weitere Anlagen werden in Landau (3 MWth anfangs) und Bruchsal (1 MWth) ebenfalls noch dieses Jahr in Betrieb gehen. An mindestens vier weiteren Standorten wird noch in 2007 mit den Bauarbeiten begonnen. Anlagen, die das Hot-Dry-Rock-Verfahren anwenden, befinden sich noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase (Bad Urach, Soultz-sous-Forêts, Basel) (GtV, 2007).

Das technische Angebotspotenzial zur Stromerzeugung wird auf 300 TWh/a geschätzt. Bei ausschließlicher Nutzung von Geothermie in Kraft-Wärme-Kopplung reduziert sich das Potenzial für

die Stromproduktion aus KWK auf 66 TWh/a. Wenn von keinem signifikanten Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes ausgegangen wird, verbleibt ein Potenzial von ca. 10 TWh/a. (Tab, 2003). In 2006 wurden davon nur etwa 0,4 TWh genutzt. Die Stromgestehungskosten bei einer reinen Stromerzeugung liegen laut BMU (2004) bei ca. 20 ct/kWh, in KWK bei 18,6 ct/kWh.

Bei der Wärmeerzeugung wird das Potenzial der hydrothermalen Nutzung mit 330 TWh/a beziffert, wovon in 2006 nur 1,9 TWh genutzt wurden (BMU, 2007). Die Wärmegestehungskosten für eine hydrothermale Anlage liegen abhängig vom Temperaturniveau und der Schüttungsrate zwischen 5-13 ct/kWh (BMU, 2004). Einschließlich der Wärmepumpenanlagen verfügt Deutschland seit diesem Jahr über eine Gesamtwärmeleistung von 1 GWth (GtV, 2007). Insgesamt dürften bis Ende 2006 ca. 160.000 Heizungswärmepumpen in Deutschland installiert worden sein. Die geothermie- bzw. hydrothermalbasierten Wärmepumpen sind dabei die vorrangig neu installierten Systeme mit einem Marktanteil von ca. 56 % in 2006 vor den Luft-Wärmepumpen mit einem Anteil von 30 % (BWP, 2007).

Angebot: Die Errichtung eines Geothermiekraftwerks umfasst Planungsaufgaben, Explorationsarbeiten und die Installation von ober- und unterirdischer Anlagentechnik, entsprechend vielfältig gestaltet sich die Akteursstruktur.

Schon bei der Anlagenplanung kommt es darauf an, neben der optimalen Auslegung auch über geophysikalische Messungen und Potenzialbestimmungen einen geeigneten Standort für die Bohrung zu bestimmen, um das Fündigkeitsrisiko zu minimieren. Solche Vorplanungsarbeiten und Machbarkeitsstudien werden zumeist von Ingenieurbüros und Consultants wie z. B. Geothermie Neubrandenburg (Deutschland) und GeoTec Consult (Deutschland) übernommen. In deren Angebotspektren enthalten sind oft auch Projektmanagement- und Beratungsleistungen (Genehmigungen, Finanzierung, Recht), Anlagenkonzeption, Bauüberwachung und Anlagenmonitoring. Im Tiefengeothermiebereich bieten Firmen wie e.terras (Deutschland) ein Gesamtpaket zur Realisierung von geothermischen Kraftwerken an, wobei sie im Verbund mit anderen Anbietern zusammenarbeiten.

Die führenden Bohrunternehmen in internationalen Geothermieprojekten wie Schlumberger (USA), KCA Deutag (Großbritannien), ITAG Drilling International (Deutschland) oder DrillTec (Deutschland) bieten mitunter eine breite Dienstleistungspalette unter Einbindung externer Dienstleister rund um die Explorationsbohrung an. Dabei sind sie hauptgeschäftlich im Erdöl- und Erdgasbereich tätig. Die isländische Firma Iceland Drilling ist schon von Beginn an im Geothermiesektor tätig, hat sich damit vor allem auf dem europäischen Markt etabliert und mit der Hekla Energy GmbH ein deutsches Tochterunternehmen gegründet. Ein weiterer interessanter Mitspieler, Herrenknecht Vertical (Deutschland), ist Weltmarktführer für Tunnelvortriebsmaschinen. Daneben gibt es auch viele Trinkwasserbrunnenbauer, wie die deutsche Firma Anger's Söhne, die als mittelständische, oft sehr alte Familienbetriebe, vor allem den nationalen Markt bedienen, aber teilweise auch über internationale Erfahrungen verfügen. Einen weiterreichenden Bohrservice bieten diese meist über Unterauftragnehmer an.

Übertage behauptet sich seit über 30 Jahren das israelisch-amerikanische Unternehmen ORMAT als Marktführer beim Bau und Betrieb von Geothermiekraftwerken. Isländische Firmen haben ebenfalls viel Know-how im Hochenthalpiebereich. Auf dem europäischen Markt finden sich Firmen wie Turboden (Italien), GMK und Siemens, die binäre Systeme für den Einsatz in Niederenthalpie-Regionen anbieten. Im HDR-Bereich wollen australische Firmen wie Geodynamics Ltd. in Zukunft viele HDR-Projekte auf dem eigenen Kontinent anstoßen. Im Wärmepumpenbereich ist die BBT Thermotechnik GmbH der Bosch Gruppe (Deutschland) nach mehreren internationalen Übernahmegeschäften mittlerweile zum Weltmarktführer avanciert. Andere wie Alpha-Innotec versuchen über Referenzanlagen zukünftige Auslandsmärkte zu erschließen. Zu den Kraftwerksbetreibern gesellen sich neben nationalen und regionalen Energieversorgern auch unabhängige Stromerzeuger und Anlagenhersteller.

Da die Bohrkosten immer noch den größten Anteil an den Gesamtkosten eines Geothermieprojekts ausmachen, liegen hier auch beachtliche Kostensenkungspotenziale. Derzeit werden spezielle Bohrgeräte zur Erschließung von Geothermielagerstätten von deutschen Firmen wie Herrenknecht

und DrillTec entwickelt, die einen geringeren Energieverbrauch haben und zu weniger Erschütterungen führen als die herkömmlich eingesetzten Bohrgeräte aus der Erdöl- und Erdgasexploration. Daneben werden auch allgemein Methoden und Verfahren erforscht, die das Fündigkeitsrisiko für Bohrungen vermindern und die dauerhafte Reservoirnutzung optimieren. Bei Pumpen und Messgeräten bestehen die Entwicklungspotenziale vor allem hinsichtlich der Anpassung an die hohen Temperaturen, Drücke und korrosiven Bedingungen im tiefen Untergrund. Über verbesserte Simulationsverfahren, insbesondere für Kristallingestein, und Monitoring-Systeme kann zudem das Reservoirmanagement und die Produktivität weiter optimiert werden.

Weitere Entwicklungen finden im Bereich der Niederenthalpie-Technologie statt. So entsteht in Unterhaching das modernste Geothermiekraftwerk, welches das Kalina-Verfahren zur Stromerzeugung einsetzt. Dabei wird im Gegensatz zum ORC-Verfahren (Organic Rankine Cycle, Wirkungsgrad ca. 10 %), welches ein organisches Arbeitsmittel verwendet, ein kostengünstigeres und ökologisch unbedenklicheres Ammoniak-Wasser-Gemisch eingesetzt. Daneben erzielt man mit dem Kalina-Verfahren auch höhere Wirkungsgrade (Steigerung um 15-30 %) und Rücklauftemperaturen für eine bessere nachgeschaltete Wärmenutzung (KWK) (GTN, 2003).

Da flächenmäßig gesehen die größten Geothermiepotenziale in der Nutzung von Niederenthalpie-Regionen liegen, wächst das internationale Interesse an binären Kreislaufsystemen und dem HDR-Verfahren, an deren Entwicklung auch maßgeblich deutsche Forscher beteiligt sind. Weitere Effizienzsteigerungen ergeben sich auch über eine Kopplung von Geothermie mit anderen erneuerbaren Energiequellen.

Bei den Wärmepumpen hat die Entwicklung der letzten Jahre zu neuen Kältemitteln, Plattenwärmetauschern und Kompressorbauarten geführt, was in eine erhebliche Steigerung der Leistungszahlen bei gleichen Betriebsbedingungen resultiert. Durch optimierte Anlagentechnik und Erdreichankopplungen sind Wärmepumpen auch immer sparsamer geworden. Dennoch besteht eine große Marktnachfrage nach noch effizienteren verbrennungsmotorischen und Gas-Absorptions-Wärmepumpen. Neueste Propan-Erdwärmesonden der Firma Montanes GmbH oder CO₂-Erdwärmesonden, die inzwischen von verschiedenen Herstellern angeboten werden, funktionieren auch ohne Frostschutzmittel und Umwälzpumpe.

Einen Gesamtüberblick über wichtige Unternehmen in der internationalen Geothermiebranche gibt die Tabelle 19.

Marktzusammenhänge: Der heutige Markt für Geothermie gestaltet sich sehr heterogen. In vielen Segmenten übersteigt die Nachfrage derzeit das Angebot. Zumindest was die hydrothermale tiefe Geothermie anbelangt, handelt es sich immer noch um einen Pioniermarkt. Neben den großen Anlagenbauern und Erdöl-/ Erdgasunternehmen sind vor allem kleine und mittelständische Unternehmen auf dem Markt vertreten, wobei die gesamte Altersstruktur von jung bis alt abgedeckt wird.

Es besteht eine starke Konkurrenz zur Erdöl-/Erdgasbranche um technologische und personelle Ressourcen, die derzeit zu Benachteiligungen in Form von hohen Kosten und Verzögerungen bei Geothermieprojekten führen.

Um dem Kunden Komplettsysteme anbieten zu können, kommt es immer häufiger zu Unternehmenszusammenschlüssen und ersten Übernahmen. So schließen sich insbesondere Maschinenbauer und Bohrgerätehersteller zusammen, um Komplettsysteme anbieten zu können. Zunehmend werden diese auch von Brunnenbauern und Planungsbüros angeboten. In Schweden, Frankreich und Deutschland hat die rasche Entwicklung auf dem Wärmepumpenmarkt ebenfalls zur Entstehung erster Großunternehmen und einer verstärkten Konzentration bei den Herstellern geführt.

Was die Akquirierung internationaler Aufträge im Bereich der Tiefengeothermie betrifft, so haben sich Firmen der Branche z. B. in Neuseeland (Geothermal Export Network) und in Island (Enex) gezielt zusammengeschlossen, um ihre Außenhandelsaktivitäten zusammenzufassen und um eine gemeinsame Vermarktungsstrategie für ihre Produkte und Dienstleistungen betreiben zu können.

Planung/Exploration
Geschäftsbereich:
Projektentwicklung, Machbarkeitsstudien, Potenzialanalyse, Projektmanagement, Anlagenkonzepte, Reservoirmodellierung, Rechts- und Fördermittelberatung
Deutsche Firmen:
e.terras AG, Geothermie Neubrandenburg GmbH, GTC Kappelmeyer GmbH, Q-Con GmbH, Rödl & Partner GbR, Geothermal Engineering GmbH, Erdwerk GmbH, GeoTec Consult, HotRock GmbH, Montanes GmbH, ENRO Geothermische Entwicklungs GmbH, FGT GmbH, Geo x GmbH, ENEX Power Germany GmbH
Ausländische Firmen:
Geothermal Explorers Ltd. (Schweiz), Exorka International (Island), Geodynamics Ltd. (Australien)
Untertage
Geschäftsbereich:
Tiefbohrungen, Bohrservice, Bohrüberwachung, Fracarbeiten, Pumpeninstallation, Bohrlochmessungen, Erdwärmesondenrohre, Erdwärmesondenbohrgeräte
Deutsche Firmen:
H. Angers Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH, DrillTec GUT GmbH, Herrenknecht Vertical GmbH, Hekla Energy GmbH, ITAG Tiefbohr GmbH & Co. KG, MeSy GEO Meßsysteme GmbH, Montanes GmbH, PetroServices GmbH, UGS Unterspeicher- und Geotechnologie-Systeme GmbH, Geophysik IGS GmbH, Leutert GmbH & Co. KG, E+M Brunnebau und Bohrtechnik GmbH, STEAG Saar Energie AG, Daldrup und Söhne AG, Petroservices GmbH, Koller Workover & Drilling GmbH, REHAU AG + Co, Frank GmbH, Boart Longyear GmbH & Co. KG, Klemm Bohrtechnik GmbH, Nordmeyer GmbH & Co. KG, Tracto Technik GmbH & Co. KG
Ausländische Firmen:
Halliburton (USA), Baker Hughes (USA), KCA Deutag Drilling Ltd. (UK), Schlumberger Ltd. (USA), HAKA.Gerodur AG (Schweiz),
Übertage
Geschäftsbereich:
Wärmepumpenhersteller, Kalina-Technologie, ORC-Technologie, Komplettlösungen, Hot Dry Rock
Deutsche Firmen:
BBT Thermotechnik GmbH / Bosch Gruppe, Viessmann GmbH & Co. KG, Stiebel Eltron GmbH & Co. KG, Alpha Innotec GmbH, Exotherm Erdwärme GmbH, GMK – GmbH, M+W Zander GmbH, Siemens AG
Ausländische Firmen:
Exorka International (Island, Neuseeland), Ochsner Wärmepumpen GmbH (D/Österreich), Ormat Technologies Inc. (USA), Turboden s.r.l. (Italien), Cryo Star (Frankreich)
Anlagenbetrieb
Calpine Corporation (USA, The Geysers), Contact Energy Ltd. (Neuseeland), ENEL Energia S.p.A. (Italien, Larderello), SC Geotherm (Russland, Kamtschatka), UGI-Pertamina (Indonesien), Ormat Technologies Inc. (Israel/USA, Leyte, Philippinen, Nicaragua, Guatemala)

Tabelle 19: Auswahl von Unternehmen in der internationalen Geothermiebranche

8.2 Die deutsche Industrie im Bereich Geothermie

8.2.1 Quantitative Eckdaten und Strukturmerkmale

Im Jahre 2005 wurde mit der Errichtung von Anlagen zur Nutzung von Geothermie inklusive Wärmepumpen von den deutschen Unternehmen ein Umsatz von 280 Mio. € generiert. Dies entspricht 2,7 % am Gesamtumsatz aller erneuerbaren Energien. Rund 0,03 Mio. € (<0,1 %) wurden aus dem Betrieb der Anlage durch die Einspeisevergütung nach dem EEG gezahlt. Damit ergibt sich ein Gesamtumsatz von ca. 280 Mio. € (1,5 % der Erneuerbaren). In 2006 erhöhte sich der Umsatz auf 590 Mio. € (5,1 % der Erneuerbaren) durch Investitionen in Neuanlagen (BMU, 2007).

Die gesteigerten Umsatzzahlen haben auch eine positive Wirkung auf die Anzahl der Beschäftigten in der Geothermiebranche gehabt. So waren im Jahre 2004 ca. 157.000 Arbeitsplätze in der gesamten erneuerbaren Energiebranche vorhanden. Davon entfielen ca. 1.800 (1,2 %) auf die Geothermie, in 2006 waren mit 4.100 (1,9 %) schon mehr als doppelt so viele in der Branche beschäftigt (BMU, 2007).

Die Anbieterstruktur deutscher Unternehmen im Bereich Geothermie ist neben vereinzelt Großunternehmen wie Siemens, M+W Zander und Herrenknecht hauptsächlich durch kleine und mittelständische Unternehmen geprägt. Die Großunternehmen legen dabei ihr Augenmerk besonders auf die Kraftwerkstechnik und Forschung und Entwicklung von Kraftwerkskomponenten, während die kleineren Unternehmen meist langjährige Erfahrungen in der Heizungs- und Brunnenbohrtechnik haben.

Oberflächennahe Systeme werden in Deutschland von einer Vielzahl von Anbietern vertrieben und installiert. Dazu gehören Brunnen- und Heizungsbauer, Wärmepumpenhersteller, der Baustoffhandel, Fertighausbauunternehmen oder spezialisierte Planungsbüros. Nur selten sind sämtliche Kompetenzen in einem Unternehmen vorhanden, so dass Kooperationen der Normalfall sind. Diese für die Kunden positive Entwicklung war Basis für den Erfolg der oberflächennahen Geothermie. Bis Ende des vergangenen Jahrzehnts war es noch üblich, dass sich die Kunden die Einzelkomponenten für ihr Heizungssystem von mehreren Anbietern zusammenstellen mussten, was gleichzeitig bedeutete, dass es auch drei Gewährleistungsträger für die Heizungsanlage gegeben hat.

Weiterhin gibt es immer mehr Ingenieurbüros, die neben der wissenschaftlichen und technischen Beratungsleistung auch die komplette Projektplanung anbieten. Mit diesem Leistungsangebot sind sie auch schon international tätig. Für eine genaue sektorale Betrachtung der Marktanteile fehlen aktuelle Datenerhebungen.

Insgesamt gesehen decken die deutschen Unternehmen sowohl in der oberflächennahen als auch in der tiefen Geothermie alle Bereiche der Wertschöpfungskette ab. Insbesondere die kleinen und mittelständischen Unternehmen, wenn auch schon länger in der Geothermiebranche tätig, sind bisher vornehmlich auf den deutschen Markt ausgerichtet. Die Großindustrie steigt teilweise erst jetzt in die Geothermiebranche ein, nachdem sie mit anderen Erneuerbaren schon Erfahrungen gesammelt haben.

8.2.2 Exportpotenzial und Exportorientierung im Bereich Geothermie

Für den deutschen Markt wird mit einem zukünftigen Investitionsvolumen von 4,5 bis 5 Mrd. € gerechnet, sollten insbesondere die geothermischen Stromerzeugungskapazitäten auf 400 bis 500 MWel ausgebaut werden (Frey, 2007). Interessante internationale Zielmärkte stellen mittelfristig gesehen Indonesien, Philippinen, die Türkei, Ostafrika, Mittel- und Südamerika, die Karibik, Australien, Neuseeland, Indien und China dar. Auch in den USA dürfte sich die momentan installierte Leistung mittelfristig auf 6.000 MWel verdoppeln (IWR, 2007). Langfristig kann mit dem deutschen Know-how in der geothermischen Anlagen- und Verfahrenstechnik bei Bohrung und Stromerzeugung eine führende Position auf dem Weltmarkt (Niederenthalpie) erzielt werden, vorausgesetzt, die heimische Marktentwicklung wird weiter beschleunigt und die Konkurrenz aus USA, Island, Australien und Japan nicht aus den Augen verloren. In der oberflächennahen Geothermienutzung konnte die Marktposition

deutscher Unternehmen bereits gestärkt werden, auch wenn internationale Marktanteile vornehmlich durch Übernahmeaktionen und weniger durch den Export heimischer Technologien ausgebaut worden sind. Was komplexe, wissenschaftliche und technologische Ingenieurdienstleistungen im Bereich der Tiefengeothermie anbelangt, so gibt es schon mehrere deutsche Unternehmen, die sich auf dem internationalen Markt erfolgreich behaupten können.

Explizite Exporttätigkeiten lassen sich bei den Anbietern von Tiefengeothermie-Technologie aufgrund des noch frühen Entwicklungsstadiums des Heimatmarktes bisher nicht erkennen. In Einzelfällen konnten aber schon erste Kontakte in interessanten Zielländern wie Indonesien geschlossen werden. Dennoch wird man hier in naher Zukunft noch damit beschäftigt sein, den deutschen Bedarf zu decken, der sicher weiter zunehmen wird.

Die Exportquote für Wärmepumpen betrug 2004 60 %. Auf Grund der hohen inländischen Nachfrage ist hier die Quote in 2006 auf 20 % gesunken (ZSW et al., 2007). An anderer Stelle wird die Exportquote für oberflächennahe Geothermie in 2006 mit 10 % noch niedriger angesetzt (UBA, BMU, 2007). Bezüglich der Kraftwerkstechnologie geothermischer Anlagen wird festgestellt, dass gegenwärtig faktisch noch kein Export stattfindet (UBA, BMU, 2007). Sehr wohl werden einzelne Komponenten und Anlagenteile exportiert. Deren Verwendungszweck in geothermischen Anlagen wird jedoch nicht getrennt erfasst und ist somit nicht zu beziffern. Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass im Bundestagsbericht 2005 der Exportinitiative die Exportquote in der Geothermiebranche insgesamt (inkl. Dienstleistungen) mit 32 % beziffert wurde (BMU, 2006). Die Exporte dürften sich dabei hauptsächlich auf international agierende Beratungsunternehmen und Anbieter von oberflächennahen Systemen mit hauptsächlichlicher Exportausrichtung auf Europa beziehen. Sollten sich sowohl die nationalen als auch internationalen Rahmenbedingungen für Geothermie weiter verbessern, ist von einer deutlichen Steigerung der deutschen Exportquote in den nächsten Jahren auszugehen.

8.2.3 Internationale Wettbewerbsposition der deutschen Industrie

Eine führende Marktposition im internationalen Wettbewerb ist derzeit nur bei den Anbietern von Wärmepumpen und Erdwärmesondenrohren gegeben. Am Markt für Hochenthalpietechnologie ist Deutschland faktisch nicht beteiligt. Trotz vorhandener Erfahrungen wird hier der Markt von den USA und Island beherrscht. Aufgrund der geologischen Situation in Deutschland hat sich hierzulande ein einzigartiges Know-how in der Niederenthalpie-Technologie herausgebildet. Allerdings besteht die Gefahr, dass das Wissen um hydrothermale Geothermie und HDR ins Ausland abfließt. Länder wie Island und Australien versuchen sich derzeit gezielt deutsches Know-how anzueignen, z. B. über die Gründung von deutschen Niederlassungen, da damit langfristig gesehen der Weltmarkt erschlossen werden kann. Hinzu kommen andere Länder, wie z. B. die USA und China, die ebenfalls versuchen in diesen Markt einzusteigen. Firmen wie die isländische Enx setzen derweilen auch schon eigene Projekte in Bayern um. Deshalb kommt es für Deutschland darauf an, neben der Forschung auch alsbald inländische und ausländische Konzessionen zu erwerben. Nur so können sich die wertvollen Erkenntnisse aus der Forschung letztlich für Deutschland auszahlen.

Als besondere Stärken der deutschen Unternehmen lassen sich die Innovationskraft und die hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandards bei den Produkten und bei Dienstleistungen im Vergleich zu internationalen Wettbewerbern herausstellen.

Im Service- und Dienstleistungssegment sind deutsche Ingenieurbüros und Beratungsunternehmen international schon heute aufgrund ihrer sehr guten Kenntnisse in technisch-wissenschaftlichen und finanzrechtlichen Fragestellungen im Zielland gut aufgestellt. Hier ist es insbesondere wichtig, dass diese ihre Leistungen zukünftig auch verstärkt im Geothermiebereich einsetzen.

8.2.4 Exporthindernisse

Zentrales Entwicklungshindernis (und damit abgeleitet auch Exporthindernis) für die deutsche Tiefengeothermie-Branche ist die bisher unzureichende staatliche Förderung. Ein erfolgreicher Markteintritt ist noch nicht geschafft. Bedingt durch die hohen Investitionskosten, dem technischen Risiko beim Bohrvorgang selbst und einem generellen Fündigkeitsrisiko von 4-5 Mio. € pro Fehlbohrung ist es zu diesem Zeitpunkt, insbesondere für Kommunen und Gemeinden, mit noch

großen Schwierigkeiten verbunden, die Projektfinanzierung sicherzustellen. Mittlerweile bietet hier der Industrierversicherungsmakler Marsh Inc. erste ganzheitliche Versicherungslösungen an, während beim BMU die Überlegungen in Richtung eines Projektfonds gehen, der solche Risiken abdecken soll. Bei HDR-Projekten besteht weniger ein Fündigkeitsrisiko, dafür gibt es aber spezielle geologische Risiken (GtV, 2007).

Der Anteil der Bohrkosten an den Projektgesamtkosten beträgt zwischen 40-60 %. Aufgrund der gegenwärtigen Konkurrenzsituation zu Explorationsvorhaben im Erdöl- und Erdgasbereich sind die Bohrkosten zwischen 2004-2006 um 30 % gestiegen. Bei durchschnittlichen Wartezeiten von mehr als 6 Monaten auf die Bohrgeräte muss so manches Projekt auf Eis gelegt werden oder wird dadurch ganz unmöglich (GtV, 2007).

Weitere Hindernisse ergeben sich aus der Komplexität der Branche hinsichtlich der behördlichen Zuständigkeit bei zulassungsrechtlichen Belangen, da hier gleich mehrere Bereiche berührt werden (wie das Bergbau-, Wasser-, Abfall-, Chemikalien-, Emmissions- und Naturschutzrecht). Konzessionen zur tiefen Geothermienutzung werden vom zuständigen Bergamt erteilt, welches auch gleichzeitig für die Genehmigung der Bohrung zuständig ist. Oberirdische Anlagenteile zur Strom- und Wärmeerzeugung müssen, abhängig von der Anlagengröße, zuvor auch einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterzogen werden. Damit gestaltet sich das Genehmigungsverfahren für die unterirdische Energiegewinnung in Deutschland und auf internationalen Märkten häufig komplizierter als bei der rein oberirdischen Energiegewinnung.

Dazu gesellen sich Rechtsunsicherheiten und ungünstige Rahmenbedingungen in den Zielländern, die dazu führen, dass Investoren oft das finanzielle Risiko scheuen.

Was die weiteren Exporthindernisse im Ausland anbelangt, so scheint der Kontaktaufbau zu Partnern und Kunden vor Ort am problematischsten zu sein. Entsprechend dem marktpolitisch noch geringen Stellenwert im Heimatland fehlt es eindeutig an politischer Repräsentanz im Zielland. Während Länder wie Island, Japan oder die USA direkte Marketingunterstützung auf Regierungs- oder Staatsoberhauptsebene erhalten, finden deutsche Unternehmen sogar bei deutschen Entwicklungshilfe-Geothermieprojekten keine politische Beachtung.

Besonders bei den Bohrfirmen besteht ein spezifischer Mangel an Fachkräften. Dieser wird weiter verstärkt durch die Konkurrenz zu Erdölfirmen, die ihre Mitarbeiter mit lukrativen Jahresverträgen binden. Derzeit sind in deutschen Bohrfirmen, vor allem im oberflächennahen Bereich, zwischen 1.500-2.000 Stellen zu besetzen.

Im oberflächennahen Bereich spielen Länder- und Regionalmaßnahmen eine wichtige Rolle, wo mitunter attraktive Investitionszuschüsse und Wärmepumpentarife angeboten werden. Trotzdem mangelt es immer noch an einer effektiven Informations- und Marketingpolitik der Branche, wenn es um Energieeinsparungs- und CO₂-Minderungspotenziale geht.

Abschließend sei angemerkt, dass geothermische Demonstrationsanlagen in deutschen Einrichtungen mit Multiplikatorfunktion im Ausland eine ähnlich positive Wirkung auf das Exportgeschäft entfalten könnten wie das Solardachprogramm der dena. Gleiches wird auch von den USA verfolgt, indem sie gezielt öffentlichkeitswirksame Referenzanlagen in ihre ausländischen Botschaften, z. B. in China und Deutschland, installieren.

Zusammenfassung Geothermie

Internationale Märkte und deutsche Industrie

- Der internationale Markt für Strom und Wärme wird dominiert von den USA, China, Indonesien und den Philippinen (Hochenthalpie).
- Der Markt für die Nutzung der Niederenthalpie-Regionen ist noch im Pionierstadium.
- Die jahrelangen Forschungstätigkeiten im Niederenthalpie-Bereich haben Deutschland in diesem Bereich in eine führende Position versetzt.
- Aufgrund der langsamen Entwicklung auf dem Heimatmarkt droht dieses Know-how allerdings abzufließen (USA, Island, Australien).
- Erst durch die Novellierung des EEG in 2004 hat sich der deutsche Markt für geothermische Stromerzeugung signifikant entwickelt.
- Die Exportquote für oberflächennahe Geothermie ist wegen der starken inländischen Nachfrage deutlich gesunken (60 % in 2004; 10-20 % in 2006). Hier ist Deutschland schon Weltmarktführer für Wärmepumpen. Kraftwerkstechnologie wird komplett heute noch nicht exportiert.

Ausblick

- Abhängig von der Unterstützung der Niederenthalpie-Technologien auf dem deutschen Heimatmarkt sind in diesem Bereich mittel- bis langfristig große Exportchancen gegeben.
- Durch eine Minderung des Fündigkeitsrisikos, einfachere Genehmigungsverfahren und eine adäquate politische Unterstützung könnten zukünftig viel mehr Geothermieprojekte, insbesondere im Ausland, realisiert werden.
- Zielländer: Indonesien, Philippinen, Türkei, Mittel- und Südamerika, USA, Neuseeland, Ostafrika, Indien, China.
- Deutsches Know-how: wissenschaftlich-technische Ingenieurdienstleistungen, Anlagen- und Verfahrenstechnik für hydrothermale und HDR-Systeme.
- Entwicklungen: Anbieten von Komplettsystemen, binäre Systeme, Kraft-Wärme-Kopplung, Kopplung mit anderen erneuerbaren Energien, Geothermie-Bohrtechnik.
- Die Maßnahmen der Exportinitiative passen gegenwärtig nicht zum Bedarf der Geothermiebranche, insbesondere der Tiefengeothermie.
- Messe- und Geschäftsreiseprogramme werden nur sehr punktuell genutzt (wenn Zielländer für die Branche interessant sind).

Zusammenfassung und Folgerungen

- Die Relevanz erneuerbarer Energien (EE) für die weltweite Energieversorgung hat sich in den letzten Jahren deutlich erhöht und wird zukünftig weiter steigen. Auch die nationale und internationale Nachfrage nach Produkten und Leistungen der erneuerbaren Energien hat sich deutlich ausgeweitet. Diese positive Entwicklung zeigt sich auch bei Umsätzen und Beschäftigung der deutschen EE-Industrie. Mit einem weiteren deutlichen Wachstum ist zu rechnen.
- Auch die Internationalisierung und Exportorientierung der deutschen EE-Sektoren ist in den letzten Jahren gestiegen, insbesondere auch seit 2003. Deutliche Zuwächse des Exportvolumens und der Exportquoten sind feststellbar.
- Die für erneuerbare Energien anvisierte Zielgröße der Exportquote von 70 % wird bisher jedoch nur bei der Windenergie erreicht. Alle andere EE-Sektoren liegen klar darunter.
- Eine Ursache dafür ist die nach wie vor starke Orientierung auf den deutschen Markt und eine gegenwärtig hohe Auslastung der Produktionskapazitäten. Ferner existieren in allen Sektoren nach wie vor Hindernisse für die Internationalisierung und den Export.
- Beim Vergleich der EE-Sektoren untereinander sind deutliche Unterschiede auf mehreren Feldern feststellbar: Reifegrad der Märkte und der Industrien, Produkte und Geschäftsmodelle, Internationalisierung, Exportorientierung, Exportquoten, Exporthindernisse und Unterstützungsbedarfe.
- Diese sektoralen Unterschiede und die vorangeschrittene Internationalisierung haben zur Folge, dass auch die Unterstützungsbedarfe beim Export spezifischer geworden sind. So sind z. B. für die Bereiche Windenergie und Wasserkraft allgemeine Angebote nicht mehr erforderlich.
- Deutsche Unternehmen besitzen international insgesamt eine führende Position – jedoch nicht in allen Produktbereichen und auf allen EE-Märkten. Stärken Deutschlands, die im internationalen Wettbewerb gegenwärtig eine gute Ausgangsposition verschaffen, liegen insbesondere in den Bereichen technologische Innovation, Produktqualität, System-Know-how, Referenzen am Heimatmarkt, Anwendungserfahrung und Marktvorsprung.
- Der Heimatmarkt bindet damit zwar Kapazitäten; gleichzeitig stellt er eine wichtige Grundlage für den Exporterfolg dar. Zusätzlich bieten die Erlöse aus dem deutschen Markt eine gewisse Investitionssicherheit und damit auch eine Grundlage für eine stärkere internationale Expansion.
- Zukünftige Marktchancen für deutsche Unternehmen liegen stärker im Bereich von Komplett- und Systemangeboten. Dies erfordert jedoch umso mehr abgestimmte Pakete der Unterstützung und abgestimmte Strategien von Industrie, Finanzierung und Politik.
- Gleichzeitig hängt das weitere Wachstum der deutschen EE-Industrie entscheidend von einer stärkeren Internationalisierung und vom Exporterfolg ab. Denn die Ausbaumöglichkeiten und die zukünftige Nachfrage im Inland sind begrenzt. Darüber hinaus verschärft sich der internationale Wettbewerb.
- Damit wird zukünftig die Exportorientierung und -fähigkeit noch stärker ein Erfolgsfaktor für den Bestand und das Wachstum der EE-Industrie in Deutschland. Vor dem Hintergrund der existierenden Exporthindernisse, dem Reifegrad der Industrie und dem internationalen Wettbewerb sind damit weitere Aktivitäten der Exportinitiative Erneuerbare Energien industriepolitisch sinnvoll und ordnungspolitisch angebracht.

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umsatz aus der Errichtung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland 2006 (BMU, 2007)	11
Abbildung 2: Weltmarkt für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien 2005 (UBA, BMU, 2007)	14
Abbildung 3: Regionale Verteilung des EE-Weltmarkts in 2005 (UBA, BMU, 2007)	14
Abbildung 4: Weltweite Investitionen in Erneuerbare Energien (BEE, 2007)	15
Abbildung 5: Entwicklung des Exportvolumens der EE Branche in Deutschland nach BtE und ZSW et. Al. (BMU 2006).....	16
Abbildung 6: Deutsche Exporte von Anlagen und Komponenten erneuerbarer Energien in 2004 (BMU, 2006)	16
Abbildung 7: Entwicklung des Exportvolumens der deutschen Erneuerbaren-Energie-Branche (Informationskampagne für Erneuerbare Energien, 2007a)	18
Abbildung 8: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien im Zeitraum 2004 – 2006 (ZSW et al., 2007: 15).....	19
Abbildung 9: Entwicklung der installierten Windleistung in der EU (BMU, 2007)	22
Abbildung 10: Vergütung für Strom aus Windenergie in Europa (BWE, 2007)	23
Abbildung 11: Erneuerbare Energien in Zahlen (BMU, 2007)	23
Abbildung 12: Installierte Windenergieleistung in D (BWE, 2007)	24
Abbildung 13: Marktanteile der Hersteller in Deutschland 2006 (DEWI, 2007)	25
Abbildung 14: Beschäftigte in der Windindustrie (BWE, 2007).....	26
Abbildung 15: Weltmarktanteile der Windenergieanlagenhersteller 2005 (BTM Consult, 2006)	28
Abbildung 16: Entwicklung der PV-Produktion weltweit seit 1996 (Prognos et al., 2007)	30
Abbildung 17: Prognose der Entwicklung des deutschen PV-Marktes nach verschiedenen Studien (vgl. Forst et al., 2006)	32
Abbildung 18: Überblick über wesentliche deutsche PV-Hersteller (BSW, 2007)	35
Abbildung 19: Weltweit führende Zellhersteller mit ihrer Produktionskapazität in MWp im Jahr 2006 (Epp, 2007).....	37
Abbildung 20: Die Entwicklung der weltweit installierten Kollektorfläche im Zeitraum 2000 bis 2006 (Prognos, 2007)	40
Abbildung 21: Anteil Deutschlands am europäischen Markt für Niedertemperatur-Solarthermie (ESTIF 2007)	41
Abbildung 22: Entwicklung der jährlich installierten Kollektorfläche in Deutschland (BSW, 2007)	42
Abbildung 23: Anteil der Unternehmen mit positiver, neutraler und negativer Erwartung zur Umsatzentwicklung (BMU, 2006)	45
Abbildung 24: Bewertung der Standortvorteile Deutschlands im Rahmen einer Unternehmensbefragung (BMU, 2006)	46
Abbildung 25: Wesentliche Technologielinien im Bereich solarthermischer Kraftwerke. 1a) Parabolrinnenkollektoren in einem Kraftwerk der SEGS-Reihe in Kramer Junction (Kalifornien); 1b) Fresnel-Kollektor (Feiburg); 1c) Turm-Versuchs-Kraftwerk (Plataforma Solar de Almeria in Spanien); 1d) Dish-Sterling-Anlage zur dezentralen Stromversorgung	49
Abbildung 26: Einstrahlungsbedingungen für solarthermische Kraftwerke (Solar Paces Annual Report 2004)	50
Abbildung 27: Roadmap zur Entwicklung der Stromgestehungskosten und der Kraftwerkskapazität solarthermischer Kraftwerke (nach BMU, 2006a).....	51
Abbildung 28: Regionale Anteile an der Biomassenutzung	56

Abbildung 29: Kraftstoffmarkt für Bioethanol (BBE, 2007)	57
Abbildung 30: Kraftstoffmarkt für Biodiesel (BBE, 2007)	57
Abbildung 31: Anteile der biogenen Ausgangssubstrate an der deutschen Endenergiebereitstellung im Jahr 2006 (BMU, 2007)	58
Abbildung 32: Umwandlungsprozesse biogener Stoffe (Siegmond, 2007)	59
Abbildung 33: Installierte Leistung und Stromerzeugung aus Wasserkraft in Deutschland (F. Staiß, 2007).....	68
Abbildung 34: Stromgestehungskosten unterschiedlicher Anlagentypen (F. Staiß, 2007).....	70
Abbildung 35: Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien im Jahr 2006 (BMU, 2007).....	71
Abbildung 36: Ausbaupotenzial der technischen Nutzung der Wasserkraft.....	72
Abbildung 37: Weltweit installierte elektrische Leistung von 1990 bis 2005 und Top 10 Länder (IGA, 2007).....	75
Abbildung 38: Weltweit installierte thermische Leistung von 1995 bis 2005 und Top 10 Länder (IGA, 2007; Lund et al., 2005).....	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung der Exportquoten einzelner EE-Branchen (BMU, 2006, 14; BMU, 2007; ZSW et al. 2007)	17
Tabelle 2: Zentrale Hindernisse beim Export erneuerbarer Energien (BMW, dena, 2007)	19
Tabelle 3: FuE-Förderung des Bundes (ifeu, 2007; BMU, 2007b).....	21
Tabelle 4: Bedeutende Unternehmen aus der Windenergiebranche auf dem deutschen Markt (BWE, 2007)	27
Tabelle 5: Wertschöpfungskette Photovoltaik mit ausgewählten Marktteilnehmern (Forst et al., 2006).....	32
Tabelle 6: Zell- und Modulfertigungskapazitäten in Japan, Deutschland und China in den Jahren 2006 und 2007 (geplant) (Epp, 2007)	33
Tabelle 7: Produktionsvolumen deutscher Unternehmen für Solarzellen und Wechselrichter (Bundesverband Solarwirtschaft – Internetseite, 2007)	34
Tabelle 8: Exportentwicklung von Segmenten der Wertschöpfungskette der deutschen PV-Branche	36
Tabelle 9: Entwicklung von Umsatz und Arbeitsplätzen im Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie - inklusive Installation (BSW, 2007)	43
Tabelle 10: Ausgewählte Projekte im Bereich solarthermischer Kraftwerke	52
Tabelle 11: Internationale Rangfolge (REN21, 2007)	57
Tabelle 12: Auswahl von Akteuren der Bioenergiebranche	61
Tabelle 13: Jahreserträge auf 1 Hektar Anbaufläche (Wüst, 2007).....	62
Tabelle 14: Entwicklung der deutschen Bioenergiebranche 2003-2006 (BMU, 2007)	63
Tabelle 15: Prognosen für die Entwicklung der deutschen Bioenergiebranche (BBE).....	64
Tabelle 17 : Rangfolge der 5 wichtigsten Länder im Bereich geothermische Wärmebereitstellung in 2005 (Lund et al., 2005)	77
Tabelle 18: Länderrangfolge bzgl. geothermische Wärmepumpenanwendung (Lund et al., 2005)	77
Tabelle 19: Auswahl von Unternehmen in der internationalen Geothermiebranche	82

Literatur- und Quellenverzeichnis

- BBT Thermotechnik GmbH Bosch Gruppe (BBT, 2007) <http://www.bbt-thermotechnik.de/sixcms/detail.php?id=1401450&sstring=schweden>; 15.08.2007.
- Bundesagentur für Außenwirtschaft (bfai, 2007) Servicestelle des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, http://www.bfai.de/nsc_true/DE/Navigation/Datenbank-Recherche/Laender-und-Maerkte/laender-und-maerkte-node.html; 15.08.2007.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2004) Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2006) Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte. Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2006a), Roadmap für den Ausbau solarthermischer Kraftwerke beschlossen. Umwelt. Nr. 06/2006. S. 335-336.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2006b) Exportchance Photovoltaik. BMU - Pressedienst Nr. 224/06, Berlin: BMU.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2006c) Die projektbasierten Mechanismen CDM & JI, Berlin: BMU.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2007) Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Berlin: BMU.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2007a) Erfahrungsbericht 2007 zum Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) gemäß § 20 EEG -BMU-Entwurf - Kurzfassung.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2007b) Innovation durch Forschung, Jahresbericht 2006 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien. Berlin: BMU.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, 2007c) BMU-Servicestelle. Umwelttechnologieexport und CDM-Vorhaben. BMU: Berlin.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi, 2007) Aktueller Sachstand KfW-Klimaschutzfonds, interner Statusbericht (Stand 12.10.2007).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi, 2007b) Sachstand BASREC-Klimaschutzfonds, der sog. Testing Ground Fazilität für den Ostseeraum, interner Statusbericht (Stand Ende September 2007).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Deutsche Energie-Agentur (BMWi, dena, 2007) Bericht des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) über die Exportinitiative Erneuerbare Energien für das Jahr 2005, Bericht an den Bundestag 2006 vom 30.3.2007.

- Bundesverband BioEnergie e.V. (BBE, 2007) <http://www.bioenergie.de/home.htm>; 15.07.2007.
- Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. (BEE, 2007) <http://www.bee-ev.de/>; 21.08.2007.
- Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. (BEE, 2007a) Export Erneuerbarer Energien boomt, Pressemitteilung vom 26.02.2007, http://www.bee-ev.de/uploads/PM_BEE_Export_26022007.pdf; 14.11.2007.
- Bundesverband WärmePumpe e.V. (BWP, 2007) <http://www.waermepumpe-bwp.de/index.php?entryid=106>; 15.08.2007.
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW, 2007) Statistische Zahlen der deutschen Solarwirtschaft – Stand 06/2007. www.solarwirtschaft.de.
- Bühler, T.; Klemisch, H.; Ostenrath, K. (2007) Ausbildung und Arbeit für erneuerbare Energien – Statusbericht 2007. Bonn: Wissenschaftsladen Bonn.
- Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt, 2007) Umweltbundesamt - Deutsche Emissionshandelsstelle, http://www.dehst.de/cln_011/nn_476204/DE/Home/homepage_node.html?_nnn=true; 21.11.2007.
- Eichelbrönner, M. (2007) Technologien, markt- & Branchenentwicklung bei größeren Bioenergieanlagen – Anforderungen an Energiewirtschaft, Finanzbranche und Politik – Branchenforum Bioenergie – Hannover. (BBE, 2007).
- Epp, B. (2007) Gründerzeit der PV-Industrie. Sonne, Wind und Wärme. Vol. 2/2007. No. 2. S. 66-70.
- ESTIF (2007) Solar Thermal Markets in Europe (Trends and Market Statistics 2006), European Solar Thermal Industry Federation, 2007.
- European Renewable Energy Council (EREC, 2007) Geothermal energy brochure, <http://www.erec-renewables.org/22.0.html>; 15.08.2007.
- European Renewable Energy Council (EREC 2004): Renewable Energy Scenario to 2040. Brussels: EREC.
- Fachverband Biogas e.V. (Fachverband Biogas, 2007) <http://www.fachverband-biogas.de/>; 15.07.2007.
- Forschungs- Verbund Sonnenenergie; Landesinitiative Zukunftsenergien Nordrhein-Westfalen (FVS, 2005) Themen 2005. Wärme und Kälte – Energie aus Sonne und Erde.
- Frey, M. (2007) 3. Internationale Geothermie-Konferenz in Freiburg: Geothermie braucht Absicherung In: Zeitschrift Sonne, Wind & Wärme. 2007, Nr. 7, S.114-115.
- Forst, M.; Hoehner M.; Ruhl W.; Wackerbeck M. (2006) Die deutsche Photovoltaikmarkt 2006/07. Vom Nachfrageüberhang zum Wettbewerb. Bonn: EuPD Research.
- Gawell, K., Greenberg, G. (2007) 2007 Interim report - Update on World Geothermal Development, May 1, 2007.

Geothermal Energy Association (GEA, 2007) Update on US Geothermal Power Production and Development May 10, 2007.

Geothermie Neubrandenburg GmbH (GTN, 2003) Möglichkeiten der Stromerzeugung aus hydrothermalen Geothermie in Mecklenburg-Vorpommern.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2007) Emissionshandel und projektbasierte Mechanismen, http://www.hm.ulv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=230e0e5171dc92ef285b158f0e129421, 20.11.2007.

Informationskampagne für Erneuerbare Energien (2007) deutschland hat unendlich viel energie, <http://www.unendlich-viel-energie.de/>; 9.11.2007.

Informationskampagne für Erneuerbare Energien (2007a) deutschland hat unendlich viel energie, Entwicklung des Exportvolumen der deutschen Erneuerbaren-Energie-Branche, http://www.unendlich-viel-energie.de/fileadmin/?Infografiken/Exportvolumen_01.pdf, 16.11.2007

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE, 2007) Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisungsstrategie – Eine Studie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen. Leipzig 2007.

Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu, 2007) Erneuerbare Energien kompakt – Ergebnisse systemanalytischer Studien, 2., erweiterte Auflage, im Auftrag der Bundesumweltministeriums. Heidelberg: ifeu.

International Energy Agency (IEA, 2005) Renewables Information 2005. OECD/IEA.

International Energy Agency (IEA, 2006) World Energy Outlook 2006. Paris: OECD/IEA.

International Energy Agency (IEA, 2007) Renewables in global energy supply. An IEA fact sheet. World Energy Outlook 2006. Paris: OECD/IEA.

International Geothermal Association (IGA, 2007) World Geothermal Congress 2005, <http://www.wgc2005.org/>; 15.08.2007.

Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR, 2007) US-Geothermie- Verband: 6 Mio. amerikanische Haushalte könnten mit Geothermie-Strom versorgt werden, <http://www.iwr.de/news.php?id=10574>; 15.08.2007.

KfW (2007) KfW-Klimaschutzfonds / Carbon Fund, Quarterly Report No. 7, 30 September 2007: KfW-Klimaschutzfonds. KfW-Förderbank.

Köpke, R. (2005) Ein Anfang ist gemacht – drei Jahre Dena-Exportinitiative. PHOTON. Nr. 07/2005. S. 34-38.

Landesbank Baden-Württemberg (2005). Branchenanalyse. Photovoltaik 2005. Das industrielle Zeitalter beginnt. Stuttgart: Landesbank Baden-Württemberg.

- Lund, J. W. (2000) Weltweiter Stand der geothermischen Energienutzung 2000. In: Zeitschrift Geothermische Energie 28/29, 8. Jahrgang, Heft 1/2, März/September 2000.
- Lund, J.W. (2000a) World status of geothermal energy use – Overview 1995-1999.
- Lund, J. W.; Freeston, D. H.; Boyd, T. L. (2005) World-Wide Direct Use of Geothermal Energy 2005. Proceedings of World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey.
- Meyer, J.-P. (2007) Wer bekommt das größte Stück vom Kuchen? Sonne, Wind & Wärme, No. 6/2007, S. 81-83.
- Nordic Environment Finance Co-operation (NEFCO, 2007), <http://www.nefco.fi/page.asp?headerid=70&subid=81&lang=eng>; 22.11.2007.
- Nordic Environment Finance Co-operation (NEFCO, 2007b), TGF Project Portfolio Summary September 2007.
- Orkustofnun – Icelandic National Energy Authority (OS, 2007) <http://www.os.is/page/english>; 15.08.2007.
- Paschen, H.; Oertel, D.; Grünwald, R. (2003) Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland. Sachstandsbericht. Arbeitsbericht Nr. 84. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).
- Pitz-Paal, R. 2006; Solarthermische Kraftwerke – europäische Potenziale kostengünstig erschließen, FVS Themen 2006.
- PricewaterhouseCoopers (2007) Deutsche Unternehmen beteiligen sich kaum an CDM und JI – Ursachen und Lösungsansätze einer Marktbefragung durch PwC. PwC: Frankfurt am Main.
- Prognos et al. (2007) Evaluierung des 4. Energieforschungsprogramms Erneuerbare Energien – Endbericht. Im Auftrag des FZ Jülich / PtJ-EEN (BMU). Berlin, Basel, Leipzig, Münster, Varel, Freiburg.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21, 2006) Renewables Global Status Report 2006 Update, REN21 Secretariat, Worldwatch Institute. Paris, Washington.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21, 2007) Renewables – Global status report 2006 Update. <http://www.ren21.net/ren21/default.asp>; 15.08.2007.
- Renertec – Regenerative Energien (Renertec, 2004) Geothermie in Italien. Analyse der IST-Situation und des Marktpotenzials.
- Rödl & Partner (2007) www.geothermieprojekte.de; 15.08.2007.
- Siegmund, T. (2007) Bioenergy —Technologies, Potentials and Markets - Conference on Renewable Energies for Embassies in Germany - 26.06.2007; Berlin.
- Solar Paces Annual Report 2004; The Concentrating Solar Power Global Market Initiative 2004.

Staiß, F. (2007) Jahrbuch Erneuerbare Energien 2007. Hrsg. Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg. Radebeul: Biebertstein Verlag.

Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.) (UBA, BMU, 2007) Wirtschaftsfaktor Umweltschutz, Forschungsprojekt im Auftrag des UBA – durchgeführt von DIW, FhG ISI und Roland Berger, Dessau, Berlin.

Wüst, C. (2007) Erntedynamik im Autotank. Spiegel Special, Nr. 1/07, S. 59.

ZSW, DLR, DIW, GWS (2007) Erneuerbare Energien: Bruttobeschäftigung 2006, Teilbericht zum Abschlußbericht des Vorhabens „Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up“, Stuttgart, Berlin, Osnabrück, September 2007.