

Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen

– Ergänzungsbericht 2007 –

Stand 10.04.2008

Bearbeitung durch

ARGE Monitoring PV-Anlagen



BOHL & COLL.
Rechtsanwälte

Im Auftrag des

Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Hannover, Stuttgart, Leipzig, Würzburg den 10.04.2008

Inhaltsverzeichnis		Seite
0.1	Abbildungsverzeichnis	II
0.2	Tabellenverzeichnis	III
0.3	Abkürzungsverzeichnis	IV
1	Aufgabenstellung und Ergebnisübersicht	1
2	Entwicklung der Freiflächenanlagen in Deutschland	5
2.1	Anlagenzahl und installierte Leistung	6
2.2	Entwicklung in den Bundesländern.....	10
2.3	Übersicht über die verwendeten Zelltechnologien.....	14
2.4	Grundflächenbedarf und Nutzungstyp der Flächen	16
3	Marktentwicklungen	22
3.1	Geplante Anlagen in Deutschland	22
3.1.1	Ziel der Erhebung	22
3.1.2	Methodik	22
3.1.3	Ergebnisse.....	24
3.1.3.1	Gesamtübersicht.....	24
3.1.3.2	Regionale Verteilung	24
3.1.3.3	Standorttypen	28
3.1.4	Größenklassen	31
3.1.5	Bewertung.....	33
3.2	Internationale Märkte	34
3.2.1	Weltweit installierte Leistung	34
3.2.2	Einspeiseregulungen in der europäischen Union und den USA.....	44
3.2.3	Produktionskapazitäten	49
3.2.4	Freiflächenmarkt in Spanien	54
3.2.5	Exportsituation im Bereich Freiflächenanlagen aus der Sicht Deutschlands....	55
4	Kosten und Wirtschaftlichkeit	58

0.1	Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 2-1:	Entwicklung der Zahl der jährlich installierten Bauabschnitte von Photovoltaik-Freiflächenanlagen seit 1988 (alle EEG-/nicht EEG-Anlagen)	6
Abb. 2-2:	Entwicklung der jährlich installierten Leistung sowie jährliche mittlere Leistung in der Freifläche seit 1988	7
Abb. 2-3:	Entwicklung der kumulierten installierten Leistung in der Freifläche	8
Abb. 2-4:	Verteilung der installierten Leistung und Anlagenzahl auf fünf Leistungsklassen	10
Abb. 2-5:	Verteilung der Anlagenzahl auf die Bundesländer.....	11
Abb. 2-6:	Verteilung der Leistung auf die einzelnen Bundesländer und Darstellung der mittleren Leistung	12
Abb. 2-7:	Entwicklung der installierten Leistung differenziert nach Zelltechnologie	14
Abb. 2-8:	Verteilung der installierten Leistung und Anlagenzahl der netzgekoppelten FFA auf die Zelltechnologien.....	15
Abb. 2-9:	Entwicklung der jährlich für FFA genutzten Grundflächen im Zeitraum von 2000 bis 2007 in Deutschland	16
Abb. 2-10:	Spezifischer Flächenverbrauch bei Anlagen mit und ohne Nachführung	17
Abb. 2-11:	Anzahl der Freiflächenanlagen nach Standorttypen.....	18
Abb. 2-12:	Verteilung der installierten Leistung von FFA nach Standorttypen.....	19
Abb. 2-13:	Entwicklung des spezifischen Flächenverbrauchs in Abhängigkeit von der Zelltechnologie für nicht nachgeführte Anlagen.....	20
Abb. 2-14:	Installierte Leistung nach Standorttyp verteilt auf die Bundesländer	21
Abb. 3-1:	Standorte geplanter Freiflächenanlagen mit Gliederung nach Planungsfortschritt in Deutschland (Stand: Sommer 2007).....	26
Abb. 3-2:	Verteilung der erwarteten installierten Leistung noch verfolgter Planungen auf die einzelnen Bundesländer mit Gliederung nach Planungsfortschritt im Sommer 2007	27
Abb. 3-3:	Standorte geplanter Freiflächenanlagen nach Art der Vornutzung in Deutschland.....	31
Abb. 3-4:	Weltweit installierte Photovoltaikleistung	34
Abb. 3-5:	Installierte, netzgekoppelte Photovoltaikleistung in Europa (Länder mit einer installierten Leistung < 1MW _p sind nicht dargestellt)	38
Abb. 3-6:	Anzahl und Leistung der neu installierten Freiflächenanlagen geordnet nach Ländern für 2005 bis 2007 (nur Freiflächenanlagen außerhalb Deutschlands, > 250 kW _p , nur Länder mit mehr als 1 FFA)	42
Abb. 3-7:	Anzahl und Leistung der zugebauten Freiflächenanlagen klassifiziert nach Anlagengrößenklassen für 2005 bis 2007 (nur Freiflächenanlagen außerhalb Deutschlands, > 250 kW _p , nur Länder mit mehr als 1 FFA)	43
Abb. 3-8:	Mittelwert des spezifischen Ertrags der nicht nachgeführten Freiflächenanlagen in MWh/MW _p (Freiflächenanlagen >250 kW _p , Länder mit mehr als 1 FFA)	44

Abb. 3-9:	Erfasste und prognostizierte Waferdicke und Siliziumeinsatz bei der Produktion von Wafern	49
Abb. 3-10:	Für die PV-Industrie verfügbare Siliziummenge und potenzielle Solarzellenproduktion	50
Abb. 3-11:	Weltweite Solarzellenproduktion von 1999 bis 2006 einschließlich Prognosen für 2007 und 2008 (Quelle: Photon, 4/07)	51
Abb. 3-12:	Weltweite Solarzellen-Produktion in 2006, Produktionskapazitäten und geplante Kapazitätserweiterungen (ROW: rest of world)	52
Abb. 4-1:	Spezifische Investitionskosten in Abhängigkeit von der Zelltechnologie	58
Abb. 4-3:	Entwicklung der ertragsbezogenen spezifischen Investitionskosten für die verschiedenen Zelltechnologien	62

0.2	Tabellenverzeichnis	Seite
------------	----------------------------	--------------

Tab. 2-1:	Entwicklung der Photovoltaik und Anteil der Freiflächenanlagen	9
Tab. 2-2:	Anteil der Freiflächenanlagen an der installierten Leistung aller Photovoltaikanlagen Ende 2006 nach Bundesländern (einschließlich der vor 2001 errichteten Freiflächenanlagen, ohne die 2007 installierten Anlagen)	13
Tab. 3-1:	Verteilung geplanter Freiflächenanlagen nach Bundesländern und Planungsstand	25
Tab. 3-2:	Vornutzung der Flächen geplanter Freiflächenanlagen nach Bundesländern ..	29
Tab. 3-3:	Geplante PV-Freiflächenanlagen nach Größenklassen und Bundesländern ...	31
Tab. 3-4:	Überblick über die bestehenden Einspeiseregulungen für Strom aus Photovoltaik in Europa und den USA	45
Tab. 4-1:	Spezifische Investitionskosten bezogen auf die Nennleistung	59
Tab. 4-2:	Spezifische Kosten bezogen auf die Nennleistung, Vergleich Dünnschicht und Kristallin, jeweils feststehend	59
Tab. 4-3:	Ertragsbezogene spezifische Investitionskosten	61

0.3 Abkürzungsverzeichnis

1A	einachsige Nachführung
2A	zweiachsige Nachführung
a-Si	Zelltyp Silizium amorph
BB	Land Brandenburg
BE	Land Berlin
B-Plan	Bebauungsplan
BW	Land Baden-Württemberg
BSi	Bundesverband Solarindustrie
BSW	Bundesverband Solarwirtschaft, zum 1.1.2006 aus UVS und BSi entstanden
BY	Land Bayern
c-Si	Zelltyp Silizium kristallin
CdTe	Zelltyp Cadmiumtellurid
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FFA	s. PV-FFA
F-Plan	Flächennutzungsplan
FNF	Flächennutzungsfaktor
HB	Land Bremen
HH	Land Hamburg
KVR	Kosten-Vergütungs-Relation: Verhältnis der ertragsbezogenen spezifischen Kosten zur spezifischen Einspeisevergütung
MKRO	Ministerkonferenz für Raumordnung
MV	Land Mecklenburg-Vorpommern

NI	Land Niedersachsen
NW	Land Nordrhein-Westfalen
P_nom	Nennleistung einer Fotovoltaikanlage
PV	Abkürzung für Fotovoltaik nach herkömmlicher Schreibweise (Photovoltaik).
PV-FFA	Photovoltaik-Freiflächenanlage.
SFV	Solarenergie-Förderverein Deutschland e. V.
SH	Land Schleswig-Holstein
SL	Land Saarland
SN	Land Sachsen
ST	Land Sachsen-Anhalt
TH	Land Thüringen
TÖB	Träger öffentlicher Belange
UVS	Unternehmensverband Solarwirtschaft
W	Wafer

1 Aufgabenstellung und Ergebnisübersicht

Auftrag und Berichtsstand

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat zum Ende des Jahres 2004 die „Arbeitsgemeinschaft Monitoring PV-Anlagen“ mit dem Vorhaben „Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der PV-Freiflächenanlagen“ beauftragt. Das zunächst auf 2 Jahre angelegte Vorhaben wurde zwischenzeitlich um 1 Jahr verlängert, damit auch die Entwicklungen, die im Jahre 2007 den Novellierungsprozess des EEG begleiten, möglichst vollständig in das Monitoring einbezogen werden können. Das Vorhaben endet im April 2008 mit einem Abschlussworkshop.

Im Rahmen der Fortsetzung des Vorhabens wurde eine umfangreiche Recherche zu den planerischen Aktivitäten zur Realisierung von Freiflächenanlagen durchgeführt. Gleichzeitig wurden bestehende Datenbankeinträge erneut kritisch überprüft und vervollständigt.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Monitoringphase 2007 zusammen und ergänzt damit den bisher vorgelegten umfassenden Projektbericht vom 31.7.2007.

Aufgabenstellung und Monitoring-Schwerpunkte

Mit dem Monitoring wurden die Wirkungen der Vergütungsregelungen des § 11 EEG auf den Komplex der Stromerzeugung aus Solarenergie wissenschaftlich und praxisbezogen untersucht. Die Aufgabe bestand in der Analyse von erwünschten und unerwünschten Wirkungen des Baus von PV-Freiflächenanlagen, in der Begleitforschung im Hinblick auf die Zielerfüllung des EEG und in der Entwicklung von Handlungsempfehlungen.

Das Monitoring hatte den Fokus vor allem darauf gelegt, ob und wie die getroffenen Regelungen zur Förderung und zum Ausbau der Energienutzung aus Photovoltaik-Anlagen im Einklang stehen insbesondere mit Belangen des Natur- und Landschaftsschutzes, der Wirtschaftlichkeit und der Akzeptanz in der Bevölkerung. Der Schub, den derzeit die Nutzung und Entwicklung der erneuerbaren Energien im Kontext der Politik der Bundesregierung zum Klima- und Ressourcenschutz erfährt, sollte frühzeitig im Sinne der umfassenden Nachhaltigkeit gesteuert werden. Insbesondere unerwünschte Effekte und Wirkungen, die sich für die Windenergienutzung bezogen auf den Naturschutz und die Akzeptanz in der Öffentlichkeit nicht abstreiten lassen, sollten für die PV-Freiflächenanlagen frühzeitiger erkannt und nach Möglichkeit abgewendet werden. Entsprechend konnte das BMU in der 2007 geführten Debatte um die EEG-Novellierung bereits auf aktuelle Ergebnisse des Monitoring zurückgreifen.

Mit der Zusammensetzung ihrer Mitglieder bildete die durchführende „Arbeitsgemeinschaft Monitoring PV-Anlagen“ die für das Monitoring relevanten Themenbereiche Datenbank und Statistik, Umwelt- und Naturschutz, Planungsrecht und Verfahren, Technikentwicklung, Kapitalmarkt und Investoren sowie Produktion und Vertrieb kompetent ab. Die berührten natur-

schutzfachlichen, genehmigungsrechtlichen, technischen und wirtschaftlichen Aspekte erforderten im Team jeweils eine fachlich anspruchsvolle und qualifizierte Auseinandersetzung, die dann in ihren Wechselwirkungen und Synergien interdisziplinär zu werten und zusammenzuführen waren. Die Schnittstellen zwischen den „Gewerken“ erfuhren daher eine besondere Aufmerksamkeit.

Dialog

Ein besonderes Anliegen des Vorhabens lag darüber hinaus in der Fortsetzung des Dialogprozesses zwischen den Akteuren der „PV-Welt“ in den Kommunen, bei den Umwelt- und Naturschutzverbänden und in der Solarwirtschaft. Die Veranstaltungen dienten der Information und dem gegenseitigen Austausch über Vorgänge, Aktivitäten und Konflikte im Markt sowie im Bereich der Vorhabenplanung und -genehmigung. Auch dadurch hatte das Monitoring-Team einen kurzen Draht zur Praxis und konnte zeitnah auf neue und zusätzliche Forschungs- und Untersuchungsfragen reagieren. Andererseits schufen die Veranstaltungen eine Plattform für die Vermittlung der Ergebnisse aus dem Monitoring an die Fachöffentlichkeit, die die Präsentation der Zwischenergebnisse und Berichte auf der Webseite des BMU (www.erneuerbare-energien.de) unmittelbar ergänzten. Die Workshops etablierten sich als wertvolle und gern besuchte Foren, die aufgrund ihrer thematischen Breite und Offenheit sowohl bei den Wirtschaftsunternehmen, aber auch den z.T. kritischen Behörden und Umweltverbänden entsprechende Anerkennung erfuhren.

Nachfolgend sind die durchgeführten Fachveranstaltungen des PV-Monitoring gelistet, die entsprechend der jeweiligen Themenstellung einen thematisch breiten oder eher spezialisierten Teilnehmerkreis ansprachen. Alle Dokumentationen der Veranstaltungen sind auf der Webseite des BMU veröffentlicht.

- | | |
|----------------|--|
| 21.-22.3.2005 | Workshop „Photovoltaik-Freiflächenanlagen – Aktuelle Erfahrungen und Konfliktlinien“, Bonn |
| 20.09.2005 | Fachgespräch „Standortplanung, Umweltprüfung und Eingriffsregelung Praxiserfahrungen – Methodische Anforderungen“, Hannover |
| 08.-09.05.2006 | Workshop „PV-Freiflächenanlagen: Quo vadis? Perspektiven zur Wirtschaftlichkeit“ & „Aktuelle Planungspraxis für Freiflächenanlagen“, Leipzig |
| 05.06.2007 | Fachgespräch zum Entwurf „Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen“, Hannover |
| 10.07.2007 | Workshop „PV-Freiflächenanlagen: Monitoring-Ergebnisse“ & „PV-Freiflächenanlagen der Zukunft – in Deutschland und im Ausland“ |
| 02.04.2008 | Abschluss-Workshop in Stuttgart: „PV-Freiflächenanlagen: Monitoring-Ergebnisse“ |

Projektergebnisse wurden zudem auf nachfolgenden Foren präsentiert und eingebracht:

2005 - 2007	Arbeitskreis „Qualitätskriterien für Solarfonds“ des Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) (Langniß, Mack)
30.05.2005	Fachgespräch "Recycling von Solarmodulen – Sachstand und künftige Entwicklungen", BMU Bonn (Reichmuth)
23.02.2006	Fachtagung „Querschnittsthemen Erneuerbare Energien“, BMU Berlin, (Günnewig)
08.03.2006	21. Symposium Photovoltaische Solarenergie auf Kloster Banz, Bad Staffelstein (Langniß)
27.03.2006	FE-Vorhaben „Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen“, BfN, projektbegl. Arbeitsgruppe (Günnewig)
11.10.2006	F+E-Vorhaben „Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von PV-Freiflächenanlagen“, Abschlussworkshop, Fulda (Günnewig, Sieben)
14.12.2006	Zukunftswerkstatt "Freiflächenphotovoltaik im Raum Leipzig – Auf der Suche nach zukunftsträchtigen Wegen für die Energieversorgung", Leipzig (Reichmuth), zum BMU-Projekt „Akzeptanz und Strategien für den Ausbau Erneuerbarer Energien auf kommunaler und regionaler Ebene“
07.-09.03.2007	22. Symposium Photovoltaische Solarenergie auf Kloster Banz, Bad Staffelstein (Posterpräsentation)
15.02.2008	Fachforum „Klimawandel und Kulturlandschaft“ des Kompetenzzentrums für Raumforschung und Regionalentwicklung in der Region Hannover
05.-07.03.2008	23. Symposium Photovoltaische Solarenergie auf Kloster Banz, Bad Staffelstein (Posterpräsentation)

Leitfaden

Der „Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen“ war die Abschlussleistung des naturschutzfachlichen Projektergebnisses und Bestandteil des Erstvorhabens. Der Leitfaden ist inzwischen auf den Seiten des BMU veröffentlicht. Ergänzungen und Fortschreibungen waren im Rahmen der Fortschreibung des Monitorings nicht vorgesehen, so dass der vorliegende Bericht keine weiteren Beiträge diesbezüglich enthält.

2 Entwicklung der Freiflächenanlagen in Deutschland

Die im Folgenden dargestellten Entwicklungen des Anlagenbestands der Photovoltaik-Freiflächenanlagen (kurz: FFA) und der damit in Deutschland installierten Leistung beziehen sich auf den Zeitraum bis zum Ende des Jahres 2007 (Stichtag 31.12.2007). Dargestellt sind jeweils Anlagen, die sich nachweislich im Betrieb befinden und deren Leistung 90 kW_p übersteigt. Geplante Anlagen oder Bauabschnitte, die noch nicht an das Netz angeschlossen sind, sind nicht berücksichtigt.

Die dargestellte Anlagenzahl und die Leistungsübersicht umfasst den Zeitraum von 1988 bis 2007 (vgl. Abb. 2-1, Abb. 2-2). Für die weiteren Analysen werden allerdings die sechs zwischen 1988 und 2000 errichteten Anlagen nicht berücksichtigt.

Bereits vorab kann zusammengefasst werden, dass der Zuwachs im Photovoltaik-Freiflächen-Segment, der seinerzeit durch die Aufnahme der Freiflächenanlagen in das neue EEG von 2004 sowie den Wegfall der oberen Leistungsgrenze von 100 kW_p je Anlage ausgelöst worden war, weiterhin anhält.

Wie in den bereits veröffentlichten Projektberichten¹ bereits mehrfach angedeutet, existiert ein starker Trend zu sehr großen Freiflächenanlagen, die in Bauabschnitten realisiert und in Betrieb genommen werden. Für die einzelnen Bauabschnitte werden jeweils die Leistung und das Inbetriebnahmejahr erfasst, um den jährlichen Leistungsausbau nachvollziehen zu können. Gleichzeitig werden die Daten der gesamten Anlage erfasst, um den Standort insgesamt bewerten zu können.

Die Daten werden dann nach Bauabschnitten dargestellt, wenn der jährliche Zubau Gegenstand der Analyse ist (Abb. 2-1 bis Abb. 2-3). Für weitere Auswertungen werden Anlagen, die in Bauabschnitten errichtet werden, dem Jahr ihrer jeweils kompletten Fertigstellung zugeordnet. Anlagen, die noch nicht vollständig fertig gestellt sind, werden durch die bisher realisierten Bauabschnitte beschrieben.

Seit der Veröffentlichung des Berichts vom Juli 2007 wurde die Datenbank um Anlagen, die im Jahr 2007 in Betrieb gegangen sind, erweitert. Zusätzlich wurden bereits in die Datenbank aufgenommen Anlagen überprüft und gegebenenfalls angepasst. Für die seit 2004 jährlich installierte Leistung ergeben sich damit leichte Abweichungen, die jedoch im unteren einstelligen Prozentbereich liegen. Die Datenauswertungen beziehen sich auf den Stand der Datenbank von Anfang Februar 2008. Es wird davon ausgegangen, dass mit den erfolgten Recherchen nun weitestgehend alle betriebenen Anlagen erfasst sind.

¹ <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/35964/4613/>

2.1 Anlagenzahl und installierte Leistung

Bis zum Ende des Jahres 2007 sind 228 Anlagen bzw. Bauabschnitte in Betrieb genommen worden (vgl. Abb. 2-1). Dabei handelt es sich um 214 komplette Anlagen, von denen zwölf Anlagen aus einzelnen Bauabschnitten bestehen, die in verschiedenen Jahren fertig gestellt worden sind. Der Großteil der Anlagen ist seit 2004 errichtet worden. Im Jahr 2005 ist mit 58 fertig gestellten Anlagen/Bauabschnitten bislang die größte Anzahl installiert worden.

Der bis dato eher geringe Bestand an einzelnen PV-Freiflächenanlagen steigt erstmals nach Inkrafttreten der ersten Fassung des EEG im Jahr 2000 moderat an, wobei sich die verbesserte Förderung faktisch erst 2001 auswirkte. Ein starker Entwicklungsschub wird 2004 ausgelöst, als zu Jahresbeginn das PV-Vorschaltgesetz und zum 1. August das neue EEG in Kraft tritt. Neben der Aufnahme der FFA in das Vergütungssystem wird die bis 31.12.2003 gültige Leistungsbeschränkung von 100 kW für die einzelne FFA aufgehoben, was erstmals die Realisierung von Großprojekten unter Nutzung von Skaleneffekten erlaubt.

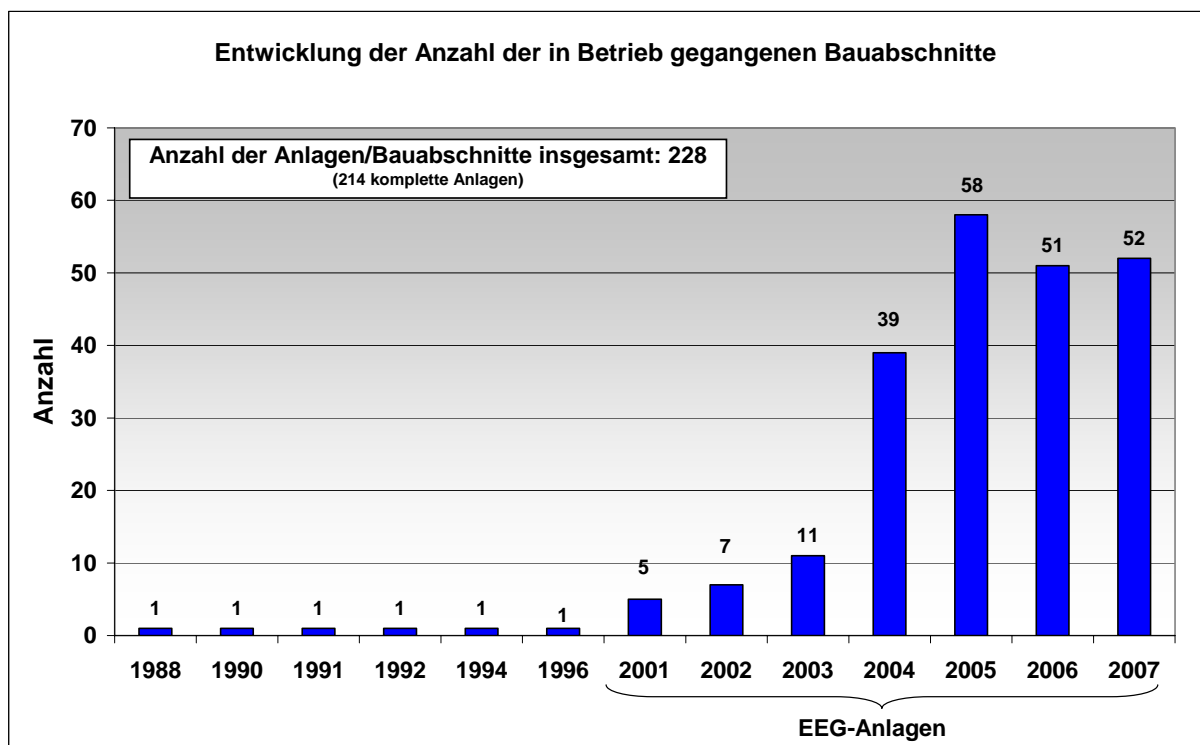


Abb. 2-1: Entwicklung der Zahl der jährlich installierten Bauabschnitte von Photovoltaik-Freiflächenanlagen seit 1988 (alle EEG-/nicht EEG-Anlagen)

Die kumulierte Leistung aller in Betrieb befindlichen Anlagen bzw. Bauabschnitte am Ende des Jahres 2007 beträgt 303,7 MW_p (s. Abb. 2-2). Im Jahr 2007 ist zwar mit 52 Bauabschnitten bzw. Anlagen praktisch fast die gleiche Anlagenzahl wie im Jahr 2006 (51) in Betrieb genommen worden, die in 2007 installierte Leistung liegt jedoch mit knapp 66 % deutlich

höher als im Vorjahr. Dies wird verursacht durch die gestiegene mittlere Leistung der einzelnen Anlagen: Im Jahr 2007 beträgt sie 2,2 MW_p und liegt damit deutlich über der für 2004 bis 2006 ermittelten mittleren Anlagengröße von 1,0 und 1,4 MW_p. In den Jahren vor 2004 (außer 2002) verfügen die wenigen installierten Anlagen im Mittel über Anlagengrößen von 100 bis 600 kW_p. Gemittelt über alle 228 bislang in Deutschland errichteten Anlagen und Bauabschnitte beträgt die durchschnittliche Leistung derzeit 1,33 MW_p. Werden nur komplette Anlagen betrachtet, erhöht sich dieser Wert auf 1,42 MW_p.

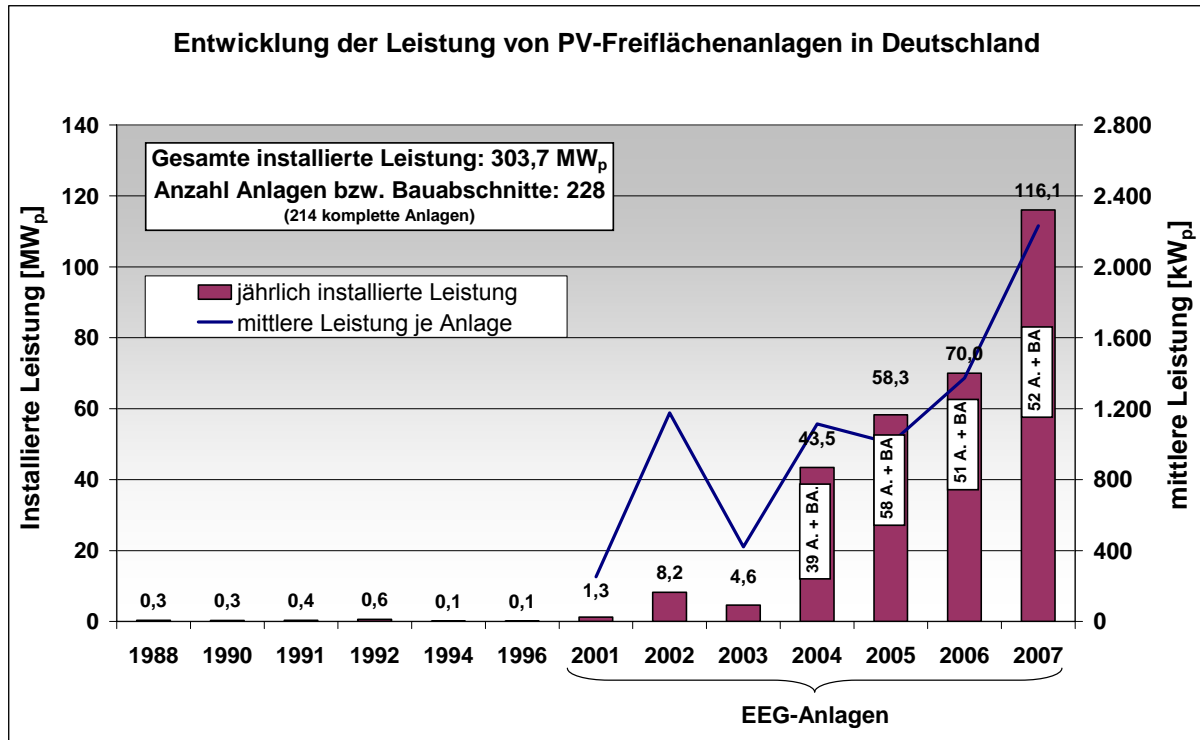


Abb. 2-2: Entwicklung der jährlich installierten Leistung sowie jährliche mittlere Leistung in der Freifläche seit 1988

Das Solarfeld Erlasee ist mit 12,0 MW_p derzeit die leistungsstärkste Anlage in Deutschland. Diesen Spitzenplatz musste die Anlage mittlerweile an den Energiepark Waldpolenz mit derzeit 12,5 MW_p (Stand Februar 2008) abgeben. Mit einem Ausbauziel von 40 MW_p wird diese Anlage bis Ende 2009 noch weiter vergrößert.

Ein nennenswerter Beitrag der FFA zum Ausbau der Photovoltaik erfolgte demnach erst ab dem Jahr 2001. Zunächst ist das Jahr 2002 mit neu installierten 8,2 MW_p ein erster relativer Höhepunkt. Ende 2003 beträgt die aufsummierte Leistung allerdings erst 15,9 MW_p, das entspricht aus heutiger Sicht einem Anteil von rund 5 %.

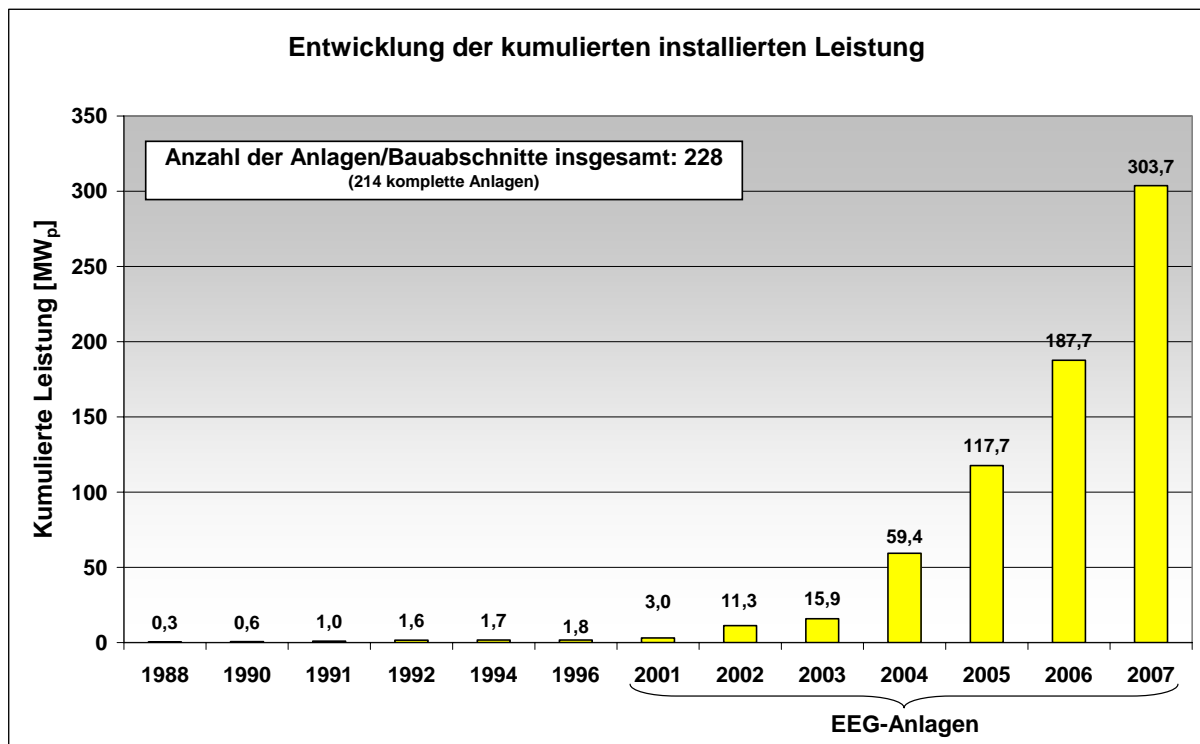


Abb. 2-3: Entwicklung der kumulierten installierten Leistung in der Freifläche

Die über alle FFA bisher installierte entspricht einem Anteil von 8,0 % der in Deutschland insgesamt installierten Photovoltaikleistung von derzeit 3,8 GW_p (Tab. 2-1). Im Jahr 2006 lag dieser der Anteil noch bei 6,9 %.

Bezogen auf den jährlichen Zubau wird in 2007 erstmals die Marke von 10 % überschritten: von rund 1 GW_p neu installierter Gesamtleistung kommen 10,6 % aus dem Segment der Freiflächenanlagen.

Tab. 2-1: Entwicklung der Photovoltaik und Anteil der Freiflächenanlagen

Gegenstand	Quelle	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
installierte Leistung (Photovoltaik, netzgekoppelt) zum Jahresende (in MW)	AGEE-Stat	178	258	408	1.018	1.881	2.711	3.811
davon installierte Leistung in Photovoltaik-Freiflächenanlagen (in MW)	eigene Erhebung	3	11,3	15,9	59,4	117,7	187,7	303,7
Anteil der Freiflächenanlagen (in %)		1,7%	4,4%	3,9%	5,8%	6,3%	6,9%	8,0%
Zubau an installierter netzgekoppelter Photovoltaik-Leistung im Jahreslauf (MW)	AGEE-Stat	78	80	150	610	863	830	1.100
Zubau an Photovoltaik-Freiflächenanlagen im Jahreslauf (MW)	eigene Erhebung	1,3	8,2	4,6	43,5	58,3	70,0	116,1
Anteil der Freiflächenanlagen (in %)		1,6%	10,3%	3,1%	7,1%	6,8%	8,4%	10,6%

In den im Weiteren folgenden Darstellungen werden ausschließlich Anlagen seit 2001 berücksichtigt. Weiterhin werden nur noch ganze Anlagen betrachtet, einzelne Bauabschnitte werden nicht mehr einbezogen. Die Datenbasis beläuft sich damit auf 208 Anlagen, die insgesamt eine Leistung von 301,9 MW_p repräsentieren.

Die Verteilung der Anlagenzahl und der installierten Leistung auf verschiedene Leistungsklassen ist in Abb. 2-4 dargestellt. Dabei fällt sehr schnell auf, dass die Anzahl der Anlagen nur ein nachrangiges Kriterium zur Beurteilung des bisher vollzogenen Leistungsumfangs darstellt. So gibt es derzeit zwar gleichermaßen viele kleine und auch große Anlagen, wenn man die Leistungsgrenze bei 1,0 MW_p zieht. Die Anlagen mit mehr als 1,0 MW_p erbringen jedoch 86 % der gesamten, in FFA installierten Leistung aus. Leistungsmäßig dominiert vor allem die Leistungsklasse von 1,0 bis 5,0 MW_p. Diese Anlagengröße erbringt über 60 % der PV-Freiflächenleistung; die mittlere Anlagengröße in dieser Klasse beträgt 2,0 MW_p.

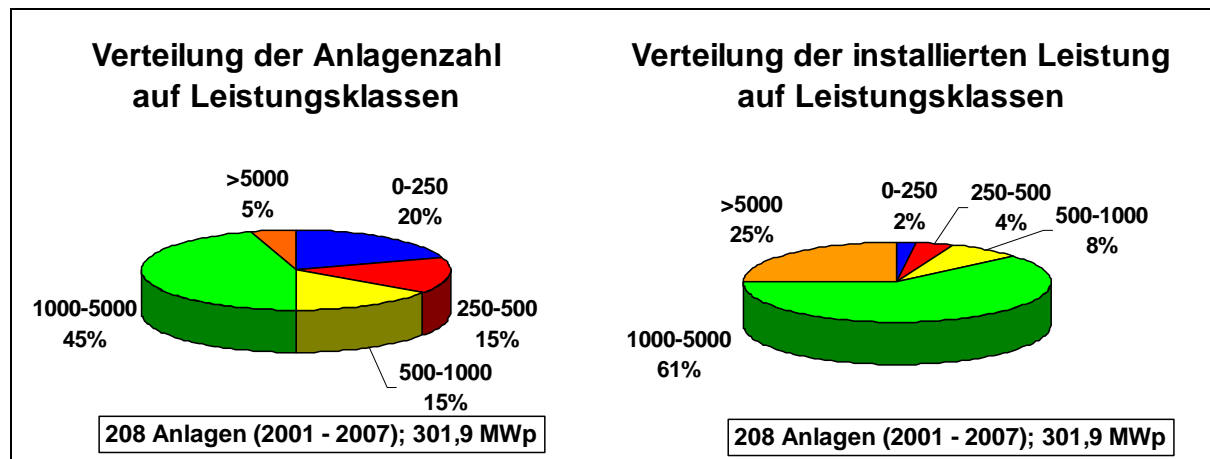


Abb. 2-4: Verteilung der installierten Leistung und Anlagenzahl auf fünf Leistungsklassen

2.2 Entwicklung in den Bundesländern

Betrachtet man die regionale Verteilung der bislang installierten PV-FFA, so ist auf den ersten Blick ein deutliches Nord-Süd-Gefälle zu beobachten. Bayern verfügt dabei mit 141 Anlagen mit großem Abstand über die meisten Anlagen im Bundesgebiet (vgl. Abb. 2-5). Eine Ursache ist die erhöhte Einstrahlung in den südlichen Bundesländern. Allerdings verläuft diese Entwicklung nicht einheitlich, wie ein Vergleich zwischen Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Bayern erkennen lässt. Verglichen mit seinen geographischen Möglichkeiten liegt Baden-Württemberg in der Entwicklung eindeutig zurück.

Auch weite Teile der östlichen Bundesländer, insbesondere Sachsen und das südliche Brandenburg, weisen ein ähnlich gutes Strahlungsangebot auf wie der nördliche Teil Bayerns und Baden-Württembergs oder das südliche Rheinland-Pfalz und das Saarland. Dies spiegelt sich in der Zahl der realisierten Anlagen in Sachsen wider.

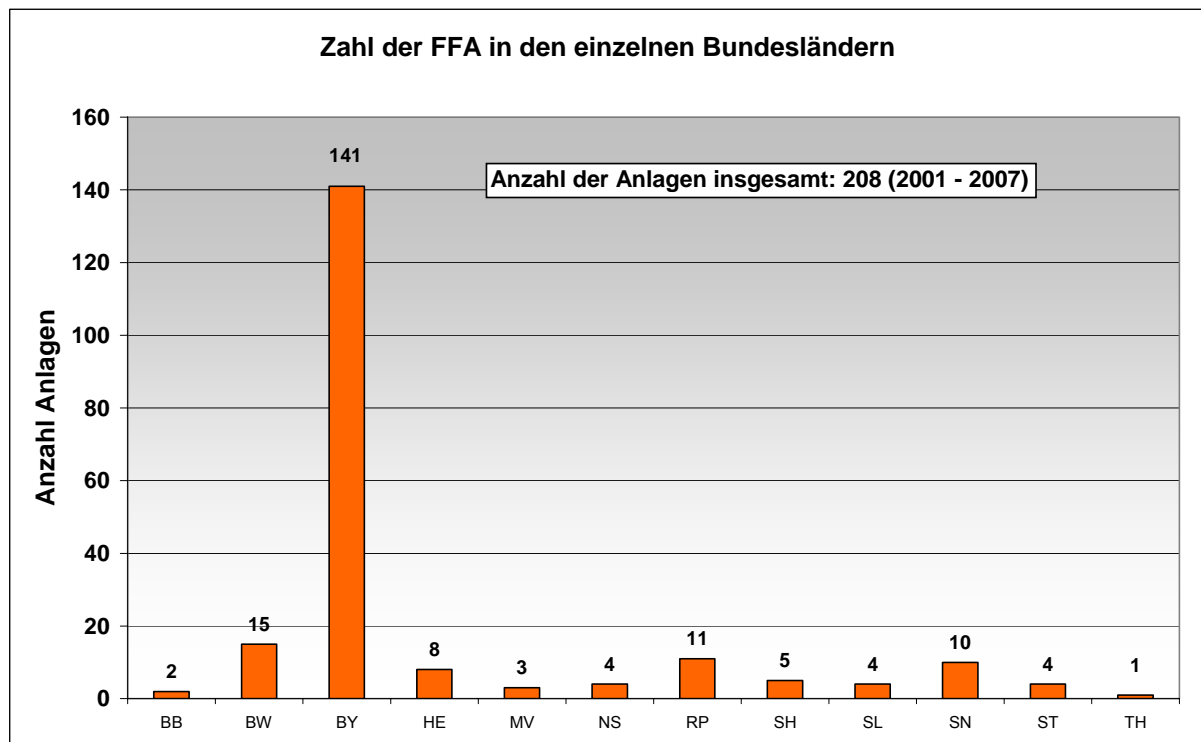


Abb. 2-5: Verteilung der Anlagenzahl auf die Bundesländer

Die 141 bayerischen Anlagen summieren sich auf eine Gesamtleistung von 196,7 MW_p (vgl. Abb. 2-5). Damit liegt Bayern im innerdeutschen Vergleich deutlich an der Spitze. Es folgt Sachsen; dort sind zwar lediglich zehn Anlagen installiert, die allerdings mit einer Leistung von 32,7 MW_p leistungsbezogen den zweiten Rang begründen. Das Saarland (15,5 MW_p), Rheinland-Pfalz (14,8 MW_p) und Baden-Württemberg (13,8 MW_p) folgen auf den weiteren Rängen.

Im direkten Vergleich der Bilanzen bei der Anlagenanzahl einerseits und der installierten Leistung andererseits (vgl. Abb. 2-6) erkennt man große Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern, die sich letztendlich aus der jeweiligen Durchschnittsgröße der Einzelanlagen ergeben. So übertreffen die Länder Saarland und Sachsen das an Zahl der Anlagen besser ausgestattete Baden-Württemberg. Während die mittlere Anlagengröße in den meisten Bundesländern im Bereich zwischen 0,6 und 1,4 MW_p liegt, weisen die Anlagen im Saarland und Sachsen demgegenüber mit 3,9 bzw. 3,3 MW_p eine erheblich leistungsfähigere Dimension auf.

Die Anlagen in Bayern haben ebenso wie alle Anlagen in Deutschland eine durchschnittliche Größe von 1,4 MW_p.

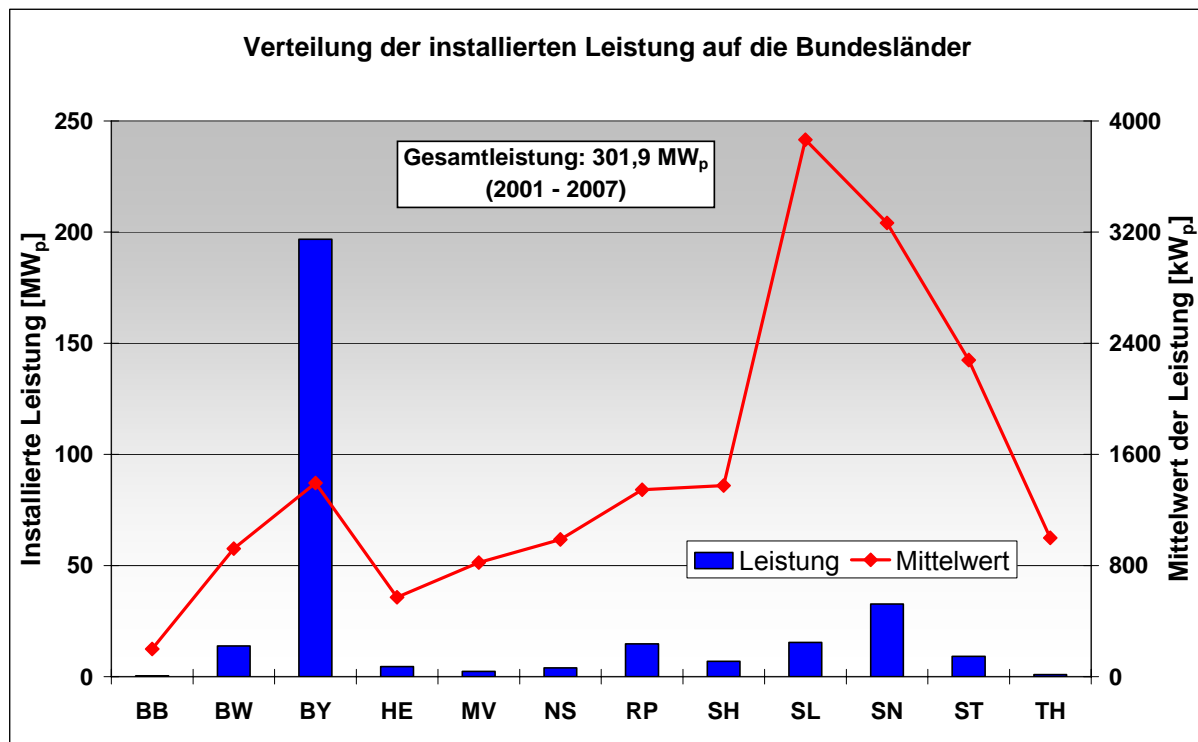


Abb. 2-6: Verteilung der Leistung auf die einzelnen Bundesländer und Darstellung der mittleren Leistung

Eine für die Entwicklung des PV-Stroms wichtige Fragestellung ist immer auch die Entwicklung des PV-Stroms aus Freiflächenanlagen im Verhältnis zur Stromproduktion der Photovoltaik insgesamt. Dazu werden die verfügbaren Zahlen der Netzbetreiberstatistik 2006 (Photon, Dezember 2007) mit den Zahlen der Freiflächenanlagen bundeslandweise zusammengestellt und verglichen (Tab. 2-2).

Danach liegt der Anteil der Freiflächenanlagen an der gesamten installierten Leistung in fünf der 16 Bundesländer höher als 10 %. Das Saarland nimmt mit rund 33 % Leistung aus Freiflächenanlagen den Spitzenplatz ein. Es folgen mit Sachsen (rd. 28 %), Sachsen-Anhalt (rd. 14 %) und auch Mecklenburg-Vorpommern (rd. 11 %) ostdeutsche Bundesländer, in denen die Entwicklung der Photovoltaik insgesamt allerdings recht schwach entwickelt ist. Die in Bayern die installierte Gesamtleistung ist demgegenüber insgesamt sehr hoch, entsprechend ist der Anteil der Freiflächenanlagen lediglich 11,6 % aus. In den übrigen Bundesländern bleibt der Anteil der Freiflächenanlagen durchweg unter 8 % der insgesamt installierten Leistung.

Insbesondere in Baden-Württemberg, dem Bundesland mit der zweithöchsten installierten Leistung sind die Freiflächenanlagen mit 1,3 % unterrepräsentiert. Dies ist zu einem großen Anteil auf die restriktivere Genehmigungspraxis in Baden-Württemberg zurückzuführen. Im

Berichtsteil zum Thema Regionalplanerbefragung wird das Thema der regional äußerst unterschiedlichen Restriktionen näher behandelt.

Tab. 2-2: Anteil der Freiflächenanlagen an der installierten Leistung aller Photovoltaikanlagen Ende 2006 nach Bundesländern (einschließlich der vor 2001 errichteten Freiflächenanlagen, ohne die 2007 installierten Anlagen)²

Bundesland	installierte Leistung in MW	davon Freifläche (MW)	Anteil der Freifläche
Baden-Württemberg	590	7,8	1,3%
Bayern	1.120	131,6	11,7%
Berlin	7	0,0	0,0%
Brandenburg	20	0,4	2,0%
Bremen	2	0,0	0,0%
Hamburg	4	0,0	0,0%
Hessen	149	2,1	1,4%
Mecklenburg-Vorpommern	22	2,5	11,2%
Niedersachsen	172	0,8	0,5%
Nordrhein-Westfalen	341	0,5	0,1%
Rheinland-Pfalz	131	10,3	7,9%
Saarland	24	8,0	33,3%
Sachsen	51	14,3	28,1%
Sachsen-Anhalt	29	4,1	14,1%
Schleswig-Holstein	63	4,2	6,7%
Thüringen	34	1,0	2,9%
Summe	2.759	187,5	6,8%
Quellen: Netzbetreiberstatistik 2006, veröffentlicht in Photon Dezember 2007, eigene Erhebung der Freiflächenanlagen.			

² Hierbei werden neben kompletten Anlagen ebenfalls Bauabschnitte berücksichtigt, die bis Ende 2006 in Betrieb gegangen sind.

2.3 Übersicht über die verwendeten Zelltechnologien

Für 207 im Zeitraum von 2001 bis 2007 errichteten Anlagen liegen Informationen über die verwendete Zelltechnologie vor. Dabei interessiert zunächst vor allem die Unterscheidung, ob und mit welchen Anteilen kristalline Waferzellen oder Module mit Dünnschichttechnik zum Einsatz kommen und welche aktuellen Entwicklungen hier ablesbar sind.

Die Entwicklung im Zeitraum von 2001 bis Ende 2006 ist durch eine deutliche Dominanz der kristallinen Module gekennzeichnet. In diesem Zeitraum lag der Anteil der Dünnschichtmodule bei 20 bis 30 % der jährlich installierten Leistung. Im Jahr 2007 hat sich demgegenüber die neu installierte Leistung mit Dünnschichtmodulen sprunghaft auf deutlich über 60 % erhöht (Abb. 2-7).

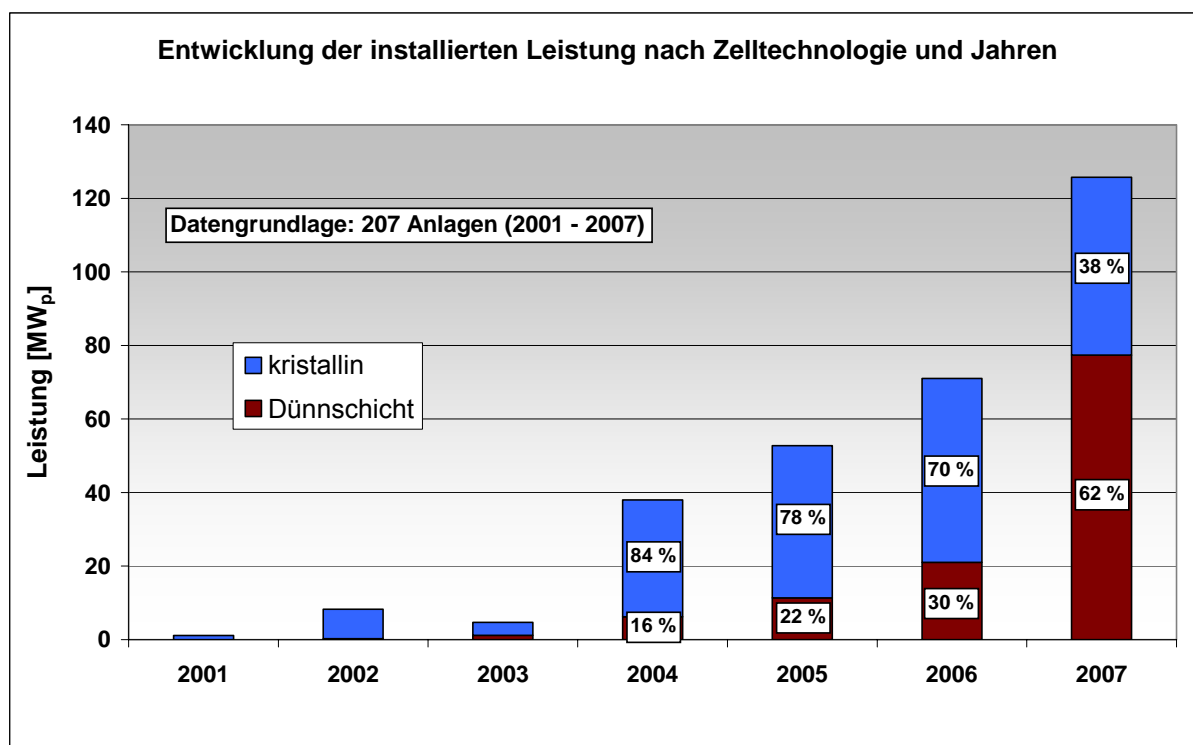


Abb. 2-7: Entwicklung der installierten Leistung differenziert nach Zelltechnologie

Im Kontext der verfügbaren Informationen zu geplanten zukünftigen Projekten lässt sich für die nähere Zukunft schließen, dass der Trend zu Gunsten der Dünnschichtmodule weitergehen wird. So wird beispielsweise der bis 2009 fertig gestellte Energiepark Waldpolenz (40 MW_p) ausschließlich mit Dünnschichtmodulen bestückt.

Betrachtet man den Zeitabschnitt 2001 bis 2006 als Ganzes, ergibt sich, dass etwa 57 % der errichteten Anlagen kristalline Module verwenden. Die installierte Leistung liegt mit 61 % noch etwas höher (vgl. Abb. 2-8). Dieser Unterschied resultiert aus der Tatsache, dass die

seit 2001 installierten Dünnschichtanlagen eine durchschnittliche Anlagengröße von 1,32 MW_p haben, während die mit kristallinen Wafer ausgerüsteten Anlagen ein durchschnittliche Größe von 1,56 MW_p erreichen.

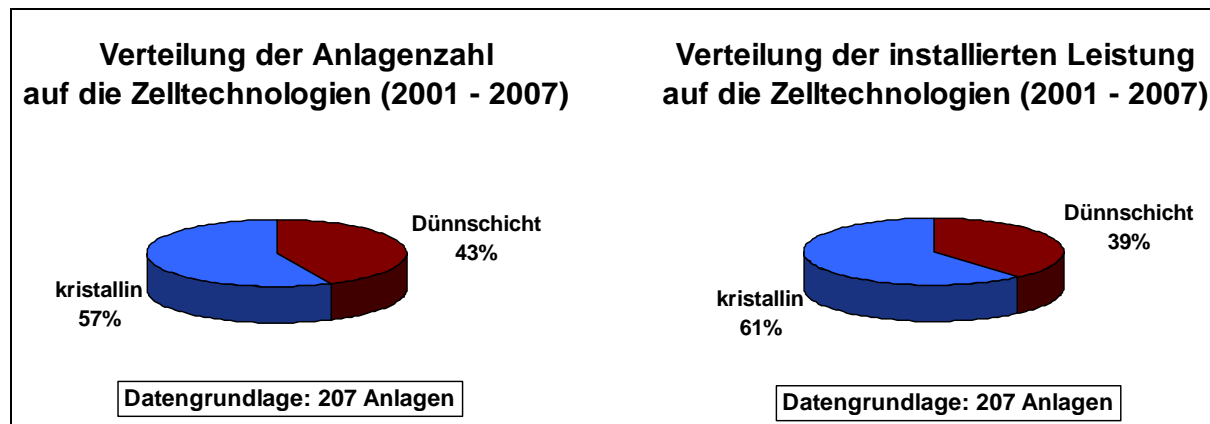


Abb. 2-8: Verteilung der installierten Leistung und Anlagenzahl der netzgekoppelten FFA auf die Zelltechnologien

Ein Vergleich mit dem Stand der Erhebungen zum Ende des Jahres 2006 zeigt, dass mit der Hinzunahme des Jahres 2007 der Dünnschichtanteil am Bestand gestiegen ist. Bezogen auf die installierte Leistung im Bestand zum Ende 2007 so ist der Dünnschichtanteil von 25 % auf 39 % deutlich angestiegen.

2.4 Grundflächenbedarf und Nutzungstyp der Flächen

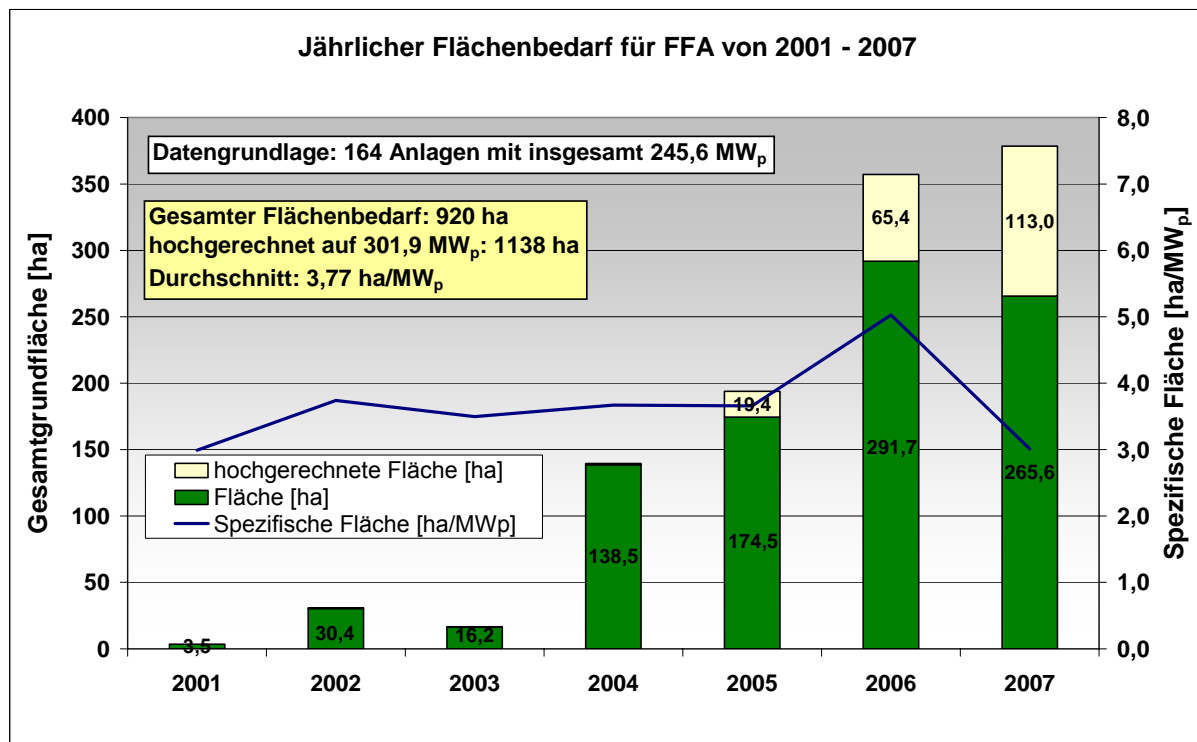


Abb. 2-9: Entwicklung der jährlich für FFA genutzten Grundflächen im Zeitraum von 2000 bis 2007 in Deutschland

Von 164 seit 2001 errichteten Anlagen liegen Daten zur genutzten Grundfläche vor. Diese Anlagen repräsentieren eine installierte Leistung von 245,6 MW_p. Die durch diese Anlagen genutzte Fläche beläuft sich in der Summe auf 920 ha. Daraus errechnet sich eine durchschnittliche Anlagengröße von 3,77 ha/MW_p. Rechnet man diesen Wert auf die Gesamtleistung von 301,9 MW_p hoch, so ergibt sich daraus eine von FFA genutzte Gesamtfläche von rd. 1138 ha (vgl. Abb. 2-9).

Bei den dokumentierten Werten handelt es sich stets um die gesamte Grundfläche eines Freiflächenprojekts, das heißt, der Flächenbedarf für Generatoren, Abstandsfläche, Wege innerhalb der Anlage sowie Randstreifen bis zum Zaun bzw. zur Grundstücksgrenze sind eingeschlossen. Ebenso sind naturschutzrechtliche Kompensationsflächen innerhalb des Grundstücks enthalten, Ausgleichsflächen außerhalb des Anlagengrundstücks jedoch nicht.

Auffällig ist ein Anstieg des für die jeweilige Anlagentechnologie spezifischen Flächenbedarfs im Jahr 2006 (Abb. 2-10). Dieser Anstieg ergibt sich aus dem im Jahr 2006 deutlich gestiegenen Anteil insbesondere von 2-achsig nachgeführten Anlagen mit höherem spezifischen Flächenbedarf. Im Jahr 2007 hat die Anzahl an nachgeführten Anlagen insgesamt und

auch der Anteil an zweiachsig nachgeführten Anlagen wieder abgenommen, entsprechend sinkt auch der spezifische Flächenverbrauch.

Für 2007 liegen lediglich für eine nachgeführte Anlage Angaben vor, so dass auf eine Angabe bei den nachgeführten Anlagen verzichtet wird (Abb. 2-10).

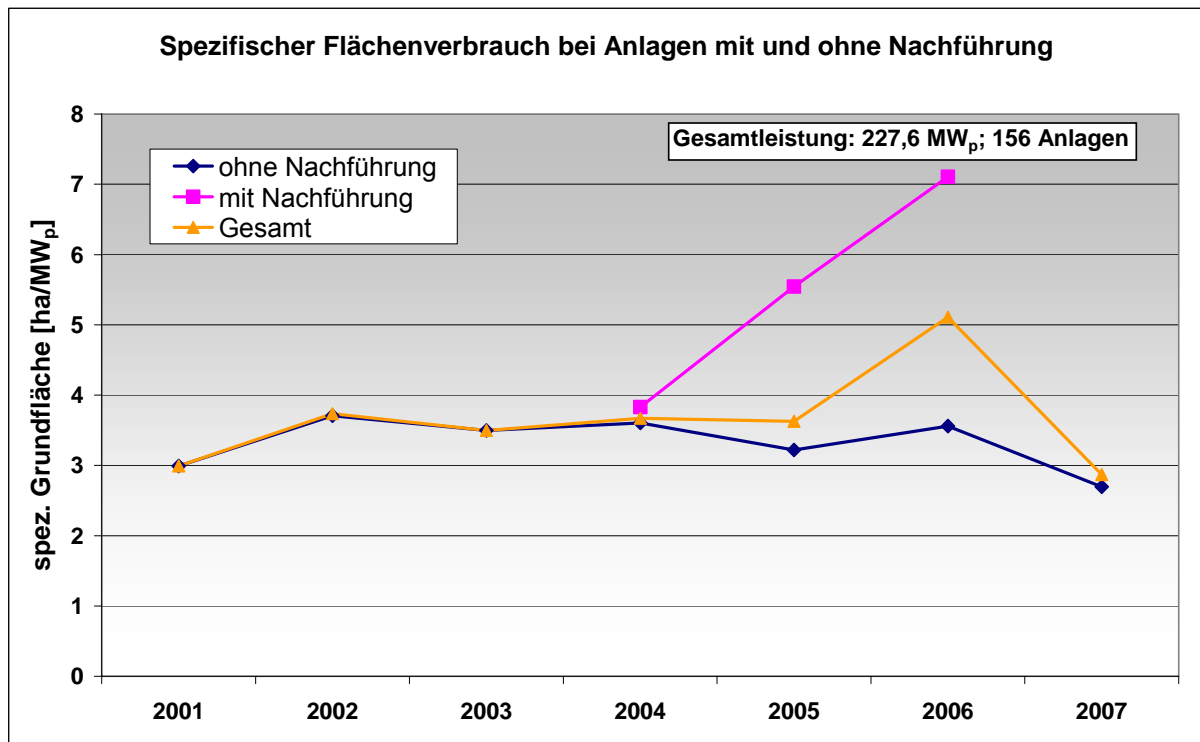


Abb. 2-10: Spezifischer Flächenverbrauch bei Anlagen mit und ohne Nachführung

Das EEG in der Fassung vom 1. August 2004 benennt drei verschiedene Standorttypen für Freiflächenanlagen:

- versiegelte Flächen,
- militärische und wirtschaftliche Konversionsflächen,
- zu Grünland umgewidmete Ackerflächen.

Wie sich die drei Gruppen von Standorttypen auf die bisher genutzte Grundfläche verteilen, zeigen die folgenden Auswertungen. Der bei der Analyse zugrunde gelegte Zeitraum erstreckt sich von 2001 bis 2007.

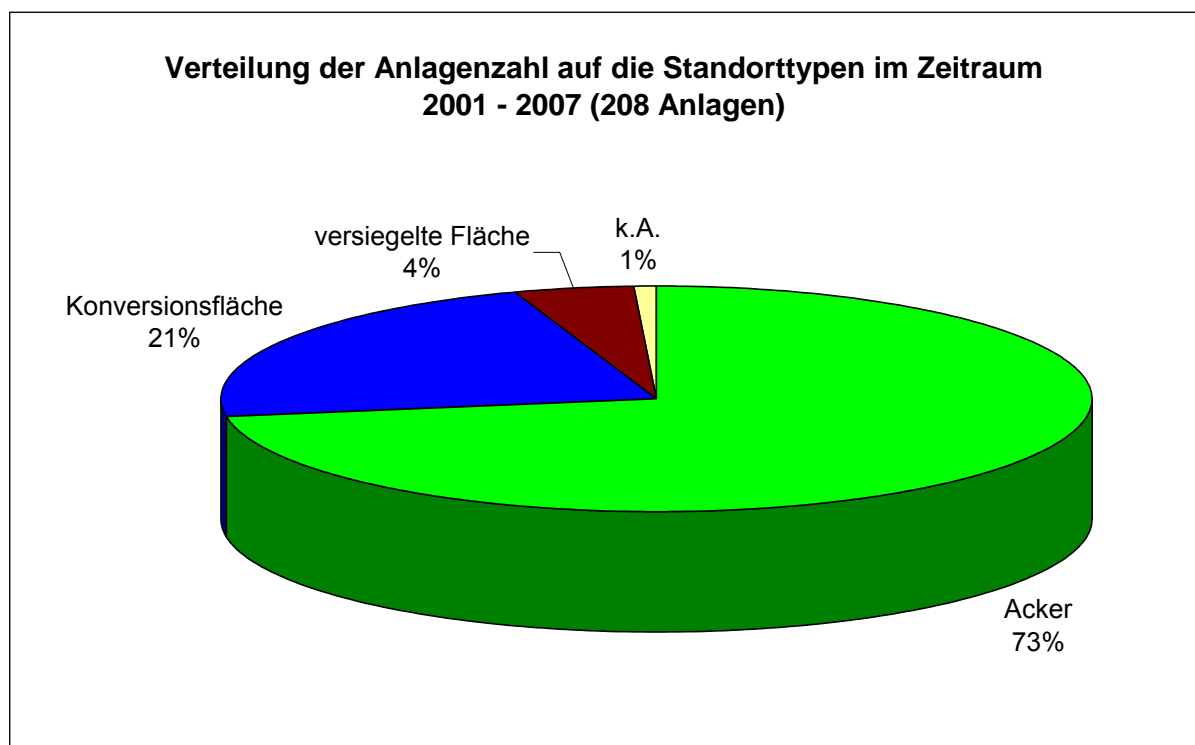


Abb. 2-11: Anzahl der Freiflächenanlagen nach Standorttypen

Von den 208 FFA sind 73 % auf ehemaligem Ackerland errichtet und sind heute als Grünland genutzt, gefolgt von Anlagen auf Konversionsflächen mit 21 %. Auf versiegelte Flächen entfallen 4 % der Anlagen (vgl. Abb. 2-11). Die Verteilung der Anlagenzahl auf die Standorttypen hat sich im Vergleich zu 2006 nicht geändert.

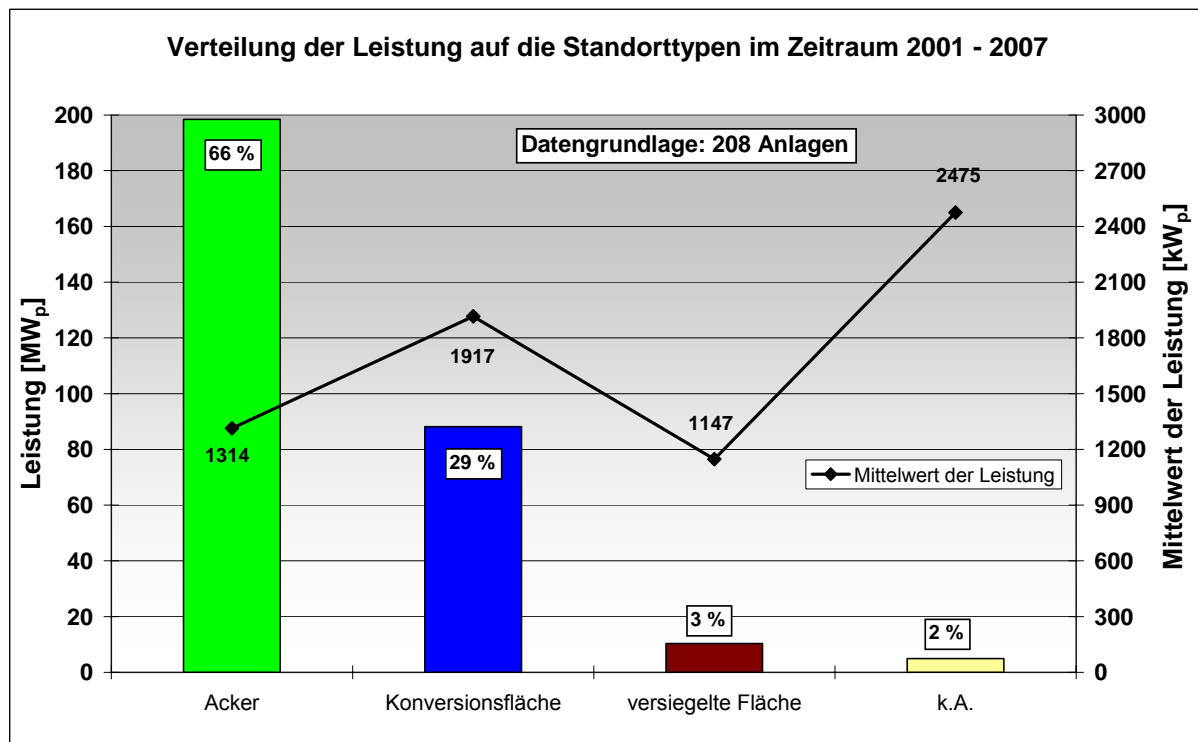


Abb. 2-12: Verteilung der installierten Leistung von FFA nach Standorttypen

Bezogen auf die installierte Leistung ergibt sich ein etwas anderes Bild (vgl. Abb. 2-12). Der Anteil der Kategorie „ehemaliges Ackerland“ ist geringer und beträgt 66 %, während der Anteil der Konversionsflächen entsprechend höher ist und bei 29 % liegt. Der Anteil der Kategorie „versiegelte Flächen“ beträgt 3 %. Der Zusammenhang legt den Schluss nahe, dass die größere und leistungsfähigeren Freiflächenanlagen vor allem auf Konversionsflächen errichtet werden: Die mittlere Anlagengröße beträgt hier tatsächlich rd. 1,9 MW_p, während dieser Wert auf Ackerflächen und versiegelten Flächen mit 1,3 bzw. 1,1 MW_p deutlich darunter liegt. Im Vergleich zum Stand Ende 2006 ist bei den Anlagen auf Ackerland ein Zuwachs von 5 Prozentpunkten zu verzeichnen, während bei den Anlagen auf Konversionsflächen ein Rückgang von 3 Prozentpunkten registriert wird.

Bei der Analyse des Flächenverbrauchs in Abhängigkeit von der Zelltechnologie lässt sich erkennen, dass die spezifische Grundfläche seit 2004 jährlich abnimmt (vgl. Abb. 2-13). Dieser allgemeine Trend ist dadurch erklären, dass sich die Leistungsdichte bei den Modulen vergrößert hat und dass das Verschattungsverhalten der Anlagen mittlerweile in der Planungsphase besser berücksichtigt wird. Im Jahr 2007 hat sich zusätzlich der spezifische Flächenverbrauch zwischen den Zelltechnologien angenähert, so dass sich die Gunst der kristallinen Zellen verringert hat. Die große Divergenz im Jahr 2003 lässt sich einerseits durch einen hohen spezifischen Flächenverbrauch von nur vier relativ kleinen Dünnschichtanlagen und andererseits durch kristalline Anlagen erklären, die allesamt keine Nachführung haben.

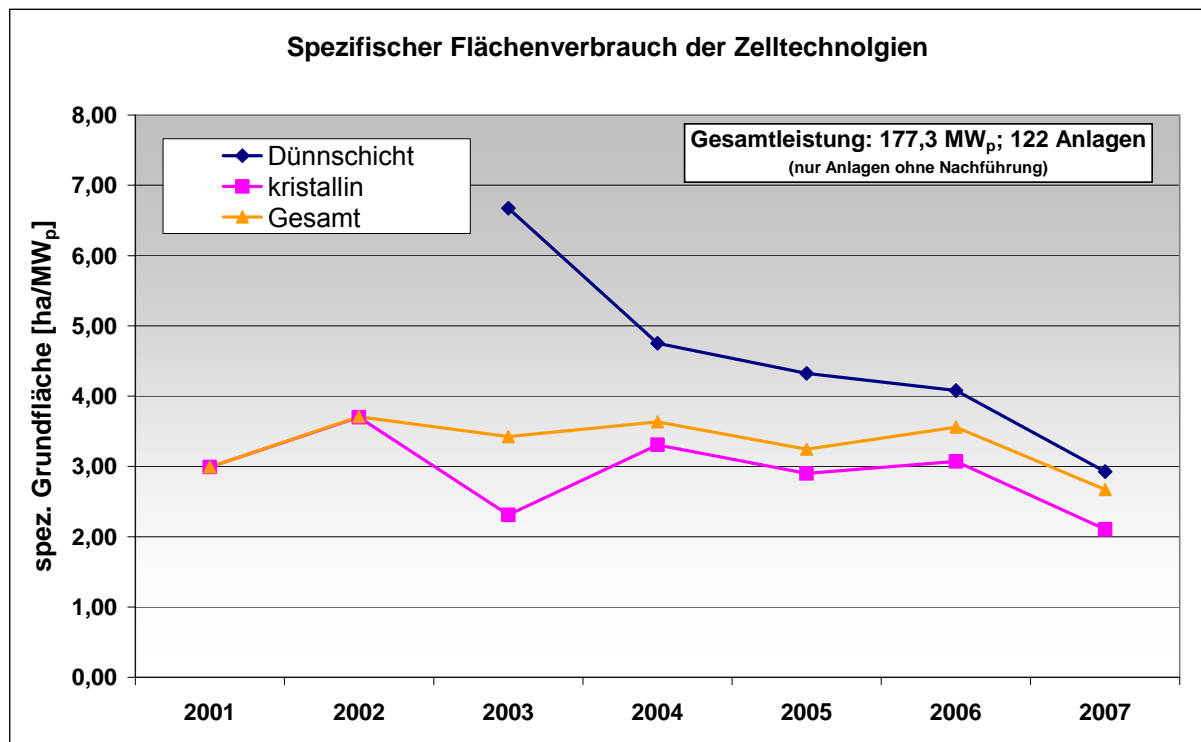


Abb. 2-13: Entwicklung des spezifischen Flächenverbrauchs in Abhängigkeit von der Zelltechnologie für nicht nachgeführte Anlagen

Interessante Aussagen liefert die Verteilung der Standorttypen beim Blick auf die Bundesländer (vgl. Abb. 2-14). Zu diesem Zweck werden die Standorttypen „versiegelte Fläche“ und „Konversionsfläche“ zu einer neuen Klasse „Kein Acker“ zusammengefasst und dem Typ „ehemaliges Ackerland“ gegenübergestellt.

Bayern weist nicht nur die insgesamt höchste installierte Leistung, sondern auch mit weitem Abstand (Faktor 25 gegenüber dem zweitplatzierten Schleswig-Holstein) den größten Leistungsanteil an Freiflächenanlagen auf, die auf ehemaligem Ackerland errichtet worden sind. Auch in der Klasse „Kein Acker“ liegt das Bundesland Bayern noch knapp vor dem Bundesland Sachsen. Der Anteil Bayerns in der Kategorie „Acker“ liegt nach Leistung gemessen bei annähernd 83 %, in der Kategorie „Kein Acker“ lediglich bei 29 %. In den übrigen Bundesländern werden Freiflächenanlagen zu durchschnittlich 32 % auf ehemaligen Ackerflächen errichtet. Lediglich in Schleswig-Holstein, Hessen und Niedersachsen lässt sich ein ähnliches Bild wie in Bayern erkennen (7 bis 13 % der FFA werden auf Nicht-Ackerflächen errichtet).

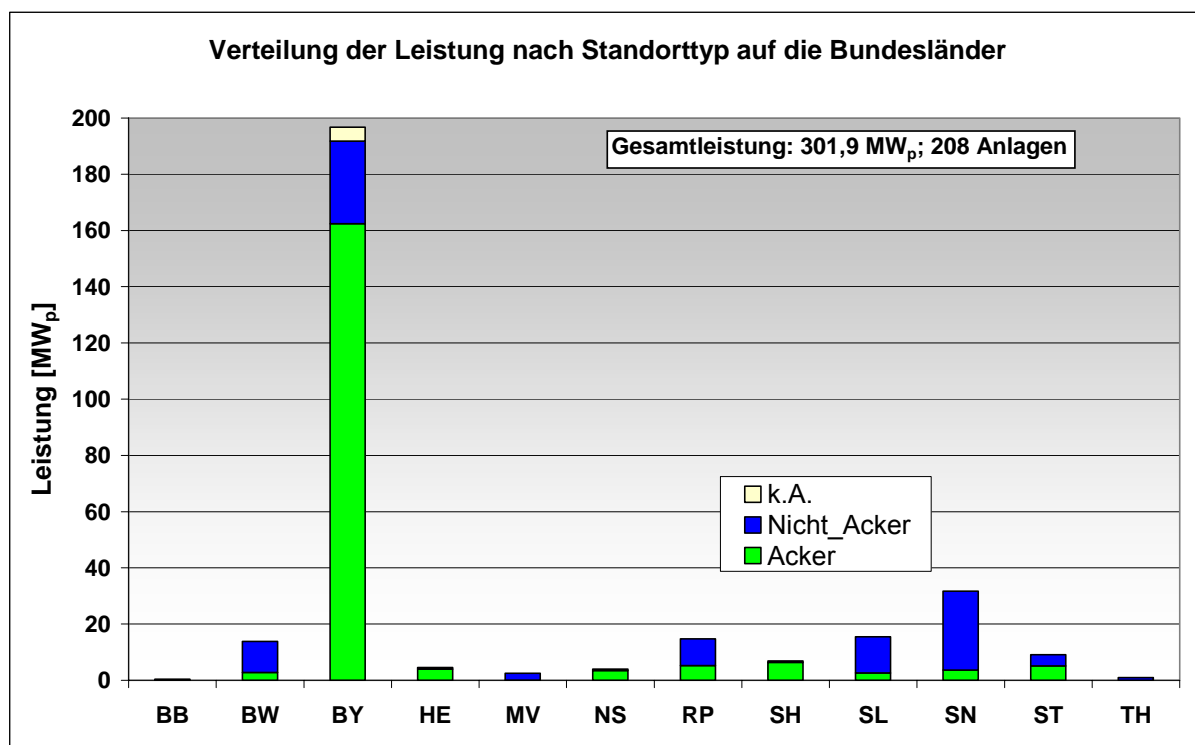


Abb. 2-14: Installierte Leistung nach Standorttyp verteilt auf die Bundesländer

3 Marktentwicklungen

3.1 Geplante Anlagen in Deutschland

3.1.1 Ziel der Erhebung

Die in Kapitel 2 aufgeführten Ergebnisse zum Bestand von Freiflächenanlagen sind grundsätzlich rückblickend angelegt. Ein Ausblick auf künftige Entwicklungen wird erst durch eine Betrachtung geplanter Anlagen möglich.

In diesem Zusammenhang ist von Interesse, wie groß in den einzelnen Bundesländern die Flächen sind, auf denen neue Freiflächenanlagen geplant werden, auf welchen Flächentypen die Anlagen vorrangig vorgesehen werden und welche installierten Leistungen noch zu erwarten sind. Die Datensätze sollten dabei möglichst passend zur Datenbank der Bestandsanlagen gestaltet werden, wobei manche der Informationen in der Planungsphase noch nicht verfügbar sind, da sie entweder erst kurz vor Beginn der Bauphase festgelegt werden (genutzte Technologie) oder erst nach der Fertigstellung abschließend berechnet werden können (z. B. Kosten, Erträge). Zusätzlich wurden Angaben zum Planungsstand erfragt, um etwa zwischen noch vagen Projektideen und solchen Projekten, für die bereits ein festgestellter Bebauungsplan vorliegt, unterscheiden zu können.

3.1.2 Methodik

Mit der Vielzahl der in den letzten Jahren errichteten Photovoltaik-Freiflächenanlagen ging die öffentliche Aufmerksamkeit für Einzelprojekte zurück, so dass Medienberichte bei der Recherche geplanter Anlagen keine tragende Rolle mehr spielten. Da neue Freiflächenanlagen nur dann eine Einspeisevergütung nach dem EEG erhalten, wenn sie gemäß § 11 Abs. 3 EEG

- „im Geltungsbereich eines Bebauungsplans im Sinne des § 30 des Baugesetzbuches“ oder
- „auf einer Fläche, für die ein Verfahren nach § 38 Satz 1 des Baugesetzbuches durchgeführt worden ist“

errichtet werden, haben die kommunalen Behörden der Bauplanung für ihr Gebiet jeweils den besten Überblick.

Da es im Rahmen des Projektes nicht möglich war, die rund 12.300 Gemeinden Deutschlands einzeln zu befragen, wurden in allen Bundesländern zunächst die jeweiligen regionalen Planungsbehörden befragt, die über einen Überblick über die Erstellung von Bebauungsplänen in ihrem Einzugsbereich verfügen.

Dies waren

- je eine Landesbehörde in Bremen, Berlin, Hamburg, Saarland, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen,
- die 18 Bezirksregierungen in Bayern bzw. Regierungspräsidien in Hessen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen,
- die 24 regionalen Planungsverbände in Baden-Württemberg, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern bzw. unteren Landesplanungsbehörden Rheinland-Pfalz,
- die 38 Landkreise und kreisfreien Städte in Niedersachsen.

Insgesamt wurden auf diese Weise 87 Behörden zu deren Kenntnisstand über geplante Photovoltaik-Freiflächenanlagen befragt (Datenabfrage per E-mail nach telefonischer Vorankündigung bei dem oder der zuständigen Bearbeiter/in). Einige Behörden befragten daraufhin weitere nachgeordnete Behörden, um Auskunft geben zu können (z. B. in Rheinland-Pfalz).

Erfragt wurden pro Vorhaben der Anlagenstandort (mit PLZ und Landkreis), die geplante Anlagenleistung, der Standort-Typ (z. B. Ackerland), die Grundfläche sowie der Planungsstand. Weiterhin konnten Angaben gemacht werden, um Ansprechpartner mit genaueren Kenntnissen bzw. den Investor zu benennen. In der Regel wurden die Anfragen im Juni 2007 gestellt, die Antworten gingen von diesen Behörden bis Anfang August 2007 ein. Eine Ausnahme stellten die niedersächsischen Landkreise dar; diese wurden erst später gezielt befragt, nachdem den Landesbehörden keine Planungen bekannt waren.

Die Art der Befragung entspricht der bereits 2 Jahre zuvor im Sommer 2005 durchgeführten Befragung. Damals waren jedoch die niedersächsischen Landkreise sowie die Stadtstaaten noch nicht in die Befragung einbezogen worden. Auch die Inhalte der Abfrage waren 2007 so erweitert worden, dass die Behördenvertreter z. B. beim Planungsstand bestimmte Stufen ankreuzen konnten.

In der Befragung 2007 wurde gezielt sowohl nach dem Stand der bereits 2005 gemeldeten Planungsvorhaben als auch (in der Abfrage-Tabelle getrennt davon) nach neu bekannt gewordenen Planungen gefragt.

Bei der Auswertung im Herbst 2007 wurde insbesondere darauf geachtet, dass eindeutige Angaben zu den Flächengrößen und zum Planungsstand gemacht wurden, da hier eine Vollständigkeit am ehesten erreicht werden konnte. Sofern diese Daten noch zu lückenhaft waren, wurden im Spätherbst 2007 gezielt weitere kommunale Behörden befragt (Landkreise bzw. die Gemeinden selbst, in denen ein Standort gemeldet worden war). Im Zuge der Nacherhebung wurden die Angaben jeweils zum Stichtag 1. September 2007 erfragt.

3.1.3 Ergebnisse

3.1.3.1 Gesamtübersicht

Von den befragten Behörden wurden insgesamt 526 geplante oder in Bau befindliche Vorhaben von PV-Freiflächenanlagen gemeldet. Daneben wurden auch bereits fertig gestellte Anlagen gemeldet, die dann mit der Bestands-Datenbank abgeglichen und – sofern noch erforderlich – dort eingepflegt wurden.

Von 467 dieser Anlagen war die geplante Grundstücksfläche bekannt, die Summe der gemeldeten Flächen belief sich auf 3.984 ha.

Die Art des Standortes wurde für 389 Vorhaben (74 % aller Fälle) angegeben, von diesen waren fast 70 % auf Ackerflächen geplant, rund 20 % befanden sich auf Deponien oder Konversionsflächen (militärischen oder gewerblichen Brach- und Konversionsflächen), während zu etwa 10 % sonstige Standorte gemeldet wurden (v. a. erschlossene Gewerbegebiete, aber auch Weinbergbrachen oder Grünflächen).

Die zu installierende Leistung wurde nur vereinzelt angegeben, in den übrigen Fällen wurde sie aus der geplanten Fläche hochgerechnet, wobei angenommen wurde, dass auf 4 ha Fläche jeweils 1 MW_p Photovoltaikleistung installiert werden dürfte. Dieser Wert liegt im Bereich der bisherigen Erfahrungen (vgl. Kap. 2.4) und stellt eine etwas großzügigere Abschätzung dar, weil der spezifische Flächenverbrauch in den meisten Jahren leicht darunter lag, insbesondere 2007. Auf diesem Wege ergibt sich eine mögliche installierte Leistung aller gemeldeten Vorhaben von 1.030 MW_p. Da ein Teil der Planungen jedoch bereits als gescheitert anzusehen ist (54 Vorhaben), verbleibt nach dessen Abzug noch eine absehbare installierte Leistung von 963 MW_p.

Von den übrigen Planungen wurden bereits 284 Bebauungsplanverfahren begonnen und 108 dieser Verfahren auch erfolgreich abgeschlossen.

3.1.3.2 Regionale Verteilung

Wie schon bei den bestehenden Anlagen sind auch bei den Planungen starke regionale Unterschiede zwischen den Bundesländern zu erkennen. Differenziert nach dem jeweiligen Planungsstand der gemeldeten Vorhaben sind die Ergebnisse in Tab. 3-1 (Anzahl der Vorhaben), Abb. 3-1 (Standortverteilung) und Abb. 3-2 (absehbare installierte Leistung der nicht gescheiterten Vorhaben) dargestellt.

Tab. 3-1: Verteilung geplanter Freiflächenanlagen nach Bundesländern und Planungsstand

Bundesland	unverbindliche Voranfrage	B-Plan Verfahren begonnen	B-Plan-Verfahren abgeschlossen	gescheitert bzw. zurückgezogen	unbekannt	Gesamt
Baden-Württemberg	15	7	4	1	8	35
Bayern	27	120	66	25	31	269
Berlin	0	0	0	0	0	0
Brandenburg	3	7	3	2	20	35
Bremen	0	0	0	0	0	0
Hamburg	1	0	0	0	0	1
Hessen	3	3	4	1	13	24
Mecklenburg-Vorpommern	2	3	0	3	4	12
Niedersachsen	1	2	5	2	1	11
Nordrhein-Westfalen	3	1	0	4	3	11
Rheinland-Pfalz	0	2	7	3	11	23
Saarland	1	2	1	1	0	5
Sachsen	10	14	7	4	4	39
Sachsen-Anhalt	19	4	4	6	1	34
Schleswig-Holstein	0	7	2	0	1	10
Thüringen	5	4	5	2	1	17
Summe	90	176	108	54	98	526
Quelle: eigene Erhebung bei den Planungsbehörden 2007.						

In der ersten Befragung 2005 wurde der Planungsstand noch nicht in diesen Kategorien erfasst. Dennoch fällt beim Vergleich der Antworten von 2005 (s. 1. Zwischenbericht) und 2007 auf, dass ein großer Teil der 2005 verfolgten Planungen seither weder gescheitert ist noch zur Fertigstellung der Anlagen geführt hat.

Bei der Befragung 2007 fiel erstmals auf, dass in Baden-Württemberg und Sachsen-Anhalt in einigen Flächennutzungsplänen inzwischen Sondergebiete für Solarenergienutzung ausgewiesen wurden, ohne dass es konkrete Investitionsvorhaben gab. Dort übernimmt die öffentliche Hand gewissermaßen eine „Planung auf Vorrat“, um die Investoren auf gewünschte Flächen zu lenken.

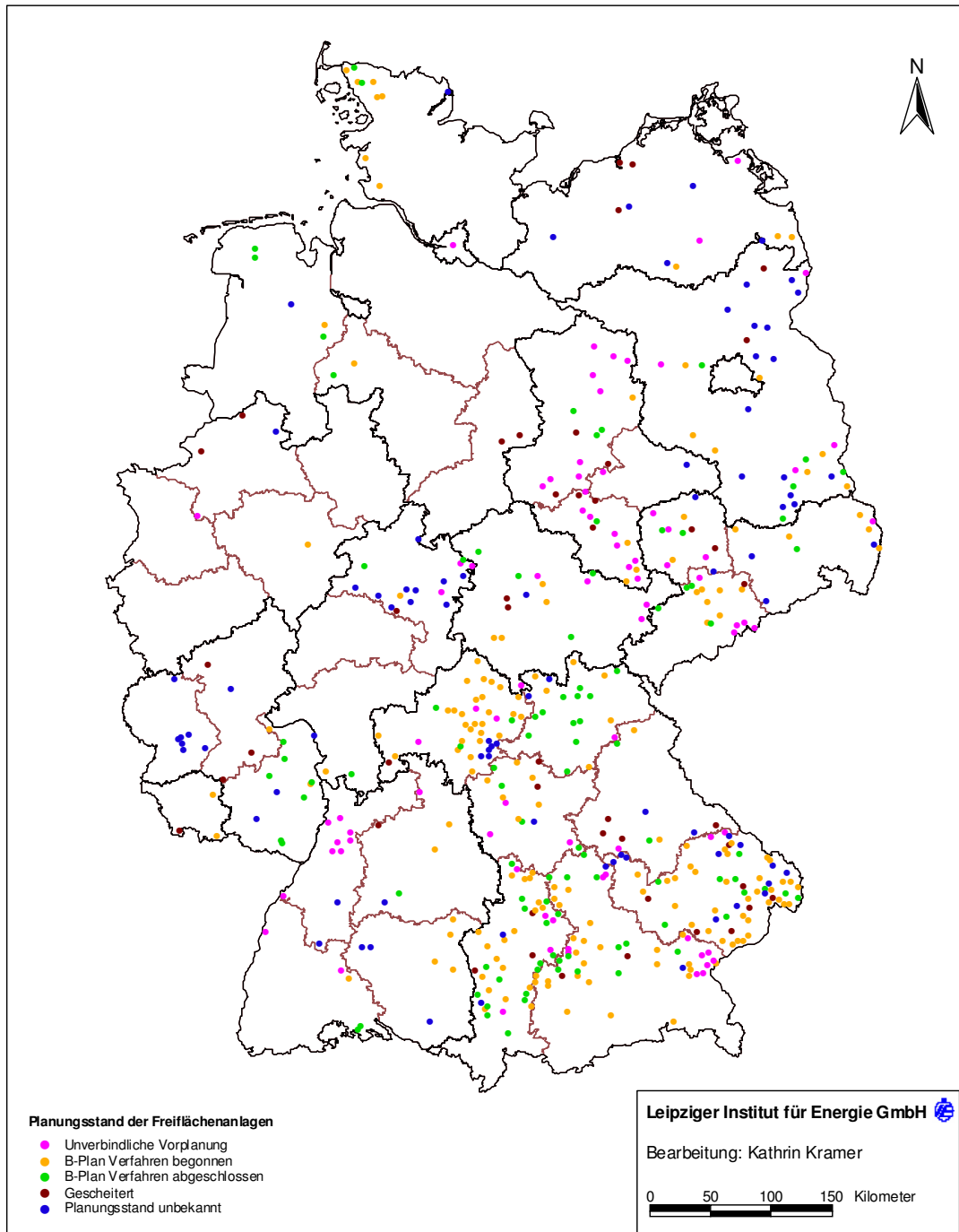


Abb. 3-1: Standorte geplanter Freiflächenanlagen mit Gliederung nach Planungsfortschritt in Deutschland (Stand: Sommer 2007)

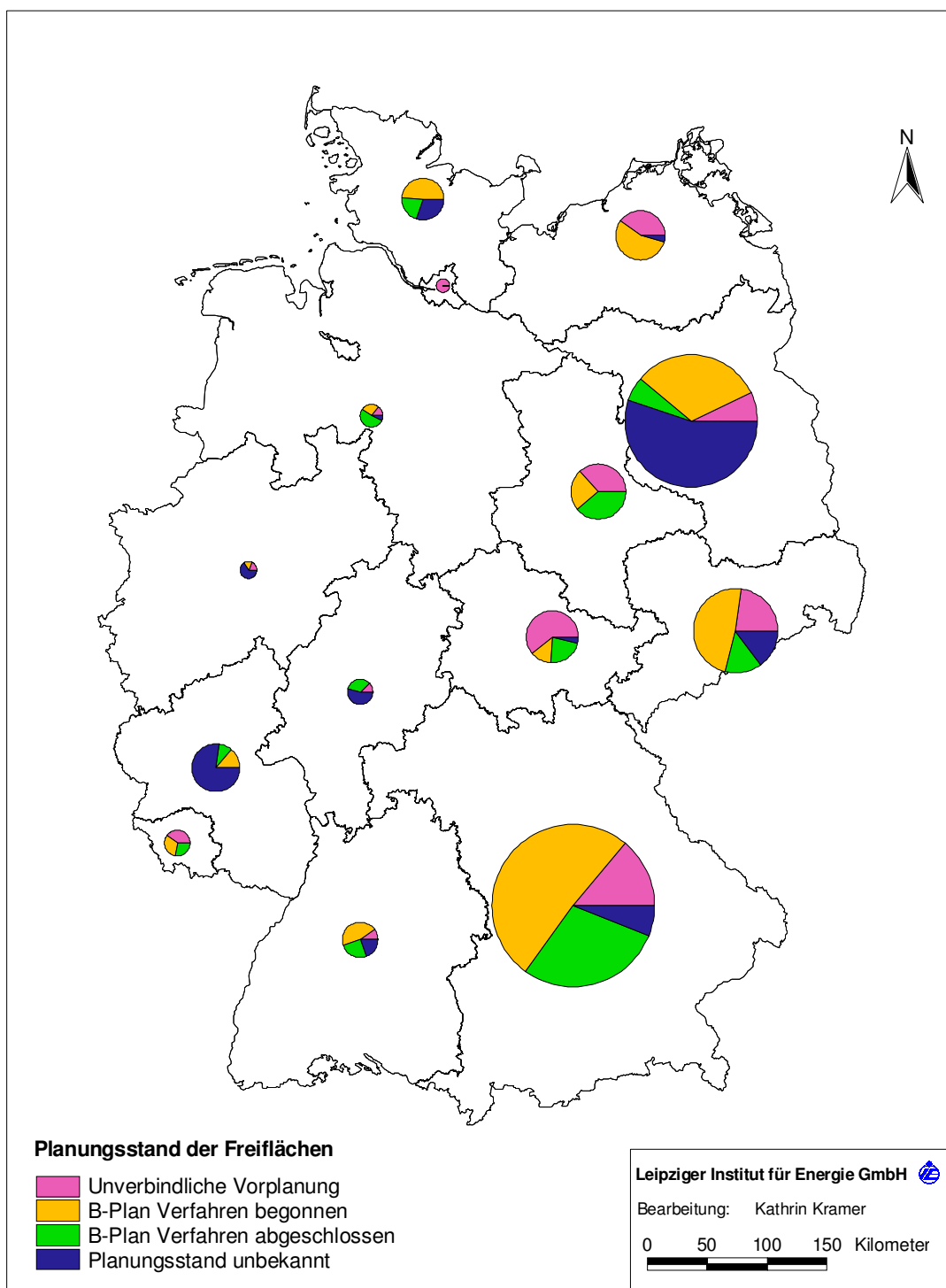


Abb. 3-2: Verteilung der erwarteten installierten Leistung noch verfolgter Planungen auf die einzelnen Bundesländer mit Gliederung nach Planungsfortschritt im Sommer 2007

3.1.3.3 Standorttypen

Die Dominanz des Flächentyps „Ackerfläche“ unter den geplanten Freiflächenanlagen fällt in den Bundesländern verschieden aus. Die Verteilung der pro Bundesland gemeldeten Vorhaben mit bekannter Vornutzung auf die jeweiligen Flächentypen wird in Abb. 3-3 dargestellt. 45 von 389 Vorhaben hatten zwar eine bekannte Vornutzung, waren aber bereits gescheitert und sind daher in der Tabelle nicht enthalten.

Weiterhin gibt die Karte Abb. 3-3 einen Überblick über die geografische Verteilung der Standorte mit unterschiedlicher Vornutzung der Flächen. Die Deponien zählen dabei zu den versiegelten Flächen (vgl. Kap. 2.4), während unter den sonstigen Flächen die vielfältigsten Angaben subsummiert sind: erschlossene Gewerbegebiete, „Grünflächen“, Weinbergbrache, Lärmschutzwälle, Flugplatzgelände, Ödland, in einem Fall ohne begonnenes Bebauungsverfahren sogar „Waldfläche“.

Tab. 3-2: Vornutzung der Flächen geplanter Freiflächenanlagen nach Bundesländern

Bundesland	Vorhaben m. bekannter Vornutzung	darunter:			
		Ackerflächen	Deponien	Konversions- flächen	sonstige
Baden-Württemberg	29	59%	28%	0%	14%
Bayern	170	91%	1%	5%	3%
Berlin	0	0%	0%	0%	0%
Brandenburg	18	39%	11%	39%	11%
Bremen	0	0%	0%	0%	0%
Hamburg	1	0%	100%	0%	0%
Hessen	16	50%	0%	25%	25%
Mecklenburg- Vorpommern	9	33%	0%	11%	56%
Niedersachsen	9	78%	0%	11%	11%
Nordrhein-Westfalen	5	80%	20%	0%	0%
Rheinland-Pfalz	16	50%	13%	13%	25%
Saarland	4	0%	25%	50%	25%
Sachsen	28	57%	4%	21%	18%
Sachsen-Anhalt	17	29%	12%	35%	24%
Schleswig-Holstein	8	88%	0%	13%	0%
Thüringen	14	29%	21%	50%	0%
Summe	344	70%	6%	13%	10%
Anm.: Abweichungen zu 100% rundungsbedingt. Quelle: eigene Erhebung bei den Planungsbehörden 2007					

Sofern der Flächentyp „Ackerland“ nicht dominiert, kann es dafür mehrere Ursachen geben: Entweder existiert ein besonders hohes Potenzial an Brachflächen (z. B. Altindustriestandorte bzw. Bergbaustandorte, wie etwa in Brandenburg, im Saarland, in Sachsen-Anhalt oder Thüringen) oder die Landesplanung befürwortet keine Standorte auf Ackerland, so dass Investoren von vornherein Alternativen dazu suchen (z. B. Mecklenburg-Vorpommern). In den Stadtstaaten ohne nennenswerte Ackerflächen finden sich selbst für Brachflächen meist lukrativere Nutzungsalternativen, so dass die einzige bekannte Vorplanung in einem Stadtstaat sich auf einer Mülldeponie befindet.

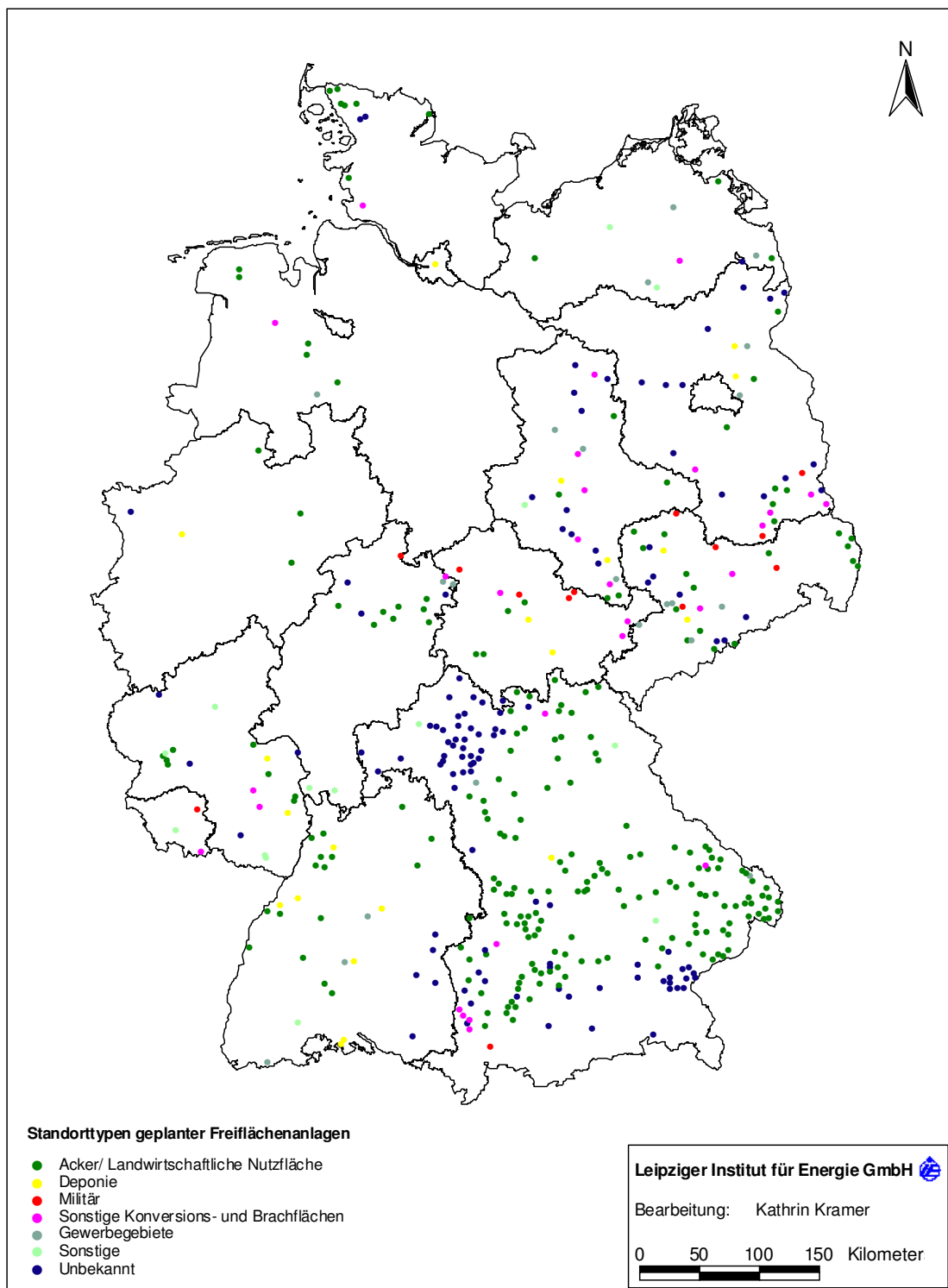


Abb. 3-3: Standorte geplanter Freiflächenanlagen nach Art der Vornutzung in Deutschland

Abb. 3-3: Standorte geplanter Freiflächenanlagen nach Art der Vornutzung in Deutschland

3.1.4 Größenklassen

Die Größe der geplanten Anlagen war in der Regel nicht nach der zu installierenden Leistung, jedoch nach der Grundstücksgröße bekannt. Daher wurden jeweils Größenklassen gebildet, die sich an den Hektar-Zahlen orientieren. Je nach Technologie und geographischer Breite (größere Abstände für längere Schatten) ist pro 3 bis 4 ha mit jeweils einem MW installierter Leistung zu rechnen. Nach Bundesländern gegliedert ist in Tab. 3-3 die Verteilung dargestellt. Gescheiterte Projekte sind darin nicht enthalten.

Tab. 3-3: Geplante PV-Freiflächenanlagen nach Größenklassen und Bundesländern

Fläche der be- planten Grund- stücke in ha	bis 1 ha	1 bis 4 ha	4 bis 10 ha	10 bis 20 ha	über 20 ha	unbekannt	Summe
Baden- Württemberg	3	11	6	1	0	13	34
Bayern	32	95	66	25	7	19	244
Berlin	0	0	0	0	0	0	0
Brandenburg	4	4	9	4	12	0	33
Bremen	0	0	0	0	0	0	0
Hamburg	0	0	0	0	0	1	1
Hessen	3	10	1	0	0	9	23
Mecklenburg- Vorpommern	0	4	0	0	4	1	9
Niedersachsen	2	3	4	0	0	0	9
Nordrhein- Westfalen	0	2	2	0	0	3	7
Rheinland-Pfalz	4	3	6	5	1	1	20
Saarland	0	2	1	0	0	1	4
Sachsen	5	6	9	11	3	1	35
Sachsen-Anhalt	9	7	6	2	4	0	28
Schleswig-Holstein	1	2	2	2	3	0	10
Thüringen	3	2	4	4	2	0	15
Summe	66	151	116	54	36	49	472

Quelle: eigene Erhebung bei den Planungsbehörden 2007.

Die Anlagen mit bis zu 4 ha Fläche, die in der Regel weniger als 1 MW_p Leistung aufweisen dürften, machen somit unter den künftigen Planungen nur noch etwa die Hälfte aus. Eine Dominanz besonders großer Anlagen (über 20 ha und somit über 5 MW_p) wird insbesondere im Land Brandenburg erkennbar, wo eine Reihe ausgedehnter militärischer Konversionsflächen die Situation prägen. Die größte dort geplante Anlage bringt es auf 273 ha und eine geplante Nennleistung von 50 MW_p, d.h. sie wird rechnerisch noch um 25 % leistungsstärker als die in Brandis-Waldpolenz derzeit in Bau befindliche Anlage, die es im Endausbauzustand auf 40 MW_p bringen wird.

3.1.5 Bewertung

Die Tatsache, dass es mittlerweile zahlreiche genehmigte Bebauungspläne für PV-Freiflächenanlagen gibt, die noch nicht realisiert wurden, deutet darauf hin, dass die Bebauungsplanverfahren nicht den Engpass bei der Errichtung neuer PV-Freiflächenanlagen darstellen. Wie in den Fallbeispielen (vgl. Bericht vom 31.07.2007) dargestellt, sind die Verfahren in der Regel zügig verlaufen. Die Belieferung mit geeigneten Modulen stellt bei besonders großen Projekten dagegen eine größere Herausforderung dar (vgl. Fallbeispiel Finsterwalde im Bericht vom 31.07.2007). Letztlich wird es von der weiteren Entwicklung der Relation von Einspeisevergütung und Baukosten abhängen, wie viele der geplanten Anlagen überhaupt zur Errichtung kommen.

Die Verteilung der Anlagen auf die Bundesländer folgt weiter dem bekannten Südost-Nordwest-Gefälle: Mehr als die Hälfte der Vorhaben befinden sich in Bayern, über ein Viertel der Vorhaben entfällt auf die vier Bundesländer Baden-Württemberg, Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt, und jedes übrige Bundesland hat einen Anteil von unter 5 % an den 472 derzeit noch verfolgten Planungen.

Die bereits im Bestand anzutreffende Dominanz von Vorhaben auf Ackerflächen setzt sich auch bei den Planungen fort. Hier ist aber zu beobachten, dass es in einigen Regionen durchaus auch Schwerpunkte bei Konversionsflächen oder versiegelten Flächen gibt, insbesondere in solchen Bundesländern, in denen die Landesbehörden derartige Vorhaben auf Ackerflächen nur sehr eingeschränkt genehmigen.

Der Trend zu sehr großen Anlagen setzt sich fort, insbesondere in solchen Bundesländern, in denen zahlreiche und große Konversionsflächen zur Verfügung stehen, wie beispielsweise in Brandenburg.

Ebenfalls bemerkenswert ist die Tendenz mancher Planungsbehörden, Flächen von vornherein in der öffentlichen Planung als „Sondergebiete für die Solarenergienutzung“ auszuweisen, so dass die Standortsuche der Investoren sowie das weitere Planungsverfahren nochmals deutlich verkürzt werden und Standortentscheidungen öffentlich gesteuert werden können.

3.2 Internationale Märkte

3.2.1 Weltweit installierte Leistung

Die weltweit installierte Leistung hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Allein im Jahr 2006 wurden rund 1,5 GW_p Photovoltaikleistung installiert (Abb. 3-4), davon rund 850 MW_p allein in Deutschland. Japan folgt mit rund 287 MW_p, in den USA wurden im Jahr 2006 rund 145 MW_p errichtet.³

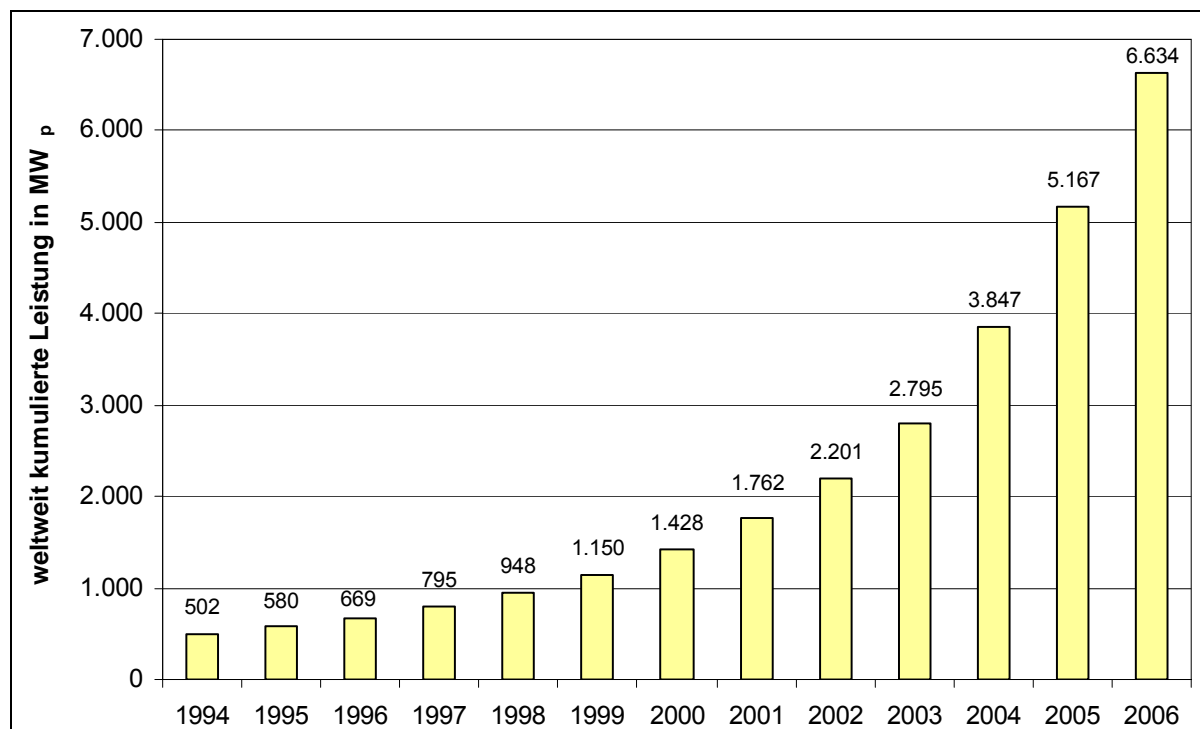


Abb. 3-4: Weltweit installierte Photovoltaikleistung⁴

Zum Ende des Jahres 2006 beträgt die weltweit installierte Leistung somit rund 6,6 GW_p. Beim jährlichen Zubau konnten für die Jahre 1995 bis 2002 Wachstumsraten zwischen 15 und 25 % beobachtet werden. Das jährliche Wachstum stieg ab 2003 noch weiter an und betrug für das Jahr 2004 rund 38 %.

³ International Energy Agency (IEA): Trends in Photovoltaic Applications: Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2006. Paris, August 2007

⁴ European Photovoltaic Industry Association (EPIA): Solar Generation IV – 2007. Brüssel, September 2007

Die Entwicklung wurde in erster Linie durch günstige politische Rahmenbedingungen befördert⁵. Im am weitesten verbreiteten Fördermechanismus wird eine Einspeisevergütung für

5 vgl. dazu 0 Genaue Angaben zur landesspezifisch installierten Leistung im Freiflächenbereich existieren außer der im Rahmen dieses Forschungsprojekts erhobenen Zahlen für Deutschland nicht. Um einen groben Überblick über den Freiflächenmarkt weltweit zu ermöglichen, wurden für Freiflächenanlagen oberhalb 250 kWp die Daten Standort, Leistung und Jahr der Inbetriebnahme recherchiert. Abb. 3-6 zeigt die Anzahl und Leistung der in den jeweiligen Ländern zugebauten Freiflächenanlagen. Länder mit weniger als zwei errichteten Freiflächenanlagen wurden dabei nicht berücksichtigt.

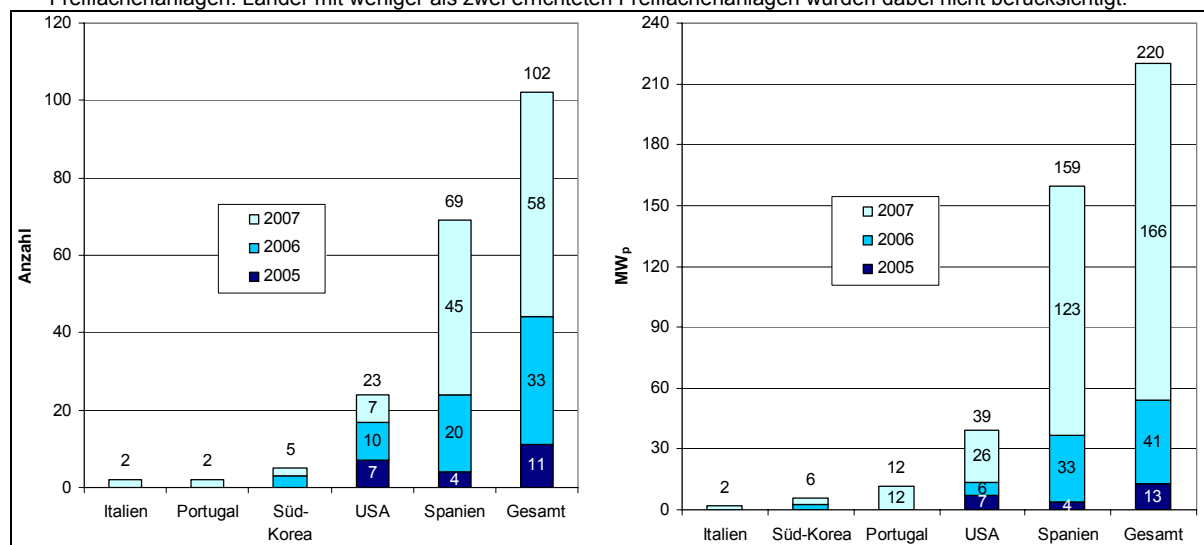


Abb. 3-6: Anzahl und Leistung der neu installierten Freiflächenanlagen geordnet nach Ländern für 2005 bis 2007 (nur Freiflächenanlagen außerhalb Deutschlands, > 250 kWp, nur Länder mit mehr als 1 FFA)

In den Jahren 2006 und 2007 wurden allein in Spanien mindestens 65 Anlagen mit einer Leistung größer als 250 kWp und einer Gesamtleistung von etwa 156 MWp errichtet. Der Zubau betrug 33 MWp im Jahr 2006 und hat sich für 2007 mit 123 MWp annähernd vervierfacht. Die durchschnittliche Größe einer Freiflächenanlage betrug dabei 1,6 MWp in 2006 und stieg auf 2,7 MWp in 2007. Daneben waren, wenn auch nicht in vergleichbarem Umfang, Aktivitäten im Freiflächenbereich in Italien und Portugal zu beobachten. Außerhalb Europas wurden neue Freiflächenanlagen vor allem in den USA und Südkorea gebaut.

Abb. 3-7 zeigt den jährlichen Zubau nach Anzahl und Leistung für verschiedene Größenklassen. Bei der Größe der installierten Anlagen lässt sich feststellen, dass vor allem die Anzahl der Anlagen im Bereich oberhalb von 1 MWp stark zugenommen hat. Einige sehr große Anlagen oberhalb 5 MWp erhöhen den Leistungszubau im Jahr 2007 deutlich:

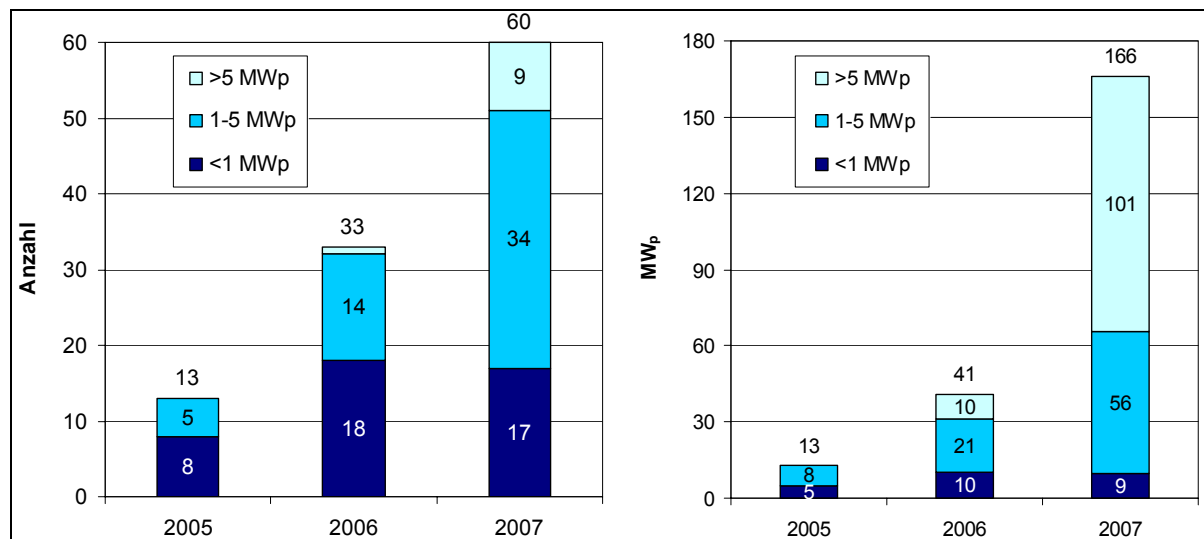


Abb. 3-7: Anzahl und Leistung der zugebauten Freiflächenanlagen klassifiziert nach Anlagengrößenklassen für 2005 bis 2007 (nur Freiflächenanlagen außerhalb Deutschlands, > 250 kWp, nur Länder mit mehr als 1 FFA)

Durch den Zubau von neun Großanlagen oberhalb 5 MWp mit insgesamt 101 MWp im Jahr 2007 hat sich die mittlere jährliche Leistung der zugebauten Anlagen von rund 1 MWp im Jahr 2005 auf mehr als 2,7 MWp im Jahr 2007 erhöht.

Die realisierten bzw. geplanten spezifischen Erträge nicht nachgeführter Anlagen in den verschiedenen Ländern zeigt Abb. 3-8. Dabei wurden nur Länder erfasst, für die für mehr als eine Anlage der Ertrag der Anlage erfasst ist.

den in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeisten PV-Strom gewährt, vergleichbar mit dem deutschen EEG. Derartige in den letzten Jahren in zahlreichen Ländern eingeführte Regelungen ließen den Anteil an netzgekoppelten Anlagen von rund 30 % Anfang der 90er Jahre auf rund 90 % im Jahr 2006 ansteigen. In den Ländern Deutschland und Japan, in denen zusammen annähernd 70 % der PV-Leistung installiert ist, beträgt der Anteil des in das Netz eingespeisten Stroms beinahe 100 % bzw. mehr als 95 %⁶.

In der EU-25 sind zum Ende der Jahres 2006 rund 3.080 MW_p netzgekoppelte Photovoltaikleistung installiert, das ist annähernd die Hälfte der weltweit installierten Leistung. Abb. 3-5

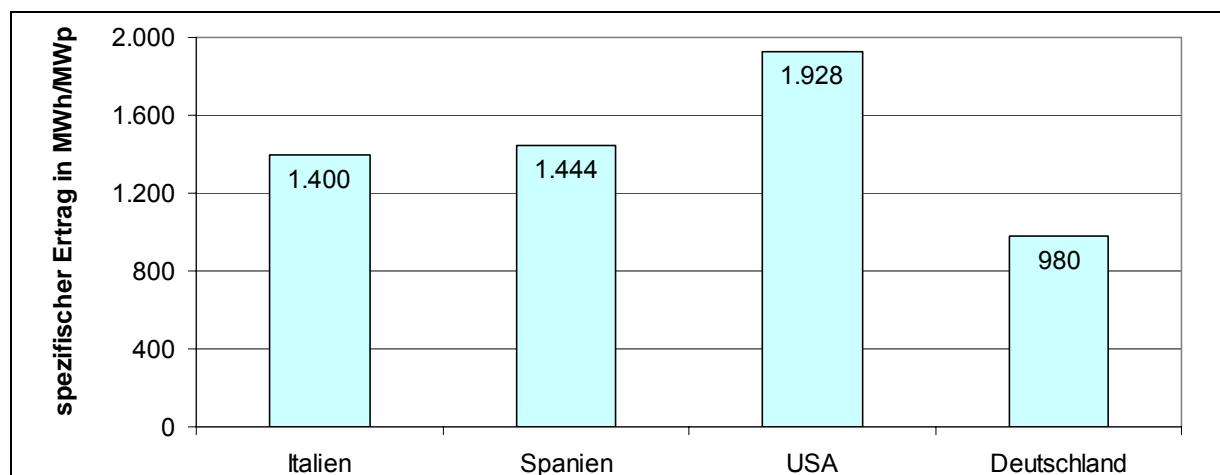


Abb. 3-8: Mittelwert des spezifischen Ertrags der nicht nachgeführten Freiflächenanlagen in MWh/MWp (Freiflächenanlagen >250 kWp, Länder mit mehr als 1 FFA)

Die Mittelwerte des spezifischen Ertrags sind für Deutschland mit einer Datenbasis von über 150 Anlagen gesichert, davon 117 nicht nachgeführte Anlagen. Die Werte für Spanien, die USA und Italien wurden dagegen aus lediglich fünf bzw. jeweils zwei Anlagenenerträgen ermittelt. Mit über 1.900 MWh/MWp sind in den USA die höchsten spezifischen Erträge zu erzielen. Freiflächenanlagen in den USA befinden sich hauptsächlich in Kalifornien, das u.a. wegen seines sonnigen Klimas als „goldener Staat“ bekannt ist. Daneben sind auch viele der Freiflächenanlagen im Bundesstaat Arizona zu finden. In Spanien sind sowohl leistungsbezogen als auch nach der Anzahl rund ein Drittel der Anlagen in den beiden Provinzen Navarra und Murcia installiert. Feststehende Anlagen erreichen in Italien und Spanien Erträge im Bereich von rund 1.400 MWh/MWp.

Einspeiseregulungen in der europäischen Union

6 International Energy Agency (IEA): Trends in Photovoltaic Applications: Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2006. Paris, August 2007

zeigt die Verteilung auf die verschiedenen Mitgliedsstaaten, wobei Länder mit einer installierten Leistung von weniger als 1 MW_p nicht dargestellt sind.

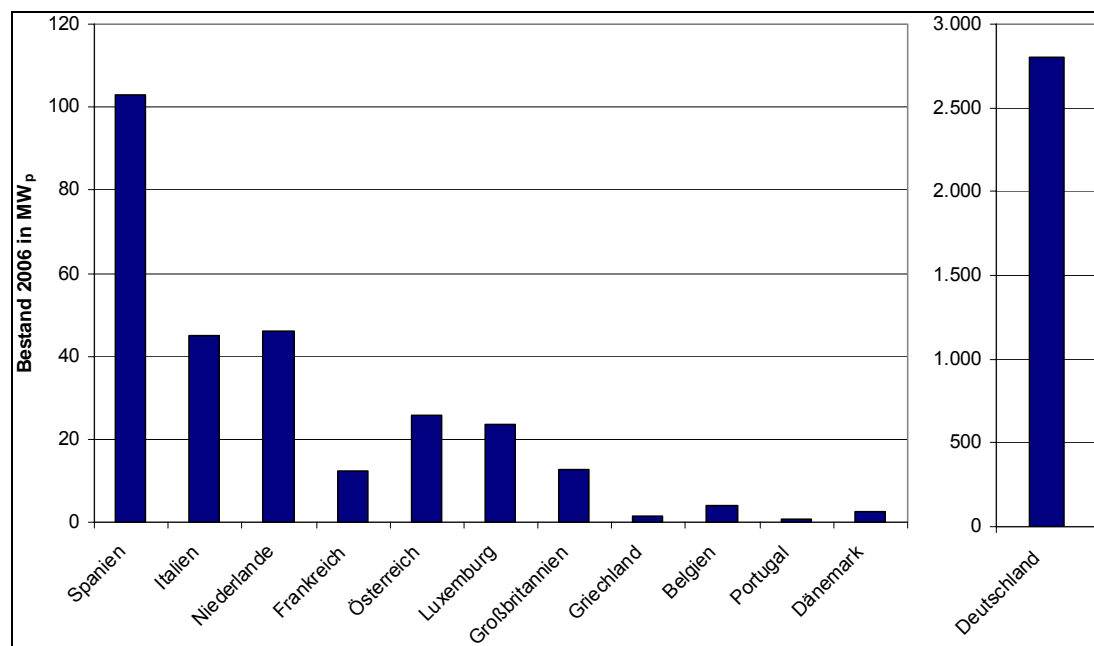


Abb. 3-5: Installierte, netzgekoppelte Photovoltaikleistung in Europa⁷ (Länder mit einer installierten Leistung < 1 MW_p sind nicht dargestellt)

Über 90 % der netzgekoppelten Photovoltaikleistung in Europa ist in Deutschland installiert. Spanien weist eine installierte Leistung von gut 100 MW_p auf, in Italien und den Niederlanden sind jeweils rund 45 MW_p netzgekoppelte Photovoltaikleistung installiert. Einen nennenswerten Betrag an installierter Leistung weisen zudem Frankreich, Österreich, Luxemburg sowie Großbritannien auf. In allen weiteren EU-25-Ländern sind zusammen weniger als 5 MW_p PV-Leistung installiert.

Angaben zur installierten Leistung 2007 sind zum Zeitpunkt der Berichtserstellung (Januar 2008) erst vereinzelt verfügbar. Lediglich für Deutschland ist bereits eine Schätzung des Zubaus 2007 von 1,1 GW_p veröffentlicht⁸. Damit wird Deutschland nach wie vor der weltweit größte Solarmarkt bleiben. Allmählich streben jedoch immer mehr Länder an, einen nennenswerten Beitrag der Photovoltaik in ihre Energiewirtschaft zu integrieren. Insbesondere Spanien wird sich in den kommenden Jahren zu einem wichtigen Akteur auf dem Photovoltaikmarkt entwickeln. So will der spanische PV-Verband ASIF bis zum Jahr 2020 eine instal-

⁷ EurObserv'ER: Photovoltaic Energy Barometer, Paris, 2007

⁸ Bundesverband Solarwirtschaft: Statistische Zahlen der deutschen Photovoltaikbranche, Januar 2008

lierte Leistung von 20 GW_p durchsetzen⁹. Wie das zukünftige spanische Fördersystem jedoch aussehen wird, ist momentan noch nicht entschieden¹⁰.

9 vgl. Kapitel Teil A 3.2.4 Freiflächenmarkt in Spanien

10 vgl. 0 Genaue Angaben zur landesspezifisch installierten Leistung im Freiflächenbereich existieren außer der im Rahmen dieses Forschungsprojekts erhobenen Zahlen für Deutschland nicht. Um einen groben Überblick über den Freiflächenmarkt weltweit zu ermöglichen, wurden für Freiflächenanlagen oberhalb 250 kWp die Daten Standort, Leistung und Jahr der Inbetriebnahme recherchiert. Abb. 3-6 zeigt die Anzahl und Leistung der in den jeweiligen Ländern zugebauten Freiflächenanlagen. Länder mit weniger als zwei errichteten Freiflächenanlagen wurden dabei nicht berücksichtigt.

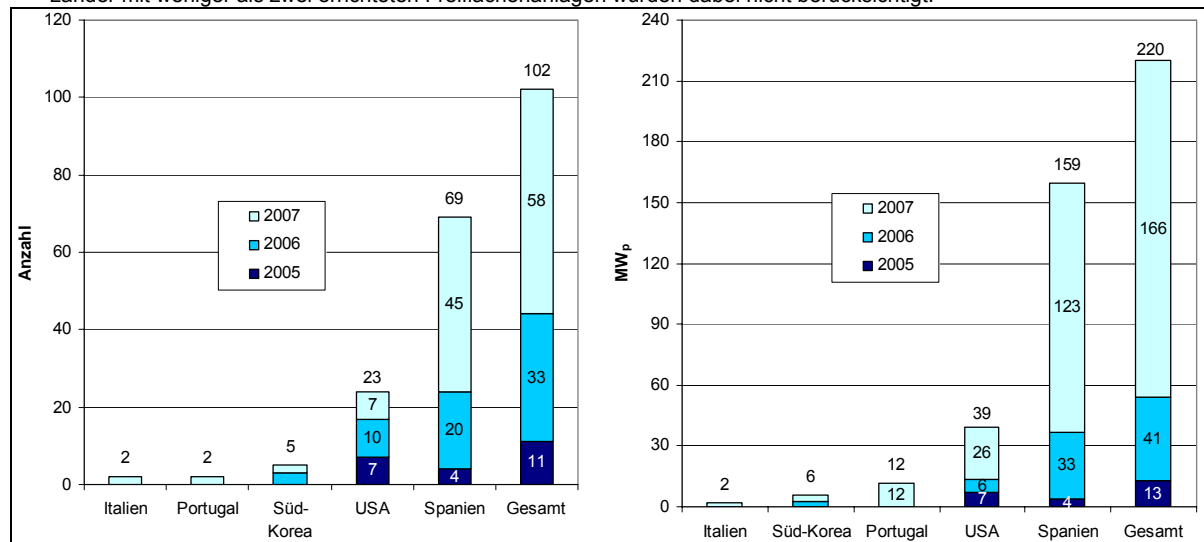


Abb. 3-6: Anzahl und Leistung der neu installierten Freiflächenanlagen geordnet nach Ländern für 2005 bis 2007 (nur Freiflächenanlagen außerhalb Deutschlands, > 250 kWp, nur Länder mit mehr als 1 FFA)

In den Jahren 2006 und 2007 wurden allein in Spanien mindestens 65 Anlagen mit einer Leistung größer als 250 kWp und einer Gesamtleistung von etwa 156 MWp errichtet. Der Zubau betrug 33 MWp im Jahr 2006 und hat sich für 2007 mit 123 MWp annähernd vervierfacht. Die durchschnittliche Größe einer Freiflächenanlage betrug dabei 1,6 MWp in 2006 und stieg auf 2,7 MWp in 2007. Daneben waren, wenn auch nicht in vergleichbarem Umfang, Aktivitäten im Freiflächenbereich in Italien und Portugal zu beobachten. Außerhalb Europas wurden neue Freiflächenanlagen vor allem in den USA und Südkorea gebaut.

Abb. 3-7 zeigt den jährlichen Zubau nach Anzahl und Leistung für verschiedene Größenklassen. Bei der Größe der installierten Anlagen lässt sich feststellen, dass vor allem die Anzahl der Anlagen im Bereich oberhalb von 1 MWp stark zugenommen hat. Einige sehr große Anlagen oberhalb 5 MWp erhöhen den Leistungszubau im Jahr 2007 deutlich:

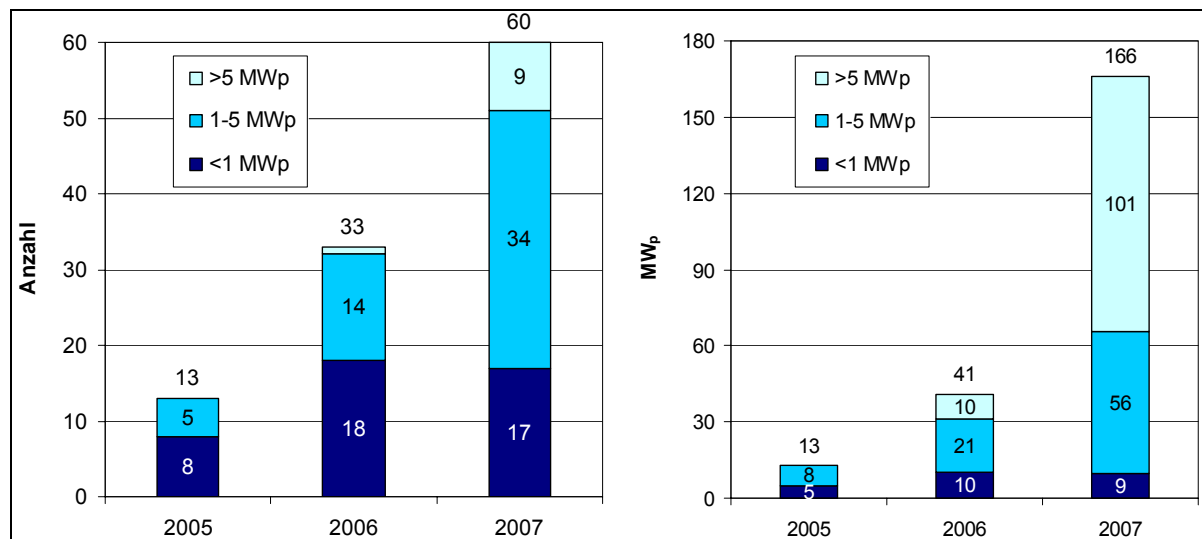


Abb. 3-7: Anzahl und Leistung der zugebauten Freiflächenanlagen klassifiziert nach Anlagengrößenklassen für 2005 bis 2007 (nur Freiflächenanlagen außerhalb Deutschlands, > 250 kWp, nur Länder mit mehr als 1 FFA)

Durch den Zubau von neun Großanlagen oberhalb 5 MWp mit insgesamt 101 MWp im Jahr 2007 hat sich die mittlere jährliche Leistung der zugebauten Anlagen von rund 1 MWp im Jahr 2005 auf mehr als 2,7 MWp im Jahr 2007 erhöht.

Die realisierten bzw. geplanten spezifischen Erträge nicht nachgeführter Anlagen in den verschiedenen Ländern zeigt Abb. 3-8. Dabei wurden nur Länder erfasst, für die für mehr als eine Anlage der Ertrag der Anlage erfasst ist.

Genauere Angaben zur landesspezifisch installierten Leistung im Freiflächenbereich existieren außer der im Rahmen dieses Forschungsprojekts erhobenen Zahlen für Deutschland nicht. Um einen groben Überblick über den Freiflächenmarkt weltweit zu ermöglichen, wurden für Freiflächenanlagen oberhalb 250 kW_p die Daten Standort, Leistung und Jahr der Inbetriebnahme recherchiert. Abb. 3-6 zeigt die Anzahl und Leistung der in den jeweiligen Ländern zugebauten Freiflächenanlagen. Länder mit weniger als zwei errichteten Freiflächenanlagen wurden dabei nicht berücksichtigt.

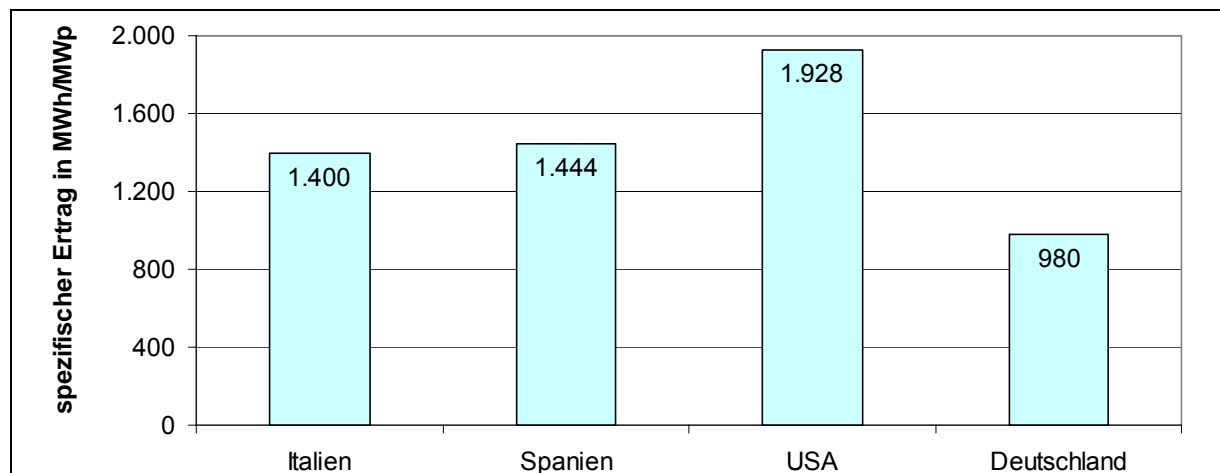


Abb. 3-8: Mittelwert des spezifischen Ertrags der nicht nachgeführten Freiflächenanlagen in MWh/MWp (Freiflächenanlagen >250 kW_p, Länder mit mehr als 1 FFA)

Die Mittelwerte des spezifischen Ertrags sind für Deutschland mit einer Datenbasis von über 150 Anlagen gesichert, davon 117 nicht nachgeführte Anlagen. Die Werte für Spanien, die USA und Italien wurden dagegen aus lediglich fünf bzw. jeweils zwei Anlagenerträgen ermittelt. Mit über 1.900 MWh/MWp sind in den USA die höchsten spezifischen Erträge zu erzielen. Freiflächenanlagen in den USA befinden sich hauptsächlich in Kalifornien, das u.a. wegen seines sonnigen Klimas als „goldener Staat“ bekannt ist. Daneben sind auch viele der Freiflächenanlagen im Bundesstaat Arizona zu finden. In Spanien sind sowohl leistungsbezogen als auch nach der Anzahl rund ein Drittel der Anlagen in den beiden Provinzen Navarra und Murcia installiert. Feststehende Anlagen erreichen in Italien und Spanien Erträge im Bereich von rund 1.400 MWh/MWp.

Einspeiseregulungen in der europäischen Union und den USA

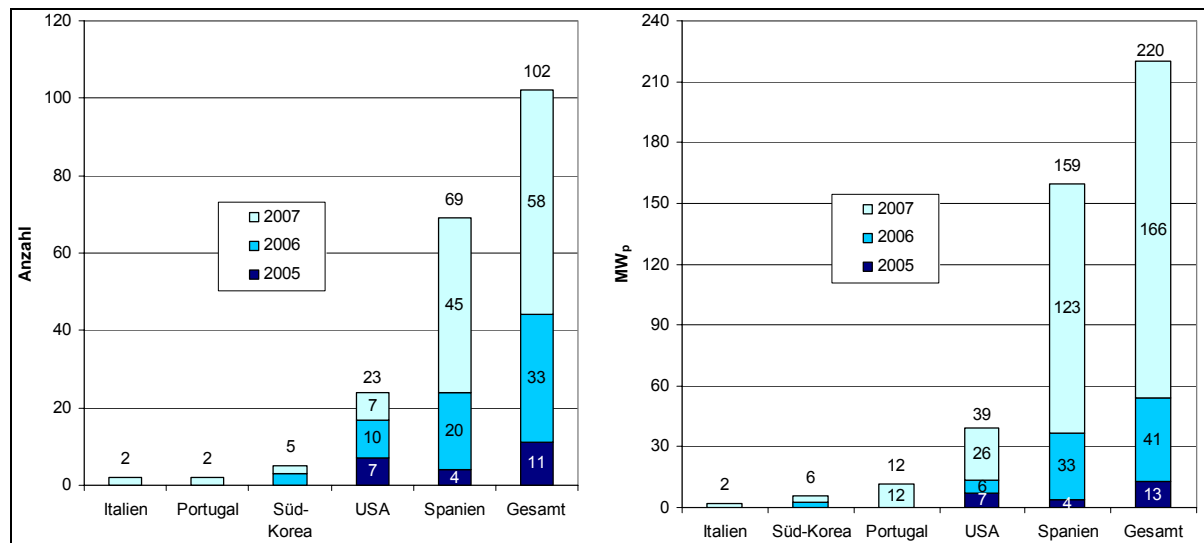


Abb. 3-6: Anzahl und Leistung der neu installierten Freiflächenanlagen geordnet nach Ländern für 2005 bis 2007 (nur Freiflächenanlagen außerhalb Deutschlands, > 250 kW_p, nur Länder mit mehr als 1 FFA)¹¹

In den Jahren 2006 und 2007 wurden allein in Spanien mindestens 65 Anlagen mit einer Leistung größer als 250 kW_p und einer Gesamtleistung von etwa 156 MW_p errichtet. Der Zubau betrug 33 MW_p im Jahr 2006 und hat sich für 2007 mit 123 MW_p annähernd vervierfacht. Die durchschnittliche Größe einer Freiflächenanlage betrug dabei 1,6 MW_p in 2006 und stieg auf 2,7 MW_p in 2007. Daneben waren, wenn auch nicht in vergleichbarem Umfang, Aktivitäten im Freiflächenbereich in Italien und Portugal zu beobachten. Außerhalb Europas wurden neue Freiflächenanlagen vor allem in den USA und Südkorea gebaut.

Abb. 3-7 zeigt den jährlichen Zubau nach Anzahl und Leistung für verschiedene Größenklassen. Bei der Größe der installierten Anlagen lässt sich feststellen, dass vor allem die Anzahl der Anlagen im Bereich oberhalb von 1 MW_p stark zugenommen hat. Einige sehr große Anlagen oberhalb 5 MW_p erhöhen den Leistungszubau im Jahr 2007 deutlich:

¹¹ eigene Recherchen

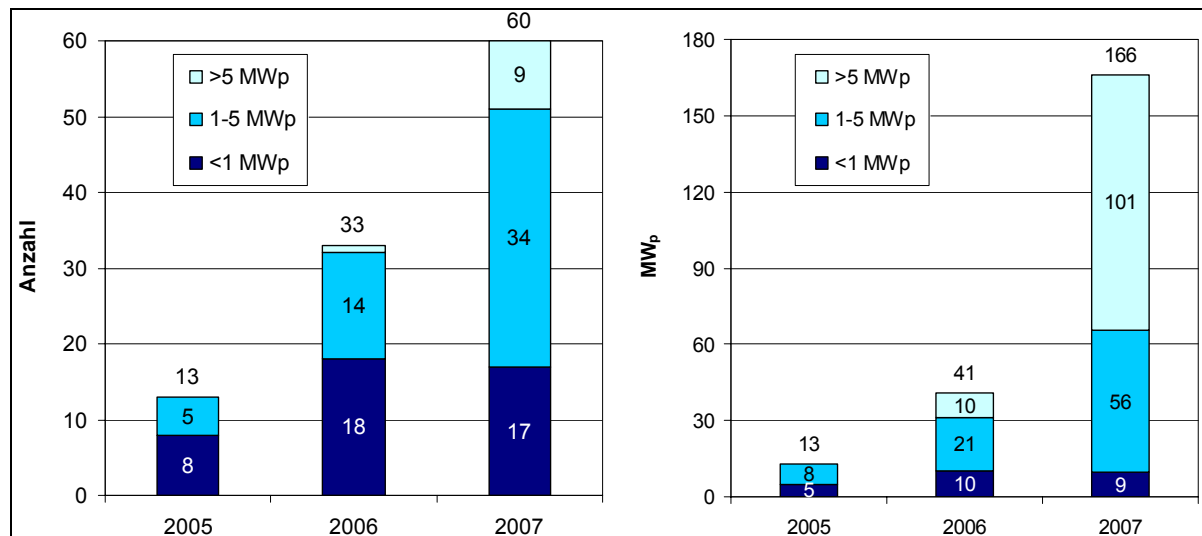


Abb. 3-7: Anzahl und Leistung der zugebauten Freiflächenanlagen klassifiziert nach Anlagengrößenklassen für 2005 bis 2007 (nur Freiflächenanlagen außerhalb Deutschlands, > 250 kW_p, nur Länder mit mehr als 1 FFA)

Durch den Zubau von neun Großanlagen oberhalb 5 MW_p mit insgesamt 101 MW_p im Jahr 2007 hat sich die mittlere jährliche Leistung der zugebauten Anlagen von rund 1 MW_p im Jahr 2005 auf mehr als 2,7 MW_p im Jahr 2007 erhöht.

Die realisierten bzw. geplanten spezifischen Erträge nicht nachgeführter Anlagen in den verschiedenen Ländern zeigt Abb. 3-8. Dabei wurden nur Länder erfasst, für die für mehr als eine Anlage der Ertrag der Anlage erfasst ist.

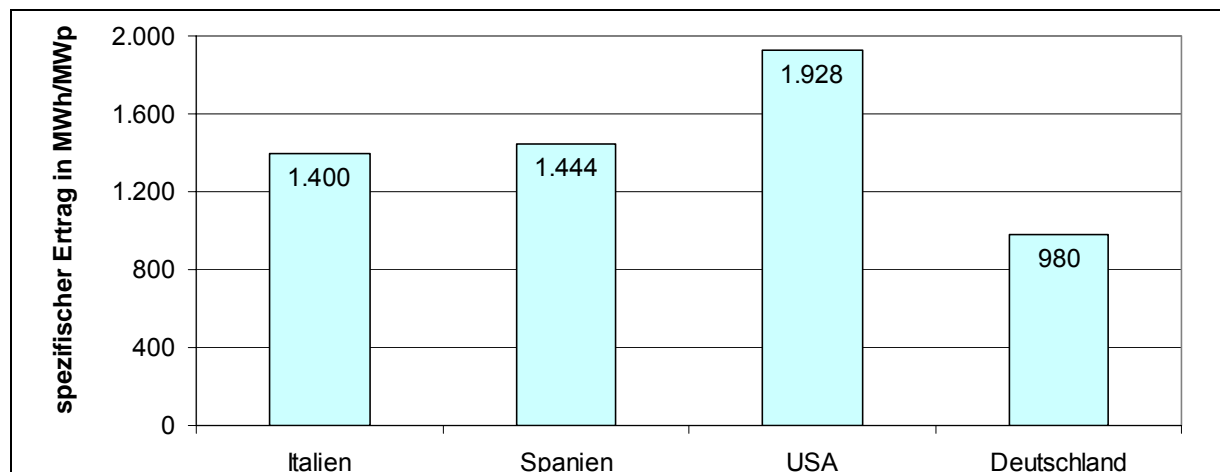


Abb. 3-8: Mittelwert des spezifischen Ertrags der nicht nachgeführten Freiflächenanlagen in MWh/MW_p (Freiflächenanlagen >250 kW_p, Länder mit mehr als 1 FFA)¹²

Die Mittelwerte des spezifischen Ertrags sind für Deutschland mit einer Datenbasis von über 150 Anlagen gesichert, davon 117 nicht nachgeführte Anlagen. Die Werte für Spanien, die USA und Italien wurden dagegen aus lediglich fünf bzw. jeweils zwei Anlagenerträgen ermittelt. Mit über 1.900 MWh/MW_p sind in den USA die höchsten spezifischen Erträge zu erzielen. Freiflächenanlagen in den USA befinden sich hauptsächlich in Kalifornien, das u.a. wegen seines sonnigen Klimas als „goldener Staat“ bekannt ist. Daneben sind auch viele der Freiflächenanlagen im Bundesstaat Arizona zu finden. In Spanien sind sowohl leistungsbezogen als auch nach der Anzahl rund ein Drittel der Anlagen in den beiden Provinzen Navarra und Murcia installiert. Feststehende Anlagen erreichen in Italien und Spanien Erträge im Bereich von rund 1.400 MWh/MW_p.

3.2.2 Einspeiseregulungen in der europäischen Union und den USA

In Europa bestehen mittlerweile in den meisten EU-Mitgliedsländern gesetzliche Regelungen zur Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien. Unter den vorherrschenden Regelungen ist mit 18 Ländern das System mit festen Einspeisetarifen am weitesten verbreitet¹³. Tab. 3-4 gibt einen Überblick über die bestehenden Regelungen für Strom aus Photovoltaik für EU-Mitgliedsländer und stellt mit Arizona und Kalifornien auch die zwei PV-relevantesten US-Staaten dar:

¹² eigene Recherchen

¹³ Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung: Monitoring und Bewertung der Förderinstrumente für Erneuerbare Energien in EU-Mitgliedsstaaten, Karlsruhe, September 2006

Tab. 3-4: Überblick über die bestehenden Einspeiseregulungen für Strom aus Photovoltaik in Europa und den USA¹⁴

Land	Generelle Förderung	Einspeisevergütung für 2006 [ct/kWh] und Laufzeit	Differenzierung nach				Netzintegration		
			Leistung	Standort	Einspeisezeit	Regionen	Kostenzu- teilung ¹⁵	Maximale Anschluss- kosten ¹⁶	Kosten- trans- parenz
Arizona ¹⁷	Investitionszuschuss	US-\$ 2,50 bis 3,00 pro kW		Privat/ gewerblich			k.A.	k.A.	k.A.
Dänemark	ab 6 kW	8,0 20 Jahre	-	-	-	-	Shallow	5-10% von I	Hoch
Deutschland	ohne Einschränkung	40,6 - 56,8 20 Jahre	≤ 30 kW 31-100 kW > 101 kW	Freiflächen / Dach / Fassaden	-	-	Shallow	-	Mittel
Estland	ohne Einschränkung	5,2 12 Jahre	-	-	-	-	k.A.	k.A.	k.A.
Frankreich	ohne Einschränkung	30,0 - 55,0 20 Jahre	-	Gebäude integriert / nicht Gebäude integriert	-	Festland vs. Inseln	Gemischt	10-20% von I	Mittel / Niedrig
Griechenland	ohne Einschränkung	40,0 - 50,0 20 Jahre	≤ 100 kW > 100 kW	-	-	Festland vs. Inseln	Deep / Shallow	-	Niedrig
Irland	nein	-	-	-	-	-	Deep	3-8% von I	Hoch
Italien ¹⁸	ohne Einschränkung	36,0 - 40,0 20 Jahre	1-3 kW 3-20 kW > 20 kW	freistehend / teilweise/ vollständig integriert	-	-	k.A.	k.A.	k.A.
Kalifornien ¹⁹	2007 >100 kW 2008 >50 kW 2010 >30 kW bis 1 MW	US-ct 0,39 - 0,50 5 Jahre		Privat, gewerblich, öffentlich			k.A.	k.A.	k.A.
Litauen	nein	-	-	-	-	-	k.A.	k.A.	k.A.
Luxemburg	bis 30 kW	28,0 - 56,0 10 Jahre	-	-	-	-	Deep	-	Niedrig
Niederlande	ohne Einschränkung	14,7 10 Jahre	-	-	-	-	Shallow	-	Hoch
Österreich	ohne Einschränkung	47,0 - 60,0 13 Jahre	< 5 kW 5-10 kW > 10 kW	-	-	-	gemischt	100.000 €/MW	Niedrig
Portugal	ohne Einschränkung	31,5 - 45,5 15 Jahre oder 21 MWh/kW	< 5 kW > 5 kW	-	nach Tages- und Nacht- zeiten	-	Deep	15% von I	Niedrig
Slowakei	ohne Einschränkung	21,2 1 Jahr	-	-	-	-	k.A.	k.A.	k.A.
Slowenien	fest	ohne Einschränkung	6,5 - 37,5 10 Jahre	≤ 36 kW > 36 kW	-	nach Tages- und Nacht-	k.A.	k.A.	k.A.

¹⁴ BMU: Fortentwicklung des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) zur Marktdurchdringung Erneuerbarer Energien im deutschen und europäischen Strommarkt. Karlsruhe, September 2007

¹⁵ Shallow: Der Anlagenbetreiber hat die Kosten für die physikalische Anbindung zum nächstgelegenen Netzanschlusspunkt zu tragen. Die mit dem Netzanschluss verbundenen Kosten im vorgelagerten Netz werden vom Netzbetreiber getragen.

Deep: Der Anlagenbetreiber hat zusätzlich zu den eigentlichen Netzanschlusskosten sämtliche mit der Netzintegration verbundenen Kosten zu tragen.

¹⁶ Anschlusskosten als Anteil an den Investitionskosten (I)

¹⁷ http://www.aps.com/main/green/choice/choice_2.html, 12.12.2007

¹⁸ gültig ab 13.04.2007, davor 44,5 - 49,0 Cent/kWh

¹⁹ Unterhalb der angegebenen Anlagengröße wird mit Investitionszuschüssen gefördert (US-\$ 2,50-3,25 pro Watt), wahlweise kann auch die Einspeisevergütung vorgezogen werden, vgl. http://www.gosolarcalifornia.ca.gov/documents/CSI_HANDBOOK.PDF, 12.12.2007

Land	Generelle Förderung	Einspeisevergütung für 2006 [ct/kWh] und Laufzeit	Differenzierung nach				Netzintegration		
			Leistung	Standort	Einspeisezeit	Regionen	Kostenzu- teilung ¹⁵	Maximale Anschluss- kosten ¹⁶	Kosten- trans- parenz
	Prämie	8,7 - 39,7 10 Jahre			zeiten sowie Saisonen				
Spanien	fest	ohne Ein- schränkung	23,0 - 44,0 unbegrenzt	≤ 100 kW > 100 kW	-	-	Deep	-	Niedrig
	Prämie		25,5 unbegrenzt						
Tschechien	fest	ohne Ein- schränkung	45,5 15 Jahre	-	-	-	Ge- misch	5.000 bis 45.000 €/MW	Hoch
	Prämie		49,0 15 Jahre						
Ungarn		ohne Ein- schränkung	9,4 unbegrenzt	-	-	-	Deep	-	Niedrig
Zypern		bis 5 kW	21,1 - 39,3 15 Jahre	-	freistehende / netzgekoppelte Anlagen	-	k.A.	k.A.	k.A.

Der Großteil der Länder fördert Strom aus Photovoltaik ohne Einschränkung mit einem festen Einspeisetarif, der für einen bestimmten Zeitraum gewährt wird. In Kalifornien besteht bei kleineren Anlagen die Wahl zwischen einem (i.d.R. lukrativerem) Investitionszuschuss oder einer Einspeisevergütung. In einigen Ländern wird, ähnlich wie in Deutschland, nach mehreren Leistungsklassen unterschieden, für welche jeweils ein bestimmter Einspeisetarif gilt. Nach dem Standort der Anlage (z.B. Freifläche, Dach, Fassade) wird jedoch neben Deutschland nur in zwei weiteren Ländern (Frankreich und Italien) unterschieden. Eine andere Unterscheidung wird in Kalifornien vorgenommen: Hier wird nach privater, gewerblicher und öffentlicher Nutzung differenziert.

Bei der Netzintegration ergeben sich jedoch deutliche Unterschiede, die sich neben dem Einspeisetarif wesentlich auf die Wirtschaftlichkeit einer Anlage auswirken. So hat ein Anlagenbetreiber in Deutschland nur die Kosten bis zum nächstgelegenen Netzanschlusspunkt zu tragen. Für weitere, mit dem Netzanschluss verbundene Kosten im vorgelagerten Netz hat der Netzbetreiber aufzukommen. Dagegen müssen beispielsweise in Spanien oder Italien sämtliche mit dem Netzanschluss verbundenen Kosten vom Anlagenbetreiber getragen werden.

Die derzeitige Einspeiseregulierung für PV in Spanien sieht eine Deckelung der installierten Leistung bei 371 MW_p bis 2010 vor. Die nach Erreichen dieses Limits errichteten Anlagen erhalten nicht mehr die attraktive Vergütung für PV-Strom. Aufgrund der rasanten Entwicklung des Solarmarkts in Spanien wurden 85% dieser maximalen Leistung bereits bis Ende September 2007 installiert²⁰, womit ein vorläufiges Ende des Booms vorhersehbar ist. Als

²⁰ Photon, Oktober 2007

Konsequenz daraus hat das spanische Industrieministerium nun einen Vorschlag für ein neues Vergütungssystem vorgelegt, in dem zum einen eine jährliche Senkung der Vergütungssätze ähnlich dem deutschen System enthalten ist (5 % Degression p.a. ab 2010), zum anderen eine neue Begrenzung der installierten Leistung in Höhe von 1.200 MW_p bis 2010.²¹ Als Reaktion auf diesen Vorschlag hat der Verband der Photovoltaikindustrie zusammen mit dem Erneuerbare-Energien-Verband am 27. November 2007 einen eigenen Vorschlag vorgelegt: Die Deckelung von 1.200 MW_p soll demnach entfallen, vielmehr soll das Marktwachstum durch eine Senkung der Einspeisetarife auf ein moderates Maß von 20 % gebracht werden. Dabei gehen die Meinungen vor allem bei den Freiflächenanlagen auseinander: Während der Gesetzentwurf des Industrieministeriums lediglich eine Differenzierung nach Anlagengröße vorsieht und Anlagen bis max. 50 MW_p fördern will, fordern die Verbände getrennte Einspeisevergütungen für Gebäude und Freiflächenanlagen (gestaffelt nach Anlagengröße). Hintergrund ist die Vorstellung der Verbände, dass Photovoltaik eine dezentrale Stromerzeugungstechnik bleiben sollte, so dass Freiflächenanlagen mit mehr als 10 MW_p nicht gefördert werden sollten.²² Nach derzeitigen Angaben sollen mit dem vorliegenden Entwurf der Gesetzesnovelle starke Einschnitte bei den Freiflächenanlagen erfolgen, während bei Aufdachsystemen Kontinuität herrschen soll. Nach den heutigen Vergütungssätzen für Freiflächenanlagen entspricht dies einer Absenkung von 25 bis 31 %, was sowohl vom spanischen Photovoltaikverband Asif, als auch von Branchenvertretern als zu niedrig eingestuft wird. Dafür ist in dem neuen Entwurf die Deckelung auf 1.200 MW_p nicht mehr enthalten²³.

Trotz ähnlicher solarer Randbedingungen wie in Spanien ergibt sich in Portugal ein komplett anderes Bild. Mit dem im Jahr 2001 eingeführten Lizenzvergabeprogramm sollte ursprünglich die Installation von 150 MW_p bis 2010 mittels einer garantierten Einspeisevergütung zwischen 31,5 und 44,5 Cent/kWh gefördert werden. Durch bürokratische Hürden, die schlechte Stromnetz-Infrastruktur und Spekulanten, die mit den für den Bau von Anlagen notwendigen Lizenzen Handel betreiben wollten, verlief der Ausbau trotz vergebener Lizenzen und Anträge über 700 MW_p äußerst schleppend. Dies hat die portugiesische Regierung veranlasst, das Programm bis voraussichtlich 2009 außer Kraft zu setzen. Im November 2007 ist ein neues Gesetz für die Förderung von Kleinanlagen bis 3,68 kW_p verabschiedet worden. Diese sollen ab April 2008 mit einer Einspeisevergütung von 65 Cent/kWh über fünf Jahre gefördert werden. Ab 10 MW_p installierter Leistung wird die Einspeisevergütung um 5 % abgesenkt.

²¹ Energías Renovables: La industria fotovoltaica asegura que el decreto solar que prepara Industria paralizará el mercado entre 2008 y 2010. Mitteilung vom 3.10.2007

²² Photon, Januar 2008

²³ Photon, April 2008

Die Vereinigung der portugiesischen Solarindustrie hofft dadurch auf positive Impulse, die sich allerdings kaum auf Freiflächenanlagen auswirken.²⁴

In Italien findet seit dem 13.04.2007 ein neues Einspeisesystem Anwendung. Damit soll die installierte Leistung bis 2016 auf 3000 MWp ausgebaut werden. Die förderbare Leistung ist zunächst auf 1.200 MWp bis zum Jahr 2010 begrenzt. Es unterscheidet einerseits in drei Leistungsklassen (1-3 kWp, 3-20 kWp, >20 kWp) und andererseits nach der Art, wie die Anlage in ein Gebäude integriert ist: Freistehende, teilweise integrierte (z.B. Aufdachanlagen) und vollständig integrierte Anlagen (z.B. Indachanlagen). Die neuen Einspeisetarife gelten auch für große Anlagen (> 1 MWp), für die bislang ein Ausschreibungssystem Anwendung gefunden hat. Darüber hinaus erhöht sich der Einspeisetarif um 10 bis max. 30 %, wenn mit der Photovoltaikanlage das Gebäude energieeffizient saniert wird²⁵. Ausgehend von einer jährlichen Degression von 2 % in den Jahren 2009 und 2010 wird für das Jahr 2010 mit einer deutlichen Senkung von bis zu 10 % gerechnet²⁶. Auch ist das Antragsverfahren dahingehend geändert worden, dass erst nach der Anlageninstallation der Antrag auf Einspeisevergütung gestellt werden kann: Damit wird sichergestellt, dass nur realisierte Anlagen das Förderkontingent ausschöpfen.

Wie in Spanien gibt es auch in Griechenland eine Deckelung der Anlagenleistung. Hier beträgt die Grenze im Moment 840 MWp bis 2020²⁷. Aufgrund der schleppenden Genehmigungsverfahren war dies bisher kein Problem, doch liegen mittlerweile bereits Anträge für über 500 MWp vor. Dies könnte also in naher Zukunft ein Problem bereiten, falls alle geplanten Projekte in geplantem Umfang genehmigt werden sollten.²⁸

Eine ähnliche Deckelung existiert in Kalifornien, dem bislang dominierenden Bundesstaat auf dem US-amerikanischen Markt: Abhängig von der installierten Kapazität verringern sich die gewährten Einspeisevergütungen von US-\$ 0,39 je kWh auf US-\$ 0,03 je kWh in der letzten Ausbaustufe. Das Ausbauziel von 3.000 MWp soll im Jahr 2017 erreicht sein.

Zusammenfassend kann beobachtet werden, dass neben Deutschland weitere Industrieländer das Potenzial der Photovoltaik erkannt haben und den Zubau über Einspeisesysteme fördern. Die Aktivitäten spielen sich dabei hauptsächlich in Industrieländern mit vergleichsweise hoher solarer Einstrahlung ab. In den meisten dieser Länder ist die maximal geförderte Kapazität gedeckelt, womit ein zu großer Zubau verhindert werden soll. Insbesondere in

24 Sonne, Wind & Wärme 1/2008

25 Energiewirtschaftliche Tagesfragen: Der neue Einspeisetarif für Photovoltaikstrom in Italien, 12/2007

26 Photon: Im Dickicht der Fördersätze, Januar 2008

27 Hellenic Association of Photovoltaic Companies, Greece – Incentives for PV, Sept. 2007,
http://www.helapco.gr/library/Greece_Incentives_PV_Sep07.pdf

Spanien wird aufgrund des frühzeitigen Erreichens des Deckels diskutiert, wie die zukünftige Förderung der Photovoltaik aussehen soll.

3.2.3 Produktionskapazitäten

Wie in den Jahren zuvor war auch in 2007 das Angebot an Solarsilizium zur Zellenherstellung niedriger als die Nachfrage, was zu teilweise hohen Preisen führte. Um dem Mangel an Rohmaterial zu begegnen, haben die großen Silizium-Produzenten damit begonnen, ihre Produktionskapazitäten zu erweitern. Außerdem haben Firmen, die bisher in diesem Markt nicht präsent waren, angekündigt, jetzt ebenfalls Produktionskapazitäten für Silizium aufbauen zu wollen. Teilweise wurde auch Silizium für die Halbleiterfertigung zur Herstellung von Solarzellen verwendet.

Wegen des Rohstoffmangels sind die Zellhersteller bestrebt, das Silizium effizienter zu verwenden. Dies kann zum Beispiel durch dünnere Wafer, verminderte Verluste beim Zuschneiden und niedrigere Bruchraten erfolgen. Der europäische PV-Industrieverband EPIA prognostiziert eine Abnahme der Waferdicke derzeit rund 200 μm um ein Viertel auf 150 μm . Damit soll in diesem Zeitrahmen der Siliziumeinsatz um 25 % auf 7,5 g/W_p gesenkt werden (Abb. 3-9).

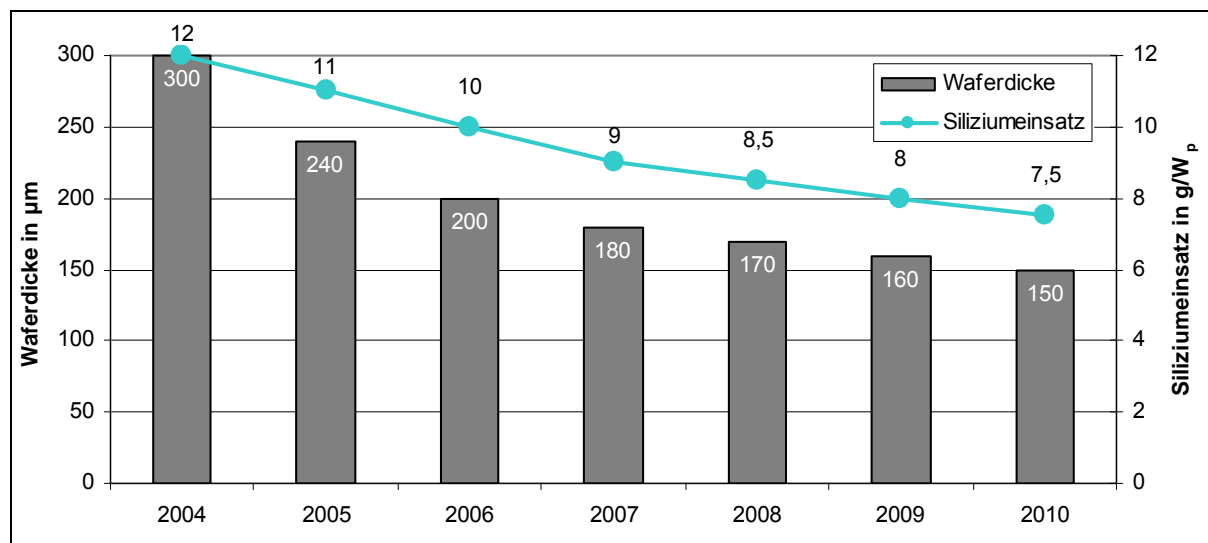


Abb. 3-9: Erfasste und prognostizierte Waferdicke und Siliziumeinsatz bei der Produktion von Wafern²⁹

28 Sonne Wind Wärme, 6/2007

29 EPIA, Solar Generation IV - 2007

Im Jahr 2006 waren rund 60 % der Produktionskapazitäten von Solarsilizium auf vier Hersteller konzentriert. Den größten Anteil am Output an Solarsilizium stellen die USA. Insgesamt standen rund 23.500 t Solarsilizium zur Verfügung. Legt man einen mittleren Siliziumeinsatz von 10 g/W_p zugrunde (vgl. Abb. 3-9), wurden damit annähernd 2.400 MW_p Solarzellen auf Siliziumbasis gefertigt. In den Jahren 2007 und 2008 wird die Siliziummenge, die für die Solarindustrie zur Verfügung stehen wird, nur mäßig zunehmen. Erst ab 2009 wird von einem nennenswerten Zuwachs an Silizium ausgegangen. Nach aktuellen Prognosen werden somit im Jahr 2010 aus der verfügbaren Siliziummenge von knapp 80.000 t rund 12 GW_p Solarzellen gefertigt werden können.

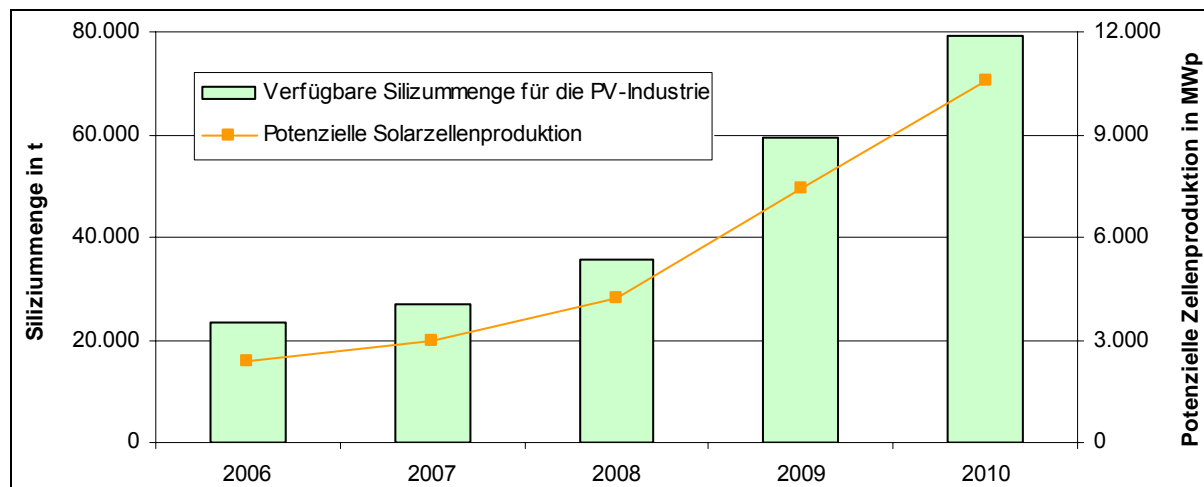


Abb. 3-10: Für die PV-Industrie verfügbare Siliziummenge und potenzielle Solarzellenproduktion³⁰

Um der Verknappung von hochreinem Silizium entgegenzuwirken, ist zukünftig angedacht, metallurgisches Silizium zu verwenden, für dessen Herstellung weniger Energie benötigt wird. Ob das eher „unreine“ metallurgische Silizium den Qualitätsanforderungen genügen wird und ob dieses von der PV-Industrie aufgenommen werden wird, bleibt im Moment noch ungewiss.

Die Zellhersteller prognostizieren Anfang/Mitte 2007 eine Zellproduktion von rund 6 GW_p für das Jahr 2008. Dagegen spricht, dass die in Abb. 3-10 dargestellte Siliziummenge für das Jahr 2008 nur eine Zellproduktionskapazität von etwa 4,2 GW_p ermöglichen wird. Selbst bei einem hohen Anteil von Dünnschichtzellen an der Produktion 2008 von 15 % entfallen noch rund 5,1 MW_p auf Zellen mit kristallinem Silizium. Derzeit ist somit davon auszugehen, dass die prognostizierte Menge an Zellen in diesem Umfang nicht produziert werden kann.

30 Sarasin: Solarenergie 2007 – Der Höhenflug der Solarindustrie hält an. Basel, November 2007

Ungeachtet des derzeitigen Mangels an Solarsilizium haben die Zellenhersteller ihre Produktionskapazitäten in den vergangenen Jahren massiv ausgebaut und lasten diese aufgrund der hohen Nachfrage soweit es die Siliziumversorgung zulässt aus. So wurden im Jahr 2006 rund 2,5 GW Solarzellen produziert (Abb. 3-11).

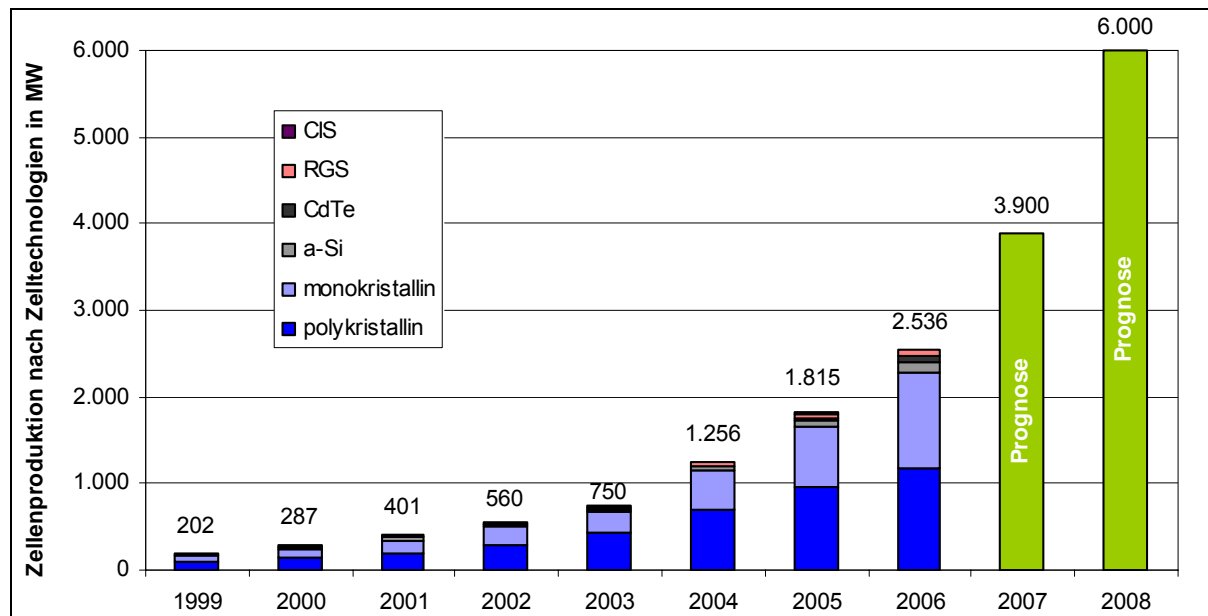


Abb. 3-11: Weltweite Solarzellenproduktion von 1999 bis 2006 einschließlich Prognosen für 2007 und 2008 (Quelle: Photon, 4/07)

Im Vergleich zum Vorjahr wurden rund 720 MW mehr Solarzellen gefertigt, im Vergleich zum Jahr 2004 hat sich die Produktionsmenge sogar mehr als verdoppelt. Bis Ende 2008 wird sich Zellproduktion bezogen auf 2006 erneut verdoppelt haben.

Über 90% der derzeitigen Produktion basiert auf Siliziumwafern, die Produktion von Dünnschichtzellen hat jedoch in der letzten Zeit zugenommen. Die größte Zuwachsrate von 2005 auf 2006 war bei der Produktion von Dünnschichtzellen zu verzeichnen, wobei diese mit einer Jahresproduktion von 196 MW bislang nur rund 10 % der gesamten Produktion ausmachen.

Die starke Zunahme bei der Produktion von Dünnschichtzellen hängt zum einen mit der Knappheit an Siliziumzellen zusammen, zum anderen gibt es nun auch vermehrt Anbieter für schlüsselfertige Dünnschichtproduktionslinien. Der Verzicht auf Silizium als Grundstoff, aber auch ein geringerer Energieverbrauch bei der Herstellung sowie große Potentiale für Kostensenkungen machen die Dünnschichttechnologie äußerst attraktiv.

Dies hat viele Hersteller von Solarzellen dazu bewogen, neben der Produktion von waferbasierten Solarzellen auch den Aufbau einer Dünnschichtfertigung zu forcieren. Auch einige

Hersteller von Solarsilizium, aber auch neue Anbieter versuchen auf diesem Markt Fuß zu fassen³¹.

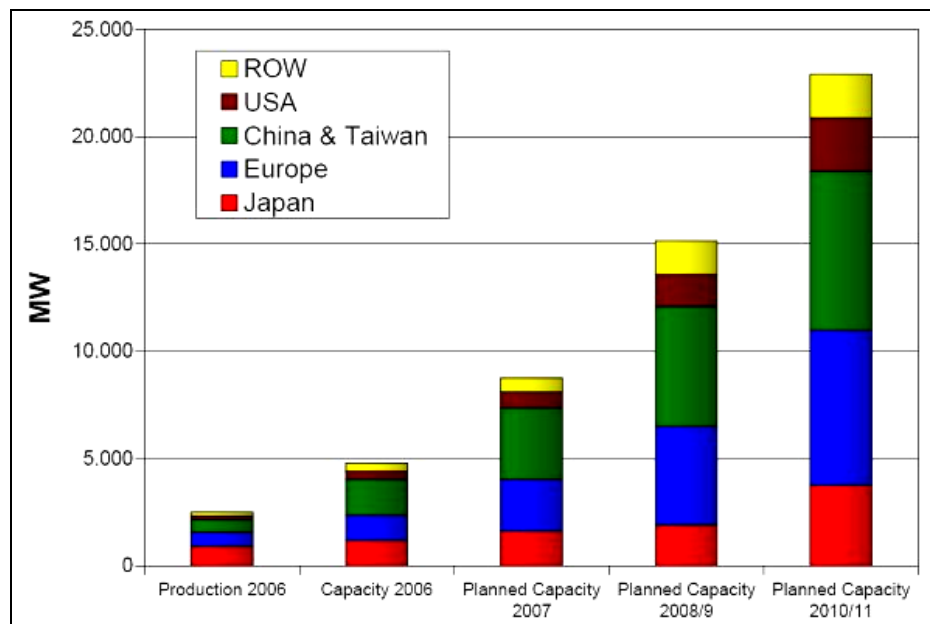


Abb. 3-12: Weltweite Solarzellen-Produktion in 2006, Produktionskapazitäten und geplante Kapazitätserweiterungen (ROW: rest of world)³²

Die tatsächlichen Zellfertigungskapazitäten im Jahr 2006 lagen annähernd doppelt so hoch wie die Produktion. Der Grund für die schwache Auslastung von lediglich gut 50 % liegt in der Knappheit an Silizium. Abb. 3-12 zeigt, dass für das Jahr 2007 mit einer deutlichen Zunahme der Zellfertigungskapazitäten sowohl in Europa als auch in China und Taiwan gerechnet wird. Dieser starke Zuwachs soll sich über die nächsten Jahre fortsetzen. Einschränkend muss gesagt werden, dass sich die Steigerung der Produktionskapazität teilweise nur auf den Aufbau neuer Produktionslinien und nicht auf den tatsächlichen Fertigungsstart bezieht. Teilweise kann zwischen dem Aufbau und dem Fertigungsstart einige Zeit verstreichen.

Detaillierte Angaben zur weltweiten Produktionskapazität von Modulen sind nicht verfügbar. Die IEA gibt jedoch für die IEA-PVPS-Länder Zahlen für 2006 an. Demnach wurden von den PVPS-Ländern insgesamt rund 1.670 MW_p Module bei einer Produktionskapazität von

31 Sarasin: Solarenergie 2007 – Der Höhenflug der Solarindustrie hält an. Basel, November 2007

32 European Commission Joint Research Centre, JRC Technical Notes, PV Status Report 2007, 2007

2.900 MW_p hergestellt³³. Nach IEA-Angaben stehen die PVPS-Länder für rund 70 % der weltweiten Produktionskapazität. Für die weltweite Modulproduktionskapazität und den Modulausstoß können somit 4.100 MW_p Produktionskapazität und 2.400 MW_p Moduloutput für das Jahr 2006 abgeschätzt werden.

Die Modulproduktionskapazität in Deutschland im Jahr 2006 betrug rund 630 MW_p und somit 15 % der weltweiten Produktionskapazitäten für Solarmodule. Der tatsächliche Modulausstoß Deutschlands im Jahr 2006 belief sich auf rund 340 MW_p oder 14 % der weltweiten Modulproduktion. Im Jahr 2008 wird sich die Modulproduktionskapazität in Deutschland mit etwa 2,5 GW_p annähernd verdreifacht haben. Der tatsächliche Moduloutput wird sich auf rund 1,3 GW_p verdoppeln³⁴.

Sowohl für Deutschland, als auch weltweit gilt: die Produktionskapazitäten übersteigen den Moduloutput. Mit fortschreitendem Ausbau der Modulproduktionskapazitäten sowie der größeren tatsächlichen Verfügbarkeit von ausreichend Solarsilizium ab 2009 wird das damit geschaffene Modulangebot die Nachfrage übersteigen. Dies wird sich voraussichtlich positiv auf die Modulpreise auswirken.

Zusammenfassend kann aus der weltweiten Situation bei der Silizium-, Zellen- und Modulproduktion folgendes geschlossen werden:

- Die bis Ende 2008 verfügbare Siliziummenge ist knapp, spürbar mehr Silizium wird der PV-Industrie frühestens 2009 zur Verfügung stehen.
- Es sind ausreichend Zellproduktionskapazitäten vorhanden, die jedoch aufgrund des Siliziummangels nur unvollständig ausgelastet sind und sein werden.
- Als Resultat des Siliziummangels werden Zellhersteller zunehmend auf die Produktion von Dünnschichtzellen ausweichen sowie eigene Siliziumproduktionskapazitäten aufbauen.
- Modulproduktionskapazitäten stehen momentan noch ausreichend zur Verfügung. Diese werden ab 2009 zum Großteil ausgelastet werden, wenn mehr Silizium zur Verfügung steht. Von Seiten der Zellhersteller kann das ab 2009 zur Verfügung stehende Silizium mit den derzeit geplanten Kapazitäten vollständig verarbeitet werden. Es ist durchaus realistisch, dass das Angebot an Solarmodulen die Nachfrage übersteigen wird. Dies wird sich möglicherweise positiv auf die Preise von Solarmodulen auswirken.

33 IEA: PV Power, Issue 27, November 2007

34 Photon, Januar 2008

3.2.4 Freiflächenmarkt in Spanien

Neben Deutschland hat sich Spanien zum zweitgrößten Markt für Solaranlagen in Europa entwickelt. Wie bereits in Abb. 3-7 dargestellt wurde, sind in den Jahren 2005 bis 2007 insgesamt 69 Freiflächenanlagen oberhalb 250 kW_p mit einer Gesamtleistung von annähernd 160 MW_p errichtet worden. Aus den im Rahmen dieser Auswertungen erfassten Freiflächenanlagen wurden die 20 leistungsmäßig größten Anlagen Spaniens herausgegriffen und Anlagendetails recherchiert, um eine genauere Betrachtung zu ermöglichen.

Die spezifischen Investitionskosten der Gesamtsysteme sind für 10 der 20 Anlagen bekannt und betragen zwischen 6.300 €/kW_p und 7.900 €/kW_p, wobei der Mittelwert bei 7.200 €/kW_p liegt. Für die in 2006 errichteten Anlagen liegt der Mittelwert mit knapp 7.000 €/kW_p etwas niedriger, was allerdings mit einem erhöhten Anteil nachgeführter Anlagen bei den Anlagen aus 2007 zu erklären ist. Auf den Ertrag bezogen lassen sich für Spanien aus insgesamt vier kristallinen Anlagen ertragsbezogene spezifische Investitionskosten für das Jahr 2007 in Höhe von 4,4 €/(kWh/a) ermitteln. Diese betragen für Deutschland für das Jahr 2007 rund 4,1 €/(kWh/a) für kristalline Anlagen. Daraus lässt sich schließen, dass in Spanien ein vergleichsweise hohes Preisniveau herrscht, das nicht allein durch einen erhöhten Anteil nachgeführter Anlagen zu erklären ist. Damit kann bestätigt werden, dass Photovoltaikanlagen in Spanien im Vergleich zu Anlagen in Deutschland teurer sind. Der Hauptgrund dafür liegt in der im Vergleich zu Deutschland höheren Vergütung für Solarstrom. Damit können in Spanien vergleichsweise hohe Modulpreise durchgesetzt werden.

Von 9 der 20 Anlagen liegen Zahlen zur Fläche des Solarparks vor. Die spezifische Fläche der Anlagen reicht dabei von 2,5 ha/MW_p (keine Nachführung) bis 7,3 ha/MW_p (zweiachsige Nachführung) mit einem Durchschnitt von 3,5 ha/MW_p. Freiflächenanlagen in Spanien benötigen somit tendenziell weniger Grundfläche, als Anlagen in Deutschland (rund 4 ha/MW_p). Dies ist damit zu erklären, dass die Modulreihen bzw. Nachführeinrichtungen in Spanien aufgrund der im Mittel höheren Elevation (Höhenwinkel der Sonne) enger angeordnet werden können.

Informationen zu den Zelltypen sind nur für wenige Anlagen verfügbar. Bei zwei Anlagen wurden polykristalline, bei drei Anlagen monokristalline und bei einer Anlage eine Mischung beider Zelltypen verbaut. Außerdem gibt es eine in 2007 errichtete Freiflächenanlage, in der CdTe-Dünnschichtzellen verwendet wurden. Die schwache Datenbasis lässt dennoch vermuten, dass in Spanien hauptsächlich Anlagen auf Basis von Silizium errichtet werden, die durch die vergleichsweise hohe Einspeisvergütung ermöglicht werden.

Die weitere Entwicklung des Gesamtmarktes in Spanien wird stark von der weiteren Ausgestaltung der Einspeisvergütung abhängen. Der dortige Verband der Photovoltaikindustrie

(ASIF) fordert ein System ähnlich dem deutschen ohne eine Deckelung der installierten Leistung. Für eine solche Vergütung könnte dann laut ASIF die im Jahr 2020 installierte Leistung 20 GW_p betragen³⁵. Damit ergibt sich ein Zubau von 19,6 GW_p bis 2020 und damit ein jährlicher Zubau von 0,4 GW_p in 2007 bis 3,7 GW_p im Jahr 2020.

In den Jahren 2004 bis 2006 wurden insgesamt rund 140 MW_p Photovoltaikleistung in Spanien installiert.³⁶ Nach eigenen Recherchen wurden im selben Zeitraum 41 MW_p Freiflächenanlagen oberhalb 250 kW_p errichtet, was einem Anteil von rund 30 % entspricht. Geht man davon aus, dass der Anteil der Freiflächenanlagen bei 30 % bestehen bleiben wird, ergibt sich für Spanien ein potenzieller Freiflächenmarkt von rund 5,9 GW_p bis 2020.

3.2.5 Exportsituation im Bereich Freiflächenanlagen aus der Sicht Deutschlands

Ausgehend von den Erfahrungen, die Projektentwickler mit der Planung von Anlagen in Deutschland gemacht haben, ist inzwischen die Mehrheit der großen Projektentwickler auch bei der Anlagenerrichtung im Ausland tätig.³⁷ Vor allem in Spanien mit seinem rasanten Marktwachstum, einer hervorragenden Sonneneinstrahlung und einem attraktiven Vergütungssystem sind die großen deutschen Projektentwickler vertreten. Viele haben dazu eigene spanische Tochtergesellschaften gegründet.

Die in 2007 von deutschen Projektierern im Ausland errichteten großen Freiflächenanlagen mit einer Leistung von 1 MW_p und größer wurden überwiegend in Spanien realisiert. Von den Anlagen, deren Fertigstellung noch für 2007 vorgesehen war, befinden sich bis auf eine Anlage ebenfalls alle in Spanien. Als Ausnahme ist eine Anlage in Griechenland zu nennen.³⁸ Die Leistung der Anlagen liegt meist im Bereich um 1 MW_p, wobei auch eine Anlage mit 6 MW_p (Darro, Epuron) sowie mit 20 MW_p (Beneixama, City Solar) realisiert wurde.

Für 2008 gibt es bereits umfangreiche Verträge zur Errichtung von Anlagen, wobei diese Anlagen wiederum mehrheitlich in Spanien errichtet werden sollen. Zusätzlich bestehen auch Verträge für größere Anlagen in Griechenland und Italien sowie Rahmenverträge für Anlagen in weiteren Ländern, wie z.B. Frankreich. Die Größe der Freiflächenanlagen und damit die Leistung nimmt kontinuierlich zu. So haben deutsche Projektierer für 2008 allein für Spanien Verträge über die Installation von 100 MW_p an zusätzlicher Leistung abgeschlossen³⁹. Davon sollen 44 MW_p in einer einzigen Anlage in Ayora installiert werden, während sich der Rest

35 Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF): El crecimiento propuesto permitiría disponer de 20.000 MW en 2020. Pressemitteilung vom 20.11.2007

36 Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF): Situación de la Energía Solar Fotovoltaica, 2007

37 Betrachtet wurden hier: Epuron, City Solar, Phönix, Juwi, Geosol, Gehrlicher, Solon, Solarworld, bzw. die jeweiligen Tochtergesellschaften

38 Alle Angaben basieren auf Unternehmensangaben

39 Stand: Ende 2007

auf mehrere Anlagen aufteilen wird. Die Angaben zum Planungsstand in diesen Ländern stellen den Status Ende 2007 dar. Mit vielen Projekten wird von den Planern und Projektierern erst in einem weit fortgeschrittenen Planungsstadium in die Öffentlichkeit gegangen. Es ist somit anzunehmen, dass mittlerweile Informationen zu weiteren Großprojekten veröffentlicht worden sind und dass gleichzeitig die Zahl der noch nicht öffentlich gemachten Planungen zunimmt.

Verglichen mit den Verhältnissen in Deutschland, vor allem in Hinsicht auf den bürokratischen Aufwand und die Dauer des Genehmigungsverfahrens, ist die Errichtung einer Freiflächenanlage in anderen Ländern meist mit einem höheren Aufwand und zusätzlichen Hindernissen verbunden. Es ist durchaus denkbar, dass Projekte wegen bürokratischer Hürden wieder verworfen werden und dass auch deshalb erst spät mit Großprojekten im Ausland an die Öffentlichkeit gegangen wird. Da Griechenland und vor allem Spanien vielversprechende Märkte für Freiflächenanlagen sind, wird im Folgenden ein kurzer Überblick zu den genehmigungsrechtlichen Hürden dargestellt.

Der Zeitbedarf, um in Deutschland die bauleitplanerische und baurechtliche Genehmigung einer Anlage zu bekommen und um die Netzeinspeisung zu klären, beträgt durchschnittlich 8 Monate. In Spanien kann dieses Genehmigungsverfahren zwischen 13 und 24 Monaten dauern, was im Extremfall dem dreifachen Zeitaufwand verglichen mit Deutschland entspricht. Dies hängt auch damit zusammen, dass in Spanien weitere Verwaltungsebenen an der Entscheidungsfindung beteiligt sind.⁴⁰ Deshalb sind häufig persönliche Verbindungen für eine zügige Bearbeitung des Antrags nötig, was für ausländische Anlagenentwickler die Beteiligung eines lokalen Partners nötig macht. Ein weiteres Problem ist die Netzanbindung der Anlagen. Das Netz in Spanien konzentriert sich vor allem um die großen Städte, während in den ländlichen Gegenden, in denen die meisten Anlagen errichtet werden, das Netz schlecht ausgebaut ist. Die Beantragung und Bewilligung eines Netzeinspeisepunkts ist eine langwierige Angelegenheit. Als Haupthindernis muss eine Vorrausleistung in Höhe von 500 €/kW_p erbracht werden. Diese wird jedoch bei erfolgreicher Genehmigung der Anlage und Bewilligung des Netzanschlusses zurückerstattet.⁴¹ Für eine 20 MW_p Anlage wie in Beneixama entspräche dies einer Summe von 10 Mio. Euro, das sind knapp 8 % der gesamten Investitionssumme.

Auch in Griechenland werden ausländische Investoren mit Problemen konfrontiert. Hier sind ebenfalls die langen und bürokratischen Genehmigungsverfahren zu nennen. Für die Errichtung einer Anlage mit einer Leistung größer als 150 kW_p müssen bis zu 7 Genehmigungen eingeholt und ein Einspeisevertrag abgeschlossen werden. Häufig sind nachgeordnete Behörden über die neuesten Bedingungen für die Genehmigung von Anlagen nicht informiert,

40 A.Frühling, Geosol, 3. Workshop „PV-Freiflächenanlagen der Zukunft - in Deutschland und im Ausland“, Juli 2007

so dass sich die Genehmigung dadurch zusätzlich verzögert.⁴² Außerdem besteht teilweise Unsicherheit über die Gewährung von Zuschüssen und die zukünftigen rechtlichen Vorgaben, vor allem in Bezug auf die Nutzung von Ackerland zur Aufstellung von Freiflächenanlagen.⁴³

41 Photon, 8/2007

42 Sonne Wind Wärme, 6/2007

43 Photon, 6/2007

4 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Nur für knapp die Hälfte aller erfassten Anlagen liegen Angaben zum Investitionsvolumen vor, so dass nachfolgende Auswertungen nicht den Anspruch der Vollständigkeit erheben können. Insgesamt beinhaltet die vorliegende Datenbank bei 116 von den 208 in Betrieb befindlichen Anlagen Einträge zu den Investitionskosten, davon für 96 feststehende Anlagen. Ebenso sind nicht für alle Anlagen die jährlichen bzw. spezifischen Erträge bekannt, sondern lediglich für 101 der 208 Anlagen. Daraus ergibt sich als Schnittmenge eine Datenbasis von 87 Anlagen zur Berechnung der ertragspezifischen Investitionskosten.

Die Entwicklung der spezifischen Investitionskosten wird in Abhängigkeit von der verwendeten Zelltechnologie dargestellt (Abb. 4-1), nachgeführte Anlagen werden hier nicht berücksichtigt. Für die kristallinen feststehenden Anlagen lässt sich festhalten, dass die spezifischen Investitionskosten im Zeitraum von 2002 bis 2007 relativ kontinuierlich um insgesamt knapp 14 % gesunken sind. Die spezifischen Investitionskosten für Anlagen mit Dünnschichtmodulen haben sich demgegenüber zwischen 2002 und 2005 praktisch kaum verändert (vgl. Abb. 4-1), sind dann aber bis 2007 um jährlich 6 bzw. 8 % bzw. insgesamt rund 14 % zurückgegangen. Vor allem die bereits in Betrieb gegangenen Bauabschnitte der Anlage Waldpolenz mit spezifischen Kosten von 3.250 €/MW_p tragen dazu bei, dass die mittleren Kosten für Dünnschichtanlagen 2007 auf rund 3.500 €/MW_p gesunken sind.

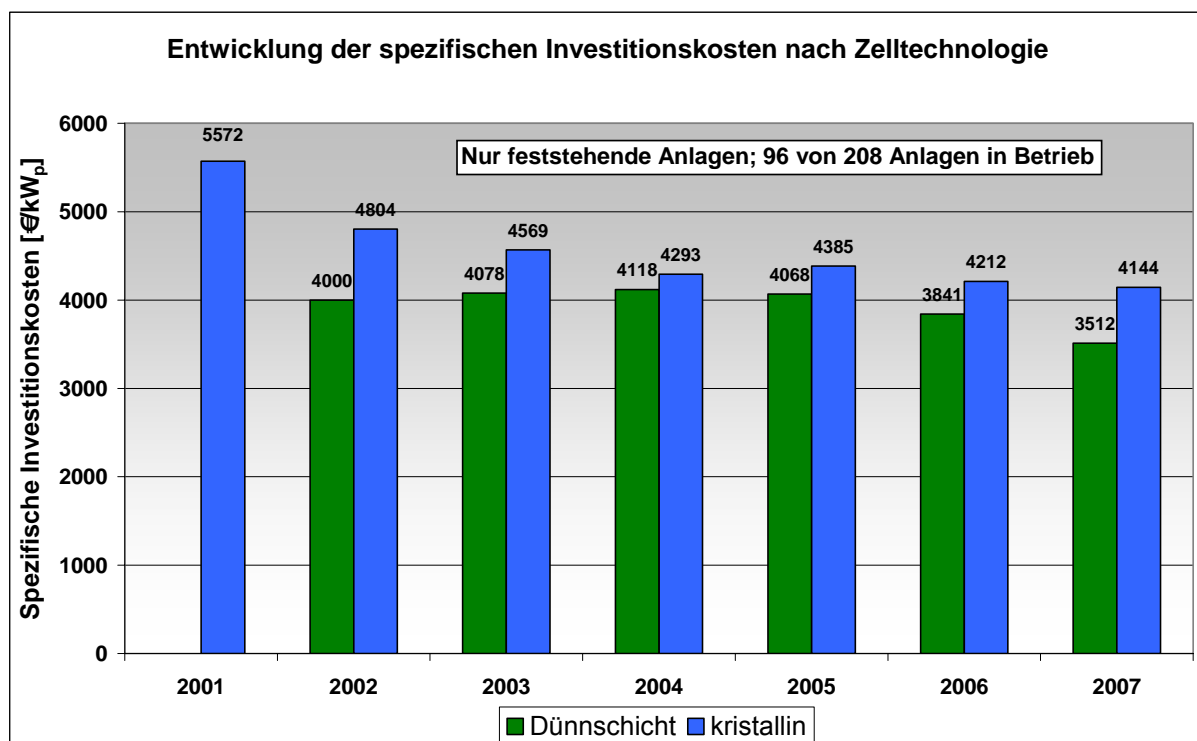


Abb. 4-1: Spezifische Investitionskosten in Abhängigkeit von der Zelltechnologie

Eine differenzierte Betrachtung der spezifischen Kosten unter Einbeziehung der Nachführung gibt Tab. 4-1. Die spezifischen Kosten für feststehende Anlagen mit kristallinen Modulen sind von 2004 auf 2005 um rund 2,5 % gestiegen, um im Folgejahr um rund 5 % unter den Wert des Jahres 2004 zu sinken, wie bereits im vorangegangenen Bericht dargestellt wurden. Für das Jahr 2007 war weiterhin eine Kostensenkung von rund 2 % gegenüber 2006 zu verzeichnen.

Tab. 4-1: Spezifische Investitionskosten bezogen auf die Nennleistung⁴⁴

Spez. Investitionskosten [€/W _p]	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dünnschicht ohne Nachführung		4,00*	4,08*	4,12	4,07	3,84	3,51
Dünnschicht mit 1-achsiger Nachführung						4,72	
Kristallin ohne Nachführung	5,57	4,80	4,57	4,29	4,38	4,21	4,14
Kristallin 1-achsige Nachführung				4,90	4,44*	4,61	
Kristallin 2-achsige Nachführung		7,72*		6,60*	5,72*	5,95	
Gesamt	5,57	4,82	4,53	4,47	4,45	4,63	3,77

Eine Kostensteigerung ist weiterhin bei den nachgeführten Anlagen mit kristallinen Modulen im Jahr 2006 zu erkennen. Da zum Zeitpunkt der Berichtserstellung keine Kostendaten zu den kristallinen Anlagen mit Nachführung für das Jahr 2007 vorliegen, kann keine Aussage gemacht werden, ob sich die spezifischen Preise für diesen Anlagentyp wieder gesenkt haben.

Tab. 4-2 stellt nochmals die leistungsbezogenen Kosten von feststehenden Anlagen unterschiedlicher Modultechnologie gegenüber und belegt dabei den relativen Kostenvorteil von Anlagen mit Dünnschichtmodulen.

Tab. 4-2: Spezifische Kosten bezogen auf die Nennleistung, Vergleich Dünnschicht und Kristallin, jeweils feststehend⁴⁵

Spez. Investitionskosten [€/W _p]	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dünnschicht		4,00*	4,08*	4,12	4,07	3,84	3,51
Kristallin	5,57	4,80	4,57	4,29	4,38	4,21	4,14
Unterschied bez. auf Kristallin		-16,7%	-10,7%	-4,0%	-7,1%	-8,8%	-15,2%

⁴⁴ Die mit einem * gekennzeichneten Werte basieren auf weniger als drei installierten Anlagen.

⁴⁵ Die mit einem * gekennzeichneten Werte basieren auf weniger als drei installierten Anlagen.

Während in den Jahren 2001 bis 2004 Kostensenkungen bei den Anlagen mit kristallinen Modulen realisiert werden konnten, blieben die leistungsbezogenen Kosten für Anlagen mit Dünnschichtmodulen praktisch auf demselben Niveau. In diesem Zeitraum hat sich somit der Kostenvorteil von Dünnschichtanlagen von knapp 17 % auf 4 % reduziert. Seit 2005 sind die Kostensenkungen für Anlagen mit kristallinen Modulen wesentlich geringer als in den Jahren zuvor. Dagegen konnten bei den Dünnschichtanlagen deutlichere Kostensenkungen realisiert werden. Dies führt dazu, dass sich der Kostenvorteil von Dünnschichtanlagen wieder stark erhöht und für das Jahr 2007 rund 15 % beträgt.

Bezogen auf die ertragsunabhängigen Kosten lässt sich somit folgendes schließen: Bedingt durch den hohen Anteil an Dünnschichtanlagen, der leistungsbezogen für die 2007 zugebauten Anlagen rund 62 % beträgt, ergibt sich über alle Modultypen und alle Befestigungsarten (feststehend/nachgeführt) hinweg eine Kostensenkung von rund 19 %. Aus Sicht der leistungsbezogenen Kosten wird die Degression der Einspeisevergütung vorrangig durch den Einsatz von Dünnschichtmodulen aufgefangen. Wurden in den Jahren 2001 bis 2004 hauptsächlich im Bereich der Anlagen mit kristallinen Modulen Kostensenkungspotenziale umgesetzt, war dies seit 2005 praktisch nur noch im Bereich der Dünnschichtanlagen zu beobachten. Um der Degression der Einspeisevergütung zu folgen, wird somit auf der Kostenseite mit dem mittlerweile vorherrschenden Einsatz von Dünnschichtmodulen reagiert.

Wie bereits im letzten Bericht dargestellt, kann die Degression der Einspeisevergütung nicht allein auf der Kostenseite aufgefangen werden. Um der Degression folgen zu können, ist die Optimierung des Anlagenertrags ausschlaggebend. Dies erfolgt in den meisten Fällen durch eine optimale Anpassung der Wechselrichter sowie der Wahl strahlungsoptimierter Standorte. Grundsätzlich sind die vorliegenden Daten zu den Anlagenerträgen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, die aus der unterschiedlichen Qualität der Ertragsprognosen resultiert. Liegen keine Messdaten zum Jahresertrag vor, wie dies für den Großteil der seit Anfang 2007 zugebauten Anlagen der Fall ist, wird mit dem jeweils angegebenen kaufmännischen Ertrag gerechnet. Dieser stellt eine wissenschaftliche Ertragsprognose dar, von der je nach Anbieter Sicherheitsabschläge abgezogen sind. Diese werden von den Anbietern teilweise unterschiedlich angesetzt, zudem sind die wissenschaftlichen Ertragsprognosen von unterschiedlicher Qualität. Trotzdem lassen sich an den vorliegenden Daten interessante Tendenzen ablesen.

Tab. 4-3 zeigt die ertragsbezogenen spezifischen Investitionskosten der einzelnen Anlagentechnologien. Zu den Erträgen der 2007 errichteten nachgeführten Anlagen liegen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung keine Daten vor. Auffallend ist bei den einachsig nachgeführten Anlagen mit kristallinen Modulen, dass die ertragsbezogenen Kosten in allen Jahren unter denen der feststehenden Anlagen desselben Modultyps liegen. Der Mehrertrag aus der Nachführung dieser Anlagen kann somit die Mehrkosten der Nachführung völlig kompensieren. Genau entgegengesetzt verhält es sich bei den zweiachsig nachgeführten Anlagen: Hier

kann der Mehrertrag die Mehrkosten der Nachführung nicht vollständig kompensieren. Die einachsig nachgeführten Anlagen weisen demnach gegenüber den zweiachsigen Anlagen entsprechende Vorteile auf.

Tab. 4-3: Ertragsbezogene spezifische Investitionskosten⁴⁶

Ertragsbezogene Investitionskosten [€/kWh/a]	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Dünnschicht ohne Nachführung		4,71*		4,19	4,66	4,00	3,55
Dünnschicht mit Nachführung							
Kristallin ohne Nachführung	5,65*	5,01	4,53	4,54	4,47	4,22	4,07
Kristallin 1-achsige Nachführung				4,51*	4,22*	3,97	
Kristallin 2-achsige Nachführung				4,90	4,68*	4,65	
Gesamt	5,65*	5,00	4,53	4,51	4,52	4,34	3,76

Für die nicht nachgeführten Anlagen liegt eine solide Datenbasis für Anlagen vor, die ab 2004 errichtet wurden. Seit 2004 fordert die Degression der Einspeisevergütung eine Kostensenkung von 16,9 % ($1 - 0,95 \cdot 0,935 \cdot 0,935$). Bei den feststehenden Anlagen mit kristallinen Modulen war im selben Zeitraum eine Senkung der ertragsbezogenen spezifischen Kosten um 10,4 % zu beobachten, womit rund 62 % der Degression seit 2004 aufgefangen werden.

Bei den feststehenden Dünnschichtanlagen konnten die ertragsbezogenen spezifischen Investitionskosten von 2004 auf 2007 um rund 15,3 % gesenkt werden. Damit können rund 90 % der geforderten Kostensenkung von 16,9 % realisiert werden.

Für den gesamten Anlagenbestand konnte von 2005 auf 2006 die geforderte Degression von 6,5 % über eine Senkung der ertragsspezifischen Kosten um im Mittel rund 4 % lediglich teilkompensiert werden. Dagegen wurde im Jahr 2007 durch eine Senkung der ertragsspezifischen Kosten von rund 13 % die Degression um das Doppelte überkompensiert.

⁴⁶ Die mit einem * gekennzeichneten Werte basieren auf weniger als drei installierten Anlagen.

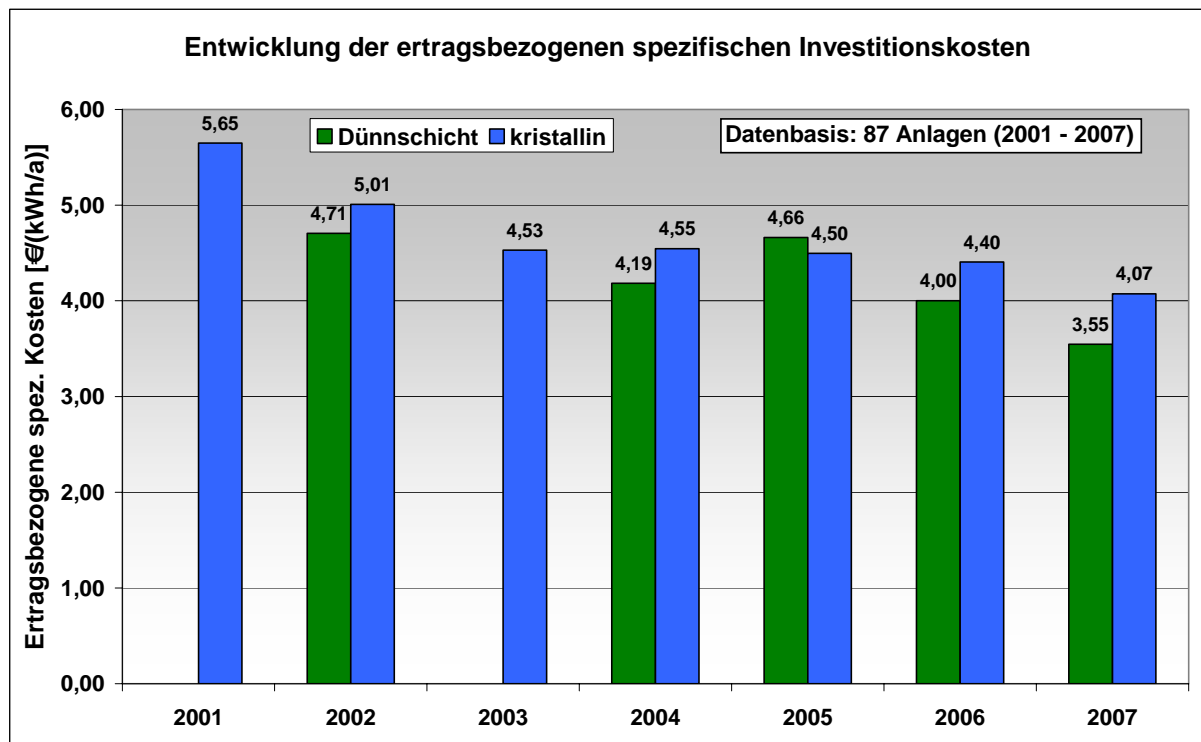


Abb. 4-2: Entwicklung der ertragsbezogenen spezifischen Investitionskosten für die verschiedenen Zelltechnologien

Im Fazit werden abschließend die ertragsbezogenen spezifischen Kosten zusammengefasst, und zwar unabhängig von der Nachführvariante für die beiden Modultechnologien Dünnschicht und kristallin (Abb. 4-2). Anlagen mit Dünnschichtmodulen weisen 2007 im Vergleich zu 2004 um rund 15,3 % geringere leistungsbezogene Kosten auf und decken damit zu über 90 % die vom EEG geforderte Kostensenkung. Dagegen beträgt die Senkung der ertragsbezogenen spezifischen Kosten für Anlagen mit kristallinen Modulen lediglich 10,5 % im Zeitraum seit 2004. Damit können im Vergleich zu den Dünnschichtanlagen lediglich 62 % der Degression abgefangen werden.