

**Konrad Westphal**

Innovationsnetzwerke der deutschen  
Umwelttechnik am besonderen Beispiel  
der Solarenergieindustrie

Diplomarbeit

# BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei [www.GRIN.com](http://www.GRIN.com) hochladen  
und kostenlos publizieren



## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

## **Impressum:**

Copyright © 2010 GRIN Verlag  
ISBN: 9783640655168

## **Dieses Buch bei GRIN:**

<https://www.grin.com/document/152949>

**Konrad Westphal**

**Innovationsnetzwerke der deutschen Umwelttechnik  
am besonderen Beispiel der Solarenergieindustrie**

## **GRIN - Your knowledge has value**

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite [www.grin.com](http://www.grin.com) ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

### **Besuchen Sie uns im Internet:**

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

[http://www.twitter.com/grin\\_com](http://www.twitter.com/grin_com)

# UNIVERSITÄT HOHENHEIM

Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften

Institut für Volkswirtschaftslehre



Freie wissenschaftliche Arbeit  
zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ökonom

## **Innovationsnetzwerke der deutschen Umwelttechnik – am besonderen Beispiel der Solarenergieindustrie**

eingereicht am Lehrstuhl für Wirtschaftstheorie (520h)

Stuttgart-Hohenheim, 31. März 2010

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivation.....	1
1.2 Abgrenzung und Problemstellung.....	2
1.3 Vorgehensweise und Ziele.....	4
<b>2 Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>6</b>
2.1 Klassische innovationstheoretische Ansätze .....	6
2.2 Innovationssysteme.....	7
2.2.1 Nationale Innovationssysteme.....	10
2.2.2 Regionale Innovationssysteme .....	11
2.2.3 Technologische und Sektorale Innovationssysteme .....	13
2.3 Innovationsnetzwerke.....	15
2.3.1 Flexibilität und Stabilität von Netzwerken .....	18
2.3.2 Verschiedene Netzwerktypologien .....	19
<b>3 Technologie- und Marktübersicht Solarenergie</b> .....	<b>21</b>
3.1 Photovoltaik.....	25
3.1.1 Weltweite Bedeutung der Photovoltaikanwendungen .....	25
3.1.2 Marktübersicht Deutschland.....	26
3.2 Niedertemperatur Solarthermie .....	30
3.2.1 Bedeutung von Niedertemperatur – Solarthermie Anwendungen .....	30
3.2.2 Marktteilnehmer.....	32
3.3 Solarthermische Kraftwerke .....	33
<b>4 Allgemeine Innovationstätigkeit in der Solarstrombranche</b> .....	<b>37</b>
4.1 Innovationstätigkeit anhand von Patentdaten.....	37
4.1.1 Klassifizierungen für die Patentanalyse.....	37
4.1.2 Dynamik der Patentaktivität.....	38
4.1.3 Internationale Patentanmeldungen der Photovoltaikbranche.....	40
4.1.4 Vergleich zu anderen Energiegewinnungstechnologien.....	43

<b>5</b>	<b>Innovationssystem der deutschen Photovoltaik.....</b>	<b>44</b>
5.1	Hersteller und Zulieferer der Photovoltaikindustrie .....	46
5.1.1	Struktur der PV - Unternehmen .....	51
5.1.2	Überproduktionsproblematik.....	53
5.1.3	Innovationskultur der Photovoltaikunternehmen.....	54
5.1.3.1	Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen Photovoltaik .....	54
5.1.3.2	Forschungs- und Entwicklungspersonal Photovoltaik .....	57
5.1.3.3	Regionale Innovationstätigkeit der Photovoltaik – am Beispiel „Solarvalley Mitteldeutschland“ .....	57
5.1.4	Preisreduktion von Photovoltaikanlagen.....	60
5.1.5	Preissetzung durch Photovoltaikhersteller.....	62
5.2	Kunden und Absatzmärkte der Photovoltaikbranche.....	63
5.2.1	Dezentralisierte Photovoltaikanlagen.....	63
5.2.2	Zentralisierte Photovoltaikanlagensysteme.....	64
5.2.3	Großflächige Anlagen im Agrarbereich .....	65
5.2.4	Bürgersolaranlagen .....	66
5.2.5	Exporte der deutschen Photovoltaikbranche.....	66
5.3	Politische Einflüsse.....	68
5.3.1	Einflüsse durch die Europäische Union .....	70
5.3.2	Nachfrageseitige Förderung .....	71
5.3.3	Direkte Förderung von Innovationstätigkeit .....	75
5.3.4	Die Beschäftigungswirkungen der Förderpolitik .....	77
5.4	Rolle der Bildungs- und Forschungseinrichtungen .....	81
5.5	Rolle des Kapitalmarktes.....	83
5.6	Dynamik des Innovationssystems der Photovoltaik.....	86
5.6.1	Pionierphase.....	86
5.6.2	Phase der industriellen Stagnation .....	87
5.6.3	Phase des industriellen Wachstums .....	88
5.6.4	Phase der Internationalisierung .....	89
<b>6</b>	<b>Ausblick und Fazit.....</b>	<b>91</b>
6.1	Exportabhängigkeit .....	91
6.2	Attraktivität des Standortes Deutschland .....	93
6.3	Fazit.....	95
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>97</b>
	Literaturverzeichnis.....	97
	Geschäftsberichte von Unternehmen .....	108
	Verzeichnis der Gesetzestexte.....	109

<b>A</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>110</b>
A.1	Übersicht Erneuerbare Energien.....	111
A.2	Weltweit installierte Photovoltaikleistung.....	113
A.3	Installierte Leistung in Deutschland.....	113
A.4	Flächendeckende Jahressumme der Globalstrahlung für 2008 (BRD)....	114
A.5	Korrelation Patentanmeldungen BRD und Japan mit dem Ölpreis .....	115
A.6	Patentanmeldungen von 2007 bis 2009 der Photovoltaikindustrie nach Ländern .....	116
A.7	Die 10 größten Solarmodulhersteller in Europa nach Umsatz 2008 .....	118
A.8	Deutsche Industriestandorte (Zulieferer, Hersteller, Großhandel).....	119
A.9	Vergleich F&E-Quoten nach Wirtschaftszweigen.....	123
A.10	Preiserfahrungskurve der Photovoltaikindustrie seit 1976 .....	123
A.11	Exporte und Importe der deutschen PV-Branche.....	124
A.12	Technology Roadmap Photovoltaik – SET-Plan – European Industrial Initiative on Solar Energy .....	125
A.13	Zeittafel deutsche Photovoltaikindustrie.....	126
A.14	Gesprächsverzeichnis .....	127
A.14.1	Gespräch Nr. 1: Herr Frank Törmer (Törmer Consulting & Development) .....	128
A.14.2	Gespräch Nr. 2: Frau Yvonne Schrebler (Q-Cells SE) .....	128
A.14.3	Gespräch Nr. 3: Frau Marianne Haug (Universität Hohenheim).....	129
A.14.4	Gespräch Nr. 4: Herr Dr. Bernhard Dimmler (Würth Solar GmbH&Co.KG).....	130
A.14.5	Gespräch Nr. 5: Herr Philipp Butscher (Ventegis Capital AG) .....	133
A.14.6	Gespräch Nr. 6: Frau Dr. Maria Flachsbarth (BMU, MdB).....	135

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland .....	2
Abbildung 2: Anteil erneuerbarer Energien am inländischen Bruttoenergieverbrauch.....	21
Abbildung 3: Levelized Costs of Energy .....	23
Abbildung 4: Funktionsweise Solarzelle.....	25
Abbildung 5: Weltweit Installierte Photovoltaikleistung .....	26
Abbildung 6: Stromeinspeisung aus Photovoltaik in Deutschland .....	28
Abbildung 7: Installierte PV-Leistung Deutschland in MW .....	29
Abbildung 8: Installierte PV-Leistung in Deutschland in MW/Einwohner.....	29
Abbildung 9: Installierte Leistung Solarthermie Anwendungen .....	30
Abbildung 10: Funktionsprinzip CSP-Anwendungen. ....	35
Abbildung 11: Historie Patentanmeldungen Photovoltaik .....	38
Abbildung 12: Korrelation Patentanmeldungen USA und Ölpreis .....	39
Abbildung 13: Innovationssystem der deutschen PV-Branche .....	45
Abbildung 14: Wertschöpfungskette der Photovoltaikbranche.....	46
Abbildung 15: Photovoltaikmodulherstellung von 2004 bis 2008.....	48
Abbildung 16: Produktionsstätten der Photovoltaik in Deutschland .....	50
Abbildung 17: Vergleich Produktion und Installation (weltweit).....	53
Abbildung 18: F&E-Aufwendungen und F&E-Anteil am Umsatz .....	56
Abbildung 19: Modulpreisentwicklung seit 2006 .....	60
Abbildung 20: Modulpreisentwicklung 2002 bis 2006.....	61
Abbildung 21: Entwicklung der Exportumsätze .....	67
Abbildung 22: Öffentliche RD&D Aufwendungen für Photovoltaik .....	76
Abbildung 23: Nettoinvestitionen der PV-Industrie .....	77
Abbildung 24: Beschäftigte in der deutschen Photovoltaik.....	78
Abbildung 25: Standortfaktoren Deutschland .....	93

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Patentanmeldungen im Photovoltaikbereich nach Ländern.....	41
Tabelle 2: Patentanmeldungen je Mio. Einwohner .....	41
Tabelle 3: Patentanmeldungen pro hergestellter PV-Leistung .....	42
Tabelle 4: Top 20 Photovoltaikunternehmen.....	47
Tabelle 5: Photovoltaikmodulproduktion nach Ländern.....	48
Tabelle 6: F&E-Aufwendungen ausgewählter Unternehmen. ....	55
Tabelle 7: Mitarbeiter in F&E ausgewählter Unternehmen (Stand 2008).....	57
Tabelle 8: Beispielregionen Photovoltaik Deutschland .....	58
Tabelle 9: Politische Einflussnahme nach Ebenen .....	69
Tabelle 10: Vergütungen für Solarstrom.....	73
Tabelle 11: Räumliche Konzentration der Forschungseinrichtungen und Hochschulen .....	82

---

## Abkürzungsverzeichnis

BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BMWT	Bundesministerium für Wissenschaft und Technologie (heute BMWi)
BOS	Balance of System
BSW	Bundesverband Solarwirtschaft
CAGR	Compound Annual Growth Rate; zu deutsch: durchschnittliche jährliche Wachstumsrate
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CSP	concentrating solar power; zu Deutsch: Solarthermische Kraftwerke
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DPMA	Deutsches Patent- und Markenamt
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)
EEX	European Energy Exchange
EPA	Europäisches Patentamt
EPIA	European Photovoltaic Industry Association
EREC	European Renewable Energy Council
ESTELA	European Solar Thermal Electricity Association
ESTIF	European Solar Thermal Industry Federation
EU	Europäische Union
EU27	Europäische Union Anm.: Es werden alle Staaten, die seit dem 01.01.2007 zur EU zugehören einbezogen.
EVU	Energieversorgungsunternehmen
F&E	Forschung und Entwicklung
FEW	Freiberger Elektronikwerkstoffe
FhG-ISE	(Fraunhofer-) Institut für Solare Energiesysteme
FP6	6. EU-Forschungsrahmenprogramm
FP7	7. EU-Forschungsrahmenprogramm
HZB	Helmholtz-Zentrum Berlin
IEA	International Energy Agency
IEA-PVPS	International Energy Agency - Photovoltaik Power Systems Programme
IPC	International Patent Classification
ISC	International Solar Energy Research Center Konstanz
ISFH	Institut für Solare Energieforschung Hameln

KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (heute KfW Bankengruppe)
KKP	Kaufkraftparitäten
LCOE	Levelized Costs of Energy
MdB	Mitglied des Bundestages
MENA	Middle East and North Africa
NIS	Nationale Innovationssysteme
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PI-Berlin	Photovoltaik-Institut-Berlin
PSA	Plataforma Solar de Almería; Anm.: Bezeichnung für Solarenergieanlage in der südspanischen Wüste de Tabernas
PV	Photovoltaik
R&D	Research and Development
RD&D	Research, Development and Demonstration
RIS	Regionale Innovationssysteme
RoW	Rest of the World
RWI	Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
SIS	Sektorale Innovationssysteme
SRA	Strategic Research Agenda
TIS	Technologische Innovationssysteme
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
VC	Venture Capital
WIPO	World Intellectual Property Organization
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg

**Physikalische Einheiten:**

GW	Gigawatt (1.000.000.000 Watt) - physikalische Einheit für Leistung
kW	Kilowatt (1.000 Watt) - physikalische Einheit für Leistung
MW	Megawatt (1.000.000 Watt) - physikalische Einheit für Leistung
$W_p$	Watt Peak: Maßeinheit der maximal möglichen Leistung der Photovoltaik-Module, unter Standardtestbedingungen gemessen - gilt für $kW_p$ , $MW_p$ , $GW_p$
$W_{th}$	thermische Watt, d.h. angegeben ist die thermische Leistung - gilt für $kW_{th}$ , $MW_{th}$ , $GW_{th}$
kWh	Wattstunde - physikalische Einheit für Arbeit

**Sonstige Abkürzungen:**

- Länderabkürzungen nach ISO 3166
- Abkürzungen der Internationalen Patentklassen (IPC) nach WIPO

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Das weit umfassende Thema der Erneuerbaren Energien (EE) ist in aller Munde. Auf der einen Seite wird die Diskussion um dieses Thema durch eine aggressive Medienberichterstattung und damit verbundene Polarisierung angepeitscht, auf der anderen Seite wird in diesem Industriezweig auch von politischer Seite eine mögliche Chance für die zukünftige deutsche Industrielandschaft gesehen. Gerade in Zeiten in denen die klassischen Vorzeigeschlüsseltechnologien wie die Automobilindustrie und der Maschinenbau durch Krisen geschwächt sind, liegt die Hoffnung auf neuen Bereichen.

Für den Erfolg oder Misserfolg der Wettbewerbsfähigkeit einer Branche spielt die Innovationstätigkeit eine entscheidende Rolle. In den vergangenen Jahren wurde die deutsche Solarbranche aus sehr vielen Richtungen hoch gelobt. Es soll in dieser Arbeit kritisch hinterfragt werden, ob dieses Lob und die Hoffnungen in dem Bereich Solarenergie berechtigt sind.

Die Verknüpfung von Umwelt- und Wirtschaftsaspekten haben im Bereich der Erneuerbaren Energien in den vergangenen Jahren neue Dimensionen erreicht. Erneuerbare Energien oder Umwelttechnologien werden nicht mehr nur noch als Modeerscheinung angesehen. Viele Unternehmen, besonders aus dem mittelständischen Bereich sehen in den Umwelttechnologien, zu denen neben den Erneuerbaren Energien auch Bereiche der Rohstoff- und Materialeffizienz, Kreislaufwirtschaft, nachhaltige Wasserwirtschaft und nachhaltige Mobilität zählen, als eine neue Möglichkeit im stetigen Wettbewerb zu bestehen.<sup>1</sup>

Die Herausforderung des 21. Jahrhundert liegt aber auch darin, die Umwelt durch einen nachhaltigen Einsatz von natürlichen Ressourcen zu schonen. Dies ist im Zusammenhang mit Erneuerbaren Energien stark mit der Reduzierung des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) verbunden. Im vergangenen Jahrhundert hat die Treibhausgasemission durch den im Zusammenhang stehenden steigenden Energiebedarf kontinuierlich zugenommen. Rund 25 Prozent der Treibhausgasemissionen werden durch die Gewinnung und Umwandlung von elektrischer Energie verursacht.<sup>2</sup>

---

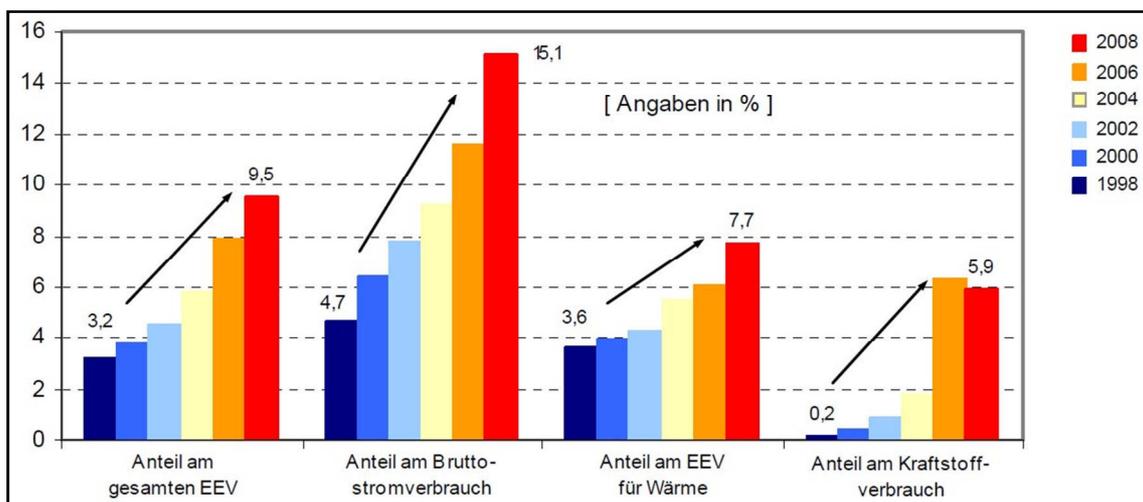
<sup>1</sup> Vgl. BMU (2009a), S. 2 und S.10 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Stern (2008), S. 7 ff.

Eine Maßnahme, dem Treibhauseffekt gegenzusteuern ist, neben der Senkung des Energiebedarfes durch passive Möglichkeiten, der globale Ausbau von regenerativen Energien. Das europäische Ziel ist es den derzeitigen Anteil von erneuerbaren Energien von rund 8 Prozent<sup>3</sup> in den kommenden Jahren auf 20 Prozent zu steigern.<sup>4</sup>

Wie Abbildung 1 zu entnehmen ist, wurde der deutsche Gesamtenergieverbrauch (Strom, Wärme, Kraftstoff) im Jahr 2008 zu 9,5 Prozent aus regenerativen Energien gedeckt (Strom 15,1 Prozent).

**Abbildung 1: Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland**



Quelle: BMU (2009b), S. 8.

Die folgende Arbeit beschäftigt sich mit der Solarenergiebranche. Welche derzeit in Deutschland mit rund 0,2 Prozent<sup>5</sup> zum Gesamtenergiebedarf beiträgt.

## 1.2 Abgrenzung und Problemstellung

Das weite Feld der Solarindustrie umfasst drei verschiedene Bereiche. Zum Ersten die Niedertemperatur Solarthermie, zweitens die Photovoltaik (PV) und zum Dritten den Bereich der Concentrated Solar Power (CSP), auch als Hochtemperatursolarthermie bezeichnet. Die Gemeinsamkeit der drei Bereiche ist, dass die Sonnenenergie aufgefangen, umgewandelt und für den Menschen nutzbar gemacht wird. Ansonsten handelt es sich um drei sehr unterschiedliche Technologien mit ebenso unterschiedlichen Anwendungsbereichen, was dazu führt, dass eine gemeinsame

<sup>3</sup> Vgl. [iea.org](http://iea.org) Statistics – renewables (2010).

<sup>4</sup> Vgl. Europäische Kommission (2006), S. 5 ff.

<sup>5</sup> Vgl. Eurostat.

Betrachtung der Innovationstätigkeit nicht möglich ist. In Kapitel 3 ab Seite 21 werden die drei Bereiche und deren jeweilige Bedeutung in einer kurzen Übersicht dargestellt.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird das Segment der Photovoltaik und deren Innovationssystem genauer beleuchtet. An einigen Punkten, an denen es passend erscheint, werden kurze Vergleiche zu der Solarthermie und zu der Concentrated Solar Power vorgenommen.

Als theoretische Grundlage dienen die theoretischen Ansätze der Innovationssysteme und die damit in engem Zusammenhang stehenden Innovationen in Netzwerken. Es ist das Ziel die theoretischen Ansätze speziell auf die deutsche Photovoltaikindustrie abzubilden. Im Mittelpunkt dabei steht die Innovationstätigkeit der Photovoltaik herstellenden Unternehmen als die entscheidenden Akteure im Innovationssystem. Weiterhin soll besonders dargestellt werden von welchen Seiten Einfluss auf die Innovationstätigkeit der Industrie und auf die anderen Akteure genommen wird. Im Verlauf der Arbeit wird ersichtlich, dass der Einfluss auf die Branche von politischer Seite, in Form von verschiedenen Fördermechanismen, besonders groß ist. Der politische Einfluss auf die Technologien der Erneuerbaren Energien ist so groß, da die Bereiche der Erneuerbaren Energien durch vier verschiedene Marktversagen geprägt sind. Diese sind:

- Der Beitrag der regenerativen Energien zur Minderung des Ausstoßes des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) – die CO<sub>2</sub> Minderung wird als öffentliches Gut gesehen.
- Die Versorgungssicherheit mit Energie muss gegeben sein.
- Die Energiemärkte, hier insbesondere die Strommärkte sind geprägt durch große und mächtige Energieversorgungsunternehmen (EVU), wodurch ein geringer Wettbewerb auf diesen Märkten herrscht.
- Der letzte aber sehr entscheidende Punkt ist die Forschungs- und Entwicklungsexternalität. Aufgrund der Marktstrukturen auf den Energiemärkten kommt es zu geringen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in diesem Bereich, was zu einem „lock-in Effekt“ des Wissens im Energiebereich führt.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Vgl: Interview Haug (2010).