

Malte Ackermann, Thomas Brenner, Steffi Lorenz, Michael Stephan

***Die Entwicklung der technologischen
Wissensbasis in technologiegetriebenen
Industrien am Beispiel der deutschen
Solarbranche***

– Eine empirische Analyse der Akteure und ihrer Herkunft –

*Discussion Paper 11-05
Marburg, Dezember 2011
ISSN 1864-2039*

Abstract

Die Entstehung von Technologien und Industrien ist ein vielschichtiger und komplexer Prozess. Lebenszykluskonzepte, welche dem evolutorischen Grundgedanken entlehnt sind, versuchen Phasen und Muster der zeitlichen Entwicklung von Objekten nachzuzeichnen. Im vorliegenden Diskussionspapier soll die Entfaltung der Solartechnologie und der deutschen Solarbranche analysiert werden. Die Branche gilt als einer der dynamischsten und wissensintensivsten der Deutschen Industrie, zugleich aber auch als eine der subventionsabhängigsten.

Das Ziel des vorliegenden Beitrags liegt in der Identifikation, Beschreibung und Klassifizierung derjenigen Akteure, die in verschiedenen Phasen der Diffusion der solarindustriespezifischen Schlüsseltechnologie eine relevante Rolle spielen. Es zeigt sich, dass der Eintritt in die Solar-Schlüsseltechnologiefelder bevorzugt durch die technologische Diversifikation von Unternehmen erfolgt. Eine zunehmende Bedeutung einzelner Akteursgruppen im Verlauf des Industrie- und Technologielebenszyklus konnte nicht nachgewiesen werden. Die Anzahl der akteursgruppenbezogenen Markteintritte blieb über den Betrachtungszeitraum hinweg relativ konstant, Dies deutet einerseits daraufhin, dass sich diese Branche immer noch in der Wachstumsphase befindet, andererseits führen die angebots- sowie nachfrageseitigen Subventionen zu erheblichen Verzerrungen in der Branche.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde die These formuliert, dass die Scheiterungswahrscheinlichkeit von Neugründungen in den frühen Phasen des Lebenszyklus aufgrund der intensiven, öffentlichen Förderung tendenziell geringer ist. Diese Annahme konnte bestätigt werden. Bemerkenswert ist in diesem Kontext, dass im Falle des Scheiterns gerade diejenigen Unternehmen die höchste Überlebensdauer aufweisen, die in vergleichsweise frühen Jahren des Industrielbenszyklus gegründet wurden. Es kommt vermeintlich zu einer Art „verspäteten“ Insolvenz. Ob sich diese Tatsache, ausschließlich auf die intensive, öffentliche Förderung zurückführen lässt, konnte jedoch noch nicht abschließend geklärt werden.

Schlüsselwörter:

Industrielbenszyklus, Technologielebenszyklus, Solartechnologie

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen.....	1
2.1	Technologielebenszyklus.....	2
2.2	Übersicht über die Solarbranche	4
2.3	Industrielebenszyklus.....	7
2.4	Ableitung der Hypothesen.....	9
3	Methodisches Vorgehen	10
3.1	Identifikation der relevanten Unternehmen	10
3.2	Arten und Herkunft der Unternehmen.....	12
3.2.1	Newcomer	12
3.2.2	Diversifizierer.....	13
3.2.3	Entwicklungsszenarien.....	14
4	Ergebnisse	15
4.1	Grundlegende Ergebnisse	15
4.2	Herkunft der Akteure.....	16
4.3	Erfolg der Unternehmen.....	19
5	Diskussion der Ergebnisse.....	22
6	Ausblick.....	24
	Literaturverzeichnis	26
	Anhang.....	I

1 Einleitung

Neue Technologien sind eine wesentliche technologischen Fortschritts und wirtschaftlicher Entwicklung. Die Frage, welche Arten von Akteure neue Technologien vorantreiben und welche Charakteristika die verschiedenen Akteursgruppen besitzen, sind wichtige ökonomische Fragestellungen mit gleichzeitig hoher politischer Relevanz. Vorangegangene Untersuchungen im Kontext dieser Fragestellungen beschränken sich bisher im Wesentlichen auf Fallstudien, meist von einzelnen Unternehmen oder Regionen.¹

In diesem Papier wird für eine bestimmte Technologie die Herkunft aller patentaktiven Akteure in Deutschland untersucht. Damit soll analysiert werden, welche Akteurstypen eine Technologie vorantreiben und wie sich die Zusammensetzung dieser Akteurspopulation über den Zeitverlauf hinweg ändert. Den industriellen Rahmen der Untersuchung bildet die Solartechnologie. Die relevanten Akteure werden anhand von Patentdaten identifiziert. Insgesamt ergibt sich eine Akteursgruppe von 138 Unternehmen, welche die im weiteren Verlauf der Arbeit genau definierten Kriterien erfüllen. Zur Einordnung dieser 138 Unternehmen zu verschiedenen Gruppen werden zahlreiche Eigenschaften bestimmt, um damit ihre Herkunft, räumliche Verteilung und Entwicklung untersuchen zu können.

Das Papier ist wie folgt aufgebaut: Zunächst werden die theoretischen Grundlagen geschaffen und ein Überblick zur Solarbranche gegeben. Dann wird in Kapitel 3 die methodische Vorgehensweise beschrieben. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse präsentiert. Eine Zusammenfassung bietet Kapitel 5, während Kapitel 6 einen Ausblick enthält.

2 Theoretische Grundlagen

In der ökonomischen Literatur existiert eine schiere Vielfalt unterschiedlicher Lebenszykluskonzepte.² Die vorliegende Arbeit analysiert mit die Entwicklung einer Schlüsseltechnologie, die eine fokussierte Anwendung in einem Produktbereich der Solarindustrie findet. Die im Untersuchungsfokus stehende Technologie weißt damit – ganz bewusst – industriespezifischen und nicht generischen Charakter auf. Die vorliegende Analyse positioniert sich damit in der Schnittmenge zwischen den Konzepten des Industrielbenszyklus und des Technologielebenszyklus.

¹ Vgl. Gao, et al (2011); Liu et al. (2011); Yeh (2005); Lai (2003); Donald (1998), Malerba/Orsenigo (1993), Malerba/Orsenigo (1993).

² Vgl. hierzu u.a. Ford, D. / Ryan, C. (1981), Tiefel, T. (2007), Tiefel, T. (2010), Höft, U. (1992), Utterback, J. / Abernathy, W. (1975). Sommerlatte, T. / Walsh, S. (1983), Sommerlatte, T. / Deschamps, J. (1985).

2.1 Technologielebenszyklus

Der Terminus ‚Technologielebenszyklus‘ basiert auf der Annahme, dass im Verlauf der Entwicklung einer Technologie Regelmäßigkeiten auftreten, die dem Muster und den Phasen biologischer bzw. organischer Prozesse ähneln.³ Dementsprechend gibt es auch bei Technologien mehrere zeitabhängige Entwicklungsstufen. Generell kann davon ausgegangen werden, dass die Attraktivität einer Technologie stark von der Lebenszyklusphase bestimmt wird, in welcher sich die Technologie befindet.⁴ Bei der Darstellung eines Technologielebenszyklusmodells geht ganz allgemein darum, einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen der zeitlichen Dimension und leistungs- oder nachfragebezogenen Parametern der Technologieentwicklung zu identifizieren und abzubilden.⁵ Die jeweiligen Phasen eines Technologielebenszyklus können anhand der Leistungsfähigkeit oder dem Diffusionsgrad der Technologie differenziert werden. Je nach Lebenszyklusphase können folgende Technologietypen unterschieden werden:

- ▶ *Embryonische Technologien*: Dies sind neu entstehende Technologien mit höchst unsicherem Entwicklungs- und Anwendungspotential, sie besitzen einen ausgesprochen explorativen Charakter.
- ▶ *Schrittmachertechnologien*: Darunter werden neu entwickelte Technologien mit großem Weiterentwicklungspotential verstanden. Sie befinden sich zumeist noch im Stadium der Entwicklung und sind deshalb für eine breite Anwendung noch nicht ausgereift. Darüber hinaus bestehen Unsicherheiten bezüglich ihrer Potentiale zum Aufbau von Wettbewerbsvorteilen, aber auch hinsichtlich ihrer technischen Realisierbarkeit und Leistungsfähigkeit.
- ▶ *Schlüsseltechnologien*: Diese finden zunehmend am Markt Anwendung, wobei es sich aber noch um neue Technologien mit einigem Weiterentwicklungs- und Wettbewerbsdifferenzierungspotential handelt. Schlüsseltechnologien sind in der Regel noch nicht allgemein verbreitet, sondern beschränken sich überwiegend auf einen exklusiven Anwenderkreis.
- ▶ *Basistechnologien*: Die Technologien dieses Typus gelten als ausgereift und werden in der Regel von allen Akteuren am Markt beherrscht. Sie sind damit nicht mehr differenzierungsrelevant für den Wettbewerb.

Die Festlegung und Abgrenzung der unterschiedlichen Phasen des Technologielebenszyklus ist in der Praxis aufgrund des Fehlens von eindeutigen qualitativen und/oder quantitativen

³ Vgl. Tiefel (2007), S.25 ff.

⁴ Vgl. Soppe, B. / Stephan, M. (2006), S. 9 f.

⁵ Vgl. Tiefel, T. (2007), S. 26 ff. Für das nachfragebezogene Technologielebenszyklus-Modell hat sich der Ansatz von Ford / Ryan (1981), und für den leistungsbezogenen der Ansatz von Arthur D. Little (Sommerlatte, T. / Deschamps, J. (1985), Sommerlatte, T. / Walsh, S. (1983)) als bedeutende Ansätze herauskristallisiert:

Indikatoren kaum vornehmbar. In der Literatur bildet diese Problematik einen starken Kritikpunkt am Lebenszykluskonzept.⁶ Folglich ist es von hohem wissenschaftlichem als auch praktischem Interesse, alternative Indikatoren zu identifizieren und zu nutzen, die zweifelsfrei auf eine bestimmte Technologielebenszyklusphase schließen lassen und dabei einfache quantifizierbar sind. Als objektive und vergleichbare Indikatoren werden häufig patentstatistische Kennzahlen herangezogen, um den Technologielebenszyklus abzubilden.⁷ Dennoch können Patente nicht als Allheilmittel gegen die Messprobleme bei der Analyse des Technologielebenszyklus betrachtet werden. Um den Diffusionsverlauf einer Technologie akkurat nachzuzeichnen, müssten alle Patentanmeldungen eines jeweiligen Technologiefeldes erfasst werden. Dies erscheint u.a. aufgrund folgender Aspekte nur bedingt möglich:

- ▶ Das Internationale Patentklassifikationssystem (IPC) ist eher branchen- als technologieorientiert. Die definierten Patentklassen lassen sich in den meisten Fällen nicht geschlossen einer Technologie bzw. einem Technologiefeld zuweisen.
- ▶ Patente werden häufig in mehreren IPC-Klassen gleichzeitig angemeldet. Dies hat methodische Fragen, insb. hinsichtlich einer intendierten Mehrfachzählung von Patenten zur Folge.
- ▶ Unternehmen verfolgen individuelle Strategien beim Schutz ihres geistigen Eigentums. In Konsequenz können Patente mit unterschiedlicher geographischer Reichweite angemeldet werden (nationales Patent, europäisches Patent, Weltpatent). Diese Patente müssten in Summe Berücksichtigung finden und ggf. um Redundanzen bereinigt werden.
- ▶ Ebenfalls können sich Unternehmen bewusst gegen eine Patentierung und für die Geheimhaltung zum Schutz ihrer Innovationen entscheiden. Gründe hierfür können in strategischen Überlegungen oder einem sich schnell ändernden technologischen Wettbewerbsumfeld liegen.

Während die letztgenannten drei Punkte in der Literatur als Nachteile von Patentdaten zur Kenntnis genommen werden, überwiegen dennoch die Vorteile wie Datenverfügbarkeit, Vergleichbarkeit, Objektivität für die ökonomische Forschung.⁸ Mangels Alternative haben Patentdaten in der Forschung breite Anerkennung gefunden.

⁶ Vgl. Schuh, G. et al. (2011), S. 39, Tiefel, T. (2007), S. 46, Höft, U. (1992), S. 79 f, Haupt/Kloyer/Lange (2007) S.51 ff.

⁷ Vgl. Haupt, R. / Kloyer, M. / Lange, M. (2007a), S. 51, Gao, L. et al. (2011) gehen in ihrem Paper ausführlich auf Patent Dokumente als Indikatoren für den Technologielebenszyklus ein.

⁸ Vgl. Stephan (2003), S. 171ff.

Für die Überführung von IPC-Klassen in Technologiefelder hat sich ein Konkordanzschema als Lösung etabliert. Die sog. ISI-OST-INPI-Klassifikation ordnet einzelnen IPC-Klassen Technologieklassen und -unterklassen zu.⁹ Entsprechend dieser Systematisierung sind die für die folgende Untersuchung relevanten Patente in den Solartechnologien in der Technologieunterklasse „solar energy“ mit der übergeordneten Technologiekategorie „energy“ angesiedelt.

2.2 Übersicht über die Solarbranche

Solartechnologien zählen zum übergeordneten Feld der Umwelttechnik, welche vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zu den wichtigsten Zukunftsmärkten des 21. Jahrhunderts gezählt werden. Die Umwelttechnik untergliedert sich in sechs Leitmärkte, wobei die Solartechnologien zum Leitmarkt ‚Umweltfreundliche Energien und Energiespeicherung‘ zählen. Weltweit wurden im Leitmarkt ‚Umweltfreundliche Energien und Energiespeicherung‘ im Jahr 2007 ca. 155 Mrd. Euro erwirtschaftet, bis zum Jahr 2020 wird ein Wachstum auf 615 Mrd. Euro erwartet. Innerhalb des Leitmarktes ‚Umweltfreundliche Energien und Energiespeicherung‘ gehört die Solartechnologie zum Produkt- und Technologiebereich der erneuerbaren Energien, neben Wasserkraft, Windkraft, Geothermie, Biogas- und Biomasse-Anlagen.¹⁰ Die Solartechnologie untergliedert sich einerseits in die Solarthermie und andererseits in die Photovoltaik. Während die solarthermischen Kraftwerke Energie aus Hochtemperaturwärme aus mit Hilfe von Spiegeln konzentrierten Sonnenstrahlen gewinnen, wird in der Photovoltaik Energie mit Hilfe von Solarzellen erzeugt.¹¹ Der Schwerpunkt der Darstellung im vorliegenden Artikel liegt auf der Photovoltaik. Die deutsche Photovoltaikindustrie zeigte innerhalb der letzten Jahre ein starkes Wachstum (siehe Tabelle 1). Zwischen 2000 und 2008 erzielte die deutsche Photovoltaikindustrie durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von fast 70 Prozent. Zum Ende des Jahres 2010 konnten rund 10.000 Unternehmen (inklusive Handwerker und Zulieferer) der Photovoltaikindustrie zugerechnet werden, davon lassen sich über 350 Unternehmen als Produzenten von Zellen, Modulen oder Komponenten einordnen.¹² Der geschätzte Umsatz der Photovoltaikindustrie in Deutschland betrug im Jahr 2010 rund 10 Mrd. Euro.

⁹ Vgl. Ebd., S. 187f..

¹⁰ Vgl. BMU (2009), S. 58.

¹¹ Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom um. Solarthermische Anlagen eignen sich zur Erwärmung von Trinkwasser und zur Aufbereitung von heißem Wasser für die Heizungsanlage. Mit Solarthermieanlagen lassen sich auch Kälte und Prozesswärme erzeugen (vgl. BMU, 2010).

¹² Vgl. Bundesverband Solarwirtschaft, Juni 2011

Jahr	Umsatz deutsche Photovoltaik- Industrie (in Mio. €)
2000	201
2001	348
2002	264
2003	492
2004	1.645
2005	2.793
2006	4.451
2007	5.741
2008	7.041

Tabelle 1: Umsätze der deutschen Photovoltaik-Industrie (Quelle: BSW-Solar, 2009)

Weltweit wurden im Jahr 2007 neue Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 3.000 Megawattpeak in Betrieb genommen.¹³ Der Photovoltaik-Weltmarkt betrug im Jahr 2007 nach Angaben der European Photovoltaic Industry Association (EPIA) ca. 2.400 Megawattpeak, mit einer kumulierten weltweit installierten Leistung von 9.200 Megawattpeak. Nach Einschätzung des BSW-Solar auf Basis von Daten der National PV Associations wuchs der Weltmarkt im Jahr 2008 auf 5.750 Megawatt. Der Marktanteil deutscher Unternehmen liegt im Durchschnitt über alle Wertschöpfungsstufen hinweg bei rund 20 Prozent. Wirtschaftsexperten von ifo/EUPD-Research gehen davon aus, dass die exportstarken deutschen Solarunternehmen auch in den kommenden Jahren einen Weltmarktanteil von etwa einem Fünftel gegen wachsende Konkurrenz aus Fernost behaupten können werden.¹⁴ Der Export stellte, wie traditionell in der deutschen Wirtschaft, ein wichtiges Standbein dar. Die Exportquote stieg bis zum Jahr 2010 auf über 50 Prozent an (siehe Tabelle 2).

¹³ Vgl. BMU (2009), S. 63; European Photovoltaic Industry Association (EPIA).

¹⁴ Vgl. Solarbusiness (2011).

Export	2004	2005	2006	2007	2008
Auslandsumsatz in Mio. € (Industrie + Zulieferer)	273	603	1.695	2.922	3.700
Exportquote (Industrie)	14%	19%	34%	43%	46%
Exportquote (Zulieferer)	30%	31%	37%	51%	52%

Tabelle 2: Auslandsumsatz (Quelle: BSW-Solar, 2009)

Die Photovoltaikindustrie beschäftigte zum Jahresende 2010 über 150.000 Mitarbeiter und konnte ein Steueraufkommen von über 1,5 Mrd. € aufweisen.¹⁵ Zudem ist die Branche durch eine zunehmende Forschungs- und Entwicklungsintensität gekennzeichnet (siehe Tabelle 3).

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
FuE in Mio. €	9,8	9,2	16,1	29,8	65,1	103,6	175,8	190

Tabelle 3: FuE-Aufwendungen Photovoltaikindustrie (Quelle: BSW-Solar, 2009)

Der Solarbranche wird auch zukünftig eine tragende Rolle in der deutschen Wirtschaft zugemessen, allerdings verbunden mit einem zunehmend intensiveren und globalen Wettbewerb. So wird u.a. prognostiziert, dass bis zum Jahre 2020 die Exportquote der deutschen Photovoltaikindustrie bei ca. 80 Prozent liegen wird.¹⁶ Desweiteren kommt es durch die stetige Zunahme der Leistungsfähigkeit der Solartechnologien und der nachfrageseitigen Akzeptanz zu einer Annäherung der Industrie an die Netzparität.¹⁷ In Konsequenz haben einige Länder, u.a. auch Deutschland, bereits damit begonnen, die staatlichen Fördergelder zu reduzieren. Diese Entwicklung zieht eine zusätzliche Intensivierung des Wettbewerbes in der Solarbranche nach sich. Für europäische Industrieunternehmen, insbesondere für deutsche, stellt es eine große Herausforderung dar, sich zukünftig gegenüber der wachsenden ostasiatischen Konkurrenz zu behaupten.¹⁸

¹⁵ Vgl. Solarbusiness (2011).

¹⁶ Vgl. RolandBerger/Prognos AG (2010).

¹⁷ Netzparität von Solarstrom bedeutet, dass der Preis für die Herstellung einer kWh Solarstrom nicht höher ist als der Endkundenpreis für Strom aus konventioneller Energieerzeugung. Die Definition der Netzparität bezieht sich nicht auf den Vergleich der Produktionskosten von Solarstrom mit den Kosten für aus fossilen Energieträgern erzeugtem Strom.

¹⁸ EPIA (2011).

2.3 Industrielbenszyklus

Analog zum Technologielebenszyklus lässt sich die Annahme der fortwährend wiederkehrenden, organischen Prozessen entlehnten, Phasen auch auf ganze Branchen bzw. Industrien beziehen. Grundannahme dieses sogenannten Industrielbenszykluskonzepts ist die Vorstellung, dass Industrien durch einen typischen Entwicklungsverlauf gekennzeichnet sind. Die Anzahl und Ausprägungen der jeweiligen Entwicklungsphasen wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Es finden sich unterschiedliche Ansichten und Konzepte; bei der die Bestimmung geeigneter und Indikatoren Phasenabgrenzung große Relevanz besitzt. Als objektive und eindeutige Abgrenzungskriterien werden in diesem Kontext häufig die Marktgröße Marktes (Marktvolumen), kumulierten Produktionsausstoß, Wachstumsraten, Markteintritts- sowie Austrittsraten, Überlebenswahrscheinlichkeit sowie die Arten der Innovationen in der Branche, betrachtet.

Nachstehend findet sich eine Darstellung eines idealtypischen Verlaufs eines Industrielbenszyklus, Abbildung 1 erklärt den Verlauf mithilfe von vier Phasen:¹⁹

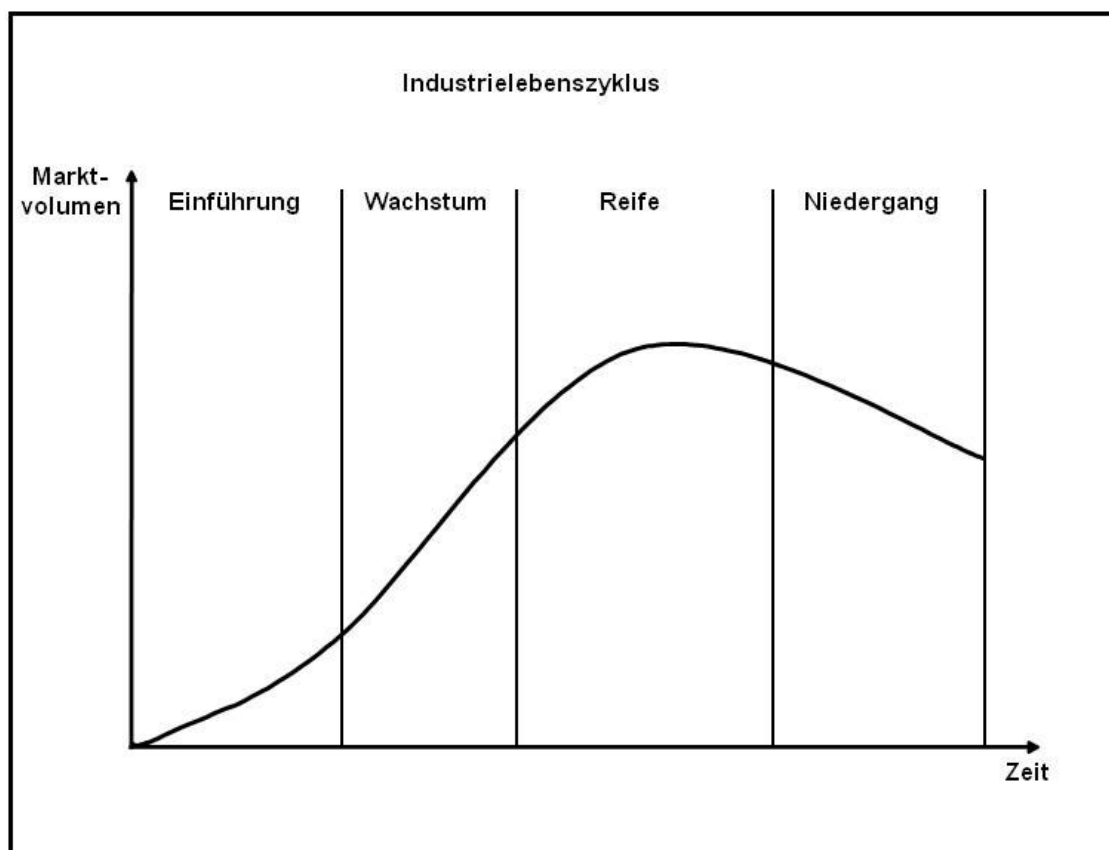


Abbildung 1: Idealtypischer Verlauf des Industrielbenszyklus (Quelle: Höft (1992), S. 105.)

¹⁹ In der Abbildung wird das Industrielbenszykluskonzept im Zeitverlauf anhand des Marktvolumens dargestellt.

- ▶ *Einführungsphase*: Die erste Phase beginnt mit der Kommerzialisierung eines neuen Produktes. Die neu entstehende Industrie ist gekennzeichnet durch ein geringes Marktvolumen und einen hohen Grad an Unsicherheit. Zum jetzigen Zeitpunkt hat sich noch kein Dominantes Design etabliert, die Unternehmen experimentieren mit unterschiedlichen Ansätzen. Der Markt lässt sich durch hohe Einstiegsraten und Wettbewerb, der auf Produktinnovationen basiert, charakterisieren. Die Dauer dieser Phase hängt entscheidend von der Fähigkeit der Wettbewerber ab, die Produkte des Erstinnovators zu kopieren, sowie von der Diffusion und Herausbildung des Dominanten Designs.
- ▶ *Wachstumsphase*: Das Entstehen eines dominanten Designs markiert den Beginn dieser zweiten Phase und bietet die Bedingungen für stark ansteigendes Marktwachstum. Das Aufkommen des Dominanten Designs ist entscheidend für die Entwicklung der Industrie, die Unsicherheit auf Seiten der Konsumenten und Produzenten wird entscheidend reduziert und es lassen sich Mengen- und Skaleneffekte realisieren. Infolgedessen steigt das Marktvolumen stetig, wodurch Anreize für andere Firmen entstehen in diesen Markt einzusteigen. Trotz eines starken Marktwachstums und vermehrter Markteintritte kommt es auf der anderen Seite zu Marktsaustritten. Firmen, welche das sich formende Geschäftsmodell sowie das Dominante Design nur zu unwirtschaftlichen Kosten adaptieren können, verlassen den Markt frühzeitig.
- ▶ *Reifephase*: In dieser Phase verlangsamt sich das Marktwachstum entscheidend, da die Produkt- und Prozessinnovationen ihr Verbesserungspotential ausgeschöpft haben. Standardisierung sowie die Kodifizierung von ehemals implizitem Wissen fördert die vertikale Spezialisierung. Die Reifephase ist gekennzeichnet durch ein Abnehmen der Markteintritte. Die wenigen Neueintritte übernehmen Zulieferrollen oder fokussieren sich auf Marktnischen. Gleichzeitig forciert der sich intensivierende Wettbewerb den Marktaustritt von unproduktiven Wettbewerbern. Die überlebenden Unternehmen sehen sich einem profitablen Markt gegenüber, in dem sich die Marktanteile festgesetzt haben und vormals periphere Disziplinen wie Management, Produktion und Marketing an Relevanz gewinnen.
- ▶ *Niedergangsphase*: In der letzten Phase des Industrielbenszyklus sinkt das Marktvolumen dramatisch, der Markt schrumpft. Infolgedessen verschärft sich der Wettbewerb, die Margen werden geringer und viele Unternehmen verlassen den Markt.

Diese Phasen sowie deren Ausprägungen konnten in einer Vielzahl von Studien empirisch nachgewiesen werden.²⁰

²⁰ Vgl. Liu et al. (2011); Keppler (1997), Audretsch/Feldman (1996).

2.4 Ableitung der Hypothesen

Der vorliegende Beitrag analysiert insbesondere die Frage, welche Akteure für die Entwicklung der technologischen Wissensbasis im Verlauf des Industrielbenszyklus relevant sind. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht eine Branche, deren Entwicklung maßgeblich durch die Entwicklung einer oder weniger Schlüsseltechnologien getrieben wird: die Solarbranche. Mit anderen Worten: Im hier untersuchten Fall kann der Industrielbenszyklus mit Hilfe von Technologielebenszyklen abgebildet werden. Die betreffenden Schlüsseltechnologien finden fokussierte Anwendung in der betreffenden Industrie und sind nicht generischen Charakters.

Über die Identifikation der Branchenein- und ggf. –austrittszeitpunkte der Akteure, sollen in einem ersten Schritt zwei konkrete Forschungsfragen im Zusammenhang mit Industrie- und Technologielebenszyklen behandelt werden:

(a) Welche Akteursgruppen dominieren die verschiedenen Phasen des Industrielbenszyklus? D.h. welche Rolle spielen die verschiedenen Akteure bei der Entwicklung neuer Technologien über die Zeit?

In der Literatur zum Industrielbenszyklus wird davon ausgegangen, dass zu Beginn des Lebenszyklus Produktinnovationen dominieren, während später Prozessinnovationen die größere Rolle spielen. Vor allem die ersten Produktinnovationen einer Branche beruhen oft auf sogenannten "radikalen" Innovationen. Es ist bekannt, dass etablierte große Firmen in der Regel Schwierigkeiten haben, solche Innovationen durchzuführen.²¹ Folglich ist in der Einführungsphase mit einer großen Zahl von Neugründungen zu rechnen.

Sobald ein dominantes Design entstanden ist, also die Wachstumsphase beginnt, kann dieses imitiert werden. Da gleichzeitig die Unsicherheit am Markt abnimmt, wird dieser auch attraktiver für große etablierte Firmen. In der Wachstumsphase sollte also die Bedeutung von Neugründungen abnehmen und diversifizierende und imitierende Unternehmen eine größere Bedeutung gewinnen. In der Reifephase nehmen die Markteintritte dann insgesamt stark ab und etablierte Unternehmen dominieren den Markt.

Daraus ergibt sich folgende Hypothese:

Hypothese 1: In den frühen Phasen des Industrielbenszyklus dominieren zuerst Neugründungen die technologische Innovationstätigkeit. Im weiteren Verlauf nimmt die Relevanz von Neugründungen ab, und die Rolle von Diversifizieren und Imitatoren nimmt zu. Das Ende der Wachstumsphase ist durch einen starken Rückgang der Markteintritte gekennzeichnet.

²¹ Vgl. Agarwal/Audretsch (2001).

(b) Aus Unternehmenssicht ergibt sich die Frage: Spielt der Eintrittszeitpunkt in ein neues Technologiefeld eine Rolle für den Erfolg? Über die Ein- und Austrittszeitpunkte kann die Überlebenswahrscheinlichkeit der verschiedenen Akteure nach Phasen differenziert identifiziert werden. Der ökonomischen Literatur zu Folge sind Neugründungen in fortgeschrittenen Lebenszyklusphasen aufgrund der i.d.R. geringen Unternehmensgröße und dem geringen Erfahrungs- und Branchenwissen gegenüber schon etablierten Wettbewerbern mit einem höheren Scheitungsrisiko behaftet.²² Fraglich ist, ob dieser Zusammenhang auch in der Solarbranche nachweisbar ist. Die für die Branche charakteristischen nationalen, regionalen und kommunalen Fördergelder der öffentlichen Hand senken das wahrgenommene Risiko der Marktbearbeitung.

Darauf aufbauend folgt Hypothese 2:

Hypothese 2: Die Überlebenswahrscheinlichkeit von Neugründungen in späten Phasen ist geringer als in frühen Phasen. Entgegen üblichen Lebenszyklusbetrachtungen ist die Überlebenswahrscheinlichkeit von Neugründungen in der ganz frühen und üblicherweise mit großen Unsicherheiten behafteten Phase aufgrund der intensiven, öffentlichen Förderung hoch.

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Identifikation der relevanten Unternehmen

Wie oben beschrieben, liegt der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit im Schnittfeld zwischen Technologielebenszyklus und Industrielbenszyklus. Dies erschwert die Identifikation der relevanten Akteure, welche sowohl markt- als auch technologieeitig bestimmt werden können. Um einen einheitlichen Datensatz zu erhalten, wird die Identifikation aus einer rein technologieorientierten Perspektive heraus vorgenommen. Die relevanten Akteure sind alle Unternehmen, die im entsprechenden Technologiefeld patentieren. Eine solche Vorgehensweise schließt zwar viele Akteure, die in der Solarbranche (jedoch nicht im relevanten Technologiefeld), aktiv sind, aus der Untersuchung aus, führt allerdings zu einer klaren objektiven Abgrenzung.

Es bleibt jedoch die Problematik, wie die relevanten Patentaktivitäten geeignet identifiziert werden können. Eine approximative Lösung dieser Problematik bietet die Technologieklassifikation nach Ulrich Schmoch (ISI-OST-INPI-Klassifikation), welche u.a. von der World Intellectual Property Organization (WIPO) für vergleichende Länderstudien hinsichtlich tech-

²² Vgl. Agarwal/Audretsch (2001).

nologischer Entwicklungen verwandt wird.²³ Das ISI-OST-INPI-Schema überführt IPC- Patentklassen in Technologieklassen. Entsprechend der aktuellen Version (Stand August 2011) können alle verfügbaren Patentklassen 6 Technologieklassen mit insgesamt 39 Technologieunterklassen eindeutig zugeordnet werden. Im Rahmen dieser Untersuchung fanden alle Patente Berücksichtigung, die in Patentklassen angemeldet wurden, welche entsprechend der ISI-OST-INPI-Klassifikation in die Technologieunterklasse „solar energy“ in der Technologiekategorie „energy technology“ fallen.

Ausgehend von der ISI-OST-INPI-Klassifikation wurde als Methode zur Identifikation der relevanten Unternehmen eine Patentabfrage vorgenommen. Als Datenquelle wurde hierbei auf die Patentdaten des Europäischen Patentamtes (EPO) zurückgegriffen.

In einem ersten Schritt wurde die Patentabfrage ausschließlich auf deutsche Patentanmeldungen sowie Akteure aus Deutschland beschränkt. Hierdurch konnte eine zielführende Eingrenzung auf die nationale Solarbranche vorgenommen werden. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass ein spezifischer Industrie- und Technologielebenszyklus in verschiedenen Ländern unterschiedlich weit fortgeschritten sein kann. Insbesondere in jungen Branchen, wie der Solarindustrie, die durch noch nicht ausgereifte Technologien gekennzeichnet sind, ist dies eher der Regelfall als die Ausnahme. Desweiteren machen staatliche Subventionen diese Eingrenzung erforderlich. Die Branchen der Erneuerbaren Energien zählen weltweit zu den stark subventionierten Branchen, sowohl auf Abnehmerseite (Fördermittel für Erzeugung aus Strom aus Erneuerbaren Energien), als auch auf Anbieterseite (Fördermittel für F&E und Innovation).²⁴ In der Ausgestaltung der Fördermodelle und der Subventionszahlungen bestehen zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen einzelnen Ländern.²⁵ Daraus resultieren differente Anreizstrukturen auf Anbieter- und Abnehmerseite, was sich in einer unterschiedlichen, nationalen Branchen- und Technologieentwicklung niederschlägt.

Es wurden daher alle Unternehmen mit Stammsitz in Deutschland ermittelt, die seit ihrer Gründung ein oder mehrere Patent(e) in Patentklassen angemeldet haben, welche entsprechend der ISI-OST-INPI-Klassifikation Solartechnologiefeldern zugeordnet werden.²⁶ Um eine eindeutige und korrekte Berücksichtigung aller Akteure zu gewährleisten, fanden desweiteren nur Patente Berücksichtigung, in deren Abstract das Wort „Solar“ enthalten ist.²⁷

²³ Vgl. Schmoch (2008).

²⁴ Vgl. BMU (2010).

²⁵ Vgl. Schaller (2006), S. 114ff.

²⁶ Eine Übersicht über diese Patentklassen befindet sich im Anhang.

²⁷ Ein ähnliches Vorgehen findet sich bspw. bei Tseng et al. (2009) sowie bei Haupt et al. (2007b). Letztgenannte Autoren identifizieren das Technologiefeld „Herzschrittmacher“ über die Patentklassen derjenigen U.S.-Amerikanischen Patentanmeldungen, deren Abstract das Wort „pacemaker“ enthält. Sie verweisen darüber hinaus auf eine Vielzahl von Expertenmeinungen, nach denen sich ein Technologiefeld über einzelne Schlüsselbegriffe nahezu vollständig erfassen lässt.

Diese Eingrenzung trägt der in der Literatur vertretenen Auffassung Rechnung, dass das Abstract die wichtigste Quelle bei der Stichwortrecherche darstellt.²⁸ Die so erzielte Abgrenzung der Solar-Technologiefelder ermöglicht u.a. die Identifikation der Lebenszyklusphasen auf der Basis von Patentierungskennzahlen.

Unter Ausselektion von Privatpersonen konnten durch die Patentabfrage 223 relevante Unternehmen definiert werden. Für diese wurden in einem nächsten Schritt die Gründungsjahre sowie die für die Untersuchung wesentlichen Veränderungen, wie z.B. Rechtsformwechsel, M&A's sowie Insolvenzen identifiziert. Hierbei wurde über die Firmenprofile der Anbieter Bürgel, Hoppenstedt und Creditreform, sowie auf Handelsregister- und Bundesanzeigerveröffentlichungen zurückgegriffen. Unternehmen, für die keine oder nur widersprüchliche Daten verfügbar waren, wurden für die weitere Untersuchung ausgeschlossen. Für jedes der verbleibenden Unternehmen wurde anschließend ein Patentprofil erstellt. Dieses Patentprofil umfasst alle angemeldeten Patente der jeweiligen Unternehmen seit der Gründung bis zum Jahr 2010, unabhängig von ihrem territorialen Schutzbereich. Als Datenquelle wurden auch hier die Patentdaten des EPO genutzt. Entsprechend der ISI-OST-INPI-Klassifikation wurden die Patentprofile in Technologieprofile überführt, um Aussagen über unternehmensspezifische Veränderungen in den technologischen Kompetenzen der Unternehmen treffen zu können. Nach einer Bereinigung des Datensatzes um widersprüchliche Angaben verblieben 138 Unternehmen für die weitere Untersuchung.

3.2 Arten und Herkunft der Unternehmen

Für die weitere Untersuchung ist es wichtig, die Unternehmen entsprechend ihrer Herkunft zu klassifizieren. Dazu werden zunächst zwei grundlegende Akteursgruppen unterschieden und diese Klassen anschließend weiter in Unterklassen ausdifferenziert.

3.2.1 Newcomer

In diese Gruppe fallen alle Unternehmen, die originär in der Solarbranche gegründet wurden. Es lassen sich zwei Untergruppen abgrenzen:

Der Gruppe der Newcomer werden diejenigen Akteure zugeordnet, deren erste Patentanmeldung im jeweiligen Patentportfolio in ein Solar-Schlüsseltechnologiefeld fällt. In einem darauf aufbauenden Schritt wird durch den Abgleich mit dem Gründungsdatum eine weitere Ausdifferenzierung vorgenommen.

²⁸ Vgl. Schmoch, U. (1990), S. 133.

- a. Unternehmen werden als **Neugründung** deklariert, wenn das erste Patent seit der Gründung (=Patent in einem Solar-Schlüsseltechnologiefeld) nicht später als 5 Jahre nach der Gründung angemeldet wurde. In diese Kategorie fallen somit auch Ausgründungen aus etablierten Unternehmen, sofern im Zuge der Ausgründung ein rechtlich und wirtschaftlich unabhängiges Unternehmen entsteht.
- b. Die Residualgröße wird als **neu innovierende Unternehmen** definiert. Hierein fallen Unternehmen, deren erste Patentanmeldung im gesamten Patentportfolio in einem Solar-Schlüsseltechnologiefeld erfolgt, diese Anmeldung mehr als 5 Jahren nach der Unternehmensgründung vorgenommen wird. Diese Untergruppe umfasst:
 - (b1) Unternehmen, die zwischen ihrer Gründung und Anmeldung des ersten Patenten als Imitator ohne eigene Innovationstätigkeit in der Solarbranche oder anderen Branchen aktiv waren;
 - (b2) Unternehmen, die zwischen ihrer Gründung und Anmeldung des ersten Patenten als Dienstleister in der Branche aktiv waren und erst nach mehr als 5 Jahren ihr Aktivitätsspektrum um technologische Innovation erweitern, sowie
 - (b3) Unternehmen, die seit der Gründung bereits in der Solarbranche mit technologischen Innovationen aktiv waren, zum Schutz der technischen Erfindungen jedoch bisher nicht auf Patente, sondern auf andere Strategien, insb. Geheimhaltung, gesetzt haben.

3.2.2 Diversifizierer

In die Gruppe der Diversifizierer fallen diejenigen Unternehmen, die bereits vor Anmeldung des ersten Patenten in einem Solar-Schlüsseltechnologiefeld in anderen Technologiefeldern mit entsprechender Patentaktivität innovativ aktiv waren. Das historische Patentportfolio kann anhand der IPC- Klassen, die den einzelnen Patenten zugeordnet sind, in Technologiefelder bzw. -bereiche entsprechend der ISI-OST-INPI Klassifikation überführt werden. Das Ausmaß der technologischen Aktivitäten in bestimmten Technologiebereichen kann so im Zeitverlauf abgebildet werden. Für jedes Unternehmen des Samples sind ab der Gründung dynamische Technologieprofile nachzeichnenbar. In dieser Akteursgruppe werden folglich alle Unternehmen zusammengefasst, die originär in einem anderem Technologie- oder Branchenumfeld aktiv waren und in Solartechnologien bzw. in die Solarbranche diversifiziert haben.

Vier Untergruppen lassen sich für Diversifizierer unterscheiden:

- a. Diversifikation von Unternehmen, die bislang in der Solarbranche aktiv waren, deren Innovationen jedoch nicht in den Schlüsseltechnologiefeldern, sondern in peripheren Solartechnologiebereichen angesiedelt waren.

- b. Technologiebasierte Diversifikation: Unternehmen, die bislang in an die Solartechnologie angrenzenden Technologiebereichen patentiert bzw. innoviert haben, erschließen sich i.S. einer klassischen, technologiebasierten Diversifikation neue Geschäftsfelder in der Solarbranche. Bsp. für verwandte Technologiefelder sind Halbleiter, Mikro-Systemtechnik, Silicium (Werkstofftechnologien).
- c. Unverbundene Technologische Diversifikation: Unternehmen, die bisher in anderen Industriebereichen agieren, deren Technologien keine Verbindung zu Solartechnologien aufweisen, diversifizieren sich in Solartechnologien und die Solarbranche. Unter diese Kategorie der unverbunden Technologischen Diversifikation (streng genommen auch unter die Kategorie b) fallen auch jene Unternehmen, die den Markteintritt in die Solarbranche über Akquisitionen bestehender Akteure realisiert haben, sofern sie nach der Akquisition selbstständig technologisch innovieren.
- d. Diversifikation wissensintensiver Dienstleister in die Solartechnologie: Unternehmen, die bislang als wissensintensiver Dienstleister (bspw. Ingenieurbüros oder Projektentwickler) agierten, erschließen sich die Schlüsseltechnologiefelder in der Solarbranche (mit entsprechender Patentierungsaktivität).

.2.3 Entwicklungsszenarien

Die oben beschriebenen Akteursgruppen können generell unterschiedliche Verläufe in ihrer Unternehmensentwicklung nehmen. Folgende Szenarien sind denkbar:

- a. *Noch aktive Unternehmen*: Unternehmen sind seit ihrer Gründung noch wirtschaftlich aktiv. Diese Gruppe umfasst sowohl Unternehmen, die in der Solartechnologie noch aktiv Forschung und Entwicklung betreiben, als auch Unternehmen, die im Technologiefeld Solar keine Innovationsaktivitäten mehr tätigen.
- b. *Endgültig gescheiterte Unternehmen (Insolvenz)*: Unternehmen melden nach technologischer Innovationstätigkeit in den betreffenden Schlüsseltechnologiefeldern der Solarbranche Insolvenz an und verlassen die Branche (Exit).
- c. *Akquirierte oder fusionierte Unternehmen*: Unternehmen werden nach eigenständiger technologischer Innovationstätigkeit in den betreffenden Schlüsseltechnologiefeldern der Solarbranche von anderen Unternehmen akquiriert oder fusionieren mit Wettbewerbern.

4 Ergebnisse

4.1 Grundlegende Ergebnisse

Der Technologielebenszyklus kann durch die kumulierten Patentanmeldungen in den Solar-Schlüsseltechnologiefeldern abgebildet werden. Es finden somit, über alle Akteursgruppen hinweg, die jährlichen Patentanmeldungen im Technologiefeld Solar Berücksichtigung. Abbildung 2 stellt den Technologielebenszyklus im Technologiefeld Solar graphisch dar. Es ist ersichtlich, dass er dem in der Literatur vorherrschenden, idealtypischen Verlauf folgt.

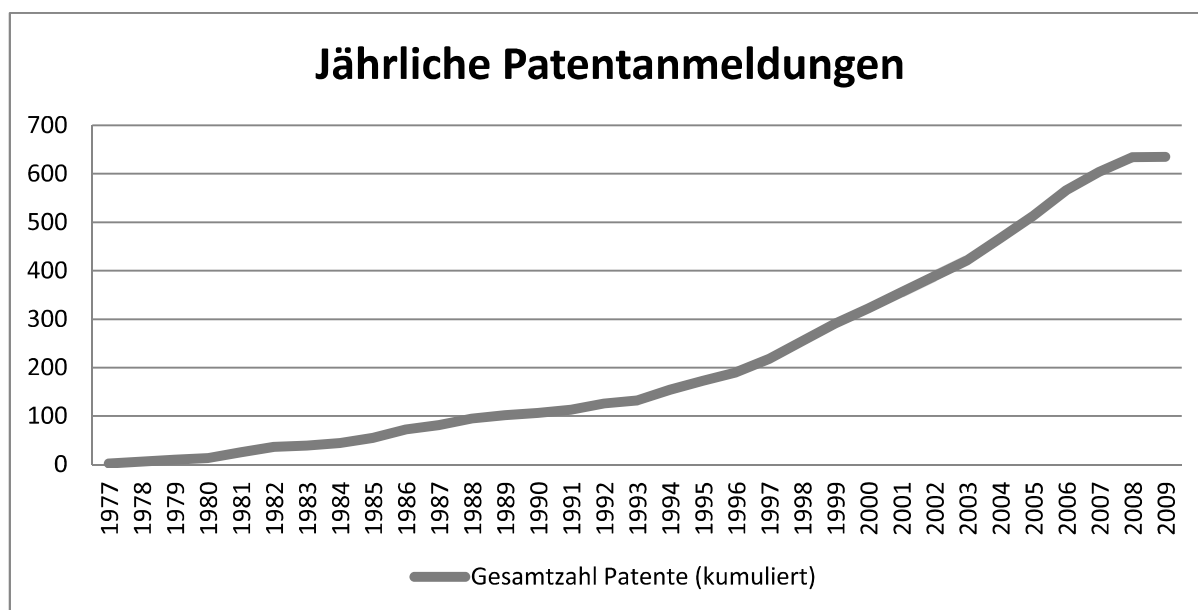


Abbildung 2: Technologielebenszyklus im Technologiefeld Solar

Aufbauend auf dem Technologielebenszyklus, lässt sich, wie bereits diskutiert, der Industrielebenszyklus der Solarbranche abbilden. Dies ist insbesondere deswegen möglich, da es sich bei Solartechnologien um nicht-generische Technologien handelt, welche eine fokussierte Anwendung in der betreffenden Branche finden. Der Industrielebenszyklus wird im Folgenden anhand der kumulierten Markteintritte und –austritte abgebildet. Als Eintrittszeitpunkt eines Unternehmens wird das Jahr definiert, indem die Erschließung des Technologiefeldes Solar erfolgt ist. Die Austrittsjahre entsprechen dem Insolvenz- bzw. Übernahme- oder Fusionszeitpunkt der betreffenden Unternehmen. Abbildung 3 gibt den Industrielebenszyklus der Solarbranche wieder. Entsprechend der theoretischen Implikationen in der Industrielebenszyklusliteratur ist auch dieser durch einen idealtypischen Verlauf charakterisiert.

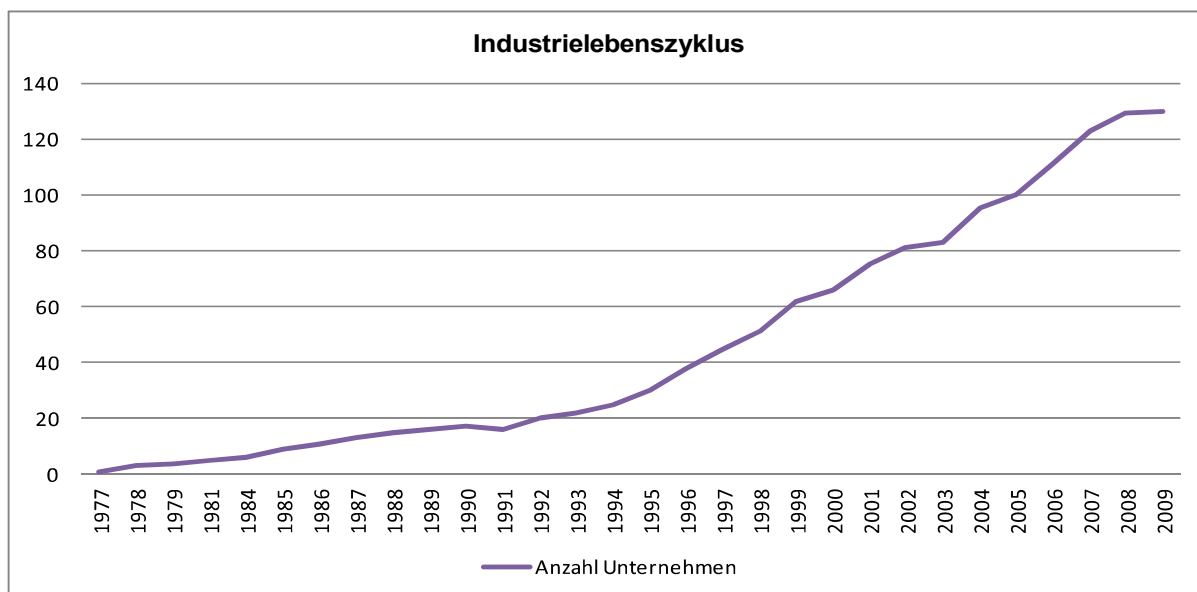


Abbildung 3: Industrielebenszyklus der Solarbranche

4.2 Herkunft der Akteure

Entsprechend der Klassifikation aus Kapitel 3.3 lassen sich alle 138 identifizierten Unternehmen in die entsprechenden Gruppen einordnen. Das Ergebnis aus Tabelle 4 zeigt, dass die aus den konzeptionellen Überlegungen abgeleiteten Gruppen empirisch nachgewiesen werden können. Die Mehrzahl der Unternehmen, die in die Solar-Schlüsseltechnologiefelder eintreten, erschließen diese durch verbundene oder unverbundene Diversifikation ihrer angestammten, technologischen Kompetenzen (55,8 Prozent).

Gruppe	Absolute Häufigkeit	Rel. Häufigkeit
Neugründung	44	31,9%
neu innovierend	17	12,3%
Diversifizierer	77	55,8%
Gesamtergebnis (n)	138	100%

Tabelle 4: Verteilung der Unternehmen auf die Akteursgruppen

Dieses Ergebnis wird durch bisherige Erkenntnisse aus der Diversifikationsforschung gestützt. Hier wird von einem kausalen Zusammenhang zwischen Risikosenkung und Diversifikationsgrad ausgegangen. Ein breit diversifiziertes Produkt- bzw. Technologieportfolio redu-

ziert das unternehmensspezifische Risiko, indem dieses auf eine größere Anzahl von Aktivitäten gestreut wird.²⁹ Die Ressourcen und Kompetenzen des Unternehmens bleiben bei einer Diversifikation im Gegensatz zu einer originären, innovativen Neugründung nicht ausschließlich auf das Technologie- und Geschäftsfeld Solar beschränkt, sondern können darüber hinaus auch weiterhin in den angestammten (verwandten oder unverwandten) Geschäftsfeldern eingesetzt werden. In der Solarbranche stellen insbesondere die Forschungs- und Kapitalintensivität hohe Markteintrittskosten i.S. von irreversiblen Kosten dar. Das Markteintrittsrisiko für innovative Neugründungen mit technologischem Fokus auf Solartechnologien ist dementsprechend höher als für diversifizierende Unternehmen mit gestreuten technologischen und/oder marktlichen Aktivitäten.

Die seltenste Eintrittsstrategie in die Solartechnologie ist die verspätete Aufnahme von Innovations- bzw. Patentierungsaktivitäten mit 12,3 Prozent. Insbesondere in technologieintensiven Branchen, wie der Solarindustrie, werden Unternehmen i.d.R. versuchen, vornehmlich über patenrechtlich geschützte Innovationen in den Markt zu gelangen. Die vermeintlich originären Imitatoren, Geheimhalter, aber auch Dienstleister, sind in der Minderzahl, da sich die Akteure der Branche im Wesentlichen über Innovationen und Technologieführerschaft definieren.

In Hypothese 1 wurde die zeitliche Veränderung der Anteile von Neugründungen, Imitatoren und Diversifizierern an den relevanten Akteuren thematisiert. Demnach sollte die Relevanz von Neugründungen im Verlauf des Technologielebenszyklus abnehmen, während die Rolle von Diversifizierern und Imitatoren zunimmt. Tabelle 5 zeigt die Veränderung der Herkunft der Akteure in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Eintritts in das Technologiefeld Solar. Hypothese 1 wird nur zum Teil durch diese Daten bestätigt. Grundsätzlich ist zu erkennen, dass ab 1995 die technologischen Eintritte stark zunehmen und bis zum Ende des Beobachtungszeitraums keine Abnahme erfolgt. Daraus kann geschlossen werden, dass die Wachstumsphase der Branche um 1995 herum beginnt und bisher nicht beendet ist.

Entsprechend Hypothese 1 spielen Imitatoren in der Einführungsphase (vor 1995) kaum eine Rolle. Neugründungen besitzen jedoch nicht die erwartete maßgebliche Bedeutung, vielmehr dominieren diversifizierte Unternehmen die Technologieentwicklung in der Einführungsphase. Die Dominanz der Diversifizierer nimmt anschließend entgegen unserer Vermutungen in der Wachstumsphase ab, während die Bedeutung der Gruppe der neu innovierenden Unternehmen, die auch die Imitatoren enthält, in dieser Phase zunimmt. Auch der Anteil der Neugründungen nimmt im Widerspruch zu Hypothese 1 in dieser Phase leicht zu. Dies liegt womöglich daran, dass für die Kommerzialisierung und Marktdurchsetzung neuer Produkte in

²⁹ Vgl. Stephan (2003), S. 81, Amit/Livant (1998), Montgomery/ Singh (1984).

der Solartechnologie auch komplementäre Technologien, insbesondere aus den Gebieten der Elektrotechnik sowie des Anlagen- und Maschinenbaus erforderlich sind. Aus diesen Branchen stammen auch die meisten Diversifizierer in der untersuchten Stichprobe. Das Beherrschen dieser komplementären Technologien erleichtert ganz offensichtlich den Markteintritt.

Technologieeintritt	Neugründung	Neu Innovierend	Diversifizierer
Vor 1985	1 (17%)	1 (17%)	4 (66%)
1985-1989	3 (30%)	0 (0%)	7 (70%)
1990-1994	3 (30%)	1 (10%)	6 (60%)
1995-1999	12 (32%)	1 (3%)	24 (65%)
2000-2004	10 (27%)	6 (16%)	21 (57%)
2005-2009	15 (39,5%)	8 (21%)	15 (39,5%)
Gesamtergebnis	44 (32%)	17 (12%)	77 (56%)

Tabelle 5: Zeitpunkt der Erschließung von Solar-Schlüsseltechnologiefeldern der einzelnen Akteure

Eine andere mögliche Erklärung für die von den Hypothesen abweichenden Beobachtungen könnte auf die staatlichen Subventionen bzw. der Forschungsförderung für Erneuerbare Energien zurückzuführen sein. Das bereits angesprochene Risiko des Markteintritts in die forschungs- und kapitalintensive Solarbranche wird durch Subventionen erheblich gesenkt. Das finanzielle Risiko irreversibler Markterschließungskosten ist nicht mehr vollständig vom Unternehmensgründer zu tragen. Zudem wirken die nachfrageseitigen Subventionen wie eine Art „Absatzversicherung“. In Konsequenz steigen die Anreize zu einer innovativen Neugründung. Dies gilt insbesondere auch für die späteren Lebenszyklusphasen, in denen der Wettbewerb schon intensiviert ist und Marktanteile unter den etablierten Unternehmen zunehmend gefestigt sind. Eine weitere Ursache für die zunehmende Relevanz der Neugründungen im zeitlichen Verlauf des Industriebetriebszyklus könnte darin liegen, dass in der Akteursuntergruppe „Neugründungen“ nicht zwischen klassischen Neugründungen und Spin-Offs, d.h. rechtlich und wirtschaftlich selbständigen Ausgründungen aus etablierten Unternehmen, differenziert wird. Für Folgeuntersuchungen wäre es daher interessant, die Bedeutung von Spin-Offs und klassischen Neugründungen in den Phasen des Industriebetriebszyklus differenziert zu betrachten.

Abbildung 4 gibt die Erschließungszeitpunkte des Technologiefeldes Solar für die jeweiligen Akteursgruppen graphisch wider. Es ist erkenntlich, dass die drei Akteursgruppen ähnlichen Schwankungsrichtungen unterliegen. Die Ursachen hierfür lassen sich aus dem Datenmaterial nicht ohne weiteres ableiten, hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

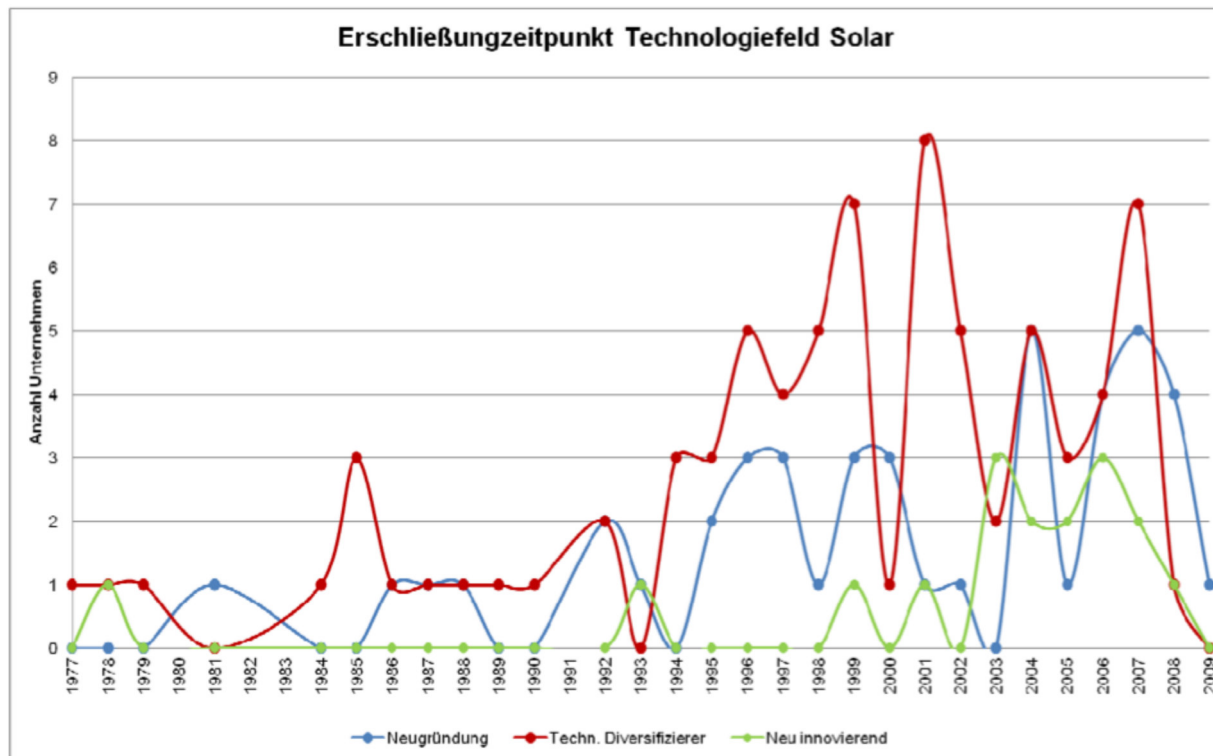


Abbildung 4: Jahre der Technologieerschließung

4.3 Erfolg der Unternehmen

Um den Lebenszyklus einer Industrie korrekt abzubilden, müssen neben Markteintritten u.a. auch die Marktaustritte Berücksichtigung finden. Durch den Vergleich der Markteintrittszeitpunkte mit den Marktaustrittszeitpunkten lassen sich Aussagen zur (gruppenspezifischen) Überlebensdauer sowie zur Überlebens- bzw. Scheiterungswahrscheinlichkeit gewinnen. Für das Untersuchungssample ergibt sich in der Solarbranche über alle Akteursgruppen hinweg eine allgemeine Scheiterungswahrscheinlichkeit von 8,7 Prozent. Um vertiefende Erkenntnisse zum Verlauf des Industrielbenszyklus sowie der Rolle der einzelnen Akteure zu gewinnen, lassen sich die für Hauptgruppen „Newcomer“ und „Diversifizierer“ die zwei Entwicklungsszenarien Marktaustritt (gescheitert) und noch im Markt aktiv (noch aktiv) differenzieren. Diese Analyse ist in Tabelle 6 abgetragen.

Zeilenbeschriftungen	Anzahl	Gruppenanteil	Gesamtanteil
Neugründung	44		31,88%
gescheitert	7	16%	5,07%
noch aktiv	37	84%	26,81%
Neu innovierend	17		
noch aktiv	17	100%	12,32%
Diversifizierer	77		55,8%
gescheitert	5	6,5%	3,62%
noch aktiv	72	93,5%	52,18%
Gesamtergebnis	138		100%

Tabelle 6: Scheiterungsfällen nach Akteursgruppen

In der Untergruppe der neu innovierenden Unternehmen lässt sich kein Scheiterungsfall nachweisen. Einschränkend ist hier jedoch anzumerken, dass es sich mit 17 Unternehmen um eine auffällig kleine Untergruppe handelt und diese Akteure im Schnitt später als andere Akteure in die Technologie eingetreten sind. Die Scheiterungswahrscheinlichkeit ist dementsprechend mit Vorsicht zu interpretieren bzw. nur bedingt mit den anderen Akteursgruppen vergleichbar. Bei den Neugründungen liegt die gruppenspezifische Überlebenswahrscheinlichkeit bei 84 Prozent, für die Diversifizierer ist diese mit 93,5 Prozent leicht höher. Dieses Ergebnis ist kohärent mit den bereits diskutierten Erkenntnissen der Lebenszyklus- und Diversifikationsforschung.

In Hypothese 2 wurde die Erfolgswahrscheinlichkeit einzelner Akteursgruppen während den verschiedenen Phasen des Industrielbenszyklus thematisiert. Es wurde die These aufgestellt, dass die Scheiterungswahrscheinlichkeit von Neugründungen in sehr frühen Lebenszyklusphasen, entgegen üblichen Lebenszyklusbetrachtungen, aufgrund der intensiven, öffentlichen Förderung eher gering ist.

Für den Betrachtungszeitraum der Untersuchung lässt sich kein klares Scheiterungsmuster im Verlauf des Industrielbenszyklus erkennen. Marktaustritte sind, wie bereits in Kapitel 4.2 ausgeführt, in den Akteursgruppen der technologischen Diversifizierer sowie der Neugründungen vertreten. Tabelle 7 differenziert die Scheiterungsjahre für die einzelnen Akteursgruppen weiter aus.

Jahr der Scheiterung	1991	2001	2003	2005	2007	2010	2011
techn. Diversifizierer	1		2		1		1
Neugründung		1	1	1	1	2	1
Anzahl Scheiterungen	1	1	3	1	2	2	2

Tabelle 7: Anzahl der Insolvenzen nach Akteursgruppen

Die detaillierte Analyse nach dem Scheiterungsjahr lässt keine eindeutigen Aussagen zur gruppenspezifischen Veränderung der Scheiterungswahrscheinlichkeit in verschiedenen Lebenszyklusphasen zu. Die Anzahl der Marktaustritte verzeichnet über alle Gruppen hinweg einen tendenziell leichten Anstieg. Auffällig ist jedoch, dass, entsprechend der Hypothese 2, das Scheiterungsrisiko von Neugründungen in den frühen Phasen nicht eindeutig höher ist als in späteren Phasen des Industriebenszyklus. Vielmehr scheinen Neugründungen in frühen Phasen erfolgreicher zu sein als in späteren Lebenszyklusphasen. So erfolgt von ein Marktaustritt ausschließlich von Neugründungen, die ab dem Jahr 1995 stattgefunden haben (vgl. Tabelle 5, die erste Neugründung der untersuchten Unternehmen erfolgte vor 1985). Desweiteren ist der erste Marktaustritt bei dieser Akteursgruppe im Jahr 2001, d.h. der Wachstumsphase des Industriebenszyklus, zu verzeichnen. Bei den gescheiterten Neugründungen ist zudem bemerkenswert, dass scheinbar diejenigen Unternehmen, die relativ früh gegründet wurden, eine relative längere Überlebensdauer aufweisen. Tabelle 8 gibt die Überlebensdauer nach Scheiterungsjahr wider.

Scheiterungsjahr	2001	2003	2005	2007	2010	2010	2011
Gründungsjahr	1996	1995	1999	2005	1997	2006	1992
Überlebensdauer in Jahren	5	8	6	2	13	4	19

Tabelle 8: Überlebensdauer der Neugründungen

In Abbildung 5 wird der Industriebenszyklus differenziert nach den unterschiedlichen Akteursgruppen abgebildet. Es wird ersichtlich, dass die einzelnen Gruppen einem ähnlichen Verlauf folgen. Besonders deutlich wird in dieser Abbildung, dass es erst in späten Phasen des Industriebenszyklus zu vermehrten Marktaustritten kommt. Die Zahlenwerte entlang des kumulierten Industriebenszyklus geben die Gesamtzahl der Marktaustritte über alle Unternehmensgruppen hinweg für das entsprechende Jahr wider.

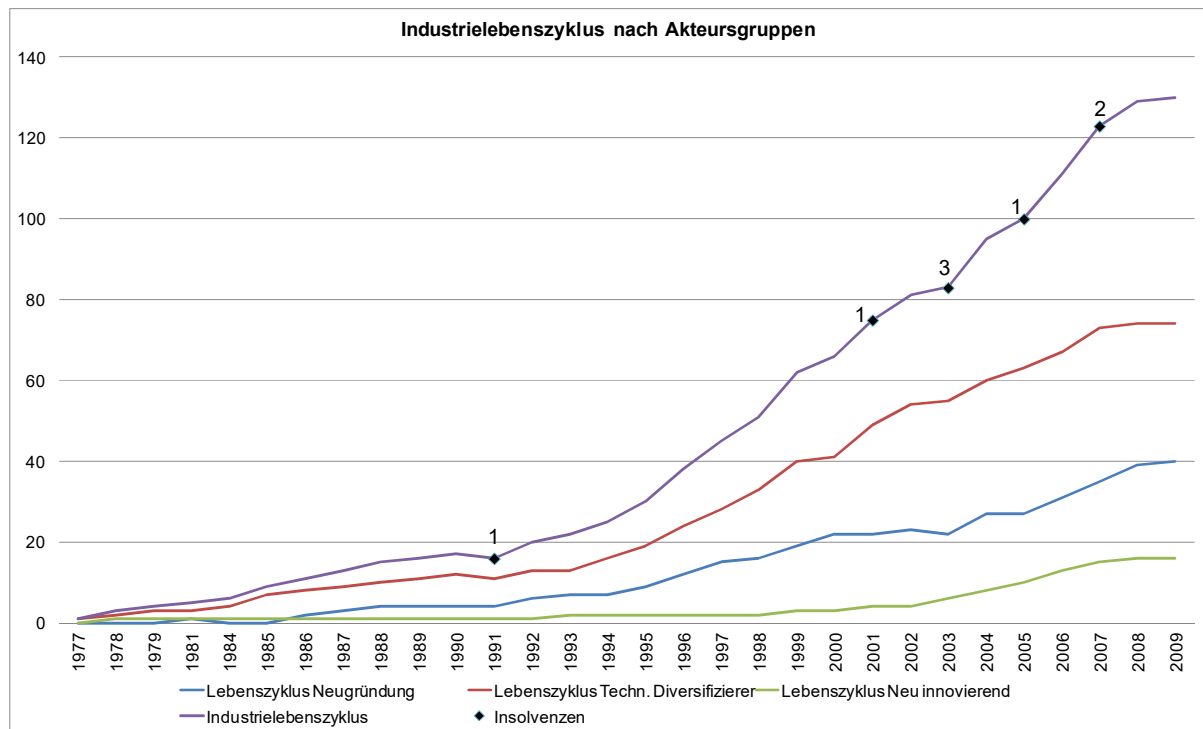


Abbildung 2: Industrielebenszyklen aufgeschlüsselt nach den unterschiedlichen Akteursgruppen

5 Diskussion der Ergebnisse

Grundannahme der Lebenszykluskonzepte sind die organischen Prozessen ähnelnden, evolutorischen Entwicklungsphasen. In der ökonomischen Literatur wurden diese Konzepte u.a. zur Analyse von Industrien sowie Technologien aufgenommen und konnten in unterschiedlichen Studien wiederholt empirisch nachgewiesen werden. Auch in dieser Studie, mit dem Fokus auf der deutschen Solarbranche, konnten die in der Forschungsliteratur implizierten Verläufe des Technologie- und Industrielebenszykluskonzept bestätigt werden. Bei der Untersuchung der Lebenszyklen wurde berücksichtigt, dass die Entwicklung der technologischen Wissensbasis in den Schlüsseltechnologiefeldern von verschiedenen Unternehmenstypen determiniert wird. Der vorliegende Beitrag bietet eine erste Klassifizierung der beteiligten Akteure und analysiert deren Relevanz in den verschiedenen Phasen des Technologie- und Industrielebenszyklus.

Desweiteren konnte empirisch ermittelt werden, dass alle Akteursgruppen, über die verschiedenen Phasen des Industrielebenszyklus hinweg, einem ähnlichen Entwicklungsmuster folgen. Eine gruppenspezifische Dominanz in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen kann nicht nachgewiesen werden. Hypothese 1 konnte daher nicht bestätigt werden. Entgegen der aus der Forschungsliteratur abgeleiteten Ausgangsvermutung, verlieren Neugründungen im Zeitverlauf nicht an Relevanz, sie nehmen sogar zu. Mögliche Ursachen hierfür könnten in

den staatlichen Subventionen und Spin-off-Neugründungen liegen. Staatliche Subventionen senken marktseitig die Kosten des Markteintritts und wirken absatzseitig wie eine „Abnahmeversicherung“, unabhängig von der Lebenszyklusphase. Desweiteren wurde bei den Neugründungen keine Unterscheidung zwischen klassischen Neugründungen und Spin-Offs vorgenommen. Für Spin-off-Neugründungen sind jedoch die Markteintrittsrisiken und –kosten relativ geringer, da sie von sog. „Pre-entry-knowledge“ durch das Mutterunternehmen profitieren können. Die Annahmen des traditionellen Industrielbenszykluskonzeptes hinsichtlich des Markteintrittsverhaltens von Neugründungen ist auf die spezielle Gruppe der Spin-Offs nicht uneingeschränkt übertragbar. Hier bietet sich ein interessanter Anknüpfungspunkt für Folgeuntersuchungen.

Hypothese 2 konnte hingegen bestätigt werden. Das Scheitungsrisiko von Neugründungen ist in frühen Lebenszyklusphasen, entgegen klassischen Lebenszyklusbetrachtungen, nicht signifikant höher als in späteren Phasen. Als mögliche Begründung hierfür wurden staatlichen Subventionen angeführt. Bemerkenswert ist in diesem Kontext die Beobachtung, dass bei Neugründungen im Falle des Scheiterns gerade diejenigen Unternehmen die höchste Überlebensdauer aufweisen, die in vergleichsweise frühen Jahren des Industrielbenszyklus gegründet wurden. Es scheint zu einer Art „verspäteter“ Insolvenz der Unternehmen zu kommen. Ausgehend von der Identifikation dieses Zusammenhangs, der in auffälliger Weise der vorherrschenden Literatur widerspricht, besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich spezifischer Determinanten sowie deren Einflussrichtung und -intensität.

Eine weitere Ursache für das relativ geringe Scheitungsrisiko von Neugründungen in den frühen Phasen des Industrielbenszyklus könnte ebenfalls darin liegen, dass in der Akteursgruppe „Neugründungen“ nicht zwischen klassischen Neugründungen und Spin-Offs, d.h. Ausgründungen aus etablierten Unternehmen, differenziert wird. Ausgegründete Unternehmen können i.d.R. trotz wirtschaftlicher und rechtlicher Selbständigkeit auf Teile der Ressourcenbasis und Kompetenzbasis des Mutterunternehmens zugreifen bzw. Teile dieser übernehmen.³⁰ Dieses „Pre-entry-Knowledge“, bleibt klassischen Neugründungen verwehrt, was u.a. zu einem vergleichsweise höheren Scheitungsrisiko führt. Aktuelle Entwicklungen, wie die Ausgründungen der etablierten Unternehmen Bosch mit Bosch Solar oder RWE mit RWE Innogy zeigen, dass Spin-Offs in der Solarbranche durchaus Relevanz besitzen. Mit steigendem Anteil der Spin-Offs im Untersuchungssample ist davon auszugehen, dass die Scheiterungswahrscheinlichkeit für die Gesamtgruppe der Neugründungen geringer ausfällt.

³⁰ Vgl. Hinterhuber et al. (2007), S.173.

6 Ausblick

Die vorliegende Untersuchung dient einem ersten Verständnis der Entwicklung der technologischen Wissensbasis in den Schlüsseltechnologiefeldern der Solarindustrie. Es konnten wesentliche Akteursgruppen definiert und ihre Relevanz in verschiedenen Phasen des Industrielbenszyklus analysiert werden. Der Beitrag liefert somit eine wichtige Grundlage für das Verständnis möglicher Entwicklungsdynamiken in technologiegetriebenen Branchen. Dennoch ergeben sich Limitationen der Untersuchung und Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsfragen.

Die zwei Akteursgruppen (Newcomer und Diversifizierer) wurden zwar theoretisch in weitere Untergruppen ausdifferenziert, i.R. der empirischen Analyse fanden jedoch nur die Hauptgruppen Beachtung. Besonders deutlich wird dies bei den Newcomern. Wie mehrfach erwähnt, wurde hier keine Unterscheidung zwischen klassischen Neugründungen und Spin-Offs vorgenommen, was zu sehr groben Aussagen führt. Gleiches gilt für die Diversifizierer, für die keine detailliertere, gruppenspezifische Unterscheidung in verschiedene Diversifikationsarten vorgenommen wurde. Eine Ausdifferenzierung innerhalb dieser spezifischen Akteursgruppe, würde vertiefende Erkenntnissen ermöglichen. Allerdings ist in diesem Kontext auf die äußerst schlechte Datenverfügbarkeit, insb. zu Ausgründungsaktivitäten hinzuweisen. Einen Anhaltspunkt könnten Geschäftsberichte oder die Recherche auf der Internetpräsenz der betreffenden Unternehmen liefern. Hier besteht jedoch die Problematik, dass es sich bei den Unternehmen des Samples um i.d.R. kleine, nicht offenlegungspflichtige Unternehmen handelt, die zudem teilweise über keinen Internetauftritt verfügen.

Auch die relative kleine Untergruppe der als „neu innovierend“ deklarierten Unternehmen könnte für zukünftige Untersuchungen weiter ausdifferenziert werden. Durch die unternehmensspezifische Erfassung der NACE-Zuordnung über den Industrielbenszyklus hinweg können ehemalige Dienstleister identifiziert und von vorher nicht patentaktiven Industrieunternehmen differenziert werden. Letztere Teilgruppe könnte durch die Analyse von Geschäftsberichten und Unternehmensveröffentlichungen weiter aufgegliedert werden in Imitatoren sowie Unternehmen mit technologischer Entwicklungstätigkeit in der Vergangenheit, aber ohne entsprechende Patentaktivität (z.B. Unternehmen, die auf Geheimhaltung statt Patentierung zum Schutz von Innovationen setzen). Auch hier besteht die Problematik der mangelnden Datenverfügbarkeit.

Eine Ausdifferenzierung der Akteursgruppe „Diversifizierer“ entsprechend der in Kapitel 3.3.2 vorgenommenen Klassifikation könnte vertiefende Erkenntnisse zum Verhalten und der Rolle verschiedener Diversifikationstypen im Verlauf des Industrielbenszyklus liefern. Interessant wäre in diesem Zusammenhang z.B. die Fragestellung, ob das Postulat der Diversifikations-

forschung, dass verbundene Diversifizierer eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit aufweisen als unverbundene Diversifizierer, auch bei einer Diversifikation in das Technologiefeld Solar bzw. der Solarbranche nachgewiesen werden kann.

Ein höherer Differenzierungsbedarf ergibt sich auch bei den Marktaustritten. Eine Unterscheidung zwischen den Scheitungsursachen Insolvenz, Übernahme sowie Fusion würde eine genauere Analyse des Austrittsverhaltens für alle Akteursgruppen ermöglichen. Hierfür wäre eine Ergänzung des Datensatzes um Merger&Acquisition-Daten erforderlich.

Eine Erweiterung des Untersuchungsspektrums und möglicher Forschungsfragen ergibt sich durch eine ergänzende Klassifizierung der Akteure in Kleinstunternehmen, Kleine Unternehmen, Mittlere Unternehmen sowie Große Unternehmen entsprechend der Definition der Europäischen Kommission. Unterschiede innerhalb und zwischen den Akteursgruppen könnten so vor dem Hintergrund des Einflusses der Unternehmensgröße untersucht werden.

Einen weiteren Kritikpunkt stellt das Vorgehen bei der Identifikation der relevanten Akteure dar. Durch die kombinierte Patentabfrage aus den für die Untersuchung relevanten Patentklassen und dem Schlagwort Solar wird implizit eine, d.h. „die Solarschlüsseltechnologie“ unterstellt. Für weitere Untersuchungen wäre es daher sinnvoll, Schlagwörter für einzelne Solartechnologien, aber auch für angrenzende und periphere Technologiebereiche, wie z.B. „silicium“ oder „wafer“, zu definieren. Zudem ist anzumerken, dass durch die Beschränkung der Schlagwortsuche auf den Begriff „solar“ im Abstract diejenigen Patente nicht berücksichtigt werden, bei denen kein Abstract hinterlegt ist. Daraus kann sich die Problematik ergeben, dass z.B. der Technologieerschließungszeitpunkt falsch erfasst wird oder vereinzelt relevante Unternehmen keinen Eingang in die Untersuchung finden.

Zudem wurde die hohe Relevanz der Subventionen der öffentlichen Hand in der Solarbranche in den Ergebnissen mehrfach deutlich. Diese scheinen einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Entwicklung der technologischen Wissensbasis in der Solarindustrie zu haben. Der Staat fördert das Entstehen neuer Technologien sowohl direkt über Innovationsförderung für Unternehmen als auch indirekt durch die öffentliche Forschung. Damit stellt sich für zukünftige Untersuchungen die Frage, welche Effekte diese beiden Maßnahmen auf das Entstehen neuer Technologien haben. Aus einer geographischen Perspektive könnte ihr Einfluss auf die spätere, geographische Verteilung der Akteure haben. Hierbei wird in der Literatur davon ausgegangen, dass neue Technologien konzentriert an bestimmten Orten entstehen und sich die räumliche Verteilung im Verlauf des Industrielbenszyklus in der Regel verfestigt. Damit stellt sich allgemein die Frage, welche Faktoren das räumliche Muster der Technologieentstehung determinieren.

Literaturverzeichnis

- AGARWAL, R./ AUDRETSCH, D. (2001): Does Entry Size Matter? The Impact of the Life Cycle and Technology on Firm Survival, in: *The Journal of Industrial Economics*, 49(1): 21-43.
- AMIT, R./J. LIVNAT (1988): 'Diversification strategies, business cycles and economic performance', *Strategic Management Journal*, 9(2): 99–110.
- AUDRETSCH, D./FELDMAN, M. (1996): Innovative Clusters and the Industry Life Cycle, *Review of Industrial Organization*, 11: 253-273.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (2010): Eckpunkte der EEG-Novelle.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (2009): Greentech 2009, Umwelttechnologieatlas Deutschland, München 2009.
- BUNDESVERBAND SOLARWIRTSCHAFT E.V. (2011): Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik).
- DONALD, A. N. (1998): The life cycle of a technology: why it is so difficult for large companies to innovate? Report.
- EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA): Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015.
- FORD, D. / RYAN, C. (1981): Taking technology to market, in: *Harvard Business Review*, Volume 59, 02/1981, S. 117-126.
- GAO L./PORTER A./WANG, J./FANG, S./ZHANG X./MA T./ WANG,W./HUANG, L. (2011): Technology Life Cycle Analysis modeling based on Patent Documents, Fourth International Seville Conference on Future-Oriented Technology Analysis, Sevilla Mai 2011.
- HAUPT, R./KLOYER.M./LANGE, M. (2007a): Patentstatistische Indikatoren für den Verlauf von Technologielebenszyklen, 51-68 in: TIEFEL, T. (Hrsg): *Gewerbliche Schutzrechte im Innovationsprozess (2007)*, Wiesbaden.
- HAUPT, R./KLOYER.M./LANGE, M. (2007b): Patent indicators for the technology life cycle development, in: *Research Policy*, 03/2007, S. 387-398.
- HINTERHUBER,H.-H./PECHLANER,H./VON HOLZSCHUHER, W./, HAMMANN E.-M. (2007): *Unternehmertum und Ausgründung: Wissenschaftliche Konzepte und praktische Erfahrungen*, Wiesbaden.
- HÖFT, U. (1992): *Lebenszykluskonzepte. Grundlage für das strategische Marketing und Technologiemanagement*, Berlin.
- KLEPPER, S. (1996): Entry, Exit, Growth, and Innovation over the Product Life Cycle, *The American Economic Review*, 86 (3): 562-583.
- KLEPPER, S. (1997): Industry Life Cycle, *Industrial and Corporate Change*, 6 (1): 14-181
- LAI, H. (2003): *Study on the technique development of TFT-LCD industry-based on patent analysis and life cycle theory*, Chun Yuan Christian University.
- LERNER J. (1994): The Importance of Patent Scope: An Empirical Analysis, *The RAND Journal of Economics*, 1994, 25: 319–333.

- LETEN, B./BELDERBOS, R./VAN LOOY, B. (2007): Technological Diversification, Coherence and Performance of Firms, *Journal of Product Innovation Management*, 24(6): 567-579.
- LITTLE, A. (1981): *The Strategic Management of Technology*, Cambridge, Mass.
- LIU, J.S./KUAN, C.-H./CHA, S.-C./CHUANG, W.-L./GAU, G. J./JENG, J.-Y. (2011): Photovoltaic technology development: A perspective from patent growth analysis, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 95 (2011): 3130–3136.
- LONDREGAN, J. (1990): Entry and exit over the industry life cycle, *RAND Journal of Economics*, 21(3): 446-458.
- MALERBA F., L. ORSENIGO (1993): Technological regimes and firm behaviour, *Industrial and Corporate Change*, 2(1): 45-72.
- MALERBA F., L. ORSENIGO (1997): Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities, *Industrial and Corporate Change*, 6(1): 83-118.
- MEYER M. (2000): Does science push technology? Patents citing scientific literature, *Research Policy*, 29, 409-434.
- MONTGOMERY, C.A./SINGH, H. (1984): Diversification strategy and systematic risk; *Strategic Management Journal*, 5(2): 181–191.
- ROLAND BERGER/PROGNOS AG (2010): *Wegweiser Solarwirtschaft, PV-Roadmap 2020*.
- SCHALLER, M. (2006): *Subventionierung von erneuerbarer Energie: eine industrieökonomische Analyse des strategischen Wettbewerbs in der Erneuerbaren-Energieindustrie bei unterschiedlichen staatlichen Regulierungen*. Dissertation Universität Heidelberg, Heidelberg 2006.
- SCHMOCH, U. (1990): *Wettbewerbsvorsprung durch Patentinformation*, Köln 1990.
- SCHMOCH, U. (2008): *Concept of a Technology Classification for Country Comparisons, Final Report to the World Intellectual Property Organisation*.
- SCHUH, G. / KLAPPERT, S. / SCHUBERT, J. / NOLLAZU, S. (2011): Grundlagen zum Technologiemanagement, in: Schuh, G. / Klappert, S. (Hrsg.): *Technologiemanagement - Handbuch Produktion und Management 2, 2. Auflage*, Berlin / Heidelberg 2011, S. 33-54.
- SOLARBUSINESS (2011): *Deutsche Solarbranche 2010*, [http:// www. solarbusiness.de/fakten/solartechnik-in-kuerze/zahlen/](http://www.solarbusiness.de/fakten/solartechnik-in-kuerze/zahlen/) [Datum des Abrufes = 20.11.11]
- SOMMERLATTE, T. / DESCHAMPS, J. (1985): Der strategische Einsatz von Technologien, in: Arthur D. Little (Hrsg.): *Management im Zeitalter der Strategischen Führung*, Wiesbaden 1985, S. 39-76.
- SOMMERLATTE, T. / WALSH, I. (1983): Das strategische Management von Technologie, in: Töpfer, A. / Afheldt, H. (Hrsg.): *Praxis der strategischen Unternehmensplanung*, Frankfurt 1983, S. 299-321.
- SOPPE, B. / STEPAHN, M. (2006): Patentinformationen strategisch nutzen - Anwendungsfelder, in: Barske, H. / Gerybadze, A. / Hünninghausen, L. / Sommerlatte, T. (Hrsg.): *Innovationsmanagement - Produkte, Prozesse, Dienstleistungen*, Digitale Fachbibliothek, Wiesbaden 2006.
- STEPHAN, M. (2003): *Technologische Diversifikation von Unternehmen. Ressourcentheoretische Untersuchung der Determinanten*, Wiesbaden.

- TIEFEL, T. (2010): Patentbasierte Technologielebenszyklus-Analysen, in: ErfinderVisionen, 3/2010, S. 4-5.
- TIEFEL, T. (2007): Technologielebenszyklus-Modelle - Eine kritische Analyse, 26-48 in: TIEFEL, T. (Hrsg): Gewerbliche Schutzrechte im Innovationsprozess (2007), Wiesbaden.
- TSENG, F./CHU, Y./PENG, Y. (2009): Using Patent Data to Analyze the Development of the Next Generation of Solar Cells, PICMET 2009 Proceedings.
- UTTERBACK, J. / ABERNATHY, W. (1975): A dynamic model of process and product innovation, in: Omega, Volume 3, 06/1975, S. 639–656.
- YEH, C. (2005): A Comparative Analysis of Taiwan's CRT and TFT-LCD Industries –Based on the Viewpoints of Industrial Ecology and Life Cycle. Da-Yeh University, Taiwan.

Anhang

Patentklassifikationen nach Schmoch:

IPC neu	E04D	E04D	F03G	F24J	F03G	F24J	F24J
Sector	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology
Field	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy
IPC	E04D 1/30;	E04D 13/18	F03G 6/06	F24J 2/00;	F24J 2/02;	F24J 2/04;	F24J 2/05

IPC neu	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J
Sector	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology
Field	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy
IPC	F24J 2/06	F24J 2/07	F24J 2/08	F24J 2/10	F24J 2/12	F24J 2/13	F24J 2/14

IPC neu	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J
Sector	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology
Field	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy
IPC	F24J 2/06	F24J 2/07	F24J 2/08	F24J 2/10	F24J 2/12	F24J 2/13	F24J 2/14

IPC neu	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J
Sector	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology
Field	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy
IPC	F24J 2/06	F24J 2/07	F24J 2/08	F24J 2/10	F24J 2/12	F24J 2/13	F24J 2/14

IPC neu	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J
Sector	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology	Energy technology
Field	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy
IPC	F24J 2/06	F24J 2/07	F24J 2/08	F24J 2/10	F24J 2/12	F24J 2/13	F24J 2/14

IPC neu	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J	F24J
Sector	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy
Field	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy
IPC	F24J 2/15	F24J 2/16	F24J 2/18	F24J 2/23	F24J 2/24	F24J 2/36	F24J 2/38

IPC neu	F24J	F24J	G02B	G02F	G05F	H01L	H01L
Sector	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy	Energy technolo- gy
Field	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy
IPC	F24J 2/42	F24J 2/46	G02B 5/10	G02F 1/136	G05F 1/67	H01L 25/00	H01L 31/00

IPC neu	H01L	H01L	H01L	H01L	H01L	H01L	H02J	H02N
Sector	Energy techno- logy	Energy techno- logy	Energy techno- logy	Energy techno- logy	Energy techno- logy	Energy techno- logy	Energy techno- logy	Energy techno- logy
Field	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy	Solar energy
IPC	H01L 31/04	H01L 31/042	H01L 31/048	H01L 31/052	H01L 31/18	H01L 33 /00	H02J 7/35	H02N 6/00