

**MARKTPOTENTIALERHEBUNG UND
KOMPETENZPROFILERSTELLUNG FÜR DIE
EQUIPMENTHERSTELLUNG FÜR DIE
PHOTOVOLTAIKINDUSTRIE**

Diplomarbeit

von

Julia Soos



Eingereicht am

Institut für Betriebswirtschaftslehre– und Betriebssoziologie

Technische Universität Graz

o.Univ.- Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. U. Bauer

Graz, im Oktober 2010

Danksagung

Die vorliegende Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie der TU Graz in Auftrag der Fa. Wild erstellt. Für die Ermöglichung sowie das Zusammenkommen dieser Arbeit möchte ich mich recht herzlich beim Geschäftsführer der Fa. Wild, Herrn Ing. Mag. Thomas Jost, sowie dem Institutsvorstand, Herrn o. Univ.- Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ulrich Bauer bedanken.

Darüber hinaus gilt mein Dank Herrn Ing. Roman Dengg, Leiter Business Development Fa. Wild, der die interne Betreuung der Diplomarbeit übernahm und mir jederzeit hilfreich zur Seite stand.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dipl.- Ing. Paul Pfleger, Assistent am Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie, für die wissenschaftliche Betreuung und kollegiale Beratung während meiner gesamten Arbeit.

Zuletzt gebührt mein Dank natürlich ganz speziell meiner Familie, die mich immer unterstützte und es mir überhaupt ermöglichte diese schöne Studienzeit zu verbringen.

Abstract

This diploma thesis was written on behalf of the company *Wild Holding GmbH*, which is located in Völkermarkt (Carinthia/Austria), in cooperation with the *Institute of Business Economics and Industrial Sociology* at the Graz University of Technology.

At the present time, the company *Wild* is specialized in the development and production of optomechatronic systems and equipment, concentrating on medical technology, optical technology as well as on the business segments of the semiconductor industry and photovoltaics.

The emphasis of this thesis is put on a market potential analysis and on the creation of a competence profile for the photovoltaic segment. Furthermore, the collection of substantial data concerning energy supply for the future, an illustration of the basic principles of photovoltaics for a better understanding, and an insight into the manufacturing processes of crystalline silicon and thin- film photovoltaics are part of the research and consequential discussions.

In the first part of the market potential analysis, strategically interesting markets, which would be particularly suitable for the segment of photovoltaic equipment, are detected and analyzed. Additionally, the current sales potential of 224 development and manufacturing companies that could be beneficial for a system partnership in one of the 10 distinguished market segments is gathered. Qualitative interviews with experts serve to reinforce the analysis.

Finally, a survey among individually selected companies served as basis for the creation of a competence profile.

The needs and requirements identified through the responses of these potential costumers form the basis for strategic marketing activities that can be planned.

Kurzfassung

Diese Diplomarbeit wurde auf Auftrag der Fa. Wild Holding GmbH, Völkermarkt, am Institut für Betriebswirtschaftslehre- und Betriebssoziologie der TU Graz erstellt.

Gegenwärtig ist das Unternehmen Wild als Systempartner in Entwicklung und Produktion von optomechatronischen Systemen und Geräten in den Schwerpunkten Medizintechnik und technischer Optik sowie den weiteren Geschäftsfeldern der Halbleitertechnik und Photovoltaik tätig.

Gegenstand dieser Arbeit ist eine Marktpotentialanalyse sowie eine Kompetenzprofilierung für den Geschäftsbereich Photovoltaik.

Eine umfangreiche Erfassung der Energieversorgung der Zukunft, eine Darstellung der Grundlagen der Photovoltaik zum besseren Verständnis sowie ein Einblick in die Herstellungsprozesse der kristallinen und Dünnschicht- Photovoltaik ist ebenfalls Teil der Arbeit.

In der Marktpotentialanalyse werden strategisch interessante Märkte zur Forcierung des Geschäftsbereiches Photovoltaik-Equipment analysiert sowie das Umsatzpotential der zum Eingang einer möglichen Systempartnerschaft relevanten 224 europäischen Entwicklungs- und Produktionsunternehmen in den einzelnen zehn Marktsegmenten erfasst. Qualitative Experteninterviews untermauern die Untersuchung.

Eine abschließende Befragung einzelner ausgewählter Unternehmen dient zur Erstellung eines Kompetenzprofils.

Die daraus abgeleiteten Anforderungen von potentiellen Kunden bilden die Grundlage für geplante strategische Marketingaktivitäten.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung..... | 1 |
| 1.1 | Die Unternehmung..... | 1 |
| 1.2 | Ausgangssituation | 2 |
| 1.3 | Ziele der Diplomarbeit..... | 2 |
| 1.4 | Aufgabenstellung | 3 |
| 1.5 | Untersuchungsbereich | 3 |
| 1.6 | Gliederung der Arbeit..... | 4 |
| 2 | Grundlagen des Marketing..... | 6 |
| 2.1 | Der Markt | 6 |
| 2.2 | Industriegütermarketing | 8 |
| 3 | Grundlagen der Marktforschung..... | 12 |
| 3.1 | Begriff und Formen der Marktforschung | 12 |
| 3.2 | Aufgaben der Marktforschung..... | 13 |
| 3.3 | Der Marktforschungsprozess | 14 |
| 3.4 | Primärforschung | 19 |
| 3.5 | Sekundärforschung..... | 23 |
| 3.6 | Bewertung von Informationen | 24 |
| 3.7 | Marktforschung auf Industriegütermärkten | 26 |
| 3.8 | Überleitung..... | 28 |
| 4 | Energieversorgung der Zukunft..... | 29 |
| 4.1 | Energiewende zur Nachhaltigkeit..... | 29 |
| 4.2 | Szenarien einer zukünftigen Entwicklung | 30 |
| 4.3 | Reserven an fossilen Energieträgern | 37 |
| 4.4 | Reserven an Kernenergie | 38 |
| 4.5 | Solarenergie..... | 39 |
| 4.6 | Der Lösungsansatz..... | 42 |
| 5 | Einführung in die Photovoltaik | 45 |
| 5.1 | Was ist Photovoltaik?..... | 45 |
| 5.2 | Die Geschichte der Photovoltaik | 46 |
| 5.3 | Die Solarzelle | 47 |
| 5.4 | Typen von Solarzellen | 49 |
| 5.5 | Photovoltaik Anlagentypen..... | 58 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6 | Herstellungsprozess Photovoltaik..... | 61 |
| 6.1 | Das Modell der Wertkette..... | 61 |
| 6.2 | Wertkette der PV- Industrie..... | 62 |
| 6.3 | Energetische Betrachtung einer PV- Anlage..... | 67 |
| 6.4 | Wirtschaftliche Betrachtung einer PV- Anlage | 71 |
| 7 | Marktpotentialerhebung | 75 |
| 7.1 | Situationsanalyse | 75 |
| 7.2 | Vorgehensweise | 77 |
| 7.3 | Abgrenzung des relevanten Marktes..... | 81 |
| 7.4 | Kunden- Maps | 101 |
| 7.5 | Qualitative Marktforschung- Experteninterviews | 103 |
| 7.6 | Markteinschätzung- Zusammenfassung Potentialerhebung..... | 108 |
| 7.7 | Fazit | 112 |
| 8 | Kompetenzprofilerstellung..... | 113 |
| 8.1 | Befragung..... | 113 |
| 8.2 | Ergebnisse der Befragung | 114 |
| 8.3 | Kompetenzprofil..... | 125 |
| 8.4 | Zusammenfassung Kompetenzprofilerstellung | 128 |
| 9 | Zusammenfassung | 130 |
| | Literaturverzeichnis..... | 131 |
| | Internetquellenverzeichnis | 134 |
| | Abbildungsverzeichnis | 139 |
| | Tabellenverzeichnis..... | 141 |
| | Abkürzungsverzeichnis | 142 |
| | Anhang 1- Interview- Fragebogen für Unternehmen | 143 |
| | Anhang 2- Checkliste für Kompetenzprofilerstellung | 146 |
| | Anhang 3- Akquisitionsdatenbank..... | 149 |
| | Anhang 4- Dynamische Amortisationsrechnung einer PV- Anlage..... | 150 |

1 Einleitung

1.1 Die Unternehmung

Die Firma Wild Kärnten GmbH wurde 1970 als Tochterunternehmen der Firma Wild Heerbrugg AG gegründet und begann ab dem folgenden Jahr mit der Herstellung von Präzisionsteilen. Seit dem Jahr 1995 ist die Firma ein eigenständiges Unternehmen und arbeitet als Systempartner in Entwicklung und Konstruktion, mechanischer Fertigung, Werkzeugbau, Oberflächentechnik, Montagetechnik und Supply Chain Management für seine Kunden.¹

Neben den Hauptgeschäftsfeldern der Medizintechnik und technischen Optik ist das Unternehmen auch in der Halbleiterindustrie und Photovoltaik tätig.²

Zusätzlich zum Hauptsitz in Völkermarkt/Kärnten hat die Firma noch drei weitere Betriebsstätten:³

- Fa. Wild Electronics in Wernberg/Kärnten
- Fa. Wild Technologies s.r.o in der Slowakei
- Fa. Photonic Optische Geräte GmbH&Co KG in Wien

Das Unternehmen wird von zwei Geschäftsführern, Herrn Ing. Mag. Thomas Jost und Herrn Mag. Hans- Dieter Feger, geleitet.

Aktuell hat die Firma Wild 312 Mitarbeiter, davon sind 225 im Werk in Völkermarkt beschäftigt und verfügt über Fertigungskapazitäten von 250.000h/Jahr.

Im Jahr 2009 konnte ein Umsatz von 53,6 Mio. € erzielt werden.⁴

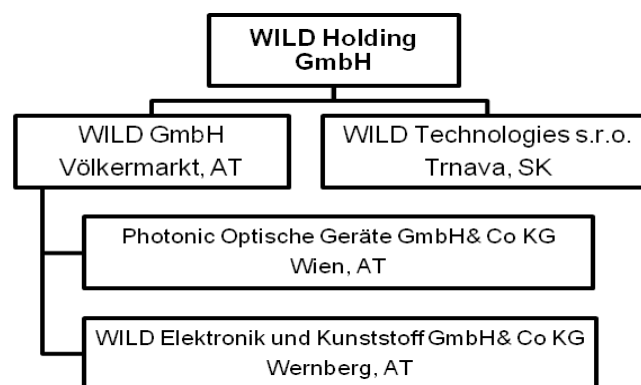


Abbildung 1: Unternehmensstruktur Wild Gruppe

Quelle: <http://www.wild.at> (30.9.2010)

¹ Vgl. www.wild.at (30.9.2010)

² Vgl. www.wild.at (30.9.2010)

³ Vgl. www.wild.at (30.9.2010)

⁴ Gespräch mit Frau Herzog, Fa. Wild am 15.9.2010

1.2 Ausgangssituation

Die Fa. Wild ist ein High- Tech- Unternehmen und arbeitet als strategischer Systempartner von der Idee bis zum fertigen Produkt für seine Kunden. Die Geschäftsbereiche befinden sich in der Medizintechnik, der technischen Optik sowie in der Halbleitertechnik und Photovoltaik.

Im Besonderen ist Wild darauf spezialisiert optomechatronische Baugruppen, Module, Systeme und Geräte zu entwickeln und zu produzieren.

Die Photovoltaik (PV) gilt als möglicher Zukunftsmarkt, vor allem bieten sich hier die Bereiche der Maschinenbauindustrie bzw. die des Equipmentherstellers als neues Potential für strategische Systempartnerschaften an.

1.3 Ziele der Diplomarbeit

Quantitative Ziele der Arbeit:

- Erhebung des Umsatzpotentials (jener Anteil des Umsatzes im PV- Markt, der vom Unternehmen Wild aktiv genutzt werden könnte) im EU- Raum inkl. Norwegen und der Schweiz, herunter gebrochen auf die verschiedenen Technologien. (Kristallin, Dünnschicht, Konzentrationszellen und organische/anorganische Photovoltaik), sowie auf die einzelnen Prozessschritte in der Herstellung von PV- Modulen.
- Erstellen des Kompetenzprofils durch Befragung von zwei bis drei potentiellen Kunden je Fertigungsschritt mit Hilfe einer Checkliste in folgenden Bereichen:
 - Entwicklung
 - Konstruktion
 - Mechanische Fertigung
 - Oberflächentechnik
 - Montagetechnik

Qualitative Ziele der Arbeit:

- Aufbereitung der erhobenen Daten für eine aktive Akquisitionsarbeit für den von Wild heute schon nutzbaren Bereich.
- Erstellung eines Kompetenzprofils für eine Bearbeitung des heute noch nicht genutzten Potentials.
- Diese Info soll auch Basis für die Erstellung der Wild- Technologie- Roadmap sein.

1.4 Aufgabenstellung

Zur Aufgabenstellung der Diplomarbeit gehören folgende Punkte:

- Erfassung der Grundlagen sowie eingesetzten Technologien der Photovoltaik.
- Erstellung einer Datenbank mit den potentiellen Entwicklungs- und Produktionsunternehmen für das Herstellungsequipment für PV- Module sowie der Turn- key Anbieter, herunter gebrochen auf die einzelnen Produktionsschritte.
- Erstellung eines Kompetenzprofils für die einzelnen Bereiche

Abbildung 2 verdeutlicht den gesamten Ablauf der Diplomarbeit:

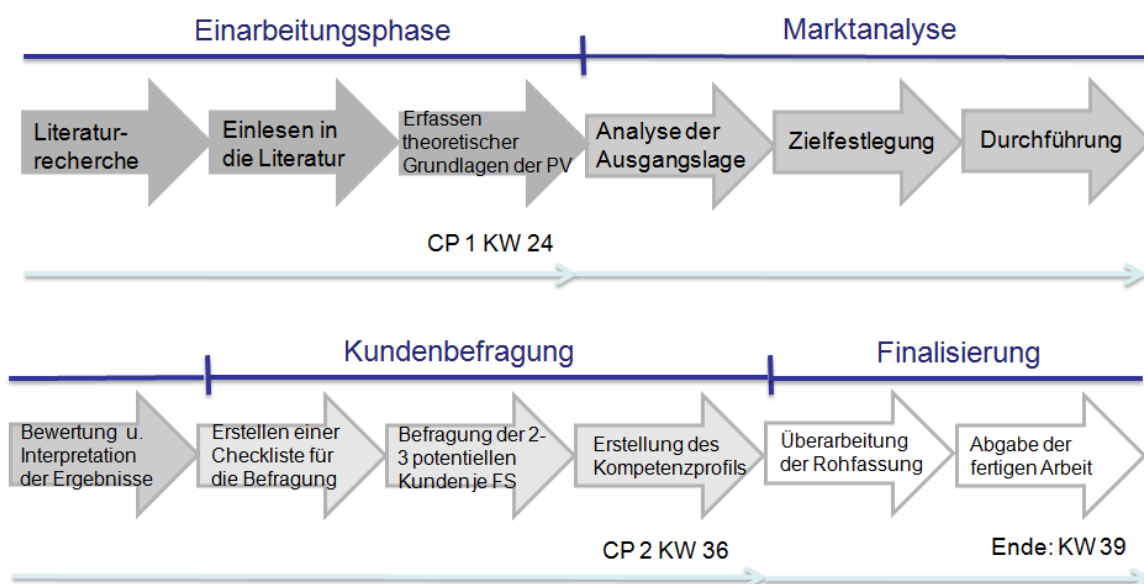


Abbildung 2: Ablauf der Diplomarbeit

1.5 Untersuchungsbereich

- Untersuchungsbereich ist der gesamte EU- Raum inklusive Norwegen und der Schweiz.
- Herstellungsequipment für:
 - Kristallinen Bereich
 - Dünnschicht Bereich
 - Konzentrierter Bereich
 - Anorganischer, organischer Bereich
- Untersucht werden Entwicklungs- und Produktionsunternehmen im Bereich PV- Equipmentherstellung.

1.6 Gliederung der Arbeit

Die folgende Arbeit ist in acht Kapitel gegliedert:

Kapitel 1 stellt die Einleitung der Arbeit mit der Vorstellung des betreuenden Unternehmens Wild, der Schilderung der Ausgangssituation, der Festlegung der Ziele und daraus abgeleitet den Aufgabenstellungen der Arbeit dar. Zum Abschluss dieses Kapitels folgt eine Abgrenzung des Untersuchungsbereiches.

Beginnend mit Kapitel 2 folgen in den nächsten zwei Kapiteln die betriebswirtschaftlichen Grundlagen dieser Arbeit auf denen der anschließende praktische Teil aufbaut.

In **Kapitel 2** werden Grundlagen des Marketings behandelt: es folgt eine kurze Vorstellung der Marktgrößen sowie ein Einblick in die Besonderheiten des Industriegütermarketings.

Kapitel 3 bildet das Gerüst der Marktforschung für den folgenden Praxisteil: Begriffe und Aufgaben der Marktforschung werden erläutert, es wird auf den idealisierten Marktforschungsprozess eingegangen, anschließend werden Formen der Primär- und Sekundärforschung definiert und veranschaulicht. Daraufhin werden Möglichkeiten zur Bewertung von Informationen behandelt. Zum Schluss dieses Kapitels folgt eine kurze Darlegung der Besonderheiten von Marktforschung auf Industriegütermärkten.

Kapitel 4 beginnt mit einer Einführung in die Energieversorgung der Zukunft. Ausgangspunkt dafür liefern mögliche Energieszenarien denen eine kurze Verdeutlichung der Reserven an konventionellen Energieträgern wie Kohle, Erdgas, Erdöl und Kernenergie folgt. Kern dieses Kapitels bildet ein möglicher Lösungsansatz, den Solarenergie liefern könnte.

Kapitel 5 liefert einen Einblick in die Grundlagen der Photovoltaik zum besseren Verständnis des Praxisteils. Beginnend mit einer kurzen Vorstellung über die Herkunft der Photovoltaik, den Aufbau und die Funktionsweise einer Solarzelle werden verschiedene Typen von Solarzellen und PV- Anlagen vorgestellt.

Kapitel 6 beginnt mit einem Einblick in den Herstellungsprozess einer kristallinen und Dünnschicht- Solarzelle und ermöglicht auch, den Fertigungsprozess eines Solarmoduls zu verstehen. Außerdem wird auf alle im Wertschöpfungsprozess der Photovoltaik beteiligten Parteien eingegangen.

Kapitel 7 stellt den Hauptteil der praktischen Arbeit dar: Beginnend mit einer kurzen Situationsanalyse des PV- Equipmentmarktes, anschließend folgt die Festlegung der

zu klärenden Fragestellungen und des Informationsbedarfs. Dem schließt sich die Bestimmung des Marktforschungsdesigns sowie die Abgrenzung des relevanten Marktes in den zehn Teilsegmenten an. Der praktischen Erhebung der Umsatzpotentiale in den Marktsegmenten folgt die Auswertung der Daten. Zudem wird die Marktanalyse durch qualitative Experteninterviews untermauert. Ein kurzes Fazit beendet dieses Kapitel.

Im letzten Kapitel dieser Arbeit, **Kapitel 8**, erfolgt die praktische Befragung einiger ausgewählter Unternehmen zu den von ihnen erwarteten Kompetenzen an den Systempartner Wild. Aus den daraus resultierenden Ergebnissen wird ein Kompetenzprofil abgeleitet.

Die Arbeit schließt mit einer kurzen Zusammenfassung in **Kapitel 9**.

2 Grundlagen des Marketing

Die Ausrichtung des gesamten Unternehmens auf die Bedürfnisse des Marktes ist zum Grundgedanken des modernen Marketings geworden. Hoher Konkurrenzdruck, eine dynamische Marktentwicklung, gesättigte und fragmentierte Märkte, ein schnell änderndes Konsumverhalten sowie steigende Internationalisierung machen es Unternehmen schwierig, sich dauerhaft am Markt zu behaupten.⁵

Um sich deshalb langfristig gegenüber Wettbewerbern durchzusetzen und Kundenbindung sicherzustellen, ist zielgerichtetes Marketing notwendig.

Marketing ist mittlerweile zu einem zentralen Begriff in jedem Unternehmen mit einer immensen Fülle an Informationen geworden. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wird in diesem Kapitel nur auf die für die praktische Marktanalyse bedeutsamen Begriffe eingegangen.

2.1 Der Markt

Unter dem Begriff Markt versteht man ursprünglich einen Ort, an dem Käufer und Verkäufer sich versammeln, um Güter zu tauschen. Volkswirtschaftlich betrachtet wird der Markt als das Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage verstanden: Hier treffen sich alle Käufer und Verkäufer, die sich mit dem Geschäft eines gewissen Produktes beschäftigen. Im Gegensatz dazu bezeichnet der Marketer die Summe der Verkäufer als Industrie, Branche oder Wirtschaftszweig und die Gesamtzahl der Käufer als Markt.⁶

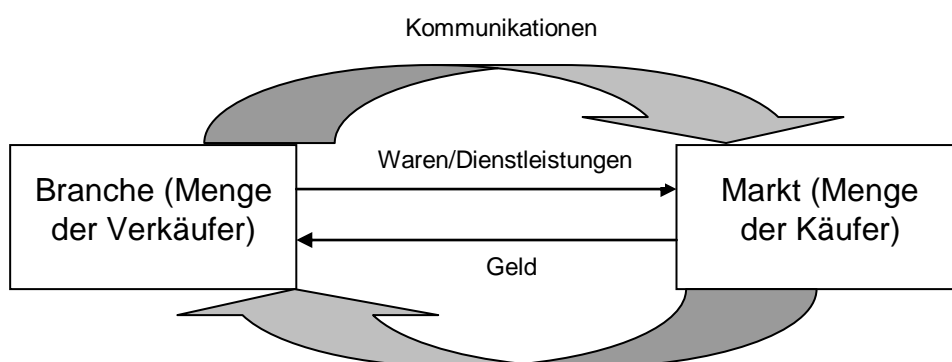


Abbildung 3: Einfaches Marketingsystem

Quelle: Kotler/Keller/Bliemel (2007) S 17

Für eine betriebswirtschaftliche und marketingspezifische Untersuchung in einem Unternehmen ist dieser Begriff jedoch zu grob gefasst, interessant scheint zu diesem

⁵ Vgl. Bruhn (2001), S 13

⁶ Vgl. Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 16

Zweck nur der für das Unternehmen subjektiv relevante Anteil des Marktes. Dieser wird als *relevanter Markt* bezeichnet.⁷

Er beinhaltet „*alle für die Kauf- und Verkaufsentscheidungen bedeutsamen Austauschbeziehungen in sachlicher, räumlicher und zeitlicher Hinsicht.*“⁸

2.1.1 Marktgröße

Wie bereits vorhin erwähnt, kann der Markt als Summe aller potentiellen Käufer eines Produkts aufgefasst werden und somit bestimmt damit auch die Anzahl der Käufer die Größe des Marktes. Aus diesem Grund ist es von großer Relevanz, die möglichen Käufer auch richtig einzuschätzen und zu beurteilen. Eine Bewertung erfolgt üblicherweise unter drei Gesichtspunkten: Dem Interesse, der Kaufkraft und dem Zugang zum Marktangebot.⁹

Marktgrößen dienen unter Betrachtung dieser Kriterien zur Quantifizierung des Marktgeschehens. Folgende vier Größen sind vor allem für das Marketing von großer Bedeutung:¹⁰

- **Marktkapazität:** Maximale Menge einer bestimmten Marktleistung, die zum Preis 0 in einem bestimmten Zeitraum im relevanten Markt abgesetzt werden könnte.
- **Marktpotential:** Gesamter Umsatz oder Absatz aller Anbieter einer bestimmten Marktleistung, der unter optimalem Einsatz der Marketinginstrumente bei heutiger Kaufkraft in einem bestimmten Zeitraum im relevanten Markt erzielt werden könnte.
- **Marktvolumen:** Mengenmäßig: Abgesetzte Menge im Markt, entspricht der Summe aller Absätze aller Anbieter.
Wertmäßig: Geldwert aller Käufe, entspricht der Summe aller Umsätze aller Anbieter im Markt.
- **Marktanteil:** Mengenmäßig: $(\text{Absatz von } X) / (\text{mengenmäßiges Marktvolumen}) * 100\%$
Wertmäßig: $(\text{Umsatz von } X) / (\text{wertmäßiges Marktvolumen}) * 100\%$

⁷ Vgl. Backhaus/Voeth (2007), S 126

⁸ Backhaus/Voeth (2007), S 126

⁹ Vgl. Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 194 f

¹⁰ Michel/Michel-Oberholzer (2009), S 28

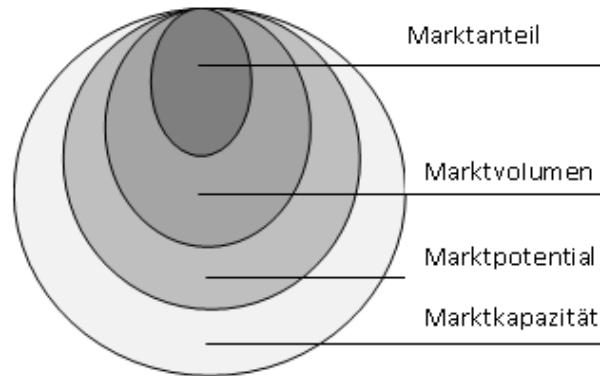


Abbildung 4: Beschreibung der Marktgröße

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Michel/Michel- Oberholzer (2009), S 29

2.2 Industriegütermarketing

Das Industriegütermarketing kann als eigener Bereich des Marketings gesehen werden. Im Gegensatz zum Konsumgütermarketing, bei dem der Kunde am Ende der Wertschöpfungskette als Letztconsument auftritt, beschäftigt sich das Industriegütermarketing mit der Vermarktung von Produkten an Unternehmen oder allgemeiner an beliebige Organisationen, die diese zur eigenen Leistungserstellung beanspruchen. Industriegütermärkten kommt in der Praxis im Vergleich zu Konsumgütermärkten aufgrund ihres um ein Vielfaches höheren Umsatzes eine große quantitative Bedeutung zu. Der Schluss, dass dem Konsumgütermarkt alleine der gegenüber dem Endkunden erwirtschaftete Umsatz zuzuschreiben ist, während alle auf den vorgelagerten Stufen in der Wertschöpfung erlangten Umsätze zur Industriegütervermarktung gehören, macht es ersichtlich, dass dieser Markt einen großen Einfluss hat.¹¹

Zusätzlich hat eine Abgrenzung zum Dienstleistungsmarketing zu erfolgen, die bei Betrachtung des Dienstleistungsmarketings als die Vermarktung von immateriellen Leistungen, nicht immer ohne Überschneidung getroffen werden kann.¹² (Abbildung 5)

¹¹ Vgl. Backhaus/Voeth (2007), S 3

¹² Vgl. Backhaus/Voeth (2007), S 5 ff

| | Güterart | Sachleistungen | Dienstleistungen |
|--------------------------|----------|--------------------------|------------------|
| Kunde | | | |
| Letztkonsument | | Allgemeines Marketing | |
| | | Konsumgütermarketing | |
| Unternehmen/Organisation | | Dienstleistungsmarketing | |
| | | Industriegütermarketing | |

Abbildung 5: Abgrenzung Industriegüter-, Konsumgüter- und Dienstleistungsmarketing

Quelle: Backhaus/Voeth (2007), S 7

Innerhalb des weiten Spektrums von Industriegütern unterscheidet man wiederum vier Typologien d.h. Grundmärkte, die durch unterschiedliche Merkmale gekennzeichnet sind:¹³

- Das Produktgeschäft
- Das Systemgeschäft
- Das Anlagengeschäft
- Das Zuliefergeschäft

2.2.1 Besonderheiten des Industriegütermarketings

Industriegüter- und Konsumgütermärkte haben eigene Charakteristika, die ihre Übertragung auf den anderen Markt nur sehr eingeschränkt oder gar nicht erlauben. Diesen Merkmalen, sie betreffen Nachfrageseite, Anbieterseite sowie Geschäftsbeziehungen, muss bei der Vermarktung eines Industriegutes Beachtung geschenkt werden.¹⁴

Auf der *Nachfrageseite* lassen sich folgende Besonderheiten aufzeigen, die damit zusammenhängen, dass es sich bei den Nachfragenden nicht um Letztkonsumenten, sondern um Organisationen handelt:¹⁵

- Bei der Nachfrage handelt es sich um eine abgeleitete (derivative) Nachfrage, die als Folge der Nachfrage eines Produktes oder einer Leistung, welche mit Hilfe des Industriegutes erstellt werden kann, durch einen Letztkonsumenten herrührt.

¹³ Vgl. Backhaus/Voeth (2007), S 200

¹⁴ Vgl. Backhaus/Voeth (2007), S 10 ff

¹⁵ Vgl. Backhaus/Voeth (2007), S 10 f

- Wie bereits erwähnt, sind die Subjekte auf der Nachfrageseite im Industriegüterbereich Organisationen. Diese müssen nicht zwanghaft Industrieunternehmen, sondern können auch Behörden oder Verbände sein.
- Die Entscheidung zum Kauf oder der Beschaffung wird bei industriellen Abnehmern in der Regel von mehreren Personen getroffen. (Multipersonalität) Teilweise kann die Kaufentscheidung auch durch Multiorganisationalität gekennzeichnet sein. In diesem Fall erfolgt die Einschaltung mehrerer Organisationen in den Entscheidungsprozess.
- Da Kaufprozesse im Industriegüterbereich unterschiedlich komplex sein können, erfolgt der Beschaffungsprozess grundsätzlich nach festgelegten Richtlinien und erstreckt sich über einen längeren Zeitraum. Dieser formalisierte Prozess stützt sich im Allgemeinen darauf, dass eine Vergabe einer erfolgten Ausschreibung entspringt.
- Eine Nachfrage nach Industriegütern bei der nicht nur nationale, sondern auch internationale Anbieter beachtet werden, schließt das Vorkommen von internationalen Marketing- Themenstellungen nicht aus.
- Oftmals geht der Problemlösungsbedarf einer Organisation über die tatsächliche technische Problemlösung hinaus und beinhaltet auch Dienstleistungen wie die Finanzierung, das Projektmanagement oder gar den Betrieb einer Anlage.

Auch auf der *Anbieterseite* unterscheidet sich der Industriegüter- vom Konsumgütermarkt hinsichtlich einiger Besonderheiten:¹⁶

- In Analogie zur Nachfrageseite erfolgt auch der Vermarktungsprozess auf der Anbieterseite multipersonal und multiorganisational. Die Beschaffung erfolgt oftmals durch spezifische Anbietergesellschaften, die auch international agieren können.
- Eine weitere Besonderheit des Industriegütermarketings ist, dass ökonomische Entscheidungen oftmals durch staatliche Regelungen, diese können beispielsweise Übernahme von Kreditrisiken oder Exportförderungen sein, beeinflusst werden.

¹⁶ Vgl. Backhaus/Voeth (2007), S 11 f

- Entscheidend für den Industriegütermarkt ist zudem, dass sich das Angebot im Gegensatz zum Konsumgütermarkt nicht an einen anonymen Kunden richtet, sondern zielgerichtet auf einen identifizierten Abnehmer fokussiert ist.
- Starke Interaktion in der Vermarktung der Güter zwischen Nachfrager- und Anbieterorganisationen machen sich auch im Einsatz der Marketinginstrumente bemerkbar. Im Industriegüterbereich hat beispielsweise der persönliche Verkauf eine herausragende Bedeutung.

Neben der Nachfrager- und Anbieterseite weist auch die *Beziehung zwischen den Geschäftspartnern* eine Besonderheit auf:¹⁷

- Die enge Zusammenarbeit mit dem einzelnen Kunden sowie daraus resultierend die Treue gegenüber dem Lieferanten sind oftmals Ausgangspunkt von langfristigen Geschäftsbeziehungen.

¹⁷ Vgl. Meffert (2005), S 1205

3 Grundlagen der Marktforschung

In diesem Kapitel wird auf die Fundamente der Marktforschung, auf welchen der anschließende praktische Teil der Arbeit der Marktpotentialerhebung und Kompetenzprofilerstellung aufbaut, eingegangen.

3.1 Begriff und Formen der Marktforschung

Nicht nur für das Marketing alleine, sondern auch als Ausgangspunkt für Entscheidungen in anderen Bereichen des Unternehmens, wie Controlling oder Vertrieb, ist die Marktforschung als wichtiges Instrument anzusehen.

Hierbei ist darauf zu achten, dass der Begriff der *Marktforschung* nicht mit dem Begriff der *Marketingforschung* verwechselt werden darf. Die Marktforschung, also die Untersuchung eines gewissen Marktes, ist nur ein Teil der Marketingforschung:¹⁸

So bezeichnet Meffert Marktforschung als „*die systematisch betriebene Erforschung der Märkte (...), insbesondere die Analyse der Fähigkeit dieser Märkte, Umsätze hervorzubringen.*“¹⁹

Je nach Betrachtung kann die Marketingforschung einmal als Erweiterung und Erforschung von Umsetzungsaktivitäten der Marktforschung oder auch als Einschränkung der Marktforschung wahrgenommen werden: Als Erweiterung der Marktforschung kann die Marketingforschung insofern betrachtet werden, als sie neben der Absatzforschung auch die Erfassung unternehmensinterner Informationen und marketingrelevanten Sachverhalte zum Inhalt hat. Im Gegensatz dazu kann Marketingforschung auch enger als der Begriff der Marktforschung gesehen werden, indem Marketingforschung nur die Absatzmärkte des eigenen Unternehmens betrifft, während die Marktforschung auch die Märkte außerhalb des Unternehmens mit einbezieht.²⁰

Tabelle 1 verweist zum Überblick auf die Unterschiede zwischen den beiden Begriffen. Im Folgenden werden die Begriffe Markt- und Marketingforschung synonym verwendet.

¹⁸ Vgl. Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 158

¹⁹ Meffert (2005), S 93

²⁰ Vgl. Meffert (2005), S 93 f

Tabelle 1: Abgrenzung zwischen Marketingforschung und Marktforschung

Quelle: Meffert (2005), S 94

| Marketingforschung (Absatzforschung) | | |
|---|--|--|
| Marketingaktivitäten <ul style="list-style-type: none"> • Distributionsforschung • Preisforschung • Kommunikationsforschung • Konsumentenverhaltensforschung | Absatzmarkt <ul style="list-style-type: none"> • Marktpotential • Absatzpotentiale einer Unternehmung • Marktvolumen • Markentreue • Produkttest | Beschaffungsmarkt <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsmarkt • Kapitalmarkt • Rohstoffmarkt |
| Innerbetriebliche Sachverhalte <ul style="list-style-type: none"> • EDV-Planung • Vertriebskostenanalyse • Kapazitätsprogramme • Lagerplanung | Marktforschung | |

3.2 Aufgaben der Marktforschung

Marktforschung hat ein sehr weit gefasstes Anwendungsgebiet, das sich im Laufe der Zeit immer mehr erweiterte. Kotler verweist im Folgenden auf die häufigsten Aktivitäten der Marketingforschung:²¹

- Trendbeobachtungen
- Marktstrukturanalysen
- Marktpotentialuntersuchungen
- Kurz- und Langfristprognosen
- Untersuchungen von Konkurrenzbeobachtungen
- Absatzpotentialschätzungen für neue Produkte
- Vertriebsuntersuchungen
- Untersuchungen zur Preispolitik
- Werbemittelforschung
- Untersuchungen über Verkaufsförderungsmaßnahmen

Von diesen Einsatzmöglichkeiten, an denen die Marktforschung im Zuge der Marketing- Planung teilnimmt, lässt sich auf ihre möglichen Aufgaben schließen.²²

Dabei stehen fünf Aufgaben im Mittelpunkt:²³

²¹ Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 160

²² Vgl. Bruhn (2001), S 87

²³ Vgl. Bruhn (2001), S 88

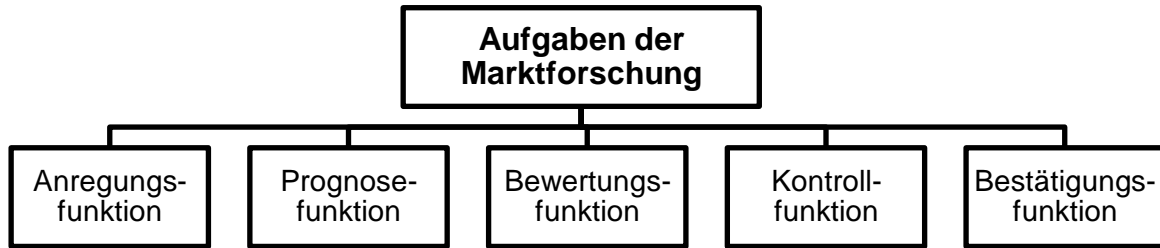


Abbildung 6: Aufgaben der Marktforschung

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bruhn (2001), S 88

- **Anregungsfunktion:** Schaffen von Anstößen für das Auslösen neuer Marketingentscheidungen, für das Auffinden neuer Märkte, Entwicklung neuer Produkte oder auch Produktverbesserungen, Preisadaptierungen oder ähnlichen Vorhaben. Hierbei kann die Marktforschung wertvolle Hinweise geben.
- **Prognosefunktion:** Marktforschung muss mögliche Veränderungen in den Bereichen Markt, Kunden, Handel, Lieferanten, Konkurrenz und Umfeld sowie deren Bedeutung auch für das eigene Geschäft erkennen und prognostizieren.
- **Bewertungsfunktion:** Bei Marketingentscheidungen z.B. bei Neuprodukten, Preisanpassungen, der Bearbeitung von Vertriebskanälen u.a. muss die Marktforschung Entscheidungsalternativen aufzeigen und diese bewerten.
- **Kontrollfunktion:** Marktforschung hat die Aufgabe, marketingrelevante Information zu suchen und zu sammeln. Sie muss andauernd über die Wettbewerbsposition des eigenen Unternehmens und über die Entwicklung der Umfeldfaktoren informiert sein um im Falle von Abweichungen zielgerichtet agieren zu können.
- **Bestätigungsfunktion:** Das Herausarbeiten von entscheidenden Parametern für Erfolge und den Ursachen für Misserfolge von Marketingentscheidungen ist eine wesentliche Aufgabe der Marktforschung.

3.3 Der Marktforschungsprozess

Bevor man mit der Durchführung einer Marktforschungsaktivität beginnt, stehen planerische Überlegungen, die den strukturierten Ablauf der Informationsgewinnung festlegen. Um ein systematisches Vorgehen, das im Falle einer erneuten Marktforschungstätigkeit einfach reproduzierbar ist zu gewährleisten, läuft

Marktforschung bzw. eine Marktforschungsstudie in einzelnen, klar definierten Phasen ab.²⁴

Diese folgen in ihrem Ablauf dem allgemeinen Kommunikationsprozess. (Auswahl– Erhebung– Übermittlung– Verarbeitung– Speicherung- Verwertung)²⁵



Abbildung 7: Der Marktforschungsprozess

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 34

Abbildung 8 zeigt den idealisierten Ablauf einer Marktstudie, ausgehend von einem Marketingproblem bis hin zum Abschluss des Marktforschungsprozesses.²⁶

²⁴ Vgl. Bruhn (2001), S 92

²⁵ Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 34

²⁶ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 36

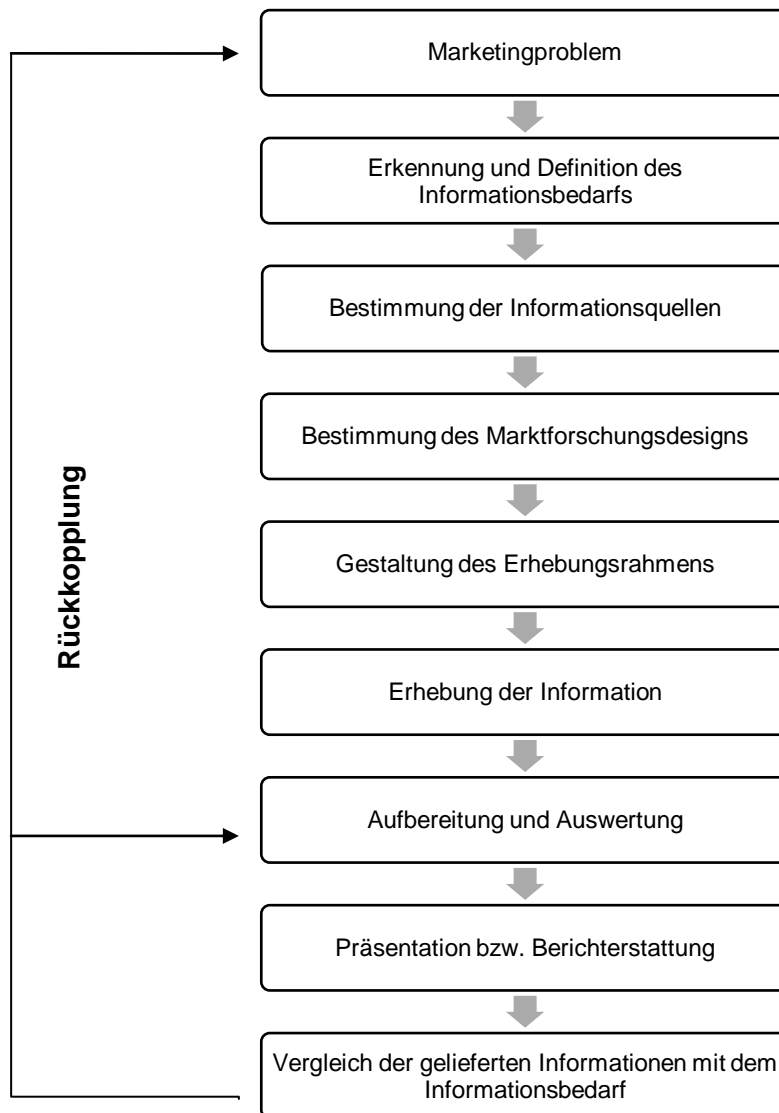


Abbildung 8: Idealtypischer Ablauf des Marktforschungsprozesses

Quelle: Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 36

Marketingproblem

Erster Schritt jeder Marktforschung ist die Definition des Marketingproblems, dem ein Mangel an Information vorhergeht.²⁷

Erkennen und Definition des Informationsbedarfs

Nun wird mit der Festlegung der Aufgabenstellung begonnen. Wichtig hierbei ist es, dass sowohl Marketingmanager als auch Marketingforscher diese klar konkretisieren. Je präziser die Definition am Anfang der Marktforschung erfolgt, desto einfacher wird es schlussendlich sein, eine geeignete Lösung für die jeweilige Problemstellung zu finden.²⁸

²⁷ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 36

²⁸ Vgl. Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 164

Hierbei auftretende Fragestellungen werden einzeln aufgelistet um sie anschließend in verwandte Themenbereiche zu strukturieren und zusammenzufassen. Absicht dieser Vorgangsweise ist es, Untersuchungsziel und -gegenstand auf leichtere Weise festzulegen.²⁹

Dabei muss beachtet werden, dass sowohl das Marketingproblem, als auch die Untersuchungsziele weder zu eng noch zu weit gesteckt werden sollen. Ziel jeder Marktforschung soll doch die Entscheidung unter mehreren Alternativen sein, gibt es zu einer Aufgabe keine möglichen Alternativen, so verlangt diese Thematik auch nach keiner Marktforschungsaktivität.³⁰

Um sich der Sachverhalte bewusst zu werden, werden teilweise dabei nicht nur Sekundärinformationen beachtet, sondern macht man sich mit Hilfe einer Voruntersuchung (pilot- study) mit dem Untersuchungsobjekt bekannt.³¹

Kotler fasst die zwei folgenden Schritte im Marktforschungsprozess als „Forschungsplan“ zusammen. Dieser Forschungsplan enthält neben der Art der Datenquellen, der Datenerhebung, der Forschungsinstrumente, auch den Stichprobenplan und die Befragungsformen. (Tabelle 2) Zusätzlich geht oft ein Kostenvoranschlag mit dem Forschungsplan mit ein.³²

Tabelle 2: Detailentscheidungen zum Forschungsplan

Quelle: Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 166

| Datenquellen: | Datenerhebungsmethoden: | Erhebungsinstrumente: | Stichprobenplan: | Befragungsformen: |
|-----------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Sekundärquellen | Beobachtung | Fragebogen | Grundgesamtheit | schriftlich |
| Primärquellen | Befragung | Technische Geräte | Stichprobengröße | telefonisch |
| | Experiment | | Stichproben-Auswahlverfahren | persönlich |
| | Gruppendiskussion | | | |

Bestimmung der Informationsquellen

Bei den Informationsquellen an sich kann man allgemein zwischen Primär- und Sekundärquellen unterscheiden. Sekundärdaten sind dabei bereits für andere Zwecke erhobene Daten, sie dienen am Anfang der Marktstudie oft dazu, aufzuzeigen, ob für die gegenwärtige Untersuchung überhaupt neue Daten erhoben

²⁹ Vgl. Bruhn (2001), S 92

³⁰ Vgl. Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 164

³¹ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 35

³² Vgl. Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 165 f

werden müssen. Primärdaten sind folglich für den momentanen Sachverhalt speziell erhobene Daten.³³

Die Qualität der erwarteten Ergebnisse, der zu erwartende Zeit- und Kostenaufwand sowie personeller Ressourcen spielen bei der Auswahl der Datenquellen eine entscheidende Rolle.³⁴

Bestimmung des Marktforschungsdesigns

Unter Marktforschungsdesign versteht man die Methode und Art der Erhebung, die zu untersuchende Zielgruppe sowie das gewählte Auswahlverfahren. Als Methode kann die Befragung, die Beobachtung oder der Test in Einsatz kommen. Die Methodenelemente selbst beinhalten Standardisierungsgrad, Kommunikationsweise und Stichprobe (Sample). Als Entscheidungskriterium für die gewählte Methode dienen Art, Umfang und Zuverlässigkeit der gewünschten Resultate, zusätzlich fließen Zeit- und Kostenfaktoren in die Entscheidung mit ein.³⁵

Gestaltung des Erhebungsrahmens

Der Erhebungsrahmen definiert die Befragungssituation, er beschließt die Gestalt und den Inhalt des Fragebogens, bei schriftlichen Befragungen bestimmt er über Ablauf der Beobachtung oder des Experiments.³⁶

Erhebung der Informationen

Die Basis für die Erhebung der Informationen steht mit Hilfe des bereits bestimmten Erhebungsrahmens. Nun muss die Frage geklärt werden, wer die praktische Untersuchung durchführen soll. Infrage kommen dafür entweder Mitarbeiter des eigenen Unternehmens oder es kann auch ein externes Marktforschungsinstitut mit der Untersuchung betraut werden.³⁷

Aufbereitung und Auswertung

Nach Erhebung der benötigten Daten werden diese analysiert und interpretiert um sie für die weitere Verwendung aufzubereiten. Bei Bedarf kann auch eine statistische

³³ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 42 ff

³⁴ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 35

³⁵ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 35 f

³⁶ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 35

³⁷ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 35

Auswertung des Datenmaterials erfolgen. Bei einer externen Erhebung erfolgt oft eine anschließende Sonderauswertung.³⁸

Präsentation und Berichterstattung

Schlussendlich erfolgen die Präsentation der Ergebnisse sowie die anschließende Berichterstattung.³⁹

Vergleich der gelieferten Informationen mit dem Informationsbedarf

Bei einem erfolgreich durchgeführten Marktforschungsprozess sollten alle Fragen, die am Anfang entstanden sind, beantwortet werden und mit den gesuchten Informationen hinterlegt werden.⁴⁰

Ist das der Fall, so kann der Prozess als erfolgreich beendet gesehen werden. Wenn nicht, so muss eine erneute Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgen. Manchmal muss auch einige Stufen weiter zurück gegangen werden bis hin zu einer Neudefinition des Informationsbedarfes oder sogar zu dessen Erkennung.

3.4 Primärforschung

Als Primärforschung (field research) bezeichnet man die Erhebung ursprünglicher Daten. Die meisten Marktforschungsprojekte erfordern die Gewinnung dieser Primärdaten, im Allgemeinen können dadurch genaue Aussagen über das vorliegende Marketingproblem gemacht werden.⁴¹

Grundlegende Instrumente der Primärforschung sind die Befragung, die Beobachtung und das Experiment, die jeweils in vielzähligen Erscheinungsformen auftreten. (siehe Abbildung 9) Darüber hinaus existieren noch weitere Spezialformen der Informationsgewinnung wie z.B. das Panel auf die im Rahmen dieser Arbeit nur kurz eingegangen wird.⁴²

Hauptaugenmerk liegt auf der Befragung, die auch praktisch in dieser Arbeit eingesetzt wurde.

³⁸ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 35

³⁹ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 36

⁴⁰ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 35

⁴¹ Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 49

⁴² Vgl. Meffert (2005), S 154 ff

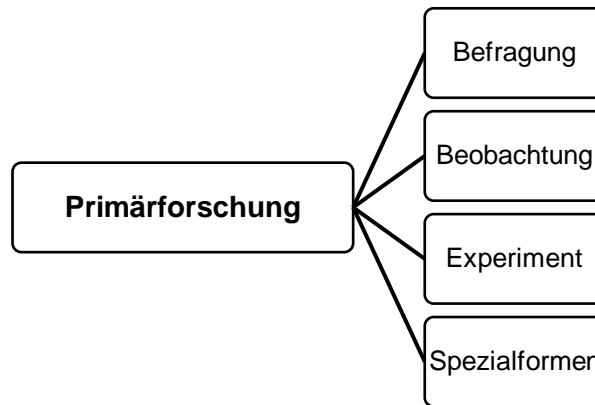


Abbildung 9: Instrumente der Primärforschung

3.4.1 Die Befragung

Die Befragung ist im Rahmen der Primärforschung das am häufigsten gewählte Instrument zur Datengewinnung. Besonders geeignet ist sie für die deskriptive Forschung, sie dient zur Erfassung sowohl des beobachtbaren als auch des nicht beobachtbaren Verhaltens.⁴³

Die Befragung kann ein oder mehrere Themen umfassen, grundsätzlich ist zwischen schriftlicher, persönlicher, telefonischer und Online- Befragung zu unterscheiden.⁴⁴

3.4.1.1 Schriftliche Befragung

Hierbei wird ein vorhin erarbeiteter Fragebogen mit der Bitte um Beantwortung der gestellten Fragen der zu befragenden Person zugesandt. Diese Form der Befragung eignet sich durch einfach formulierte Fragen besonders für Befragungen, die sich leicht standardisieren lassen. Vorteil ist zusätzlich, dass mit relativ geringem Kosteneinsatz eine große Menge von Testpersonen erreicht werden kann. Die Anonymität der Befragungssituation führt auch zu größerer Offenheit bei den Befragten und damit zu getreuen Antworten. Nachteil dieser Befragungsform ist die schwierige Kontrolle der Befragungssituation, die oft zu Missverständnissen führen kann.⁴⁵

3.4.1.2 Persönliche Befragung

Die persönliche Befragung eignet sich besonders gut für Situationen, in denen der befragten Person Unterlagen während des Interviews gezeigt werden müssen und die Möglichkeit von Rückfragen besteht. Dabei wird der vorbereitete Fragebogen im Rahmen eines persönlichen Gesprächs mit dem Befragten durchgegangen und

⁴³ Vgl. Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 171

⁴⁴ Vgl. Bruhn (2001), S 100 ff

⁴⁵ Vgl. Bruhn (2001), S 100

beantwortet. Vorteil der persönlichen Befragung ist die recht hohe Erfolgsquote, auch können im Laufe des Interviews Zusatzfragen gestellt werden. Nachteil ist neben einem hohen Zeit- und Kostenaufwand, die Gefahr, dass der Interviewte unbewusst beeinflusst wird.⁴⁶

3.4.1.3 Telefonische Befragung

Telefonische Befragungen sind zwar ebenso mündlich, sie erlauben auch einen Dialog mit dem Befragten, dennoch fehlt das persönliche Gegenüber. Heutzutage wird meistens die Computer unterstützte Methode dieser Befragungsform (CATI= Computer Aided Telephone Interviewing) eingesetzt. Der Computer steuert dabei gezielt eine Person an und übernimmt auch ihre Anwahl. Der Interviewer liest im Anschluss die Fragen dem Befragten vor, dieser kann dann auch direkt am PC antworten. Vorteil dieser Methode ist der geringe Erhebungsaufwand, der eine schnelle Durchführung garantiert. Auch wird durch die durch das Telefon gegebene Distanz der Interviewereinfluss minimiert. Nachteil ist der eingeschränkte Fragebogenumfang sowie die Themenstellung. Der Interviewer ist oft verunsichert und gehemmt. Dies wirkt sich wiederum auf die Repräsentanz der Befragung aus.⁴⁷

3.4.1.4 Online- Befragung

Durch den Einsatz neuer Medien, wie begleitende Film- oder Tonsequenzen können Nachteile der klassischen Befragungsformen, wie schlechte Darstellungs- und Steuerungsmöglichkeiten, wettgemacht werden. Die Befragung erfolgt bei dieser Methode entweder mit einem Fragebogen im Internet oder mit Hilfe einer per email versendeten Umfrage. Dabei müssen aber die Adressaten bereits in Form von Adresslisten oder Ähnlichem vorliegen. Vorteil der Online- Befragung ist neben der Präsentationsvielfalt die hohe Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber neuen Medien, die zu einer relativ hohen Rücklaufquote führt. Dem gegenüber steht der Nachteil der hohen Kosten, falls geeignete Infrastruktur noch nicht besteht. Auch kann die Kontrolle über die Befragung schwer gewährleistet werden.⁴⁸

3.4.2 Die Beobachtung

Bei der Informationsgewinnung über Beobachtungen werden die gesuchten Antworten nicht direkt erhalten. Vielmehr werden durch Analyse des Verhaltens der

⁴⁶ Vgl. Bruhn (2001), S 101

⁴⁷ Vgl. Bruhn (2001), S 101

⁴⁸ Vgl. Bruhn (2001), S 102

beobachteten Person Rückschlüsse auf marketingrelevante Sachverhalte gezogen. Die Beobachtung eignet sich für alle Vorgänge, die visuell entweder punktuell oder über einen Zeitraum hin erfasst werden können.⁴⁹

Beobachtungen können in zwei Klassen eingeteilt werden:⁵⁰

- Feld- versus Laboratoriumsbeobachtungen
- Persönliche Beobachtungen versus Einsatz apparativer Verfahren zur Beobachtung

3.4.3 Das Experiment und andere Instrumente

Das Experiment stellt im Grunde genommen keine weitere Methode zur Datengewinnung dar, vielmehr erfolgt die Erhebung der Daten durch (apparative) Befragung oder Beobachtung, deren Ziel die Erfassung von Ursache-Wirkungszusammenhängen sowie die Überprüfung zuvor empirisch aufgestellter Hypothesen ist. Charakteristisch für das Experiment ist die Isolation von störenden Einflüssen, wie sie im Labor realisierbar ist.⁵¹

Zusätzlich gibt es noch spezielle Formen der Informationsgewinnung wie beispielsweise das Panel, das eine *„kontinuierliche Erhebung konsumrelevanter Verhaltensweisen ausgewählter Gruppen von Personen oder Organisationen durch eine spezifische Ausprägung und Anordnung von Befragungen und Beobachtungen“* darstellt.⁵²

Darüber hinaus gibt es noch andere Spezialformen wie z.B. psychologische Testverfahren oder auch apparative Verfahren.⁵³

Auf diese Instrumente wird im Rahmen der Diplomarbeit aufgrund der nicht gegebenen Relevanz nicht näher eingegangen.

⁴⁹ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 146

⁵⁰ Bruhn (2001), S 103

⁵¹ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 151

⁵² Bruhn (2001), S 108

⁵³ Vgl. Meffert (2005), S 161

3.5 Sekundärforschung

Unter Sekundärforschung, auch als desk research bezeichnet, versteht man bereits vorhandene Informationen, die entweder für ähnliche oder auch andere Zwecke von Dritten erhoben wurden. Diese Daten sind nahezu unbegrenzt vorhanden und können anschließend analysiert und ausgewertet werden. Sekundärdaten stellen Basisdaten dar, die vor allem die Einarbeitung in neue Themenstellungen erleichtern sowie die Wirtschaftlichkeit der Forschungsarbeit steigern können.⁵⁴

Nach ihrem Bezugsort, ob die Daten bereits im Unternehmen vorhanden sind oder ob sie frei am Markt verfügbar sind, unterscheidet man zwischen *internen*, *externen* sowie *neueren Datenquellen* (Tabelle 3):⁵⁵

Tabelle 3: Sekundärquellen

Quelle: Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 167 f

| |
|--|
| <p>A. Interne Datenquellen</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Gewinn- und Verlustrechnung b. Absatz- und Umsatzstatistik c. Deckungsbeitragsrechnungen d. Kundenkartei e. Außendienstberichte f. Lagerabgänge g. Preislisten h. Berichte aus früheren Primär- und Sekundäruntersuchungen |
| <p>B. Externe Datenquellen</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Berichte von öffentlichen Stellen und Wirtschaftsverbänden <ul style="list-style-type: none"> i. Amtliche Quellen ii. Verbände und Organisationen b. Veröffentlichungen spezieller Institute und Marktforschungsdienstleister c. Wirtschaftspresse, Fachzeitschriften, Bücher d. Firmenveröffentlichungen |
| <p>C. Neuere Datenquellen</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Elektronische Datenbanken b. Datenvermittlungsorganisationen c. Informations- Broker d. Internet |

⁵⁴ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 42 f

⁵⁵ Vgl. Kotler/Keller/Bliemel (2007), S 167 f

3.6 Bewertung von Informationen⁵⁶

Gute Marktforschung stützt sich vor allem auf die Auswahl der richtigen Informationen. Auch können Entscheidungen umso präziser getroffen werden, je geeigneter die Informationsgrundlage ist.

Um nun den Wert von Informationen zu beurteilen, erfolgt ihre Bewertung anhand zweier Kriterien: Zum einen spielt die Qualität eine große Rolle, hierbei werden Informationen anhand qualitativer Kriterien bewertet und es stellt sich die Frage inwiefern sie zur Deckung des Informationsbedarfs beitragen.

Andererseits muss, da die Beschaffung von Daten meistens mit Kosten verbunden ist, eine Einschätzung der Kosten- Nutzen- Rechnung stattfinden.

3.6.1 Qualitative Bewertungskriterien

Die folgenden Kriterien können sowohl zur Bewertung bereits vorhandener Informationen herangezogen werden, auch dienen sie als Maßstab für noch zu beschaffende Daten.

3.6.1.1 Nützlichkeit

Daten sind dann nützlich, wenn sie anhand von Zahlen oder Fakten als Entscheidungsgrundlage verwendet werden können. Kosten- Nutzen- Rechnungen dienen zusätzlich dazu, den Wert der Nützlichkeit abzuschätzen.

3.6.1.2 Vollständigkeit

Die Forderung nach Vollständigkeit ist auch beim Erheben von Informationen zu beachten. Vollständigkeit ist dann gegeben, wenn keine zur Entscheidung notwendigen Informationen vernachlässigt werden. Schwierig beim Sammeln von Daten erweist sich dabei, die Wichtigkeit der einzelnen Daten richtig abzuwägen um gegebenenfalls auf nicht so bedeutendes Informationsmaterial zu Gunsten der wichtigeren Daten zu verzichten.

3.6.1.3 Aktualität

Aktualität ist ein weiteres Kriterium bei der Bewertung von Qualität. Grundsätzlich sind Informationen umso bedeutender, je aktueller sie sind. Vor allem in Bereichen, in denen auf zeitweilige Veränderungen eingegangen werden muss, und in denen

⁵⁶ Vgl. Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 26 ff

schnelle Reaktionsfähigkeit gefordert ist, hat die Aktualität der Informationen höchsten Stellenwert.

3.6.1.4 Wahrheit

Die Wahrheit der Informationen trägt zum Großteil zu einer korrekten Entscheidung bei. Aussagen lassen sich nur selten auf ihre Gewissheit überprüfen, bei den meisten Daten muss auf die Glaubwürdigkeit des Informanten vertraut werden. Vor allem in Fällen, in denen sich Ergebnisse auf Stichprobenuntersuchungen stützen, treffen sich Ergebnisse nur zufällig. Auch lassen sich über zukünftige Erwartungen nur Wahrscheinlichkeitsannahmen machen.

Je nach Wahrscheinlichkeit des Eintritts lassen sich folgende Entscheidungslagen einteilen:

a) Entscheidungen unter Gewissheit

Eine solche Entscheidungssituation liegt dann vor, wenn *„die objektive Wahrscheinlichkeit des Eintritts 100% beträgt, das Ereignis also eindeutig und zuverlässig (...) zu bestimmen ist.“*⁵⁷

b) Entscheidungen unter Ungewissheit (Unsicherheit)

- objektiv- stochastische Entscheidungssituation (= unter Risiko):

Hierbei lassen sich Wahrscheinlichkeiten, dass das Ereignis wirklich eintritt, berechnen.

- subjektiv- stochastische Entscheidungssituation (= mit subjektiver Wahrscheinlichkeit):

Hier entscheidet die persönliche Einstellung des Entscheidungsträgers, sei sie optimistisch oder pessimistisch, über die Eintrittswahrscheinlichkeit.

- indeterministische Entscheidungssituation (= neue Unsicherheit i.e.S.):

Hierbei können den relevanten Kriterien weder objektive noch subjektive Wahrscheinlichkeiten zugeordnet werden. Deshalb werden in diesem Fall Entscheidungsregeln ausgearbeitet, bei denen dann unter erhöhter Risikobereitschaft oder auch Sicherheit gehandelt wird.

⁵⁷ Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 28

3.6.2 Ökonomische Bewertungskriterien

Ökonomisch gesehen lässt sich ein Entscheidungs- Prinzip festlegen: Sind die durch die Verwendung der beschafften Informationen hervorgerufenen Erträge größer als die Kosten ihrer Erhebung, so rentiert sich eine Beschaffung.

Schwierig ist es, den „Mehrwert“ von Daten abzuschätzen, denn es müssen zuerst die richtigen Marketing- Maßnahmen getroffen und deren Wirkung überhaupt abgewartet werden. Zusätzlich lässt sich auch erst nach Vorliegen oder Abschätzung des Ertrages überhaupt beurteilen, inwiefern sich die Informationsbeschaffung überhaupt lohnte. Eine Möglichkeit den Informationswert zu schätzen, ist die Verwendung des Bayes'schen Berechnungsansatzes: Dabei werden vorhin angenommene Ertragseintrittswahrscheinlichkeiten zur Hilfe genommen und zur Bestimmung der Kostenobergrenze mit einer „*Gewinnerwartung bei vollkommener Information*“⁵⁸ gehandelt.

3.7 Marktforschung auf Industriegütermärkten⁵⁹

Naturgemäß ist es nicht möglich, die verschiedenen Güterarten bzw. Geschäftstypen im Hinblick auf Marktforschung zu differenzieren. Berekhoven unterscheidet aus diesem Grund zwischen gewerblicher und nicht gewerblicher Nachfrage, wobei als gewerbliche Nachfrage jene Art der Nachfrage charakterisiert ist, die nicht von privaten Haushalten oder Personen getätigt wird. Gewerbliche Nachfrage umfasst Industrie- und Handelsunternehmen, auch Industriegüter sind demnach ihr zuzuschreiben.

Merkmale des gewerblichen Bedarfs sind:

- Der Bedarf zur Erstellung von Leistungen stammt von Seiten Dritter
- Art und Umfang der Leistungserstellung werden durch den Betriebszweck festgelegt und durch Faktorkombinationen realisiert
- Die zur Bedarfsdeckung notwendigen Mittel dienen nur dem Betriebszweck

Dieser Markt ist im Vergleich zum Konsumgütermarkt kleiner, Beschränkungen ergeben sich vor allem durch die einzelnen Branchen. Kennzeichnend für den gewerblichen Bereich ist trotzdem, dass der Markt im Vergleich zum Konsumgütermarkt mehr Transparenz aufweist. Die Nachfrageseite ist durch ihren Betriebszweck oder ihre Betriebszeichnung erkennbar, somit lassen sich auch

⁵⁸ Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 30

⁵⁹ Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 303 ff

Rückschlüsse auf die Art des Bedarfs bei den Unternehmen ziehen. Zudem sind gewerbliche Märkte durch etwaige Branchenstatistiken und vorhandenes Datenmaterial besser statistisch erfasst. Um spezifische Fragestellungen zu beantworten, reicht dieses allgemeine Datenmaterial zumeist dennoch nicht aus, aus diesem Grund ist auch im Bereich der Industriegüter- Marktforschung eine strukturierte Vorgehensweise wichtig.

Teilnehmer am gewerblichen Markt zeichnen sich durch ein rein sachliches, auf ökonomischen Gesichtspunkten basierendes Verhalten in der Kaufentscheidung aus, psychologische oder soziale Aspekte, wie sie am Konsumgütermarkt zu finden sind, fallen dabei fast gänzlich weg. Technische und wirtschaftliche Produkteigenschaften stehen vielmehr im Vordergrund.

Auch ergibt sich ihr Bedarf rein derivativ, d.h. der Primärstufe (= private Haushalte) nachgelagert, sodass bei einer Ermittlung der zukünftigen Nachfrage nicht nur bedarfsbestimmende Faktoren wie etwa Größe, Kapazität, Auslastungsgrad, technische Verfahren, Alter und Zustand von Anlagen etc. bedeutend sind, sondern auch nachgelagerte Märkte, die das Nachfrageverhalten wesentlich mitbestimmen, analysiert werden müssen. Das macht bewusst, dass Marktforschung in diesem Bereich sehr komplex ist und ihr oft Unsicherheiten anhaften.

Geht es bei der Untersuchung von Konsumgütermärkten, die in der Mehrzahl Massenmärkte sind, in der Regel um die Erhebung und Verarbeitung von Masseninformationen, so können im gewerblichen Bereich mit seiner überschaubaren Anzahl an Marktteilnehmern, oft Vollerhebungen durchgeführt werden. Vielmehr als der statistische Durchschnitt zählen hierbei Einzelinformationen, weshalb qualitative Erhebungsmethoden wie Interviews oder die Delphi- Methode eine große Relevanz haben. Schwierig erweist sich dabei nur die Bestimmung der Untersuchungseinheit, da Produktverwender und Einkäufer oft nicht dieselbe Person sind. Auch kann die Erreichbarkeit der Probanden, -meistens Fachpersonal-, sie ist meistens nur in der Arbeitszeit möglich, sowie ihre Bereitschaft zur Mitarbeit zu Problemen führen. Oft sind befragte Personen aus Gründen der Geheimhaltung oder auch aus Zeitgründen nicht gewillt, Informationen preiszugeben. Dies ist wiederum ein Grund, weshalb Primärerhebungen im Industriegüter- Bereich noch relativ selten zu finden sind.

Da ein wichtiger Bereich in der Marktforschung der Prognose von Marktentwicklungen zukommt, ist auch die Erfassung von Konjunkturfaktoren ein

bedeutsamer Punkt. Kennzeichnend für den Industriegütermarkt sind, im Vergleich zum Konsumgütermarkt, bei dem nur in Zeiten von Rezession ein Nachfrageeinbruch an hochpreislichen Anschaffungen zu verzeichnen ist, große Konjunkturschwankungen, die auch die Investitionsneigung der Unternehmer stark beeinflussen. Das macht es schwierig, Marktprognosen zu erstellen.

3.8 Überleitung

In den letzten zwei Kapiteln wurde auf die Grundlagen des Marketing sowie der Marktforschung zur Einführung in die Thematik und zum besseren Verständnis der praktischen Arbeit eingegangen. Detaillierte Betrachtungen hinsichtlich Untersuchungsfeld und -zeitraum, der Informationsquellen, der Erhebung sowie der Auswertung von Information werden im Kapitel 7 gemacht. Um die Entscheidung der Fa. Wild, eine Marktpotenzialanalyse im Bereich der Equipmentherstellung-Photovoltaik durchzuführen, zu bestärken wird im nächsten Kapitel auf die Problematik der Energieversorgung der Zukunft hingewiesen. Zudem versucht Kapitel 5 eine Einführung in die Photovoltaik zu geben um dem Leser mit dieser recht neuen Form der Energiegewinnung bekannt zu machen, bevor in Kapitel 6 auf den gesamten Wertschöpfungsprozess Photovoltaik mit allen daran beteiligten Parteien eingegangen wird. Kapitel 7 stellt den praktischen Teil der Arbeit mit der Erhebung des Marktpotentials für die einzelnen Marktsegmente dar. Ein Resümee schließt diesen Teil ab. In Kapitel 8 erfolgt abschließend die Erstellung eines Kompetenzprofils durch eine Befragung ausgewählter Unternehmen.

4 Energieversorgung der Zukunft

4.1 Energiewende zur Nachhaltigkeit

Eine aktuelle Studie der UNO prognostiziert, dass die Weltbevölkerung im Jahr 2050 bereits einen Stand von mehr als 9 Milliarden Menschen erreichen wird, derzeit zählt man im Vergleich dazu ca. 6,9 Milliarden Menschen.⁶⁰

Wie Abbildung 10 ersichtlich macht, ist sowohl der Anteil an Europäern, als auch Amerikanern und Australiern kontinuierlich am Schwinden, dennoch zeigt sich nahezu eine Verdoppelung der Afrikanischen Bevölkerung bei gleichzeitig starkem Zuwachs der Asiatischen Population und nahezu konstantem Anteil der Australischen/Ozeanischen Bevölkerung.

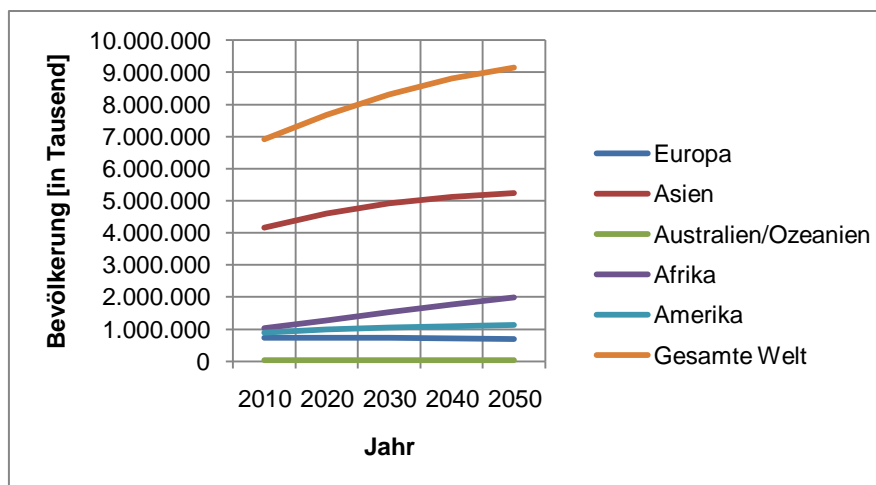


Abbildung 10: Das Wachstum der Weltbevölkerung 2010-2050
Quelle: UNO

Zentraler Punkt dieser Prognosen ist, dass nur etwa ein Viertel der Weltbevölkerung in einem Industrieland lebt, dieser Anteil jedoch nahezu Dreiviertel des globalen Energieumsatzes in Anspruch nimmt. Klares Umdenken der Bevölkerung innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte im Sinne von Energiesparmaßnahmen und einem Strukturwandel in der Industrie haben zu einem kaum merkbaren Anstieg des Energiebedarfs in diesem Teil der Welt geführt. Gleichzeitig kommt es aufgrund von Strukturverbesserungen in den Entwicklungsländern zu einem jährlichen Anstieg an Energie von ca. 6 %. Somit *„droht bis 2050 eine Verdoppelung des Primärenergiebedarfs.“*⁶¹

⁶⁰ Vgl. <http://esa.un.org> (18.5.2010)

⁶¹ www.spiegel.de (18.5.2010)

Doch wie ist der Primärenergiebedarf eigentlich definiert?

Als Primärenergie bezeichnet man jene Energie, die direkt aus der Hydrosphäre, Atmosphäre oder Geosphäre entnommen und die noch keiner vom Menschen verursachten Umwandlung unterworfen ist. Sie umfasst zusätzlich zum eigentlich benötigten Energiebedarf an einem Energieträger diejenige Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenzen bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers erforderlich ist.⁶²

4.2 Szenarien einer zukünftigen Entwicklung⁶³

Die International Energy Agency (IEA) spricht von zwei möglichen Energieszenarien:

4.2.1 Referenzszenario

Das Referenzszenario beschreibt „*wie sich die weltweiten Energiemärkte entwickeln würden, wenn die Regierungen keine Änderungen ihrer bestehenden Maßnahmen und Politiken vornehmen.*“

Dieses Szenario erklärt den leichten Einbruch im Energieverbrauch im Jahr 2009 durch die gegenwärtige Finanzkrise, prognostiziert jedoch bei Konjunkturerholung wieder einen langfristigen Aufwärtstrend. So soll es im Referenzzeitraum [2007-2030] zu einem globalen Anstieg des Primärenergiebedarfs von 1,5 % pro Jahr kommen. Dies entspricht einem kumulierten Anstieg von 40 %, hauptsächlich angekurbelt durch die aufstrebenden Staaten Asiens und dem Nahen Osten. Gleichzeitig ist das Wachstum bis zum Jahr 2015 mit 2,5 % pro Jahr im Vergleich zur gesamten Wachstumsrate erhöht, das anschließend verlangsamte Wachstum kann durch das Erlangen des Reifestadiums der aufstrebenden Nationen und das verringerte Bevölkerungswachstum begründet werden.

Bis zum Jahr 2030 bleiben fossile Brennstoffe mit einem Anteil von 75 % weiterhin Hauptenergieträger, absolut gesehen ist der größte Anstieg im Energiemix bei Kohle, gefolgt von Gas und Öl zu verzeichnen. Hierbei haben die OECD- Länder durch um 1 % jährlich ansteigenden Bedarf an Öl vor allem für den Verkehr einen erhöhten Ölverbrauch. Bei den Nicht- OECD- Ländern kommt es zu einem Sinken des Ölbedarfs bei gleichzeitigem Wachstum des Energiebedarfs für die Stromerzeugung. (Großteil des Anstiegs von 2,5 % pro Jahr). Folge davon ist eine Expansion der

⁶² Vgl. Eyerer/Reinhardt (2000), S 24 f

⁶³ Vgl. <http://www.worldenergyoutlook.org> (25.5.2010)

Stromerzeugungskapazitäten bis zum Jahr 2030 um 4800 GW, davon ist der Großteil China zuzuschreiben.

Wie aus Abbildung 11 ersichtlich, ist eine leichte Erhöhung im Energiemix dem Energieträger Kohle beizumessen, es kommt zu einer Erhöhung auf ca. 40 % bis 2030. Der Bedarf an Kernenergie wird relativ in Regionen außerhalb Europas steigen, dennoch absolut gesehen fallen.

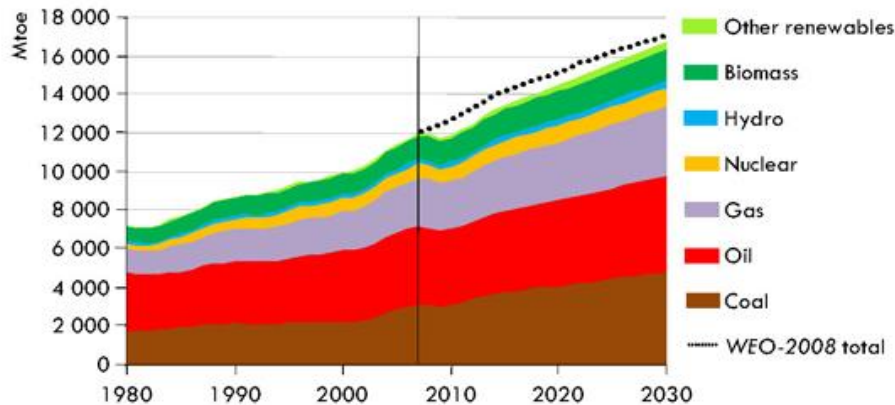


Abbildung 11: Primärenergiebedarf- Energieträger im Referenz Szenario in Mtoe [Mio. t Öl Äquivalent]
Quelle: <http://www.iea.org> (25.5.2010)

Bei Erdgas kommt es zu einem Anstieg der Importe in Asien und Europa, gefährlich könnte hierbei die Preisbeeinflussung durch Russland und den Nahen Osten werden, denn diese Länder verzeichnen die größten Erdöl- und Gasreserven. Abbildung 12 weist auf diese Problematik hin.

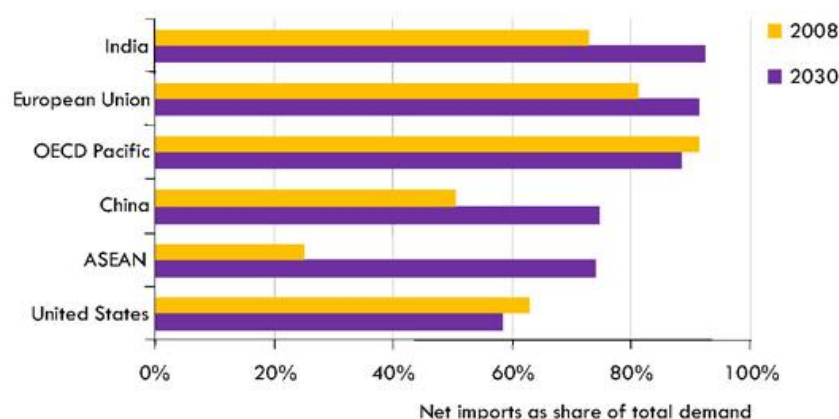


Abbildung 12: Abhängigkeit der größten importierenden Länder vom Netto- Ölimport im Referenzszenario
Quelle: <http://www.iea.org> (25.5.2010)

Hauptaugenmerk ist auf den Anstieg bei den erneuerbaren Energie zu legen: Bis zum Jahr 2030 ist Windenergie im Kommen, bei Wasserkraft kommt es nicht zu einem merkbaren Anstieg. Sinkende Investitionen als Folge der Wirtschaftskrise, die

auf den gefährlichen Weg der fossilen Energienutzung führen und lange Vorlaufzeiten für alternative Energieformen einschränken, gefährden langfristig die Versorgungssicherheit, beschleunigen den Klimawandel und verstärken die Energiearmut. Dadurch sind unabsehbare Versorgungsengpässe, vor allem bei der Öl- und Stromversorgung, möglich. Bis zum Jahr 2030 ist ein Kapitalbedarf von ca. 26 Bill. USD notwendig, davon mehr als die Hälfte für die Stromerzeugung, hier besonders in Entwicklungsländern. Hervorzuheben bei diesem Szenario ist die gestiegene Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen, die gleichzeitig zu einer drastischen CO₂ Erhöhung führt. So kommt es zu einem Anstieg um mehr als 30 % auf insgesamt 40 Giga t im Jahr 2030. Hauptverursacher sind die Nicht- OECD- Länder, in OECD- Ländern kommt es aufgrund von Energiesparmaßnahmen und erhöhter Nutzung von alternativen Energien zu einem Abfall der CO₂ Emissionen. Trotzdem führt der Gehalt von mehr als 1000 ppm CO₂ auf lange Sicht zu einer Temperaturerhöhung um mehr als 6° C mit den damit dramatischen Folgen für die Umwelt.

4.2.2 450- Szenario

Gegenteilig zum oben genannten Referenz-Szenario stellt die IEA ein zweites Szenario, das 450- Szenario, vor. Hierbei kann durch gemeinschaftliche Aktionen der Politik die Treibhauskonzentration in der Atmosphäre langfristig auf einem Wert von 450 ppm CO₂- eq gehalten werden. Daraus resultiert ein verminderter Temperaturanstieg von vergleichsweise geringen 2° C.

In diesem Szenario erreichen die energiebedingten CO₂ Emissionen im Jahr 2020 ihr Maximum, verzeichnen aber ab 2030 einen stetigen Rückgang. Um das zu erreichen, müssen alle OECDplus Länder (alle OECD- Länder plus zusätzlich nicht zur OECD gehörenden EU- Länder) nationale Gesetze zur Emissionsminimierung beschließen. Dazu müssen Obergrenzen für Emissionen im Gebiet der Stromerzeugung und Industrie festgelegt werden, inländische Maßnahmen ergriffen und über CO₂ Zertifikate zur Emissionsreduktion in Nicht- OECD- Ländern beitragen werden. Somit sollen ab 2020 auch schwächere Volkswirtschaften Verpflichtungen zur Emissionsminimierung eingehen. Allein China kann mit einer CO₂ Einsparung von 1 Giga t sehr viel dazu beisteuern. Es kommt zu einem voraussichtlich wieder steigenden Energiebedarf, der gleichzeitig das Streben nach der Einführung CO₂- armer Technologien und Nutzung dieser CO₂- freien oder CO₂- armen

Energiequellen auslöst. So steigt im Referenzzeitraum der Primärenergiebedarf um 20 %, gleichzeitig haben nicht- fossile Energieträger im Jahr 2030 bereits einen Anteil von ca. einem Drittel im gesamten Energiemix. (siehe Abbildung 13) Dennoch bleiben fossile Brennstoffe die wichtigsten Energieträger.

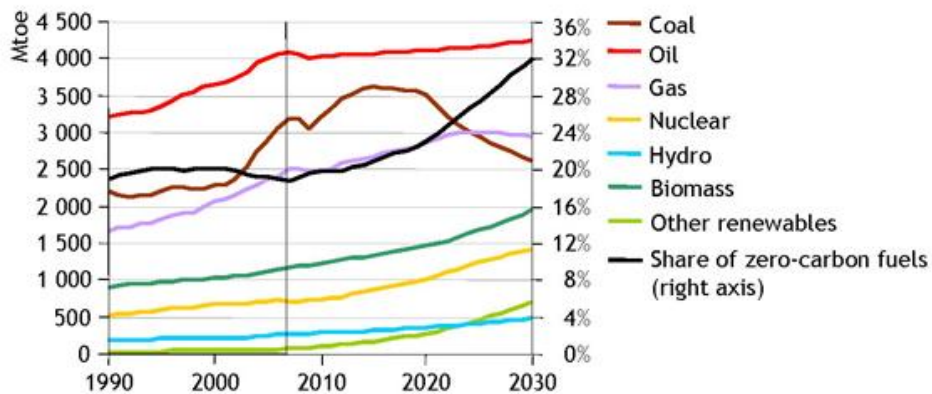


Abbildung 13: Primärenergiebedarf- Energieträger im 450- Szenario
Quelle: <http://www.iea.org> (27.5.2010)

Wie aus Abbildung 14 ersichtlich, kann durch CO₂- Rückführung bei Kraftwerken sowie in der Stromerzeugung durch Nutzung von Kernenergie oder erneuerbarer Energie viel erreicht werden. Alleine letztere Maßnahme erzielt bereits Einsparungen von fast 40 %.

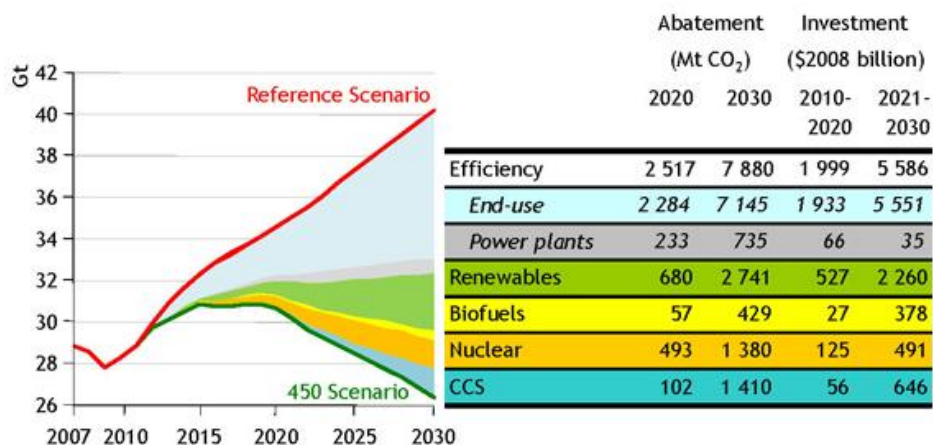


Abbildung 14: Verminderung der CO₂ Emissionen im 450-Szenario
Quelle: <http://www.iea.org> (27.5.2010)

Im Bereich Verkehr werden bereits 60 % der neu zugelassenen Fahrzeuge Elektro- oder Hybridfahrzeuge sein. Diese hochgesteckten Ziele sind mit zusätzlichen Kosten von ca. 10,5 Bill. USD im Vergleich zum Referenzszenario verbunden. Unterstützung der Entwicklungsnationen findet durch Emissionshandel statt.

Der Anteil von Erdgas wird durch den vergleichsweise geringen Anteil an CO₂ besonders in Nicht- OECD- Ländern weiterhin zunehmen und erreicht mit 23 % Anteil am Energiemix geringe Steigerungen als 2009. In den OECD- Ländern kommt es ab 2015 zu einem leichten Abfall dieser Energiequelle zugunsten erneuerbarer Energien und Kernkraft bei der Stromerzeugung. Grundsätzlich ist genügend Vorrat an Erdgas vorhanden, gleichzeitig wird es jedoch zu einem Anstieg der Kosten für die Erschließung neuer Lagerstätten kommen, da bis 2030 ca. 600 Lagerfelder aufgrund von Lagerstättenerschöpfung geschlossen werden müssen. Diese Lagerstätten machen jedoch mehr als die Hälfte der gesamten Kapazität aus. Es ist ein ständiges Anlegen neuer Bohrlöcher notwendig um überhaupt das Produktionsniveau aufrecht zu halten. China, Indien, Australien und Europa verfügen zwar über größere Reserven an unkonventionellem Gas, diese benötigen aber große Wassermengen zur Bohrlochvorbereitung. Unzugänglichkeit der Lagerstätten, Umweltschädlichkeit sowie sehr große Entfernungen vom Pipeline- Netz stellen wichtige Einflussfaktoren dar. Trotzdem wird es zu einer Explosion der Förderung dieses unkonventionellen Erdgases bei früher oder später gleichzeitigem Nachfrageeinbruch kommen. Bei den Ölreserven wird es zu einer vergleichbaren Förderrückgangsrage wie bei Erdgas kommen. Dies führt unweigerlich zu einem Preisanstieg.

Kennzeichnend für dieses Szenario ist weiters, dass es bei den ASEAN- Ländern (Brunei, Kambodscha, Indonesien, Myanmar, Philippinen, Singapur, Thailand und Vietnam) durch erhöhtes Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum zu einem Anstieg von 76 % des Primärenergiebedarfs im Referenzszenario kommen wird, welches im 450- Szenario zwar etwas geringer ist. Zusätzlich ist zu beachten, dass aufgrund des Anteils von nur ca. 1 % an den globalen Erdgasreserven es zu Versorgungsausfällen kommen wird. Diese Länder sind und bleiben importabhängig. Dennoch haben sie aufgrund ihrer physischen und wirtschaftlichen Lage immenses Potential zum Ausbau von erneuerbaren Energiequellen. - Dieses ist aber vielfach ungenutzt. In diesen Ländern ist alleine die Hälfte der bis 2030 benötigten Investitionen von 1,1 Bill. USD für die Stromerzeugung notwendig.

4.2.3 Exkurs: Die Entwicklung des Strombedarfs in Europa

Der Punkt, dass Elektrizität unter anderem leicht kontrollierbar und sauber bei der Anwendung durch den Endnutzer ist, sowie die gesteigerte Anzahl an Verbrauchern und Anwendungen, die ihre Energie nur in Form von Elektrizität beziehen können,

sind Grund genug warum der Strombedarf in Europa jährlich ansteigt. Es können Steigerungsraten der EU- 25 Länder von durchschnittlich 1,5 %/ Jahr im Zeitraum 2010- 2020 sowie 1,2 %/ Jahr im Zeitraum 2020- 2030 angenommen werden.⁶⁴

Für die Berechnung des zukünftigen Bedarfes an elektrischer Energie der EU- 27 im Zeitraum bis 2030 wird auf Grund von fehlendem Datenmaterial ebenso mit den gleichen Steigerungsraten wie der EU- 25 gerechnet. Als Basis werden Daten der Eurostat aus dem Jahr 2008 angenommen, und mit gegebenen Wachstumsraten auf den Verbrauch im Jahr 2010, 2020 und 2030 geschlossen. (Als Wachstumsrate für den Zeitraum 2008- 2010 wird ebenso 1,5 %/ Jahr angenommen)

Die Umrechnung von Mio. t Öl Äquivalent (Mtoe) in Terrawatt Stunden (TWh) erfolgt mit Hilfe folgender Formel:⁶⁵

$$1 \text{ Mtoe} = 7,35 \text{ Mb} = 41,87 \text{ PJ} = 11,63 \text{ TWh}$$

Tabelle 4: Elektrizitätsendverbrauch EU- 27 [2008-2030]

| Jahr | Elektrizitätsendverbrauch pro Jahr EU-27 [Mtoe] | Elektrizitätsendverbrauch pro Jahr EU- 27 [TWh] |
|------|--|--|
| 2008 | 245,53 ⁶⁶ | 2855,56 |
| 2010 | 252,95 | 2941,82 |
| 2020 | 293,55 | 3414,08 |
| 2030 | 330,74 | 3846,51 |

⁶⁴ Vgl. <http://ec.europa.eu> (30.9.2010)

⁶⁵ Vgl. <http://www.agenda21-treffpunkt.de> (30.9.2010)

⁶⁶ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> (30.9.2010)

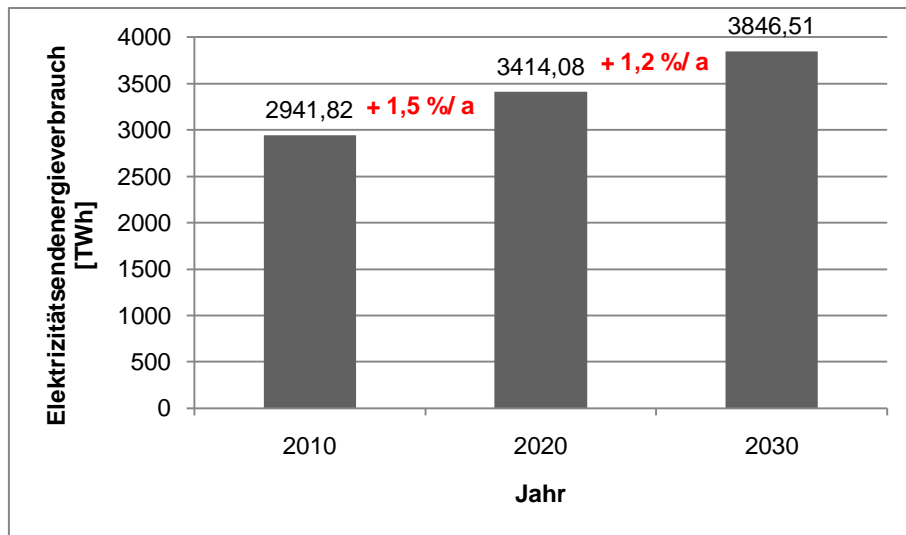


Abbildung 15: Elektrizitätseendverbrauch [TWh] EU- 27

Quelle: Eigene Darstellung aus Berechnung mit Anfangswert (2010) aus <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> (30.9.2010)

Damit ergeben sich folgender jährliche Pro- Kopf- Verbrauch eines durchschnittlichen EU- 27 Bürgers (1TWh= 10^9 kWh):

Tabelle 5: Pro- Kopf- Elektrizitätsverbrauch EU- 27 [2010- 2030]

| Jahr | Einwohner EU- 27 [Tausend] ⁶⁷ | Elektrizitätseendverbrauch pro Jahr EU- 27 [TWh] | Elektrizitätseendverbrauch Pro Bürger pro Jahr [kWh] |
|------|--|--|--|
| 2010 | 499.399 | 2941,82 | 5.890,72 |
| 2030 | 519.942 | 3846,51 | 7.397,95 |

Obiger Elektrizitätseendverbrauch pro Person inkludiert die auf Industrie, Landwirtschaft, Handel, Verkehr, öffentliche Einrichtungen und Haushalt anfallenden Anteile.

Rein auf einen deutschen 4- Personen- Haushalt bezogen, beträgt der jährliche Elektrizitätsverbrauch 4.940 kWh wobei mit wachsender Personenanzahl in einem Haushalt der Pro- Kopf- Verbrauch sinkt und Deutschland im europaweiten Vergleich eher im unteren Mittelfeld liegt.⁶⁸

⁶⁷ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu> , S 8 (7.10.2010)

⁶⁸ Vgl. <http://www.bdew.de> (7.10.2010)

4.3 Reserven an fossilen Energieträgern

Grundsätzlich kann zwischen den Begriffen *Ressourcen* und *Reserven* differenziert werden: Ressourcen sind die größtmöglich zur Verfügung stehenden Mengen ohne gegenwärtige Betrachtung der Wirtschaftlichkeit oder technischen Machbarkeit der Förderung. Bei Reserven handelt es sich um Ressourcen, bei denen die wirtschaftliche und technische Rentabilität bereits in Betracht gezogen wurde.⁶⁹

4.3.1 Kohle

Weltweite Reserven an Kohle betragen derzeit ca. 10^{12} t. Diese Menge stellt aber nur einen Bruchteil (1/7) der möglichen Ressourcen dar.⁷⁰

Dies entspricht somit einer Reichweite von ca. 119 Jahren, die auch bei steigendem Bedarf garantiert werden kann.⁷¹

Bei Betrachtung dieser Kennzahl müssen aber Folgen an der globalen Erwärmung oder Verschmutzung außer Acht gelassen werden.

4.3.2 Erdgas

Erdgas ist bei Annahme der Gleichheit von Gasressourcen und Gasreserven weltweit reichlich vorhanden. Eine Schwierigkeit stellt jedoch die Lokalisierung der Erdgasfelder dar, da Erdgas oft in Verbindung mit Erdöl oder feinstverteilt zwischen Kohle in der Natur vorkommt. Hierbei ist besonders bei der Förderung von Kohle auf die Explosionsgefahr des Gases hinzuweisen.⁷²

Die Reichweite an gesicherten Erdgasreserven beträgt laut BP ca. 62 Jahre.⁷³

4.3.3 Hydriertes Erdgas

Hydriertes Erdgas entsteht bei gleichzeitiger Anwesenheit von hohem Druck und tiefen Temperaturen. Dabei verbindet sich H_2O und CH_4 zu einem Feststoff. An hydriertem Erdgas ist laut aktuellen Schätzungen die doppelte Menge im Vergleich zu Kohle vorhanden. Problematik dabei ist, dass bis dato noch keine technische Lösung zur Förderung von den Tiefen der Weltmeere gefunden wurde, da es sobald, das Gebinde die Oberfläche erreicht, durch den stattfindenden Druckabfall zu einem

⁶⁹ Vgl. Cocks (2009), S 38

⁷⁰ Vgl. Cocks (2009), S 39

⁷¹ <http://www.bp.com> (3.6.2010)

⁷² Vgl. Cocks (2009), S 39 f

⁷³ <http://www.bp.com> (3.6.2010)

Zerfall in Gas kommt. Eine Möglichkeit besteht darin, den in Verbindung mit dem Erdgas stehenden Sand und Matsch durch Erhitzen vom Gas zu trennen.⁷⁴

4.3.4 Erdöl

Der Anteil der Reserven an konventionell gefördertem Erdöl macht ca. 1/3 im Vergleich zu Kohle aus, gleichzeitig ist der Anteil an den Ressourcen mit 10 % weitaus geringer und bereits 2015 wird die Nachfrage an diesem Rohstoff das Angebot übersteigen. Neue Gewinnungsmöglichkeiten bestehen durch Förderung aus Ölsand, -dies ist durch das gestiegene Preisniveau bereits attraktiv-, Ölschiefer oder durch Produktion von synthetischem Öl aus Kohle und Wasser. Letzteres ist extrem energieintensiv, also teuer und verursacht dadurch auch hohe Mengen an CO₂. Zudem fällt bei der Förderung von kleinen Mengen der hohe Energieverbrauch stark ins Gewicht. Bereits jetzt muss der Ölverbrauch gedämmt werden, da die Bevölkerung stärker anwächst als die Ölförderung ansteigt.⁷⁵

BP prognostiziert eine garantierte Reichweite bei Förderung von konventionellen Reserven von nur 45 Jahren.⁷⁶

4.4 Reserven an Kernenergie

Derzeit werden nur Erze mit einem Urangehalt von mehr als 500 ppm abgebaut. Das bedeutet, dass bei einem Abbau von Erzen dieser Qualität eine jährliche Fördermenge von 100 Mio. kg Uran erzielt werden kann. Davon sind aber nur 0,7 %, also 700 000 kg, Uran 235. Würde der Urangehalt des Erzes auf 50 ppm fallen, so müsste gleich die 300- fache Menge Erz abgebaut werden um dieselbe Menge an Energie zu erhalten. Es existiert bereits die Möglichkeit spaltbaren Kernbrennstoff aus U 238 zu erzeugen, gleichzeitig bestehen 10- fache Reserven an U 238 im Vergleich zu U 235. Zusätzlich besteht der Weg Uran durch Granitabbau, Granit ist im Übermaß vorhanden, zu gewinnen. Hierbei ist zu beachten, dass Granit durchschnittlich nur 1 ppm Uran enthält und es einen hohen Aufwand an finanziellen Mitteln und Energie erfordert, um Granit überhaupt abzubauen. Um Granit in ein Mikron große Stücke zu zerkleinern, ist eine größere Menge an Energie erforderlich als man durch Spaltung von U 235 jemals generieren könnte! Der Abbau von Pegmatit und Sandstein, die weitaus größere Mengen an Uran im Vergleich zu Granit

⁷⁴ Vgl. Cocks (2009), S 40

⁷⁵ Vgl. Cocks (2009), S 40 f

⁷⁶ <http://www.bp.com> (3.6.2010)

enthalten, stellt eine weitere Alternative zur Gewinnung von U 235 dar, diese ist jedoch nur bei einem weiteren Anstieg der Energiepreise zu erwägen.

Eine weitaus größere Menge an Uran, das 50 000- fache des Vorrats im Vergleich zu konventionellen Erzen, ist in Meereswasser mit einem Gehalt von 3 mg/m³ vorhanden. Hierbei fällt auch durch den Entfall des Zerkleinerungsschrittes ein Großteil der Abbaukosten weg. Bei alleiniger Nutzung von Erzen mit hohem Urangehalt kann derzeit eine Reichweite von ungefähr 50 Jahren prognostiziert werden. Bei einer zusätzlichen Nutzung von Erzen mit niedrigeren Urangehalten kann sogar eine Reichweite, die der 1000- fachen Reichweite von Kohle entspricht, vorausgesagt werden. Das Hauptproblem dieses Energieträgers wird jedoch immer die kontrollierte Abgabe der Energie sowie die Entsorgung am Ende der Lebensdauer sein.⁷⁷

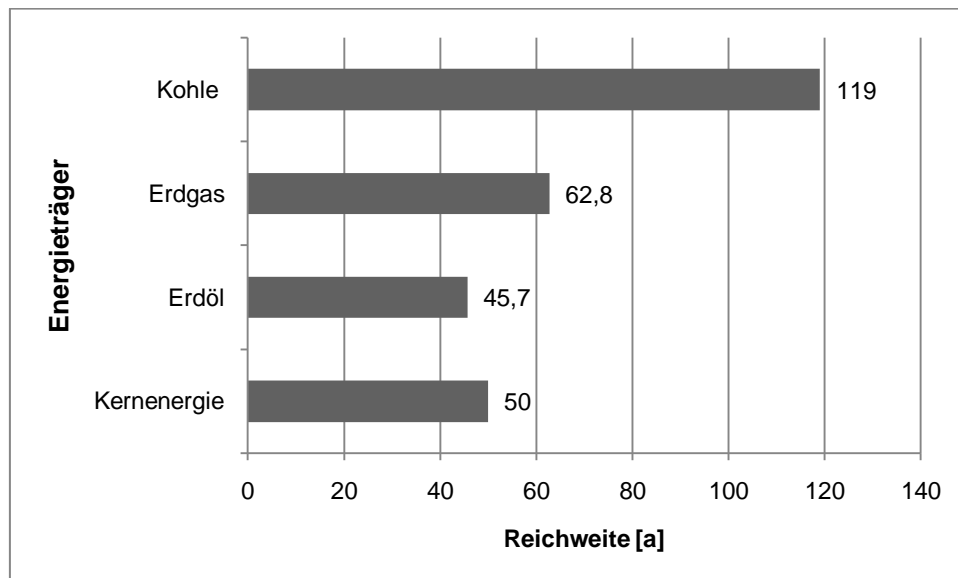


Abbildung 16: Reichweiten verschiedener Energieträger
Quelle: Eigene Darstellung, Zahlenwerte: www.bp.com (3.6.2010)

4.5 Solarenergie

Alle vorhin betrachteten Energieträger sind einer begrenzten Reichweite unterworfen. Einzig allein erneuerbare Energien wie beispielsweise Wind oder Sonnenlicht sind unerschöpflich vorhanden. Auch wenn ein Großteil der von der Sonne zur Erde gelangenden Energie im interstellaren Bereich verschwindet, so überragt die Menge an Energie, die stündlich auf unsere Erdoberfläche trifft, immer noch die gesamte

⁷⁷ Vgl. Cocks (2009), S 51 f

durch fossile, nukleare oder sonstige erneuerbare Energieträger generierte Energiemenge.⁷⁸

4.5.1 Strahlungsangebot Sonne

Der Planet Sonne ist ungefähr 150 Mio. km von der Erde entfernt und kann näherungsweise als Schwarzer Strahler angenommen werden. Schwarze Strahler sind gekennzeichnet durch vollständige Absorption.⁷⁹

Das bedeutet, dass wenn Strahlung auf Materie fällt, so überträgt das Lichtteilchen, das Photon, die gespeicherte Energiemenge entweder vollständig oder gar nicht. Da ein Photon seine Energie nur gequantelt, also vollständig übertragen kann, existiert es nach diesem Übertragungsprozess nicht mehr.⁸⁰

Die durch das Photon übertragene Energie erhöht folglich die Bewegungsenergie des Atoms, zudem kann sie auch seinen inneren Zustand ändern. Dabei werden Elektronen aus der Bindung an ein Atom gelöst und stehen als freie Ladungsträger zur Verfügung. Die Sonne erzeugt durch Fusionsprozesse in ihrem Inneren elektromagnetische Strahlung und Materiestrahlung. Die Strahlung der Sonne Richtung Erde erfolgt isentrop (=richtungsunabhängig), doch nimmt sie mit zunehmender Entfernung von der Sonne quadratisch ab. Über die Exzentrizität der Umlaufbahn und der Temperaturverteilung kann extraterrestrisch ein gemittelter Wert von $E_0 = 1367 \text{ W/m}^2$, auch bekannt als *Solarkonstante*, festgestellt werden. Dieser Wert ist aufgrund des Vorhandenseins von Sonnenflecken geringen Schwankungen von +/-1 % unterworfen.⁸¹

Nicht die gesamte Menge an Strahlung erreicht den Planeten Erde. An einem klaren sonnigen Tag kann ein Strahlungswert von ca. 1000 W/m^2 gemessen werden. Die resultierende Differenz zur Solarkonstanten kann durch Verluste durch Streuung (Rayleigh und Mie- Streuung⁸²) an Luft-, Wasser- und Staubmolekülen sowie durch Absorptions- und Reflexionsvorgänge erklärt werden.⁸³

⁷⁸ Vgl. Cocks (2009), S 65 f

⁷⁹ Vgl. Cocks (2009), S 65 f

⁸⁰ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 54

⁸¹ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 55 f

⁸² „Rayleigh -Streuung erfolgt an Teilchen, deren Durchmesser wesentlich kleiner als die Wellenlänge des Lichts ist. Ihr Streukoeffizient ist umgekehrt proportional zur vierten Potenz der Wellenlänge. Mie-Streuung erfolgt im Gegensatz dazu an Teilchen, deren Durchmesser größer oder gleich der Wellenlänge der Strahlung ist.“ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 64

⁸³ Vgl. Zahoransky (2007), S 240

Die gesamte Menge an Strahlung, die die Erde erreicht, kann auch als *Globalstrahlung* bezeichnet werden und besteht aus diffusen und direkten Komponenten.⁸⁴

Die gesamte auf die Erde entfallende Sonnenleistung kann mit $5,6 \cdot 10^{24}$ J/Jahr, das entspricht 178 000 TW, geschätzt werden. Sie teilt sich auf in:⁸⁵

- Reflexion an der Atmosphäre und Erdoberfläche
- Erwärmung der Atmosphäre und der Erdoberfläche: dies bewirkt wiederum Wolkenbildung durch Verdampfen von Wasser und Wind
- Umwandlung in Biomasse: hiervon wird ein geringer Anteil in fossile Brennstoffe umgewandelt

Dieser Energiestrom strahlt am Rückweg vom Planeten Erde wieder ins Weltall zurück, nur die in organischen Bestandteilen und vom Menschen zwischenzeitlich gespeicherten Anteile können gesichert werden. Ungefähr 10 TW an Energie werden vom Menschen durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern genutzt. Energieanteile durch Erdwärme, Vulkane und Gezeiten sind vergleichsweise als gering anzusehen. Ungefähr 3 TW dieser Sonnenenergie verbleiben als grundsätzlich nutzbare Wasserkraft, ca. 10 % davon werden derzeit zur Stromerzeugung genutzt. Wind und Wellen kommen auf eine kinetische Energie in Summe von 370 TW.⁸⁶

Abbildung 17 zeigt die durch die Sonneneinstrahlung bewirkten Energieströme.

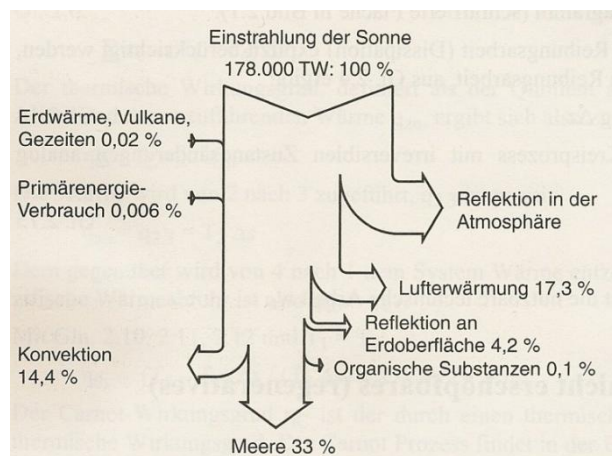


Abbildung 17: Sankey-Diagramm der durch die Sonneneinstrahlung bewirkten Energieströme
Quelle: Zahoransky (2007), S 10

⁸⁴ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 62

⁸⁵ Vgl. Zahoransky (2007), S 9

⁸⁶ Vgl. Zahoransky (2007), S 9 f

Damit sind, zusammen mit der ökologisch nicht unbedenklichen Spaltung von Uran, nur Solar- und Windkraft als regenerative Energiequellen anzusehen.

4.6 Der Lösungsansatz

Photovoltaik erlaubt dem Menschen die Stromversorgung auf allen auf der Erde befindlichen Märkten, sogar im Weltraum durch eine neue Technologie mit anderen Augen zu sehen. Hauptargument dafür ist, dass wirklich jedermann Zugang zu Sonnenlicht hat. Die Photovoltaik ermöglicht es Elektrizität zu generieren, das aber auf einem nachhaltigen Weg, völlig frei von jeglicher Schadstoffbelastung. Elektrizität ist die meistgebrauchte Form von Energie und wird oft in Verbindung mit Lebensqualität gesehen. Sie erlaubt es den Bewohnern von Industrieländern die Bedürfnisse des täglichen Lebens, wie Beleuchtung, Heizung und Kühlung, Hygiene und vieles mehr auf einfachen Weg zu befriedigen.⁸⁷

Abbildung 18 zeigt, aufgetragen über den Index des menschlichen Entwicklungsstandes (HDI)⁸⁸, der meistbevölkerten Staaten der Erde, den jährlichen Bedarf an Elektrizität. Daraus ist klar ersichtlich, dass, um die menschliche Lebensqualität in vielen Ländern zu steigern, es notwendig ist, den Pro- Kopf-Stromverbrauch von einigen Hundert auf mehrere Tausend kWh, also um den Faktor 10 oder sogar höher, anzuheben. Aber wie ist es möglich diesem Energiebedarf nachzukommen?⁸⁹

⁸⁷ Vgl. Luque/Hegedus (2003), S 1 f

⁸⁸ Der Index des menschlichen Entwicklungsstandes (Human development index, HDI) wird von der UN jährlich auf Basis von Lebenserwartung, Bildungsniveau und Brutto- Inlandsprodukt ermittelt.

⁸⁹ Vgl. Luque/Hegedus (2003), S 2

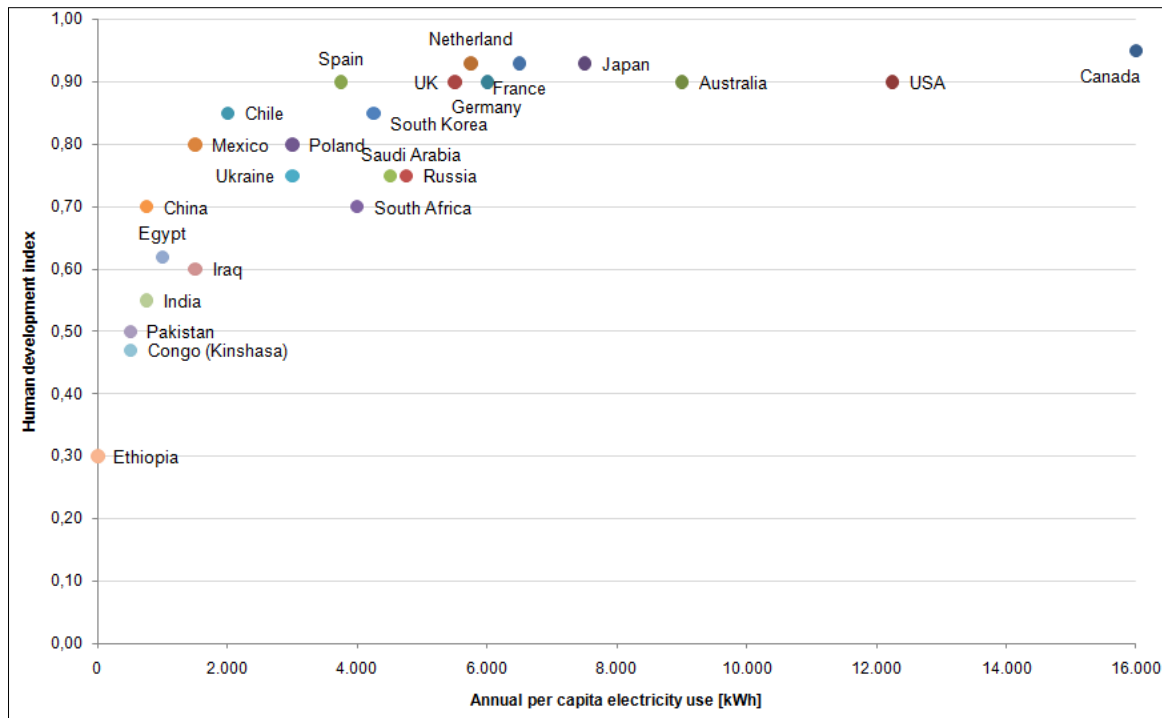


Abbildung 18: Menschlicher Entwicklungsindex (HDI) gegen jährlichen Pro- Kopf- Stromverbrauch [kWh]
Quelle: Luque/Hegedus (2003), S 2

Um den Bedarf an Energie zu decken, wird es weiterhin die Möglichkeit geben, den altbewährten Weg der Nutzung von fossilen Brennstoffen mit den damit verbundenen gigantischen Mengen an ausgestoßenem CO_2 , SO_2 und NO_2 zu wählen. Darüber hinaus besteht der Weg diesen Energiebedarf durch vermehrte Nutzung von Kernenergie, obwohl der Punkt der sicheren Entsorgung des hoch-reaktiven Abfalls immer noch nicht geklärt ist, zu decken. Logisch erscheint auf jeden Fall, dass der vernünftige Weg diese Nachfrage zu decken, an der Nutzung von erneuerbaren, sauberen und nachhaltigen Technologien wie Wind oder Solarenergie keinesfalls vorbei führt. Windenergie kann zwar das Tausendfache an Elektrizität im Vergleich zu Photovoltaik erzeugen, doch ist sie sehr ortsbezogen, Photovoltaik kann dagegen fast überall eingesetzt werden.⁹⁰

Wenn es auch nur gelingen würde einen Teil der auf die Erde treffenden Sonnenstrahlen zu nutzen, so könnte der weltweite Primärenergiebedarf alleine durch die Nutzung von Sonnenenergie gedeckt werden.⁹¹

Natürlich kann diese Behauptung nicht einfach ohne eine kritische Reflexion hingenommen werden. Neben den technischen Nachteilen der Photovoltaik, auf die

⁹⁰ Vgl. Luque/ Hegedus (2003), S 2

⁹¹ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 17

in Tabelle 6/ Kapitel 5.1 näher eingegangen wird, ist natürlich zu beachten, dass alternativ zur Photovoltaik in Zeiten, in denen der Stromverbrauch möglicherweise höher (z.B. Winter) die Sonneneinstrahlung jedoch niedriger ist, eine zusätzliche Energiequelle die Energieversorgung sicherstellen muss.

Auch ist die Möglichkeit, die durch Photovoltaik gewonnene Energie, in Form von Akkumulatoren oder Speicherkraftwerken zu speichern, nicht beliebig erweiterbar.

Neben all diesen und möglichen weiteren Kritikpunkten ist natürlich auch die wirtschaftliche und energetische Seite, auf die in Kapitel 6.3 und 6.4 näher eingegangen wird, zu beachten.

5 Einführung in die Photovoltaik

Ziel dieses Kapitels soll es sein, dem Leser eine kurze Einleitung in das Thema Photovoltaik zu geben. Beginnend mit einem geschichtlichen Einblick in die Materie folgt anschließend eine Darstellung der Funktionsweise eines Solarmoduls. Gleichzeitig werden derzeit am Markt angebotene Technologien von Solarmodulen vorgestellt, sowie ihre Vor- und Nachteile erläutert. Ein abschließender Punkt widmet sich den Anwendungen.

5.1 Was ist Photovoltaik?

Der Begriff der Photovoltaik stammt aus dem Griechischen und leitet sich von *phos*, *photo* (= Licht) und dem Namensgeber der elektrischen Spannung, dem italienischen Physiker Graf von Volta ab.⁹²

Die Photovoltaik ist eine Technologie, die es ermöglicht, Gleichstrom mit Hilfe von Halbleiterelementen bei Einstrahlung von Photonen (Lichtteilchen) zu erzeugen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Sonne scheint, sonst kann es nicht zu einer Stromerzeugung durch den photovoltaischen Effekt kommen. Dafür müssen Solarzellen im Gegensatz zu herkömmlichen Batterien niemals aufgeladen werden und haben eine sehr lange Einsatzdauer im Freien.⁹³

Tabelle 6 weist auf mögliche Vor- und Nachteile der Photovoltaik hin.

Tabelle 6: Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen der Photovoltaik

Quelle: Luque/Hegedus (2003), S 3

| Vorteile: | Nachteile: |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Unerschöpfliche Energiequelle • Keine Schadstoffe, kein Abbrand od. radioaktives Material, das entsorgt werden muss (trägt daher nicht zum Klimawandel od. der Umweltverschmutzung bei) • Geringe Betriebskosten • Keine beweglichen Teile (kein Verschleiß) • Betrieb bei Umgebungstemperatur (keine Hochtemperaturkorrosion od. Sicherheitsrisiken) • Hohe Verlässlichkeit der Solarmodule (> 20 Jahre) • Modulare Bauweise (kleine bis zu großen | <ul style="list-style-type: none"> • Zerstreute Energiequelle (Sonnenlicht hat eine recht relativ geringe Energiedichte) • Hohe Anfangsinvestitionen • Schlechtere Verlässlichkeit bei Verfügbarkeit bei Hilfsteilen • Bis jetzt noch fehlende handelsübliche Systemintegration und Installation • Fehlen eines wirtschaftlich rentablen Energiespeichers |

⁹² Geitmann (2010), S 73

⁹³ Vgl. Luque/Hegedus (2003), S 3

Abstufungen)

- Schnelle Installation
- Integration in bereits bestehende oder neue Gebäudestrukturen
- Installation in fast jedem Betriebspunkt
- Tägliche Spitzenleistung kann lokale Nachfrage erreichen
- Große Akzeptanz durch die Bevölkerung
- Exzellente Sicherheit

5.2 Die Geschichte der Photovoltaik⁹⁴

- **1839:** der Physiker Alexandre E. Becquerel entdeckt den Photoeffekt. Bei Experimenten mit elektrolytischen Zellen stellt er fest, dass sich der Strom, abhängig von etwaiger Beleuchtung, verändert. Dieser von Becquerel erfasste Effekt, bei dem Elektronen unter Lichteinwirkung aus einem Festkörper austreten, wird auch *äußerer Photoeffekt* genannt. Dem gegenüber steht der *innere Photoeffekt*, der für die Photovoltaik von Bedeutung ist. Hierbei treten Elektronen bei Aufnahme der Energie eines Lichtquants in einen energetisch höheren Zustand im Halbleitermaterial, verbleiben aber im Festkörper.
- **1873:** der britische Ingenieur Willoughby Smith beschreibt erstmals den inneren Photoeffekt, er kann eine elektrische Widerstandsänderung von Selen bei unter Einfluss von Beleuchtung nachweisen.
- Im Jahr **1883** kommt es zum Bau eines ersten Solargenerators, eines Vorgängers des heutigen Photovoltaikmoduls, auf der Basis von Selen durch den Amerikaner Charles Fritts. Dieses hat eine Fläche von 30 cm² und einen Wirkungsgrad von 1 %.
- **1905:** Albert Einstein gelingt es nachzuweisen, dass das Licht nicht nur aus elektromagnetischen Wellen, sondern auch aus Energieteilchen, den sogenannten Lichtquanten, besteht. Heute bezeichnet man diese Lichtquanten als Photonen.
- **1954:** die Forscher der Bell Laboratories präsentieren die erste Si-Solarzelle mit p-n-Übergang, die ebenso wie Selen einen Stromfluss bei Lichteinfall verursacht, jedoch bereits Wirkungsgrade von 4-6 % erreichen kann.

⁹⁴ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 122 f

- **1958:** es finden erste Anwendungen von Si-Zellen neben konventionellen Batterien zur Energieversorgung im Satelliten Vanguard 1 statt, der Grundstein für die kommerzielle Solarzellenproduktion ist gelegt.
- **1973:** Die Ölkrise bewirkt ein Umdenken in Sachen erneuerbarer Energie und Photovoltaik. Die Cherry Hill Konferenz in den USA bestätigt Potenzial der Photovoltaik. Weltweit erstes durch solare Energie versorgtes Gebäude.(University of Delaware, USA)
- **1980:** erste Dünnschicht- Solarzelle mit mehr als 10 % Effizienz aus $\text{Cu}_2\text{S}/\text{CdS}$ in den USA
- **1985:** Si Zellen erreichen erstmals einen Wirkungsgrad von 20 % unter Standardbedingungen in Australien
- **1986:** erstes kommerzielles Dünnschicht- Solarmodul⁹⁵
- **1990:** das 1000- Dächer-Programm in Deutschland zeigt erfolgreich die Installation von Photovoltaikanlagen auf Häusern und bewirkt durch die Verabschiedung eines Stromeinspeisegesetzes, dass die Abnahme und Vergütung durch Energieversorger geregelt wird.⁹⁶
- **1995:** 70 000-Dächer Programm in Japan als Folge des 1000- Dächer-Programms in Deutschland
- **1999:** 100 000- Dächer Programm in Deutschland; die kumulierte weltweit installierte Leistung durch Photovoltaik erreicht die 1 000 MW Grenze
- **2002:** die kumulierte weltweit installierte Leistung durch Photovoltaik erreicht die 2 000 MW Grenze⁹⁷
- Aktuell sind derzeit weltweit fast 23 GW an Leistung installiert.⁹⁸

5.3 Die Solarzelle

Im Folgenden werden Aufbau und Funktionsweise einer Solarzelle kurz erläutert.

5.3.1 Aufbau

Solarzellen werden aus Halbleitermaterialien, heute vorwiegend aus Silizium (Si) hergestellt. Als zweithäufigstes Element der Erde liegt Silizium in der Natur in Form von Quarz und Quarzsand vor und ist deshalb besonders gut zur Herstellung von

⁹⁵ Vgl. Luque/Hegedus (2003), S 12

⁹⁶ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 123

⁹⁷ Vgl. Luque/Hegedus (2003), S 12

⁹⁸ Vgl. www.epia.org, S 5 (18.8.2010)

Halbleitern geeignet. Als Material für Solarzellen wird hochreines Silizium verwendet. Um die zwei unterschiedlichen Schichten der Solarzelle zu erhalten, wird das reine Silizium gezielt verunreinigt. Die Zugabe von fünfwertigen Atomen, - diese haben fünf Valenzelektronen in der äußeren Hülle, ein Vertreter davon ist beispielsweise Phosphor-, zum vierwertigen Silizium führt zur n- Dotierung. Diese Schicht stellt den Emitter dar. Die Zugabe von dreiwertigen Atomen, beispielsweise Bor, führt zur p- Dotierung. Diese Schicht stellt dann die Basis dar. Zwischen diesen beiden Schichten kommt es zur Ausbildung einer Grenzschicht, dem p-n Übergang, es wirken elektrische Feldkräfte, die sogenannte Sperrschicht.⁹⁹

Abbildung 19 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Solarzelle.

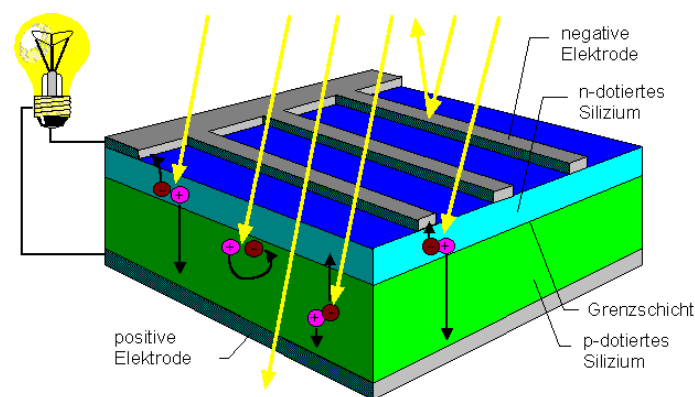


Abbildung 19: Prinzipieller Aufbau einer Solarzelle

Quelle: Quaschnig (2008), S 105

5.3.2 Funktionsweise¹⁰⁰

Halbleiter haben schwach gebundene Elektronen, die sich in einem Energieband, dem sogenannten Valenzband aufhalten. Wird nun eine bestimmte Energieschwelle dem Valenzelektron zugeführt, so werden Bindungskräfte überwunden und das Elektron ist frei und kann ins Leitungsband gelangen, wo es Strom durch das Material ableiten kann. Dennoch ist das freie Elektron immer noch durch den Abstand zwischen den Energiebändern räumlich getrennt. Um nun das Elektron in einen freien Zustand zu führen, ist Energie notwendig. Diese wird durch Lichtteilchen, die besagten Photonen, zugeführt. Photonen beaufschlagen die Valenzelektronen mit Energie und können sie dadurch ins Leitungsband überführen (Abbildung 20). An diesem Punkt sind Metallkontakte angebracht, die die gewonnene Spannung nach außen hin zu einem Verbraucher abführen. Fließt nun Strom durch den Verbraucher,

⁹⁹ Vgl. Zahoransky (2007), S 259

¹⁰⁰ Vgl. Luque /Hegedus (2003), S 3 ff

kommt es zu einer Rekombination und der Vorgang der Ladungsträger kann erneut beginnen.

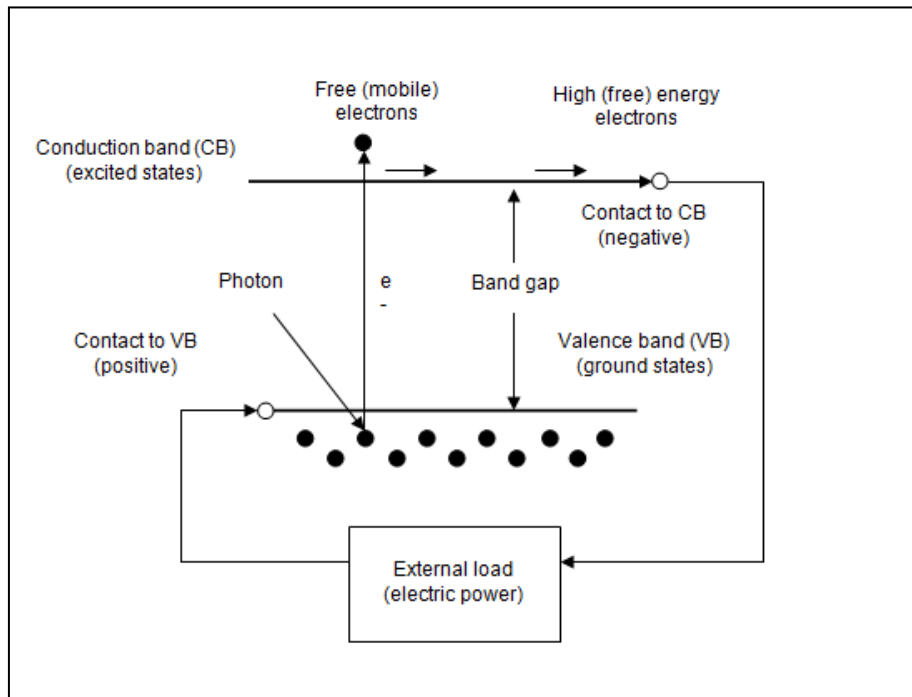


Abbildung 20: Funktionsschema einer Solarzelle
Quelle: Luque/Hegedus (2003), S 4

5.4 Typen von Solarzellen

Allgemein wird zwischen kristallinen, Dünnschicht- und Hochleistungszellen unterschieden. Zusätzlich sind neue Technologien zu nennen.

5.4.1 Kristallines Silizium

Diese Technologie repräsentiert mit einem Anteil von 90 % am gesamten Markt die Haupttechnologie. Sie kann in zwei Hauptkategorien unterteilt werden: monokristalline Siliziumzellen (sc-Si) und polykristalline/multikristalline Siliziumzellen (mc-Si).¹⁰¹

5.4.1.1 Monokristalline Siliziumzellen

Hierbei wird Quarzsand (SiO_2) geschmolzen, der monokristalline Siliziumkristall entsteht, wenn ein Impfkristall mit einem Durchmesser von ca. 10 cm langsam und gleichmäßig aus der Schmelze gezogen wird. Solares Silizium weist hierbei einen Reinheitsgrad von 99,9 % auf. Durch vier Schnitte in Längsrichtung wird der Zylinder auf den semiquadratischen Querschnitt mit gewünschter Grundfläche gebracht.

¹⁰¹ Vgl. http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf, S 7 (1.6.2010)

Anschließend wird er mit Hilfe von Drahtsägen in Hunderte von feinen Scheiben, Wafer genannt, zersägt.¹⁰²

Diese haben eine Dicke von 300 bis 500 µm. Durch Anbringen einer Anti-Reflexionsschicht lässt sich das Spiegeln der Sonnenstrahlen Großteils vermindern, durch eine anschließende Oberflächenbehandlung (z.B. Ätzen) lässt sich der Anteil des reflektierenden Lichts auf etwa drei Prozent verringern.¹⁰³

Monokristalline Siliziumzellen erreichen derzeit Wirkungsgrade von 15 bis 18 %.¹⁰⁴ Abbildung 21 zeigt ein monokristallines PV- Modul.



Abbildung 21: Monokristallines PV- Modul
Quelle: www.archiexpo.de (11.10.2010)

5.4.1.2 Polykristalline Siliziumzellen

Polykristalline Siliziumzellen bestehen im Gegensatz zu monokristallinen Zellen nicht aus einem, sondern aus vielen Kristallen. Hierbei erstarrt flüssiges Silizium in Gefäßen, die entstehenden Blöcke werden ebenso durch Sägen in dünne Wafer zerteilt. Dieses Verfahren punktet durch geringen Material- und Energieverbrauch. Die zwischen den Kristallen liegenden Korngrenzen führen grundsätzlich zu einem geringeren Wirkungsgrad der Zellen im Vergleich zu monokristallinen Zellen, gleichzeitig kann durch bessere Flächenausnutzung im Modul durch Fehlen der abgeflachten Zellecken dieser Nachteil wieder wettgemacht werden.¹⁰⁵

Polykristalline Siliziumzellen weisen Wirkungsgrade von ungefähr 14 % auf.¹⁰⁶

¹⁰² Vgl. Zahoransky (2007), S 259 f

¹⁰³ Vgl. Geitmann (2010), S 75

¹⁰⁴ Vgl. www.iea-pvps.org (31.5.2010)

¹⁰⁵ Vgl. Siemer (2010), S 58

¹⁰⁶ Vgl. www.iea-pvps.org (31.5.2010)

5.4.1.3 Bandgezogenes Silizium

Bei den sogenannten *bandgezogenen Verfahren* werden hauchdünne Scheiben direkt aus der Schmelze gezogen. Diese Verfahren haben den großen Vorteil des geringeren Bedarfs an Silizium und Energie, doch können sie derzeit nur Wirkungsgrade von ca. 13 % erreichen.¹⁰⁷

Patentiert ist das sogenannte „String-Ribbon-Verfahren“ der Fa. Sovello (früher EverQ) bei dem zwei dünne Drähte durch einen Tiegel von geschmolzenem Silizium gezogen werden. Durch diesen Vorgang bildet sich ein 0,2 mm dickes und 80 mm breites Band aus Silizium, das langsam nach oben gezogen wird und sich damit kontinuierlich verlängert. Anschließend wird das so erhaltene Band in 150 mm lange Streifen geschnitten und zu Solarzellen weiterverarbeitet.¹⁰⁸

5.4.2 Dünnschicht

Dünnschicht- Solarzellen unterscheiden sich hinsichtlich der Schichtdicken von herkömmlichen kristallinen Solarzellen. Sie bestehen aus einem Trägermaterial, wie beispielsweise Glas, Edelstahl oder Kunststoff auf das eine nur wenige μ - dicke Halbleiterschicht aufgetragen wird. Grundsätzlich kann man folgende Arten von Dünnschicht- Solarzellen, abhängig vom jeweiligen Halbleiterelement, unterscheiden: amorphes Silizium (a-Si), mikrokristallines Silizium (μ -Si), Kupfer-Indium-Gallium-Selenid/Sulfid Zellen (CIGS/CIS) oder Cadmium-Tellurid (CdTe). Dünnschicht- Zellen sind grundsätzlich billiger als kristalline Zellen herzustellen, ihre Schichtdicken betreffen nur ein Hundertstel jener von kristallinen Zellen, gleichzeitig kommt es aufgrund des Wegfalls des Wafer- Sägens zu einem geringeren Materialschwund.¹⁰⁹ Zusätzlich üben Zellen dieser Bauart bei den Kunden eine höhere Anziehungskraft aufgrund ihres gleichmäßigen Erscheinungsbildes aus. Der Nachteil dieser Technologie besteht nur darin, dass im Vergleich zu konventionellen kristallinen Zellen geringere Wirkungsgrade erreicht werden können.¹¹⁰

5.4.2.1 Mikrokristallines und „mikroamorphes Silizium“

Diese Technologie gehört zu einer der neuesten Modultechnologien. Hierbei werden nur wenige Mikrometer dicke Schichten von mikrokristallinem Silizium auf ein

¹⁰⁷ Vgl. Siemer (2010), S 59

¹⁰⁸ Vgl. <http://www.sovello.com> (31.5.2010)

¹⁰⁹ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 149

¹¹⁰ Vgl. www.iea-pvps.org (31.5.2010)

Substrat aufgetragen, weshalb diese Technologie eigentlich gar nicht mehr in den Bereich Dünnschicht eingeordnet werden kann. Aufgrund der schlechten elektrischen Eigenschaften des mikrokristallinen Materials wird dieses jedoch in mehreren Schichten aufgebracht. Immer öfter wird nun, aufgrund der besseren Eigenschaften, mikroamorphes Silizium verwendet. Dieses ist im Gegensatz zu den seltenen Elementen Indium und Tellur reichlich vorhanden, weshalb diese Technologie langfristig einen Ersatz der konventionellen Dünnschicht- Technologie darstellen könnte. Zudem punkten Zellen dieser Technologie durch ihr gleichmäßiges Erscheinungsbild.¹¹¹

Derzeit können mit dieser Technologie Wirkungsgrade von ca. 6 bis 9% erreicht werden.¹¹²

5.4.2.2 Kupfer- Indium- Gallium- Selenid/Sulfid (CIS/CIGS)

Chalkopyrit (Buntkupfer)- Verbindungen enthalten Kupfer, Indium, Gallium, Selen oder Schwefel, das in bestimmten Mengen als Halbleiter verwendet werden kann. Diese Materialien erlauben eine direkte Absorption des Lichts und können deshalb in Dünnschichttechnologie ausgeführt werden.¹¹³

Lange Zeit galten sie als mögliche Alternative zu Technologien mit herkömmlichem Silizium, nur musste man feststellen, obwohl bei Silizium zeitweise Versorgungsknappheit herrschte, dass Buntkupfer- Verbindungen auf lange Sicht begrenzt vorhanden sind. Trotz des komplexen Herstellungsprozesses hat diese Technologien betreffend ihres Wirkungsgrades großes Potential. Derzeit können Wirkungsgrade von 11 bis 12 % erreicht werden, unter Laborbedingungen konnte man jedoch bereits der 20%- Marke nahekomen.¹¹⁴

5.4.2.3 Amorphes Silizium

Diese Technologie gilt als früheste Variante unter den Dünnschichttechnologien. Dabei wird eine nur einen halben Mikrometer dünne, amorphe Siliziumschicht in Gasphase auf einem Trägermaterial wie Glas oder auch Metall aufgebracht. Danach werden transparente Leiterschichten, die die Abfuhr des Stromes zur Aufgabe haben, aufgedampft. Schlussendlich wird das so entstandene Modul mit Hilfe eines

¹¹¹ Vgl. Siemer (2010), S 56

¹¹² Vgl. http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf, S 7 (1.6.2010)

¹¹³ Bei Auftreffen von Strahlung auf einer Materie überträgt das Photon die Energie auf die Materie, danach existiert es aber nicht mehr. Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 54

¹¹⁴ Vgl. Siemer (2010), S 56

Laserstrahls in mehrere Zellen unterteilt um die gewünschten Strom- und Spannungswerte zu erlangen. Großer Nachteil dieser Technologie sind die äußerst geringen Wirkungsgrade um die 6 %, die durch einen Mehrbedarf an Fläche ausgeglichen werden müssen. Diese Technologie verliert aufgrund des schlechten Wirkungsgrades zunehmend an Bedeutung. Zusätzlich kann durch den Preisverfall des Rohstoffes Silizium die Materialeinsparung nicht wettgemacht werden.¹¹⁵

5.4.2.4 Cadmium- Tellurid (CdTe)

Bei dieser Technologie werden geringe Mengen des hochgiftigen Schwermetalls Cadmium sowie Tellur verarbeitet. Diese beiden Elemente gehen eine stabile Verbindung ein, die sich aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften (hoher Schmelz- und Siedepunkt, niedriger Dampfdruck und Unlöslichkeit in Wasser) sehr gut zur Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität eignet. Untersuchungen haben ergeben, dass die Angst, giftige Cadmium- Dämpfe könnten im Falle eines Brandes freigesetzt werden, nicht bestätigt werden konnte. Cadmium kann außerdem über Recycling in den Kreislauf zurückgeführt werden.¹¹⁶

Die geringen Wirkungsgrade von nur 9 bis 11 % sprechen dennoch nicht für diese Technologie.¹¹⁷

5.4.2.5 Gallium- Arsenid (GaAs)

Diese Elemente sind Bestandteil der 3. Hauptgruppe (Ga) sowie der 5. Hauptgruppe (As) im Periodensystem der Elemente und repräsentieren nach Si die wichtigsten Halbleiterelemente. Aufgrund seines hohen Absorptionskoeffizienten und der guten Ladungsträgerbeweglichkeit eignet sich dieses Material ideal für Solarzellen, daher sind nur sehr dünne photoaktive Schichten notwendig.¹¹⁸

Wegen des komplexen Fertigungsprozesses, herkömmliche Dünnschichttechniken eignen sich für die Herstellung dieser Zellen nicht, sind diese für großflächige Anwendungen zu teuer. Für Konzentrationszellen hat diese Technologie aber großes Potential.¹¹⁹

Vorteile dieser Technologie sind die hohe Temperaturbeständigkeit, der vergleichsweise geringere Leistungsabfall bei Erwärmung im Vergleich zu kristallinen

¹¹⁵ Vgl. Siemer (2010), S 57

¹¹⁶ Vgl. <http://www.solarwirtschaft.de> (1.6.2010)

¹¹⁷ Vgl. http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf, S 7 (1.6.2010)

¹¹⁸ Vgl. Ranawat (2008), S 29

¹¹⁹ Vgl. Pinter (2009), S 66

Si- Zellen, sowie die Beständigkeit gegen UV- Strahlung. Zudem kann bei Verwendung als Tripelzelle (Dies ist eine Mehrfachzelle mit drei p-n- Übergängen) ein Wirkungsgrad von ca. 30 % erreicht werden.¹²⁰

Abbildung 22 zeigt ein Dünnschicht- PV- Modul



Abbildung 22: Dünnschicht- PV- Modul
Quelle: www.archiexpo.de (11.10.2010)

5.4.3 Hochleistungszellen

Hierbei kann man zwischen zwei Konzepten unterscheiden: den sogenannten *Rückkontaktzellen* sowie den *HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin Layer)- Zellen*. Bei ersteren versucht man einfach die auf dem Modul befindliche Fläche der Kontakte zu verkleinern, indem man diese einfach auf der Rückseite der Zellen positioniert. So kann der Wirkungsgrad auf bis zu 19 % gesteigert werden, gleichzeitig haben sie durch den Wegfall der störenden Kontakte auf der Vorderseite ein schöneres Erscheinungsbild. Bei der zweiten Variante, den besagten *HIT- Zellen*, werden auf die Wafer aus monokristallinem Silizium einfach zwei Schichten aus amorphem Silizium aufgebracht. Dadurch schafft man mehrere Halbleiterübergänge, die sich positiv auf den Wirkungsgrad auswirken. (Bis zu 19 %). Diese Zelltechnologie zeichnet sich durch eine höhere Energieausbeute bei hohen Temperaturen aus. Zusätzlich schafft man durch die unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit der Materialien eine Zelle, die Lichtanteile bei ungleichen Strahlungsverhältnissen besser absorbieren kann.¹²¹

5.4.4 Neue Technologien

5.4.4.1 Konzentrationszellen

Bei Konzentrationszellen (auch: Concentrating Photovoltaics, CPV) versucht man mittels Brechungslinsen, Rinnen oder reflektierenden Scheiben, meistens werden

¹²⁰ Vgl. <http://www.photovoltaiik-vergleich.com> (2.6.2010)

¹²¹ Vgl. Siemer (2010) S 60

aus Glas hergestellte Fresnel- Linsen verwendet, einen breiten Spektralbereich des Sonnenlichts zu erfassen und auf eine Solarzelle zu bündeln. Je nach Art des zur Konzentration des Sonnenlichts verwendeten optischen Elements, der Anzahl der Achsen, die dem Lichtstrahl folgen oder dem mechanischen System, kann man verschiedene Technologien von CPV klassifizieren. Die häufig verwendeten Fresnel-Linsen können das Licht entweder punktförmig oder linienförmig erfassen und dann konzentrieren. Sie sind meistens aus Kunststoff gefertigt, lassen sich daher gut formen und zeichnen sich gleichzeitig durch eine hohe Wetterbeständigkeit aus. Alternativ können auch reflektierende Linsen, Spiegeln oder andere reflektierende Oberflächen angewandt werden.¹²²

Schwach- bis mittelkonzentrierte Zellen (bis zur 100- fachen Strahlungsstärke) funktionieren mit hoch effizienten Silizium- Solarzellen. Für stark konzentrierte Zellen, die sogar die 500- fache Konzentration einfacher Sonnenstrahlen erzielen können, werden Halbleiter der dritten (Al, Ga, In) oder fünften (N, P, As, Sb) Hauptgruppe verwendet. Diese Zellen sind im Vergleich zu konventionellen Solarzellen teurer, gleichzeitig kann aber durch die Konzentration die benötigte Zellenfläche reduziert und auch die Effizienz erhöht werden. In der Praxis können derzeit Wirkungsgrade von ca. 23 % erreicht werden, langfristig erwartet man sich Wirkungsgrade von über 40 %.¹²³

Abbildung 23 zeigt eine CPV- Anlage:



Abbildung 23: Concentrating Photovoltaics (CPV)

Quelle: <http://blog.vertography.com> (16.6.2010)

Nachteile dieser Technologie sind einerseits der Punkt, dass die Sonne immer verfolgt und somit die Einrichtung nachjustiert werden muss. Damit sind CPV- Systeme für kleine industrielle Anwendungen und für ans Netz angeschlossene, häusliche, in Gebäuden integrierte Systeme, vollkommen ungeeignet. Andererseits

¹²² Vgl. Swason (2003), S 452 ff

¹²³ Vgl. http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf, S 26 (1.6.2010)

ist es Faktum, dass der Wirkungsgrad mit der Temperatur abnimmt und bei Konzentrationszellen hohe Temperaturen erreicht werden.¹²⁴

Diese Technologie befindet sich gerade am Weg von Pilotanwendungen zu ersten kommerziellen Anwendungen, ihr wird aber großes Zukunftspotential beigemessen.¹²⁵

5.4.4.2 Mehrfachsolarzellen

Mehrfachsolarzellen bestehen aus zwei oder mehr übereinander geschichteten Solarzellen aus unterschiedlichen Materialien. Die einfallende Sonnenstrahlung wird anfangs mit Hilfe eines Konzentrators gebündelt und danach in die unterschiedlichen spektralen Wellenlängen aufgeteilt. Durch die jeweils auf diese Wellenlänge ausgerichtete Zellschicht können optimale Wirkungsgrade erreicht werden.¹²⁶

Im Jahr 2009 konnte der Weltrekord von unglaublichen 41,1 % mit Hilfe einer solchen Zelle aus III- IV Halbleitern von Forschern des Fraunhofer Instituts ISE erreicht werden.¹²⁷

5.4.4.3 Organische Solarzellen

Organische Solarzellen bestehen, wie der Name bereits verrät, aus Werkstoffen der organischen Chemie, also aus Kohlenstoff- Verbindungen. Zur für die Photovoltaik benötigten Ladungstrennung werden zwei unterschiedliche Materialien gebraucht. Das Erste ist ein organisches Material mit halbleitenden Eigenschaften, das über einen starken Absorptionskoeffizienten verfügt. Dies ist meistens ein konjugiertes Polymer oder halbleitendes Molekül, das als Elektronendonator (D) fungiert. Das zweite Material, ein Fulleren¹²⁸ oder auch ein anorganisches Material, dient als Elektronenakzeptor (A). Bei Lichteinfall können dann im Donator Ladungsträgerpaare aus positiven und negativen Ladungsträgern durch Absorption erzeugt werden. Konjugierte Kohlenwasserstoffe dienen hierbei als photoaktive Materie, die in angeregte Zustände übergehen kann. Diese freien Ladungsträger können dann im Elektronenakzeptor abgeschieden werden. Durch mehrere D/A- Übergänge kann eine besonders große Anzahl an Ladungsträgern generiert werden. Organische

¹²⁴ Vgl. <http://cordis.europa.eu> (4.6.2010)

¹²⁵ Vgl. http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf ,S 26 (1.6.2010)

¹²⁶ Vgl. www.mehrfachsolarzellen.de (2.6.2010)

¹²⁷ Vgl. <http://www.ise.fraunhofer.de> (2.6.2010)

¹²⁸ Fullerene sind sphärische Moleküle aus Kohlenstoffatomen. Sie stellen neben Diamant, Graphit und Kohlenstoffnanoröhren weitere Modifikationen des Elements C dar. <http://de.wikipedia.org> (3.6.2010)

Zellen haben auf beiden Zellenseiten Kontakte. Auf der dem Licht zugewandten Schicht wird ein transparenter Kontakt angebracht, auf der Licht abgewandten Seite wird ein konventioneller Metallkontakt verwendet. Diese Kontakte erzeugen wiederum ein elektrisches Feld in der aktiven Schicht, das gleichzeitig die Richtung der Ladungsträger bestimmt und somit für die Funktion als Solarzelle notwendig ist.¹²⁹

Neben geringen Herstellkosten, sind Flexibilität in der Anwendung sowie einfache Handhabung als Vorteile hervorzuheben. Vor allem in der mobilen Energieversorgung sieht man großes Potential. Derzeit können mit Polymerzellen nur geringe Wirkungsgrade von ca. 7 % erreicht werden. Als weiterer Nachteil dieser Technologie kann die begrenzte Lebensdauer von nur einigen Jahren, Kunststoff ist nicht langzeitstabil, gesehen werden.¹³⁰

5.4.4.4 Thermische Photovoltaik (TPV)

Unter thermischer Photovoltaik werden Solarzellen verstanden, die die Fähigkeit besitzen, aus Wärmestrahlung, die von heißen Körpern oder Gegenständen emittiert wird, die beispielsweise durch Verbrennung von Kraftstoffen beheizt werden, Elektrizität zu erzeugen. Die spektrale Übereinstimmung von Strahlungsquelle auf die photovoltaische Zelle führt hierbei zu einer Wirkungsgradverbesserung.¹³¹

Derzeit wird thermische Photovoltaik zur Nutzung von Abwärme von technischen Geräten verwendet. Hierbei können Wirkungsgrade von nur 1 % erreicht werden. Weitere Anwendungsmöglichkeiten befinden sich noch im Entwicklungsstadium.¹³²

5.4.4.5 Farbstoffzelle

Die auch als Grätzel- Zelle bekannte Farbstoffzelle beruht nicht auf dem den anderen PV- Technologien anhaftenden Prinzip des p-n Übergangs. Hierbei wird Strom durch Lichtabsorption eines Farbstoffes erzeugt. Als Halbleiter dient dabei Titandioxid, Farbstoffe können organischer Herkunft wie beispielsweise der Blattfarbstoff Chlorophyll sein. Hinsichtlich potentieller Anwendungen denkt man an den integrierten Einbau dieser Zellen in Dachziegeln oder Hausfassaden.¹³³

¹²⁹ Vgl. <http://www.tu-braunschweig.de> (2.6.2010)

¹³⁰ Vgl. <http://www.bmbf.de> (2.6.2010)

¹³¹ Vgl. Luque/Marti (2003), S 135

¹³² Vgl. <http://www.energieportal24.de> (2.6.2010)

¹³³ European Commission (2009), S 62

Billige Herstellkosten sowie eine ökologisch vollkommen unbedenkliche Fertigung sprechen für diese Technologie. Geringe Wirkungsgrade von nur einigen Prozenten sowie die ungewisse Langzeitstabilität sprechen dagegen.¹³⁴

5.5 Photovoltaik Anlagentypen

5.5.1 Netzgekoppelte PV- Anlagen

Netzgekoppelte Anlagen erfordern im Gegensatz zu Inselanlagen durch den direkten Anschluss ans Stromnetz kein Speichermedium wie beispielsweise Akkus. Dennoch wird zur Umwandlung des von den Solarzellen erzeugten Gleichstroms ein geeigneter Wechselrichter benötigt. Der nicht örtlich gebrauchte Strom wird dabei als Überschuss in das lokale Stromnetz eingespeist.¹³⁵

Dieser Typ von PV- Anlagen kann sowohl als gebäudeintegrierte Anlage als auch als Freiflächenanlage ausgeführt sein.¹³⁶

Bei den netzgekoppelten Anlagen kann man zwei unterschiedliche Konzepte unterscheiden:

5.5.1.1 Dezentrale Anlagen

Einzelne kleinere PV- Anlagen im niedrigeren kW- Bereich versorgen hierbei den ans Netz angeschlossene Kunden direkt. Auch hier wird ein möglicher Überschuss an Strom ins örtliche Stromnetz geleitet.¹³⁷

5.5.1.2 Zentrale Anlagen

Zentrale PV- Anlagen fungieren grundsätzlich als Kraftwerke im größeren kW bis MW- Bereich und speisen den erzeugten Strom unabhängig vom einzelnen Stromabnehmer in das lokale Stromnetz ein.¹³⁸

Abbildung 24 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer netzgekoppelten PV- Anlage mit folgenden Bestandteilen:¹³⁹

1. Solargenerator: in ihm erzeugen die Solarzellen Gleichstrom
2. Generatoranschlusskasten: Verschaltung der einzelnen Module zum Solargenerator
3. Wechselrichter: Umrichtung in Wechselstrom

¹³⁴ Vgl. Ranawat (2008), S 30

¹³⁵ Vgl. Preiser (2003), S 774

¹³⁶ Vgl. Wesselak/Schabbach (2009), S 166

¹³⁷ Vgl. Preiser (2003), S 774

¹³⁸ Vgl. Preiser (2003), S 779

¹³⁹ <http://www.dgs.de> (4.6.2010)

4. Stromzähler: dient zur Stromzählung des eingespeisten Stroms bei Vergütung mit dem Energieversorgungsunternehmen
5. Netzanschluss

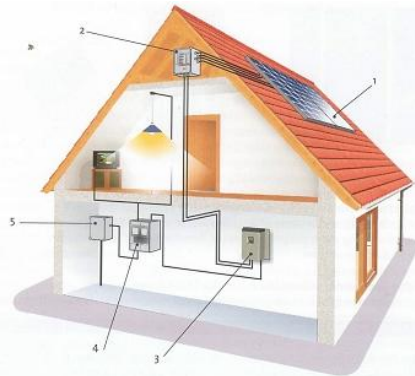


Abbildung 24: Netzgekoppelte PV Anlage

Quelle: <http://www.dgs.de> (Stand: 4.6.2010)

5.5.2 Inselanlagen

PV- Inselanlagen benötigen, da sie an kein Netz gekoppelt sind, grundsätzlich keinen Wechselrichter. Sie arbeiten unabhängig vom jeweiligen Stromversorgungsnetz und sind für vielerlei Anwendungen geeignet. So können sie angefangen von kleinsten Energiemengen wie beispielsweise für die elektrische Versorgung eines Taschenrechners bis hin zu großen Energiemengen für Geräte zur Wasserversorgung einer Gemeinde eingesetzt werden.¹⁴⁰

Je nach Anwendungsfeld kann man folgende Typen unterscheiden:

5.5.2.1 Anlagen in Hausinstallation

Diese Anlagen versorgen Haushalte und Gemeinden, die nicht an ein örtliches Stromnetz angeschlossen sind, mit Elektrizität. Sie finden weltweit Verwendung und stellen die für beispielsweise Licht, Kühlung oder andere häusliche Anwendungen benötigte niedrige Menge an Energie bereit. Oft stellt diese Form der Energieversorgung die beste Variante in abgelegenen Gebieten ohne Stromanschluss dar.¹⁴¹

5.5.2.2 Anlagen, die nicht in häuslichen Anwendungen Verwendung finden

Dieser Typ von PV- Anlagen hat seinen Einsatzort in Gebieten, in denen bereits kleine Mengen an Energie von hohem Wert sind und hat dabei seine Anwendung im Bereich Telekommunikation oder dient der Versorgung mit Wasser durch elektrische

¹⁴⁰ Vgl. <http://www.dgs.de> (4.6.2010)

¹⁴¹ Vgl. www.iea-pvps.org (4.6.2010)

Pumpen. Photovoltaik ist in diesem Bereich im Vergleich zu anderen Strom erzeugenden Quellen konkurrenzfähig.¹⁴²

Um die kontinuierliche Versorgung mit Elektrizität zu garantieren, beinhalten die meisten Inselanlagen einen Energiespeicher in Form von Akkumulatoren. Manche Anwendungen wie beispielsweise LCD- Displays von Taschenrechnern oder Waagen, - die ja ohne Licht nicht gelesen werden können-, kommen ohne externen Energiespeicher aus.¹⁴³

Andere wiederum benötigen Energiespeicher zur Überbrückung von Zeiten von zu geringer oder gar keiner Sonnenstrahlung. Eine dritte Gattung stellen sogenannte Photovoltaik- Hybrid- Systeme dar. Hybrid- Anlagen sind eine Kombination aus einer PV- Inselanlage und einem Diesel- oder anderem Energiegenerator wie beispielsweise einer Windkraftanlage. Ein solches System kann auch bei steigendem Energiebedarf der Nachfrage an elektrischer Energie nachkommen. Mit Hilfe einer integrierten Batterie kann überschüssige Energie gespeichert werden, gleichzeitig sichert sie auch die andauernde Versorgung mit Elektrizität.¹⁴⁴

¹⁴² Vgl. www.iea-pvps.org (4.6.2010)

¹⁴³ Vgl. Preiser (2003), S 755 ff

¹⁴⁴ Vgl. Preiser (2003), S 763 ff

6 Herstellungsprozess Photovoltaik

6.1 Das Modell der Wertkette¹⁴⁵

Jeder Ablauf von Aktivitäten und Tätigkeiten kann als Prozess dargestellt werden. Auch ein Unternehmen kann im Sinne eines prozessorientierten Ansatzes als eine Menge von Handlungen gesehen werden, durch dessen Abfolge ein Produkt oder eine Leistung entworfen, hergestellt, vertrieben, ausgeliefert und unterstützt wird. Die Darstellung der Gesamtheit aller dieser Aktivitäten und Tätigkeiten bezeichnet man als *Wertkette* oder auch *Wertschöpfungskette*.

In ihr und auf die Art und Weise eines Unternehmens wie es seine Aktionen verrichtet, spiegeln sich die Geschichte, die Strategie, die Methoden zur Implementierung der gewählten Strategie sowie die wirtschaftlichen Grundregeln der Tätigkeiten wider. Gleichzeitig zeigt die Wertkette den Gesamtwert eines Unternehmens an, ihr Bestandteil sind die einzelnen Wertaktivitäten sowie die Gewinnspanne. Dabei können Wertaktivitäten in sogenannte *Primäre Aktivitäten* und sogenannte *Unterstützende Aktivitäten* unterteilt werden.

Primäre Aktivitäten leisten dabei einen direkten Beitrag zur Wertschöpfung bei der Erstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung vom Rohstoffeinkauf oder Wareneingang bis zum Kundendienst. Unterstützende Aktivitäten halten die Ausübung der primären Aktivitäten durch Beschaffung von Inputs, Technologie, menschlichen Ressourcen oder anderer Infrastruktur aufrecht. (Abbildung 25)

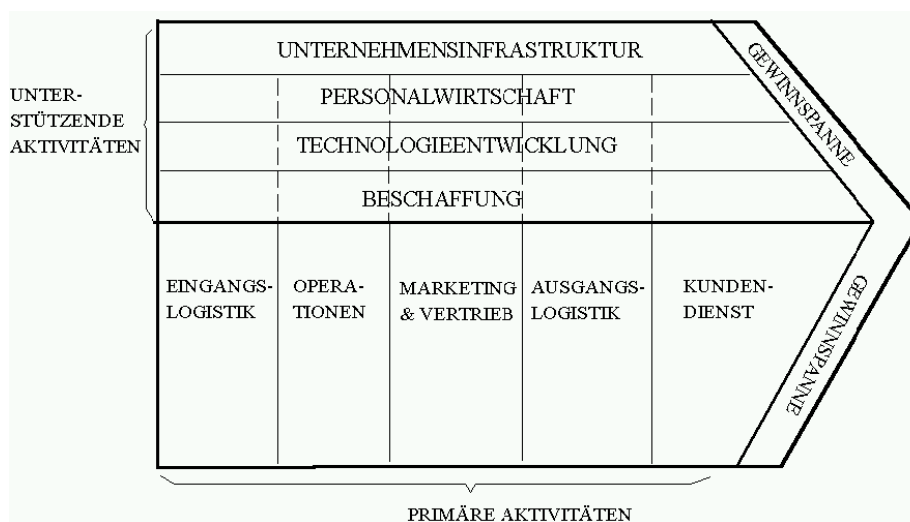


Abbildung 25: Das Modell der Wertkette

Quelle: Porter (2000), S 66

¹⁴⁵ Vgl. Porter (2000), S 66 ff

Lieferanten haben bei der Integration eines Unternehmens in einen breiteren Strom von Tätigkeiten vorgelagerten Wert, schlussendlich wird das Produkt eines Unternehmens Bestandteil der Wertkette des Abnehmers, die einen nachgelagerten Wert darstellt. Die Wertkette gliedert ein Unternehmen nicht nur in die einzelnen strategisch relevanten Tätigkeiten, vielmehr sieht Porter sie als „*analytisches Instrument*“ mit dessen Hilfe Wettbewerbsvorteile identifiziert werden können.¹⁴⁶

6.2 Wertkette der PV- Industrie

Das vorhin erklärte allgemeine Modell der Wertkette nach Porter findet durch geeignete Anpassung auch in der Photovoltaik- Industrie praktische Anwendung. Ganzheitlich betrachtet erstreckt sich dabei die Wertschöpfungskette beginnend bei den Rohstofflieferanten, den Rohstoff (meistens Silizium) verarbeitenden Betrieben, über Wafer-, Zell-, und Modulhersteller sowie Produzenten von Wechselrichtern oder Montagesystemen, über Zulieferer von Maschinen, Messinstrumenten oder elektronischen Bauteilen bis hin zu Händlern und Handwerksbetrieben mit ihren angebotenen Dienstleistungen. Am Ende des Lebenszyklus stehen zudem Betriebe, welche nicht mehr in Verwendung stehende Anlagen demontieren und über Recycling dem Kreislauf zuführen.¹⁴⁷ (siehe auch: Abbildung 26)

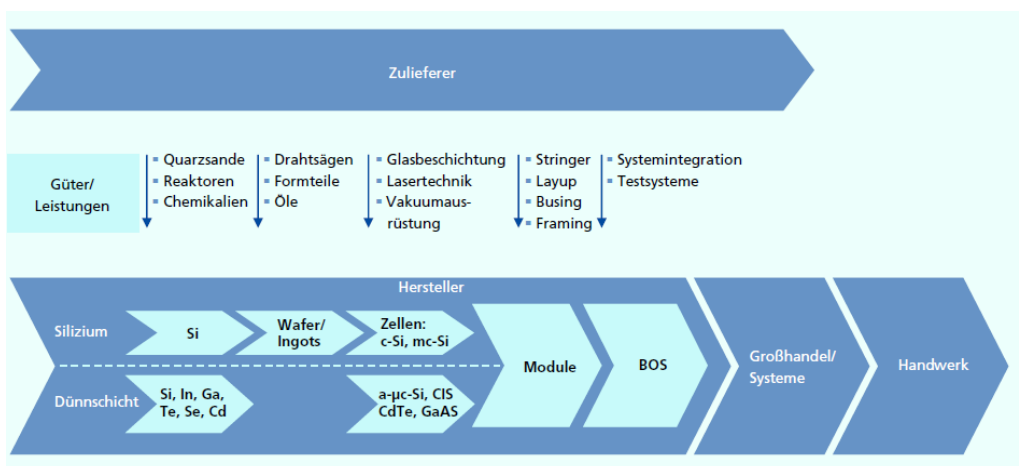


Abbildung 26: Wertschöpfungskette Photovoltaik

Quelle: <http://www.solarwirtschaft.de> (19.7.2010)

Über die klassische Betrachtung nach Porter hinausgehend, sind gerade in der PV-Industrie über unterstützende Aktivitäten einbezogene Institutionen wie Forschung und Entwicklung, die Gesetzgeber sowie die Finanzbranche von großer Bedeutung.

¹⁴⁶ Vgl. Porter (2000), S 67 f

¹⁴⁷ Vgl. <http://www.solarwirtschaft.de> (19.7.2010)

Zudem müssen auch Energieversorgungsunternehmen im Rahmen von primären Aktivitäten in die Betrachtung einfließen.

Um den Rahmen nicht zu sprengen, konzentriert sich diese Arbeit auf den ausgewählten Bereich der Equipment- Zulieferindustrie, in dessen Kategorie auch das Geschäftsfeld des Auftraggebers dieser Arbeit, der Firma Wild, einzuordnen ist. Um den Herstellungsprozess der kristallinen und Dünnschicht- Photovoltaik und die Ermittlung zukünftiger Tätigkeitsfelder der Fa. Wild zu erfassen, wird dieser im nächsten Kapitel dennoch kurz erläutert. Für eine detailliertere Betrachtung sei auf weiterführende Literatur verwiesen.

6.2.1 Produktionsprozess kristalline Photovoltaik¹⁴⁸

Abbildung 27 verweist überblicksmäßig auf die grundlegenden Schritte im Fertigungsprozess:

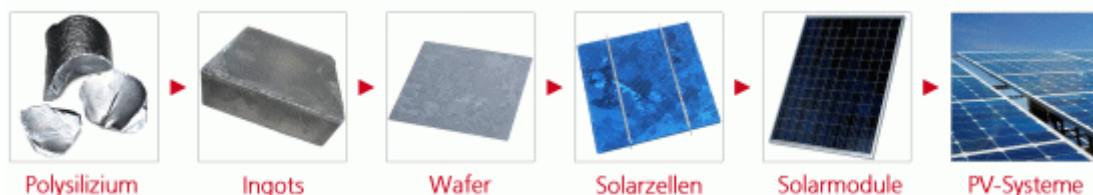


Abbildung 27: Fertigungsprozess kristalline Photovoltaik

Quelle: www.centrotherm.de (19.7.2010)

6.2.1.1 Herstellung von Solarsilizium¹⁴⁹

Der Herstellungsprozess einer kristallinen Solarzelle beginnt mit dem Abbau und der Förderung von Rohsilizium. In der Natur steht Silizium in Form von Quarzit und Sand als Ausgangsstoff für die Silizium- Raffination, -fast ein Viertel der Erdkruste besteht aus SiO_2 , ausreichend zur Verfügung. Dennoch erfordert es einen erheblichen Aufwand an Energie um die für die Herstellung von Solarzellen geforderte Reinheit zu erreichen. Der erste Schritt dazu ist die Herstellung von metallurgischem Silizium mit Hilfe eines elektrischen Lichtbogenofens. Nach diesem Prozessschritt erreicht das Silizium eine Reinheit von Fremdstoffen von 98 % und kann als metallurgisches Silizium (*Metal- grade- silicon, MGS*) bezeichnet werden. Um die für die Herstellung von Solarzellen gewünschte höhere Reinheit von fast 100 % zu erreichen, wird das gewonnene MGS üblicherweise mit dem sehr energieintensiven Siemens- Verfahren zu solarem Silizium (*Solar- grade- silicon, SGS*) aufbereitet.

¹⁴⁸ In Anlehnung an: <http://www.pv-zulieferer.de> (19.7.2010)

¹⁴⁹ Vgl. Wagemann/Eschrich (2007), S 90 ff

6.2.1.2 Waferherstellung

Der erste Schritt zur Herstellung von Wafern, den einige hundert μm dicken Silizium-Scheiben, ist das Herstellen eines Ingots. Ein Ingot ist ein zylinderförmiger Siliziumblock, der mit Hilfe verschiedener Verfahren erzeugt werden kann.¹⁵⁰

Er dient als Basis für alle weiterführenden Produktionsschritte.

Grundsätzlich wird zwischen monokristallinen und polykristallinen Wafern unterschieden:

- *Monokristallin*: hier wird der Wafer durch Kristallziehen und anschließendes Zersägen des Ingots in hauchdünne Scheiben hergestellt.¹⁵¹
- *Polykristallin*: Herstellung durch Blockguss und ebenso Zersägen des Ingots in einzelne Wafer. Hierbei ist der große Materialverlust von 50 % beim konventionellen Sägen zu nennen.¹⁵²

Alternativ sind zur Herstellung auch neuartige Verfahren wie das String- Ribbon-Verfahren oder EFG- Verfahren (Edge-Defined film-fed Growth) zur Herstellung von polykristallinen Wafern zu nennen.¹⁵³

6.2.1.3 Solarzellenprozess

Nach erfolgter Eingangskontrolle der fertigen Wafer auf deren Kontur, Dicke und Oberflächenbeschaffenheit, folgt im nächsten Schritt die Reinigung und Texturierung der Oberfläche mittels Nass- Chemie durch Ätzen. Somit wird die Oberfläche vergrößert und die Absorption verbessert. Der nächste Schritt ist die sogenannte Diffusion, hierbei wird der Wafer dotiert, das heißt die p- leitende Schicht erzeugt, meistens geschieht das mit Phosphor. Mittels eines Diffusion- Ofens wird Phosphor eindiffundiert. In einem weiteren Verfahrensschritt wird das an der Oberfläche abgeschiedene Phosphorsilikatglas (PSG) mittels Ätzbad entfernt. Dieser Schritt ist zugleich eine Kantenisolierung. Um die Absorption des Sonnenlichts der Solarzellen zu erhöhen und die elektrischen Eigenschaften der Oberfläche und des Basismaterials zu verbessern, wird eine Anti- Reflexbeschichtung auf der Vorderseite des Wafers aufgebracht. Dies geschieht üblicherweise durch vakuumchemische Abscheidung.¹⁵⁴ (PECVD¹⁵⁵)

¹⁵⁰ Vgl. www.solarone.de (19.7.2010)

¹⁵¹ Vgl. Wagemann/Eschrich (2007), S 78 ff

¹⁵² Vgl. Wagemann/Eschrich (2007), S 95

¹⁵³ Vgl. <http://www.pv-zulieferer.de> (19.7.2010)

¹⁵⁴ Vgl. Audio- Aufzeichnung Werksführung Blue Chip Energy vom 21.7.2010

Mittels Siebdruck werden auf der Vorder- und Rückseite der Zelle Metallkontakte aufgebracht, die anschließend in einem Sinter- Ofen eingebrannt werden. Abschließender Prozessschritt ist eine zweite optische Inspektion und die Einteilung der Zellen in Qualitätsklassen.¹⁵⁶

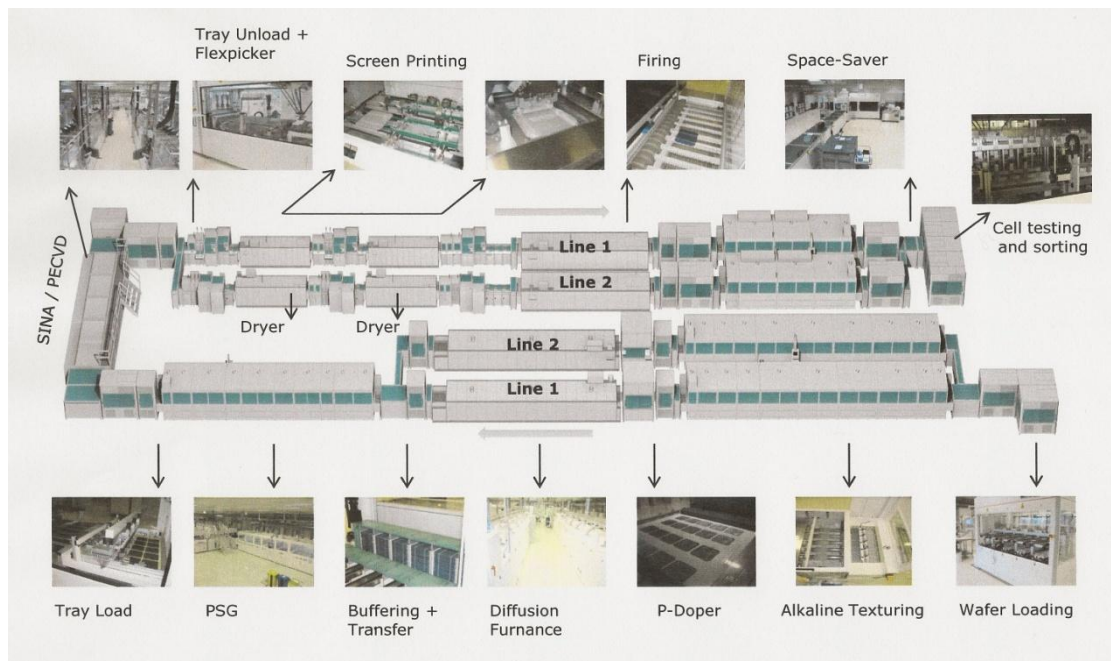


Abbildung 28: Fertigungsprozess Solarzelle kristallin schematisch
Quelle: Firmenpräsentation Blue Chip Energy GmbH

6.2.1.4 Modulfertigung

Erster Schritt der Modulfertigung ist die Eingangskontrolle der Solarzellen mittels optischer Inspektion. Im Anschluss erfolgt eine Bewertung und Klassifizierung der Zellen nach ihren Kennwerten. Es folgt die Zellverschaltung. Hierbei werden die einzelnen Zellen zu Ketten (Strings) in Serie geschaltet. Anschließend werden die Strings auf einer Glasplatte aufgelegt und querverschaltet. Ein weiterer Inspektionsschritt schließt diesem Fertigungsschritt an. Die auf der Glasplatte positionierten Strings werden im nächsten Schritt zwischen einer Rückseitenfolie und der Glasplatte eingebettet und witterungsbeständig laminiert. Es erfolgt die Rahmung des Moduls und das anschließende Anbringen der Anschlussbox. Zuletzt werden die

¹⁵⁵ Plasma Enhanced Vapor Deposition (PECVD): das ist eine Form der Physical Vapor Deposition (PVD): physikalische Gasphasenabscheidung: vakuumbasiertes Beschichtungsverfahren oder Dünnschichttechnologie, bei der die Schicht direkt durch Kondensation eines Materialdampfes des Ausgangsmaterials gewonnen wird. Vgl. <http://de.wikipedia.org> (7.9.2010)

¹⁵⁶ Vgl. Audio- Aufzeichnung Werksführung Blue Chip Energy vom 21.7.2010

fertigen Module nochmals einem ausführlichen Test unterzogen, bei dem ihr elektrischer Wert überprüft wird.¹⁵⁷

6.2.1.5 Photovoltaik- System

Ein zum praktischen Einsatz bereites PV- System besteht aus der beliebigen Anzahl von Modulen, dem Laderegler, dem Wechselrichter, bei Bedarf einem Energiespeicher, den Montagevorrichtungen sowie den benötigten Anschlusskabeln.¹⁵⁸

6.2.2 Produktionsprozess Dünnschicht- Photovoltaik

Die folgende Abbildung 29 zeigt den groben Fertigungsprozess der Dünnschicht-Photovoltaik.



Abbildung 29: Fertigungsprozess Dünnschicht- Photovoltaik
Quelle: eigens veränderte Darstellung, www.Centrotherm.de, (Stand: 20.7.2010)

6.2.2.1 Chemische Aufbereitung der Halbleitermaterialien

Im ersten Prozessschritt werden die verwendeten Halbleitermaterialien wie beispielsweise Gallium (Ga), Cadmium (Cd), Tellurid (Td), Kupfer (Cu), Selen (Se) oder andere Elemente der III/V Hauptgruppe chemisch für die weitere Verwendung vorbereitet.¹⁵⁹

Das einkristalline Material wird dabei etwa wie bei Silizium im Tiegelziehverfahren aufbereitet.¹⁶⁰

6.2.2.2 Dünnschichtzellenproduktion

Erster Schritt des Dünnschichtzellenprozesses ist die Reinigung und optische Kontrolle des Trägermaterials. Meistens dient als Substrat Floatglas auf das durch Sputterabscheidung ein metallisch leitendes Oxid, oft eine Molybdänschicht, aufgebracht wird, die später als einseitiger metallischer Kontakt dient. Es erfolgt die Laserstrukturierung der Oberfläche. Mittels PECVD (Plasma Enhanced Chemical

¹⁵⁷ Vgl. Reddy (2010), S 119

¹⁵⁸ Vgl. Reedy (2010), S 127

¹⁵⁹ Vgl. <http://www.pv-zulieferer.de> (19.7.2010)

¹⁶⁰ Vgl. Wagemann/Eschrich (2007), S 127

Vapor Deposition) wird das gewählte Halbleiterelement, wie beispielsweise amorphes Silizium, aufgebracht und es findet eine anschließende Laserstrukturierung statt.¹⁶¹

Im Falle anderer Halbleiterelemente, wie etwa bei CIGS- Zellen muss zusätzlich eine nichtleitende Pufferschicht in einer Nassprozessanlage durch chemische Reaktion aufgetragen werden. Danach findet eine zweite Laserstrukturierung statt. Der nächste Schritt ist das Aufbringen des zweiten benötigten Kontaktes, die leitfähige Schicht wird mittels Sputterverfahren abgeschieden. Hierbei ist zu beachten, dass die leitfähige Schicht des Vorderkontaktes transparent sein muss.¹⁶²

6.2.2.3 Modulfertigung

Bei der Herstellung von CIGS- Modulen ist der Herstellungsprozess von Zelle und Modul in einem einzigen Prozess verbunden. Um das Modul dennoch in einzelne Zellen zu unterteilen, die anschließend in Serie verschaltet werden können, ist eine Laserstrukturierung zwischen den verschiedenen Abscheidungen erforderlich.¹⁶³

Nach Anbringen der Kontakte an den äußersten Zellen, wird der Rückseitenreflektor aufgebracht, es erfolgt die Kantenisolation, Querverbinder werden aufgebracht.

Das Modul wird mittels Rückseitenglas oder Folie laminiert, gerahmt und an die Anschlussbox angeschlossen. Nach einer finalen Messung werden die Module klassifiziert und sortiert.¹⁶⁴

6.2.2.4 Photovoltaik- System

Ebenso wie bei der kristallinen Photovoltaik besteht ein einsatzbereites System aus den einzelnen Modulen, dem Wechselrichter, dem Laderegler, der Montagevorrichtung mit den benötigten Anschlusskabeln sowie bei Bedarf einem Energiespeicher.¹⁶⁵

6.3 Energetische Betrachtung einer PV- Anlage

Kritiker der Photovoltaik sind oft der Meinung, ein PV- Modul bzw. eine PV- Anlage erwirtschaftet im Laufe seiner Lebensdauer nie die zur Produktion seiner selbst benötigte Energie und stellt somit immer einen Nettoenergieverlust dar.¹⁶⁶

¹⁶¹ Vgl. <http://www.suhl.ihk24.de> (18.7.2010)

¹⁶² Vgl. <http://www.centrotherm.de> (20.7.2010)

¹⁶³ Vgl. <http://www.centrotherm.de> (20.7.2010)

¹⁶⁴ Vgl. <http://www.suhl.ihk24.de> (18.7.2010)

¹⁶⁵ Vgl. Reedy (2010), S 127

¹⁶⁶ Vgl. Luque/Hegedus (2003), S 10

Um sich als Leser dazu selbst eine kritische Meinung zu bilden, soll an dieser Stelle eine kurze Reflexion dieser Behauptung erfolgen:

Eine ökologische Bewertung eines Produktes geschieht grundsätzlich durch Durchführung einer Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, LCA), bei der eine Summierung des gesamten Energiebedarfs aller Schritte in der Herstellung des Produktes, eine Auflistung des Materialverbrauchs sowie eine Summierung der gesamten Menge an in die Umwelt emittierten Stoffen erfolgen. Aufgabe einer LCA ist es, alle Umwelteinflüsse des Produktes zu beurteilen.¹⁶⁷

Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, beschränkt sich die Autorin nur auf eine Betrachtung der energetischen Amortisationsdauer einer PV- Anlage.

Grundsätzlich werden folgende Annahmen bei der Berechnung der energetischen Amortisationsdauer einer PV- Anlage gemacht:¹⁶⁸

- *der Typ der Anwendung:* Alsema/de Wild- Scholten gehen grundsätzlich in ihren Betrachtungen von ans Netz angeschlossenen, in Dächern installierten PV- Systemen aus;
- *dem Standort der Anlage:* der Standort bestimmt die Höhe der Sonneneinstrahlung, in Südeuropa kann ein Wert von 1700 kWh/(m²*a) angenommen werden, während in Mitteleuropa mit einem Wert von 1000 kWh/(m²*a) gerechnet werden muss.
- *Systemwirkungsgrad:* Alsema/de Wild- Scholten gehen in diesem Fall von einem Wert von 0,75 aus.
- *Lebensdauer der PV- Anlage:* diese wird grundsätzlich mit 30 Jahren kalkuliert, während dem Wechselrichter eine geringere Lebensdauer von 15 Jahren zugerechnet werden kann.

Grundsätzlich ist die Höhe der energetischen Amortisationsdauer sowohl von der verwendeten Technologie (kristallin oder Dünnschicht), diese bestimmt mitunter den Wirkungsgrad der Solarzelle, dem Herstellungsort, beispielsweise stammt der zur Fertigung benötigte Strom in asiatischen Ländern oftmals von umweltschädlichen Kohlekraftwerken weshalb dieser Punkt ebenfalls negativ in eine energetischen Betrachtung mit einfließen muss, sowie von der Art des Herstellungsverfahrens abhängig.

¹⁶⁷ Vgl. Alsema/de Wild- Scholten (2006a), S 66

¹⁶⁸ Vgl. <http://www.ecn.nl> (15.9.2010)

6.3.1.1 Kristallines Silizium

In der kristallinen Technologie ist die Art des Herstellungsverfahrens, diese ist unterschiedlich, ob es sich um eine mono-, oder polykristalline Zelle bzw. eine durch Ribbon- Verfahren hergestellte Zelle handelt, hauptauschlaggebend für die in der Fertigung benötigte Energie. Alsema/de Wild- Scholten kommen unter diesem Gesichtspunkt, abhängig von der Strahlungsintensität, zu einer energetischen Amortisationsdauer einer kristallinen PV- Anlage in Südeuropa von 1,5 bis 2 Jahren, in Mitteleuropa muss mit 2,7 bis 3,5 Jahren gerechnet werden. (Stand der Studie: 2006). Hierbei muss beachtet werden, dass zukünftig durch moderne Herstellungsverfahren um Waferdicken von ca. 150 µm zu erreichen sowie durch eine Nutzung der Abfälle eine noch kürzere energetische Amortisationsdauer angestrebt wird.¹⁶⁹

Alsema/de Wild Scholten prognostizieren, dass durch diese Maßnahmen eine Energierücklaufzeit in Südeuropa von unter einem Jahr erreicht werden kann.¹⁷⁰

Knapp und Jester wiederum sprechen von einer energetischen Amortisationszeit eines mono- kristallinen Siliziummoduls von 3,3 Jahren. (Stand der Studie: 2000)¹⁷¹

Wagemann/Eschrich im Gegenzug zu oben angeführten Behauptungen sprechen im Jahr 2010 alleine bei einer polykristallinen Zelle, bei Wirkungsgrad- Annahme von 15 %, von einer energetischen Amortisationszeit von 3 Jahren um die für die Herstellung benötigten 850 kWh/kg je Zelle wieder zu kompensieren.¹⁷²

Im Vergleich dazu sprachen die gleichen Autoren im Jahr 2007 noch von einer Amortisationszeit von 4 bis 5 Jahren.¹⁷³

Obige Ergebnisse von Studien machen deutlich, dass Angaben der Autoren zur energetischen Amortisationszeit weit auseinanderklaffen.

Folgende Punkte bieten Potenzial zur Reduktion des Energieverbrauchs:¹⁷⁴

- Besseres Kristallwachstum mit geringerem Verlust
- Dünnere Wafer
- Weniger Verschnitt
- Reduktion des Waferbruchs

¹⁶⁹ Vgl. <http://www.ecn.nl> (15.9.2010)

¹⁷⁰ Vgl. Alsema/ de Wild- Scholten (2007), S 112

¹⁷¹ Vgl. Knapp/Jester (2000), S 2053

¹⁷² Vgl. Wagemann/Eschrich (2010), S 97

¹⁷³ Vgl. Wagemann/Eschrich (2007), S 96

¹⁷⁴ Alsema/de Wild- Scholten (2007), S 112 ff

- Recycling von Silizium- Abfall, der beim Sägen von Ingots und Wafern durch Bruch entsteht
- Waferherstellung direkt aus flüssigem Silizium, die beim Sägen entstehenden Materialverluste entfallen (String- Ribbon- Technologie)
- Höhere Effektivität der Zellen

Während die Autoren bei der Zellfertigung aus Wafern derzeit kaum Möglichkeiten zur Energieersparnis sehen, können in der Modulfertigung zur Senkung des Energieverbrauchs folgende Punkte unternommen werden:¹⁷⁵

- Verwendung von schnell aushärtenden EVA¹⁷⁶- Laminaten
- Veränderung der Module in Richtung rahmenloser Module, um Alu einzusparen

6.3.1.2 Dünnschicht

Da diese Technologie bis dato nur einen Marktanteil von 22 %¹⁷⁷ am gesamten PV-Markt hat und es nur wenige Dünnschicht- Produktionsanlagen weltweit gibt, existiert auch nur eine geringe Anzahl an Studien zur energetischen Betrachtung eines Dünnschicht- Moduls.¹⁷⁸

Im Folgenden soll eine kurze Zusammenfassung von Ergebnissen einiger aktueller Studien erfolgen:

Die Studie von Raugei/Bargigli/Ulgiati zeigt, dass ein CdTe- Modul sich bereits nach 0,9 Jahren energetisch rechnet während ein CIS- Modul sich bereits nach 0,7 Jahren amortisiert hat. Die Studie zeigt jedoch auch, dass die Amortisationszeit der Aufständigung des Moduls diejenige der reinen Modulherstellung übersteigt. Eine fertige Anlage mit Modul und Balance- of- system Komponenten (BOS¹⁷⁹) amortisiert sich somit erst nach 1,9 bzw. 2,7 Jahren. Bei dieser Arbeit wurde die Lebensdauer der Module mit 20 Jahren angenommen, ein Anschluss ans Netz, ein Einbau in das Dach sowie eine durchschnittliche europäische Strahlung von 1700 kWh/m²a sind weitere Randbedingungen der Untersuchung. Ein mögliches Recycling der Anlage ist hierbei nicht beachtet.¹⁸⁰

¹⁷⁵ Alsema/de Wild- Scholten (2007), S 114

¹⁷⁶ Ethylenvinylacetat (EVA): das eine Kunststoffschicht

¹⁷⁷ <http://www.epia.org>, S 24 (18.8.2010)

¹⁷⁸ Vgl. <http://www.ecn.nl> (15.9.2010)

¹⁷⁹ Als BOS- Komponenten werden hierbei Wechselrichter, Montageeinrichtungen, Nachführsysteme etc. betrachtet.

¹⁸⁰ Vgl. <http://www.nrel.gov> (28.9.2010)

Fthenakis und Alsema berichten in ihrer Untersuchung (Stand 2006) von einer energetischen Amortisationsdauer einer CdTe- Anlage von 1,1 bzw. 1,0 Jahren bei Annahme, dass ein Wirkungsgrad von 9 % erreicht werden kann und die Produktion der Anlage in den USA bzw. Europa stattgefunden hat. In dieser Studie wurde ebenfalls von einer jährlichen Belichtung von 1700 kWh/m²a ausgegangen.¹⁸¹

Neue revolutionäre Dünnschicht- Silizium- Module der Firma Oerlikon Solar sollen nach Angaben der Hersteller sogar eine energetische Amortisationszeit von weit unter einem Jahr gewährleisten.¹⁸²

Die energetische Amortisation von Dünnschicht- Modulen ist vergleichsweise zur kristallinen Technologie deswegen um einiges niedriger, da die meiste Energie im kristallinen Bereich zur Herstellung des Wafers benötigt wird. Wie bei der kristallinen Technologie wird auch durch Verbesserungen im Herstellungsprozess eine kürzere Amortisationszeit angestrebt.

6.4 Wirtschaftliche Betrachtung einer PV- Anlage

An dieser Stelle soll eine wirtschaftliche Betrachtung einer PV- Anlage (4,84 kW_p¹⁸³) in einem privaten Haushalt bei Annahme einer jährlichen Stromerzeugung von 5000 kWh und Einspeisung ins örtliche Stromnetz erfolgen. Folgende Kosten fallen bei Erstinstallation einer polykristallinen PV- Anlage (Aufdachmontage) an:¹⁸⁴

Tabelle 7: Für den Konsumenten anfallende Kosten bei Erstinstallation einer 4, 84 kW_p PV- Anlage

| Anzahl: | Preis Einzelstück: | Komponente: | Gesamtpreis: |
|----------------------------------|--------------------|---|-----------------|
| 22 | € 636,36 | Modul KIOTO KPV ME 220 W _p | € 14.000 |
| 1 | € 2500,00 | Wechselrichter Fronius IG 60 HV | € 2.500 |
| 1 | | Montage inkl. BOS | € 2.500 |
| 1 | | Planung, Inbetriebnahme, elektrische Einbindung | € 1.500 |
| <i>Summe:</i> | | | € 20.500 |
| + 20% USt: | | | € 4.100 |
| Investitionssumme Anlage: | | | € 24.600 |

Die hier aufscheinende Investitionssumme ist aufgrund der Herkunft der PV- Module, diese stammen von der österreichischen Fa. Kioto Photovoltaics, sicherlich im Vergleich zu Modulen asiatischen Ursprungs höher.

¹⁸¹ Vgl. <http://www.clca.columbia.edu> (28.9.2010)

¹⁸² Vgl. <http://www.nachhaltigkeit.org> (28.9.2010)

¹⁸³ p... Spitze (peak), kW_p steht somit für Spitzenleistung

¹⁸⁴ Telefonat mit Herrn Ing. Lindner (Bereichsleiter PV), E- Werk Gösting am 6.10.2010

Derzeit rechnet sich eine solche private PV- Anlage nur unter der Bedingung, dass sie durch etwaige Investitionsförderungen und durch einen garantierten Einspeisetarif gefördert wird.

- Bei Bezug von 4000 kWh Strom von beispielsweise der steirischen Steweag/ Steg fallen folgende jährliche Energiekosten an:¹⁸⁵

Tabelle 8: Jährliche Stromkosten für 4000 kWh bei Bezug von Steweag/Steg GmbH

| Anzahl | Position | Preis/Einheit | Gesamtpreis |
|---------------------------------|---|----------------|-----------------|
| 4000 kWh | Verbrauchspreis Select Home Medium | 16,46 Cent/kWh | € 658,40 |
| 12 | Grundgebühr | 4,13 €/Monat | € 49,56 |
| 12 | Zählpunktpauschale (verbrauchsunabhängig) | 1,5 €/Monat | € 18,00 |
| Jährliche Energiekosten: | | | € 725,96 |

- Das E- Werk Gösting bietet eine garantierte Abnahme des Überschussstroms für die Dauer von 5 Jahren und zahlt dem Kunden 13,5 Cent/kWh.¹⁸⁶ (Dieser Betrag liegt lt. Herrn Ing. Lindner bereits deutlich über dem durchschnittlich gewährten österreichischen Einspeisetarif.)

Bei Annahme, dass der Bezugspreis für eine kWh Strom (inkl. USt) durch ein örtliches Energieversorgungsunternehmen höher als der garantierte Einspeisetarif ist und man als Haushalt keine zusätzliche Investitionsförderung bekommt, amortisiert sich eine solche Anlage nie!

- Bekommt man als privater Haushalt eine Förderung aus dem Klima- und Energiefond, dieser Fond reicht aber nur für eine geringe Anzahl an Haushalten (Leistung $\leq 5kW_p$) und ist damit keinesfalls garantiert, kann mit folgender Investitionsförderung gerechnet werden:

Tabelle 9: Klima- und Energiefond Investitionsförderung am Beispiel einer 4,84 kW_p PV- Anlage

| Anzahl | Position | Förderung/ Einheit | Förderung |
|-------------------------------|--|-------------------------|----------------|
| 4,84 kW _p | Pauschal Investitionsförderung für freistehende und Aufdach- Anlagen | € 1300/ kW _p | € 6.292 |
| Investitionsförderung: | | | € 6.292 |

Durch diese Investitionsförderung verringert sich die neue Investitionssumme (Investitionssumme Anlage- Investitionsförderung) auf 18.308 €.

¹⁸⁵ <http://www.e-steiermark.com> (6.10.2010)

¹⁸⁶ Telefonat mit Herrn Ing. Lindner (Bereichsleiter PV), E- Werk Gösting am 6.10.2010

Der laufende Einnahmenüberschuss ergibt sich aus dem Verkauf des Überschussstromes an ein Energieversorgungsunternehmen:

z.B.: Verkauf von 5000 kWh/ Jahr à 13,5 Cent/kWh ergibt einen jährlichen Einnahmenüberschuss von 675 €.

Tabelle 10: Berechnung der statischen Amortisationsdauer

Quelle: Bauer (2008), S 6- 29

| | |
|------------------|---|
| $T_A = I_A / EÜ$ | T_A ... Amortisationsdauer [Jahre] |
| | I_A ... Anfangsinvestitionsausgaben [] |
| | $EÜ$... jährliche Einnahmenüberschüsse [/Jahr] |

Somit ergibt sich folgende Amortisationsdauer (Ohne Beachtung der Zinsen, bei Annahme eines durchschnittlichen jährlichen Kapitalrückflusses sowie gleichbleibenden Energiepreisen.)

$$T_A = 18.308 \text{ €} / 675 \text{ €} = \mathbf{27,12 \text{ a}}$$

Hierbei ist zu beachten, dass obiger Einspeisetarif nur für eine Dauer von fünf Jahren garantiert wird, die Investitionsförderung keineswegs sicher ist und somit diese Berechnung nur als Illustrationsbeispiel gesehen werden kann.

In Anbetracht dessen, dass die Haltbarkeit einer PV- Anlage ca. 30 Jahre beträgt, amortisiert sich eine solche Anlage selbst bei Förderung durch eine Investitionsförderung erst am Ende der Lebensdauer.

Erst durch sinkende Herstellkosten und damit niedrigere Investitionssummen bzw. steigende Energiepreise kann zukünftig mit niedrigen Amortisationszeiten gerechnet werden. Dies sei am folgenden Beispiel illustriert:

- Bezug von 5000 kWh Strom von Steweg/Steg GmbH verursacht jährliche Kosten von 890,56 €¹⁸⁷, Annahme: Zinsen von 4,5 %/a, Investitionssumme bleibt mit 24.800 € konstant, steigende Energiepreise:
 - a) Anstieg der Energiepreise um 3 % pro Jahr
 - b) Anstieg der Energiepreise um 5 % pro Jahr
 - c) Anstieg der Energiepreise um 10 % pro Jahr

Damit ergeben sich bei dynamischer Amortisationsrechnung (Tabelle 11), gleichbleibendem Zinsniveau und Energieverbrauch sowie der Annahme, dass durch die Verwendung der PV- Anlage die jährlichen Energiekosten gespart und somit

¹⁸⁷ <http://www.e-steiermark.com> (12.10.2010)

Einnahmenüberschüsse sind, folgende Amortisationszeiten durch lineare Interpolation (Die genaue Berechnung ist im Anhang 4 zu finden):

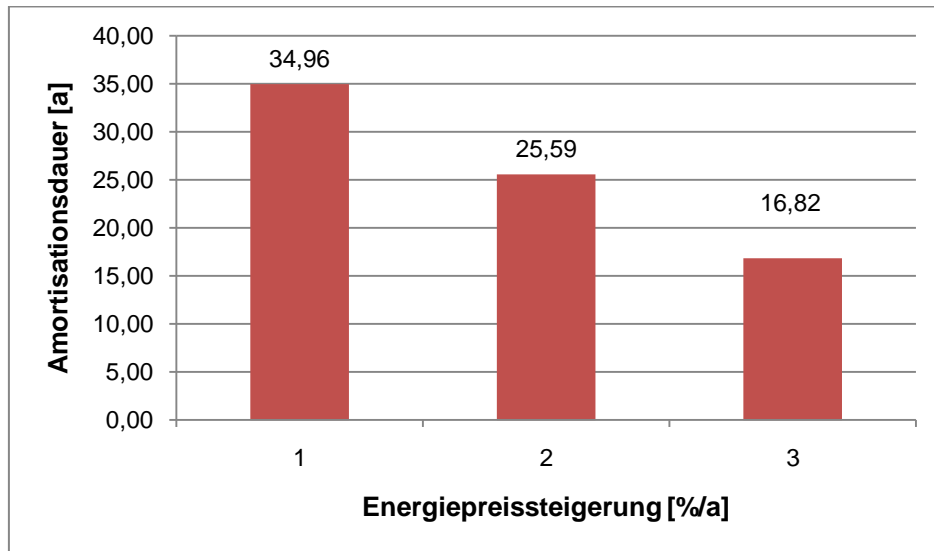


Abbildung 30: Dynamische Amortisationsdauer bei jährlichen Energiepreissteigerungen

Tabelle 11: Berechnung der dynamischen Amortisationsdauer

Quelle: Bauer (2008), S 6- 57

$$T_{\text{Adyn}} [\text{Jahre}] \text{ aus: } \sum E\ddot{U}(t) \cdot (1+i)^{-t} = I_A$$

- Bei jährlichen Energiepreissteigerungsraten von 1 % ergibt sich eine Amortisation erst nach Ende der mit 30 Jahren angenommenen Lebensdauer einer PV- Anlage.
- Bei einer Steigerungsrate von 5 %/ a kann eine Amortisation gegen Ende der Lebensdauer erwartet werden.
- Erst bei jährlichen Steigerungsraten von 10 %, dies scheint aber nicht realistisch, ist mit einer Amortisation bei ca. der Hälfte der Lebensdauer zu rechnen.

Obige Berechnungen zeigen, dass eine frühere Amortisation erst bei steigenden Energiepreisen oder sinkenden Investitionssummen sowie gleichbleibendem Zinsniveau und konstantem Energieverbrauch erreicht werden kann.

7 Marktpotentialerhebung

Die in diesem Kapitel durchgeführte Marktpotentialanalyse dient zur Messung der laufenden Nachfrage in Europa nach Produkten im solaren Maschinenbau. Die Erhebung des Gesamtpotentials erfolgt durch Ermittlung der Teilpotentiale in den einzelnen Marktsegmenten im für das Unternehmen Wild strategisch relevanten Markt.

7.1 Situationsanalyse

Da auf die Entwicklung des Bedarfs an elektrischer Energie in Europa bereits in Kapitel 4.2.3 eingegangen wurde, soll an dieser Stelle nur eine kurze Situationsanalyse des PV- Equipmentmarktes erfolgen.

7.1.1 Der PV- Equipmentmarkt

Anfangen von ersten Anwendungen im Weltall bis heute, der PV- Markt erlebte weltweit vor allem in den letzten zehn Jahren einen unglaublichen Aufschwung mit durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten von 40 %. Im Jahr 2009 waren bereits weltweit 23 GW an kumulierter Leistung erzeugt durch Photovoltaik ans Netz angeschlossen, fast 70 % dieses Wertes, absolut betrachtet ca. 16 GW, kann Europa zugerechnet werden.¹⁸⁸

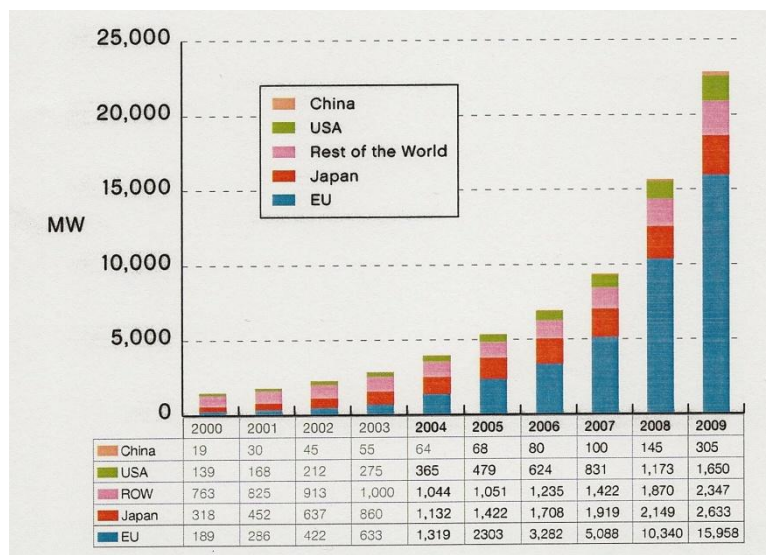


Abbildung 31: Weltweit kumulativ installierte PV- Leistung

Quelle: <http://www.epia.org> (18.8.2010)

¹⁸⁸ Vgl. <http://www.epia.org>, S 5 (18.8.2010)

Je nach Szenario, die EPIA spricht von drei möglichen Szenarien, wird das Wachstum auch unterschiedlich stark anhalten:¹⁸⁹

- Das *baseline* scenario (hierbei wird wie gewohnt vorgegangen, es sind keinerlei Änderungen im Elektrizitätssystem erforderlich, doch Kostensenkungen durch die PV- Industrie sowie weitere Unterstützung durch Politik sind notwendig) spricht von einem Anteil an durch Photovoltaik europaweit generiertem Strom im Jahr 2020 von 4 %, während im
- *accelerated growth scenario* (kleine Änderungen im Elektrizitätssystem sind notwendig, eine verbesserte Beschaffungskette, bessere Zusammenarbeit mit Energieversorgern, sowie erhöhtes Produktangebot und –service) von einem Anteil von 6 % ausgegangen wird und im
- *paradigm shift scenario* (höhere Anpassung der Speichermedien, verbesserte Netzanbindung, weiter verbesserte Beschaffungskette sowie erhöhte Marketingaktivitäten) sogar von einem Anteil von 12 % gesprochen wird.

Zu diesen drei Szenarien zeigt Abbildung 32 mögliche Entwicklungen.

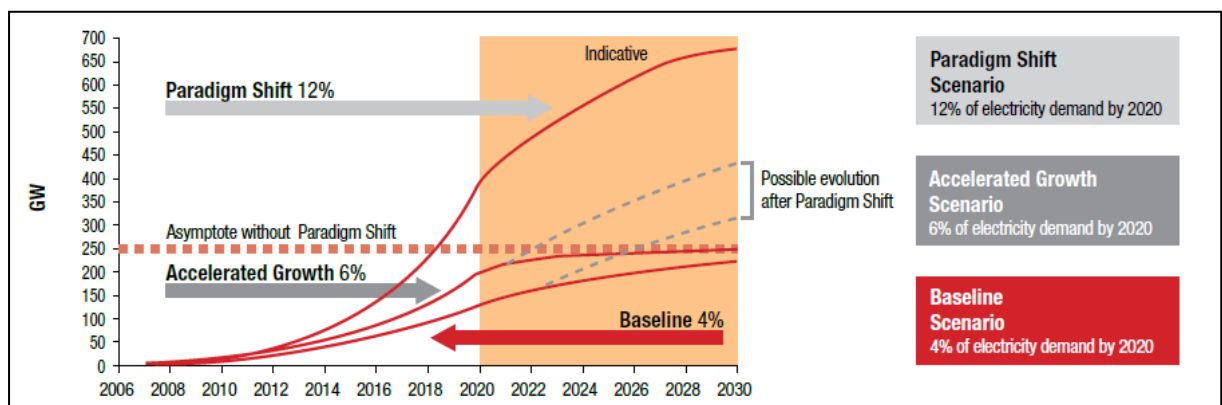


Abbildung 32: PV deployment scenarios in Europe- 27, Norway and Turkey

Quelle: <http://www.setfor2020.eu> (09.08.2010)

Dies entspricht folgenden kumulierten Leistungen:¹⁹⁰

Tabelle 12: Kumulierte PV- Leistungen in Europa 27, Norwegen und Türkei [2020-2030]

| | Baseline scenario | Accelerated growth scenario | Pardigm shift scenario |
|------|-------------------|-----------------------------|------------------------|
| 2020 | 125 GW | 200 GW | 400 GW |
| 2030 | 200 GW | 250 GW | 675 GW |

¹⁸⁹ Vgl. <http://www.setfor2020.eu> (09.08.2010)

¹⁹⁰ Vgl. <http://www.setfor2020.eu> (09.08.2010)

Gegenwärtig ist auf der Abnehmerseite, dem Endkunden und Betreiber einer PV-Anlage, der Markt sehr stark durch Förderungen in den einzelnen Ländern getrieben. Die Photovoltaik ist zum Massenmarkt geworden, noch erfolgt die Herstellung von PV- Modulen zumeist in Europa oder auch Asien.

Wie in fast allen Wirtschaftszeigen, gewinnen jedoch auch asiatische Hersteller, die die Massenfertigung von PV- Modulen beherrschen, stark an Bedeutung.

Auch entwickelt sich die Photovoltaik immer mehr hinaus aus dem Wachstumsstadium in Richtung einem reifen Markt mit gesteigertem Wettbewerbs- und Kostendruck und ist durch Internationalisierung gekennzeichnet. Dies schließt jedoch keinesfalls ein weiteres Wachstum aus, von dem einzelne Akteure auch zukünftig profitieren können.¹⁹¹

Als vorgelagerter Markt ist folglich davon auch der PV- Equipmentmarkt betroffen. Gegenwärtig ist Europa mit mehr als 200 in diesem Markt situierten Unternehmen weltweit Führer in der Equipmentherstellung, doch wie wird sich der Equipmentmarkt langfristig entwickeln?

Jetzt bereits beginnen große europäische Equipmenthersteller wie beispielsweise die deutsche Centrotherm AG Produktionsstandorte in den zukunftssträchtigen Märkten wie Indien, China, Osteuropa oder den USA aufzubauen.

7.2 Vorgehensweise

Die praktische Marktpotentialerhebung folgt folgendem Ablaufschema (Abbildung 33):

¹⁹¹ Vgl. <http://www.oliverwyman.com> (18.8.2010)

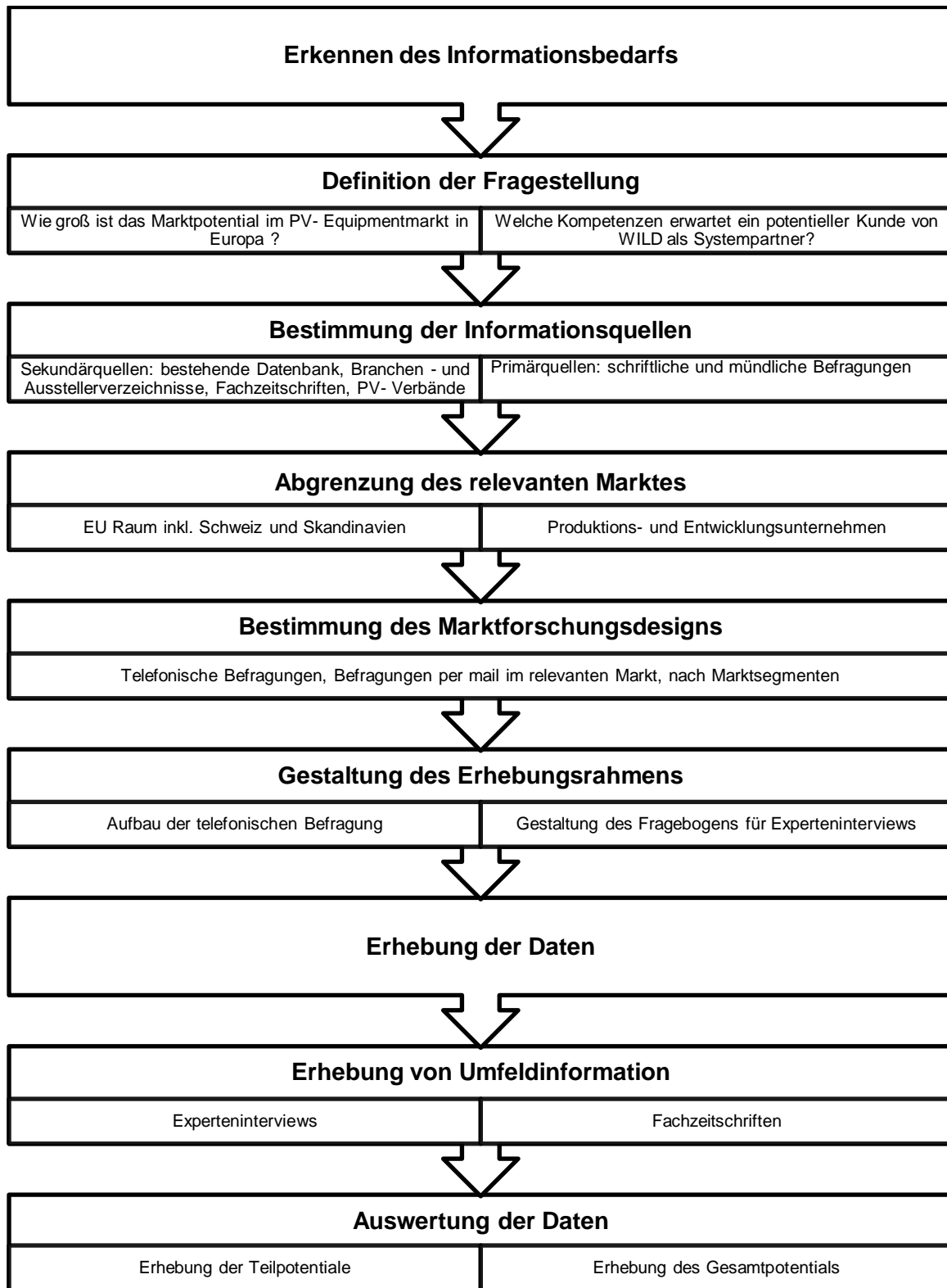


Abbildung 33: Ablauf der Marktpotentialanalyse

7.2.1 Fragestellungen und Informationsbedarf

Für zukünftiges taktisches Vorgehen gab es für das business development der Firma Wild folgende Fragestellungen zu beantworten:

„Wie groß ist das Marktpotential für strategische Partnerschaften im Bereich der PV-Equipmentindustrie in Europa?“

„Welche Kompetenzen erwünscht sich ein potentieller Kunde vom Systempartner Wild?“

Die Analyse der zu untersuchenden Unternehmen sollte aus europäischer Sicht durchgeführt werden mit dem Ziel, die Größe des Marktpotentials im für die Firma Wild relevanten Equipmentbereich der PV- Industrie abschätzen zu können. Die Erhebung des Marktpotentials sollte durch Erhebung von Umsatz- und Mitarbeiterdaten relevanter Unternehmen erfolgen.

Zudem wollte man mehr über die für den Eingang einer Systempartnerschaft notwendigen Anforderungen der Unternehmen an Wild erfahren. Die zu diesem Punkt durchgeführte Kompetenzprofilierung ist in Kapitel 8 zu finden. Beide Untersuchungen sollten als Basis für weitere strategische Tätigkeiten gesehen werden.

7.2.2 Informationsquellen

Im Zuge der Marktanalyse wurde sowohl mit Sekundär- als auch mit Primärquellen gearbeitet.

7.2.2.1 Sekundärquellen

Vor ungefähr zwei Jahren wurde bereits eine ähnliche Analyse des europäischen PV- Equipmentmarktes von der Firma Wild durch Herrn Dengg durchgeführt.

Die daraus entstandene Datenbank mit den Daten von ca. 160 Firmen konnte aus diesem Grund als Ausgangsbasis für die im Rahmen dieser Diplomarbeit weiter durchgeführte Untersuchung verwendet werden.

Die ab 2008 weltweit herrschende Wirtschaftskrise führte dazu, dass die Bearbeitung des PV- Marktes durch die Firma Wild bis dato auf die Seite gelegt wurde. Technologische Veränderungen am gesamten Markt sowie das wieder aufgekommene Interesse des Unternehmens verstärkt in der Photovoltaik zu partizipieren, hielten eine Überarbeitung des bestehenden Datenmaterials für notwendig.

Bei der Ergänzung der Daten wurde vor allem auf Aktualität und Relevanz Wert gelegt. Ausgewählte Firmen von folgenden Sekundärquellen (Branchen- und Ausstellerverzeichnisse) flossen in die aktuelle Potentialanalyse mit ein:

- Ausstellerverzeichnis der Intersolar- Messe München 2010; www.intersolar.de
- Ausstellerverzeichnis der Solarpeq- Messe Düsseldorf 2010; www.solarpeq.com
- Mitglieder der Bundesverbandes Solarwirtschaft (BSW); www.solarwirtschaft.de
- Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS); www.dgs.de
- Mitglieder des Verbandes Spectaris; www.spectaris.de
- Mitglieder des Industry register der Photon International; www.photon-international.com
- Mitglieder des Verbandes „Solarindustrie in Deutschland“; www.solarbusiness.de
- Mitglieder der European Photovoltaic Industry Association (EPIA); www.epia.org
- Mitglieder des Firmenverzeichnis von Energy Focus (ENF); www.enf.cn

7.2.2.2 Primärquellen

Um die für die Marktpotentialanalyse benötigten Daten wie Mitarbeiterzahlen, Kontaktdaten, Umsatzzahlen sowie Geschäftsbereiche zu erhalten, wurden schriftliche, telefonische sowie persönliche Befragungen durchgeführt. Nur Daten von börsennotierten Unternehmen konnten direkt aus den jeweiligen Geschäftsberichten entnommen werden.

7.2.3 Marktforschungsdesign

Die Erhebung der Daten erfolgte zumeist in schriftlicher Form über ein persönlich gerichtetes Email, da die meisten Unternehmen sensible Informationen wie Umsatzdaten nicht über Telefon bekannt geben wollten. Nach einigen Wochen wurde eine telefonische Nachfassaktion gestartet in der säumige Unternehmen erinnert wurden, die Anfrage zu beantworten. Da es leider nicht möglich ist von mehr als 220 Unternehmen alle gewünschten Daten zu erhalten, wurden bei den Unternehmen, von denen kein Datenmaterial zugänglich war, Schätzungen durchgeführt sowie auf älteres Datenmaterial zurückgegriffen.

7.3 Abgrenzung des relevanten Marktes

Wie aus Kapitel 6 ersichtlich ist, erweist sich die Herstellung eines kristallinen oder auch Dünnschicht- Moduls mit seinen einzelnen Fertigungsschritten als recht komplex. Um sich auf die Kernkompetenz der Firma Wild, die Herstellung von optomechatronischen Systemen, Baugruppen und Geräten zu beschränken, erfolgt nun eine Übersicht aller Herstellungsschritte bis zum fertigen Modul sowie anschließend eine Auswahl der für die Firma Wild zum Eingang einer möglichen Systempartnerschaft relevanten Bereiche im Herstellungsprozess eines PV- Moduls.

Tabelle 13: Ausgewählte Fertigungsschritte der kristallinen Photovoltaik

| Fertigungsschritt: | Relevanz: |
|--|------------------|
| Herstellung von solarem Silizium | Nein |
| Ingoherstellung | Nein |
| Ingot- Vorsäge | Nein |
| Ingot- Drahtsäge | Nein |
| <i>Vereinzeln der Wafer</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Waferreinigung</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Ätzen</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Alternativ: String- Ribbon- Verfahren</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Optische Inspektion</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Lasertexturierung</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Diffusion des Dotierstoffes</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Aufbringen der Anti- Reflex- Schicht</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Metallisieren durch Siebdruck</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Kantenisolation</i> | <i>Ja</i> |
| <i>Alle Handlingprozesse</i> | <i>Ja</i> |
| Verbinden der Strings | Nein |
| Querverschaltung | Nein |
| Laminieren | Nein |
| Anschluss an Anschlussdose | Nein |
| Klassifizierung nach elektrischen Werten | Nein |

Tabelle 14: Ausgewählte Fertigungsschritte Dünnschicht- Photovoltaik

| Fertigungsschritt: | Relevanz: |
|--|------------------|
| Reinigung der Glasscheibe | Nein |
| <i>Optische Inspektion der Glasscheibe</i> | <i>Ja</i> |
| Aufbringen des Frontkontaktes | Nein |
| <i>Laserstrukturierung</i> | <i>Ja</i> |
| <i>PECVD- Prozess</i> | <i>Ja</i> |
| Aufbringen des Rückkontaktes | Nein |
| Längskontaktierung | Nein |
| Aufbringen des Rückseitenreflektors | Nein |
| <i>Randisolation</i> | <i>Ja</i> |
| Aufbringen der Querverbindungen | Nein |
| Laminieren | Nein |
| Anschluss an Anschlussdose | Nein |
| Klassifizieren nach elektrischen Werten | Nein |

Die Segmentierung der Firmendaten erfolgt im weiteren Verlauf durch Zusammenfassung der für die Firma Wild relevanten Fertigungsschritte in zehn Prozessschritte, die zu folgenden Kürzeln kategorisiert werden können. Diese Kürzel finden sich auch in der Datenbank zur Ermittlung des Marktpotentials wieder.

Tabelle 15: Abkürzungen der Marktsegmente

| | |
|----|--------------------------|
| AR | Anti- Reflexbeschichtung |
| AU | Automatisierung |
| DS | Dünnschicht |
| IN | Inspektion |
| ME | Metallisieren |
| MO | Modul |
| RA | Reinigen und Ätzen |
| SI | Silizium-Herstellung |
| TK | Turn- key |
| WA | Wafer/Laser |

Auch sollen nur Entwicklungs- und Produktionsunternehmen und keine reinen Vertriebsunternehmen untersucht werden.

Zu beachten ist, dass die Anzahl der in der Photovoltaik beschäftigten Mitarbeiter in einem Unternehmen, das in mehreren Geschäftsfeldern tätig ist, nicht immer eindeutig abgegrenzt werden kann, da viele Mitarbeiter mehrere Tätigkeiten ausüben. Ungefähr 30 % der Unternehmen konnten ihre Mitarbeiteranzahl nicht klar abgrenzen. Da es sich dabei jedoch öfters um Kleinst- oder Kleinunternehmen handelte, wurden die zur Verfügung gestellten Daten ohne Abgrenzung zur Berechnung des Gesamtpotentials herangezogen. Um nicht vorhandene Umsatzdaten, dies waren ungefähr 20 % der Daten, zu kompensieren und das Gesamtpotential dennoch berechnen zu können, wurden Schätzungen (Annahme, dass ein Mitarbeiter ca. 200.000 € pro Jahr zum Umsatz beiträgt) bzw. Aufrundungen durchgeführt. Teilweise wurde auch bei keinem Zugang zu aktuellen Daten mit Werten aus dem Vorjahr gerechnet. Auch werden Daten von Firmen, die großen Konzernen angehören, nicht extra ausgewiesen sondern sind in den Werten dieser Konzerne enthalten. Zu beachten ist zudem, dass sich bei einer Marktpotentialanalyse um die Analyse des derzeitigen Potentials handelt und sie damit immer wirtschaftlichen Schwankungen unterworfen ist. Als Folge der ab 2008 weltweiten Konjunkturkrise fallen dadurch auch die Umsätze im Jahr 2009 im solaren Maschinenbau teilweise beträchtlich geringer als im Vorjahr aus. Da sich die Kaufkraft im Industriegüterbereich sehr schwierig ermitteln lässt, werden zudem bei der Ermittlung der Marktpotentiale auf Wunsch des Unternehmens Wild die

Umsatzpotentiale der einzelnen Marktsegmente herangezogen. Die gesamte Datenbank mit allen erfassten Umsatz- und Kontaktdaten sowie den Mitarbeiterzahlen ist im Anhang zu finden.

7.3.1 Anti- Reflexbeschichtung

Dem Marktsegment Anti- Reflexbeschichtung (AR) können 39 der 224 untersuchten Unternehmen zugeordnet werden. Folgende Unternehmen gehören dem Marktsegment Anti-Reflexbeschichtung an:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------|------------------|-------------------------|
| 1 | AR | | | | |
| 2 | AR | | | | |
| 4 | AR | | | | |
| 3 | AR | | | | |
| 5 | AR | | | | |
| 6 | AR | | | | |
| 7 | AR | | | | |
| 8 | AR | | | | |
| 9 | AR | | | | |
| 10 | AR | | | | |
| 11 | AR | | | | |
| 12 | AR | | | | |
| 13 | AR | | | | |
| 14 | AR | | | | |
| 15 | AR | | | | |
| 16 | AR | | | | |
| 17 | AR | | | | |
| 18 | AR | | | | |
| 19 | AR | | | | |
| 20 | AR | | | | |
| 21 | AR | | | | |
| 22 | AR | | | | |
| 23 | AR | | | | |
| 24 | AR | | | | |
| 25 | AR | | | | |
| 26 | AR | | | | |
| 27 | AR | | | | |
| 28 | AR | | | | |
| 29 | AR | | | | |
| 30 | AR | | | | |
| 31 | AR | | | | |
| 32 | AR | | | | |
| 33 | AR | | | | |
| 34 | AR | | | | |
| 35 | AR | | | | |
| 36 | AR | | | | |
| 37 | AR | | | | |
| 38 | AR | | | | |
| 39 | AR | | | | |

7.3.1.1 Marktpotential

Dem Segment der Anti- Reflexbeschichtung kann im Bereich des gesamten Equipmentmarktes der Photovoltaik ein Marktpotential in der Höhe von [REDACTED] zugerechnet werden. Mit einem Anteil von 20 % am gesamten Marktpotential gehört dieses Segment zum umsatzstärksten Marktsegment bei Betrachtung aller Prozessschritte.

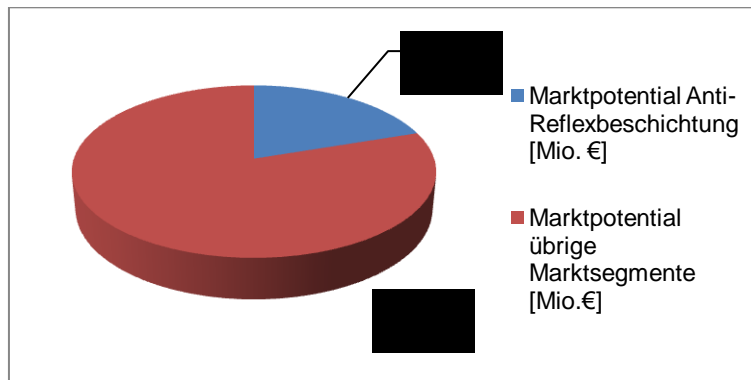


Abbildung 34: Marktpotential Anti- Reflexbeschichtung

Gleichzeitig zählt dieses Segment mit seinen mehr als [REDACTED] Mitarbeitern, dies entspricht einem Prozentsatz von 17 % am gesamten Personal, zum personenstärksten Segment im gesamten Equipmentmarkt.

Geographisch betrachtet stellt der deutsche Markt mit 18 zugeordneten Unternehmen den umsatzstärksten Markt im Bereich des PV- Equipments in Europa dar. Strategisch für die Firma Wild hat dieser Bereich noch großes ungenutztes Potential, so ist nicht einmal ein Viertel der im Bereich der Anti- Reflexbeschichtung tätigen Unternehmen akquiriert. Der deutsche Markt als Hauptmarkt ist zudem in unmittelbarer Nähe.

7.3.1.2 Geschäftsbereiche

Folgende Tätigkeiten führen Unternehmen aus, die im Bereich der Anti- Reflexbeschichtung tätig sind:

- Entwicklung und Produktion von Equipment zur Beschichtung von kristallinen Solarzellen (PVD/CVD¹⁹²/PECVD¹⁹³/LPCVD¹⁹⁴ – Prozess)

¹⁹² Chemical Vapor Deposition (CVD): Chemische Gasphasenabscheidung: durch eine chemische Reaktion wird aus der Gasphase eine Feststoffkomponente abgeschieden;

Vgl. <http://de.wikipedia.org> (7.9.2010)

¹⁹³ Plasma Enhanced Vapor Deposition (PECVD)

¹⁹⁴ Low Pressure Chemical Vapor Deposition (LPCVD)

- Entwicklung und Produktion von Plasmaequipment zur Herstellung von Dünnschichtmodulen
- Plasmavorbehandlung
- Entwicklung und Produktion von Diffusions- und Firing Öfen
- Beschichtungsmaterialien

7.3.1.3 Einflussfaktoren

Für das Segment der Anti- Reflexbeschichtung stellt auf jeden Fall die nicht klar absehbare Technologienentwicklung der nächsten Jahre den größten Einflussfaktor dar. Da aber sowohl die kristalline als auch die Dünnschicht- Technologie Equipment zum Bedampfen der dünnen Schichten benötigen, wird dieser Bereich weiterhin Bestand haben nur wird sich die Frage stellen, in wieweit die Verlagerung eher in Richtung kristallin oder Dünnschicht zustande kommt.

7.3.2 Automatisierung

27 Unternehmen konnten in der durchgeführten Marktrecherche der Kategorie der Automatisierung zugeordnet werden. Auch hier ist wiederum zu beachten, dass einige große Firmen ihre in der Photovoltaik tätigen Mitarbeiter nicht klar abgrenzen konnten und es deshalb zu niedrigen Werten kommen kann. Folgende Unternehmen gehören diesem Segment an:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------|------------------|-------------------------|
| 1 | AU | | | | |
| 2 | AU | | | | |
| 4 | AU | | | | |
| 3 | AU | | | | |
| 5 | AU | | | | |
| 6 | AU | | | | |
| 7 | AU | | | | |
| 8 | AU | | | | |
| 9 | AU | | | | |
| 10 | AU | | | | |
| 11 | AU | | | | |
| 12 | AU | | | | |
| 13 | AU | | | | |
| 14 | AU | | | | |
| 15 | AU | | | | |
| 16 | AU | | | | |
| 17 | AU | | | | |
| 18 | AU | | | | |
| 19 | AU | | | | |
| 20 | AU | | | | |
| 21 | AU | | | | |
| 22 | AU | | | | |

| | | | | | |
|----|----|------------|------------|------------|------------|
| 23 | AU | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 24 | AU | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 25 | AU | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 26 | AU | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 27 | AU | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |

7.3.2.1 Marktpotential

Dem Bereich der Automatisierung (AU) kann ein Marktpotential von [REDACTED] zugeschrieben werden. Dieser Wert entspricht einem Anteil am Gesamtpotential des PV- Equipmentmarktes von nur 10 %.

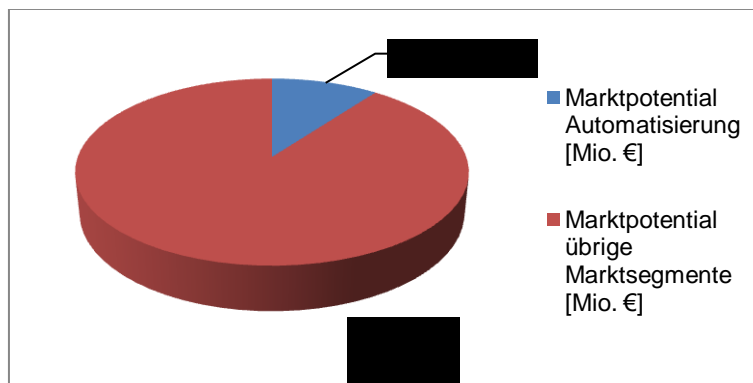


Abbildung 35: Marktpotential Automatisierung

Mit einer Mitarbeiteranzahl von [REDACTED] in diesem Bereich tätigen Personen gehört das Segment Automatisierung gleich nachfolgend der Anti- Reflexbeschichtung zu den personenintensivsten Geschäftsbereichen. Dies entspricht einem Anteil von 16 % an allen im PV- Equipmentmarkt in Europa tätigen Personen.

Geographisch betrachtet ist eine strenge Vorherrschaft des deutschen Marktes im Marktsegment Automatisierung festzuhalten. 24 von 27 Unternehmen sind in Deutschland beheimatet. Zwei Unternehmen finden sich in Italien, ein Unternehmen in Ungarn. Somit ist der deutsche Markt als der Hauptmarkt zu sehen.

7.3.2.2 Geschäftsbereiche

Innerhalb der Automatisierung finden sich Unternehmen, die in folgende Geschäftsbereiche tätig sind:

- Entwicklung und Produktion von Automatisierungslösungen zur kristallinen Zellproduktion
- Entwicklung und Produktion von Automatisierungslösungen zur Modulproduktion kristallin und Dünnschicht

- Entwicklung und Produktion von Förder- und Handhabungstechnik für Zellen und Module
- Entwicklung und Produktion von Anlagen zur Glasbearbeitung
- Entwicklung und Produktion von Industrierobotern und Steuerungssystemen

7.3.2.3 Einflussfaktoren

Unternehmen, die im Bereich der Automatisierung tätig sind, sind breit aufgestellt. Veränderungen in der Zell- Technologie oder Modulproduktion lassen sich in diesem Bereich leicht erzielen. Auch der Punkt, dass viele in der Produktion von PV- Zellen oder Modulen tätige Unternehmen ihr Automatisierungsequipment von den Herstellern je nach Kernkompetenz einzeln beziehen und in den meisten Fällen nicht auf Komplettausrüstungen von Turn- key Lieferanten zurückgreifen, machen die Automatisierung zu einem immer benötigten Geschäftsbereich. Dieser Punkt ist sicherlich auch für den Eingang von Systempartnerschaften relevant. Zunehmend wird dieses Marktsegment sicherlich an Bedeutung gewinnen, da voll- automatisierte Fertigungslinien zur Kostenreduktion in der Produktion beitragen und langfristig den Vorsprung zu asiatischen Herstellern garantieren.

7.3.3 Dünnschicht

Mit nur sieben in diesem Bereich tätigen Unternehmen zählt das Marktsegment Dünnschicht (DS) zu einem sehr kleinen Marktsegment im PV- Equipmentmarkt. Folgende Unternehmen fallen in diese Kategorie:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------------|------------------|-------------------------|
| 1 | DS | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 2 | DS | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 3 | DS | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 4 | DS | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 5 | DS | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 6 | DS | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 7 | DS | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |

7.3.3.1 Marktpotential

Dem Segment Dünnschicht kann ein Marktpotential von [REDACTED] dies entspricht einem Anteil von nur 4 % am Gesamtpotential, zugerechnet werden. Das geringe Marktpotential des Bereiches Dünnschicht spiegelt die Tatsache wieder, dass fast 80% der derzeit vertriebenen Photovoltaik- Module der kristallinen Technologie

angehören und Unsicherheit darüber herrscht, ob die Dünnschicht- Technologie zukünftig an Bedeutung gewinnen wird.

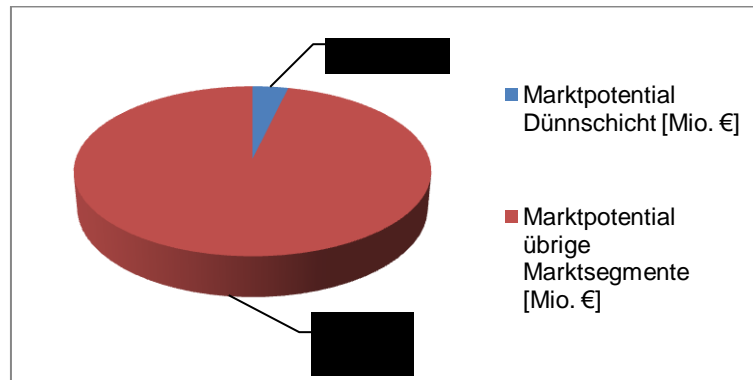


Abbildung 36: Marktpotential Dünnschicht

Dieser geringe Anteil am Gesamtpotential spiegelt sich natürlich auch in den Mitarbeiterzahlen wieder. So sind nur ca. [redacted] Mitarbeiter, das entspricht einem Anteil von ca. [redacted] an der Gesamtmitarbeiterzahl, in diesem Geschäftssegment europaweit tätig. Bezüglich der geographischen Lage des Marktes Dünnschicht ist auch hier eine deutsche Dominanz zu verspüren. Fünf der sieben diesem Markt zugeordneten Unternehmen haben ihren Standort in Deutschland.

7.3.3.2 Geschäftsbereiche

In den Bereich der Dünnschicht fallen folgende Geschäftstätigkeiten:

- Entwicklung und Produktion von Beschichtungsanlagen für die Dünnschichttechnologie
- Komponenten der Dünnschichttechnologie
- Lasersysteme für die Behandlung von Dünnschichtzellen

7.3.3.3 Einflussfaktoren

Haupteinflussfaktor für das geringe Marktpotential der Dünnschichttechnologie ist, wie bereits erwähnt der Punkt, dass die Dünnschicht- Technologie in Europa derzeit noch von untergeordneter Bedeutung ist. Ungeklärtes Langzeitverhalten sowie der Bedarf an seltenen Halbleiterelementen machen weitere Forschung in der Dünnschicht- Technologie notwendig. Zudem hat auch das Fallen der Silizium-Rohstoffpreise der letzten zwei Jahre zu einer derzeitigen Stärkung der kristallinen Technologie beigetragen.

7.3.4 Inspektion

Betreffend der Anzahl der diesem Marktsegment zugeordneten Unternehmen stellt der Bereich der optischen Inspektion (IN) mit 52 der 224 untersuchten Firmen das größte Segment im gesamten PV- Equipmentmarkt dar.

Zudem ist der Bereich der optischen Inspektion für die Firma Wild deswegen höchst attraktiv, da Synergien zu anderen Geschäftsbereichen wie der technischen Optik oder auch Medizintechnik genutzt werden können. Die in diesen zwei Feldern eingesetzten Kernkompetenzen der Firma Wild, die Entwicklung und Produktion von optomechatronischen Geräten und Baugruppen, kann folglich auch auf den Bereich der optischen Inspektion übertragen werden. So kann die Entwicklung eines Objektivs sowohl im Bereich der optischen Inspektion in der Photovoltaik wie auch in der technischen Optik oder auch Medizintechnik von Nöten sein.

Folgende Unternehmen können dem Marktsegment Inspektion zugeordnet werden:

MARKTPOTENTIALERHEBUNG

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------|------------------|-------------------------|
| 1 | IN | | | | |
| 2 | IN | | | | |
| 4 | IN | | | | |
| 3 | IN | | | | |
| 5 | IN | | | | |
| 6 | IN | | | | |
| 7 | IN | | | | |
| 8 | IN | | | | |
| 9 | IN | | | | |
| 10 | IN | | | | |
| 11 | IN | | | | |
| 12 | IN | | | | |
| 13 | IN | | | | |
| 14 | IN | | | | |
| 15 | IN | | | | |
| 16 | IN | | | | |
| 17 | IN | | | | |
| 18 | IN | | | | |
| 19 | IN | | | | |
| 20 | IN | | | | |
| 21 | IN | | | | |
| 22 | IN | | | | |
| 23 | IN | | | | |
| 24 | IN | | | | |
| 25 | IN | | | | |
| 26 | IN | | | | |
| 27 | IN | | | | |
| 28 | IN | | | | |
| 29 | IN | | | | |
| 30 | IN | | | | |
| 31 | IN | | | | |
| 32 | IN | | | | |
| 33 | IN | | | | |
| 34 | IN | | | | |
| 35 | IN | | | | |
| 36 | IN | | | | |
| 37 | IN | | | | |
| 38 | IN | | | | |
| 39 | IN | | | | |
| 40 | IN | | | | |
| 41 | IN | | | | |
| 42 | IN | | | | |
| 43 | IN | | | | |
| 44 | IN | | | | |
| 45 | IN | | | | |
| 46 | IN | | | | |
| 47 | IN | | | | |
| 48 | IN | | | | |
| 49 | IN | | | | |
| 50 | IN | | | | |
| 51 | IN | | | | |
| 52 | IN | | | | |

Wie aus obiger Tabelle klar ersichtlich, handelt es sich um eine Vielzahl von Kleinst- bis Kleinunternehmen mit geringer Mitarbeiteranzahl und niedrigen Umsätzen. Viele dieser Unternehmen gehen auch aus Forschungsprojekten von Universitäten hervor.

7.3.4.1 Marktpotential

Dem Marktsegment Inspektion kann ein Marktpotential von [REDACTED] € zugerechnet werden. Dies entspricht einem Anteil von 9 % am Gesamtpotential. Dies ist zwar kein allzu großer Anteil, doch lassen sich, wie oben bereits erwähnt, viele Gemeinsamkeiten zwischen der Inspektion und den anderen Geschäftsbereichen der Firma Wild finden.

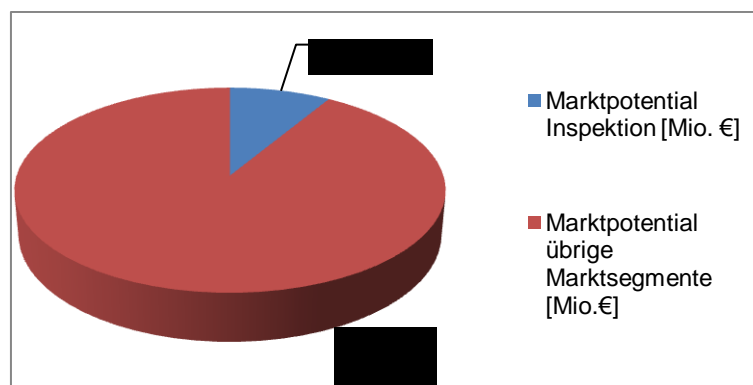


Abbildung 37: Marktpotential Inspektion

In der optischen Inspektion sind derzeit europaweit ca. [REDACTED] Mitarbeiter europaweit tätig, diese Zahl stellt wiederum ca. 10 % aller im Bereich der PV-Equipmentindustrie aktiven Mitarbeiter dar.

Geographisch betrachtet konzentriert sich der Bereich der Inspektion wie fast alle Bereiche der PV- Equipmentindustrie auf den deutschen Raum. Fast [REDACTED] der Firmen haben ihren Sitz in Deutschland.

7.3.4.2 Geschäftsbereiche

Unternehmen, die in der optischen Inspektion tätig sind, führen folgende Tätigkeiten aus:

- Entwicklung und Produktion von Inspektionssystemen für Ingots
- Entwicklung und Produktion von Inspektionssystemen für kristalline und Dünnschicht- Zellen (Oberfläche, Beschichtung, Micro- crack-inspection, Kantenbruchdetektion)
- Entwicklung und Produktion von Inspektionssystemen für kristalline und Dünnschicht- Module (String, Glasfehler- Detektion, Klassifizierung der Zellen)

- Entwicklung und Produktion von Prüfeinrichtungen für Farbstoffzellen

7.3.4.3 Einflussfaktoren

Vorteil der optischen Inspektion ist zum einen die breite Anwendbarkeit der Produkte. Die optische Inspektion wird sicherlich auch zukünftig an Bedeutung gewinnen, da um den Wirkungsgrad der Zellen bzw. Module zu steigern, es notwendig sein wird präzise Fehler im Herstellungsprozess zu detektieren. Zudem bestehen zu vielen in der Inspektion tätigen Unternehmen, die vielleicht auch in verwandten Geschäftsbereichen wie der technischen Optik angesiedelt sind, langfristige Geschäftsbeziehungen mit dem Unternehmen Wild, die sicherlich noch großes Potential für den Eingang einer strategischen Partnerschaft auch in der Photovoltaik bieten.

7.3.5 Metallisieren

Dem Marktsegment Metallisieren (ME) können 18 der 224 untersuchten Unternehmen zugeordnet werden. Folgende Unternehmen fallen in dieses Marktsegment:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------|------------------|-------------------------|
| 1 | ME | | | | |
| 2 | ME | | | | |
| 4 | ME | | | | |
| 3 | ME | | | | |
| 5 | ME | | | | |
| 6 | ME | | | | |
| 7 | ME | | | | |
| 8 | ME | | | | |
| 9 | ME | | | | |
| 10 | ME | | | | |
| 11 | ME | | | | |
| 12 | ME | | | | |
| 13 | ME | | | | |
| 14 | ME | | | | |
| 15 | ME | | | | |
| 16 | ME | | | | |
| 17 | ME | | | | |
| 18 | ME | | | | |

7.3.5.1 Marktpotential

Dem Marktsegment Metallisieren kann mit nur [redacted] das geringste Marktpotential der gesamten Marktpotentialerhebung zugeordnet werden. Dies entspricht einem geringen Anteil von nur [redacted] am Gesamtpotential.

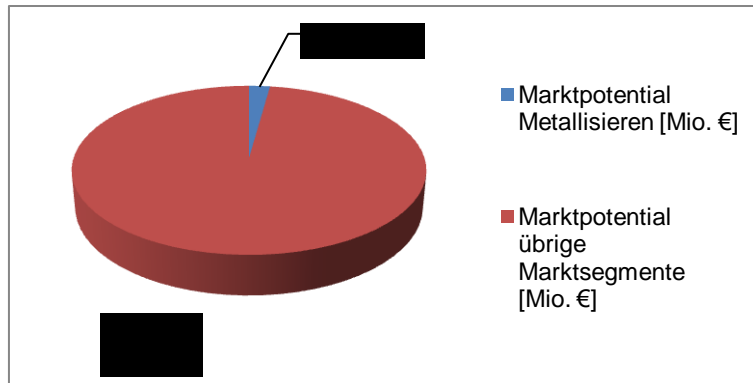


Abbildung 38: Marktpotential Metallisieren

Die nur 18 diesem Bereich zugeordneten Unternehmen verzeichnen alle recht kleine Umsätze, dies kann wahrscheinlich dadurch erklärt werden, dass es sich in den meisten Fällen beim Equipment um einfache Siebdruckmaschinen handelt.

Das kleine Marktpotential des Bereiches Metallisieren spiegelt sich natürlich auch in der mit ungefähr [redacted] Mitarbeitern recht geringen Mitarbeiterzahl des Bereiches wieder. Auch in diesem Marktsegment ist, wie in allen Bereichen der PV-Equipmentindustrie, eine starke Dominanz der deutschen Unternehmen, gefolgt von zwei italienischen Unternehmen zu spüren.

7.3.5.2 Geschäftsbereiche

Unternehmen, die im Bereich Metallisieren angesiedelt sind, sind in folgenden Geschäftsfeldern tätig:

- Entwicklung und Produktion von Siebdruckmaschinen/-anlagen (Metallisierungslinien)
- Herstellung von Präzisionsschablonen für Siebdruckmaschinen
- Herstellung von Präzisionssieben für Siebdruckmaschinen
- Herstellung von Sinteröfen

7.3.6 Modul

Dem Marktsegment Modul (MO) sind europaweit nur 12 Unternehmen zugeordnet. Diese Zahl erscheint in Anbetracht der mit mehr als 1000 weltweiten Modulherstellern großen Anzahl als äußerst gering. Folgende Unternehmen gehören dem Marktsegment Modul an:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------------|------------------|-------------------------|
| 1 | MO | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 2 | MO | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

Fertigungsschritten Stringen, Laminieren, Anschließen und Testen im Vergleich zur Zellherstellung recht einfach ist und sich viele Unternehmen vor allem in Europa über die doch recht komplexe Herstellung von Solarzellen nicht herantrauen.

Daraus lässt sich schließen, dass der Markt des Equipments für Modulherstellung doch recht interessant ist und viele Möglichkeiten als Systempartner darbietet.

7.3.7 Reinigen und Ätzen

Folgende 13 Unternehmen können dem Marktsegment Reinigen und Ätzen (RÄ) zugeordnet werden:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------------|------------------|-------------------------|
| 1 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 2 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 3 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 4 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 5 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 6 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 7 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 8 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 9 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 10 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 11 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 12 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |
| 13 | RÄ | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] | [REDACTED] |

7.3.7.1 Marktpotential

Dem Marktsegment RÄ kann ein Umsatzpotential von europaweit [REDACTED] zugeschrieben werden. Dies entspricht einem Anteil am Gesamtpotential von [REDACTED]. Dabei ist zu beachten, dass der Umsatz der Firma [REDACTED] GmbH, die zum [REDACTED] gehört, nicht extra ausgewiesen ist, jedoch sicherlich einen großen Anteil am Teilpotential dieses Marktsegmentes hat.

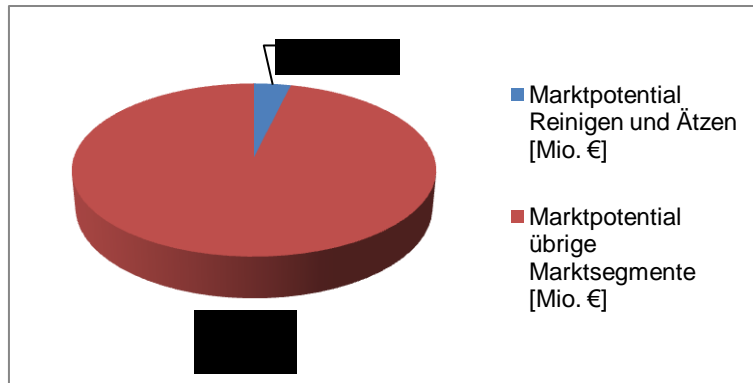


Abbildung 40: Marktpotential Reinigen und Ätzen

Im Marktsegment RÄ sind derzeit europaweit ca. [redacted] Mitarbeiter beschäftigt. Dies entspricht ebenso einem Anteil von [redacted] an den gesamten im Bereich PV- Equipment beschäftigten Personen. Geographisch betrachtet sind [redacted] der Unternehmen im Bereich RÄ in Deutschland angesiedelt.

7.3.7.2 Geschäftsbereiche

Unternehmen, die im Marktsegment RÄ angesiedelt sind, führen folgende Tätigkeiten aus:

- Entwicklung und Produktion von Nassprozestechnik zum Reinigen und Ätzen von Wafern
- Entwicklung und Produktion von Nassprozestechnik zur Reinigung von Ingots und Zellen

7.3.8 Silizium- Herstellung

Dem Marktsegment Silizium- Herstellung (SI) können europaweit sieben der 224 untersuchten Unternehmen zugeschrieben werden. Dies sind folgende:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------------|------------------|-------------------------|
| 1 | SI | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 2 | SI | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 4 | SI | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 3 | SI | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 5 | SI | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 6 | SI | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 7 | SI | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

7.3.8.1 Marktpotential

Trotz der mit sieben Unternehmen geringen Anzahl an Firmen kann dem Marktsegment SI ein Marktpotential von insgesamt [redacted] zugeordnet werden. Dies rührt daher, dass es nur wenige Hersteller von solarem Silizium weltweit gibt.

Insgesamt trägt das Segment Siliziumherstellung mit [redacted] zum gesamten Umsatzpotential im PV- Equipmentmarkt bei und ist somit eines der größten Marktsegmente.

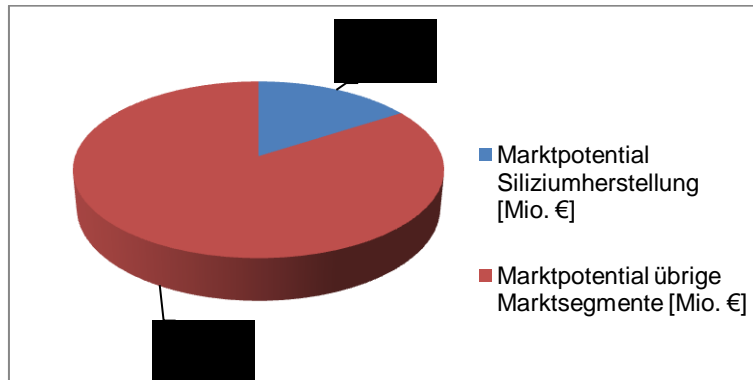


Abbildung 41: Marktpotential Silizium- Herstellung

Im Bereich der Silizium- Herstellung sind derzeit europaweit mehr als [redacted] Menschen beschäftigt.

7.3.8.2 Geschäftsbereiche

Folgende Geschäftsbereiche sind in der Silizium- Herstellung für die Firma Wild relevant:

- Entwicklung und Produktion von Diffusions-, Metallisierungs- und Trocknungsöfen
- Anlagen zur Kristallzüchtung

7.3.9 Turn- key

Als Turn- key (TK) bezeichnet man ein Unternehmen, das schlüsselfertige Produktionslinien zur Herstellung von Solarzellen oder PV- Modulen liefern kann. Folgende 11 Unternehmen gehören dem Marktsegment TK an:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------------|------------------|-------------------------|
| 1 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 2 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 4 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 3 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 5 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 6 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 7 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 8 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |
| 9 | TK | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] |

| | | | | | | |
|----|----|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| 10 | TK | | | | | |
| 11 | TK | | | | | |

7.3.9.1 Marktpotential

Dem Marktsegment Turn- key kann ein Umsatzpotential von [REDACTED] zugerechnet werden. Damit trägt dieser Marktbereich mit [REDACTED] zum Gesamtpotential des europäischen PV- Equipmentmarkts bei.

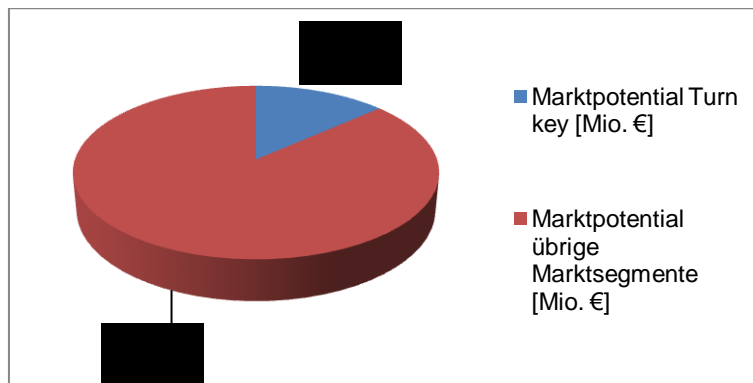


Abbildung 42: Marktpotential Turn- key

Gleichzeitig sind im relevanten Markt mehr als [REDACTED] Mitarbeiter im Marktsegment TK beschäftigt wodurch dieses Segment, auf die Beschäftigtenanzahl bezogen, zu einem der größeren Marktsegmente im PV- Equipmentmarkt gehört. Hierbei ist zu beachten, dass fast die Hälfte der Mitarbeiter dieses Segments bei der deutschen Fa. Centrotherm, dem weltweit führenden Equipmentanbieter, beschäftigt ist.

Geographisch betrachtet, ist Deutschland mit sieben von elf hier angesiedelten Unternehmen als Hauptabsatzmarkt zu sehen. Zu sieben der elf Unternehmen gibt es bereits Kontakte von Seiten Wild, deren Geschäftsbeziehungen jedoch sicherlich weiter ausgebaut werden können.

7.3.9.2 Geschäftsbereiche

Folgende schlüsselfertige Produkte werden von Unternehmen, die dem Marktsegment TK zugeordnet sind, angeboten:

- Produktion von Anlagen zur kristallinen und Dünnschicht- Photovoltaikmodul- Herstellung
- Entwicklung und Produktion von Anlagen zur Herstellung kristalliner Zellen
- Entwicklung von schlüsselfertigem PV- Equipment

7.3.10 Wafer/Laserbearbeitung

Das Marktsegment Wafer/Laserbearbeitung (WA) ist nicht nur aufgrund seiner mit 38 zugeordneten Firmen großen Anzahl an Unternehmen relevant. Vielmehr können in diesem Bereich Synergien mit anderen Geschäftsbereichen des Unternehmens Wild genutzt werden. So können Erfahrungen im Handlingprozess der Halbleitertechnik oder Kenntnisse der Lasertechnik aus der technischen Optik oder auch Medizintechnik auch auf die Photovoltaik angewandt werden. Folgende Unternehmen gehören zum Marktsegment Wafer/Laser:

| Nr. | Kat. | Firmenname | Land | Umsatz 2009 (PV) | Anzahl Mitarbeiter (PV) |
|-----|------|------------|------|------------------|-------------------------|
| 1 | WA | | | | |
| 2 | WA | | | | |
| 4 | WA | | | | |
| 3 | WA | | | | |
| 5 | WA | | | | |
| 6 | WA | | | | |
| 7 | WA | | | | |
| 8 | WA | | | | |
| 9 | WA | | | | |
| 10 | WA | | | | |
| 11 | WA | | | | |
| 12 | WA | | | | |
| 13 | WA | | | | |
| 14 | WA | | | | |
| 15 | WA | | | | |
| 16 | WA | | | | |
| 17 | WA | | | | |
| 18 | WA | | | | |
| 19 | WA | | | | |
| 20 | WA | | | | |
| 21 | WA | | | | |
| 22 | WA | | | | |
| 23 | WA | | | | |
| 24 | WA | | | | |
| 25 | WA | | | | |
| 26 | WA | | | | |
| 27 | WA | | | | |
| 28 | WA | | | | |
| 29 | WA | | | | |
| 30 | WA | | | | |
| 31 | WA | | | | |
| 32 | WA | | | | |
| 33 | WA | | | | |
| 34 | WA | | | | |
| 35 | WA | | | | |
| 36 | WA | | | | |
| 37 | WA | | | | |
| 38 | WA | | | | |

7.3.10.1 Marktpotential

Dem Marktsegment WA kann ein Umsatzpotential von aktuell [REDACTED] zugeschrieben werden. Damit gehört dieses Marktsegment zu den größeren Geschäftsbereichen in der europäischen PV- Equipmentindustrie. Das Marktsegment Wafer macht [REDACTED] des Gesamtpotentials aus. In den aktuell 38 in diesem Bereich eingeordneten Unternehmen sind derzeit mehr als [REDACTED] Mitarbeiter beschäftigt. Das entspricht ungefähr [REDACTED] aller in der Equipmentherstellung für die Photovoltaik beschäftigten Personen.

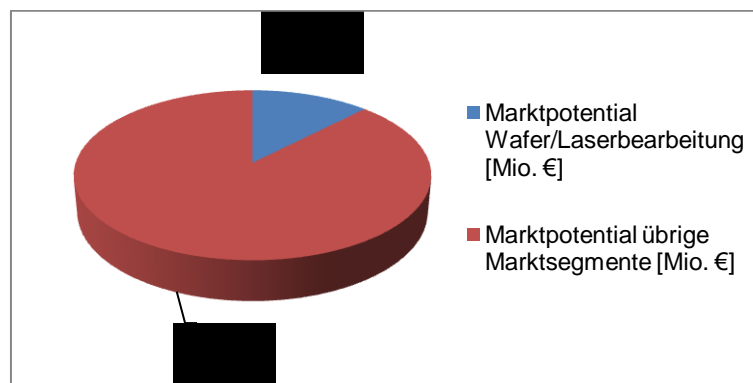


Abbildung 43: Marktpotential Wafer/Laserbearbeitung

Dieses Marktsegment bietet noch genug Potential für die Akquirierung von weiteren Firmen für die Zusammenarbeit als strategischer Partner. Zum heutigen Zeitpunkt gab es erst Kontakt durch Wild zu ca. 25 % der in der Datenbank erfassten Unternehmen. Zudem haben mehr als [REDACTED] der dem Segment WA zugeordneten Unternehmen ihren Standort in Deutschland, der Schweiz oder Österreich.

7.3.10.2 Geschäftsbereiche

Folgende Geschäftsbereiche fallen in das Marktsegment WA:

- Entwicklung und Produktion von Laseranlagen zur Kantenisolation, Laserstrukturierung, Lasermarkierung, Waferbeschriftung, zum Schneiden mittels Laser und zum Bohren mittels Laser
- Herstellung von Rund- und Bandsägen
- Entwicklung und Produktion von Anlagen zum Vereinzeln von Wafern
- Waferhandling

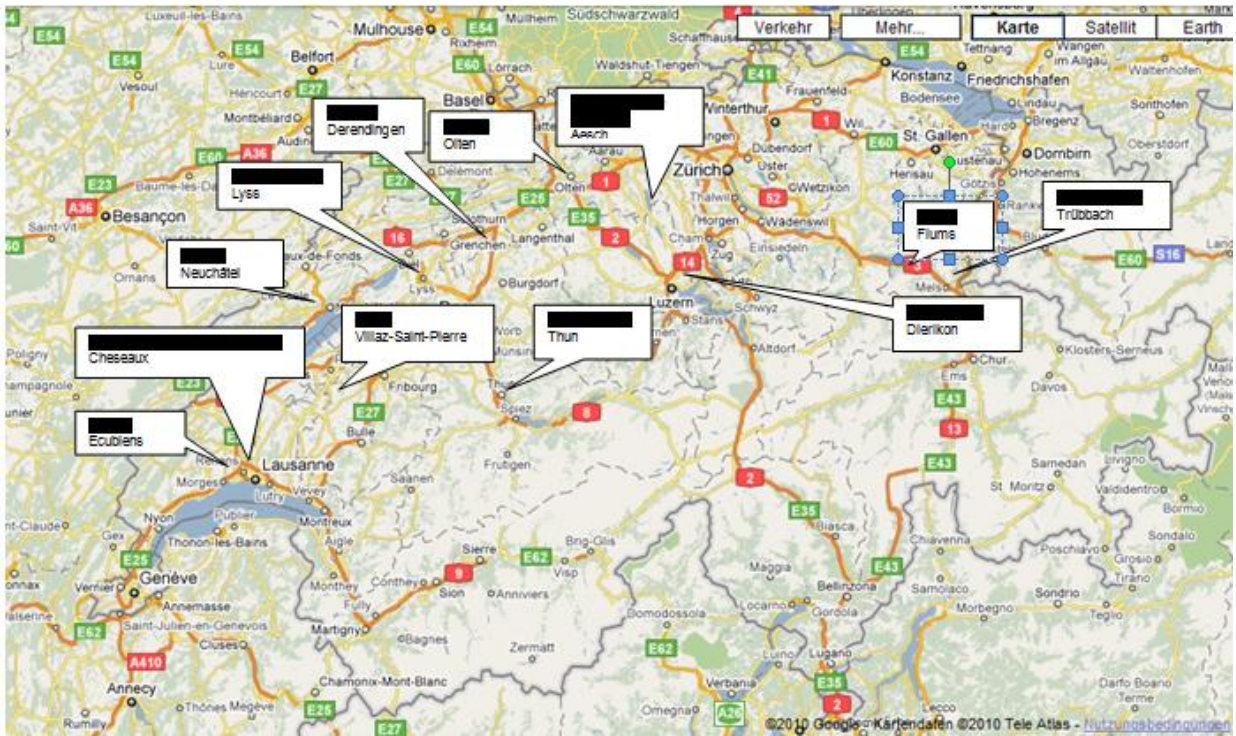


Abbildung 45: Kunden- Map Schweiz



Abbildung 46: Kunden- Map Österreich

7.5 Qualitative Marktforschung- Experteninterviews

Um aktuelle Informationen zur Markt- und Technologienentwicklung von Fachleuten der PV- Industrie zu gewinnen, entschloss die Autorin sich, drei Experteninterviews durchzuführen. Als Experte wird hierbei eine Fachperson mit überdurchschnittlich umfangreichem Wissen auf einem oder mehreren Fachgebieten, hier am Gebiet der Photovoltaik, bezeichnet.

7.5.1 Qualitative Marktforschung

„Ziel qualitativer Marktforschung ist das Erkennen, Beschreiben und Verstehen psychologischer und soziologischer Zusammenhänge, nicht jedoch eine quantitative Messung der Beziehungen.“¹⁹⁵

Offenheit, Kommunikativität und Typisierung haften qualitativer Marktforschung als Kennzeichnungsmerkmale an:¹⁹⁶

Qualitative Marktforschungsmethoden sind *offen* weil auf eine Vorstrukturierung und Eingrenzung des Untersuchungsgegenstandes weitgehend verzichtet wird um so den Forscher in keine bestimmte Richtung zu drängen. Eine gänzliche Standardisierung der Methoden kann nicht erreicht werden, qualitative Methoden haben gegebenenfalls auf in der Untersuchung neu auftretende Gesichtspunkte flexibel zu reagieren.

Kommunikativität ist deshalb kennzeichnend, da eine ständige Orientierung an den kommunikativen Fähigkeiten der Auskunftsperson stattfindet. Kommunikations- und Interaktionsbeziehungen werden hierbei nicht als störend sondern förderlich angesehen. Durch offene Fragestellungen soll der Befragte nicht unnötig eingeeengt werden, Ziel qualitativer Marktforschung soll eine Orientierung am Ursprung der Daten ohne Verlust von essentiellen Informationen sein.

Als typisierend kann qualitative Marktforschung deswegen gesehen werden, da sie sich weder bei der Auswahl der Stichproben, noch bei der Auswertung der Daten auf statistische Methoden zurückgreift. Vielmehr wird versucht, die ausgeprägten Inhalte der Problemstellung zu filtern.

Grundlegend geht man im Vergleich zur quantitativen Forschung bei der qualitativen Marktforschung von einer geringeren Anzahl an Samples aus, versucht aber stärker

¹⁹⁵ Kepper (2008), S 178

¹⁹⁶ Vgl. Kepper (2008), S 177

ins Detail der Thematik zu gehen um die erhaltenen Daten und Informationen nicht statistisch, sondern genauer interpretativ und zusammenfassend auszuwerten.

7.5.2 Marktforschungsdesign- Konzeption des Fragebogens

Als Instrument der Datengewinnung wurde die persönliche Befragung, das sogenannte „face- to- face“ – Interview mit Hilfe eines zuvor gestalteten Fragebogens gewählt. Da eine vollständige Standardisierung nicht gewährleistet werden konnte, entschied die Autorin sich die Befragung als teilstandardisiert durchzuführen.¹⁹⁷

Die im Fragebogen 21 enthaltenen Fragen beinhalteten drei Multi- Choice Fragen, einige geschlossene Fragen, die Mehrzahl der Fragen wurde jedoch als offene Fragen gestellt. Die Erstellung des Fragebogens erfolgte in Zusammenarbeit mit Herrn Dengg auf Basis von Fachmagazinen, Lageberichten von börsennotierten Unternehmen sowie Marktstudien. Das Interview sollte auf Markt- und Technologienentwicklung der PV- Industrie fokussieren.

7.5.3 Auswahl der zu befragenden Personen

Da es in Österreich aufgrund der geringen Anzahl an in der Photovoltaik angesiedelten Unternehmen grundsätzlich schwierig ist, an Fachleute zu kommen, konnten leider nur drei zur Befragung geeignete Personen gefunden werden:

- Herr Dr. Stowasser, technischer Geschäftsführer der Firma Blue Chip Energy (Hersteller von kristallinen Solarzellen);(Interview am 21.7.2010)
- Herr DI Ingram Eusch, Geschäftsführer von Kioto Photovoltaics (Hersteller von kristallinen Photovoltaik- Modulen);(Interview am 27.7.2010)
- Herr DI Maurice Würschl, Vertriebsleiter von Energetica Energietechnik (Hersteller von kristallinen Photovoltaik- Modulen); (Interview am 27.7.2010)

7.5.4 Auswertung der Daten

Während der Befragungen wurde eine digitale Aufnahme mit Hilfe eines Diktiergeräts vorgenommen, anschließend erfolgte eine vollständige Transkription des Textes.

Zur Auswertung der Daten wurde mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring gearbeitet:¹⁹⁸

Allgemein können drei unterschiedliche Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse unterschieden werden:¹⁹⁹

¹⁹⁷ Berekhoven/Eckert/Ellenrieder (1999), S 99 ff

¹⁹⁸ Vgl. Mayring (1990), S 20 ff

- die *Zusammenfassung* (Reduktion des Datenmaterials auf die wesentlichen Inhalte, Bilden eines Gerüsts des Grundmaterials mit Hilfe durch Abstraktion),
- die *Explikation* (Erweitern der problematischen Textstelle durch Heranziehen weiteren Materials zum besseren Verständnis der Passage) und die
- *Strukturierung* (gewisse Gesichtspunkte werden unter Verwendung von Kriterien herausgefiltert und können dadurch eingeschätzt werden).

Im Zuge dieser Arbeit wurden zur Auswertung des Datenmaterials der Experteninterviews die Techniken der Zusammenfassung und Explikation angewendet.

7.5.5 Ergebnisse der Befragung

Folgende Tendenzen können mit Hilfe der drei in österreichischen PV- Unternehmen durchgeführten Interviews abgeleitet werden:

7.5.5.1 Marktentwicklung

Grundsätzlich kann von einer positiven Entwicklung des gesamten PV- Marktes ausgegangen werden. Um die konventionellen Energiequellen langfristig zu ersetzen, wird die Photovoltaik sicherlich für die Energieversorgung der Zukunft mit zuständig sein.²⁰⁰

Im Jahr 2020 wird Photovoltaik in Europa zwischen 4 und 12 % am gesamten Energiemix teilhaben.²⁰¹

Alle drei Befragten denken, dass sogar der Wert der Epia- Studie, einer sehr positive Studie, von 12 % erreicht werden könnte.²⁰²

Zum heutigen Zeitpunkt steht die Photovoltaik erst am Anfang ihrer Entwicklung, bis dato hat ein Funke gezündet, der sobald die grid- parity²⁰³ erreicht sein wird, (dies wird abhängig von der Sonneneinstrahlung ungefähr um das Jahr 2015 sein) explosionsartig umschlagen wird. Derzeit ist die Photovoltaik von mehr oder weniger attraktiven Förderungen getragen, die zum Entstehen von einzelnen Marktblasen

¹⁹⁹ Vgl. Mayring (1990), S 54 f

²⁰⁰ Vgl. Experteninterview mit Herrn Stowasser am 21.7.2010

²⁰¹ Vgl. Experteninterviews mit Herrn Stowasser am 21.7.2010, Herrn Eusch und Herrn Würschl am 27.7.2010

²⁰² Vgl. <http://www.epia.org>, S 2 (18.8.2010)

²⁰³ Als grid- parity (Netzparität) bezeichnet man jenen Zeitpunkt, bei dem durch eine PV- Anlage generierte elektrische Energie zum gleichen Preis wie der Endverbraucherpreis angeboten werden kann.

beitragen. Auch nach Zusammenbruch einer solchen Marktblase, beispielsweise Spanien, wird sich schlussendlich dennoch ein konstanter Markt danach entwickeln.²⁰⁴

Die weitere positive Marktentwicklung der Photovoltaik wird stark durch sinkende Rohstoff- und Fertigungskosten begünstigt werden.

Entsprechend der Förderbedingungen werden sowohl Kleinanlagen für Private, als auch Großanlagen, weiterhin den Markt dominieren. Zudem werden auch europäische Energieversorgungsunternehmen zunehmend in PV- Kraftwerke investieren.

Alle drei Befragten gehen davon aus, dass Lobbyismus der Grund dafür ist, dass Photovoltaik derzeit in Österreich schlecht gefördert wird. Sowohl der Bauernverband wegen der Biomasse, als auch österreichische Energieversorgungsunternehmen in der Wasserkraft, versuchen das Wachstum der Photovoltaik einzudämmen. Auch Gewinnmaximierung spielt eine große Rolle, so beziehen beispielsweise österreichische Energieunternehmen Anteile ihres Stroms von deutschen Mutterkonzernen, die wiederum ihren Strom aus Atomkraft beziehen.

Marktsättigung und Kaufkraftschwund kann von keinem der drei Befragten als potentielle Bedrohung gesehen werden. Der Konkurrenzdruck aus Billiglohnländern am Zell- und Modulmarkt, hier vor allem aus China, wird dennoch weiterhin steigen.

Es wird auch in Zukunft schwierig sein, den Kunden auf die Differenz in der Qualität zu asiatischen Produkten aufmerksam zu machen. Sehr wohl wird zukünftig vermehrt Technologiewandel eine große Rolle spielen. Hier wird speziell bei den Maschinenbauern extreme Wandlungsfähigkeit gefragt sein.²⁰⁵

Alle drei Befragten sind der Meinung, dass speziell durch Qualitätsführerschaft, Flexibilität der Produkte, sowie maßgeschneiderte Applikationen, wie beispielsweise gebäudeintegrierte Photovoltaik, ästhetische Glas- in- Glas Module, an die geographischen Gegebenheiten angepasste Module oder Kleinstanwendungen der Vorsprung zu asiatischen Herstellern gesichert werden kann. In der Equipmentindustrie werden neue Fertigungstechnologien, die die Asiaten nicht bieten können, sowie gesteigerte Automatisierung den Vorsprung zusätzlich erhöhen. Alle drei Befragten sind davon überzeugt, dass europäische Qualität gerade im Maschinenbau immer gefragt sein wird.

²⁰⁴ Vgl. Experteninterview mit Herrn Eusch am 27.7.2010

²⁰⁵ Vgl. Experteninterviews mit Herrn Stowasser am 21.7.2010, Herrn Eusch und Herrn Würschl am 27.7.2010

Generell wird die Nähe zum Kunden in Zukunft an Bedeutung gewinnen. So sehen alle drei Interviewten das größte Potential bei der Zell- und Modulherstellung sowie bei Applikationen. Kundenferne Bereiche wie die Silizium- oder auch Ingothherstellung sind von geringerer Bedeutsamkeit.

Betreffend der Erschließung neuer Märkte, sehen alle drei befragten Personen in den Mittel-, sowie Südost-europäischen Ländern entlang des Sonnengürtels großes, noch nicht erschlossenes Potential. Man ist der Meinung, dass bis auf Deutschland noch kein Land das Potential richtig erkannt hat.

7.5.5.2 Technologieentwicklung

Sowohl die kristalline, als auch die Dünnschicht- Technologie werden kurz- und mittelfristig am Markt bestehen bleiben. Die kristalline Technologie punktet durch höchste Effizienz und einfache Verarbeitung und wird somit weiterhin den Markt von Standardmodulen dominieren. Auch kann hierbei die Hauptressource Silizium als gesichert gesehen werden.²⁰⁶

Alle drei befragten Personen sind einer Meinung, dass die Dünnschicht- Technologie zukünftig nur leicht an Bedeutung gewinnen wird, da es immer eine Differenz im Wirkungsgrad zwischen kristallin, hierbei werden in den nächsten fünf Jahren Wirkungsgrade um die 20 % erwartet, und Dünnschicht geben wird.

Die Dünnschicht- Technologie wird nur in Anwendungen, die höchster Ästhetik genügen müssen, wie beispielsweise bei Glaselementen, ihren Einsatz finden. Unsicherheit über Langzeitstabilität und -lebensdauer sowie die Verarbeitung seltener Erden, z.B. Indium oder Gallium, deren Vorkommen nicht gesichert ist, sprechen für alle drei Interviewten gegen einen starken Anstieg der Dünnschicht- Technologie.

Da sowohl die kristalline, als auch die Dünnschicht- Technologie noch weiter in Richtung Steigerung des Wirkungsgrades und sinkender Fertigungskosten entwickelt werden können, werden neue Technologien wie Konzentrationszellen, Farbstoffzellen oder organische Photovoltaik erst langfristig eine Rolle spielen. Diese Technologien befinden sich noch im Entwicklungsstadium, auch ist ihr Langzeitverhalten zum heutigen Tag noch ungeklärt. Darüber hinaus ist ihre Fertigung aufwendig und teuer.

²⁰⁶ Vgl. Experteninterview mit Herrn Würschl am 27.7.2010

In der Equipmentherstellung wird die Spezialisierung der einzelnen Hersteller auf ihre Kernkompetenzen gefragt sein. Man glaubt, dass sich die Anzahl der Turn-key-Hersteller, diese werden höchstens bei green-field operations eingesetzt werden, in Zukunft verringern wird und die Zell- und Modulproduzenten ihr Equipment in einzelnen Komponenten zukaufen und in die Linie integrieren werden.²⁰⁷ Ein Hauptaugenmerk wird auf Automatisierung gelegt werden.²⁰⁸

7.6 Markteinschätzung- Zusammenfassung Potentialerhebung

Insgesamt konnten [redacted] relevante Unternehmen in der PV- Equipmentindustrie in Europa, die sich auf die zehn einzelnen Marktsegmente aufteilen, identifiziert werden. Diese [redacted] Unternehmen splitten sich in Entwicklungs- und Produktionsunternehmen. Unternehmen, die rein im Vertrieb tätig sind, sind in dieser Zahl nicht berücksichtigt.

Davon befinden sich mehr als [redacted] in Deutschland, dies bestätigt wiederum den Punkt, dass der deutsche Raum derzeit Vorreiter in der Photovoltaik in ganz Europa ist.

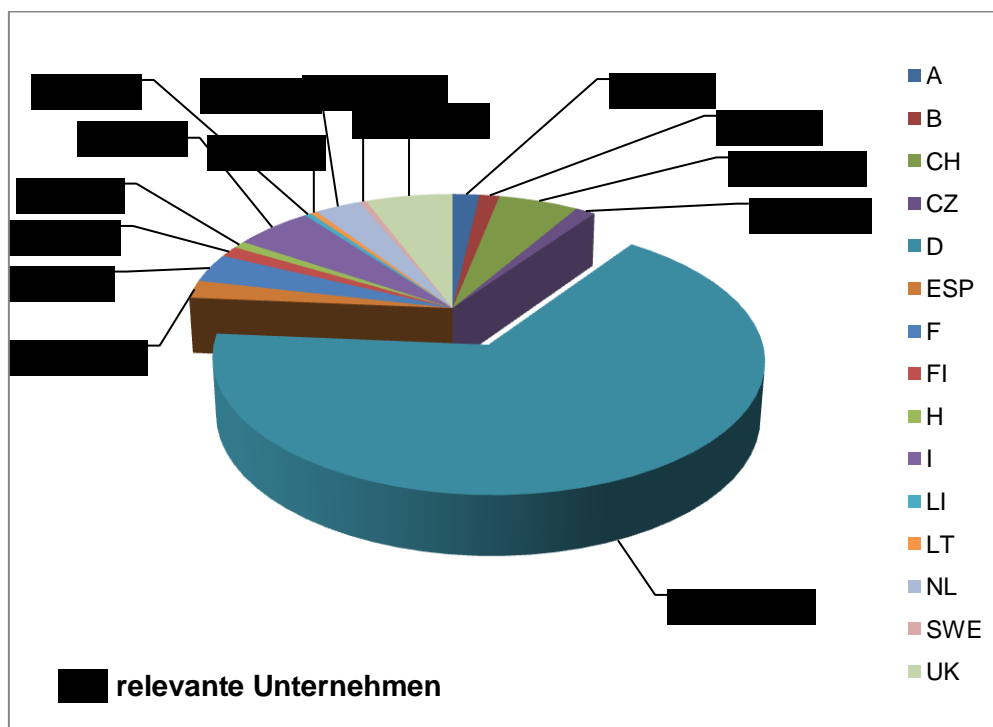


Abbildung 47: PV- Equipmentindustrie in Europa

²⁰⁷ Vgl. Experteninterview mit Herrn Eusch am 21.7.2010

²⁰⁸ Vgl. Experteninterviews mit Herrn Stowasser am 21.7.2010, Herrn Eusch und Herrn Würschl am 27.7.2010

Die mehr als ██████ in Europa in der PV- Equipmentindustrie beschäftigten Personen bestärken, dass sich die Photovoltaik mittlerweile zu einem eigenen, nicht mehr vernachlässigbaren Wirtschaftszweig in Europa entwickelt hat.

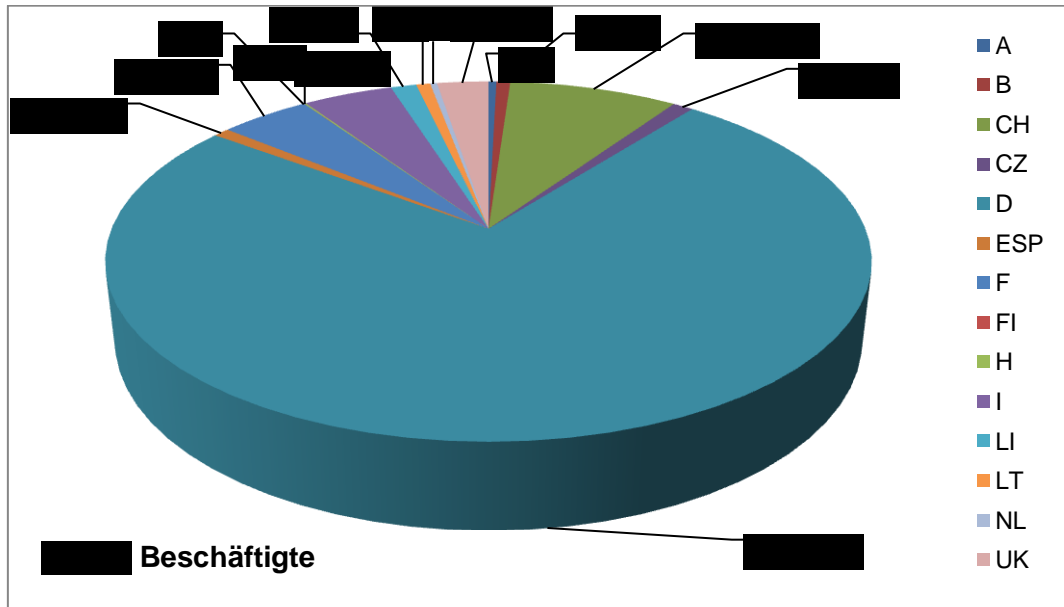


Abbildung 48: PV- Equipment-Beschäftigte in Europa

Deutschland ist mit ██████ der insgesamt ██████ in der Photovoltaik beschäftigten Personen europaweit führend. Dies bestätigt wiederum die uneingeschränkte Vorherrschaft der deutschen Unternehmen im Maschinenbau.

Auf die einzelnen europäischen Länder aufgeteilt, ergibt sich folgendes aktiv für strategische Partnerschaften nutzbares Marktpotential:

Tabelle 16: Aufteilung des Gesamtpotentials auf die einzelnen Länder

| | |
|---------------|------------|
| A | ██████████ |
| B | ██████████ |
| CH | ██████████ |
| CZ | ██████████ |
| D | ██████████ |
| ESP | ██████████ |
| F | ██████████ |
| FI | ██████████ |
| H | ██████████ |
| I | ██████████ |
| LT | ██████████ |
| NL | ██████████ |
| UK | ██████████ |
| LI | ██████████ |
| Summe: | ██████████ |

Graphisch lässt sich die Aufteilung auf die einzelnen Länder folgendermaßen darstellen:

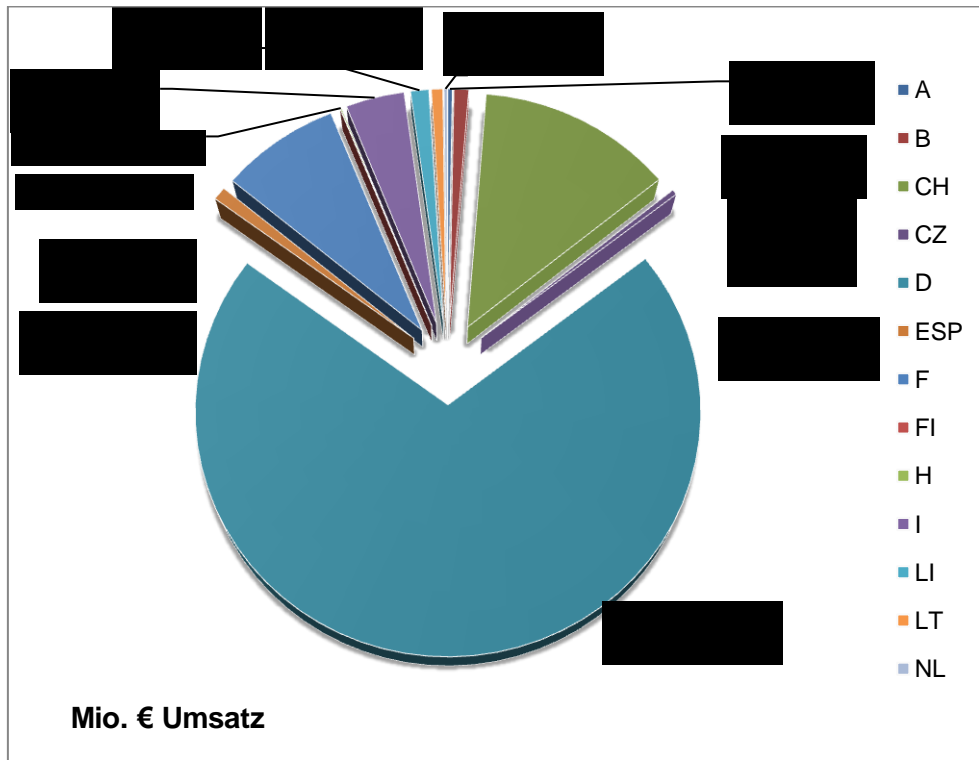


Abbildung 49: Umsatzverteilung PV- Equipmentindustrie in Europa nach Ländern

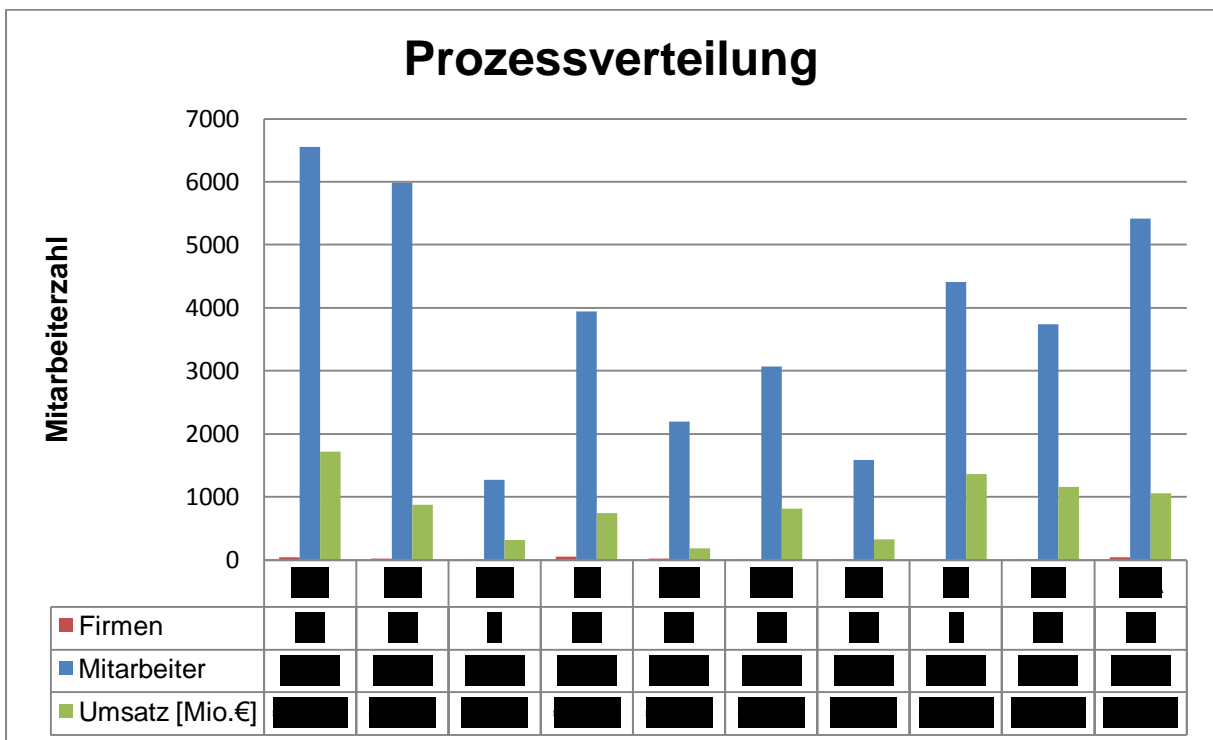


Abbildung 50: Prozessverteilung PV- Equipmentindustrie

Wie aus obiger Grafik ersichtlich, bieten vom Umsatz betrachtet vor allem die Marktsegmente Anti- Reflexbeschichtung, Wafer/Laserbearbeitung,

Siliziumherstellung sowie Turn- key große Umsatzpotentiale, die jeweils über einer [REDACTED] Euro liegen. Zudem bietet auch die Inspektion, die zwar im Vergleich zu den anderen Marktsegmenten ein recht kleines Potential aufweist, in der PV-Equipmentindustrie viele Möglichkeiten, da auf vorhandene Kompetenzen aus den anderen Geschäftsbereichen der Firma Wild zurückgegriffen werden kann und somit Synergien genützt werden können.

Vergrößert man den Untersuchungsbereich der Marktpotentialanalyse, viele der [REDACTED] untersuchten Unternehmen sind nicht nur rein in der Photovoltaik, sondern auch in anderen verwandten Geschäftsbereichen wie beispielsweise der Halbleitertechnik oder der technischen Optik tätig, und deshalb ebenso für strategische Partnerschaften für Wild relevant, so lässt sich ein um ein Vielfaches höheres Gesamtpotential ermitteln.

Betrachtet man alle Geschäftsbereiche der [REDACTED] untersuchten Unternehmen, kommt man somit auf ein Gesamtpotential von [REDACTED]

Zieht man nun das Umsatzpotential aller Marktsegmente der PV- Equipmentindustrie vom Gesamtpotential aller Geschäftsbereiche ab, so ergibt das übrige Marktpotential mit [REDACTED]

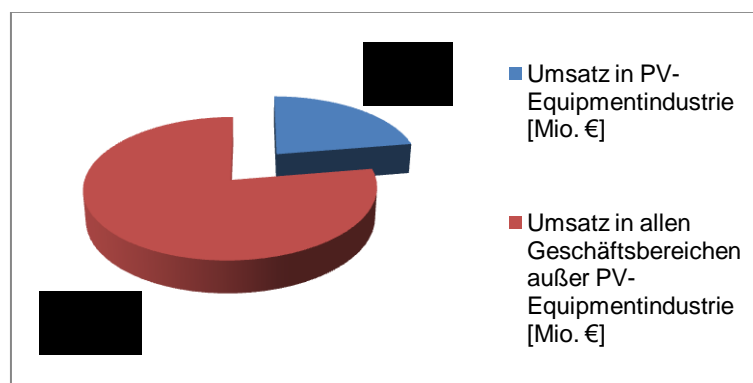


Abbildung 51: Vergleich des Gesamtpotential zum Potential der PV- Equipmentindustrie in Europa

Analog kann die gleiche Übertragung auch auf die Mitarbeiterzahlen erfolgen: betrachtet man alle Geschäftsbereiche der [REDACTED] untersuchten Unternehmen in Europa, so sind [REDACTED] Mitarbeiter beschäftigt. Diese Menge teilt sich in [REDACTED] in der PV- Equipmentindustrie beschäftigte und [REDACTED] in den übrigen Geschäftsfeldern dieser Unternehmen tätige Mitarbeiter auf.

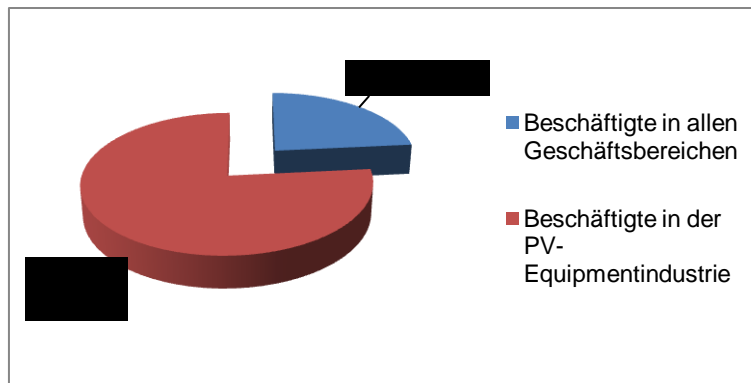


Abbildung 52: Vergleich Mitarbeiteranzahl gesamt zu Mitarbeiteranzahl in PV- Equipmentindustrie in Europa

7.7 Fazit

Das Marktpotential im PV- Equipmentbereich ist mit mehr als [REDACTED] in Europa enorm. Die Produktpalette bewegt sich von einzelnen Laserprozessanlagen, über optische Inspektionssysteme, über Automatisierungsanlagen bis hin zum Anlagenbau.

Das Wachstum der Photovoltaik ist langfristig, es ist weiterhin mit jährlichen Wachstumsraten von 15 bis 20 % zu rechnen. Bis dato ist erst der deutsche Markt penetriert, viele andere europäische Märkte wie Südosteuropa sind noch gar nicht ertschlossen. Außerhalb Europas bieten auch China, Japan, die USA, Canada sowie Indien noch großes, nicht ausgeschöpftes Potential.

Um dem wachsenden Wettbewerb und Preisdruck eines reifenden Marktes Stand zu halten, wird empfohlen, mehr Kapital in Forschung und Entwicklung zu investieren um kostensenkende Neuentwicklungen in Produkt- und Prozesstechnik zur Serienreife zu bringen. Zudem wird zukünftig verstärkt Automatisierung eine Rolle spielen um den Abstand zu asiatischen Herstellern, die zum Teil noch Manufaktur betreiben, zu vergrößern.

Um die sich auf die Kernkompetenzen der einzelnen Unternehmen zu beschränken, sind strategische Partnerschaften über der gesamten Wertschöpfungskette notwendig. Mit Hilfe einer regen Akquisitionstätigkeit lässt sich sicher großes Potential generieren, zumal auch der Großteil der Unternehmen im deutschsprachigen Raum angesiedelt ist.

8 Kompetenzprofilerstellung

Nach erfolgter Durchführung der Marktpotentialanalyse erschien es für das Unternehmen Wild wichtig, auch Auskunft über die von möglichen strategischen Partnern erwarteten Kompetenzen an das Unternehmen zu erhalten. Zu diesem Ziel entschloss man sich, eine Befragung einiger relevanter Betriebe durchzuführen um mögliche, bis dato noch nicht erfüllte, Anforderungen zu identifizieren. Mit Hilfe der durch die Befragung erhaltenen Erkenntnisse sollte im Anschluss ein Abgleich zwischen den bereits von der Firma Wild erfüllten und den vom potentiellen Kunden erwarteten Kompetenzen resultieren. Im Falle eines Eintrittes in den PV-Equipmentmarkt sollten im nächsten Schritt Maßnahmen zur Befriedigung dieser vom Kunden gewünschten Kompetenzen ergriffen werden.

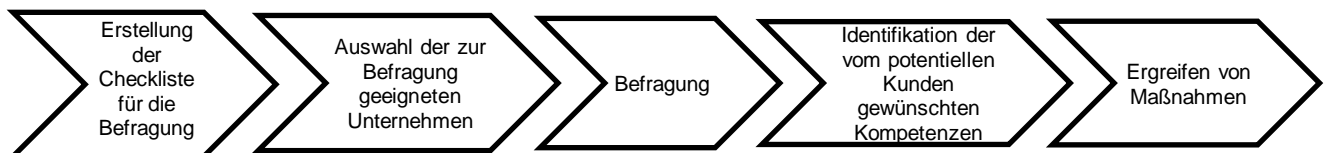


Abbildung 53: Prozess der Kompetenzprofilerstellung

8.1 Befragung

Als Instrument der Informationsbeschaffung wurde die Befragung gewählt. Die ausgewählten Unternehmen wurden telefonisch anhand einer Checkliste interviewt, teilweise wurde die Checkliste auch per email an einzelne Unternehmen versandt.

8.1.1 Fragebogeninhalt – Checkliste

Ziel der Untersuchung sollte eine möglichst offene Befragung mit kaum vorgegebenen Antwortmöglichkeiten sein. Aus diesem Grund wurde nicht ein festgelegter Fragebogen erstellt, sondern die Unternehmen sollten nach erfolgter Vorstellung der Firma Wild und der Diplomandin spontan, ohne Einschränkung auf gestellte Fragen reagieren und auch darauf antworten. Falls der Interviewpartner Hilfestellungen benötigen würde, so würden ihm anhand einer Checkliste Stichworte als mögliche Anhaltspunkte genannt werden.

Die insgesamt 14 Fragestellungen wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Wild erarbeitet, die Aufteilung erfolgte auf folgende Bereiche:

- Einleitung
- Entwicklung und Konstruktion
- Produktion
- Montagetechnik
- Logistik und Supply- chain

Die gesamte Checkliste ist im Anhang zu finden.

8.1.2 Auswahl der Unternehmen

Eine Vorauswahl der zur Befragung geeigneten Unternehmen erfolgte von Seiten Wild durch Herrn Dengg. Insgesamt 45 der 224 im Bereich PV- Equipment positionierten Unternehmen wurden als Interviewpartner identifiziert, davon sollten ca. 30 Firmen befragt werden. Die untersuchten Unternehmen sollten sich auf die zehn Marktsegmente (AR, AU, DS, IN, ME, MO, RÄ, SI, TK, WA) gleichmäßig aufteilen. In einigen Unternehmen (ca. 50 %) gab es bereits geeignete Ansprechpartner in Einkauf, Produktion oder auf Führungsebene, diese Firmen wurden bereits zuvor durch die Firma Wild akquiriert. Bei den übrigen Unternehmen mussten entsprechende Interviewpartner erst gefunden werden.

8.2 Ergebnisse der Befragung

Im Folgenden werden Ergebnisse der Befragung präsentiert:

8.2.1 Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktentstehung

- Grundsätzlich arbeiten alle 30 befragten Unternehmen in mindestens einem Bereich der Produktentstehung mit externen Partnern zusammen.
- Wie aus Abbildung 54 ersichtlich, erfolgt die Zusammenarbeit mit externen Partnern in folgenden Bereichen:

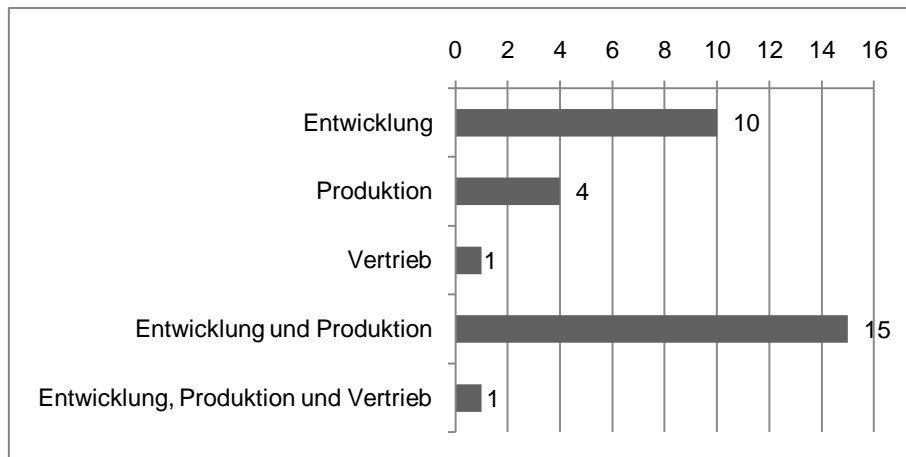


Abbildung 54: Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktentstehung

- Aus Abbildung 55 lässt sich schließen, dass kumuliert betrachtet, die Kooperation vor allem in der Entwicklung mit 26 Nennungen, gefolgt von der Produktion mit 20 Nennungen passiert. Der Produktvertrieb durch externe Partner ist fast gar nicht gefragt.

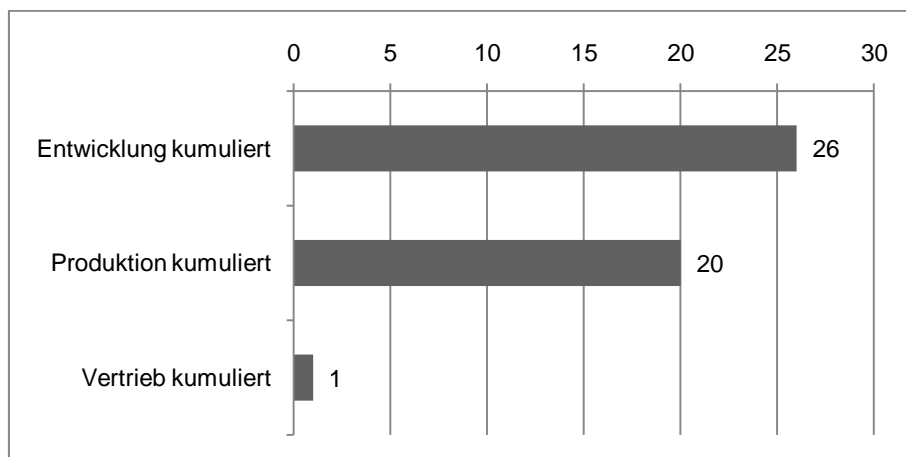


Abbildung 55: Entwicklung, Produktion und Vertrieb als kumulierte Darstellung

- Im Bereich der Entwicklung wurden folgende Punkte explizit genannt:
 - Softwareentwicklung
 - Schichtentwicklung
 - Konstruktion
 - Prototypenbau
 - Komponententest
- In der Produktion wurden folgende Inhalte von befragten Personen erwähnt:
 - Produktion bei speziellen Materialien
 - Leiterplattenproduktion

8.2.2 Entwicklung und Konstruktion

8.2.2.1 Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Entwicklung

- Wie aus Abbildung 56 ersichtlich, sind Mechanikentwicklung und Konstruktion sowie Elektronenentwicklung mit jeweils 17 Nennungen am meisten von möglichen Auftraggebern gefragt.

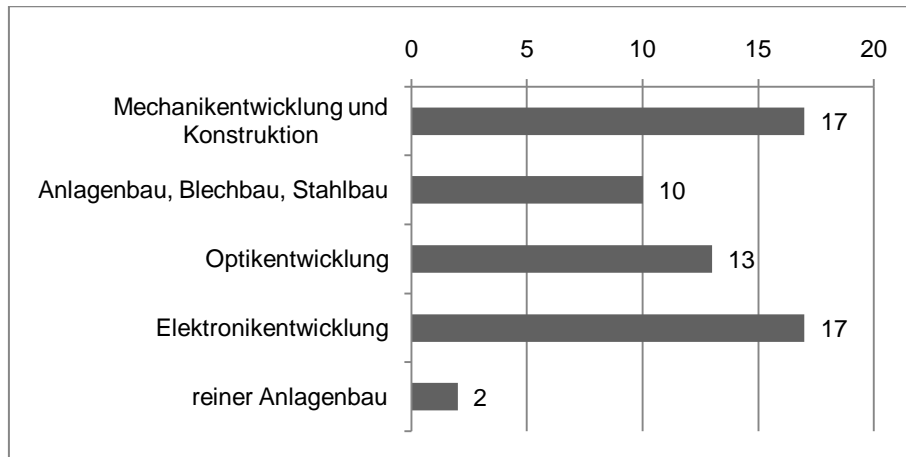


Abbildung 56: Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Entwicklung

- Folgende Anforderungen werden ebenfalls von externen Partnern verlangt:
- Prozessentwicklung
- Softwareentwicklung (2 Nennungen)
- Entwicklung im Bereich Schweißen
- Entwicklung von Handlingsystemen
- Elektrikentwicklung
- Entwicklung von Anlagenkomponenten nach spezifischen Anforderungen
- Allgemeine technische Grundkenntnisse über die Produkte und Prozesse werden als Grundvoraussetzung von allen befragten Unternehmen gefordert.

8.2.2.2 Anwender- oder Produktions Know- How

- Die meisten Befragten, 19 Nennungen, erwarten von ihrem Partner sowohl Anwender- als auch Produktions Know- How.

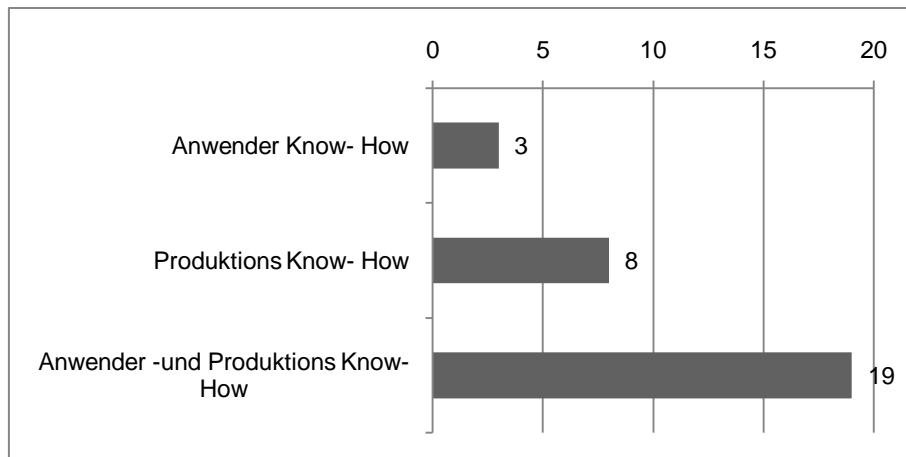


Abbildung 57: Anwender- und Produktions Know- How

- Kumuliert betrachtet, ist Produktions Know- How mit 27 von 30 möglichen Nennungen am meisten gefragt.

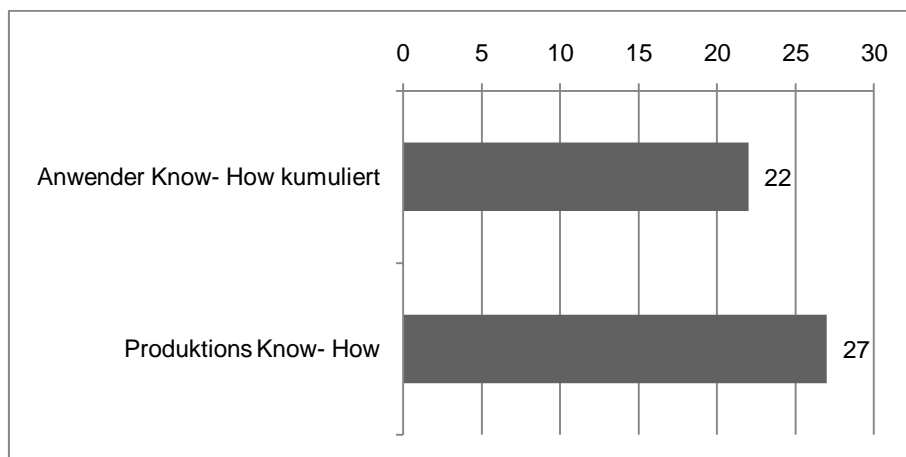


Abbildung 58: Anwender- und Produktions Know- How, kumulierte Darstellung

8.2.2.3 Anforderungen an Softwaresysteme, CAD- Programme und Programmiersoftware

- Mehr als 70 % der befragten Unternehmen setzen die Verwendung der hauseigenen Programme oder zumindest Kompatibilität mit den im Haus verwendeten Programmen voraus.
- Wenn Verwendung der hauseigenen Programme oder zumindest Kompatibilität damit Voraussetzung ist, sollte der Partner mit folgenden CAD- Programmen arbeiten. Hierbei ist zu beachten, dass das Programm Solid Works am häufigsten explizit genannt wurde. Das derzeit von der Firma Wild verwendete CAD- Programm Unigraphics wurde kein einziges Mal genannt.

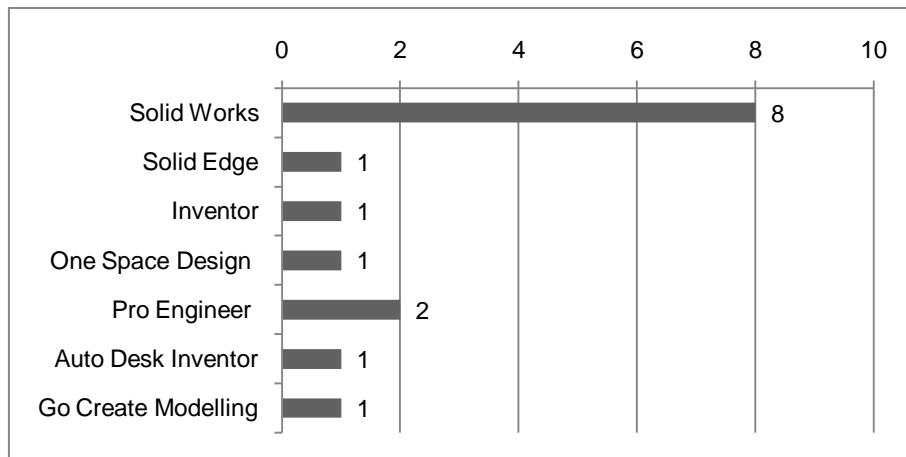


Abbildung 59: Auswahl der von Partnern gewünschten CAD- Programme

- In der Elektrik- und Elektronikentwicklung wurde drei Mal das Programm EPlan gezielt genannt.
- Das Betriebssystem Windows wurde zwei Mal explizit genannt, hierbei wird dennoch vermutet, dass die Mehrzahl der Unternehmen mit Windows arbeitet, das aber nicht extra angibt.
- Bei den Steuerungen wurden Siemens- Steuerungen zwei Mal und Bosch – Steuerungen ein Mal explizit genannt.

8.2.2.4 Nennung eines idealen Partners in der Entwicklung

- Fast 90 % der befragten Unternehmen wollten keinen ihnen bekannten idealen Partner in der Entwicklung nennen.
- Falls doch ein Partner in Einzelfällen angeführt wurde, so wurden folgende Namen erwähnt:
 - Fa. Hötke
 - Fa. Pichler (D)
 - Fa. AVP (D)
 - Fa. Siemens (D)
 - Fa. Trumpf (D)
 - Fraunhofer Institut (D)

8.2.3 Produktion

8.2.3.1 Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktion

- Für 29 der 30 befragten Unternehmen hat die Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktion große Relevanz.

- In folgenden Bereichen werden Kooperationen eingegangen:

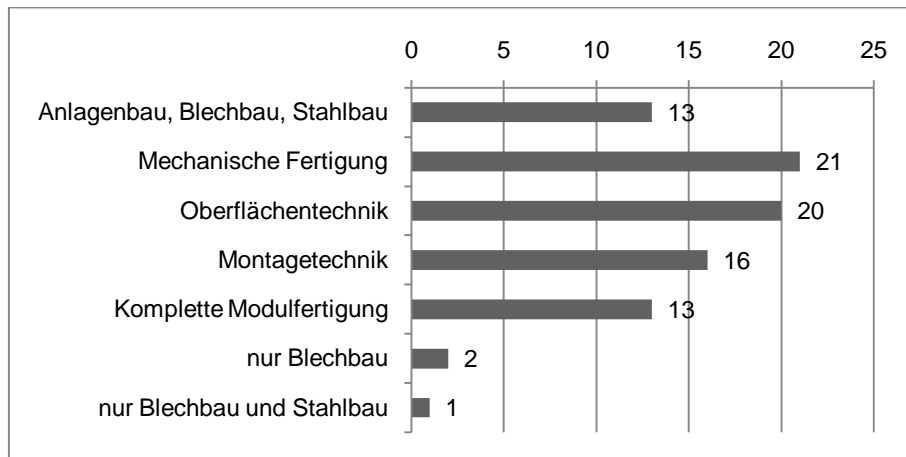


Abbildung 60: Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktion

- Wie aus Abbildung 60 ersichtlich, erfolgt die Kooperation in der Produktion vor allem in der mechanischen Fertigung mit 21 Nennungen und der Oberflächentechnik mit 20 Nennungen.
- Der reine Stahl- und Blechbau ist kaum bzw. nur in Kombination mit Anlagenbau gefragt.
- Folgende Begriffe wurden allgemein als Anforderungen an Partner genannt:
 - Selbstständiges Erbringen von Kostensenkungsprogrammen
 - Erfahrung im Maschinenbau, aber kein Detailwissen verlangt
 - Kenntnisse der Vakuumtechnik/ Vakuumprüfstand
 - Qualifizierung nach DIN ISO 9001
 - Schnittstelle zur Datenübertragung in das eigene Unternehmen
 - Modernster Stand der Fertigung
 - Ausreichende Fertigungskapazitäten
 - Kenntnisse der einzelnen Prozesse
 - Möglichkeit der Reinigung der Komponenten im Anschluss an die Fertigung
 - Beschaffung von Normteilen durch den Partner
 - Eigenständiges Fertigen nach Zeichnung
- Die Einhaltung von Qualität, Liefertreue, Zuverlässigkeit sowie ein ordnungsgemäßes Preis- Leistungsverhältnis gelten als Grundvoraussetzung.

8.2.3.2 Anforderungen an Partner im Anlagebau, Blechbau, Stahlbau

- Nur für 18 der befragten 30 Unternehmen ist der Anlagen-, Blech- oder Stahlbau von Interesse.
- Folgende Anforderungen wurden von den 18 relevanten Unternehmen deponiert:
 - Bei Überkapazitäten in der eigenen Fertigung aushelfen
 - Verbesserungen selbstständig einbringen und dadurch die Qualität steigern
 - Baugruppen und komplette Anlagen nach Vorgaben des Auftraggebers fertigen inkl. Montage und Test
 - Fertigungstiefe erfüllen
 - Erfahrung im Anlagenbau
 - Kenntnisse der Photovoltaik und ihrer Prozesse
 - Geprüfte Schweißer
 - Stanzen und Biegen
 - Laserschneiden
 - Dimensionen von > 3m bearbeiten
 - Kenntnisse der Vakuumtechnik (Leck und Vakuumtest)
 - Komplettfertigung von Anlagen nach Zeichnung inkl. Oberflächentechnik
 - Konstruktion inkl. Tragfähigkeitsberechnungen und Schweißnachweisen
- Das flexible Reagieren auf Auftragsänderungen, die Einhaltung der Lieferzeit und ein faires Preis- Leistungsverhältnisses gelten ebenso als Grundvoraussetzung für alle Befragten.

8.2.3.3 Anforderungen an Partner in der mechanischen Fertigung

- Das Beherrschen der Verfahren Drehen, Fräsen, Schleifen gefolgt von Messen und Prüfen ist für die Mehrzahl der 30 befragten Unternehmen relevant.
- Bei den bearbeiteten Werkstücklängen dominieren Längen zwischen 1 und 10 m. Größere Längen werden nur in Einzelfällen gefragt. Als Maximalhöhe des Werkstückes wurde 10 m genannt.

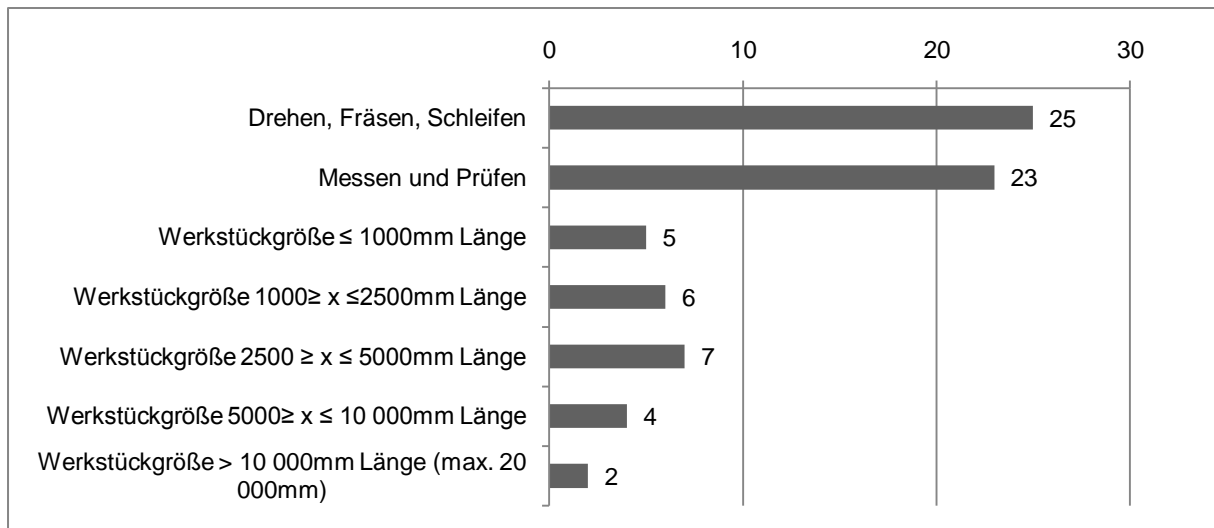


Abbildung 61: Anforderungen in der mechanischen Fertigung

- Explizite Anforderungen:
- Schweißen (5 Nennungen)
- Blechumformen (3 Nennungen)
- Vakuumtechnik
- Sägen
- Bohren/Tieflochbohren
- Gießen
- In der mechanischen Fertigung sind weiters Präzision, Liefertreue sowie selbständiges Arbeiten nach Zeichnung gefragt. Zudem soll der Partner ehrlich zugegeben, falls er den vom Auftraggeber gewünschten Prozess nicht richtig beherrschen kann.

8.2.3.4 Anforderungen an Partner in der Oberflächentechnik

- In der Oberflächentechnik überwiegt die Nachfrage nach dem Nasslackieren (19 Nennungen), galvanischen Verfahren (18 Nennungen) sowie der Pulverbeschichtung (17 Nennungen). (Abbildung 62)

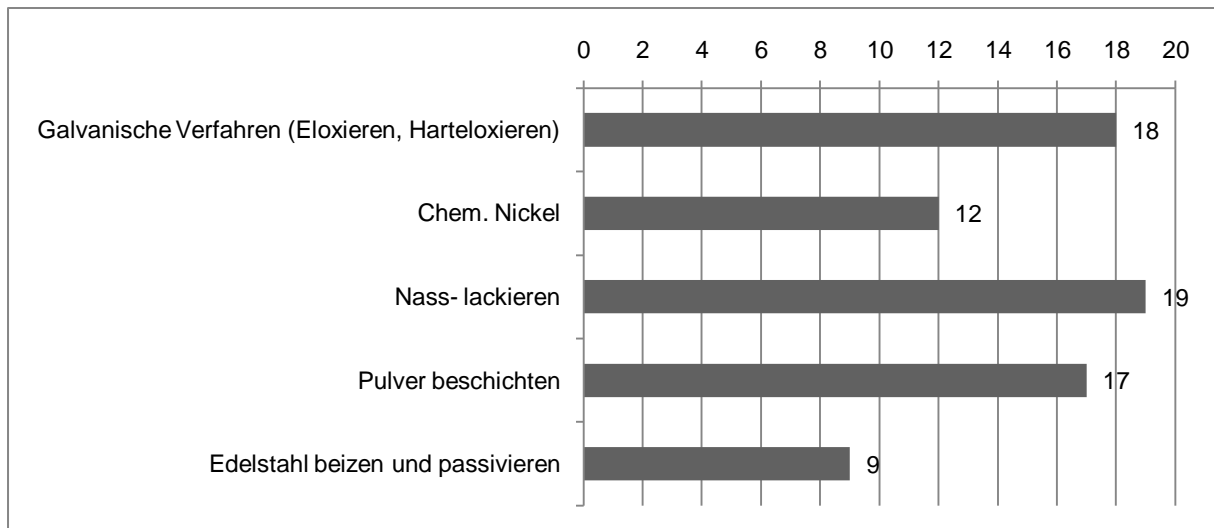


Abbildung 62: Gefragte Verfahren der Oberflächentechnik

- Zusätzlich zu den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten, erfolgte dennoch die explizite Nachfrage nach folgenden Verfahren:
- Verchromen (7 Nennungen)
- Halar- Beschichtung (3 Nennungen)
- Vergolden (2 Nennungen)
- Elektro folieren
- Polieren

8.2.3.5 Nennung eines idealen Partners in der Produktion

- Nur zwei der 30 befragten Unternehmen konnten und wollten einen idealen Partner in der Produktion nennen. Dabei wurden folgende Namen angeführt:
- Fa. Braun (Laupheim, D)
- Fa. Wild

8.2.4 Montagetechnik

8.2.4.1 Anforderungen an Partner in der Montagetechnik

- Für mehr als 80 % hat die Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Montagetechnik große Relevanz.
- Dabei wurden folgende Anforderungen an die Kompetenzen der Partner gestellt:

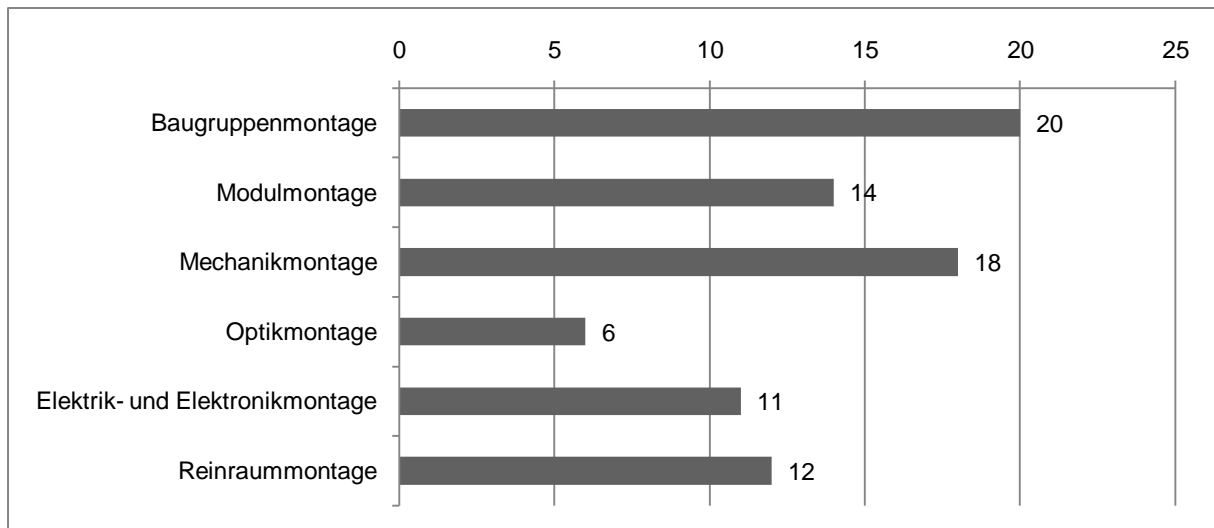


Abbildung 63: Anforderungen an Partner in der Montagetechnik

- Hierbei sieht man, dass die Nachfrage nach Baugruppenmontage mit 20 Nennungen sowie nach Mechanikmontage mit 18 Nennungen dominiert.
- Bei drei der befragten Unternehmen erfolgt die Endmontage grundsätzlich im eigenen Haus, da sie qualitätsentscheidend ist.
- In Bezug auf die Last, die ein Hebezeug eines Partners heben können sollte, wurden folgende Anforderungen genannt:

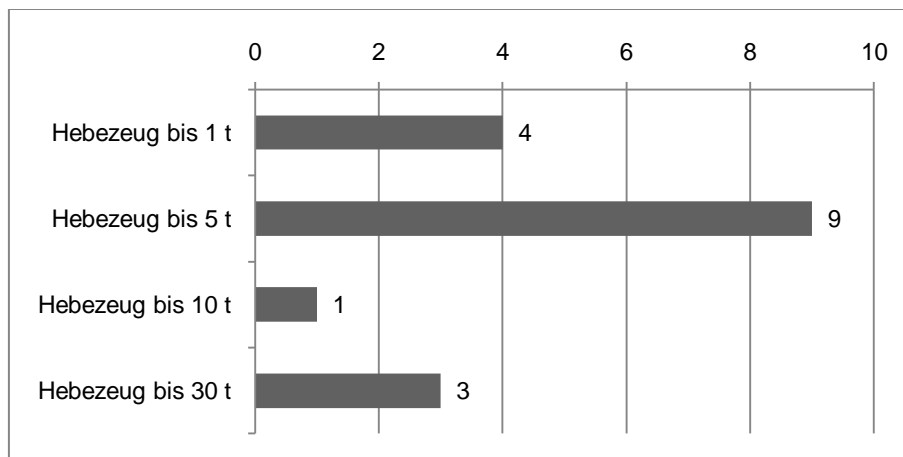


Abbildung 64: Lastanforderungen an Hebezeug

- Zusätzlich genannte Anforderungen:
- Qualität
- Sauberkeit
- Zuverlässigkeit
- Präzision
- Geheimhaltung

- Fachkräfte, die nach Zeichnung und Stückliste selbstständig montieren können
- Erfahrung in der Vermessung
- Montage Know- How
- Inkludierte Endprüfung
- Ausreichend abgeschirmter Montageplatz
- Flurfahrzeuge bzw. normale Kräne

8.2.4.2 Nennung eines idealen Partners in der Montagetechnik

- Keines der 30 befragten Unternehmen konnte einen idealen Partner in der Montagetechnik namentlich nennen.

8.2.5 Logistik und Supply- chain

8.2.5.1 Anforderungen an Partner an Logistik und Supply- chain

- In der Logistik und dem Supply- chain Management sind das Transportwesen mit 22 Nennungen und Norm- und Kaufteilbeschaffung mit 16 erfolgten Nennungen am meisten relevant. Vendor Management Inventory (VMI) wird erst von 9 der befragten Unternehmen erwähnt. Ein Fünftel der befragten Unternehmen arbeitet grundsätzlich im Transportwesen mit einem lokalen Speditionsunternehmen zusammen.

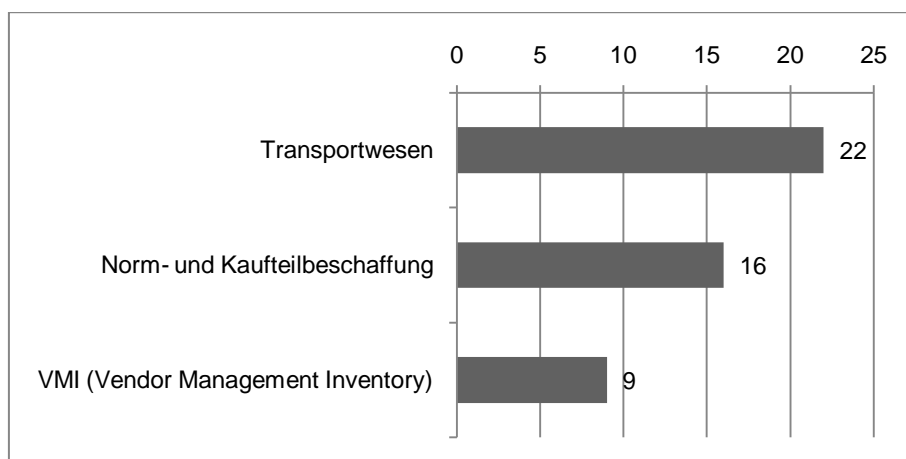


Abbildung 65: Anforderungen an Logistik und Supply- chain

- Folgende Punkte wurden von Unternehmen explizit genannt:
- Zuverlässigkeit
- Qualität
- Schnelligkeit und Liefertreue

- Flexibilität
- ISO- Zertifizierung
- Verwendung eines Kanban- Systems
- Halten von Sicherheitsbeständen, Vorlauffertigung
- Verwendung eines guten Administrationsprogrammes
- Einhaltung von Verpackungsvorschriften
- Auftreten als Generalunternehmer

8.2.5.2 Nennung eines idealen Partners in der Logistik und Supply- chain

- Nur ein Unternehmen nannte die Fa. DHL als idealen Partner.

8.3 Kompetenzprofil

Das Kompetenzprofil wird so erstellt, als dass als Kundenwunsch die am häufigsten genannte Antwort einer Frage angenommen wird. Im Gegensatz dazu steht die am seltensten genannte Antwort einer Frage. Zusätzlich wird in einer extra Spalte auf spezielle Anforderungen der möglichen Auftraggeber eingegangen.

Tabelle 17: Kompetenzprofil

| Frage: | Anforderung mit höchster Priorität: | Anforderung mit niedrigster Priorität: | Spezielle Anforderungen: |
|--|---|---|---|
| <i>A1. Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktentstehung</i> | - Entwicklung und Produktion | - Vertrieb | - Softwareentwicklung - Schichtentwicklung - Konstruktion - Prototypenbau - Komponententest - Produktion bei speziellen Materialien - Leiterplattenproduktion |
| <i>B1. Zusammenarbeit in der Entwicklung</i> | - Mechanikentwicklung und Konstruktion - Elektronikentwicklung | - reiner Anlagenbau | - Softwareentwicklung - Prozessentwicklung - Entwicklung im Bereich Schweißen - Entwicklung von Handlingsystemen - Entwicklung von Anlagenkomponenten nach spezifischen Anforderungen |
| <i>B2. Anwender- oder Produktions Know- How</i> | - Anwender- und Produktions Know- How | - reines Anwender Know- How | |
| <i>B3. Anforderungen an Softwaresysteme, CAD-</i> | - Solid Works (CAD) | - Uni Graphics | - EPlan (Elektrik/Elektronik) - Siemens/ Bosch |

KOMPETENZPROFILERSTELLUNG

| | | | |
|--|---|--|---|
| <i>Programme und Programmiersoftware</i> | | | (Steuerungen) |
| <i>B4. Nennung eines idealen Partners in der Entwicklung</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Fa. Hötke - Fa. Pichler - Fa. AVP - Fa. Siemens - Fa. Trumpf - Fraunhofer Institut | | |
| <i>C1. Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktion</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Mechanische Fertigung - Oberflächentechnik | <ul style="list-style-type: none"> - reiner Blech/ Stahlbau | <ul style="list-style-type: none"> - Qualität - Liefertreue - Zuverlässigkeit - Preis- Leistungsverhältnis - Selbstständiges Erbringen von Kostensenkungsprogrammen - Erfahrung im Maschinenbau, aber kein Detailwissen verlangt - Kenntnisse der Vakuumtechnik/ Vakuumprüfstand - Qualifizierung nach DIN ISO 9001 - Schnittstelle zur Datenübertragung in das eigene Unternehmen - Modernster Stand der Fertigung - Ausreichende Fertigungskapazitäten - Kenntnisse der einzelnen Prozesse - Möglichkeit der Reinigung der Komponenten im Anschluss an die Fertigung - Beschaffung von Normteilen durch den Partner - Eigenständiges Fertigen nach Zeichnung |
| <i>C2. Anforderungen an Partner im Anlagen-, Blech- und Stahlbau</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Flexibles Reagieren auf Auftragsänderungen - Einhaltung der Lieferzeit - Preis- Leistungsverhältnis | | <ul style="list-style-type: none"> - Verbesserungen selbstständig einbringen und dadurch die Qualität steigern - Baugruppen und komplette |

KOMPETENZPROFILERSTELLUNG

| | | | |
|---|--|--|--|
| | | | <p>Anlagen nach Vorgaben des Auftraggebers fertigen inkl. Montage und Test</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fertigungstiefe erfüllen - Erfahrung im Anlagenbau - Kenntnisse der Photovoltaik und ihrer Prozesse - Geprüfte Schweißer - Stanzen und Biegen - Laserschneiden - Dimensionen von > 3m bearbeiten - Kenntnisse der Vakuumtechnik (Leck und Vakuumtest) - Komplettfertigung von Anlagen nach Zeichnung inkl. Oberflächentechnik - Konstruktion inkl. Tragfähigkeitsberechnungen und Schweißnachweisen |
| <i>C3. Anforderungen an Partner in der mechanischen Fertigung</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Drehen, Fräsen, Schleifen - Messen und Prüfen - Werkstücklänge: $1 \geq l \leq 10m$ | | <ul style="list-style-type: none"> - Schweißen - Blechumformen - Vakuumtechnik - Sägen - Bohren/Tieflochbohren - Gießen |
| <i>C4. Anforderungen an Partner in der Oberflächentechnik</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Nass lackieren - Galvanische Verfahren - Pulverbeschichtung | <ul style="list-style-type: none"> - Edelstahl beizen und passivieren | <ul style="list-style-type: none"> - Verchromen - Halar- Beschichtung - Vergolden - Elektro folieren - Polieren |
| <i>C5. Nennung eines idealen Partners in der Produktion</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Fa. Braun (Laupheim) - Fa. Wild | | |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p><i>D1. Anforderungen an Partner in der Montagetechnik</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> - Baugruppenmontage - Hebezeug bis 5 t | <ul style="list-style-type: none"> - Optikmontage | <ul style="list-style-type: none"> - Qualität - Sauberkeit - Zuverlässigkeit - Präzision - Geheimhaltung - Fachkräfte, die nach Zeichnung und Stückliste selbstständig montieren können - Erfahrung in der Vermessung - Montage Know- How - Inkludierte Endprüfung - Ausreichend abgeschirmter Montageplatz - Flurfahrzeuge bzw. normale Kräne |
| <p><i>D2. Nennung eines idealen Partners in der Montagetechnik</i></p> | | | |
| <p><i>E1. Anforderungen an Partner in Logistik und Supply- chain</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> - Transportwesen - Norm- und Kaufteilbeschaffung | <ul style="list-style-type: none"> - Vendor Management Inventory (VMI) | |

8.4 Zusammenfassung Kompetenzprofilerstellung

Die in Abbildung 66 zu sehenden Anforderungen potentieller Kunden sind jene, die am häufigsten genannt wurden und somit höchste Priorität haben. Diese Nennungen können als Kundenwunsch gesehen werden, ihnen sollte in Zukunft verstärkt Beachtung geschenkt werden.

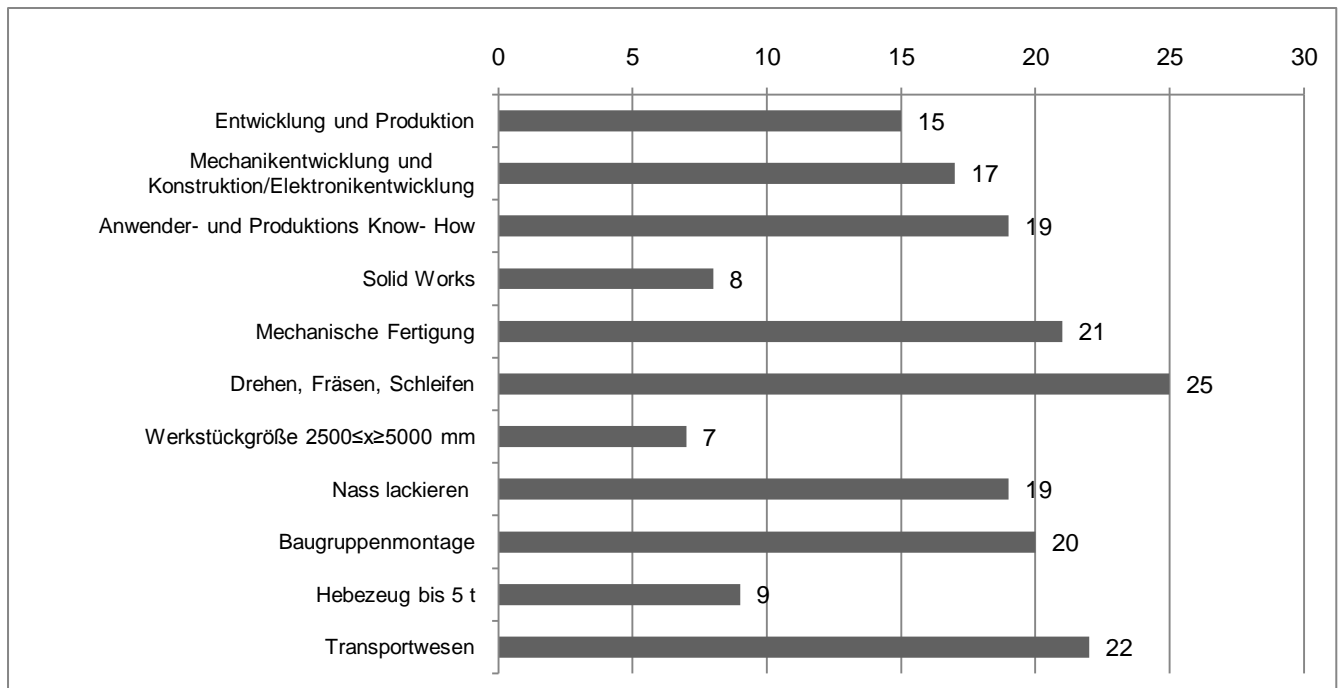


Abbildung 66: Anforderungen von potentiellen Kunden mit höchster Priorität

Im Gegenzug zu obigen Ergebnissen stehen in Abbildung 67 jene Nennungen potentieller Kunden, die als Anforderungen mit niedrigster Priorität gesehen werden können. Sie sollen als Anstoß für mögliche Veränderungen im Handlungsfeld als strategischer Partner in Entwicklung, Produktion, Montage sowie Logistik und Supply- chain Management dienen.

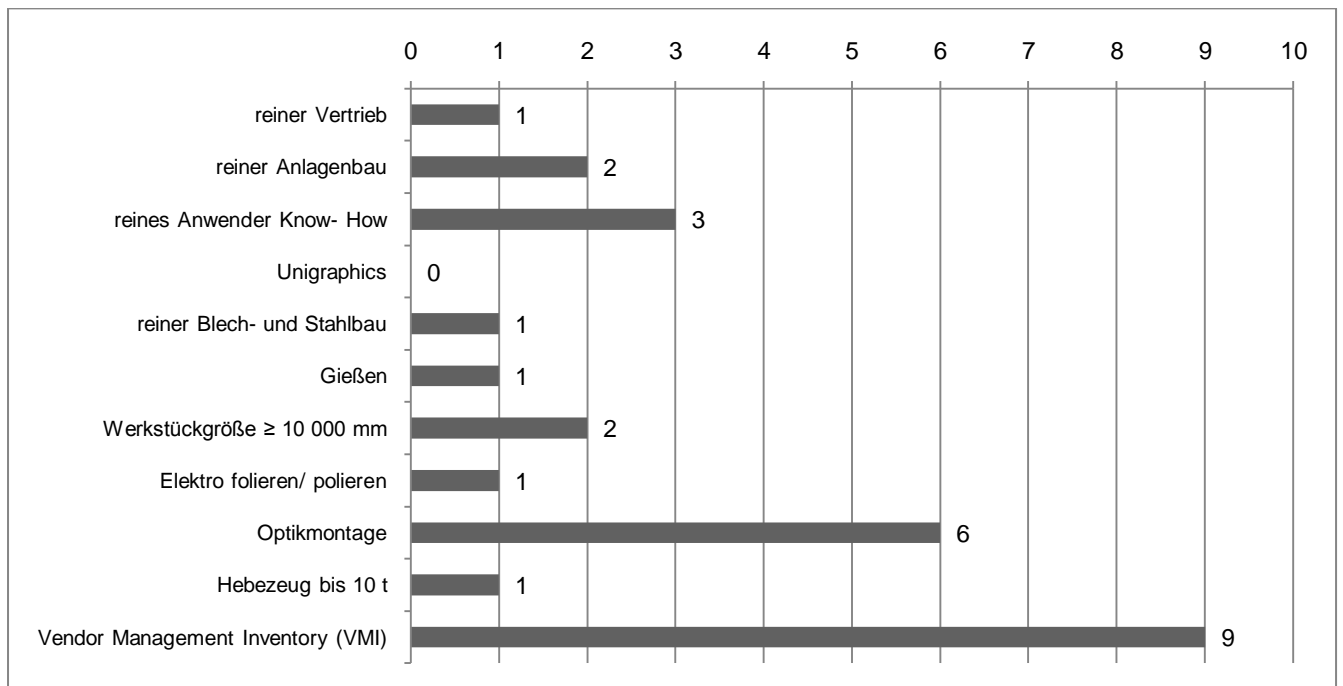


Abbildung 67: Anforderungen von potentiellen Kunden mit niedrigster Priorität

9 Zusammenfassung

Vor allem in den Entwicklungsländern, aber auch in den entwickelten Nationen ist der Energiebedarf über kurz- als auch langfristig am Steigen.

Konventionelle Energieträger können aufgrund ihrer begrenzten Reichweite die Energieversorgung auf der Erde nicht mehr garantieren, die verstärkte Nutzung alternativer Energiequellen wird von Nöten sein, um Versorgungssicherheit auch weiterhin zu gewährleisten.

Eine Möglichkeit den steigenden Energiebedarf zu decken, wird durch die Nutzung von Sonnenenergie und ihrer direkter Umwandlung in elektrische Energie mit Hilfe der Photovoltaik sein.

Derzeit ist die Photovoltaik noch sehr von Förderungen abhängig, dies wird immer wieder zum Auftreten von Marktblasen führen. Die Photovoltaik ist bereits zum Massenmarkt geworden, als reifer werdender Markt ist mit steigendem Wettbewerb zu rechnen, eine Konzentration auf die Kernkompetenzen ist für alle Unternehmen empfehlenswert. Als vorgelagerter Markt ist davon auch der PV- Equipmentmarkt beeinflusst.

Dennoch bietet sich großes Potential für die Fa. Wild als erfahrener Systempartner auch in diesem Markt an, da Synergien zu anderen bereits bestehenden Geschäftsfeldern des Unternehmens genutzt werden können und das Potential vielfach noch ungenutzt ist. Der deutschsprachige Markt, als Hauptmarkt liegt zudem in unmittelbarer Nähe.

Um als Partner erfolgreich im Geschäftsfeld Photovoltaik zu reüssieren, sollten trotzdem geringfügige Anpassungen an die sich ändernden Kundenwünsche stattfinden um den Anforderungen potentieller Kunden gerecht zu werden. Beispielsweise erwähnt werden kann: Eine verstärkte Nachfrage nach Software- und Elektronikentwicklung, die Verwendung der vom Kunden eingesetzten Computerprogramme, Kenntnisse der Vakuumprüftechnik sowie die Möglichkeit als Generalunternehmer aufzutreten.

Die Ergebnisse dieser Arbeit dienen als Basis für weitere Akquisitionstätigkeit durch das Unternehmen.

Literaturverzeichnis

ALSEMA, E.; DE WILD- SCHOLTEN, M. (2006a): Energetische Bewertung von PV-Modulen, in: Erneuerbare Energien, 17.Jg, 9/2006, S 66- 68

ALSEMA E.; DE WILD- SCHOLTEN, M.: Umweltschutz in der Produktion: Saubere Sache ?, in: Sonne/Wind/Wärme, 31. Jg., 12/2007, S 112- 115

BACKHAUS, K.; VOETH, M.: Industriegütermarketing, 8. Auflage, München 2007

BAUER, U.: Skriptum Betriebswirtschaftslehre, Sommersemester 2008, TU Graz, Graz 2008

BEREKHOVEN, L.; ECKERT, W.; ELLENRIEDER, P.: Marktforschung- Methodische Grundlagen und praktische Anwendung, 8. Auflage, Wiesbaden 1999

BRUHN, M.: Marketing- Grundlagen für Studium und Praxis, 5. Auflage, Wiesbaden 2001

COCKS, F.: Energy Demand and Climate Change- Issues and Resolutions, Weinheim 2009

EUROPEAN COMISSION: Photovoltaic solar energy- development and current research, Luxembourg 2009

EYERER P.; REINHARDT, H.-W.: Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden- Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung, Basel 2000

GEITMANN, S.: Erneuerbare Energien, 3. Auflage, Oberkrämer 2010

KEPPER, G.: Methoden der qualitativen Marktforschung, in: HERRMANN, A.; HOMBURG, C.; KLARMANN, M.: Handbuch Marktforschung, 3. Auflage, Wiesbaden 2008, S. 175- 213

KNAPP K.; JESTER, T.: Proc. 16th European PV Solar Energy Conference, Glasgow 2000

KOTLER, P.; KELLER, K.; BLIEMEL, F.: Marketing Management- Strategien für wertschaffendes Handeln, 12. akt. Auflage, München 2007

LUQUE, A.; HEGEDUS, S.: Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, 1. Auflage, Chichester 2003

LUQUE, A.; MARTI, A.: Theoretical Limits of Photovoltaic Conversion, in: LUQUE, A.; HEGEDUS, S. (Hrsg.): Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Chichester 2003, S. 113- 149

MAYRING, P.: Qualitative Inhaltsanalyse- Grundlagen und Techniken, 2. Auflage, Weinheim 1990

MEFFERT, H.: Marketing- Grundlagen zur marktorientierten Unternehmensführung, 9. Auflage, Wiesbaden 2009

MICHEL, S.; MICHEL- OBERHOLZER, K.: Marketing- eine praxisorientierte Einführung mit zahlreichen Beispielen, 4. Auflage, Zürich 2009

PINTER, H.: Fertigungstechniken in der Photovoltaik-Industrie und deren Zukunftspotentiale, DA, FH Burgenland, Pinkafeld 2009

PORTER, M.: Wettbewerbsvorteile- Spitzenleistungen erreichen und behaupten, 6. Auflage, Frankfurt 2000

PREISER, K.: Photovoltaic Systems, in: LUQUE, A.; HEGEDUS, S. (Hrsg.): Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Chichester 2003, S. 753- 797

QUASCHNING, V.: Erneuerbare Energien und Klimaschutz, München 2008

RANAWAT, P.: Profitability Development of Photovoltaic Solar Energy, DA, WU Wien, Wien 2008

REDDY, P.: Science and Technology of Photovoltaics, 2. Auflage, Hyderabad 2010

SIEMER, J.: Fast schon zu viel des Guten- Der Markt für Solarmodule bietet reichlich Auswahl- Tipps für künftige Anlagenbetreiber, in: Photon, 15. Jg, 2/2010, S. 52- 60

SWASON, R.: Photovoltaic Concentrators, in: LUQUE, A.; HEGEDUS, S. (Hrsg.): Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Chichester 2003, S. 449- 500

WAGEMANN, H.-G.; ESCHRICH, K.: Photovoltaik- Solarstrahlung und Halbleitereigenschaften; Solarzellenkonzepte und Aufgaben, Wiesbaden 2007

WAGEMANN, H.-G.; ESCHRICH, K.: Photovoltaik- Solarstrahlung und Halbleitereigenschaften; Solarzellenkonzepte und Aufgaben, 2. überarb. Auflage, Wiesbaden 2010

WESSELAK, V.; SCHABBACH, T.: Regenerative Energietechnik, Heidelberg 2009

ZAHORANSKY, R.: Energietechnik-Systeme zur Energieumwandlung, 3. Auflage, Wiesbaden 2007

Internetquellenverzeichnis

<http://blog.vertography.com/wp-content/uploads/2008/08/p8310176.jpg>, Blog Vertography, Grafik: Concentrating Photovoltaics, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 16.6.2010

<http://cordis.europa.eu/technology-platforms/pdf/photovoltaics.pdf>, EU Photovoltaic Technology Platform, Stand: 1.6.2007, Abfrage vom: 4.6.2010

http://de.wikipedia.org/wiki/Chemische_Gasphasenabscheidung, Wikipedia, Stichwort: CVD, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 7.9.2010

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fullerene>, Wikipedia, Stichwort: Fullerene Stand: unbekannt, Abfrage vom: 2.6.2010

http://de.wikipedia.org/wiki/Physikalische_Gasphasenabscheidung, Wikipedia, Stichwort: Physikalische Gasabscheidung, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 2.6.2010

http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030/5_chap4_en.pdf, Europäische Kommission, EU-25 Energy and Transport Outlook, S 18 ff, Stand: 31.7.2006, Abfrage vom: 30.9.2010

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-10-001/EN/KS-SF-10-001-EN.PDF, Europäische Kommission, Eurostat, Regional population projections EUROPOP2008: Most EU regions face older population profile in 2030, S 8, Stand: 14.1.2010, Abfrage vom: 7.10.2010

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do;jsessionid=9ea7971b30dbdf6db73cc6da48a6a49af951a059a750.e34RaNaLaxqRay0Lc3uLbNiMchyNe0?tab=table&plugin=1&pcode=ten00097&language=de>, Eurostat, Endenergieverbrauch von Elektrizität, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 30.9.2010

<http://esa.un.org/unpo>, UNO Population Prospects, Stand: 1.1.2008, Abfrage vom: 18.5.2010

http://img.archiexpo.de/images_ae/photo-g/amorphes-dunnschicht-photovoltaik-modul-18064.jpg, Die virtuelle Architekturmesse, Grafik: Amorphes- Dünnschicht-PV- Modul, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 11.10.2010

http://img.archiexpo.de/images_ae/photo-g/monokristalline-photovoltaik-module-22030.jpg, Die virtuelle Architekturmesse, Grafik: monokristallines PV- Modul, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 11.10.2010

<http://www.agenda21-treffpunkt.de/lexikon/Barrel.htm>, Agenda 21- Treffpunkt, Lexikon, Stand: 13.1.2007. Abfrage vom: 30.9.2010

http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_20100225_PM_Haushaltsgroesze_beeinflusst_Energiebedarf?open&Highlight=, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft Deutschland, Stromverbrauch im Haushalt: Haushaltsgröße beeinflusst Energiebedarf, Stand: 25.2.2010, Abfrage vom: 7.10.2010

<http://www.bmbf.de/de/10413.php>, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Deutschland), Stand: unbekannt, Abfrage vom: 2.6.2010

http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2010.pdf, BP Statistical Review of World Energy, S 6, S 22, S 32, Stand: 1.6.2010, Abfrage vom: 3.6.2010

<http://www.centrotherm.de/de/produkte-dienstleistungen/duennschichtmodul/technologie.html>, Firmenhomepage Centrotherm AG, Stand: unbekannt, Zugriff vom: 20.7.2010

http://www.clca.columbia.edu/papers/Photovoltaic_Energy_Payback_Times.pdf, Fthenakis, V.; Alsema, E.: Photovoltaics Energy Payback Times, Greenhouse Gas, Emissions and External Costs: 2004- early 2005 Status, S 278, Stand: 30.1.2006, Abfrage vom: 28.9.2010

<http://www.dgs.de/134.0.html>, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., Stand: unbekannt, Abfrage vom: 4.6.2010

http://www.e-steiermark.com/e_data/strom/steweag-steg/Preisübersicht%20für%20Privatkunden.pdf , Steweag- Steg GmbH, Kundeninformations- und Preisblatt, Stand: 1.5.2010, Abfrage vom: 6.10.2010

<http://www.ecn.nl/docs/library/report/2006/rx06016.pdf>, Alsema, E.; De Wild-Scholten, M.: Environmental impacts of PV electricity generation- a critical comparison of energy supply options, presented at the 21st European Solar Energy Conference, S 1 ff, Dresden 2006, Stand: 11.9.2006, Abfrage vom 15.9.2010

http://www.energieportal24.de/fachberichte_artikel_130.htm, Energieportal 25, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 2.6.2010

[http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/public/Global Market Outlook for Photovoltaics until 2014.pdf](http://www.epia.org/fileadmin/EPIA_docs/public/Global_Market_Outlook_for_Photovoltaics_until_2014.pdf), European Photovoltaic Industry Association, S 2, S 5, Stand: 1.4.2010, Abfrage vom: 18.8.2010

http://www.iea.org/country/graphs/weo_2009/fig1-1.jpg, International Energy Agency, Grafik: World primary energy demand by fuel in the reference scenario, Stand: 2009, Abfrage vom: 25.5.2010

http://www.iea.org/country/graphs/weo_2009/fig2-3.jpg, International Energy Agency, Grafik: Net oil import dependence in main importing countries/regions in the reference scenario, Stand: 2009, Abfrage vom: 25.5.2010

http://www.iea.org/country/graphs/weo_2009/fig5-9.jpg, International Energy Agency, Grafik: World primary energy demand by fuel in the 450- scenario, Stand: 2009, Abfrage vom: 27.5.2010

http://www.iea.org/country/graphs/weo_2009/fig9-2.jpg, International Energy Agency, Grafik: World abatement of energy- related CO₂- emissions in the 450- scenario, Stand: 2009, Abfrage vom: 27.5.2010

http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf, International Energy Agency, S 7, Stand: 22.5.2010, Abfrage vom: 1.6.2010

www.iea-pvps.org, International Energy Agency (IEA) Photovoltaic Power Systems Programme- Technical concepts and processes, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 4.6.2010

<http://www.ise.fraunhofer.de/presse-und-medien/presseinformationen/presseinformationen-2009/weltrekord-41-1-wirkungsgrad-fuer-mehrfachsolarzellen-am-fraunhofer-ise>, Fraunhofer Institut ISE, Stand: 14.1.2009, Abfrage vom: 2.6.2010

www.mehrfachsolarzellen.de, Fraunhofer Institut ISE, Stand: 1.1.2009, Abfrage vom: 2.6.2010

<http://www.nachhaltigkeit.org/201009085590/materialien-produkte/nachrichten/sonnenqbahnbrechendq>, Artikel 'Sonnen „bahnbrechend“', Infoportal nachhaltigkeit.org, Stand: 8.9.2010, Abfrage vom 28.9.2010

http://www.nrel.gov/pv/thin_film/docs/20theuropvs sbarcelona4cv114_raugei.pdf, Rauegi, M.; Bargigli, S.; Ulgiati, S.: Energy and life cycle assesment of thin film CdTe Photovoltaic Modules, S 1 ff, Stand: 14.6.2010, Abfrage vom: 28.9.2010

http://www.oliverwyman.com/de/pdf-files/Oliver_Wyman_Quo_vadis_Photovoltaik.pdf, Oliver Wyman, S 1 ff, Stand: 11.6.2010, Abfrage vom: 18.8.2010

<http://www.photovoltaik-vergleich.com/Solarzellen>, Photovoltaik Vergleich, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 2.6.2010

http://www.pv-zulieferer.de/fileadmin/user_upload/pdf/02-esa10_Gesamtwerk-screen-superlowres.pdf, Solarpraxis, S 24 f, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 19.7.2010

<http://www.setfor2020.eu/uploads/executivesummary/SET%20For%202020%20Executive%20Summary%20final.pdf>, European Photovoltaic Industry Association, S 5, Stand: 01.06.2009, Abfrage vom: 09.08.2010

http://www.solarone.de/photovoltaik_lexikon/photovoltaik_ingot.html, Solar One Deutschland AG, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 19.7.2010

http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/content_files/Hintergrund_CdTe_0309.pdf,

Bundesverband Solarwirtschaft e.V, Stand: 1.3.2009, Abfrage vom: 1.6.2010

http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/content_files/kf_standort_ga.pdf, EUPD

Research, Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, S 2, S 7,

Stand: 1.3.2008, Abfrage vom: 19.7.2010

<http://www.sovello.com/produkte/string-ribbontm-wafer/>, Firmenhomepage Sovello

AG, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 31.5.2010

www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,516942,00.html, Spiegel Online

Wissenschaft, Stand: 13.11.2007, Abfrage vom: 18.5.2010

http://www.suhl.ihk24.de/produktmarken/innovation/Anlagen/Praesentation_Bosch_Solar.pdf,

Firmenpräsentation Bosch Solar Energy, S 12 f, Stand: 13.4.2010, Abfrage vom: 18.7.2010

<http://www.tu-braunschweig.de/ihf/ag/photonik/forschung/opv>, TU Braunschweig,

Stand: 18.11.2009, Abfrage vom: 2.6.2010

www.wild.at, Firmenhomepage Wild, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 30.9.2010

http://www.wild.at/Die_WILD_Gruppe.html, Firmenhomepage WILD, Grafik:

Firmenstruktur, Stand: unbekannt, Abfrage vom: 30.9.2010

<http://www.wild.at/geschichte.html>, Firmenhomepage WILD, Stand: unbekannt,

Abfrage vom: 30.9.2010

http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2009/WEO2009_es_german.pdf,

International Energy Agency, S 3 ff, Stand: 9.11.2009, Abfrage vom: 25.5.2010

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Unternehmensstruktur Wild Gruppe | 1 |
| Abbildung 2: Ablauf der Diplomarbeit | 3 |
| Abbildung 3: Einfaches Marketingsystem | 6 |
| Abbildung 4: Beschreibung der Marktgröße..... | 8 |
| Abbildung 5: Abgrenzung Industriegüter-, Konsumgüter- und Dienstleistungsmarketing: | 9 |
| Abbildung 6: Aufgaben der Marktforschung..... | 14 |
| Abbildung 7: Der Marktforschungsprozess | 15 |
| Abbildung 8: Idealtypischer Ablauf des Marktforschungsprozesses | 16 |
| Abbildung 9: Instrumente der Primärforschung..... | 20 |
| Abbildung 10: Das Wachstum der Weltbevölkerung 2010-2050 Quelle: UNO | 29 |
| Abbildung 11: Primärenergiebedarf- Energieträger im Referenz Szenario in Mtoe [Mio. t Öl Äquivalent] | 31 |
| Abbildung 12: Abhängigkeit der größten importierenden Länder vom Netto- Ölimport im Referenzszenario..... | 31 |
| Abbildung 13: Primärenergiebedarf- Energieträger im 450- Szenario | 33 |
| Abbildung 14: Verminderung der CO ₂ Emissionen im 450-Szenario | 33 |
| Abbildung 15: Elektrizitätsendverbrauch [TWh] EU- 27 t Anfangswert (2010) aus | 36 |
| Abbildung 16: Reichweiten verschiedener Energieträger | 39 |
| Abbildung 17: Sankey-Diagramm der durch die Sonneneinstrahlung bewirkten Energieströme..... | 41 |
| Abbildung 18: Menschlicher Entwicklungsindex (HDI) gegen jährlichen Pro- Kopf- Stromverbrauch [kWh] | 43 |
| Abbildung 19: Prinzipieller Aufbau einer Solarzelle | 48 |
| Abbildung 20: Funktionsschema einer Solarzelle..... | 49 |
| Abbildung 21: Monokristallines PV- Modul)..... | 50 |
| Abbildung 22: Dünnschicht- PV- Modul | 54 |
| Abbildung 23: Concentrating Photovoltaics (CPV) | 55 |
| Abbildung 24: Netzgekoppelte PV Anlage | 59 |
| Abbildung 25: Das Modell der Wertkette..... | 61 |
| Abbildung 26: Wertschöpfungskette Photovoltaik | 62 |
| Abbildung 27: Fertigungsprozess kristalline Photovoltaik..... | 63 |
| Abbildung 28: Fertigungsprozess Solarzelle kristallin schematisch | 65 |
| Abbildung 29: Fertigungsprozess Dünnschicht– Photovoltaik | 66 |
| Abbildung 30: Dynamische Amortisationsdauer bei jährlichen Energiepreissteigerungen | 74 |
| Abbildung 31: Weltweit kumulativ installierte PV- Leistung..... | 75 |
| Abbildung 32: PV deployment scenarios in Europe- 27, Norway and Turkey..... | 76 |
| Abbildung 33: Ablauf der Marktpotentialanalyse | 78 |
| Abbildung 34: Marktpotential Anti- Reflexbeschichtung..... | 84 |
| Abbildung 35: Marktpotential Automatisierung..... | 86 |
| Abbildung 36: Marktpotential Dünnschicht..... | 88 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 37: Marktpotential Inspektion | 91 |
| Abbildung 38: Marktpotential Metallisieren..... | 93 |
| Abbildung 39: Marktpotential Modul..... | 94 |
| Abbildung 40: Marktpotential Reinigen und Ätzen..... | 96 |
| Abbildung 41: Marktpotential Silizium- Herstellung | 97 |
| Abbildung 42: Marktpotential Turn- key | 98 |
| Abbildung 43: Marktpotential Wafer/Laserbearbeitung..... | 100 |
| Abbildung 44: Kunden- Map Deutschland PLZ- Gebiet 8..... | 101 |
| Abbildung 45: Kunden- Map Schweiz | 102 |
| Abbildung 46: Kunden- Map Österreich | 102 |
| Abbildung 47: PV- Equipmentindustrie in Europa | 108 |
| Abbildung 48: PV- Equipment-Beschäftigte in Europa | 109 |
| Abbildung 49: Umsatzverteilung PV- Equipmentindustrie in Europa nach Ländern..... | 110 |
| Abbildung 50: Prozessverteilung PV- Equipmentindustrie..... | 110 |
| Abbildung 51: Vergleich des Gesamtpotential zum Potential der PV- Equipmentindustrie in Europa | 111 |
| Abbildung 52: Vergleich Mitarbeiteranzahl gesamt zu Mitarbeiteranzahl in PV- Equipmentindustrie in Europa..... | 112 |
| Abbildung 53: Prozess der Kompetenzprofilerstellung | 113 |
| Abbildung 54: Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktentstehung..... | 115 |
| Abbildung 55: Entwicklung, Produktion und Vertrieb als kumulierte Darstellung..... | 115 |
| Abbildung 56: Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Entwicklung | 116 |
| Abbildung 57: Anwender- und Produktions Know- How | 117 |
| Abbildung 58: Anwender- und Produktions Know- How, kumulierte Darstellung..... | 117 |
| Abbildung 59: Auswahl der von Partnern gewünschten CAD- Programme..... | 118 |
| Abbildung 60: Zusammenarbeit mit externen Partnern in der Produktion | 119 |
| Abbildung 61: Anforderungen in der mechanischen Fertigung | 121 |
| Abbildung 62: Gefragte Verfahren der Oberflächentechnik | 122 |
| Abbildung 63: Anforderungen an Partner in der Montagetechnik..... | 123 |
| Abbildung 64: Lastanforderungen an Hebezeug | 123 |
| Abbildung 65: Anforderungen an Logistik und Supply- chain | 124 |
| Abbildung 66: Anforderungen von potentiellen Kunden mit höchster Priorität..... | 129 |
| Abbildung 67: Anforderungen von potentiellen Kunden mit niedrigster Priorität..... | 129 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|-----|
| Tabelle 1: Abgrenzung zwischen Marketingforschung und Marktforschung..... | 13 |
| Tabelle 2: Detailentscheidungen zum Forschungsplan | 17 |
| Tabelle 3: Sekundärquellen..... | 23 |
| Tabelle 4: Elektrizitätsendverbrauch EU- 27 [2008-2030] | 35 |
| Tabelle 5: Pro- Kopf- Elektrizitätsverbrauch EU- 27 [2010- 2030]..... | 36 |
| Tabelle 6: Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen der Photovoltaik | 45 |
| Tabelle 7: Für den Konsumenten anfallende Kosten bei Erstinstallation einer 4, 84 kW _p PV- Anlage.. | 71 |
| Tabelle 8: Jährliche Stromkosten für 4000 kWh bei Bezug von Steweag/Steg GmbH | 72 |
| Tabelle 9: Klima- und Energiefond Investitionsförderung am Beispiel einer 4,84 kW _p PV- Anlage | 72 |
| Tabelle 10: Berechnung der statischen Amortisationsdauer..... | 73 |
| Tabelle 11: Berechnung der dynamischen Amortisationsdauer | 74 |
| Tabelle 12: Kumulierte PV- Leistungen in Europa 27, Norwegen und Türkei [2020-2030] | 76 |
| Tabelle 13: Ausgewählte Fertigungsschritte der kristallinen Photovoltaik | 81 |
| Tabelle 14: Ausgewählte Fertigungsschritte Dünnschicht- Photovoltaik | 81 |
| Tabelle 15: Abkürzungen der Marktsegmente | 82 |
| Tabelle 16: Aufteilung des Gesamtpotentials auf die einzelnen Länder | 109 |
| Tabelle 17: Kompetenzprofil..... | 125 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------|---|
| a..... | Jahr |
| AR..... | Anti- Reflexbeschichtung |
| ASEAN... | Association Of Southeast Asian Nations |
| AU..... | Automatisierung |
| BOS..... | Balance- of- system |
| CATI..... | Computer aided telephone interviewing |
| CIGS..... | Kupfer- Indium- Gallium- Selenid |
| CIS..... | Kupfer- Indium- Selenid |
| CPV..... | Concentrating Photovoltaics |
| CVD..... | Chemical Vapor Deposition |
| EFG..... | Edge- defined Film- growth |
| EPIA..... | European Photovoltaic Industry Association |
| EVA..... | Ethylenvinylacetat |
| Fa..... | Firma |
| GWh..... | Gigawattstunde (1GWh= 10 ⁹ Wh) |
| HDI..... | Human Development Index |
| HIT..... | Heterojunction with Intrinsic Thin Layer |
| IEA..... | International Energy Agency |
| IN..... | Inspektion |
| kWh..... | Kilowattstunde (1kWh = 10 ³ Wh) |
| LCA..... | Life Cycle Assessment |
| LCD..... | Liquid Crystal Display |
| ME..... | Metallisieren |
| MGS..... | Metal grade silicon |
| MO..... | Modul |
| Mtoe..... | Mio. Tonnen Rohöl- Äquivalent |
| MW..... | Megawatt (1MW = 10 ⁶ W) |
| OECD..... | Organisation For Economic Co- operation and Development |
| PECVD.... | Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition |
| Ppm..... | Parts per million |
| PSG..... | Phosphorsilikatglas |
| PV..... | Photovoltaik |
| PVD..... | Physical Vapor Deposition |
| RÄ..... | Reinigen und Ätzen |
| SGS..... | Solar grade silicon |
| Si..... | Silizium |
| TK | Turn- key |
| TPV..... | Thermische Photovoltaik |
| TWh..... | Terrawattstunden (1 TWh = 10 ¹² Wh) |
| UNO..... | United Nations Organizations |
| WA..... | Wafer/ Laser |
| µm..... | Mikrometer (1µm = 10 ⁻⁶ m) |

Anhang 1- Interview- Fragebogen für Unternehmen

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Unternehmensname: | |
| Unternehmensgröße (2009) | Mitarbeiteranzahl: |
| | Umsatz: |
| Geschäftsbereiche: | |
| | |
| Interviewpartner: | |

A. Marktentwicklung

1) Wie sehen Sie die derzeitige Lage der PV- Branche?

.....

.....

.....

2) Mit welchen potentiellen Marktproblemen sehen Sie sich auf Ihrem Markt konfrontiert?

- Marktsättigung
- Konkurrenzdruck aus Billiglohnländern
- Kaufkraftschwund
- Technologiewandel
-

3) In welche Richtung wird sich der PV- Markt allgemein entwickeln?

- Kleinanlagen für Private
- Großanlagen
- Kraftwerke

4) Wie viel Prozent denken Sie wird durch PV gewonnener Strom am gesamten Energiemix 2020 haben?

.....

5) Wann wird Ihrer Meinung nach die grid parity erreicht sein?

.....

6) Warum wird in Österreich die Stromgewinnung mit Photovoltaikanlagen so schlecht gefördert?

.....

.....

.....

.....

7) Welche europäischen Länder haben Ihrer Meinung nach großes, noch nicht genutztes Potenzial?

.....

8) Wie werden die europäischen Hersteller gegenüber den asiatischen PV- Herstellern bestehen können?

.....

9) Wodurch kann sich Ihr Unternehmen von asiatischen Produzenten abheben?

.....

10) In welchem Bereich liegt das zukünftige Potential für die europäischen PV- Hersteller?

- Silizium
- Ingot
- Wafer
- Zelle
- Modul
- Applikationen

11) Wie sehen Sie die Entwicklung und Zukunft der europäischen Equipmenthersteller?

.....

12) Die große Herausforderung der PV- Industrie in den nächsten Jahren wird die Verbesserung des Wirkungsgrades und die Senkung der Fertigungskosten sein? Inwiefern sehen Sie darin Potential für Equipmenthersteller?

.....

13) Haben Sie in Zukunft vor andere (geographische) Märkte zu erschließen?

- nein
- ja. Wenn ja, welche Märkte wären das? Warum?

.....

14) Haben Sie in Zukunft vor Ihre Geschäftstätigkeit auf andere Bereiche des PV- Marktes auszudehnen?

- nein
- ja. Wenn ja, welche Sparten wären das?

.....

B. Technologieentwicklung

1) Wohin geht der Trend? Kristallin oder Dünnschicht? Warum?

.....

2) Warum ist Ihr Unternehmen im Bereich Kristallin/Dünnschicht tätig?

.....

3) Was spricht Ihrer Meinung nach gegen Kristallin bzw. Dünnschicht?

.....

4) Wie entwickelt sich die Leistung der Module?

.....

5) Welche neuen Technologien sehen Sie im Kommen?

- Konzentrationszellen
- Farbstoff
- Organische Photovoltaik
-

6) Werden in Zukunft einige Turn- key Lieferanten den Markt beherrschen?

- nein
- ja

7) Welche der big player im Equipmentbereich kennen Sie?

.....

Anhang 2- Checkliste für Kompetenzprofilerstellung

Unternehmensname:

Geschäftsbereiche:.....

.....

Interviewpartner:.....

Grüß Gott, mein Name ist Julia Soos, ich bin Diplomandin der TU Graz Maschinenbau- Wirtschaft. Zurzeit arbeite ich gerade an meiner Diplomarbeit, in der ich auch ein Kompetenzprofil für die Firma Wild als Systempartner in der Photovoltaik-Industrie, meine betreuende Firma, erstellen möchte. Hätten Sie dazu bitte ein paar Minuten Zeit mir einige Fragen zu beantworten?

C. Allgemein

1) Ist es bei Ihnen generell ein Thema, dass Sie im Bereich Ihrer Produktentstehung auch mit externen Partnern zusammenarbeiten?

- nein
- ja; wenn ja, in welchen Bereichen arbeiten Sie mit externen Partnern zusammen?
- Entwicklung
- Produktion
- Vertrieb
- Sonstiges

.....

.....

.....

D. Entwicklung und Konstruktion

1) Wenn Sie im Bereich der Entwicklung mit externen Partnern zusammenarbeiten, welche Anforderungen an die Kompetenzen Ihrer Partner haben Sie dann?

.....

.....

.....

Sind dies?

- Mechanikentwicklung und Konstruktion
- Anlagenbau, Stahlbau, Blechbau
- Optikentwicklung
- Elektronikentwicklung
-

2) Soll Ihr Partner Anwender- oder Produktions Know-how einbringen?

- Anwender Know-how
- Produktions Know-how
- Sonstiges

.....

3) Welche Anforderungen haben Sie an Softwaresysteme, CAD-Programme oder Programmiersoftware?

.....

.....

.....

.....

4) Können Sie in der Entwicklung einen idealen Partner namentlich nennen?

.....

.....

E. Produktion

1) Wenn Sie im Bereich der Produktion mit externen Partnern zusammenarbeiten, welche Anforderungen an die Kompetenzen haben Sie da an Ihre Partner?

.....

.....

.....

Ist dies im Bereich

- Anlagenbau, Blechbau, Stahlbau
- Mechanische Fertigung
- Oberflächentechnik
- Montagetechnik
- Komplette Modulfertigung

2) Was muss ein Partner im Bereich Anlagebau, Blechbau, Stahlbau leisten können?

.....

.....

.....

.....

3) Was muss ein Partner im Bereich mechanische Fertigung leisten können?

.....

.....

.....

- Drehen, Fräsen, Schleifen
- Messen und Prüfen
- bis zu welcher Werkstückgröße?
-
- Sonstiges

.....

4) Welche Kompetenzen muss ein Partner im Bereich der Oberflächentechnik haben?

- Galvanische Verfahren (Eloxieren, Harteloxieren)
- Chem. Nickel
- Nass-lackieren
- Pulver beschichten
- Edelstahl beizen und passivieren
- Sonstiges

.....

.....

.....

Anhang 3- Akquisitionsdatenbank

Aufgrund sensibler Daten erhält nur das Exemplar der Diplomarbeit, das der Fa. Wild zur Verfügung gestellt wird, die Akquisitionsdatenbank in digitaler Form.

Anhang 4- Dynamische Amortisationsrechnung einer PV- Anlage

| Energiepreis: | € 890,56 | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------------|--------------|------------|----------|--------------|------------|------------|--------------|
| Zinsen | 4,50% | | Barwert= EÜ * AZF | | | | | | | |
| Investitionssumme | € 24.600,00 | | | | | | | | | |
| AZF= $1 / (1+i)^n$ ²⁰⁹ | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Jahr | AZF | EÜ +3%/a | Barwert | kum. Barwert | EÜ +5%/a | Barwert | kum. Barwert | EÜ + 10%/a | Barwert | kum. Barwert |
| 2010 | 1,00 | € 890,56 | € 890,56 | € 890,56 | € 890,56 | € 890,56 | € 890,56 | € 890,56 | € 890,56 | € 890,56 |
| 2011 | 0,92 | € 917,28 | € 839,98 | € 1.730,54 | € 935,09 | € 856,29 | € 1.746,85 | € 979,62 | € 897,06 | € 1.787,62 |
| 2012 | 0,88 | € 944,80 | € 827,92 | € 2.558,46 | € 981,84 | € 860,39 | € 2.607,23 | € 1.077,58 | € 944,28 | € 2.731,90 |
| 2013 | 0,84 | € 973,14 | € 816,04 | € 3.374,50 | € 1.030,93 | € 864,50 | € 3.471,74 | € 1.185,34 | € 993,98 | € 3.725,88 |
| 2014 | 0,80 | € 1.002,33 | € 804,32 | € 4.178,82 | € 1.082,48 | € 868,64 | € 4.340,37 | € 1.303,87 | € 1.046,29 | € 4.772,17 |
| 2015 | 0,77 | € 1.032,40 | € 792,78 | € 4.971,60 | € 1.136,61 | € 872,79 | € 5.213,17 | € 1.434,26 | € 1.101,36 | € 5.873,53 |
| 2016 | 0,73 | € 1.063,38 | € 781,40 | € 5.752,99 | € 1.193,44 | € 876,97 | € 6.090,14 | € 1.577,68 | € 1.159,33 | € 7.032,85 |
| 2017 | 0,70 | € 1.095,28 | € 770,18 | € 6.523,18 | € 1.253,11 | € 881,17 | € 6.971,30 | € 1.735,45 | € 1.220,34 | € 8.253,20 |
| 2018 | 0,67 | € 1.128,13 | € 759,13 | € 7.282,30 | € 1.315,76 | € 885,38 | € 7.856,69 | € 1.908,99 | € 1.284,57 | € 9.537,77 |
| 2019 | 0,64 | € 1.161,98 | € 748,23 | € 8.030,53 | € 1.381,55 | € 889,62 | € 8.746,31 | € 2.099,89 | € 1.352,18 | € 10.889,95 |
| 2020 | 0,62 | € 1.196,84 | € 737,49 | € 8.768,02 | € 1.450,63 | € 893,88 | € 9.640,18 | € 2.309,88 | € 1.423,35 | € 12.313,29 |
| 2021 | 0,62 | € 1.232,74 | € 759,61 | € 9.527,64 | € 1.523,16 | € 938,57 | € 10.578,75 | € 2.540,87 | € 1.565,68 | € 13.878,97 |
| 2022 | 0,59 | € 1.269,73 | € 748,71 | € 10.276,35 | € 1.599,32 | € 943,06 | € 11.521,81 | € 2.794,96 | € 1.648,09 | € 15.527,06 |
| 2023 | 0,56 | € 1.307,82 | € 737,96 | € 11.014,31 | € 1.679,28 | € 947,57 | € 12.469,38 | € 3.074,45 | € 1.734,83 | € 17.261,89 |
| 2024 | 0,54 | € 1.347,05 | € 727,37 | € 11.741,69 | € 1.763,25 | € 952,11 | € 13.421,49 | € 3.381,90 | € 1.826,13 | € 19.088,02 |
| 2025 | 0,52 | € 1.387,46 | € 716,93 | € 12.458,62 | € 1.851,41 | € 956,66 | € 14.378,15 | € 3.720,09 | € 1.922,25 | € 21.010,27 |
| 2026 | 0,49 | € 1.429,09 | € 706,64 | € 13.165,26 | € 1.943,98 | € 961,24 | € 15.339,39 | € 4.092,10 | € 2.023,42 | € 23.033,69 |
| 2027 | 0,47 | € 1.471,96 | € 696,50 | € 13.861,75 | € 2.041,18 | € 965,84 | € 16.305,23 | € 4.501,31 | € 2.129,91 | € 25.163,60 |

²⁰⁹ Bauer (2008), S 6- 36

| | | | | | | | | | | |
|------|------|------------|----------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|--------------|
| 2028 | 0,45 | € 1.516,12 | € 686,50 | € 14.548,25 | € 2.143,24 | € 970,46 | € 17.275,69 | € 4.951,44 | € 2.242,01 | € 27.405,61 |
| 2029 | 0,43 | € 1.561,60 | € 676,65 | € 15.224,90 | € 2.250,40 | € 975,10 | € 18.250,79 | € 5.446,58 | € 2.360,01 | € 29.765,63 |
| 2030 | 0,41 | € 1.608,45 | € 666,93 | € 15.891,83 | € 2.362,92 | € 979,77 | € 19.230,56 | € 5.991,24 | € 2.484,23 | € 32.249,85 |
| 2031 | 0,40 | € 1.656,70 | € 657,36 | € 16.549,19 | € 2.481,07 | € 984,46 | € 20.215,01 | € 6.590,37 | € 2.614,97 | € 34.864,83 |
| 2032 | 0,38 | € 1.706,41 | € 647,92 | € 17.197,11 | € 2.605,12 | € 989,17 | € 21.204,18 | € 7.249,40 | € 2.752,60 | € 37.617,43 |
| 2033 | 0,36 | € 1.757,60 | € 638,62 | € 17.835,74 | € 2.735,38 | € 993,90 | € 22.198,08 | € 7.974,34 | € 2.897,48 | € 40.514,91 |
| 2034 | 0,35 | € 1.810,33 | € 629,46 | € 18.465,19 | € 2.872,15 | € 998,65 | € 23.196,73 | € 8.771,78 | € 3.049,98 | € 43.564,89 |
| 2035 | 0,33 | € 1.864,63 | € 620,42 | € 19.085,61 | € 3.015,75 | € 1.003,43 | € 24.200,17 | € 9.648,96 | € 3.210,50 | € 46.775,39 |
| 2036 | 0,32 | € 1.920,57 | € 611,52 | € 19.697,13 | € 3.166,54 | € 1.008,23 | € 25.208,40 | € 10.613,85 | € 3.379,48 | € 50.154,87 |
| 2037 | 0,30 | € 1.978,19 | € 602,74 | € 20.299,87 | € 3.324,87 | € 1.013,06 | € 26.221,46 | € 11.675,24 | € 3.557,34 | € 53.712,21 |
| 2038 | 0,29 | € 2.037,54 | € 594,09 | € 20.893,95 | € 3.491,11 | € 1.017,91 | € 27.239,36 | € 12.842,76 | € 3.744,57 | € 57.456,79 |
| 2039 | 0,28 | € 2.098,66 | € 585,56 | € 21.479,51 | € 3.665,67 | € 1.022,78 | € 28.262,14 | € 14.127,04 | € 3.941,66 | € 61.398,44 |
| 2040 | 0,27 | € 2.161,62 | € 577,15 | € 22.056,66 | € 3.848,95 | € 1.027,67 | € 29.289,81 | € 15.539,74 | € 4.149,11 | € 65.547,55 |
| 2041 | 0,26 | € 2.226,47 | € 568,87 | € 22.625,53 | € 4.041,40 | € 1.032,59 | € 30.322,40 | € 17.093,71 | € 4.367,48 | € 69.915,04 |
| 2042 | 0,24 | € 2.293,27 | € 560,70 | € 23.186,24 | € 4.243,47 | € 1.037,53 | € 31.359,92 | € 18.803,09 | € 4.597,35 | € 74.512,39 |
| 2043 | 0,23 | € 2.362,06 | € 552,65 | € 23.738,89 | € 4.455,64 | € 1.042,49 | € 32.402,42 | € 20.683,39 | € 4.839,32 | € 79.351,71 |
| 2044 | 0,22 | € 2.432,93 | € 544,72 | € 24.283,61 | € 4.678,42 | € 1.047,48 | € 33.449,89 | € 22.751,73 | € 5.094,02 | € 84.445,73 |
| 2045 | 0,21 | € 2.505,91 | € 536,90 | € 24.820,52 | € 4.912,34 | € 1.052,49 | € 34.502,39 | € 25.026,91 | € 5.362,13 | € 89.807,85 |
| 2046 | 0,21 | € 2.581,09 | € 529,20 | € 25.349,71 | € 5.157,96 | € 1.057,53 | € 35.559,91 | € 27.529,60 | € 5.644,34 | € 95.452,20 |
| 2047 | 0,20 | € 2.658,52 | € 521,60 | € 25.871,31 | € 5.415,86 | € 1.062,59 | € 36.622,50 | € 30.282,56 | € 5.941,41 | € 101.393,61 |
| 2048 | 0,19 | € 2.738,28 | € 514,11 | € 26.385,43 | € 5.686,65 | € 1.067,67 | € 37.690,17 | € 33.310,81 | € 6.254,12 | € 107.647,73 |
| 2049 | 0,18 | € 2.820,43 | € 506,73 | € 26.892,16 | € 5.970,98 | € 1.072,78 | € 38.762,95 | € 36.641,89 | € 6.583,28 | € 114.231,01 |

| Energiepreissteigerung: [%/a] | Amortisationsdauer: [a] |
|----------------------------------|----------------------------|
| 3 | 34,96 |
| 5 | 25,59 |
| 10 | 16,82 |