



# PHOTONIK

BRANCHENREPORT 2013



Die Photonik ist heute eine global umworbene Schlüsseltechnologie und Hightech-Branche. Das heute bereits nutzbare Anwendungspotenzial der Photonik reicht als Querschnittstechnologie weit über bestehende Verbandsgrenzen hinaus. Zur Erschließung dieses Potenzials hat sich die Photonik-Branche in Deutschland formiert. Der vorliegende „Branchenreport Photonik 2013“ ist eine gemeinschaftliche Studie der Verbände SPECTARIS, VDMA, ZVEI und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Die Studie wird gemeinsam von den Partnern herausgegeben und finanziert.



Deutscher Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V. (SPECTARIS)



Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)



Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI)



Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

## IMPRESSUM

### HERAUSGEBER

■ **SPECTARIS – Deutscher Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V.**

Werderscher Markt 15, 10117 Berlin

■ **Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)**

Lyoner Straße 18, 60528 Frankfurt am Main

■ **ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.**

Lyoner Str. 9, 60528 Frankfurt am Main

■ **Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)**

Referat Photonik, Optische Technologien, 11055 Berlin

### VERANTWORTLICH FÜR DIE INHALTE

**Arbeitsgruppe Marktforschung Photonik**

Mike Bähren SPECTARIS e.V., Berlin

Harald Hartmann SPECTARIS e.V., Berlin

Gerhard Hein VDMA Laser und Lasersysteme für die Materialbearbeitung, Forum Photonik, Frankfurt am Main

Annika Löffler VDMA Forum Photonik, Frankfurt am Main

Katharina Manok ROFIN-SINAR Technologies Inc., Hamburg

Jürgen Polzin ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt am Main

Ursula Tober VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

**01. Lagebericht**

BCC Business Communications Consulting GmbH, Rembrandtstraße 13, 60596 Frankfurt am Main

**02. Studie Photonik 2013**

Optech Consulting Dr. Arnold Mayer, Bahnhofstraße 20A, CH-8274 Tägerwilen

Wir danken allen Firmen und Gesprächspartnern, die uns bei der Erstellung dieses Branchenreports unterstützt haben, für ihre Zeit und ihre wertvollen Sachbeiträge.

### GESTALTUNG & UMSETZUNG

Karnath & Partner GmbH & Co. KG, Leipziger Straße 59 C, 60487 Frankfurt am Main

Titelfoto: Fotolia

### DRUCK

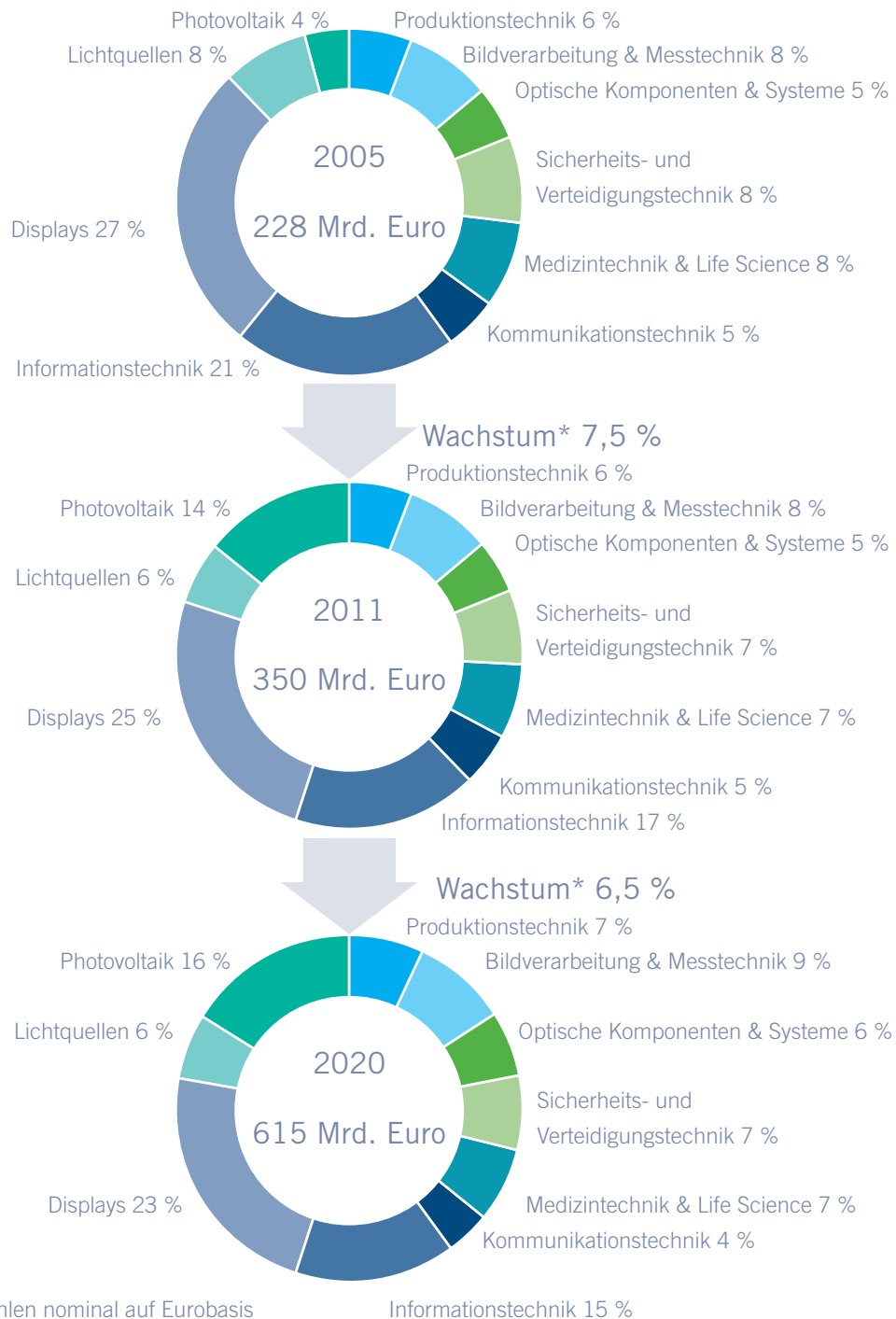
Druckerei Hassmüller GmbH & Co. KG – Graphische Betriebe, Königsberger Straße 4, 60487 Frankfurt am Main

Berlin, Düsseldorf, Frankfurt am Main, Hamburg; Mai 2013

# INHALT

|                                                  | Seite |
|--------------------------------------------------|-------|
| Schlüsselzahlen & Kernaussagen                   | 4     |
| <br>                                             |       |
| TEIL 01: LAGEBERICHT                             | 8     |
| <br>                                             |       |
| Auf dem Sprung                                   | 10    |
| Photonik in der Produktion                       | 32    |
| Informations- & Kommunikationstechnik            | 38    |
| Licht                                            | 40    |
| Medizintechnik & Life Science                    | 48    |
| <br>                                             |       |
| TEIL 02: STUDIENERGEBNISSE                       | 52    |
| <br>                                             |       |
| Überblick Photonik Welt und Photonik Deutschland | 60    |
| Produktionstechnik                               | 83    |
| Bildverarbeitungs- & Messtechnik                 | 88    |
| Medizintechnik & Life Science                    | 96    |
| Informations- & Kommunikationstechnik, Displays  | 102   |
| Lichtquellen                                     | 117   |
| Photovoltaik                                     | 122   |
| Optische Komponenten und Systeme                 | 126   |
| Sicherheits- und Verteidigungstechnik            | 129   |
| Photonik nach Regionen                           | 131   |
| Japan                                            | 131   |
| China                                            | 134   |
| Taiwan                                           | 139   |
| Korea                                            | 142   |
| Nordamerika                                      | 145   |
| Europa                                           | 147   |
| <br>                                             |       |
| Anhang                                           | 154   |
| Methodik und Datenbasis                          | 154   |
| Quellen                                          | 158   |

## Kennzahlen Welt Photonikmarkt in 2005 und 2011 sowie Prognose 2020



Entwicklung des weltweiten Photonikmarktes von 2005 (228 Mrd. Euro) bis 2011 (350 Mrd. Euro) und Prognose für 2020 (615 Mrd. Euro). Die angegebenen Wachstumsraten sind nominal – der Realwert liegt bei einer angenommenen Inflationsrate von durchschnittlich 1 % jährlich um diesen Wert darunter.

Quelle: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“

# KERNAUSSAGEN

- Der weltweite Photonikmarkt betrug in 2011 rund 350 Milliarden Euro – gegenüber 228 Milliarden Euro in 2005. Die Photonikbranche ist damit mit durchschnittlich nominal rund 7,5 % jährlich weltweit mehr als doppelt so stark gewachsen wie das weltweite BIP und konnte bereits 2010/2011 das Vorkrisenniveau von 2008 wieder erreichen.
- Die Inlandsproduktion der deutschen Photonikindustrie belief sich im Jahr 2011 auf rund 27 Milliarden Euro gegenüber 17 Milliarden Euro in 2005. Das Wachstum der deutschen Photonikbranche lag damit mit durchschnittlich nominal rund 8 % sogar noch höher als der weltweite Durchschnitt und dank der Exportstärke weit über dem deutschen BIP und dem Wachstum der deutschen Industrieproduktion.
- Die deutsche Photonikbranche konnte ihre starke Weltmarktposition mit rund 8 % insgesamt halten. In den wesentlichen Kernbereichen Produktionstechnik, Bildverarbeitung und Messtechnik, Optische Komponenten und Systeme sowie Medizintechnik & Life Science lag der Marktanteil mit 10–16 % sogar noch deutlich darüber und konnte gegenüber 2005 weiter ausgebaut werden. Auch in Europa hat Deutschland seine Spitzenstellung mit einem Anteil von über 40 % unterstrichen.
- Die deutsche Photonikbranche erwies sich nicht nur als Export-, sondern auch als Jobmotor. Zwischen 2005 und 2011 wurden rund 30.000 neue Arbeitsplätze geschaffen. Einschließlich Zulieferern lag die Beschäftigtenzahl in 2011 bei 134.000 Mitarbeitern. Die Exportquote lag mit durchschnittlich 66 % weit über der des Verarbeitenden Gewerbes mit 47 %.

- Die Photonikproduktion – betrachtet nach Regionen und Ländern – zeigt neben einer Verschiebung der weltweiten Marktanteile hin zu China, das mit 21 % Marktanteil nun fast gleichauf mit Weltmarktführer Japan liegt, auch eine deutliche Tendenz zur Spezialisierung der Regionen und Länder in den einzelnen Anwendungssegmenten. Nordamerika und auch Japan haben deutlich Weltmarktanteile eingebüßt. Europa liegt mit rund 18 % Marktanteil vor Nordamerika mit rund 12 %.
- Photonik bietet in vielen Bereichen Lösungen für die Herausforderungen der Zukunft – sei es im Bereich der nächsten Generation von industriellen Fertigungstechniken, im Bereich der Energieerzeugung und Energieeffizienz oder in ihrem Beitrag zu Gesundheit, Umweltschutz und Sicherheit.
- Photonik ist eine wichtige Schlüsseltechnologie mit einer erheblichen Hebelwirkung auch auf andere Industrien und Servicebereiche. Photonische Technologien, Produkte, Komponenten und Systemlösungen finden ihren Einsatz in vielen Abnehmerindustrien entlang der Wertschöpfungsketten und ermöglichen dort eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch effizientere und nachhaltigere Produktionsverfahren, bessere und schnellere Prozessabläufe sowie durch Erschließung neuer Anwendungsfelder.
- Für 2020 schätzt die Studie den weltweiten Photonikmarkt auf rund 615 Milliarden Euro. Das entspricht einer durchschnittlichen nominellen Wachstumsrate von 6,5 % und liegt damit um etwa anderthalbfach über dem prognostizierten Wachstum des weltweiten BIP. Die Photonikbranche trägt so auch zukünftig maßgeblich zu Wohlstand und neuen Arbeitsplätzen bei.

- Für die Inlandsproduktion der deutschen Photonikindustrie wird erwartet, dass sie 2020 bei knapp 44 Milliarden Euro liegt. Das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen nominalen Wachstumsrate von 5,6 %. Die Bedeutung der Kernbereiche wird dabei weiter deutlich zunehmen. Die Anzahl der Beschäftigten inklusive Zulieferern wird auf rund 165.000 steigen.
- Intelligente Systemlösungen – über Branchen- und Technologiesgrenzen hinweg – sind Wachstumsmotor und Herausforderung zugleich für die Photonikbranche. Sie bieten insbesondere Chancen für die europäische Branche, die sich dem Wettbewerb mit Niedriglohnländern stellen muss. Deutschland ist hier gut gerüstet – nicht zuletzt dank kontinuierlicher Forschungs- und Innovationsanstrengungen, die mit einer F&E-Quote von durchschnittlich 9 % weit über der des Verarbeitenden Gewerbes liegt.



The background of the slide is a dark, deep blue space. On the left side, there is a thin, glowing blue line representing the horizon of the Earth, with a slight gradient from light blue to dark blue. The rest of the background is a solid, very dark blue.

01

**LAGEBERICHT**

# AUF DEM SPRUNG

Lange Zeit eher ein Nischenmarkt hat sich in den letzten Jahren eine Industrie entwickelt, die inzwischen für viele Branchen zu einer Schlüsseltechnologie im internationalen Wettbewerb geworden ist – die Photonik. Die intelligente Verknüpfung von Licht-Komponenten in Systemen zusammen mit Halbleitertechnologien machen die Photonik zum gleichsam ubiquitären Werkzeug in vielen Innovationsbranchen wie dem Maschinen- und Anlagenbau, der Elektronik und Elektrotechnik oder der Medizin- und Umwelttechnik. Nicht umsonst gilt die Photonik deshalb heute als eine der Schlüsseltechnologien für künftige Innovationen – neben Biotechnologie, Nanotechnologie, Mikroelektronik und neuen Materialien.

## DOPPELTER IMPACT

Das hohe wirtschaftliche Potenzial der Photonik resultiert aus ihrer Doppelfunktion: Zum einen ist sie als eigenständige innovative Technologie in der Lage, klassische Technologien abzulösen und neue Anwendungsgebiete zu erschließen. Das wohl populärste Beispiel dafür ist die schrittweise Substitution der klassischen Glühlampe durch LED-Systeme, die gleichzeitig auch neue Anwendungen im Automobil ermöglicht haben. Darüber hinaus aber sind viele Komponenten und Produkte der Photonik auch wichtige „Enabler“ für umfassende Systemlösungen in vielen Industriebereichen. So hat beispielsweise im Maschinenbau die Entwicklung der Ultrakurzpulslasertechnologie die Bearbeitung von Materialien ermöglicht, die vorher kaum in der ausreichenden Präzision bearbeitbar waren: Durch extrem kurze Lichtpulse im Piko- und Femtosekundenbereich gibt der Ultrakurzpulslaser nahezu keine Wärme in ein Material ab – dies ermöglicht erstmals die hochflexible und -produktive „Kalte Bearbeitung“ von spröden oder wärmeempfindlichen Werkstücken beispielsweise

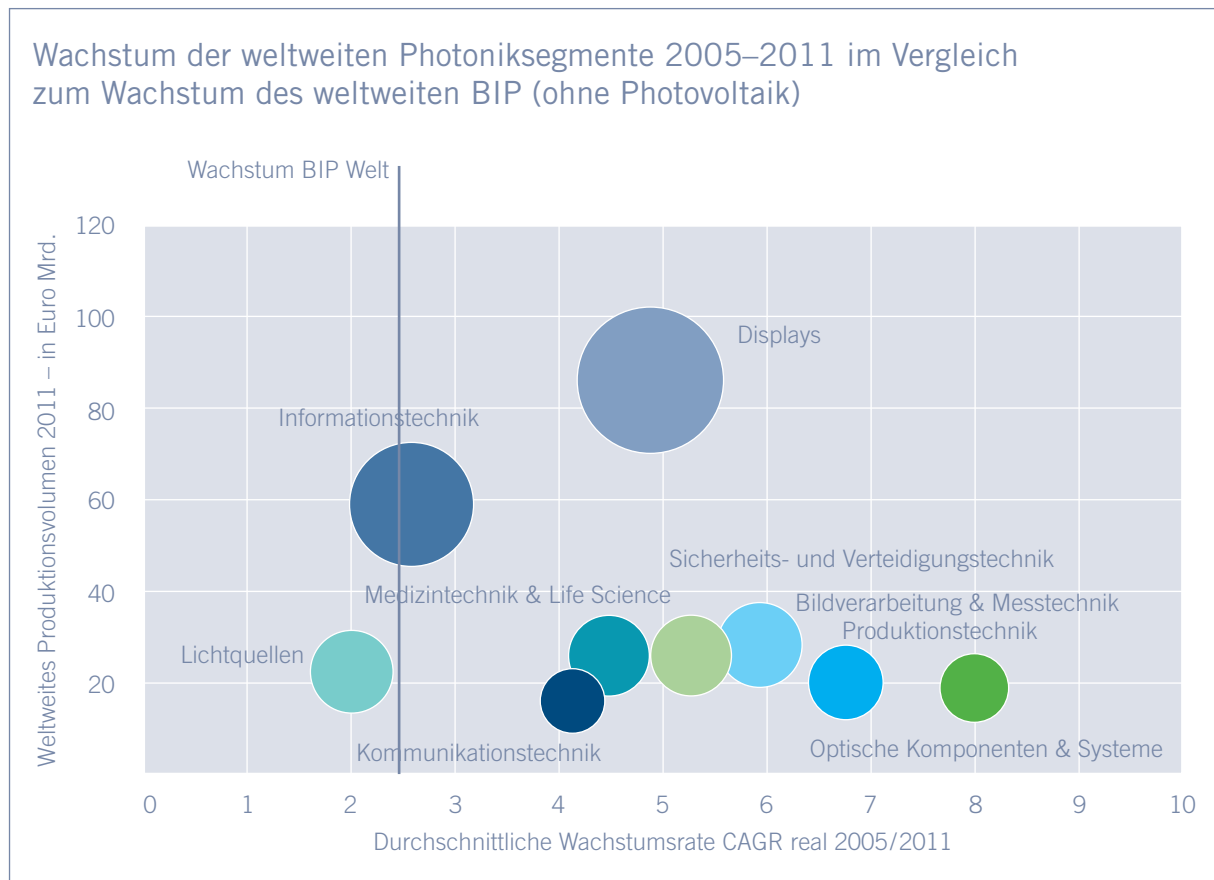
## DAS WERKZEUG LICHT

Schon früh wurde in der Industrie das Potenzial der Photonik, der Nutzung des Werkzeuges Licht, erkannt. Die Erschließung der Halbleitertechnik für die Photonik eröffnete breit gefächerte Anwendungsoptionen in vielen Bereichen. Dazu zählen z.B. der Einsatz des Werkzeuges „Laser“ im Maschinenbau und bei der Materialbearbeitung, die Nutzung der LED in modernen Beleuchtungssystemen, im Auto, in Displays/Bildschirmen oder Mobiltelefonen, die Energieerzeugung durch Photovoltaik, die Übertragung von Daten in hoher Geschwindigkeit in modernen Informationsnetzen, die Datenerfassung und Datenverarbeitung in komplexen Bildverarbeitungssystemen oder die Nutzung von Licht zu Diagnose und Therapie in der Medizin- und Umwelttechnik.

Die Komponenten der Photonik werden durch intensive Forschungsanstrengungen kontinuierlich verbessert und optimiert, werden kleiner und kompakter, schalten schneller, bringen Energie punktgenau auf das Werkstück. Neue Materialien werden genutzt und eingesetzt und ermöglichen Leistungssprünge etwa in der Lasertechnologie, der Lichtausbeute von LEDs, der Bilderkennung und -verarbeitung oder der höheren Empfindlichkeit von Sensoren. In der intelligenten Verknüpfung und Integration mit anderen Zukunftstechnologien ermöglicht die Photonik Innovationsschübe zur Bewältigung vieler Herausforderungen unserer Zeit – sei es Klimawandel, Gesundheit, saubere Umwelt/Wasser/Lebensmittel, Mobilität oder Sicherheit.

aus hochfesten Stählen oder Faserverbundwerkstoffen. Im Alltag begegnet uns der „Enabling“ Charakter der modernen Photonik unter anderem bei der täglichen Autofahrt: Ein Großteil der Fortschritte bei den Automatisierungs- und Sicherheitssystemen in den modernen Automobilen wird erst durch den Einbau optischer Bildverarbeitungs- und Messsysteme ermöglicht. Durch diese „Hebelwirkung“ der Photonik reicht ihr Wachstums- und Innovationsbeitrag weit über die eigenen Branchengrenzen hinaus.

## WEIT ÜBERDURCHSCHNITTLICHES BRANCHENWACHSTUM

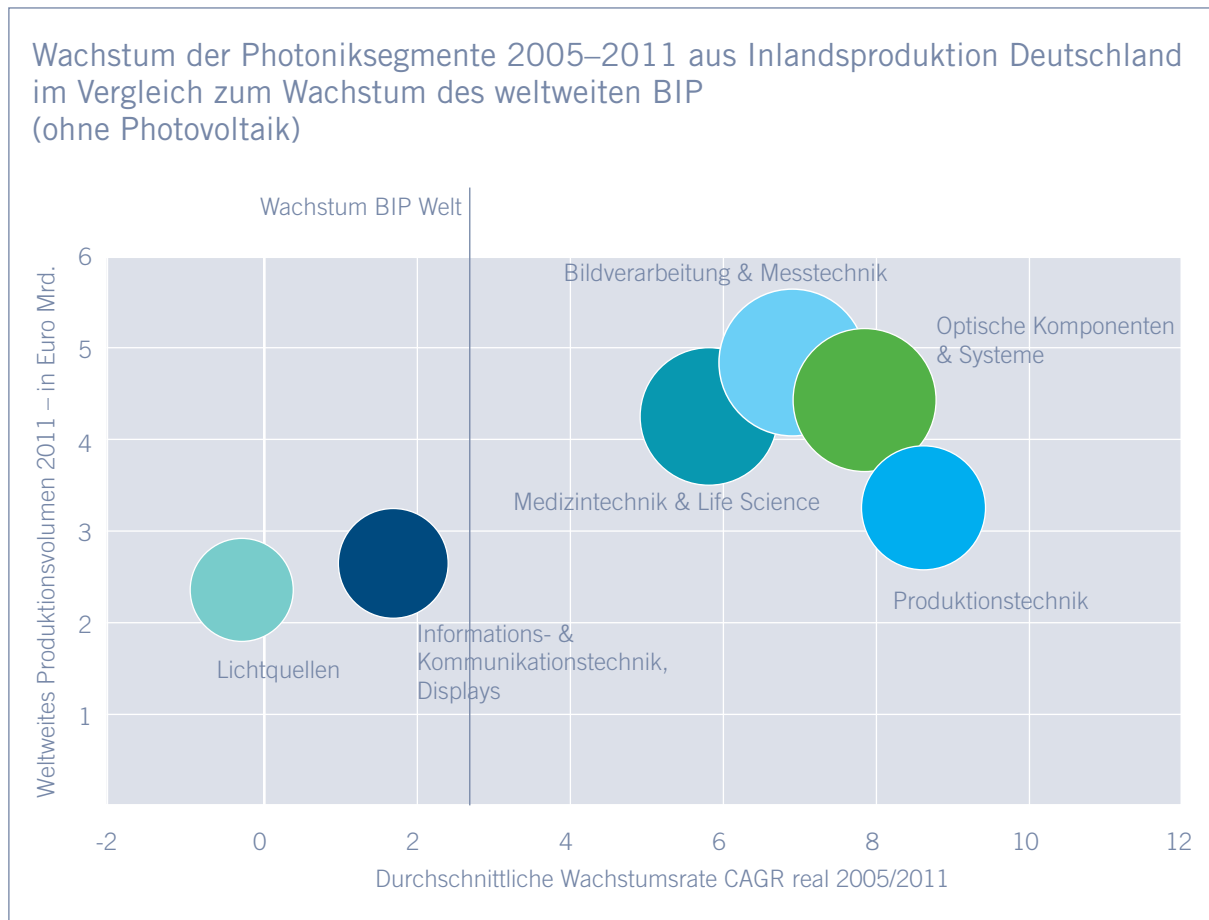


Durchschnittliches Wachstum (CAGR) der einzelnen Photonik-Segmente (ohne Photovoltaik) 2005 bis 2011 im Vergleich zum durchschnittlichen Wachstum (CAGR) des weltweiten realen BIP im gleichen Zeitraum von 2,6 %. Die Größe der Kreise indiziert das Produktionsvolumen der jeweiligen Photoniksegmente in 2011. Gegenüber den nominalen Wachstumsraten wurde zum Inflationsausgleich 1 % abgezogen.

Quellen: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“/ERS International Macroeconomic Data Set basierend auf World Bank, World Development Indicators; International Financial Statistics of the IMF; IHS Global Insight; Oxford Economic Forecasting, Deutsche Bank DB Research – Makroökonomische Prognosen/Eigene Berechnungen

Ihr hohes Innovationspotenzial verbunden mit der Breite ihrer Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten macht die Photonik zu einem Wachstumsmotor in vielen Anwenderbranchen und sorgt für hohe Wachstumsraten in der Photonikindustrie selbst. So ist die Photonikbranche weltweit zwischen 2005 und 2011 nominal um rund 7,5 % jährlich auf 350

Milliarden Euro gewachsen. Inflationsbereinigt betrug das Wachstum noch immer 6,5 %. Trotz Finanz- und Eurokrise und der mit diesen Ereignissen verbundenen konjunkturellen Schwächephasen zeigte die Photonik in fast allen Teilsegmenten eine anhaltend robuste Entwicklung mit Wachstumsraten, die die des weltweiten BIP übertrafen.



Durchschnittliches Wachstum (CAGR) der einzelnen Photonik-Segmente in Deutschland (ohne Photovoltaik) 2005 bis 2011 im Vergleich zum durchschnittlichen Wachstum (CAGR) des weltweiten realen BIP im gleichen Zeitraum von 2,6 %. Die Größe der Kreise indiziert die Inlandsproduktion der jeweiligen Photoniksegmente in 2011 in Deutschland. Gegenüber den nominalen Wachstumsraten wurde zum Inflationsausgleich 1 % abgezogen.

Quellen: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“/ERS International Macroeconomic Data Set basierend auf World Bank, World Development Indicators; International Financial Statistics of the IMF; IHS Global Insight; Oxford Economic Forecasting, Deutsche Bank DB Research – Makroökonomische Prognosen/Eigene Berechnungen

Die deutsche Photonikindustrie, die einen hohen Anteil ihrer Produktion in den Weltmarkt liefert, hat sich in vielen Segmenten zu einem der führenden Player entwickelt. Im gleichen Zeitraum der Jahre 2005 bis 2011 wuchs die Photonik aus deutscher Produktion um nominal durchschnittlich gut 8 % (real rund 7 %) von 17 Milliarden auf 27 Milliarden Euro und lag damit zwei- bis dreifach über dem durchschnittlichen Wachstum des weltweiten BIP von 2,6 % im gleichen Zeitraum. Das eigentliche Potenzial, der unter dem Begriff Photonik versammelten Technologien wird deutlich, wenn man ihre Entwicklung mit dem Anstieg der Industrieproduktion vergleicht. Letztere wuchs in Deutschland von 2005 bis 2011 um rund 20 %, während die Photonikbranche mit 59 % fast die dreifache Wachstumsrate aufwies. Auch für die Zukunft

stehen die Zeichen auf Wachstum: Bis zum Jahr 2020 rechnet die Branche mit weiterhin hohen Wachstumsraten von real durchschnittlich fast 5 %, die in den Kernbereichen der Photonik in Deutschland, also vor allem den produktionsorientierten Bereichen sowie in der Medizintechnik, noch deutlich darüber hinausgeht.

## GLOBALISIERUNG DER INDUSTRIELLEN WERTSCHÖPFUNG SCHAFFT NEUE WACHSTUMSMÖGLICHKEITEN

Für das Innovationspotenzial der Photonik gibt es gerade in Deutschland mit seiner stark exportorientierten und auf hochwertige Industrieprodukte und -anlagen spezialisierten Wirtschaft eine große Nachfrage. Deutschland hat sich im Gegensatz zu vielen anderen europäischen Ländern immer als ein Industriestandort verstanden und viel in die Wettbewerbsfähigkeit dieses Standortes investiert. Über die letzten Dekaden hat sich das Wettbewerbsfeld im industriellen Sektor nachhaltig verändert und globalisiert. Politische Veränderungen, die den Zugang zu neuen Märkten und neuen Standorten ermöglichten, aber auch Veränderungen in der Industrie selbst, wie die elektronische Informationsverarbeitung, haben das Aufbrechen bestehender Wertschöpfungsketten befördert und zur Entwicklung komplexer internationaler Produktionslayouts geführt. Die Dialektik dieser Entwicklung ist bekannt: Volkswirtschaften, die ursprünglich aufgrund ihrer Kostenstruktur als Billigstandorte im globalen Produktionsdesign fungierten, haben die damit gemachten Erfahrungen genutzt und zwischenzeitlich selbst hochwertiges Produktions- und Innovations-Know-how aufgebaut. Sie treten damit in Konkurrenz zu etablierten Standorten. Mehr und mehr entsteht damit ein „race to the top“, bei dem klassische Industriestandorte mit ihren vergleichsweise hohen Kostenstrukturen nur dann eine Chance haben, wenn ihre Industrie sowohl in der Marktleistung als auch in der Produktion eine überlegene Leistung erbringen kann. Die Photonik spielt dabei als eine der wesentlichen „enabling technologies“ in der industriellen Weiterentwicklung eine zentrale Rolle.

### PHOTONISCHE PROZESSKETTEN IN DER INDUSTRIE 4.0

Industrie 4.0 bezeichnet die Integration modernster Fertigungsverfahren mit der Digitalen Welt zu intelligenten und sich selbst steuernden Systemen. Die berührungsfreien, hochflexiblen und verschleißfrei arbeitenden Fertigungsverfahren der Photonik besitzen ein immenses Potenzial für den Aufbau solcher Systeme. Generative oder abtragende Laserverfahren setzen heute bereits digitale Daten in materielle Produkte um. Ohne Werkzeugwechsel können flexibel von Stück zu Stück unterschiedlichste Formen umgesetzt werden – die Massenfertigung individualisierter Produkte wird möglich. „Complexity for free“ oder „Individualization for free“ sind damit keine unrealistischen Ziele mehr. Adaptive, selbstoptimierende Fertigungs- und Anlagenkonzepte auf der Basis von intelligenten Lasernetzwerken und optischen Sensor- und Regelsystemen steigern die Flexibilität der Produktionsinfrastruktur, reduzieren die „time to market“ und bieten Potenziale für eine Null-Fehler-Produktion. Künftig können Laserbearbeitungsmaschinen – als sogenannte Social Machines – etwa durch Lernerfahrung die besten Parameter für die Bearbeitung bestimmter Werkstoffe erkennen und diese Parametersätze mit den mit ihnen vernetzten Maschinen teilen.

Gerade für den Industriestandort Deutschland wird es auf eine hohe Innovationsrate in den Kernbereichen der Industrie – der Produktions- und Fertigungstechnik – ankommen, um die hohe Wettbewerbsfähigkeit zu halten und, wo immer möglich, auszubauen. Die Photonik ist eine der Schlüsseltechnologien, wenn es darum geht, die Führungsrolle Deutschlands als „Fabrikausstatter der Welt“ durch die Entwicklung intelligenter Produktionstechnik zu sichern. Gleichzeitig eröffnet sie so auch neue Perspektiven für den Produktionsstandort Deutschland. So sind etwa Lasersysteme mit mehr

als 10 % des gesamten Umsatzvolumens zu einer wichtigen Säule des deutschen Werkzeugmaschinenbaus geworden. In der Halbleiterfertigung kommen mehr als zwei Drittel aller Lithografiesysteme aus Europa mit starker deutscher Beteiligung (z. B. Carl Zeiss als weltweit führender Hersteller von Lithografieoptiken). Auch eine Vielzahl von kleinen und mittelständischen Unternehmen sind im Segment Halbleiterfertigung erfolgreich tätig. Optische Technologien ermöglichen, immer kleinere, leistungsfähigere, effizientere, umweltfreundlichere und preisgünstigere Mikrochips zu produzieren.

## LEISTUNGSSPRÜNGE IN DER HALBLEITERFERTIGUNG

Optische Technologien sind seit Jahren als „Enabling-Technologie“ ein wesentlicher Bestandteil der Halbleiterfertigung. Die wohl bekannteste ist die optische Lithografie, mit deren Hilfe man heute Strukturen von 28 nm und darunter in der Mikrochipherstellung erzeugt. Man stellt auf Basis dieser optischen Technologie weiterhin Rekorde auf beim „Shrink“, d. h. bei der Verkleinerung der Strukturen auf den Mikrochips.

Viele Anwendungsbereiche optischer Technologien erfordern für eine zuverlässige und ökonomische Fertigung homogen ausgeleuchtete Flächen verschiedenster Formen: quadratisch, rechteckig oder Linien verschiedenster Ausdehnung mit Top Hat oder gaußförmigen Beleuchtungsprofilen. Speziell die gleichförmige Ausleuchtung der Maske in den Belichtungsgeräten der Mikrochipfertigung (Fachbegriff: Scanner oder Stepper) ist extrem wichtig.

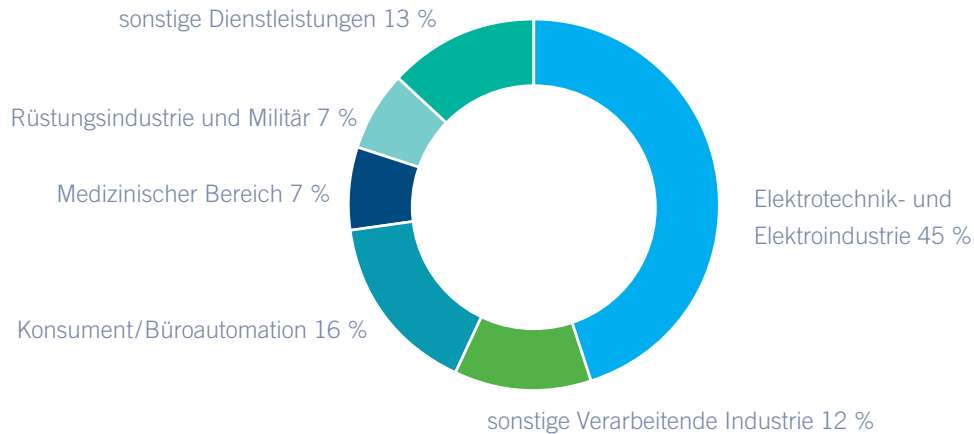
Qualitativ hochwertige mikrooptische Arrays sind in diesen Anwendungen seit Jahren im industriellen Dauereinsatz. Die hochtransmittiven Elemente bestehen aus vielen tausend refraktiven Freiform-Mikrolinsen und erzeugen Beleuchtungsfelder unterschiedlichster Formen von hoher Homogenität und steiler Intensitätsverteilung mit numerischen Aperturen von  $> 0,35$ . Innovative refraktive Mikrolinsenarrays haben keinerlei Einfluss auf die Polarisierung des transmittierten Lichtes – eine Voraussetzung für die Verwendung in der Immersionslithografie.

*Quelle: LIMO Lissotschenko Mikrooptik GmbH, Dortmund, Deutschland*

## HOHE MARKTDURCHDRINGUNG IN VIELEN ABNEHMERMÄRKTEN

Die Photonik ist inzwischen – ob als Komponente oder als System – in viele Abnehmermärkte vorgedrungen. So verfügt sie heute nicht nur in den angestammten Bereichen des produzierenden Gewerbes und der Kommunikationstechnik, sondern auch in der Logistik, dem Gesundheitswesen, der Landwirtschaft sowie im Service- und Bürosektor über eine hohe Präsenz. Bezogen auf die direkten Abnehmerbranchen gehen mehr als drei Fünftel der Produktion in die Industrie, rund ein Fünftel in den Konsum- und Bürobereich und ein weiteres Fünftel in Medizin und Dienstleistungen. Der wichtigste Absatzmarkt für Produkte der Photonik ist die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (160 Milliarden Euro). Sie fragt gut 70 % aller Komponenten und mehr als 10 % aller Systeme nach.

### Weltmarkt Photonik nach Anwendersektoren 2011 (Total 350 Mrd. Euro)



*Weltmarkt Photonik nach Anwendersektoren 2011 für photonische Produkte und Komponenten – betrachtet werden hier nur die direkten Abnehmermärkte.*

*Quelle: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“*

## TREIBER FÜR WETTBEWERBSFÄHIGKEIT VON PRODUKT UND PRODUKTION

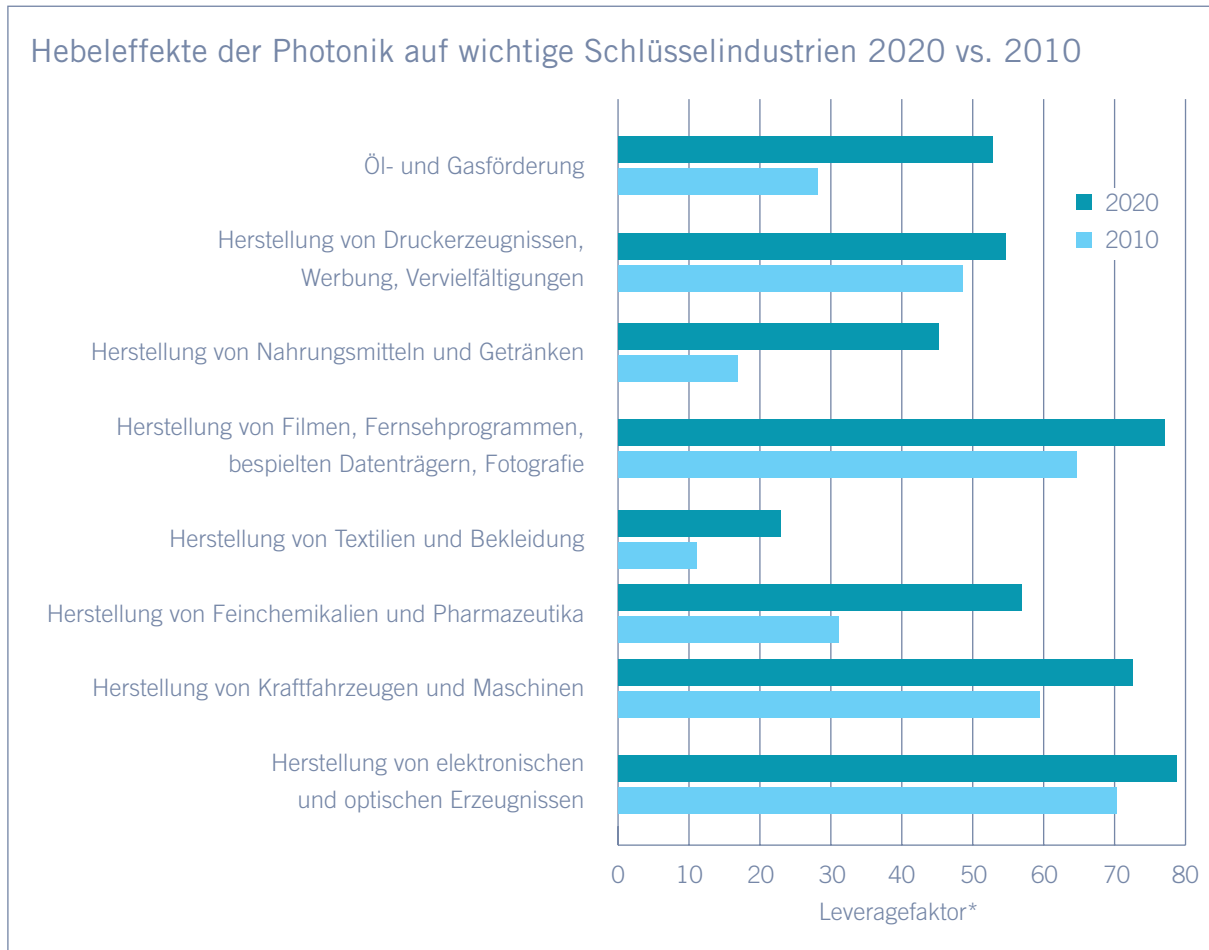
Die starke Stellung der Photonik in der Industrie resultiert aus der Tatsache, dass sie der Industrie für das Rennen um die Spitzenpositionen die richtigen Werkzeuge an die Hand gibt. Sie hat sich zu einem wesentlichen Treiber für die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Industrieprodukten und industrieller Produktion entwickelt. Grund dafür ist der positive Beitrag, den die Photonik ausgehend von einer gemeinsamen technologischen Basis für die Steigerung der Produktivität und für neue und verbesserte Funktionalitäten bzw. Leistungen der jeweiligen Endprodukte leisten kann.

Bereits heute ist der sogenannte „Leveragefaktor“ der Photonik sowohl im Bereich der Fertigung als auch in den Abnehmerindustrien hoch. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie im Auftrag der EU Kommission<sup>1</sup>. Auf Basis von Befragungen von Industrieexperten wurde untersucht, in welchen Bereichen der europäischen Industrie der Einsatz photonischer Technologien heute (2010) bzw. in Zukunft (2020) einen wesentlichen Beitrag dazu leistet, wettbewerbsfähiger zu werden und die Weltmarktposition zu halten bzw. zu verbessern. In sechs photonischen Technologiebereichen wurden die Experten zum Wertbeitrag der Photonik befragt. Zum einen richtete sich die Frage an die direkten Abnehmerindustrien – die „Enabled Industries“, zum anderen bewerteten Industrievertreter aus ausgewählten Endabnehmermärkten diesen Einfluss.

Die Befragung ergab, dass photonische Technologien schon heute eine große Rolle für Produktivität und Funktionalität von Produktionsprozessen und Produkten spielen und dass diese Rolle sich in Zukunft noch verstärken wird. Dies gilt insbesondere für die Bildverarbeitungs- & Messtechnik, Informations-, Kommunikations- und Netzwerktechnologien, Lasersysteme und auch Displaytechnologien, denen sowohl bei den direkten Abnehmerindustrien wie auch den Endab-

<sup>1</sup> Quelle: The Leverage Effect of Photonic Technologies: The European Perspective, Studie im Auftrag der EU Kommission, Hrsg. Photonics21, März 2011

nehmerbranchen ein hoher Stellenwert zugemessen wird. Da viele Branchen erst am Anfang einer breiten Nutzung der von der Photonik bereitgestellten Möglichkeiten stehen, sind in den nächsten Jahren in vielen Segmenten der Photonik noch erhebliche Steigerungsraten zu erwarten.

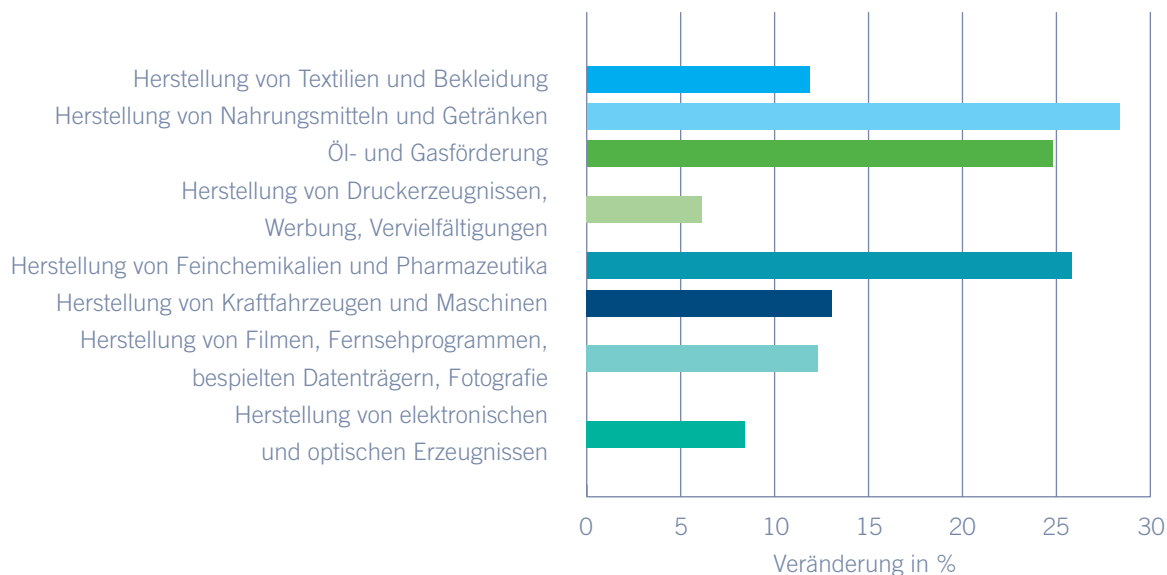


\* *Leveragefaktor: Zeigt die Einschätzung von Industrieexperten der jeweils befragten Branchen auf einer Skala von 0 bis 100, wie abhängig bzw. unabhängig ein Produkt bzw. eine Funktionalität eines Produktes vom Einsatz photonischer Technologien ist. 0 ist „total unabhängig“ – 100 ist „total abhängig“.*

*Quelle: The Leverage Effect of Photonic Technologies: The European Perspective, Studie im Auftrag der EU Kommission, Hrsg. Photonics21, März 2011/Eigene Übersetzung*

Bei den „Enabled Industries“ stehen insbesondere die Herstellungsbereiche der einzelnen Industrien im Zentrum. Bereits heute ist der Einfluss der Photonik in der Herstellung von elektronischen und optischen Erzeugnissen, bei der Herstellung von Kraftfahrzeugen und Maschinen und bei den Druckerzeugnissen überdurchschnittlich hoch. Diese hohe Bedeutung wird sie in diesen Industrien auch zukünftig behalten.

### Veränderung der Hebeleffekte der Photonik auf wichtige Schlüsselindustrien 2020 vs. 2010

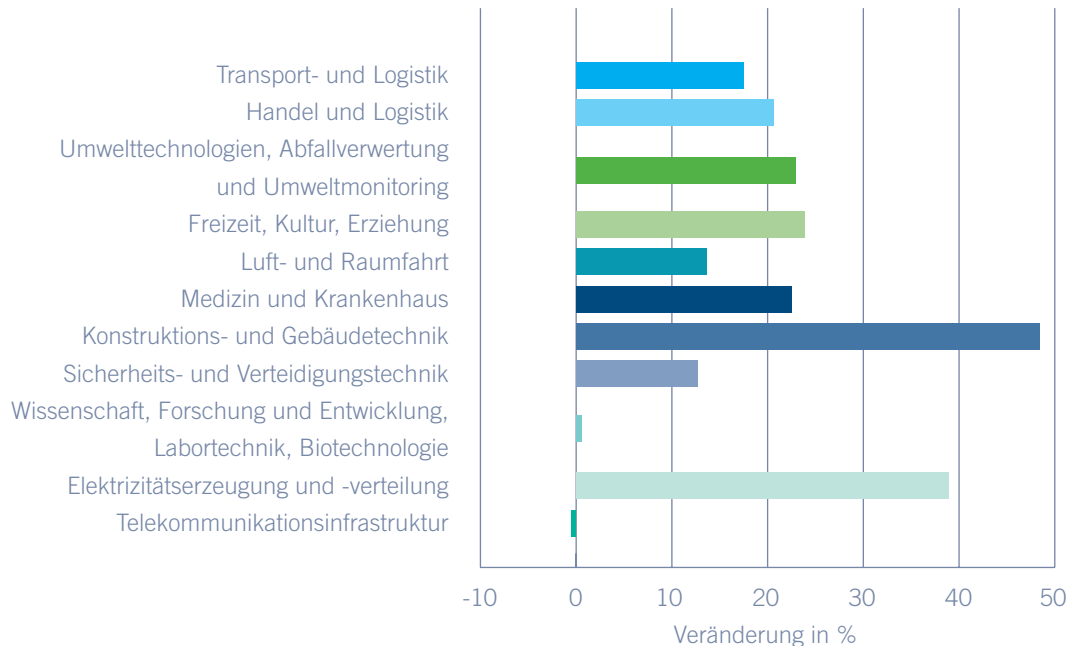


Die Veränderung des Hebeleffektes der Photonik 2020 im Vergleich zu 2010 bei den wichtigsten „Enabled Industries“ – Einschätzung von Industrieexperten der betroffenen Branchen basierend auf einer Umfrage im Jahr 2010. Der Hebeleffekt wird dabei definiert als der positive Beitrag, den Photonik zur Wertschöpfung beiträgt.

Quelle: *The Leverage Effect of Photonic Technologies: The European Perspective*, Studie im Auftrag der EU Kommission, Hrsg. Photonics21, März 2011/Eigene Übersetzung

Besonders hohe Wachstumsraten hinsichtlich des Hebeleffektes der Photonik sind in den nächsten Jahren vor allem von der Integration photonischer Technologien in die Herstellungsprozesse der Chemie und der Pharmazie zu erwarten. Die rasant steigende Bedeutung bei der Herstellung von Nahrungsmitteln und Getränken ist vor allem auf die stark steigenden Anforderungen der Qualitätssicherung zurückzuführen. In ähnlicher Weise erwarten die Experten auch einen deutlich steigenden Einfluss der Photonik in der Öl- und Gasförderung. Eine Sonderrolle spielt die Herstellung von Filmen und Fernsehprogrammen, bei denen die Photonik naturgemäß einen hohen Einfluss besitzt. Das Vordringen der Photonik in die Produktion weiterer wichtiger Industrien und der Ausbau der Position in bereits stark besetzten Herstellungsprozessen werden in der Photonik für hohe Wachstumsraten sorgen.

### Veränderung der Hebeleffekte der Photonik auf wichtige Endabnehmermärkte 2020 vs. 2010



Die Veränderung des Hebeleffektes der Photonik 2020 im Vergleich zu 2010 bei den wichtigsten Endabnehmerindustrien – Einschätzung von Industrieexperten der betroffenen Branchen basierend auf einer Umfrage im Jahr 2010. Der Hebeleffekt wird dabei definiert als der positive Beitrag, den Photonik zur Wertschöpfung beiträgt.

Quelle: The Leverage Effect of Photonic Technologies: The European Perspective, Studie im Auftrag der EU Kommission, Hrsg. Photonics21, März 2011/Eigene Übersetzung

Die Bewertung des Einflusses der Photonik auf die Endabnehmermärkte bestätigt diese Entwicklung. Die Photonik gewinnt insbesondere im Bereich energieeffizienten Gebäudemanagements in der Konstruktions- und Gebäudetechnik, bei der Bewältigung der Datenmengen zur Steuerung von „Smart Grids“ in der Elektrizitätserzeugung und -verteilung sowie in der Umwelttechnologie und Abfallentsorgung an Bedeutung. Und auch in bislang weniger im Fokus stehenden Endabnehmermärkten wie etwa dem Handels- und Logistikbereich oder in Freizeit, Kultur und Erziehung steigt der Stellenwert der Photonik für Produktivitätssteigerungen und die Verbesserung von Serviceleistungen.

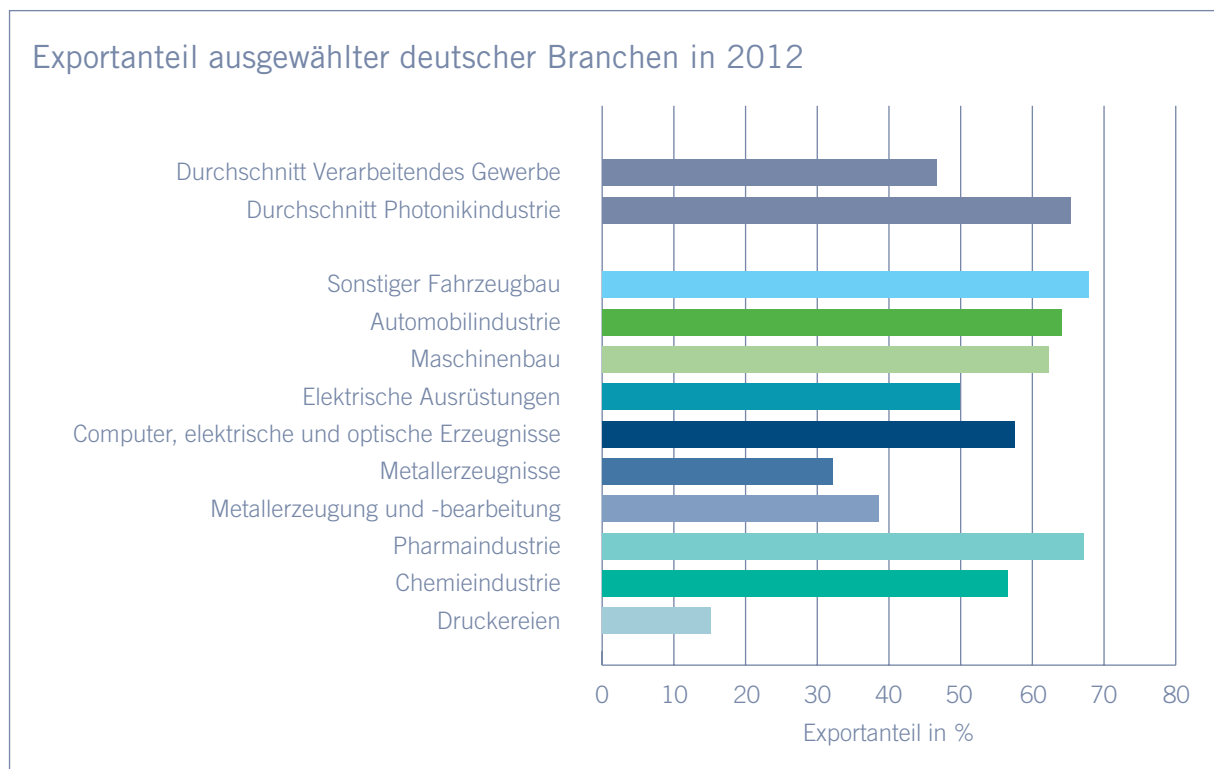
## VERÄNDERUNGEN IN DER INDUSTRIELANDSCHAFT SCHAFFEN WEITERES WACHSTUMSPOTENZIAL

Neben den mit der Intensivierung des internationalen Wettbewerbs verbundenen Herausforderungen stecken in den Veränderungen der weltweiten Industrielandschaft zwei herausragende Chancen. Zum einen wächst mit der Etablierung höherwertiger Wertschöpfungen in den aufstrebenden Volkswirtschaften der Markt für intelligente Produktionstechnologie. Zum anderen führt der wachsende Wohlstand in diesen Ländern auch zu einer steigenden Nachfrage nach höherwertigen Produkten.

Von beiden Entwicklungen profitiert die Photonikindustrie überdurchschnittlich: Von Ersterer durch ihre zunehmende Verbreitung in modernen Produktionsanlagen und ihre Fähigkeit, mit ihrer innovativen Technologie die Wettbewerbsfähigkeit dieser Anlagen zu steigern. Von der Wohlstandssteigerung profitiert sie durch ihre verstärkte Integration in hochwertige Endprodukte. Dies reicht vom Einsatz hochqualitativer Bildverarbeitungssysteme und Messtechniken in nahezu allen Produktionsprozessen über die neuen optischen Verfahren in der medizinischen Diagnose, Früherkennung und Therapie bis hin zur Bewältigung anspruchsvoller und energieeffizienter Beleuchtungsaufgaben im Haus- und Bürobereich, in der Stadtgestaltung oder im Fahrzeugbau.

## HOHE EXPORTORIENTIERUNG SORGT FÜR STABILITÄT IM WACHSTUM

Wirtschaftswissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass die Höhe der Exportquote stark positiv mit dem Erfolg der Unternehmen korreliert<sup>2</sup>. Je höher die Exportquote einer Branche ist, desto größer ist das Wachstum ihrer nominalen Wertschöpfung. Die Exportquote der photonischen Unternehmen am Standort Deutschland liegt bei rund zwei Drittel. Sie liegt damit deutlich über dem Wert für das Verarbeitende Gewerbe insgesamt (48 % im Jahr 2011). Die Exportquote ist besonders hoch in der Produktionstechnik (85 %), im Bereich Lichtquellen (75 %) sowie im Bereich Medizintechnik & Life Science (70 %).



Exportanteil ausgewählter Branchen aus Deutschland in 2012 im Vergleich zum Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland. Der Exportanteil der Photonik wird auf durchschnittlich 66 % eingeschätzt und liegt damit weit über dem des Verarbeitenden Gewerbes.

Quelle: Deutsche Bank, DB Research, Chartbook; 04.03.2012, Optech Consulting/Eigene Berechnungen

<sup>2</sup> Siehe u. a. Deutsche Bank Research: Ausblick Deutschland, 18. Februar 2013

## VERSTÄRKTER SHIFT ZU STARK WISSENSBASIERTEN SYSTEMEN UND LÖSUNGEN

Eine verstärkte Schwerpunktsetzung auf wissensbasierte Systeme und Lösungen als Ausrüster der für die neue Produktgeneration erforderlichen Fertigungsmaschinen und -anlagen kennzeichnet die Erfolge der deutschen Photonikindustrie. Dies bestätigt die positive Entwicklung, die die deutsche Photonikindustrie in Bereichen der Fertigungstechnik und bei komplexen Produkten und Systemen nimmt. So sind die Segmente Produktionstechnik sowie Bildverarbeitung & Messtechnik in den vergangenen sechs Jahren um jeweils durchschnittlich über 8 % gewachsen und hatten 2011 ein Produktionsvolumen von 8,2 Milliarden Euro erreicht. Es wird erwartet, dass sich diese Wachstumsraten fortsetzen, so dass bis zum Jahre 2020 ein Produktionsvolumen von knapp 17 Milliarden Euro erreicht wird. Eine ähnliche Entwicklung nehmen die beiden Segmente Optische Komponenten & Systeme sowie Medizintechnik & Life Science. Auch in diesen technologisch anspruchsvollen Bereichen wird eine Verdoppelung des inländischen Produktionsvolumens bis zum Jahr 2020 erwartet.

## KONZENTRATION AUF HOCHWERTIGE WERTSCHÖPFUNG

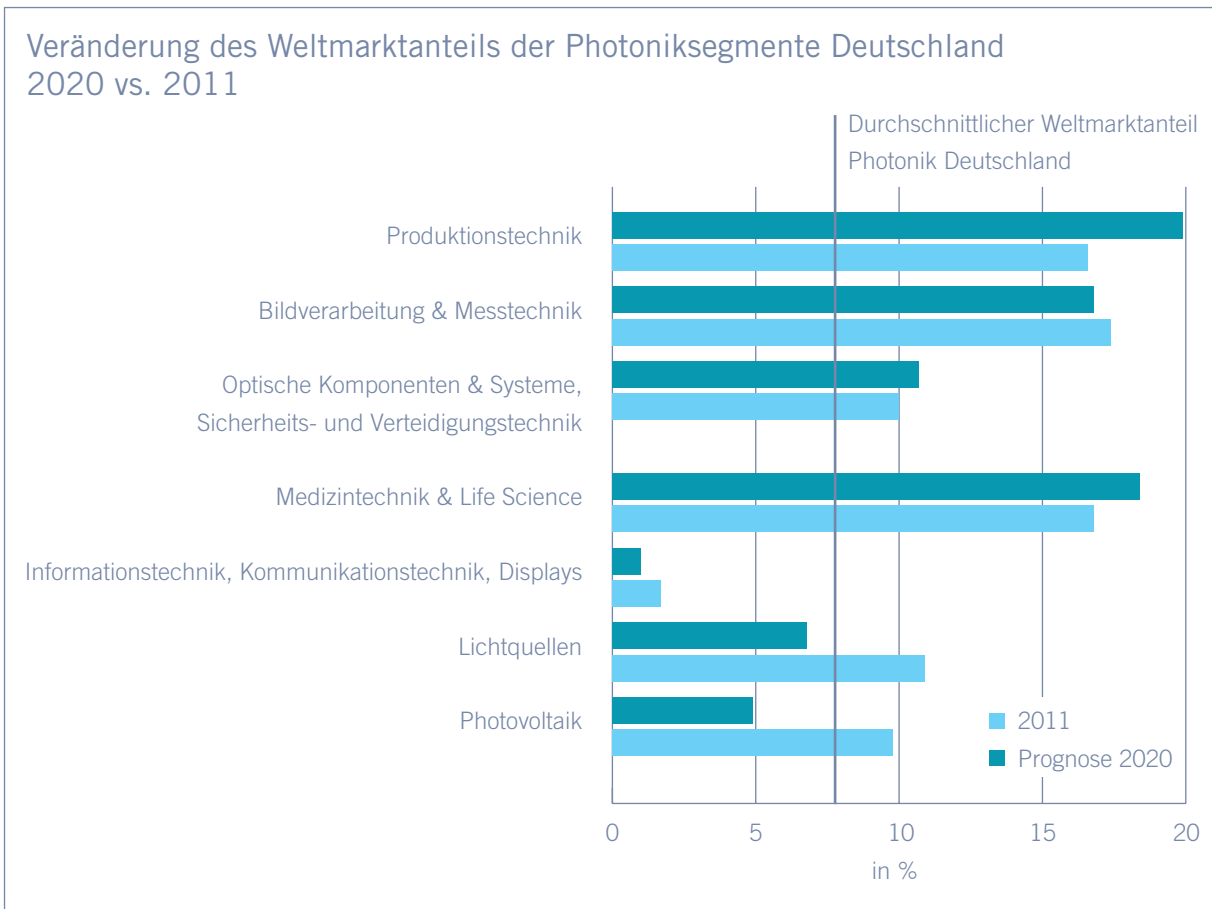
Lange Zeit war die Photovoltaik mit ihren zweistelligen Zuwachsraten ein wesentlicher Wachstumstreiber der Photonik in Deutschland. Staatliche Subventionsprogramme in vielen Ländern führten zu stürmischem Wachstum. Inzwischen haben weltweite Überkapazitäten Konsolidierungsbewegungen in Gang gesetzt, unter denen auch die deutschen Hersteller von Solarmodulen leiden. Allerdings ist die nächste Entwicklungsstufe bereits eingeleitet. Experten erwarten nach der Phase der Marktbereinigung ab Ende 2013 wieder einen großen Bedarf für neue Module, um den weltweit steigenden Bedarf an Solarkraft zu bedienen<sup>3</sup>. Die deutsche Photonik wird davon auf Seiten der Module und Maschinen vor allem im High-End-Bereich profitieren.

Profitieren kann die deutsche Photonikbranche auch in der Beleuchtungstechnik. Die Beleuchtung von morgen wird nicht durch einzelne Lampen und Leuchtmittel bestimmt. Der Bedarf zielt auf intelligente Lichtmanagementsysteme, die eine hohe Funktionalität bieten und die Energieeffizienz optimieren. Halbleiterlichtquellen wie LEDs und OLEDs leiten diese Revolution der modernen Lichttechnik ein. Sie kombinieren wie keine andere Lichtquelle zuvor die technischen Erfordernisse unserer Zeit: hohe Energieeffizienz, große Farbvielfalt, Stabilität, lange Lebensdauer, Brillanz und neue Designmöglichkeiten. Deutsche Unternehmen zählen hier weltweit zu den Technologieführern.

## DEUTSCHE SPITZENPOSITION IN SCHLÜSSELSEGMENTEN

Vor allem aufgrund ihrer zentralen Rolle in der Industrie konnte sich die deutsche Photonik eine führende Position auf dem Weltmarkt aufbauen und verfügt heute über einen Weltmarktanteil von knapp 8 %. Insbesondere in den das Industrieprofil Deutschlands ausmachenden Bereichen, wie der Produktionstechnik und der Bildverarbeitung & Messtechnik, liegt der Weltmarktanteil wie auch in der Medizintechnik mehr als doppelt so hoch. Gemeinsam mit dem überdurchschnittlich hohen Weltmarktanteil bei den optischen Komponenten und Systemen untermauern diese Bereiche die Position der deutschen Industrie. Betrachtet man diese Branchen genauer, so sind es gerade solche, in denen durch intelligente und auch technologieübergreifende Innovation neue Qualitätslevels geschaffen wurden, die nicht nur durch Zuverlässigkeit überzeugen, sondern auch potenzielle Kostenvorteile anderer Herstellländer durch reduzierte Systemkosten und durch erzielbare Produktivitätsfortschritte wettmachen.

<sup>3</sup> Fraunhofer Institut für Solar-Energiesysteme, Freiburg



*Weltmarktanteile der einzelnen Photoniksegmente aus Inlandsproduktion Deutschland in 2011 und prognostizierte Anteile in 2020 im Vergleich zu dem durchschnittlichen Weltmarktanteil Photonik Deutschland 2011.*

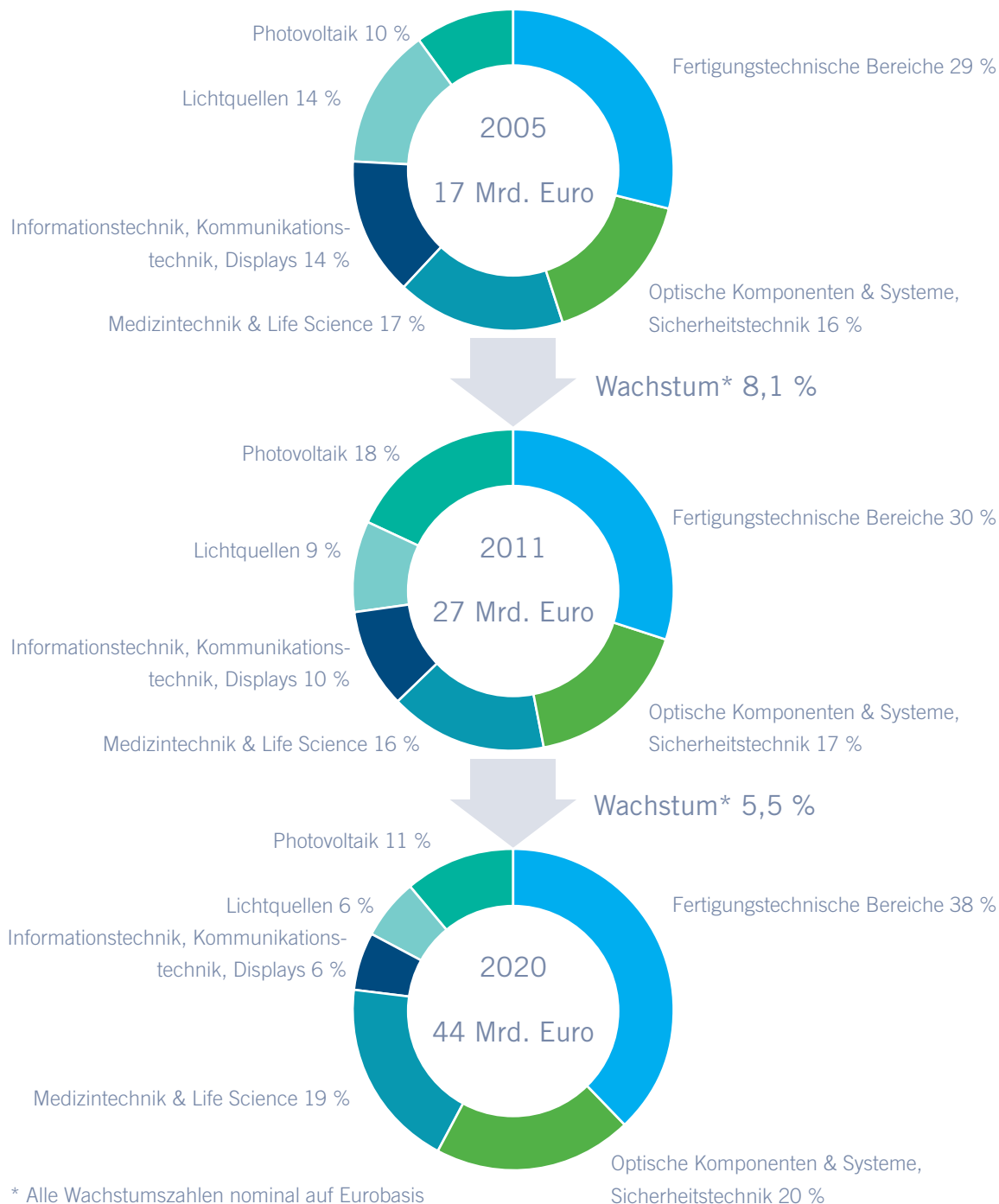
*Quelle: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“, Eigene Berechnungen*

Diese Kernsegmente der deutschen Photonik, also die beiden fertigungstechnisch orientierten Bereiche Produktionstechnik und Bildverarbeitung & Messtechnik, die Medizintechnik & Life Science sowie die Optischen Komponenten & Systeme machen heute rund 63 % des gesamten Photonikproduktionsvolumens in Deutschland aus. Es wird erwartet, dass sich dieser Trend fortsetzt und diese Bereiche bis 2020 ihren Anteil auf nahezu 80 % ausbauen werden. Stark commoditisierte Produktbereiche wie Displays, Lichtquellen oder die Modulseite der Photovoltaik werden aus deutscher Produktion erwartungsgemäß an Bedeutung verlieren.

## STÄRKEN WERDEN WEITER AUSGEBAUT

Aufgrund der starken Einbindung in den Industriestandort Deutschland mit seinen dichten und hoch vitalen industriellen Netzwerken ist auch in Zukunft eine weitere Konzentration auf die „Stärken“ – also die industrienahen Bereiche Produktionstechnik, Bildverarbeitung & Messtechnik, Optische Komponenten & Systeme sowie Medizintechnik & Life Science – zu erwarten. In diesen Bereichen, in denen es bereits in der Vergangenheit gelungen ist, den jeweiligen Weltmarktanteil sukzessive auszubauen, bieten sich gute Voraussetzungen, diesen Weg fortzusetzen. Es wird erwartet, dass die deutsche Photonik bis 2020 ihre Position in diesen Segmenten weiter ausbaut und die Weltmarktanteile der Produktionstechnik (19,9 %), der Bildverarbeitung & Messtechnik (16,8 %), der Optischen Komponenten & Systeme (10,7 %) und der Medizintechnik & Life Science (18,4 %) weit über dem durchschnittlichen Weltmarktanteil Deutschlands von rund 7–8 % liegen wird. Bei der Lichttechnik bietet der Wechsel zum Halbleiterlicht sowohl Chance als auch Herausforderung für die deutsche Beleuchtungsindustrie. Knapp 20 % des weltweiten Stromverbrauchs werden für die Beleuchtung eingesetzt. Mit den künftigen LED- und OLED-Lichtquellen in Kombination mit intelligenten Lichtmanagementsystemen könnten bis zu zwei Drittel dieser Energie eingespart werden.

### Veränderung des Beitrags der einzelnen Photoniksegmente an der Photonik Inlandsproduktion in Deutschland

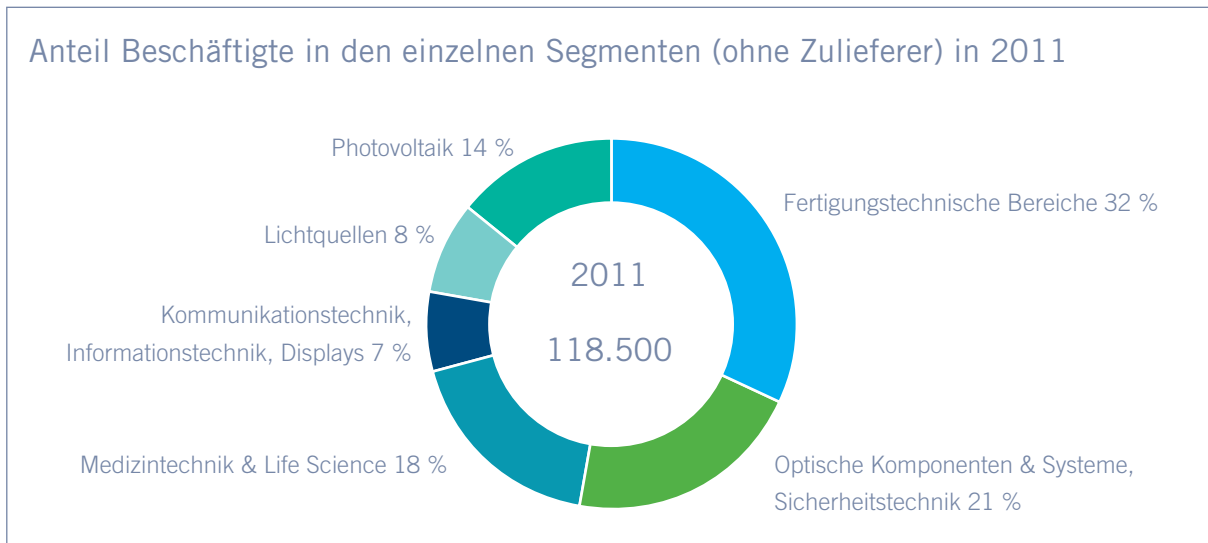


Entwicklung des Anteils der einzelnen Photoniksegmente aus der Inlandsproduktion Deutschland in den Jahren 2005, 2011 und 2020. Bei den angegebenen Wachstumsraten handelt es sich um nominale Größen.

Quelle: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“, Eigene Berechnungen

## WACHSTUM AN QUALIFIZIERTEN ARBEITSPLÄTZEN

Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den Beschäftigungszahlen wider. In den genannten vier Segmenten sind heute 81,5 % aller Mitarbeiter der Photonikindustrie beschäftigt. Insgesamt hat die Photonik trotz des durch die Finanzkrise ausgelösten scharfen Einbruchs in der Industrie im Jahre 2008 ihre Rolle als Arbeitsplatzmotor erfolgreich behauptet. In dem Zeitraum 2005 bis 2011 ist die Mitarbeiterzahl um durchschnittlich rund 5 % auf 118.500 im Jahr 2011 gewachsen. Damit hat diese Branche (ohne Zulieferer) rund 30.000 neue Arbeitsplätze geschaffen. Zusammen mit den Zulieferbereichen wird sogar ein Beschäftigungspotenzial von 134.000 erreicht. Der im Vergleich zum Volumenwachstum geringere Anstieg der Mitarbeiterzahlen dokumentiert die Fähigkeit der Branche zu fortgesetzten Produktivitätsgewinnen. Auch in Zukunft wird es gerade in den Schlüsselsegmenten ein Wachstum an hochqualifizierten Arbeitsplätzen geben. In 2020, so die Erwartung, liegt die Beschäftigtenzahl in der Branche einschließlich Zulieferern bei 165.000. Die hohe Attraktivität der Branche führt dazu, dass trotz Fachkräftemangels die entstehenden Arbeitsplätze adäquat besetzt werden können.



Quelle: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“

## WISSENSINFRASTRUKTUR UND HOHE INNOVATIONSKRAFT SICHERN DEN VORSPRUNG

Der Erfolg der deutschen Photonikindustrie ist das Ergebnis einer konsequenten Branchenentwicklung. Diese Branche ist überwiegend von hoch innovativen kleinen und mittelständischen Unternehmen geprägt. 56 % der Unternehmen beschäftigen zwischen 1 und 49 Mitarbeiter<sup>4</sup>. Der Industriezweig hat sich in den vergangenen Jahren zunehmend vernetzt und eine Wissensinfrastruktur herausgebildet, die für hohe Innovationsraten sorgt und diese Innovationsfähigkeit absichert. Ähnlich der Exportquote korreliert auch die Vernetzungsdichte einer Branche positiv mit dem Wachstum der Wertschöpfung am Standort. Eine über Jahre gewachsene enge Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft sowie mehrere regionale und fachliche Innovationscluster bilden das Netzwerk der Photonikindustrie in Deutschland. Sie för-

<sup>4</sup> Quelle: SPECTARIS-Spotlight – Daten und Fakten einer Schlüsseltechnologie – Die Deutsche Photonikindustrie 2012

dern die Kooperation zwischen Universitäten und Forschungsinstituten sowie Klein-, Mittel- und Großunternehmen und sorgen darüber hinaus für die Sichtbarkeit der Industrie in der nationalen und regionalen Politik. Über die Technologieplattform Photonics21 ist die deutsche Industrie auch in die europäischen Entwicklungen in hohem Maße eingebunden.

Bereits im Branchenranking 2009 des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) galten die Optischen Technologien als Deutschlands Zukunftsbranche Nummer eins – noch vor der Pharmaindustrie. Spitzenwerte bei den Innovationsausgaben (Platz eins unter den Branchen) und der Anzahl der Patente (Platz zwei) bilden die Grundlage für international wettbewerbsfähige Produkte der deutschen Photonikindustrie. Diese Entwicklung hat sich fortgesetzt. Der Anteil der internen Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E-Quote) am Gesamtumsatz der deutschen Unternehmen im Bereich der Photonik lag 2011 bei rund 9 % und damit weit über dem Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes von etwa 3 %<sup>5</sup>.

Der hohe Anteil an wissensbasierter Wertschöpfung der Photonik bildet sich auch in der Beschäftigtenstruktur ab. Innerhalb der Branche (Photonik ohne Zulieferer) liegt der Anteil der Beschäftigten mit Hoch- und Fachhochschulabschluss an der Gesamtzahl der Arbeitnehmer bei mehr als 20 % und damit um das Zweieinhalbfache über der Quote des Verarbeitenden Gewerbes (8 %). Besonders hoch ist die Akademikerquote mit rund 30 % in den Bereichen Produktionstechnik und Bildverarbeitung & Messtechnik. In der Bildverarbeitung sind Akademiker in erheblichem Umfang nicht nur in Forschung und Entwicklung beschäftigt, sondern auch in Produktion und Vertrieb. Abgerundet wird die Wissensinfrastruktur der Photonik in Deutschland durch mehr als 150 fachlich involvierte Lehrstühle und eine große Anzahl von Forschungsinstitutionen. Vor dem Hintergrund eines Ersatz- und Expansionsbedarfs von etwa 9.000 akademisch ausgebildeten Beschäftigten bis zum Jahr 2015 betreiben das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und die Industrieverbände SPECTARIS, VDMA und ZVEI mit der gemeinsamen Brancheninitiative „Photonik Campus Deutschland“ eine gezielte Nachwuchsansprache in der Photonik.

## PHOTONIK MIT STRATEGISCHER BEDEUTUNG FÜR DEUTSCHLAND

*„Deutsche Unternehmen sind Weltmarktführer in verschiedenen Bereichen der Optischen Technologien. Basis dieses Erfolgs sind exzellente Wissenschaftler, eine funktionierende Institutslandschaft sowie die Innovationskraft der mittelständisch geprägten und von Weltkonzernen flankierten Photonik-Branche, die durchschnittliche F&E-Aufwendungen von fast 10 %, bezogen auf den Gesamtumsatz, tätigen.*

*Die Optischen Technologien bilden infolge ihrer Hebelwirkung einen Grundbaustein in der zukünftigen Entwicklung Deutschlands und Europas. Schon jetzt wird das 21. Jahrhundert als das Jahrhundert des Lichts bezeichnet. Die Bundesregierung hat diese strategische Bedeutung der Optischen Technologien für den Standort Deutschland erkannt und sie im Rahmen der Hightech-Strategie als eine der wichtigsten Schlüsseltechnologien bei der Lösung dringender Zukunftsfragen im Klimaschutz, in Fragen der Mobilität, bei den Technologien für effiziente Produktionstechnologien, in der Informationsgesellschaft bzw. in der Gesundheitsfürsorge identifiziert. Das Photon ist schon heute wichtiger Innovationstreiber in grünen Technologien.“*

*Zitiert nach: Fraunhofer-Innovationscluster Green Photonics*

<sup>5</sup> Statistisches Bundesamt, Unternehmensergebnisse Deutschland in: Gehrke, Schasse et al. (2013)

## EXZELLENTER NÄHRBODEN FÜR WEITERE ENTWICKLUNG

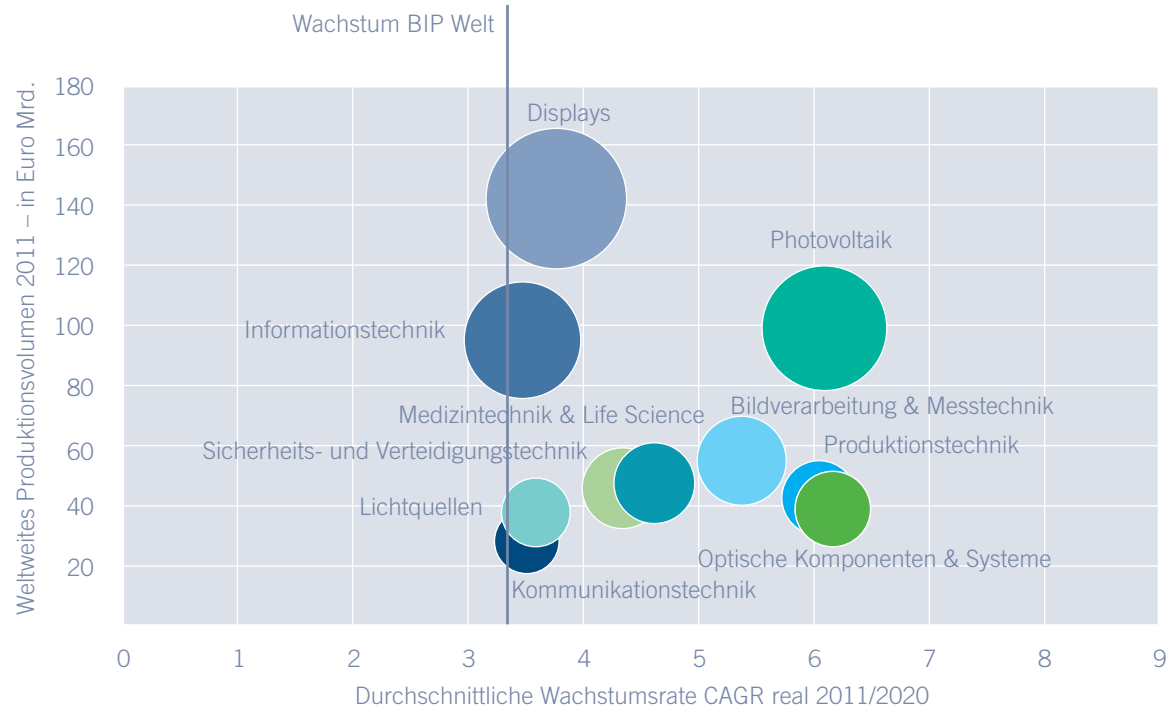
Forschung und Innovation bedingen hohe Investitionen und benötigen Förderung, um frühzeitig – weit im Vorfeld eines Marktes – neue Technologien zu erschließen und zu nutzen. Die Projektförderung der Bundesregierung und der damit verbundene Aufbau von Netzwerkstrukturen ebnen den Weg hin zu neuen Leitmärkten. Das konzertierte Vorgehen von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik in Deutschland aber auch in Europa schaffen gute Rahmenbedingungen für die „Key Enabling Technology“ Photonik auf nationaler wie auch auf europäischer Ebene.

Die deutsche Photonik-Branche stellt sich mit einer weit über der des Verarbeitendes Gewerbes liegenden F&E-Quote von durchschnittlich 9 % den Herausforderungen der Zukunft. Die Forschungs- und Innovationsanstrengungen der Branche werden durch die Bundesregierung, durch Programme in den Bundesländern sowie durch die Beteiligung deutscher Partner am Forschungsrahmenprogramm der EU im vorwettbewerblichen Bereich unterstützt. Entsprechend dem interdisziplinären Charakter dieses Industriezweigs engagieren sich neben dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) auch die Bundesministerien der Wirtschaft (BMWi) und der Umwelt (BMU) an dieser Förderung.

## WELTWEIT WEITERHIN STARKES BRANCHENWACHSTUM ERWARTET

Selbst wenn man von einem weltweiten Wachstum des BIP von 3,5 % ausgeht, ist für die Photonikindustrie von einer deutlich höheren Wachstumsrate vom Anderthalbfachen bis Zweifachen des weltweiten BIP auszugehen. So wird erwartet, dass der Weltmarkt für Produkte der Photonik langfristig mit nominal etwa 6,5 % pro Jahr wächst und bis zum Jahr 2020 ein Volumen von rund 615 Milliarden Euro bzw. 860 Milliarden US-Dollar erreicht. Neben dem Wachstum in den sich entwickelnden Ländern (BRICS) und den demografischen Aspekten trägt dazu vor allem bei, dass Photonik in vielen Bereichen zur Lösung der großen Herausforderungen der Zeit beitragen kann. Ob bei der Energieerzeugung oder der Energieeffizienz, bei Gesundheit, Umwelt- und Klimaschutz oder Nahrungsmittelqualität, bei der weiteren Urbanisierung und den damit veränderten Anforderungen an Ver- und Entsorgung und Mobilität. Aber auch in der Industrie selbst: bei der Individualisierung von Produkten (Mass Customization), neuen global integrierten Prozessketten sowie in der Fertigung zur Erfüllung stark gestiegener Ansprüche an Qualitätssicherung und -kontrolle.

### Wachstumsprognose weltweite Photoniksegmente im Vergleich zum weltweiten BIP

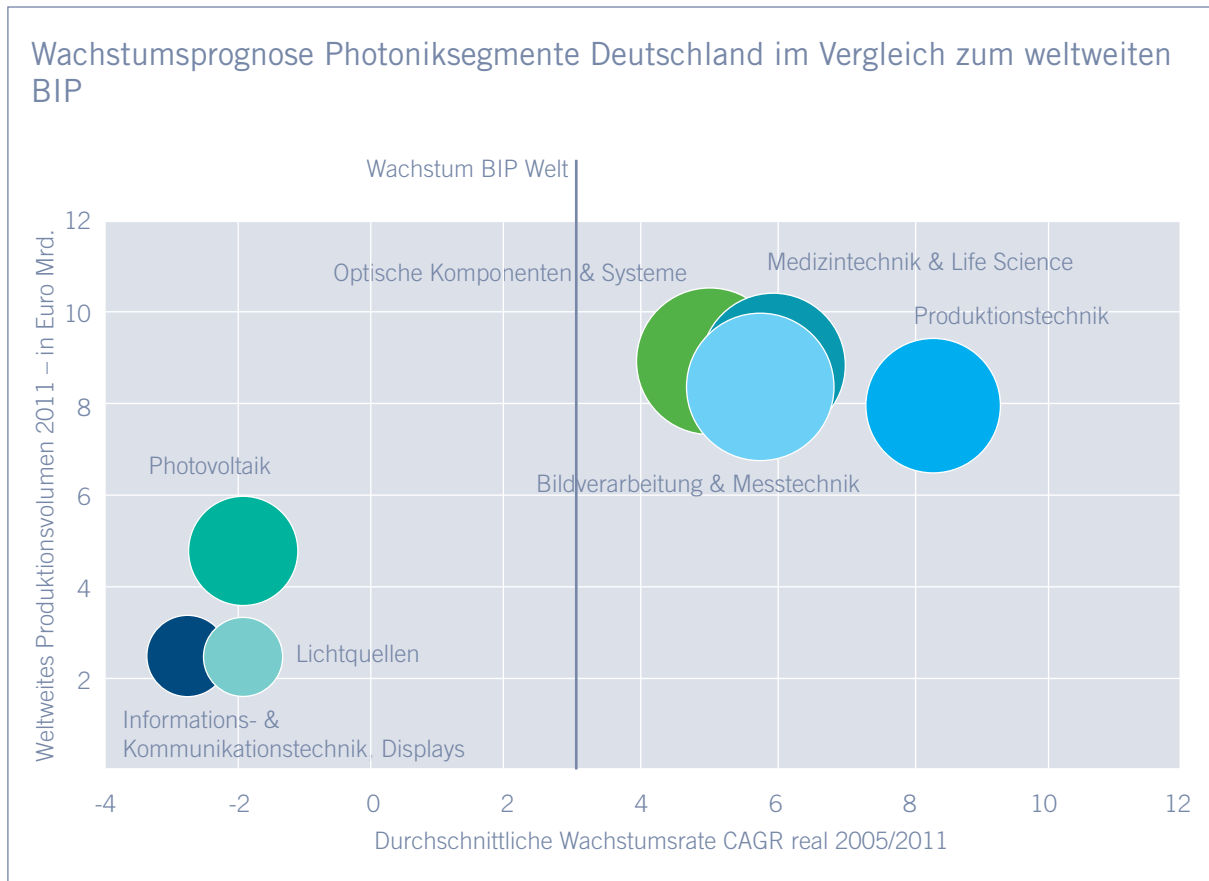


Prognostiziertes durchschnittliches Wachstum (CAGR) der einzelnen Photonik-Segmente von 2011 bis 2020 im Vergleich zum durchschnittlichen Wachstum (CAGR) des weltweiten realen BIP im gleichen Zeitraum von angenommen 3,0–3,5 %. Die Größe der Kreise indiziert das prognostizierte Produktionsvolumen der jeweiligen Photoniksegmente in 2020. Gegenüber den nominalen Wachstumsraten wurden zum Inflationsausgleich 2 % abgezogen.

Quellen: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“/GDP Wachstumsprognosen von IHS, Oktober 2012, Eurostat Februar 2013, IMF Januar 2013, OECD Dezember 2012, Deutsche Bank DB Research – Makroökonomische Prognosen März 2012/Eigene Berechnungen

### DEUTSCHE PHOTONIK MIT ÜBERDURCHSCHNITTlichen WACHSTUMSRATEN

Für Deutschland wird ein reales Wachstum der Photonikbranche von fast 5 % auf rund 44 Milliarden Euro prognostiziert, wobei die Segmente deutliche Unterschiede aufweisen. Wachstumsprognosen von 7–10 % finden sich vor allem in den produktionsnahen Bereichen wie Lasersysteme, Bildverarbeitung & Messtechnik sowie auch in Medizintechnik & Life Science. Daneben auch bei Optischen Komponenten & Systemen, die neben dem steigenden Bedarf in der Konsumelektronik auch stark von den zunehmenden Optikanwendungen in vielen Bereichen der Industrie getrieben werden.



Prognostiziertes durchschnittliches Wachstum (CAGR) der einzelnen Photonik-Segmente aus Inlandsproduktion Deutschland von 2011 bis 2020 im Vergleich zum durchschnittlichen Wachstum (CAGR) des weltweiten realen BIP im gleichen Zeitraum von angenommen 3,0–3,5 %. Die Größe der Kreise indiziert das prognostizierte Produktionsvolumen der jeweiligen Photoniksegmente in Deutschland in 2020. Gegenüber den nominalen Wachstumsraten wurde zum Inflationsausgleich 2 % abgezogen.

Quellen: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“/GDP Wachstumsprognosen von IHS, Oktober 2012, Eurostat Februar 2013, IMF Januar 2013, OECD Dezember 2012, Deutsche Bank DB Research – Makroökonomische Prognosen März 2012/Eigene Berechnungen

Auch in ausgewählten Bereichen der Kommunikationstechnik ergeben sich Chancen für deutsche Unternehmen im High-End-Bereich der Netzwerkausrüstung und -technologie. Diese werden stark von den Trends im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien und den dazugehörigen Netzwerkarchitekturen getrieben. Sie profitieren von steigenden Datenmengen, immer mehr mobilen Anwendungen, dem Ausbau von Wide Area Networks und Firmennetzwerken, dem Arbeiten in Clouds sowie dem Bedarf an optischer Kommunikation auch im Bereich der Heimnetzwerke, die weitgehend noch vom Kupferkabel dominiert sind.

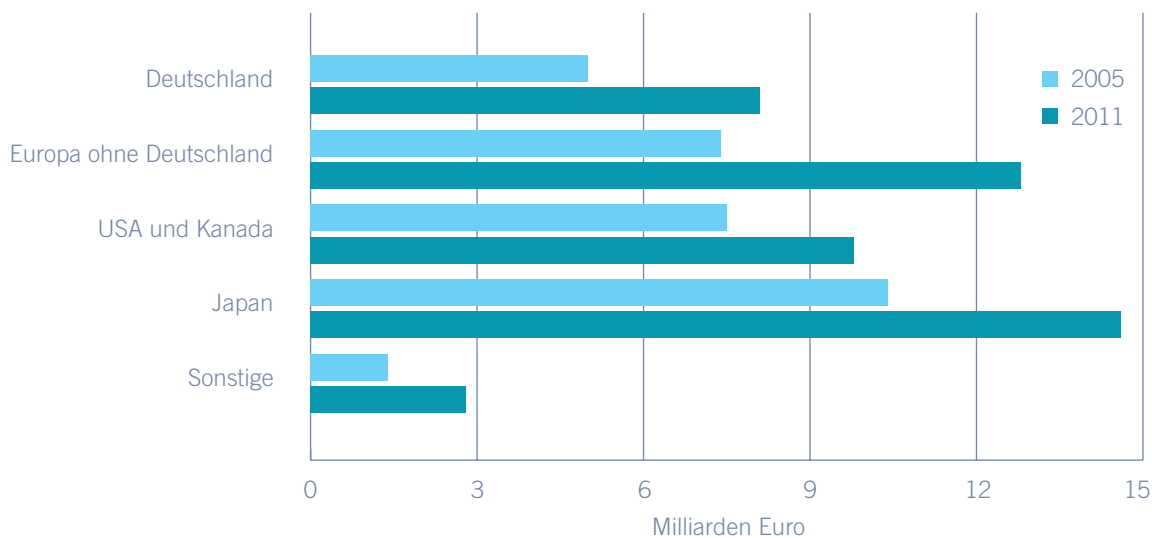
## SPEZIALISIERUNG DER STANDORTE WIRD SICH FORTSETZEN

Teil der Wachstumsstory der vergangenen Jahre war eine zunehmend regionale Schwerpunktbildung und Spezialisierung, bei der davon ausgegangen werden kann, dass sie sich fortsetzen wird. Wie in vielen Märkten, so sind auch für die

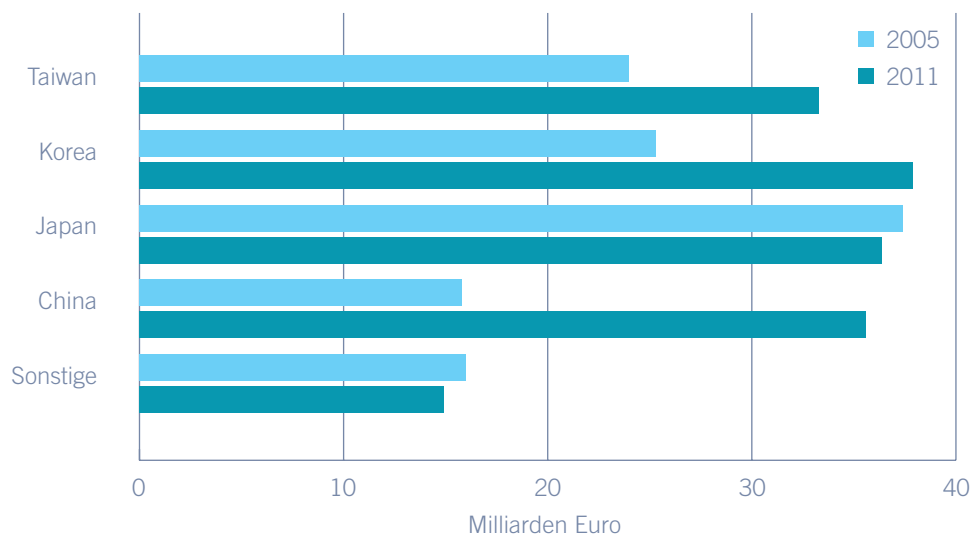
Verschiebungen im Photonikmarkt in erster Linie die aus den Standorten resultierenden komparativen Wettbewerbsvorteile die entscheidenden Treiber. Dies führte dazu, dass bei den fertigungstechnisch orientierten Technologiebereichen die europäischen Anbieter und insbesondere auch Deutschland ihren Weltmarktanteil ausbauen konnten, während sich die informationstechnisch bezogenen Produktionen zu einer absoluten Domäne Asiens entwickelten.

### Wirtschaftsgeographische Spezialisierung bei der Photonikproduktion

Fertigungstechnisch bezogene Photonik, Produktion nach Ländern, 2011 vs. 2005



Informationstechnisch bezogene Photonik, Produktion nach Ländern, 2011 vs. 2005



Vergleich des Produktionsvolumens Photonik in 2005 und 2011 betrachtet nach ihrer Spezialisierung in fertigungstechnisch orientierte und informationsbezogene Bereiche in den verschiedenen geographischen Regionen und Ländern.

Quelle: Optech Consulting, Studie „Photonik 2013“

Die Photonikproduktion – betrachtet nach Regionen und Ländern – zeigt eine Verschiebung der weltweiten Marktanteile. Fast 70 % der weltweiten Photonikproduktion fallen inzwischen auf Asien. China hat mit einem Anteil von 21 % fast zu Weltmarktführer Japan aufgeschlossen, jedoch spielen japanische Transplants hier ebenso eine große Rolle wie die Photovoltaik, die rund ein Drittel der Photonikproduktion Chinas ausmacht. Taiwan und Südkorea tragen jeweils 12 % zur Weltproduktion bei. Die Marktanteilsverschiebung ging vor allem zu Lasten von Nordamerika, das seit 2005 rund 4 % Marktanteil verloren hat, sowie zu Lasten Japans, dessen Marktanteil in 2005 noch bei rund 30 % lag. Europa konnte seinen Weltmarktanteil weitgehend halten und liegt mit rund 18 % Marktanteil vor Nordamerika mit rund 12 %. In den Kernbereichen konnte Europa – stark getrieben von Deutschland – seine führende Weltmarktstellung unterstreichen.

### AUSBLICK: MEGATRENDS PRODUZIEREN NEUES WACHSTUMSPOTENZIAL FÜR PHOTONIK

Die derzeit in unseren Gesellschaften stattfindenden Transformationsprozesse stellen auch die Schlüsseltechnologien vor neue Herausforderungen. Viele der zu beobachtenden Megatrends fordern neue technische Lösungen. Gerade die Photonik stellt dafür ein hohes Lösungspotenzial zur Verfügung und sollte daher überdurchschnittlich von diesen Entwicklungen profitieren. So wird die weiter voranschreitende Globalisierung die weltweite Arbeitsteilung weiter dynamisieren, den Wettbewerb beschleunigen und flexiblere Produktionslayouts fordern. Die Industrieautomation wird zunehmen. Der Trend zur Individualisierung steigert die Nachfrage nach kundenspezifischen Lösungen, der Trend zur Konnektivität wird auch weiterhin zu einem exponentiell ansteigenden Datentransfervolumen führen. Die Urbanisierung braucht vor allem integrierte Lösungen in der gesamten Infrastruktur der Städte – vom sauberen Wasser über intelligente Energienetze und intelligentes Gebäudemanagement bis zu schnellen Sicherheits- und Interventionssystemen. Der demografische Wandel lässt neue Produktmärkte für eine ältere Gesellschaft entstehen und der Megatrend Gesundheit steigert die Nachfrage nach patientenschonenden Verfahren in der Diagnostik und Therapie. Die Photonik mit ihrem hohen Potenzial zur Kreation von neuen Lösungen im Zusammenspiel mit anderen technischen Disziplinen ist ein wesentlicher Baustein für die Bewältigung der anstehenden Transformationsprozesse.

### „GREEN PHOTONICS“ MIT HOHEM WACHSTUMSPOTENZIAL

Dies gilt insbesondere auch für die ökologischen Herausforderungen unserer Zeit. Eine ständig wachsende Weltbevölkerung, die rasanten Entwicklungen in den Schwellen- und Entwicklungsländern und das im Weltmaßstab weiterhin steigende Wohlstandsniveau setzen die Ökosysteme dieser Erde unter erheblichen Druck. Die relevanten Indizes steigen steil an bei Energiebedarf, Umweltverschmutzung und Klimawandel, dem Bedarf an natürlichen Ressourcen und Lebensmitteln. Die Effizienz im Umgang mit den endlichen Ressourcen muss dramatisch erhöht werden. Die Photonik wird dabei eine immer wichtigere Rolle spielen.

Eine Untersuchung im Auftrag der Europäischen Kommission kommt zum Ergebnis, dass die europäische Photonik insbesondere in den fünf Technologiebereichen Photovoltaik, energieeffiziente Beleuchtung und Displays, energieeffiziente Kommunikation, fortschrittliche Sensortechnologie und Messinstrumente sowie bei „Clean“ Manufacturing – z. B. durch Einsatz von Lasersystemen – in besonderer Weise für die anstehenden Herausforderungen gerüstet ist und über eine starke Wettbewerbsposition verfügt.

In der Energieerzeugung und der Energieeffizienz reicht der Lösungsbeitrag der Photonik von der Solarthermie und der Photovoltaik bis zur Effizienzsteigerung für die Biogasproduktion durch genaue Steuerung und Regelung. Energieeffiziente und intelligente LED- und OLED-Beleuchtungssysteme verringern drastisch den Energieverbrauch. Energieeffiziente Netzwerkkomponenten für ultraschnelle Breitbandnetzwerke erhöhen Übertragungsraten und senken den Energieverbrauch in den weltumspannenden Kommunikationsnetzwerken. Leistungsfähige Kameras und Sensoren sorgen für ein schnelles Erkennen von Umweltgefahren. Laserwerkzeuge für die sogenannte „waste-free production“ senken den Ressourcenverbrauch und erhöhen die Produktionseffizienz. Auch im Lebensmittel- und Gesundheitsbereich ermöglicht die Photonik neue Lösungen für einen „hot, flat and crowded planet“.

### Wettbewerbsposition der europäischen Photoniktechnologien

| Einschätzung der Wettbewerbsposition der europäischen Photonik | Rolle für Photonik | Wettbewerbsposition in Europa |              |             |                |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------|-------------|----------------|
|                                                                |                    | F&E-Position                  | Herstellung  |             |                |
|                                                                |                    |                               | Materialien  | Komponenten | Systeme        |
| Photovoltaik                                                   | Essentiell         | Stark                         | Stark        | Stark       | Schwach/Medium |
| Energieeffiziente Beleuchtung                                  | Essentiell         | Stark                         | Stark        | Schwach     | Schwach/Medium |
| Energieeffiziente Kommunikation                                | Essentiell         | Medium/Stark                  | Stark        | Stark       | Medium         |
| Fortschrittliche Sensortechnologie und Messinstrumente         | Hohe Relevanz      | Stark                         | Medium/Stark |             |                |
| „Clean“ Manufacturing durch Einsatz von Lasersystemen          | Essentiell         | Stark                         | Stark        | Stark       | Stark          |

*Einschätzung der derzeitigen Wettbewerbsposition der europäischen Photoniktechnologien mit Blick auf die Stärke im Bereich Forschung und Entwicklung sowie bei der Produktion und Markteinführung.*

*Quelle: Photonic Technologies for a Low Carbon Economy, Studie im Auftrag der EU Kommission SMART 2010/0066, Hrsg. von Photonics21, März 2013, Seite 55/Eigene Übersetzung*

## DER NÄCHSTE ENTWICKLUNGSSPRUNG HEISST INTELLIGENTE SYSTEMLÖSUNGEN

Die nächste Entwicklungsstufe der Photonik ist durch die zunehmende Verschmelzung mit der Halbleitertechnik gekennzeichnet. Sie führt nicht nur zu einer Weiterentwicklung der Photonischen Produkte selbst, sondern vor allem zu einer intelligenten Vernetzung und Systemintegration der Einzelkomponenten zu einem problemlösenden Ganzen. Aktuelle Forschungs- und Innovationsschwerpunkte wie „Industrie 4.0“, „photonische Prozessketten“, „Biophotonik“ und „Nanophotonik“ stehen dafür, dass die nächste Generation von Lösungsansätzen nur branchen- und technologieübergreifend erreicht werden kann. Gleichzeitig gilt, dass ein Ganzes nur so gut sein kann wie das Schwächste seiner Glieder – was wiederum den Entwicklungsdruck auf die Einzelkomponenten weiter erhöht, um neue Systemlösungen zu ermöglichen. Die Aufgabe für Forschung und Innovation hat also beide Aspekte – die Optimierung von Komponenten genauso wie die Optimierung von photonischen wie auch über die Photonik hinausgehenden Systemen und Prozessen.

# PHOTONIK IN DER PRODUKTION

Aufgrund seiner Beschaffenheit eröffnet das Werkzeug Licht im gesamten Produktionsbereich Möglichkeiten, die bisher undenkbar schienen. Seine Fokussierbarkeit, Geschwindigkeit, ungestörte Überlagerungsfähigkeit, berührungslose Wirkungsweise und sein großer Wellenlängenbereich geben ihm ein ganzes Spektrum an physikalischen und chemischen Eigenschaften, die es zum idealen Werkzeug für viele Anwendungen in der Fertigung machen. Die Einsatzgebiete des Lichts in der Produktion reichen von extrem sensiblen und genauen Bilderkennungs- und Messverfahren für die optische Prozessüberwachung über das Bearbeiten komplexester Materialien durch Lasersysteme bis hin zu modernen Lithografieverfahren, die die optische Mikrostrukturierung von Prozess- und Speicherchips erst möglich machen.

Immer flexiblere und dennoch kostengünstige und schnellere Produktionsverfahren, zunehmende Automatisierung und Integration von Produktionsschritten, hohe Anforderungen an Qualitätskontrolle und „Null-Fehler-Produktion“, Miniaturisierung und gesteigerte Integrationsdichte sowie neue Anforderungen an neue Materialien und Materialkombinationen für innovative Lösungen und neue Produkte sind die herausfordernden Markttreiber, denen sich die Photonik in der Produktion stellen muss.

Das Werkzeug Laser nimmt in der heutigen Produktionswelt eine Schlüsselposition ein. Die hohe Flexibilität und die berührungslose, verschleißfreie Wirkungsweise sowie der für die jeweilige Fertigungsanforderung anpassbare Energieauftrag (Energiedeposition) eröffnen insbesondere für automatisierte Produktionsprozesse neue Möglichkeiten. Dies hat in der Vergangenheit zu einer Vielzahl industrieller Anwendungen mit Verfahren wie Schweißen, Schneiden, Bohren, Beschriften und Strukturieren geführt. Und die Entwicklungen sind noch lange nicht ausgereizt. Nur etwa 10–20 % der Anwendungen, so schätzen Experten, sind bislang erschlossen – ein großes Potenzial liegt noch in der Zukunft.

Eine weitere Säule photonischer Verfahren in der Produktion ist die Lithografie. Ohne sie und ihre Fortschritte ist die Miniaturisierung bei der Halbleiterproduktion nicht vorstellbar. Immer dichter gepackte und integrierte Chips und die damit einhergehende Mikrostrukturierung sind gefordert, und das zu immer günstigeren Preisen. Erst optische Verfahren konnten dazu beitragen, dass das „Moore’sche“ Gesetz in der Branche Realität wurde, gemäß dem sich die Anzahl der Bauelemente auf einem Chip etwa alle 18 Monate verdoppelt.

Die Lithographiesysteme haben mit diesen gestiegenen Anforderungen an Mikrostrukturierung Schritt gehalten – ja, sie eigentlich erst ermöglicht. Die erreichbare Strukturgröße auf den Chips ist dabei direkt an die optischen Verfahren gekoppelt. Heute sind bereits Lithografiergeräte auf Basis extremer Ultraviolett-Strahlung (EUV) mit Wellenlängen von 13,5 nm im Einsatz. Der nächste Schritt wäre der Sprung zu den Röntgenstrahlen mit noch kürzeren Wellenlängen.

Viele Innovationen in Kommunikation, Mobilität und Industrie basieren also auf der durch optische Verfahren ermöglichten Leistungsfähigkeit dieser Chips. Die damit verbundene Hebelwirkung ist erheblich. Letztlich sind es die photonischen Technologien, die das dynamische Vordringen von Prozessoren in alle Bereiche unseres Lebens ermöglichen und vorantreiben: Die fortschreitende Kompaktheit der Chips hat einen degressiven Kostenverlauf in der Produktion zur Folge, die die Marktdurchdringung der Prozessortechnologie fördert. Ihre permanente Leistungssteigerung sorgt dafür, dass sie in immer mehr Bereichen eingesetzt wird und damit weitere Skaleneffekte und neues Wachstum ermöglicht. Das weltweite Marktvolumen allein für die Lithografie-Optik in den Fertigungssystemen beläuft sich auf rund eine Milliarde Euro. Die

Marktposition der deutschen und europäischen Industrie ist in diesem Technologiefeld führend. Derzeit kommen zwei Drittel aller Lithographiesysteme aus Europa. Im Bereich der Immersionslithografie beträgt der Marktanteil sogar nahezu 100 %<sup>1</sup>.

In der Fertigungstechnik hat die Lasertechnologie inzwischen bereits viele klassische Bearbeitungsverfahren wie Trennen, Fügen, Randschichtveredelung oder Schweißen übernommen. Insbesondere im Maschinen- und Fahrzeugbau hat die Laserbearbeitung traditionelle Techniken ersetzt und dabei neue Möglichkeiten geschaffen.

### LASERMASCHINEN FÜR ANSPRUCHSVOLLE AUFGABEN IN DER 3D-METALLBEARBEITUNG

Mit dem amerikanischen Industriepreis Vision Award ausgezeichnet wurde eine Laserschneidmaschine der Jenoptik. Diese Maschine für die 3D-Metallbearbeitung kombiniert einen festmontierten Laser mit robotergestützten Bewegungsabläufen. Kernstück der Anlage ist ein Laserroboter mit integrierter Strahlführung. Das Laserlicht wird während des Schneidvorgangs über Spiegel geführt. Besondere Vorteile für das 3D-Metallschneiden sind die Bahngenauigkeit in Verbindung mit der hohen Geschwindigkeit, vor allem in Kurvenfahrt, sowie die Flexibilität des Roboters bei der Laserführung. Der schmale und nur fünf Kilogramm leichte Laserschneidkopf unterstützt die Zugänglichkeit selbst zu den engsten Stellen. Diese Merkmale ermöglichen eine Reduzierung der Kollisionswahrscheinlichkeit während des Schneidens. Mit einer Wiederholgenauigkeit von  $\pm 100 \mu\text{m}$  gehören diese Lasermaschinen zu den präzisesten auf dem Markt. Einsatz finden sie insbesondere in der Automobilbranche, zum Beispiel für komplexe 3D-Karosserie- und Konstruktionsteile oder hydrogeformte Rohre für Auspuffanlagen und Car-Body-Komponenten.

*Quelle: Jenoptik, Sparte Laser & Materialbearbeitung, Jena, Deutschland, 2013*

Durch seine Bearbeitungsvorteile können heute in vielen Einsatzgebieten neue Werkstoffkombinationen, wie etwa leichte Aluminium-Hybrid- oder andere GFK/CFK-Verbundbauteile, schwere Stahlkomponenten ersetzen. Werkstoffe aus Kunststoffen können geschweißt und damit Kleber- und Lösemittel Einsatz vermieden werden. Die Möglichkeiten zur Oberflächenveredelung sorgen für höhere Lebensdauer und für Einsparpotenzial bei den eingesetzten Materialien. Dünnschichtbeschichtungen sind aus der Herstellung elektronischer Komponenten nicht mehr wegzudenken und neue Anwendungsgebiete werden erschlossen: Der in der Halbleiterfertigung vorherrschende Trend zur Miniaturisierung findet in anderen Bereichen seine Fortsetzung und verlangt nach Fertigungstechnologien, die in der Lage sind, auch kleinste Teile verformungsfrei zu bearbeiten. Mit klassischer mechanischer Bearbeitung ist dies kaum noch möglich. Insbesondere Ultrakurzpulslaser, die nahezu keine Wärme in das zu bearbeitende Material abgeben, bieten eine sehr vielversprechende Technologie für hochpräzises, athermisches Bearbeiten neuer Materialien wie Verbundwerkstoffe, deren Verformanfälligkeit bei der Bearbeitung einen Einsatz bisher verhindert hat. Industriell produktionstaugliche Verfahren zur Bearbeitung von Verbundwerkstoffen mit Ultrakurzpulslasern bedürfen derzeit weiterer Optimierung – sie versprechen jedoch ein enormes Potenzial für die Zukunft.

Bei Lasern und Lasersystemen für die Materialbearbeitung besitzt Deutschland mit rund 20 % eine führende Position auf dem Weltmarkt. Bei den Laserstrahlquellen liegt der Anteil deutscher Hersteller am Weltmarkt mit rund 35 % sogar noch höher. Der Exportanteil bei den gesamten deutschen Werkzeugmaschinen lag 2012 bei rund 73 % und der der

<sup>1</sup> Agenda Photonik, Der Programmausschuss für das BMBF-Förderprogramm Optische Technologien, November 2010

Lasersysteme dürfte eher noch darüber liegen. In 2012 haben deutsche Hersteller von Lasersystemen für die Materialbearbeitung an dem um 9 % angestiegenen Weltmarktvolumen voll partizipiert. Größter Handelspartner für deutsche Werkzeugmaschinen waren in 2012 vor allem China mit 2,4 Milliarden Euro gefolgt von den USA mit 952 Millionen Euro, wo insbesondere die amerikanische Automobilindustrie die Modernisierung ihrer Produktionsanlagen nachholte und deutsche Werkzeugmaschinen – und auch Lasersysteme – nachfragte.



Quelle: VDMA – Arbeitsgemeinschaft Laser und Lasersysteme für die Materialbearbeitung, Frankfurt 2013

Deutsche Lasermaschinen trugen 2011 mit etwas über einer Milliarde Euro zum deutschen Werkzeugmaschinenbau von 12,9 Milliarden Euro bei. Addiert man die Laserquellen mit 655 Millionen Euro hinzu, beträgt der Anteil der Lasertechnologie am deutschen Werkzeugmaschinenmarkt 13 %. Ein ähnlicher Trend ist auch auf dem Weltmarkt zu beobachten.

Neben den Anwenderindustrien, die die Entwicklung der photonischen Technologien treiben, sind es die Produktionstechnologien selbst, die eine immer stärkere Verbreitung der Photonik in der Fertigungsindustrie fördern. Die unter dem Konzeptbegriff „Industrie 4.0“ angestrebte Integration aller Produktionstechnologien mit der IT zu intelligenten Produktionsprozessen – cyberphysische Systeme, die über Internetprotokolle miteinander kommunizieren – entfacht eine erheb-

liche Dynamik. Im Konzept der Industrie 4.0 fließen gleich drei Entwicklungen moderner Produktionstechnik zusammen: die Individualisierbarkeit der Produktion bis hin zu Losgrößen eins, die Null-Fehler-Produktion und die Integration von Produktentwicklung und Produktion.

Letzteres bindet insbesondere in der Zulieferindustrie den Kunden aktiv in die Entwicklung seiner Bauteile ein. Der Lieferant wird so zum Serviceanbieter, der die Designwünsche des Kunden realisiert. Was vor zehn Jahren unter dem Stichwort „Rapid Prototyping“ begann, wird heute durch die photonischen Technologien Realität. Individualisierte Produkte wie etwa Zahnprothesen oder Formteile für Hörgeräte werden bereits regelmäßig und selbstverständlich mittels additiver Fertigungsverfahren hergestellt. Durch die Kombination verschiedener Werkstoffe zu einem Werkstoff-Hybrid oder die gezielte Modifikation des Werkstoffs ermöglichen laserbasierte Fügeverfahren und Strukturierungstechniken eine optimale Anpassung der Bauteileigenschaften an die Nutzungsanforderungen.

### OPTISCHE OBERFLÄCHENINSPEKTION

Mit modernsten Innenprüfsensoren ist die wirtschaftliche und zuverlässige Prüfung etwa von Zylinderinnenlaufbahnen von Verbrennungsmotoren möglich. Bei hoher Auflösung und kurzen Messzeiten werden kleinste Fehlstellen bei exakt festgelegten Qualitätsgrenzen erkannt. Durch höchste Präzision bei Fehlererkennung neuer Oberflächenbeschichtungen kann eine höhere Motorleistung bei gleichzeitiger CO<sub>2</sub>-Reduzierung und Kraftstoffeinsparung erzielt werden.

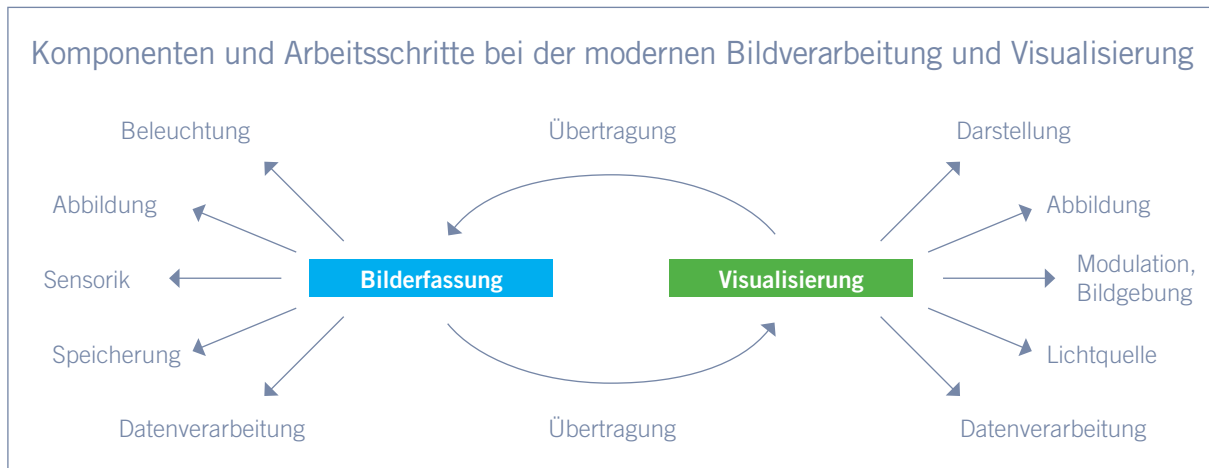
Eine 360°-Rundumblickoptik, die in die Bohrung hineinbewegt wird, erzeugt ein Bild der Bohrungsinnenfläche. Umfangslinien in der Bohrung werden in die Bildebene des Prüfsensors in Kreislinien abgebildet. Dieses Bild wird von einem CMOS-Bildaufnehmer kontinuierlich gescannt. Durch gleichzeitiges Vorwärtsbewegen des Prüfsensors und ringförmiges Scannen entsteht ein unverzerrtes vollständiges Bild der Innenfläche, das die Abwicklung darstellt. Durch die hohe Scanrate des Ringsensors kann der Prüfsensor sehr schnell bewegt werden, womit kurze Prüfzykluszeiten erreicht werden.

*Quelle: Jenoptik, Sparte Industrielle Messtechnik, Villingen-Schwenningen, Deutschland, 2013*

Die neuen additiven Fertigungsverfahren wirken gedanklich wie ein Katalysator für Alternativszenarien. In solchen Szenarien werden Prozessketten postuliert, die es erlauben, aus Rohmaterialien oder aus einheitlichen Vorprodukten in standardisierten Fabriken hoch variantenreich nach Bedarf zu produzieren, gesteuert durch vernetzte Daten. Es geht um die digitale Produktion getreu dem Motto „From Bits to Items to Products“. Entwicklungs- und Produktionsstufen werden zu einem durchgängig optimierbaren Prozess. Zunehmend erfolgt in der modernen Produktionstechnik die intelligente Verkettung photonbasierter Fertigungsprozesse mit vorgelagerten Planungsprozessen inklusive Design und Konstruktion und nachgelagerten Logistikprozessen zur flexiblen Fertigung individualisierter oder komplexer Produkte. Für Industrieunternehmen insbesondere aus Leitbranchen wie dem Automobil-, Flugzeug- oder Maschinenbau ist diese Verbindung von virtueller Planung, Prototyping und realer Fertigung ein wesentlicher Produktivitätshebel.

Entwicklungen wie Individualisierung und Miniaturisierung stellen insbesondere die Serienproduktion vor große Herausforderungen, denn ein hoher Variantenreichtum der Endprodukte und immer kürzere Produktlebenszyklen insbesondere bei den Massengütern brauchen zu ihrer Realisierung eine kostengünstige Produktion. Dies ist nur über stark automatisierte und extrem schnelle Fertigungsverfahren erreichbar. Dazu erforderlich ist die genaueste Positionierung und Führung der Teile. Die Photonik liefert die notwendigen Werkzeuge, um Positionen, Winkel, Geschwindigkeiten oder

Abstände von Werkstücken oder Fertigungsgruppen genauestens zu messen und gemeinsam mit einer präzise arbeitenden Aktronik eine gleichermaßen exakte, flexible und schnelle Bearbeitung sicherzustellen. Dabei kann die optische Sensorik mehr als nur geometrische Daten erfassen. Sie erlaubt es, in allen Prozessschritten der Fertigung eine nahezu hundertprozentige Qualitätskontrolle durchzuführen.



Quelle: Der Programmausschuss für das BMBF-Förderprogramm Optische Technologien (Hrsg.), Agenda Photonik 2020, Düsseldorf, November 2010

Zunehmend kommt es dabei zu einer Integration der verschiedenen Teilschritte intelligenter Bildverarbeitung & Messtechnik – zu sogenannten „embedded systems“ – mit intelligenten Kameras, integrierten Rechnern zur Datenverarbeitung und Speicherung.

Maßgeblicher Innovationstreiber in der Bildverarbeitung ist deshalb nicht zuletzt die Industriesoftware – ein Bereich, in dem die deutsche Softwareindustrie im Gegensatz zum Konsumentenbereich führend ist. Die Durchsetzung von Branchenstandards dürfte künftig ebenfalls weiter voranschreiten.

Eine gute Position haben sich die deutschen Hersteller auch bei der digitalenameratechnik aufgebaut. Sie profitieren von ihrem hervorragenden Applikationswissen aufgrund der starken Automobil- und Maschinenbauindustrie in Deutschland. Im Gegensatz dazu ist die USA, wo die digitaleameratechnik ihren Ausgangspunkt nahm, inzwischen zurückgefallen.

Insgesamt hat Deutschland in der gesamten Systemkette des Segments Bildverarbeitung & Messtechnik eine sehr gute Position. Die Exportorientierung der Unternehmen nimmt stetig zu. Lag die Exportquote deutscher Unternehmen 1995 noch bei 20 %, hat sie sich bis 2011 auf 54 % fast verdreifacht. Der Abstand zur Exportquote des gesamten Maschinen- und Anlagenbaus in Höhe von 75 %<sup>2</sup> zeigt das Wachstumspotenzial, das dieses Segment noch vor sich hat. Der deutsche Umsatz-Anteil am Weltmarkt liegt Schätzungen des VDMA zufolge heute bei rund 12,5 %. Zwischen 50 und 60 % der Exporte liefert die Industrie in den europäischen Markt.

<sup>2</sup> Quelle: VDMA 2013, FDI markets , GTAI Research (März 2013)

Zwar geht der Großteil der Bildverarbeitung & Messtechnik in industrielle Anwendungen, allerdings wachsen auch die Einsatzgebiete jenseits der Industrie. So macht der private und militärische Sicherheitsbereich, über den naturgemäß keine exakten Zahlen verfügbar sind, geschätzte 15–18 % der nichtindustriellen Anwendungen aus. Aber auch im Sport- und Freizeitbereich wachsen die Anwendungsgebiete. Die Entscheidung des Weltfußballverbandes FIFA zum erstmaligen Einsatz eines Torwächtersystems während des Confederations Cups 2013 in Brasilien unterstreicht die vielfältigen Wachstumschancen dieses Segments der Photonik. Das von einem deutschen Unternehmen entwickelte System basiert auf 14 Hochgeschwindigkeitskameras. Die unter dem Stadiondach montierten Kameras liefern die Daten, aus denen der Computer die genaue Position des Balles errechnet. Das System arbeitet mit einer Genauigkeit von fünf Millimetern. Ein weiteres Wembley-Tor sollte damit in Zukunft ausgeschlossen sein.

# INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE

Als in 2008 ein internationales Unterseekabel im Mittelmeer durchtrennt wurde, brach der Internetverkehr nach Indien, Ägypten und in ihre Nachbarländer beinahe zusammen. An der Börse in Ägypten konnten kaum ausländische Orders platziert werden und in Indien konnten die von internationalen Konzernen dorthin outgesourceten Servicegesellschaften ihre Dienstleistungen nicht mehr in die globalisierten Wertschöpfungsketten einspielen. Das Ereignis machte auf einen Schlag klar, wie abhängig das Weltwirtschaftssystem von einem funktionierenden Datentransfer ist.

Seither sind Datenvolumen und Vernetzungsgrad um ein Vielfaches gestiegen. Studien gehen davon aus, dass sich der Internetverkehr bis 2016 jedes Jahr um durchschnittlich 31 % erhöhen wird<sup>1</sup>. Der globale IP-basierte Datenverkehr soll 2016 mit einem Volumen von 1,3 Zettabyte pro Jahr (das sind 1,3 Billionen Gigabyte) beziehungsweise 110 Exabyte pro Monat (das sind 110 Milliarden Gigabyte) den Vergleichswert aus dem Jahr 2011 um fast das Vierfache übersteigen.

Nur mit Licht ist die Übertragung dieser Datenmengen zu bewältigen. Schon heute gibt es kein Telefongespräch, kein Internet ohne Licht. Derzeit wird die Erde mit Glasfasern mit einer Geschwindigkeit von tausend Metern pro Sekunde vernetzt. Sein Vorteil ist die nahezu unbegrenzte Bandbreite. Für die einzelnen Datenkanäle nutzt es das Farbspektrum des Lichts, mit einer Kanalbreite von weniger als einem halben Nanometer. Photonische Kommunikationsnetze sind das Rückgrat der globalen Wirtschaft. Der Anschluss an ein Glasfasernetz ist ein Wettbewerbsfaktor.

Die Bedeutung von photonischen Netzwerken wird auch jenseits der großen Übertragungswege weiter zunehmen und die Entwicklung neuer Dienstleistungen treiben. Das Entstehen des Cloud-Computing wäre ohne die von der Photonik bereitgestellten Bandbreiten gar nicht möglich gewesen. Umgekehrt fördert diese Entwicklung die zu speichernden und zu verarbeitenden Datenmengen in Servern und die Kommunikation zwischen den Servern. Dies stellt neue Anforderungen an Flexibilität, Skalierbarkeit und Energieeffizienz der Netzwerke und ihrer Komponenten. So wächst der Einfluss der photonischen Technologien auch innerhalb der Datacenter bei kleinen und kleinsten Übertragungsstrecken weiter an. Ihre Lösungen sind optische Interconnects, Chip-zu-Chip-Verbindungen und On-Chip-Photonik.

Neben ihrem nicht mehr wegzudenkenden Einfluss in der modernen Telekommunikationstechnologie ermöglichen die photonischen Technologien durch ihre besonderen Eigenschaften in der Übertragungstechnik auch die modernen Entwicklungen in der Industrie. Konzepte wie die Industrie 4.0 verlangen nach einem starken Ausbau der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation über das Internetprotokoll. Maschinen und Anlagen bis hin zu kleinsten Sensoren müssen integriert werden. Die Zahl der vernetzten Geräte steigt damit in heute kaum vorstellbare Größenordnungen. Die angestrebten Fertigungsgeschwindigkeiten verlangen nach einem extrem schnellen Datentransfer. Auch die Transformation heute noch „dummer“ Stromleitungen in eine intelligente Netzinfrastruktur und ihre Fortsetzung in jeden einzelnen Haushalt, wie sie durch Smart Grid und Smart Metering verfolgt werden, erhöhen die Datenmengen in Unternehmensnetzwerken und brauchen eine schnelle Verarbeitung. Schließlich fordert die hohe Durchdringung des Marktes mit mobilen Endgeräten sowie die zunehmende Dezentralität von Arbeitsorten der Mitarbeiter auch die Umrüstung der letzten Meile von Kupfer- auf Glasfaserverbindungen.

<sup>1</sup> Cisco Visual Networking Index (VNI) Forecast 2016

## Photonische Netze: Strategische Innovations- und Forschungsfelder für die Wettbewerbsfähigkeit der Zukunft

|                                                        |                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Photonik für den „Information Highway“                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Energieeffiziente, skalierbare &amp; sichere Netze</li> <li>■ Programmierbare Hochgeschwindigkeitsnetze</li> <li>■ Software-definierte/kognitive Optik</li> </ul> |
| Photonik im Datacenter – Konnektivität für die „Cloud“ | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Terabyte/Sekunde aktive optische Kabel</li> <li>■ Optische Chip-zu-Chip Interconnects</li> <li>■ On-Chip-Photonik</li> </ul>                                      |
| Photonik überall – Basis für neue Anwendungen          | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Optische Heim- und Bordnetze</li> <li>■ Netze für Spezialanwendungen</li> <li>■ Maschine-zu-Maschine-Kommunikation</li> </ul>                                     |

Quelle: Der Programmausschuss für das BMBF Förderprogramm *Optische Technologien* (Hrsg.), *Agenda Photonik 2020*, Düsseldorf, November 2010

Die deutsche photonische Industrie hat sich in ausgewählten Bereichen der optischen Netztechnik mit ihren Modulen und Komponenten eine führende Position erarbeitet. Dies gilt insbesondere im Bereich der optischen Systeme für hochwertige Transponder für Kern- und Metronetze, bei Transceiver-Modulen und bei Receivern. Diese Position soll ausgebaut werden. Mit einem weltweiten Volumen von rund 20 Milliarden US-Dollar ist der optische Netzwerkmarkt hoch attraktiv<sup>2</sup>. Deutschland ist heute der drittgrößte Exporteur von Telekommunikationstechnologie<sup>3</sup>. Mit einem Netzwerk von mehr als 50 Unternehmen und 20 Universitäten und Forschungsinstituten nimmt Deutschland bei Forschung und Entwicklung eine führende Stellung ein. Auch die Bundesregierung ist sich der zentralen Bedeutung dieses Industriezweigs bewusst und unterstützt die Entwicklung neuer Fiber-to-the-home-Lösungen im Rahmen der Forschungsförderung.

<sup>2</sup> ADVA AG Optical Networking, Dr. Jörg Peter Elbers, Martinsried, Deutschland, 2013

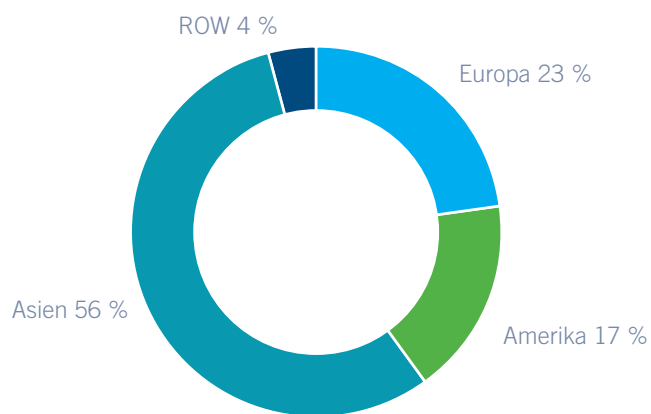
<sup>3</sup> OECD Communications Outlook 2009

# LICHT

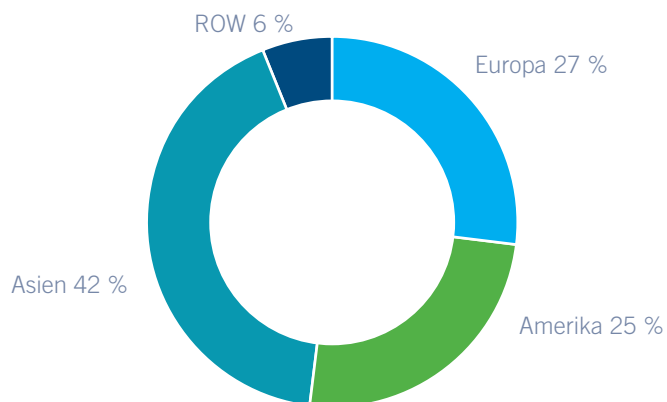
Lichtquellen und Beleuchtung sind ein traditioneller Kernbereich der Photonik. Licht bestimmt unseren Alltag – zu Hause, am Arbeitsplatz und unterwegs. Neben dem natürlichen Licht, das Leben erst möglich macht, ist der Einsatz von künstlichem Licht für uns heute selbstverständlich. Künstliche Beleuchtung hat viele Ausprägungen. Sie ermöglicht die selbstbestimmte Zeit, setzt Objekte in Szene, vermittelt Sicherheit, nimmt Einfluss auf Stimmungen und kann gesundheitsfördernd wirken. Kurz: Licht ist zum zentralen Medium für unsere arbeitsteilige Industriegesellschaft geworden.

## Licht: Vergleich Weltmarktanteile Markt und Produktion in 2010 – Gesamtmarkt 82 Milliarden Euro

2010 Weltmarktanteil Produktion in %



2010 Weltmarktanteil Markt in %



Quelle: ZVEI (Hrsg.), Nationale Statistische Ämter, Abt. Wirtschaftspolitik, Konjunktur und Märkte, Stand: 06.07.2012

Wirtschaftlich gesehen ist Licht ein Milliardenmarkt. Weltweit lag das Produktionsvolumen – in der Abgrenzung des ZVEI (dies beinhaltet u. a. elektrische Glüh- und Entladungslampen, LEDs, OLEDs, tragbare elektrische Leuchten, Wohnraum-, Büro-, Industrieleuchten sowie Außenleuchten für Haus, Straße, Verkehrssignale und Sportanlagen) – im Jahre 2010 bei rund 82 Milliarden Euro. Im Jahre 2010 kam davon rund 56 % der Produktion aus Asien, wobei China inzwischen mit insgesamt 34 % am weltweiten Produktionsvolumen den Löwenanteil stellt. Das durchschnittliche Wachstum betrug dort in den Jahren 2005 bis 2010 jeweils 16,6 % pro Jahr. Der europäische Anteil an der weltweiten Produktion lag 2010 bei 23 % und der Amerikas bei 17 %. Während die USA im genannten Zeitraum jährlich durchschnittlich 3,5 % verloren, konnte Europa mit durchschnittlich +1,9 % weiterhin kleine Wachstumsraten verzeichnen. Deutschland stellt mit einem Anteil an der Welt-Produktion von 5,1 % knapp ein Viertel der gesamten europäischen Produktion<sup>1</sup>.

Das größte Segment im Markt „Licht“ stellt nach Berechnungen der Unternehmensberatung McKinsey die sogenannte allgemeine Beleuchtung dar. Dazu zählen die Bereiche Wohn- und Arbeitsplatzbeleuchtung, die Beleuchtung von Architektur, von Geschäften und öffentlichen Bereichen. Sie macht knapp 75 % des gesamten Lichtmarktes aus und wird in der Zukunft mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 7 % (2010–2016) der am stärksten wachsende Markt sein. Der Einsatz im Automobil steht für knapp 20 % des Marktes und zeigt mit 5 % ebenso gute Wachstumsprognosen. Die Hintergrundbeleuchtung, die vor allem in technischen Geräten wie Handys oder Displays eingesetzt wird, bestreitet die restlichen 6 % des Marktes, jedoch mit abnehmender Tendenz. Insgesamt geht McKinsey davon aus, dass der Lichtmarkt bis 2016 um durchschnittlich 6 % p.a. wachsen wird und auch danach noch Wachstumsraten von durchschnittlich 3 % p.a. bereithält<sup>2</sup>.

Lange Zeit waren die Innovationsraten im Lichtmarkt relativ klein. Die bereits im 19. Jahrhundert erfundene Glühlampe ist noch heute im Einsatz und trotz ihrer Ineffizienz noch immer beliebt bei Verbrauchern. Die Verfügbarkeit neuer Lichttechnologien mit erheblich verbesserten Eigenschaften sowie ein politisches Signal der EU Kommission 2009 zum schrittweisen Ausstieg aus der Glühlampen-Technologie haben den Markt jedoch grundlegend geändert. Weltweit stehen rund 8 Milliarden Glühlampen zum Austausch gegen neue, energiesparende Lichtquellen an. Und nicht nur der Ersatz von klassischen Lichtquellen macht den Markt der Zukunft aus – innovative Lichtquellen revolutionieren die Lichttechnik.

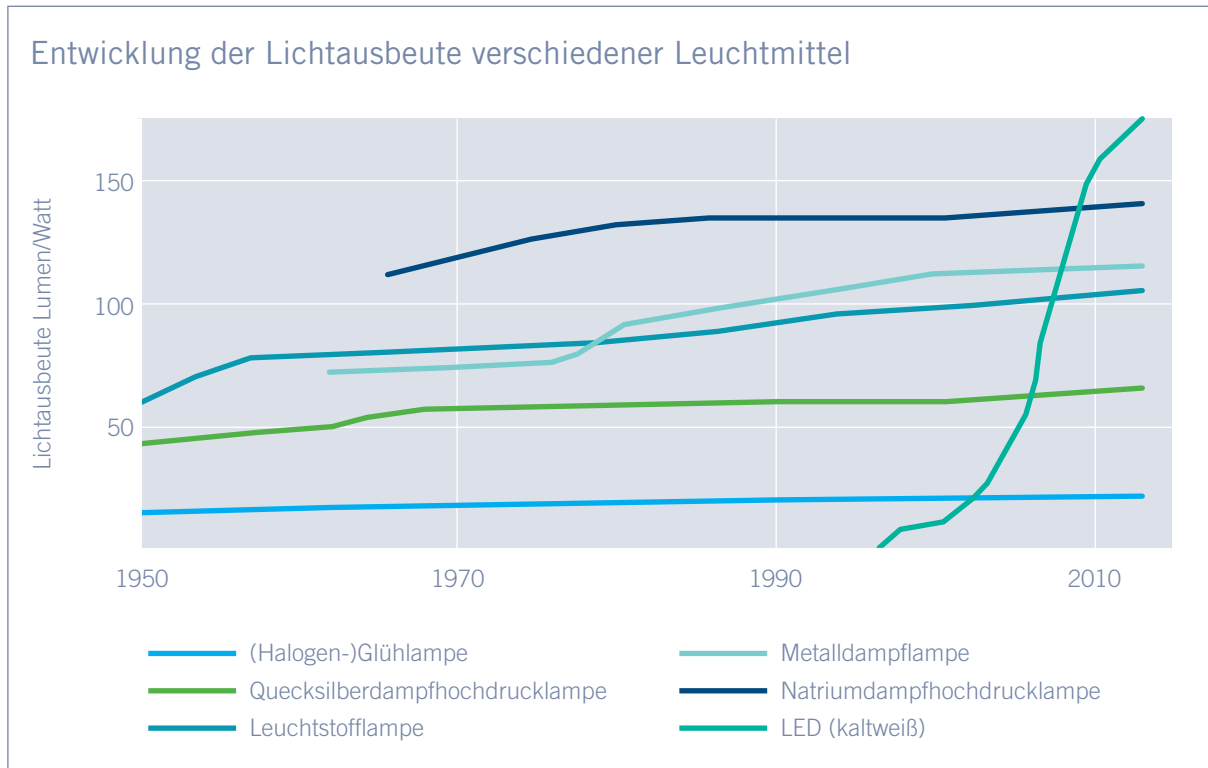
Der Markt hat so in den letzten Jahren erheblich an Fahrt aufgenommen. Neue Technologien wurden entwickelt und neue Geschäftsmodelle entstanden. Das Halbleiterlicht wird dabei immer mehr zum Ersatz der klassischen Glüh- und Entladungslampen. Die LED (light-emitting diode) ist dabei, den Lichtmarkt grundlegend zu verändern – und zu erweitern. Und auch die organischen Leuchtdioden (OLED) werden in naher Zukunft auf dem Lichtmarkt erscheinen und versprechen in Zukunft neues Wachstum.

Es sind im Wesentlichen drei Kräfte, die den Lichtmarkt treiben und umgestalten: Zum einen verlangen Entwicklungen wie Klimawandel und Ressourcenknappheit mit den damit verbundenen Kostensteigerungen einen effizienteren Umgang mit Energie. Rund 19 % des weltweiten Stromverbrauchs geht in die Beleuchtung. Das entspricht etwa 2.651 Terawattstunden im Jahr, von denen rund 70 % durch solch ineffiziente Lichtquellen wie die Glühlampe verbraucht werden, die nur zwischen drei und fünf Prozent der elektrischen Energie in Licht umwandeln. Die restliche Energie geht als Wärme verloren. Eine Verschwendung, die nicht länger hingenommen werden soll und die Europäische Kommission 2008 dazu bewog, eine Ad-hoc-Beratungsgruppe einzurichten, die das Energiesparpotenzial moderner Halbleiter-Lichtsysteme untersuchte. Rund 30 %, des Energieverbrauchs, so das Ergebnis der Gruppe, könnte alleine durch den Einsatz

<sup>1</sup> Quelle: ZVEI

<sup>2</sup> McKinsey & Company Inc., Lighting the way: Perspectives on the global lighting market, 2011

moderner Lichtquellen eingespart werden. Ein Potenzial von weiteren 30 % an Einsparungen ergibt sich bis 2030 durch die Kombination neuer LED-Lösungen mit intelligenten Lichtmanagementsystemen. Dies entspricht einer Einsparung von 1.300 Terawattstunden und einer CO<sub>2</sub>-Reduktion von 650 Millionen Tonnen – korrespondierend zu einer Einsparung von 2 Millionen Barrel Öl pro Jahr<sup>3</sup>.



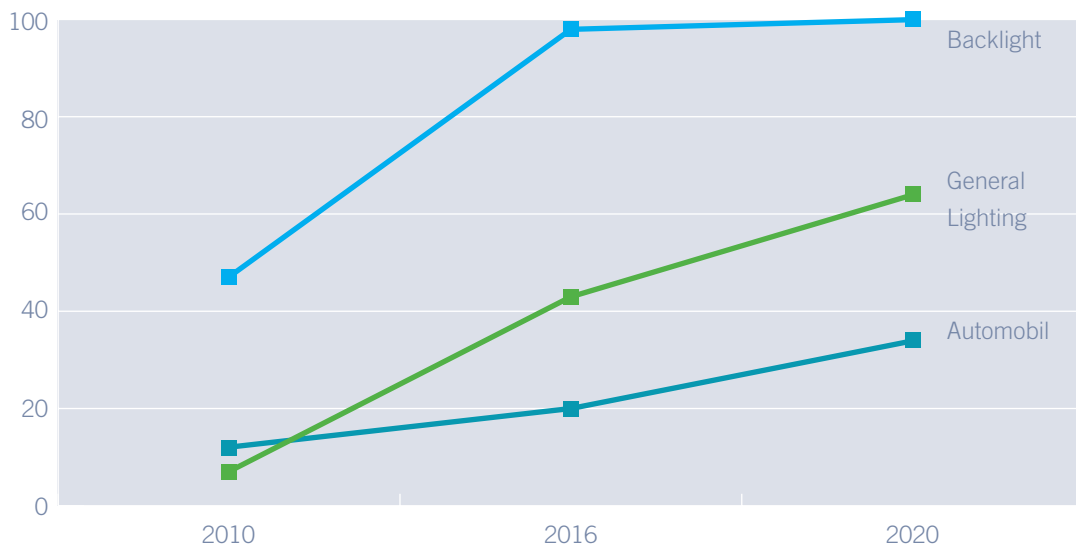
Quelle: TU Darmstadt, „Entwicklung der Lichtausbeute verschiedener Leuchtmittel“

Modernes Halbleiterlicht wie weiße Standard-LEDs haben gegenüber der klassischen Glühlampe bereits heute eine weit höhere Umwandlungsrate von Elektrizität in Licht und eine Lichtausbeute von 120–140 Lumen pro Watt. Sie haben damit andere Leuchtmittel längst überholt. Und die Entwicklung geht weiter. Massive Investitionen der Unternehmen lassen die Produktionskosten der McKinsey Studie zufolge jährlich um 30 % sinken. Zusammen mit regulatorischen Vorgaben und fortschreitenden Leistungsverbesserungen ist dies eine wichtige Voraussetzung dafür, dass sich diese Technologie auch im Massenmarkt der allgemeinen Beleuchtung mehr und mehr durchsetzt. Verschiedenen Studien zufolge ist davon auszugehen, dass bis 2020 die LED-Technologie einen Marktanteil von mehr als 70 % am allgemeinen Beleuchtungsmarkt besitzen wird. Und auch im Automobilbereich eröffnen sich noch Wachstumschancen.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Quelle: SPIE (Hrsg.), Green Photonics – the role of photonics in sustainable product design, Berit Wessler, OSRAM GmbH, München, 2011

<sup>4</sup> ebd.

### Marktanteil von LED-Anwendungen in den verschiedenen Anwendungen Rapides Wachstum in den nächsten 10 Jahren



Quelle: McKinsey, „Lighting the way: Perspectives of the Global Lighting Market“ (für Anwendungsbereiche Backlighting, Generelle Beleuchtung, Automobilanwendungen), Seite 21

Neben der Energieeinsparung treiben die wachsende Weltbevölkerung und die fortschreitende Urbanisierung den Lichtmarkt.

Die Licht-Infrastruktur europäischer Städte stammt überwiegend noch aus einer Zeit, in der der Energieverbrauch kein Anschaffungskriterium war. Die Beleuchtung des öffentlichen Raums und der öffentlichen Gebäude verbraucht rund 50 % der gesamten elektrischen Energie<sup>5</sup>. Rund 90 Millionen traditionelle Straßenlampen sind im Einsatz und stellen das Potenzial dar für den Austausch mit neuen Lichtsystemen. Viele Städte haben bereits Pilotprojekte zur Erneuerung ihrer kommunalen Beleuchtungsinfrastruktur gestartet, um Erfahrungen mit den neuen Technologien zu sammeln.

Für Deutschland mit seinen rund neun Millionen Straßenleuchten beträgt das Einsparpotenzial bei flächenhaftem Umstieg auf moderne Beleuchtungssysteme geschätzte 2,2 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr. Dies entspricht jährlichen Einsparungen für die kommunalen Haushalte von ca. 400 Millionen Euro bei den Energiekosten und zusätzlichen 100 Millionen Euro bei der Wartung durch den Einsatz langlebiger Leuchtquellen<sup>6</sup> – die Verbesserungen bei der Sicherheit und der Beleuchtungsqualität noch gar nicht eingerechnet.

Der mit hohem Energieverbrauch verbundene steigende Kostendruck wird auch in den anderen Segmenten die Nachfrage nach neuen Lichtkonzepten deutlich erhöhen. Dem Green Paper der Europäischen Kommission zufolge müssen in Europa heute noch die Bürogebäude bis zu 50 % ihrer elektrischen Energie für die Beleuchtung einsetzen, in Kran-

<sup>5</sup> European Commission: Green Paper: Lighting the Future – Accelerating the deployment of innovative lighting technologies, Brussels, 15.12.2011, COM (2011) 889 final

<sup>6</sup> Quelle: [www.licht.de](http://www.licht.de)

kenhäusern sind es zwischen 20 und 30 % und in den Fertigungsbetrieben rund 15 %. Die Photonik stellt mit ihren modernen Lichtsystemen Lösungen für dieses Problem zur Verfügung und der Kostendruck wird dafür sorgen, dass sie genutzt werden.

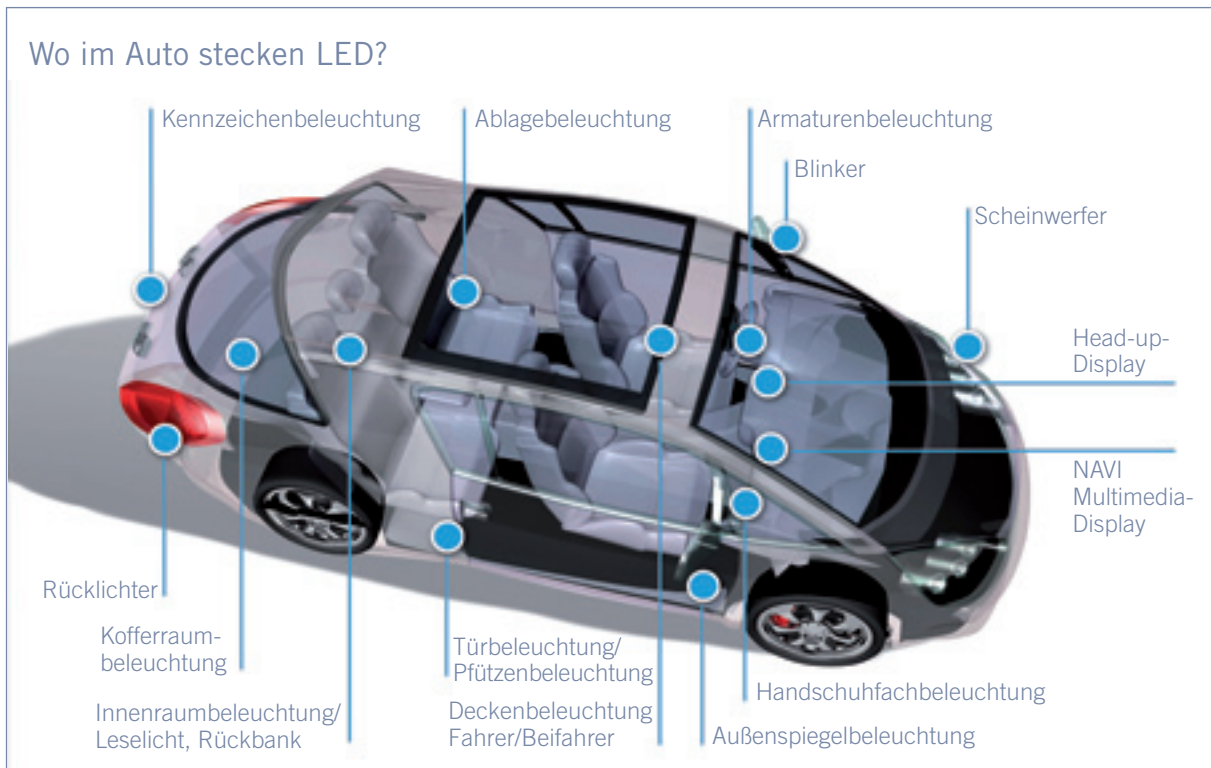
## MEHR SICHERHEIT IM AUTO

Nur 20 % aller Fahrzeuge sind nachts unterwegs. Dennoch ereignen sich rund ein Drittel aller Verkehrsunfälle zu dieser Zeit – so eine Untersuchung des DVR (Deutscher Verkehrssicherheitsrat). Die Ursachen sind oftmals unzureichende Sichtverhältnisse oder übermüdete Fahrer. Die Themen „Besser sehen und gesehen werden“ und „Aktive Unterstützung für den Fahrzeuglenker“ stehen daher im Fokus der Automobilentwickler. Die Zukunft der Fahrzeugsicherheit beruht auf kompakten Leuchtdioden. Die großen Vorteile gegenüber herkömmlichen Lichtlösungen sind nicht nur ihr Beitrag zu einem verringerten CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Kraftstoffverbrauch, ihre Robustheit und ihre Lebensdauer, die mit etwa 50.000 Stunden ein normales „Autoleben“ übersteigt – sondern vor allem ihr Beitrag zu mehr Sicherheit durch hervorragende Lichtqualität: LEDs erzeugen ein tageslichtähnliches Weißlicht, welches die Kontrastwahrnehmung erhöht. Passanten, Tiere oder schlecht beleuchtete Fahrzeuge lassen sich mit weißem LED-Licht früher und besser erkennen. Die dem Sonnenlicht ähnelnde Farbtemperatur ermüdet die Augen des Fahrers zudem nicht so schnell. Dadurch können nachts zahlreiche Unfälle vermieden werden.

*Quelle: Presseerklärung von Osram AG, Regensburg, Deutschland, November 2012*

Die Halbleiterlichtquellen LED und OLED (organic light-emitting diode) leiten derzeit eine Revolution der modernen Lichttechnik ein. Wie keine andere Lichtquelle zuvor kombinieren sie die technischen Erfordernisse unserer Zeit: große Farbvielfalt, Stabilität, lange Lebensdauer, Steuerbarkeit und neue Designmöglichkeiten bei hoher Energieeffizienz. Sie eröffnen den Anwenderindustrien eine Fülle von neuen Möglichkeiten für Beleuchtungssysteme und -konzepte.

In welcher Dynamik und wie umfassend die Ablösung traditioneller Lichttechnik durch die modernen Halbleiterlichtquellen vonstattengeht, zeigt exemplarisch der Automobilmarkt. War bis vor wenigen Jahren die Innenraumbeleuchtung selbst gehobener Modelle noch auf einige wenige traditionelle Lichtquellen beschränkt, verhilft heute die LED-Technologie der Automobilindustrie zur Umsetzung von dynamischen Raum-Licht-Konzepten. Der Innenraum wird nicht beleuchtet, sondern in seinen Konturen inszeniert, die Lichtstärke über Sensoren reguliert und die Lichtstimmung der Farbgebung angepasst. Doch auch in den Funktionslichtern hat die LED mittlerweile die klassischen Leuchtkörper mehr und mehr abgelöst. Nach Fahrtrichtungsanzeigern und Bremslicht beginnen sie inzwischen sämtliche Scheinwerferfunktionen zu übernehmen: Abblend- und Fernlicht, Autobahnlicht, Kurvenlicht und Allwetterlicht.



Quelle: OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS, Regensburg 2012

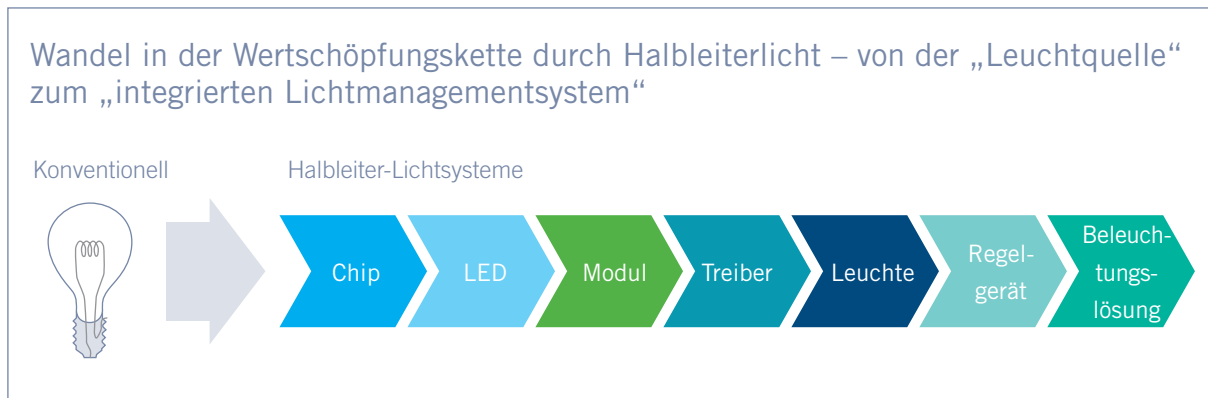
Neben den Substitutionsprozessen schafft die Einführung der LED-Technologie also neue Anwendungen und erhöht damit die Wertschöpfung. Ergänzend zum sichtbaren LED-Licht helfen im Automobil infrarote LEDs (IRED) in intelligenten Assistenzsystemen die Sicherheit zu erhöhen. Da ihr Licht vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen wird, können über infrarote LEDs nachts Straßen bis zu 200 Meter ausgeleuchtet und mit einer Kamera auf Gefahrensituationen hin überprüft werden. Die Warnung erscheint im Head-up-Display des Fahrers. Auch die Lidschlagfrequenz des Fahrers kann mit Hilfe von IRED gemessen werden: Ein Warnsignal ertönt, wenn ein Sekundenschlaf droht.

Ursprünglich kam das Wachstum der LEDs auch in der Automobilanwendung aus ihrem Einsatz in kleinen Displays. Dieses Wachstum wurde durch LCDs sukzessive ausgebaut. Zunehmend hat sich diese Technologie Spezialmärkte wie das Automobil oder auch den Architekturbereich erobert. Während der LED-Einsatz im TV-Markt unter den Erwartungen geblieben ist, erwarten Experten in der nächsten Welle den Durchbruch im allgemeinen Beleuchtungsmarkt. Dazu ist die Fortsetzung der Leistungssteigerung und der Kostendegression erforderlich<sup>7</sup>. Barrieren bestehen heute noch in der mangelnden Standardisierung dieser noch jungen Technologie, in der – je nach Provenienz der LED – unterschiedlichen Qualität sowie in der nicht ausreichenden Möglichkeit, die Güte der Farbwiedergabe zu messen. Die europäische Lichtindustrie arbeitet an der Schaffung von Standards.

Für den deutschen Beleuchtungsmarkt bietet der Wechsel zum Halbleiterlicht sowohl Chancen als auch Herausforderungen. So steigt auf der einen Seite die Wettbewerbsintensität. Halbleiter- und Elektronikhersteller treten in den Markt ein und üben Druck auf die Hersteller traditioneller Lichtquellen und Beleuchtungssysteme aus. Umgekehrt liegen die

<sup>7</sup> Yole: Status of the LED Industry

Chancen im technologischen Vorsprung, in der Qualitätssteigerung und in der Fähigkeit, die Wertschöpfungskette durch neuartige Lichtsysteme und den Verkauf der „Ware Beleuchtung“ inklusive Ausrüstung, Wartung und Vertrieb – dem sogenannten „light contracting“ – deutlich auszuweiten.



Um die Chancen zu nutzen, die der Paradigmenwechsel hin zu komplexen Lichtsystemen bietet, gilt es, die Effizienz des Gesamtsystems von LED-Lösungen – also LED, Optik, Elektronik, Kühlung und Gehäuse – weiter zu steigern. Dies ist ein Thema in der Peripherie der eigentlichen Photonik und erfordert technologie- und branchenübergreifende Lösungen.

Weiter geht auch die Entwicklung der Lichtausbeute und Helligkeit der LED. Ziele bis 2020 sind kaltweiße LEDs mit einer Effizienz von 240 Lumen pro Watt und warmweiße LEDs mit 230 Lumen pro Watt, wobei auch Multichip-Gehäuse einbezogen werden. Durch die Erhöhung der internen Quanten- und Auskoppel-effizienz kann die Effizienz blauer LEDs auf mindestens 90 % gesteigert werden.

Die Notwendigkeit zur Kostensenkung in der LED-Chip-Fertigung setzt sich fort. Um den Faktor zehn, so das Ziel, soll sie bis 2020 reduziert werden. Dies stellt eine Herausforderungen dar für die Materialforschung bei Halbleitern, Gehäusen und Optik sowie für die Prozess- und Anlagentechnik in puncto Automatisierungsgrad und Flächenskalierung in der Fertigung. Die Fortschritte in der Fertigungstechnologie, die nicht zuletzt durch photonische Technologien ermöglicht werden, machen dieses Ziel erreichbar.

Die Beleuchtung von morgen wird also nicht durch einzelne Lampen bestimmt. Zu entwickeln sind intelligente Lichtmanagementsysteme, die eine hohe Funktionalität bieten und die Energieeffizienz optimieren. Dies macht die Integration von Sensoren und entsprechenden Ansteuermöglichkeiten in die Lichtquelle selbst oder in die Leuchte erforderlich. Umgekehrt gilt: Gerade die LED-Technologie ermöglicht diese und andere Integrationen auf kleinstem Raum und eröffnet damit Chancen für die im Konstruktions- und Applikationswissen starke deutsche Industrie.



# MEDIZINTECHNIK & LIFE SCIENCE

Von nichts lassen sich Menschen mehr bewegen als von der Sorge um die eigene Gesundheit. Dies lässt weltweit die Nachfrage nach Gesundheitsdienstleistungen dynamisch steigen. Treiber dieser Entwicklung sind zum einen der zunehmende Wohlstand in den Schwellen- und Entwicklungsländern, der die Ansprüche an eine moderne medizinische Versorgung sowohl quantitativ als auch qualitativ wachsen lässt. Zum anderen treibt der demografische Wandel in den Industrieländern die Nachfrage nach hochwertigen Gesundheitsleistungen. Und nicht zuletzt führt der Fortschritt in der Medizin und der Medizintechnik selbst zu einem steigenden Anspruchsniveau der Menschen. Minimalinvasive Verfahren statt großer Operationen, schnelle und komplexe Diagnostik statt langwieriger Konsultationsverfahren und patientenschonende Untersuchungen statt schmerzhafter Eingriffe sind die Versprechungen einer modernen Medizin. Nicht zuletzt gilt es, im Life-Science-Bereich den Paradigmenwechsel von der Behandlung der Symptome hin zur Prävention zu bewältigen. Einer Studie von Roland Berger im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums zufolge<sup>1</sup> wächst der globale Gesundheitsmarkt auf diese Weise jährlich um rund 6 %. Es wird erwartet, dass durch die Alterung, den technischen Fortschritt und vor allem durch die Zunahme der Kaufkraft die Gesundheitsmärkte in den meisten Ländern schneller als das BIP wachsen. Sollten sich diese Trends unverändert fortsetzen, geht die Studie davon aus, dass der weltweite Gesundheitsmarkt bis zum Jahr 2030 von heute 5,7 auf rund 20 Billionen US-Dollar wächst.

## Vorteile von Bildsensoren für medizinische Anwendungen

| Vorteile für Arzt und Klinik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Vorteile für Patienten und Gesundheitssystem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Verbesserte Visualisierung</b><br/>3D-Ansichten,<br/>bessere Bildqualität</li> <li>■ <b>Verkürzte Operationsdauer</b><br/>Verringerte Unsicherheiten,<br/>Real-time-Operationen</li> <li>■ <b>Verbesserte Operationsergebnisse</b><br/>Minimalinvasive OP,<br/>Reduktion von Post-OP-Komplikationen</li> <li>■ <b>Verbesserte Operationsergonomie</b><br/>Verbessert Körperhaltung bei OP,<br/>reduziert Anstrengung für Arzt</li> <li>■ <b>Tele-Operationen</b><br/>Eröffnet Möglichkeiten der<br/>Ferndiagnose und Fernbehandlung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Minimalinvasiver Eingriff</b><br/>Verringerung von Schmerzen<br/>vor, während und nach der OP</li> <li>■ <b>Geringe Post-OP-Komplikationen</b><br/>Kaum Post-OP-Infektionen<br/>durch kleinere Eingriffe</li> <li>■ <b>Verbesserte Heilung, geringere Kosten</b><br/>Verkürzte Krankenhausaufenthalte,<br/>kleinere und lokale Eingriffe</li> <li>■ <b>Verbesserte kosmetische Resultate</b><br/>Kleine Einschnitte,<br/>kurze OP-Dauer</li> <li>■ <b>Zugang zu schwierigen Körperregionen</b><br/>Steuerung mittels Bildgebung,<br/>erweiterte Behandlungsmöglichkeiten</li> </ul> |

Quelle: IOF – Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (Hrsg.), „Lösungsbeiträge der Optischen Technologien zu den globalen Herausforderungen“, Aufsatz im Auftrag des Deutschen Industrieverbandes für optische, medizinische und mechatronische Anwendungen e.V. (SPECTARIS), Jena

<sup>1</sup> Dr. Joachim Kartte, Dr. Karsten Neumann: Weltweite Gesundheitswirtschaft – Chancen für Deutschland; Roland Berger Strategy Consultants GmbH 2011

Photonik ist Teil des medizinischen Fortschritts. In vielen Fällen machen optische Technologien diese Fortschritte in Prävention, Diagnostik und Therapie erst möglich.

Ein Beispiel ist der zunehmende Trend zur personalisierten Medizin: Der Biophotonik wird auf dem Weg dorthin ein hoher Stellenwert eingeräumt. Grundlage dafür sind neue Verfahren für die Beobachtung und Manipulation lebender Zellen und deren Strukturen bis auf die molekulare Ebene. In-vivo-Verfahren sind der nächste Schritt. Ihre wirtschaftliche Bedeutung liegt nach Schätzungen des Programmausschusses „Optische Technologien“<sup>2</sup> in einer potenziellen Reduktion der Gesundheitskosten um etwa 20 %, was sich alleine in Deutschland auf rund 250 Milliarden Euro summiert.

Ein gutes Beispiel dafür, wie innovative photonische Verfahren die Medizintechnik und das Gesundheitswesen auf ein neues Niveau heben, bieten die Bildsensoren. Ihr Einsatz schafft eine ganze Reihe von Vorteilen für Arzt und Patient – sowohl in der Qualität medizinischer Behandlung als auch in der Wirtschaftlichkeit des Gesundheitswesens (siehe nebenstehende Tabelle).

### LASERTECHNOLOGIE ALS „WEGBEREITER“ BEI LAB-ON-CHIP-SYSTEMEN

Die durch die Photonik ermöglichte Miniaturisierung hat auch in den Life Sciences Einzug gehalten und setzt neue Maßstäbe. Zu den hochaktuellen Themen in Bereichen wie der Biotechnologie oder Chemie zählen komplexe Mikroanalysesysteme wie Lab-on-Chip-Konzepte, die zeigen, wie sich miniaturisierte Funktionselemente auf kleinstem Raum realisieren lassen. Die Grundlagen für solche Mikrolaboratorien bieten innovative Entwicklungen in der Mikrofluidik, deren Nutzung es ermöglicht, ein makroskopisches Labor auf einem scheckkartengroßen Chip abzubilden und winzige Probenmengen (Pico- oder Milliliter) mithilfe von Kapillarkräften zwischen verschiedenen Reaktions- und Analysekamern automatisch zu transportieren und zu analysieren. Mittels Lasertechnologie lassen sich diese Mikro- und Nanostrukturen in unterschiedlichsten Werkstoffen ultrapräzise, reproduzierbar und ohne thermische Beeinflussung umsetzen. So bringt beispielsweise ein gezielter  $\mu\text{m}$ -genauer Oberflächenabtrag mittels Femtosekundenlaser die Mikrokanäle, die als Transportwege fungieren, in das Material ein. Aufgrund der vielschichtigen Eigenschaften des Lasers reicht sein Einsatzgebiet bei den Westentaschenlaboren vom Mikrobohren über die Integration photonischer Komponenten wie Mikrolinsen bis hin zum Verschweißen transparenter Kunststofflayer bei polymeren Lab-on-Chip-Systemen.

*Autor: Rofin-Sinar Technologies Inc, Hamburg, Deutschland, 2013*

Der Einfluss der Photonik ist gerade in solchen Bereichen am größten, wo sie dazu beiträgt, Daten und Informationen zu erzeugen und verfügbar zu halten, zu visualisieren und immer neu zu kombinieren und möglichst in Echtzeit in Netzwerken zu distribuieren. Das reicht von der Datenübertragung in Echtzeit mit ultraschnellen Lichtwellenleitern bis zur Telemedizin, vom Fiebermessen mit Infrarot bis zur hochauflösenden Darstellung von Melanomen über Farbverläufe.

<sup>2</sup> zitiert nach: Der Programmausschuss für das BMBF-Förderprogramm Optische Technologien, „Agenda Photonik 2020“, Düsseldorf, November 2010

Der hohe Kostendruck, unter dem das Gesundheitssystem vor allem in den alternden Gesellschaften steht, verlangt mehr und mehr nach System- und Prozesslösungen in Prävention, Diagnose und Therapie. Über solche Lösungen kann die Ressourceneffizienz gegenüber der Kombination von Einzelprodukten deutlich erhöht werden. So können beispielsweise die von der photonischen Industrie zur Verfügung gestellten neuartigen Lab-on-Chip-Konzepte als komplexe Mikroanalysesysteme zunehmend Einzelanalyseverfahren ablösen, die nicht zuletzt durch moderne Lasertechnologien erst möglich werden. Solche Konzepte zeigen, wie sich durch photonische Technologien auf einer Wertschöpfungsstufe Funktionselemente auf kleinstem Raum integrieren lassen. Ähnliches gilt für die Entwicklung von Point-of-Care-Geräten zum unmittelbaren Nachweis von Krankheitserregern. Das Marktpotenzial ist riesig. Der Markt für Point-of-Care-Geräte betrug bereits im Jahre 2008 12,6 Milliarden US-Dollar.

Die Photonik trägt auch dazu bei, Wertschöpfungsstufen übergreifender Prozesse zu integrieren. So verbinden neue Entwicklungen in der Endoskopietechnik die beiden Bereiche Diagnose und Therapie zu einem einzigen Prozess und ersetzen aufwändige chirurgische Eingriffe.

Die deutsche Photonik ist in diesem Veränderungsprozess vom Produkt zum System ausgezeichnet positioniert. Die stark mittelständisch strukturierte Branche, zu der neben einigen Großunternehmen über 1.200 Klein- und mittelständische Unternehmen gehören, verfügt über eine hohe internationale Wettbewerbsfähigkeit. Sie nimmt hinter den USA den zweiten Platz im internationalen Anbieterwettbewerb ein und zeichnet sich durch eine tiefe lokale Wertschöpfungskette aus. Die Exportquote der Branche liegt bei 66 % und ein Drittel der von ihr hergestellten Produkte ist jünger als drei Jahre.

### SPEICHEL GANGENDOSKOPIE VERBINDET DIAGNOSE UND THERAPIE UND KANN OFFENEN CHIRURGISCHEN EINGRIFF ERSETZEN

Schwellungen der Speicheldrüsen sind im Bereich der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde ein bekanntes Krankheitsbild. Häufig sind Speichelsteine die Ursache für derartige Probleme.

Bis vor einigen Jahren bestand die einzige Therapiemöglichkeit, auch im Falle kleiner Steine, sofern diese nicht unmittelbar vor der Gangöffnung in die Mundhöhle lagen, in der offenen Chirurgie der Speichelgänge bis hin zur Entfernung der jeweiligen Speicheldrüse. Dank photonischer Technologien existiert mittlerweile eine Methode, mit der die Gangsysteme von Speicheldrüsen mit dünnen, semi-starren Endoskopen untersucht werden können. Die Methode wird als Speichelgangendoskopie oder Sialendoskopie bezeichnet. Wird bei der endoskopischen Untersuchung eines Speichelgangs ein Stein entdeckt, so kann dieser mittels eines Fangkorbs geborgen werden. Eine andere Möglichkeit, den Stein zu entfernen, ebenfalls unter Verwendung einer photonischen Technologie, stellt die Steinertrümmerung mittels eines Lasers dar.

*Quelle: Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland, 2013*

Die Medizintechnik der photonischen Industrie umfasst auch den vorklinischen Bereich wie die biochemische Forschung, die die Grundlagen für die Früherkennung von Krankheiten erarbeitet. Photonische Technologien erlauben beispielsweise durch eine stark verbesserte Fluoreszenzanalyse, Herkunft und Verlauf einer Krankheit vom Organ bis hinunter auf die zelluläre und sogar molekulare Ebene zu verstehen. Dieses Wissen macht die Erkennung, Behandlung und möglicherweise auch die Prävention von Krankheiten möglich, lange bevor sie als Symptome im makroskopischen

Bereich auftreten. Die Relevanz dieses Fortschritts wird beim Blick auf die Überlebensrate bei Krebserkrankungen deutlich. Die Fünfjahresrate fällt dramatisch ab, wenn die Krebserkrankung erst in späteren Stadien entdeckt wird. Demzufolge ist eine möglichst frühzeitige Erkennung von entscheidender Bedeutung.

Das hohe Analysepotenzial, das in den photonischen Technologien steckt, macht sie zu wesentlichen Bausteinen für die globale Gesundheitsentwicklung. Das gilt nicht nur für die medizinischen Techniken im engeren Sinne. Der Weltgesundheitsorganisation zufolge hängen 80 % der Krankheiten in den Entwicklungsländern mit schmutzigem Wasser zusammen. Jährlich sterben dort rund drei Millionen Menschen. In den entwickelten Ländern nehmen die Lebensmittelskandale zu. Die Verschmutzung der unmittelbaren und mittelbaren Umwelt steigt.

## LICHTBLATTMIKROSKOPIE ERÖFFNET NEUE PERSPEKTIVEN

Hoch innovative Lichtblattmikroskope (LSFM) adressieren erfolgreich die speziellen Bedürfnisse sowohl bei der Analyse dynamischer Prozesse innerhalb ganzer Organismen als auch in dreidimensional ausgedehnten Zellkulturen mittels Fluoreszenzfärbung. Die sich entwickelnden Organismen werden bei optimaler Bildqualität nur einer minimalen Lichtdosis ausgesetzt. Darüber hinaus kann das Objekt in der Probenkammer frei positioniert und gedreht werden. So können erstmals in der Fluoreszenzmikroskopie Vorgänge in der lebenden Probe dreidimensional aus verschiedenen Winkeln (multiview) über lange Zeiträume dokumentiert werden.

*Quelle: Carl Zeiss Microscopy GmbH, Geschäftsbereich BioSciences, Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena, Deutschland*

Die Photonik liefert Werkzeuge, die diesen Entwicklungen begegnen helfen. Dies stellt ein erhebliches Wachstumspotenzial für die nächsten Jahre dar. Allein der Markt für die Erkennung von Luftverschmutzungen mittels photonischer Technologien beträgt zwei Milliarden US-Dollar jährlich<sup>3</sup>. Die Forschung arbeitet an der Entwicklung von kompakten und mobilen Systemen, die auch in Schwellen- und Entwicklungsländern eingesetzt werden können. Die größten Wachstumsraten werden in den nächsten Jahren auf dem Gebiet der Lebensmittelqualität erwartet. Optische Sensoren für die Qualitätskontrolle, Sensoren mit Displays an Lebensmittelverpackungen zum Anzeigen der Haltbarkeit oder das Aussortieren von einzelnen Lebensmitteln auf Basis optischer Erkennung dürften morgen bereits Realität sein. Jährliche Wachstumsraten zwischen 10 und 20 % sind zu erwarten.

<sup>3</sup> Photonics21 (Hrsg.), Strategic Research Agenda – Lighting the way ahead, 2010





02

STUDIENERGEBNISSE

# STUDIENERGEBNISSE

Diese Studie wurde von Optech Consulting im Auftrag des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) und der Industrieverbände VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.), SPECTARIS (Deutscher Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V.) und ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) erstellt.

Optech Consulting Dr. Arnold Mayer  
Bahnhofstrasse 20A, CH-8274 Tägerwilen  
[www.optech-consulting.com](http://www.optech-consulting.com)

## DISCLAIMER

Der vorliegende Bericht beruht auf Informationen, die Optech Consulting zum Zeitpunkt der Abfassung vorlagen. Im Bericht enthaltene Daten beruhen, soweit nicht anderweitig referenziert, auf Berechnungen und Schätzungen von Optech Consulting. Daten und Prognosen zu Märkten weisen naturgemäß eine eingeschränkte Genauigkeit auf und können fehlerhaft sein, u. a. wegen ungenauer, unvollständiger oder fehlerhafter Datenbasis, Fehleinschätzungen oder Rechenfehlern. Die Informationen in dem vorliegenden Bericht sind nicht als Grundlage für Investitionsentscheidungen geeignet. Optech Consulting übernimmt keinerlei Haftung für jedwede Nutzung des Berichts durch Dritte. Dies gilt insbesondere für Schäden durch Entscheidungen, die auf Informationen oder Daten aus diesem Report beruhen oder solche einbeziehen.

## INHALT

Seite

## 1. ÜBERBLICK

60

Weltmarkt  
 Inlandsproduktion Deutschland  
 Exportanteil  
 F&E-Quote  
 Beschäftigung in Deutschland  
 Wachstum Inlandsproduktion Deutschland seit 2005  
 Vergleich Produktionswachstum seit 2005 mit Wachstum BIP und Industrieproduktion  
 Wachstum Beschäftigung Deutschland seit 2005  
 Wachstum Weltmarkt 2005 bis 2011  
 Wachstum nach Bereichen  
 Vergleich Weltmarktwachstum mit Prognose Vorläuferstudie  
 Prognose Weltmarkt  
 Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland 2020  
 Photonik-Produktion nach Ländern  
 Schwerpunkte der Photonik-Produktion nach wirtschaftsgeografischen Regionen  
 Photonik nach Absatzmärkten

## 2. PRODUKTIONSTECHNIK

83

Produkte  
 Auswirkungen auf weitere Industriebereiche  
 Weltmarkt  
 Marktentwicklung seit 2005  
 Marktprognose  
 Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland  
 Entwicklung Beschäftigung Deutschland seit 2005  
 Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland  
 Entwicklung Weltmarkt und Inlandsproduktion Deutschland 2012

### 3. BILDVERARBEITUNG & MESSTECHNIK 88

#### 3.1 BILDVERARBEITUNG 88

Produkte

Auswirkungen auf weitere Industriebereiche

Weltmarkt

Marktentwicklung seit 2005

Vergleich mit Prognose 2005

Marktprognose

Wachstumsfeld Biometrie und Sicherheitstechnik

Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland, Veränderung seit 2005

Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

#### 3.2 MESSTECHNIK 93

Produkte und Weltmarkt

Marktentwicklung seit 2005

Marktprognose

Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

### 4. MEDIZINTECHNIK & LIFE SCIENCE 96

Produkte

Weltmarkt

Marktentwicklung seit 2005

Marktprognose

Endoskope

Augenoptik

Therapeutische Lasersysteme und Laser

Mikroskope

Diagnostische und analytische Systeme

Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

### 5. ÜBERSICHT INFORMATIONSTECHNIK, KOMMUNIKATIONSTECHNIK, DISPLAYS 102

## 6. KOMMUNIKATIONSTECHNIK 104

- Produkte
- Weltmarkt
- Marktprognose
- Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland
- Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

## 7. INFORMATIONSTECHNIK 107

- Markt, Marktentwicklung, Prognose
- Digitalkameras und Camcorder
- Andere Ein- und Ausgabegeräte
- Optische Laufwerke
- HAMR
- Barcode Reader
- Digitale Bildsensoren
- Laser
- Drucktechnik
- Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

## 8. DISPLAYS 113

- Produkte
- Weltmarkt
- Marktentwicklung seit 2005
- Marktprognose
- Hersteller
- Markt nach Regionen
- Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

## 9. LICHTQUELLEN 117

- Produkte
- Weltmarkt
- Markt für LEDs
- Marktprognose
- Marktanteile
- Inlandsproduktion Deutschland
- Beschäftigung Deutschland
- Produktion und Beschäftigung Lichtquellen und Leuchten Deutschland
- Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

## 10. PHOTOVOLTAIK 122

- Produkte
- Weltmarkt
- Marktentwicklung seit dem Jahr 2005
- Produktion nach Ländern
- Regionale Verteilung der Nachfrage
- Import- und Exportströme
- Marktprognose
- Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland
- Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland

## 11. OPTISCHE KOMPONENTEN & SYSTEME 126

- Produkte und Weltmarkt
- Marktentwicklung seit 2005
- Marktprognose
- Inlandsproduktion und Beschäftigung Deutschland
- Erwartung Produktionsvolumen und Beschäftigung in Deutschland 2020

## 12. SICHERHEITS- UND VERTEIDIGUNGSTECHNIK 129

- Produkte
- Weltmarkt 2011
- Marktprognose
- Inlandsproduktion und Beschäftigung in Deutschland

## 13. PRODUKTION PHOTONIK NACH REGIONEN 131

### 13.1 JAPAN 131

- Überblick
- Anteil Weltmarkt
- Wachstum Inlandsproduktion
- Datenquellen

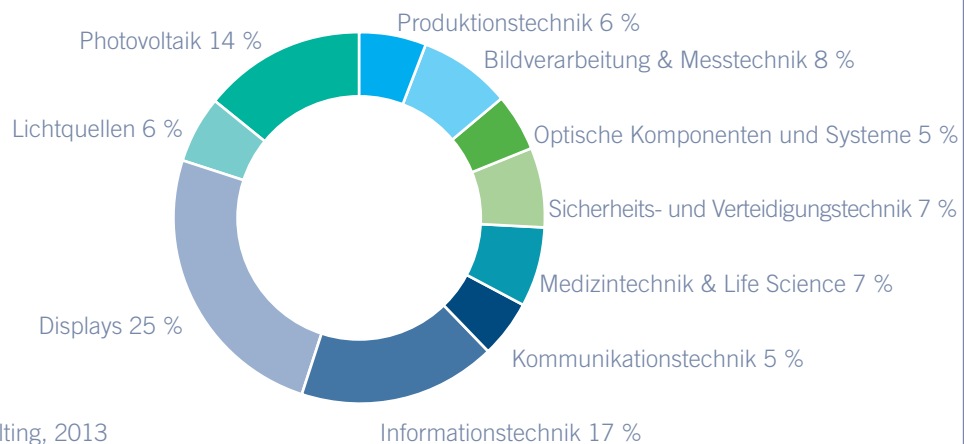
|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 13.2 CHINA                                        | 134 |
| Produktionsvolumen und Weltmarktanteil            |     |
| Wachstum, Entwicklung Weltmarktanteil             |     |
| Informationstechnik                               |     |
| Displays                                          |     |
| Produktionstechnik                                |     |
| Lichtquellen                                      |     |
| Photovoltaik                                      |     |
| Kommunikationstechnik                             |     |
| 13.3 TAIWAN                                       | 139 |
| Überblick                                         |     |
| Produktionsvolumen und Weltmarktanteil            |     |
| Wachstum, Entwicklung Weltmarktanteil             |     |
| Datenquellen                                      |     |
| 13.4 KOREA                                        | 142 |
| Überblick                                         |     |
| Inlandsproduktion und Weltmarktanteil             |     |
| Wachstum, Entwicklung Weltmarktanteil             |     |
| Datenquellen                                      |     |
| 13.5 NORDAMERIKA                                  | 145 |
| Inlandsproduktion und Weltmarktanteil             |     |
| Wachstum, Entwicklung Weltmarktanteil             |     |
| Datenquellen                                      |     |
| 13.6 EUROPA                                       | 147 |
| 13.6.1 Produktionsvolumen                         |     |
| 13.6.2 Weltmarktanteil                            |     |
| 13.6.3 Wachstum seit 2005                         |     |
| 13.6.4 Photonik-Produktion in Europa nach Ländern |     |
| ANHANG: METHODIK UND DATENBASIS                   | 154 |
| QUELLEN                                           | 158 |

# 1. ÜBERBLICK

## WELTMARKT

Der Weltmarkt Photonik umfasste im Jahr 2011 ein Volumen von rund 350 Milliarden Euro (Abbildung 1). Dies vergleicht sich mit einem Wert von 228 Milliarden Euro für das Jahr 2005, ermittelt in der Vorläuferstudie Optische Technologien – Wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland [1]. Der Weltmarkt Photonik ist damit in den Jahren 2005 bis 2011 um durchschnittlich rund 7,5 % jährlich gewachsen<sup>1</sup>.

Abbildung 1: Photonik-Weltmarkt 2011 – Total 350 Mrd. Euro



Quelle: Optech Consulting, 2013

Die Photonik umfasst insgesamt zehn Bereiche. Die jeweils umsatzstärksten Produkte sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Den größten Anteil am Photonik-Markt halten die Displays mit einem Volumen von 86 Milliarden Euro. Das dominierende Produkt sind hier die großflächigen LCD-Displays, wie sie in Fernsehgeräten, PC-Monitoren und Notebooks zum Einsatz kommen, sowie hochauflösende Displays für Smartphones und Tablet-PCs. Auch die Informationstechnik steht mit nahezu 60 Milliarden Euro für einen herausragenden Anteil. Die dominierenden Produkte in diesem Bereich sind Digitalkameras, Laserdrucker und optische Laufwerke.

Auf den Bereich Photovoltaik, mit den Solarzellen und -modulen, entfällt ein Weltmarkt von rund 50 Milliarden Euro<sup>2</sup>. Die weiteren Photonik-Bereiche stehen jeweils für ein jährliches Marktvolumen zwischen 15 und 30 Milliarden Euro. Im Bereich Medizintechnik & Life Science (rund 25 Milliarden Euro) steht die Augenoptik für gut 40 % des Marktvolumens, das übrige Volumen entfällt vor allem auf Mikroskope, Endoskope, Lasertherapiesysteme, Analysesysteme für Pharmaforschung und Biotechnologie sowie diagnostische Systeme. Der Bereich Bildverarbeitung & Messtechnik weist ein Marktvolumen von rund 28 Milliarden Euro auf. Hiervon entfallen auf die Bildverarbeitung rund 10 Milliarden Euro

<sup>1</sup> Zu Definition, Erhebungsmethodik und Datenquellen für den Weltmarkt und weitere Größen vgl. Anhang „Methodik und Datenbasis“.

<sup>2</sup> In der vorliegenden Studie werden die Marktvolumina von Systemen und Komponenten aufaddiert. Für die Photovoltaik führt diese Systematik durch die Addition der Zellen- und Modulmärkte zu einem – im Vergleich zum Systemmarkt – deutlich erhöhten Gesamtmarkt. Für die anderen Bereiche der Photonik führt die Addition der System- und Komponentenmärkte zu geringeren Effekten.

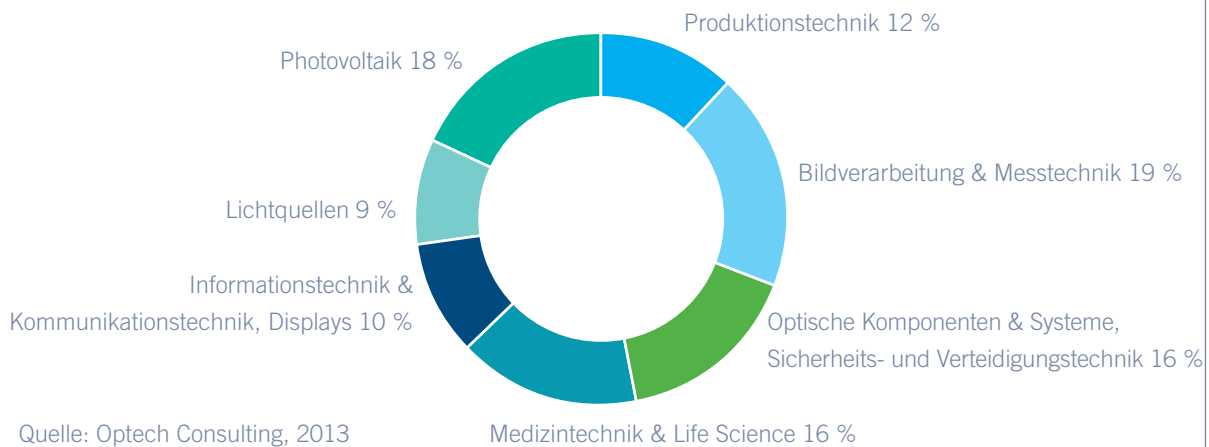
Tabelle 1: Bereiche und wichtige Produkte der Photonik

|                                                              |                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Produktionstechnik</b>                                    | <b>Lichtquellen</b>                                                 |
| Systeme zur Lasermaterialbearbeitung                         | Lampen                                                              |
| Lithografiesysteme                                           | LEDs                                                                |
| Laserquellen für industrielle Produktionstechnik             | OLEDs                                                               |
| Optiken für Waferstepper                                     |                                                                     |
| <b>Bildverarbeitung &amp; Messtechnik</b>                    | <b>Displays</b>                                                     |
| Bildverarbeitungssysteme und Komponenten                     | LCD-Displays                                                        |
| Spektrometer und -module                                     | Plasmadisplays                                                      |
| Binärsensoren                                                | OLED- und weitere Displays                                          |
| Systeme für die Halbleitermesstechnik                        | Displayglas und Flüssigkristalle                                    |
| Systeme für die Faseroptik-Messtechnik                       |                                                                     |
| Messsysteme für andere Anwendungen                           | <b>Photovoltaik</b>                                                 |
|                                                              | Solarzellen                                                         |
|                                                              | Solarmodule                                                         |
| <b>Medizintechnik &amp; Life Science</b>                     | <b>Optische Komponenten &amp; Systeme</b>                           |
| Brillengläser und Kontaktlinsen                              | Optische Komponenten und optisches Glas                             |
| Lasertherapiesysteme                                         | Optische Systeme                                                    |
| Endoskopiesysteme                                            | Systeme und Komponenten, soweit nicht<br>anderweitig berücksichtigt |
| Mikroskope                                                   |                                                                     |
| Medical-Imaging-Systeme                                      | <b>Sicherheits- und Verteidigungstechnik</b>                        |
| Ophthalmologische und sonstige diagnostische<br>Systeme      | Sicht- und bildgebende Systeme, Periskope                           |
| Systeme für Labormedizin, Pharmaforschung,<br>Biotechnologie | Rangefinder                                                         |
| <b>Kommunikationstechnik</b>                                 | Lenksysteme für Munition und Lenkwaffen                             |
| Systeme für optische Netzwerke                               | DIRCM – Directed Infrared Counter Measures                          |
| Komponenten für optische Netzwerke                           | Militärische Weltraumüberwachungssysteme                            |
| <b>Informationstechnik</b>                                   | Avionik-Displays                                                    |
| Optische Datenspeicherlaufwerke                              | Bildsensoren für militärische Anwendungen                           |
| Laserdrucker/-kopierer, Fax-/MFP-Geräte,<br>POD-Systeme      | Laserquellen für die Sicherheits- und<br>Verteidigungstechnik       |
| Digitalkameras und Camcorder, Scanner                        |                                                                     |
| Barcodescanner                                               |                                                                     |
| Systeme der Drucktechnik                                     |                                                                     |
| Laserquellen für die Informationstechnik                     |                                                                     |
| Digitale Bildsensoren                                        |                                                                     |

Quelle: Optech Consulting, 2013

und auf die Messtechnik 18 Milliarden Euro, wobei hier Binärsensoren und Spektrometer die größten Umsätze erzielen. Der Bereich Lichtquellen umfasst ein Marktvolumen von 22 Milliarden Euro, mit Lampen (13 Milliarden Euro) und LEDs (9 Milliarden Euro). Die Produktionstechnik steht für ein Marktvolumen von rund 20 Milliarden Euro, wovon gut 55 % auf Lithografiesysteme und -komponenten entfallen, während Laser und Lasersysteme zur Materialbearbeitung für knapp 45 % stehen. Der Bereich der Photonik-basierten Sicherheits- und Verteidigungstechnik umfasst einen Weltmarkt von rund 25 Milliarden Euro. Die optischen Komponenten und Systeme erzielen einen Umsatz von rund 19 Milliarden Euro<sup>3</sup>.

Abbildung 2: Inlandsproduktion Deutschland 2011 – Total: 27 Mrd. Euro



## INLANDSPRODUKTION DEUTSCHLAND

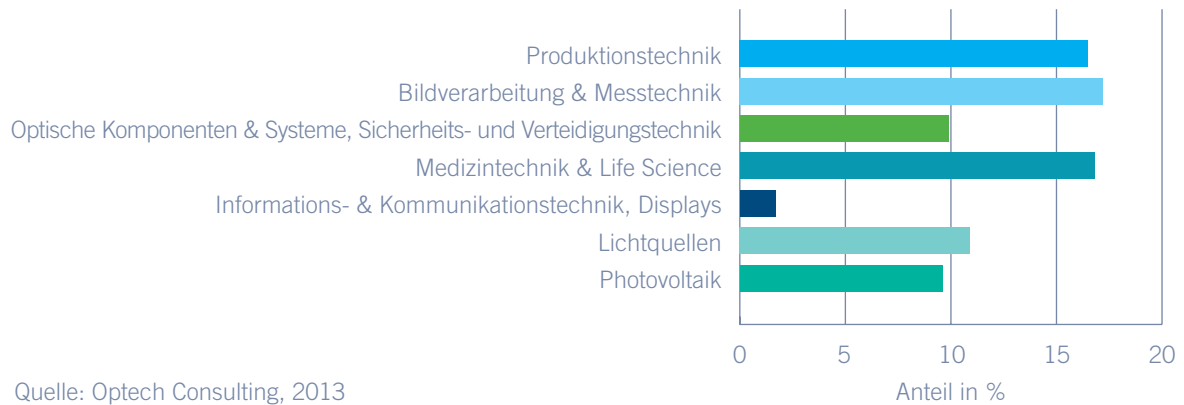
Im Jahr 2011 betrug die Inlandsproduktion von Photonik-Produkten in Deutschland rund 27 Milliarden Euro (Abbildung 2). Die Inlandsproduktion wurde auf Basis der Photonik-bezogenen, weltweiten Herstellerumsätze ermittelt, soweit sie dem Standort Deutschland zuzurechnen sind<sup>4</sup>. Umsätze von Unternehmen, die in Deutschland lediglich Vertriebs- und Serviceorganisationen unterhalten, bleiben unberücksichtigt. Die nachgelagerte Wertschöpfung wird ebenfalls nicht betrachtet<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> Im Vergleich zur Vorläuferstudie wurde der Bereich Sicherheits- und Verteidigungstechnik neu aufgenommen. In diesen Bereich wurden, neben bisher unberücksichtigten Produkten, auch Produkte aufgenommen, die bisher dem Bereich Optische Komponenten & Systeme zugeordnet waren. Die Klassifizierung wurde auch für die Referenzdaten für das Jahr 2005 geändert.

<sup>4</sup> Zu Erhebungsmethodik und Datenquellen vgl. Anhang „Methodik und Datenbasis“.

<sup>5</sup> Die nachgelagerte Wertschöpfung kann ein Vielfaches der hier betrachteten Umsätze umfassen, wie etwa bei den Lichtquellen oder in der Augenoptik.

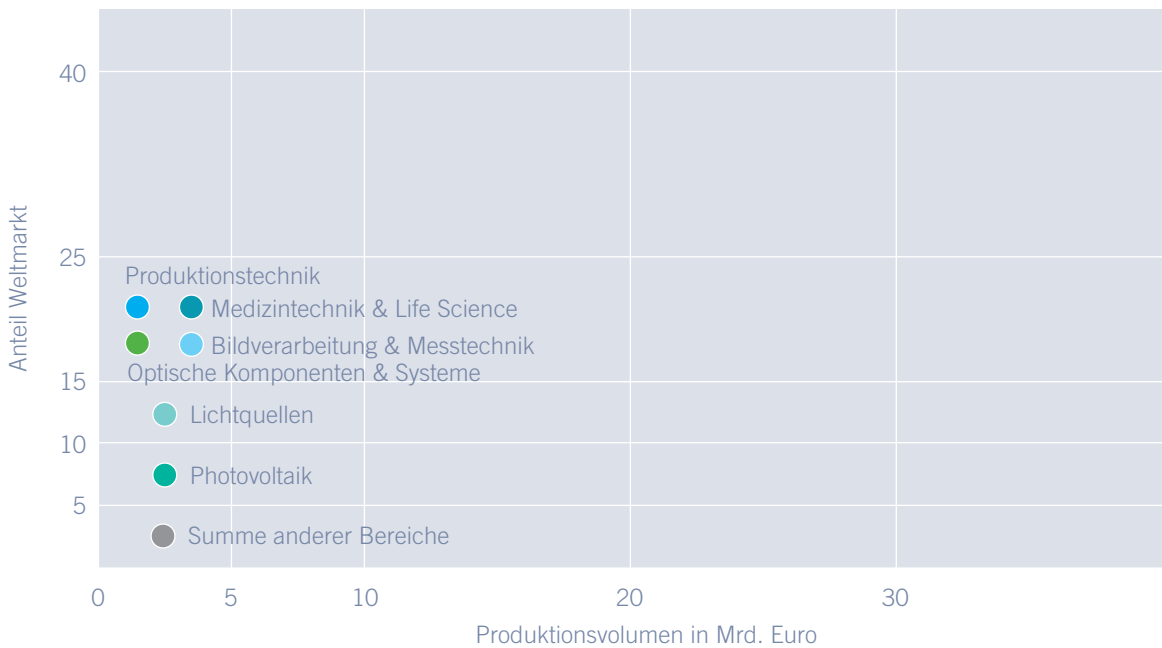
Abbildung 3: Photonik, Inlandsproduktion Deutschland in Relation zum Weltmarkt 2011



Der Anteil der deutschen Inlandsproduktion am Weltmarkt, im Folgenden kurz Weltmarktanteil genannt, beträgt insgesamt rund 8 %. Betrachtet man die Photonik ohne die informationsbezogenen Bereiche, dann beträgt der Weltmarktanteil 13 %. In allen Bereichen erreicht die deutsche Inlandsproduktion Volumina von jeweils zwei bis fünf Milliarden Euro. Die Weltmarktanteile in den einzelnen Bereichen liegen zwischen rund 10 % und 17 % (Abbildung 3). Eine Ausnahme bilden die informationsbezogenen Bereiche – Informationstechnik, Kommunikationstechnik, Displays –, in denen der Weltmarktanteil insgesamt unter 2 % liegt. In Abbildung 3 sind weiterhin die Bereiche Optische Komponenten & Systeme und Sicherheits- und Verteidigungstechnik zusammen dargestellt. Während das Produktionsvolumen Deutschlands im Bereich Optische Komponenten & Systeme einen Weltmarktanteil von rund 20 % erreicht (vgl. auch Abbildung 4), ist der Anteil im Bereich der Photonik-basierten Sicherheits- und Verteidigungstechnik gering.

Abbildung 4 ordnet die deutsche Inlandsproduktion in den einzelnen Photonik-Bereichen nach Volumen und Weltmarktanteilen ein. Tabelle 2 zeigt die wichtigsten am Standort Deutschland hergestellten Photonik-Produkte.

Abbildung 4: Inlandsproduktion Deutschland und Weltmarktanteil, 2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

Tabelle 2: Produktschwerpunkte Standort Deutschland

| Bereich                        | Produktschwerpunkte                                                            |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Produktionstechnik             | Laser und Systeme für die Materialbearbeitung, Optiken für Lithographiesysteme |
| Bildverarbeitung & Messtechnik | Bildverarbeitungssysteme, Binärsensoren                                        |
| Medizintechnik & Life Science  | Endoskope, Lichtmikroskope und Operationsmikroskope                            |
| Informationstechnik            | Systeme für die Drucktechnik                                                   |
| Lichtquellen                   | Lampen, LEDs                                                                   |
| Displays                       | Flüssigkristalle (Material)                                                    |
| Photovoltaik                   | Solarzellen, Module, Material                                                  |
| Optische Komponenten & Systeme | Optische Komponenten und Objektive für industrielle Anwendungen                |

Quelle: Optech Consulting, 2013

## EXPORTANTEIL

Die Exportquote<sup>6</sup> in der Photonik für den Standort Deutschland liegt bei rund zwei Drittel. Sie liegt damit deutlich über dem Wert für das verarbeitende Gewerbe insgesamt (48 % im Jahr 2011 [2]). Die Exportquote ist besonders hoch in der Produktionstechnik (85 %), im Bereich Lichtquellen (75 %) sowie im Bereich Medizintechnik & Life Science (70 %).

<sup>6</sup> Zur Definition der Exportquote vgl. Anhang „Methodik und Datenbasis“.

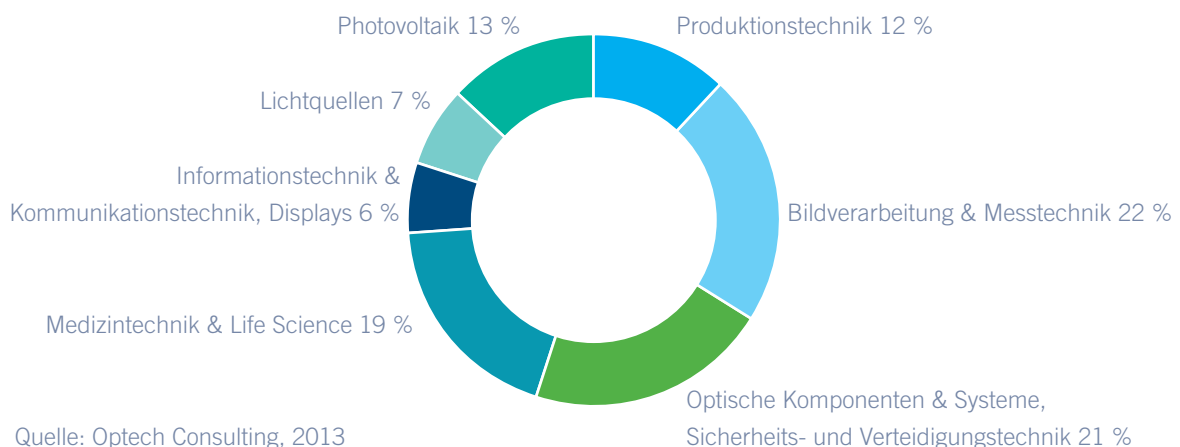
## F&E-QUOTE

Der Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E-Quote) am Gesamtumsatz der deutschen Unternehmen im Bereich der Photonik beträgt im Durchschnitt rund 9 %. Vergleichsweise liegt die F&E-Quote im deutschen Maschinenbau bei 4 % [3], in der deutschen Elektroindustrie nach Angaben des ZVEI bei 7 %. Mit über 10 % besonders hoch ist die F&E-Quote im Bereich Bildverarbeitung & Messtechnik. Für die Bereiche Produktionstechnik, Medizintechnik & Life Science sowie Optische Komponenten & Systeme liegt der Wert jeweils zwischen 7 % und 10 %. In den fertigungsintensiven Bereichen Lichtquellen und Photovoltaik liegt die F&E-Quote unter 5 %. Es sei auf den Zusammenhang hingewiesen, dass fertigungsintensive Produkte, die hohe Mitarbeiterzahlen bedingen, oft vergleichsweise geringere F&E-Quoten aufweisen.

## BESCHÄFTIGUNG IN DEUTSCHLAND

In Deutschland sind insgesamt 134.000 Personen im Bereich der Herstellung von Produkten der Photonik beschäftigt (2011). Hiervon sind 118.500 Personen bei den Herstellern von Photonik-Produkten beschäftigt und 15.500 Personen bei Zulieferern in Deutschland<sup>7</sup>. Für jeweils rund 20 % der Beschäftigten stehen die Bereiche Messtechnik & Bildverarbeitung, optische Komponenten & Systeme sowie Medizintechnik & Life Science (Abbildung 5). Die Bereiche Produktionstechnik und Photovoltaik stehen für 12 % bzw. 13 % der Beschäftigten, während der Bereich Lichtquellen und die informationsbezogenen Bereiche für einen Anteil von 7 % und 6 % stehen.

**Abbildung 5: Beschäftigung Photonik Deutschland 2011,  
produzierende Unternehmen und Zulieferer  
Insgesamt 134.000 Mitarbeiter**



Innerhalb der Branche (Photonik ohne Zulieferer) liegt der Anteil der Beschäftigten mit Hoch- und Fachhochschulabschluss an der Gesamtzahl der Arbeitnehmer bei mehr als 20 %. Die Akademikerquote ist mit rund 30 % besonders hoch in den Bereichen Produktionstechnik und Bildverarbeitung & Messtechnik. In der Bildverarbeitung sind Akademiker in erheblichem Umfang nicht nur in Forschung und Entwicklung beschäftigt, sondern auch in Produktion und

<sup>7</sup> Berücksichtigt sind Zulieferer von Material und Komponenten. Nicht berücksichtigt sind Zulieferer von Fertigungsausrüstung.

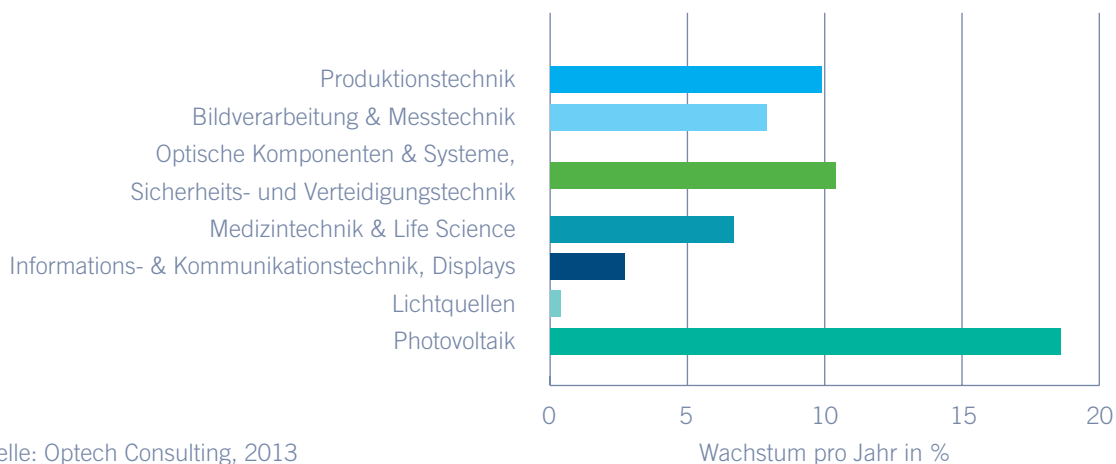
Vertrieb. In der Produktionstechnik ist nur der kleinere Teil der Mitarbeiter in der Produktion tätig, während der größere Anteil auf Entwicklung, Vertrieb und interne Dienstleistung entfällt, Bereiche, in denen wiederum die Akademikerquote hoch ist. Mit rund 15 % ist die Akademikerquote im Bereich Lichtquellen vergleichsweise niedrig, da der Bereich eine personalintensive Fertigung aufweist. Doch auch dieser Wert liegt noch erheblich über dem Durchschnitt der gewerblichen Wirtschaft.

## WACHSTUM INLANDSPRODUKTION DEUTSCHLAND SEIT 2005

Das Produktionsvolumen Photonik in Deutschland wuchs in den Jahren 2005 bis 2011 von rund 17 Milliarden Euro auf 27 Milliarden Euro. Dies entspricht einem Zuwachs von nahezu 60 % und einer durchschnittlich jährlichen Wachstumsrate<sup>8</sup> von 8,0 % (nominal). Damit hat das Produktionswachstum die Erwartung aus der Befragung deutscher Hersteller im Jahr 2007 im Rahmen der Vorläuferstudie voll erreicht. Diese hatten für den Zeitraum 2005 bis 2015 die Erwartung eines Umsatzwachstums von 8,0 % pro Jahr. Allerdings waren damals in den Erwartungen sicherlich nicht die Finanz- und Wirtschaftskrise eingepreist, oder die konjunkturellen Auswirkungen der europäischen Staatsschuldenkrise. Zwar sind die deutschen Hersteller global aufgestellt, der überwiegende Anteil ihres Absatzes liegt dennoch in Europa. Vor diesem Hintergrund ist die 8,0 % Wachstumsrate für den Umsatz als immenser Erfolg zu werten. Noch positiver, und sogar oberhalb der Erwartungen der Hersteller aus dem Jahr 2007, entwickelte sich die Beschäftigung in Deutschland, wie die Betrachtung weiter unten zeigen wird.

Am stärksten gewachsen ist der Umsatz im Bereich Photovoltaik mit durchschnittlich mehr als 18 % jährlich. Das hohe Wachstum war vor allem eine Folge staatlicher Förderung (Einspeisevergütungen) in Deutschland und ähnlichen Maßnahmen in anderen europäischen Ländern. Das Produktionsvolumen in der Photonik ohne die Photovoltaik ist von rund 15 Milliarden Euro im Jahr 2005 auf 22 Milliarden Euro im Jahr 2011 gewachsen. Dies entspricht einer Steigerung um 6,4 % pro Jahr. Wachstumsschwerpunkte lagen insbesondere in den Bereichen Produktionstechnik, Bildverarbeitung & Messtechnik sowie Optische Komponenten & Systeme. Auch der Bereich Medizintechnik gehört zu den wachstumsstarken Bereichen, wobei das vergleichsweise große Segment Augenoptik hier einen wachstumsmindernden Beitrag liefert.

Abbildung 6: Inlandsproduktion Deutschland, durchschnittliches jährliches Wachstum 2005 bis 2011



<sup>8</sup> In der vorliegenden Studie werden ausschließlich CAGR (Compound Annual Growth Rates) verwendet; vgl. Anhang „Methodik und Datenbasis“.

## VERGLEICH PRODUKTIONSWACHSTUM SEIT 2005 MIT WACHSTUM BIP UND INDUSTRIEPRODUKTION

Die Kerninflationsrate im Euroraum betrug im Zeitraum 2005 bis 2011 rund 1 %. Damit lag das Umsatzwachstum Photonik in Deutschland im genannten Zeitraum bei durchschnittlich 7,0 % real (8,0 % nominal). Für die Photonik ohne Photovoltaik betrug das reale Wachstum 5,4 % jährlich (6,4 % nominal). Vergleichsweise lag das Wachstum des deutschen Bruttoinlandsprodukts (BIP) im Durchschnitt bei nur rund einem halben Prozent.

Die Industrieproduktion (ohne Baugewerbe) in Deutschland wuchs im Zeitraum 2005 bis 2011 um insgesamt 20 % (nominal). Das Wachstum der Photonik-Produktion (rund 60 %) war demnach dreimal so hoch. Das Produktionswachstum in der Photonik ohne Photovoltaik war mit insgesamt 45 % mehr als zweimal so hoch (Faktor 2,25) wie das Wachstum der Industrieproduktion.

## WACHSTUM BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND SEIT 2005

Inklusive des Zulieferbereiches nahm die Anzahl der Mitarbeiter im Bereich Photonik in Deutschland von 102.700 im Jahr 2005 auf 134.000 im Jahr 2011 zu. In der Branche selbst (ohne Zulieferbereich) wuchs die Beschäftigung in Deutschland von 89.000 auf 118.500 Mitarbeiter an. Dies entspricht einer Steigerung um nahezu 30.000 Arbeitsplätze bzw. einer jährlichen Zunahme um 4,9 %. Ohne den Bereich Photovoltaik stieg die Beschäftigung um insgesamt 21 % oder 3,2 % pro Jahr an, bei einem absoluten Zuwachs von rund 17.500 Mitarbeitern. Damit hat das Beschäftigungswachstum die Erwartung der deutschen Hersteller aus dem Jahr 2007 deutlich übertroffen. Diese hatten im Rahmen der Vorläuferstudie für den Zeitraum 2005 bis 2015 die Erwartung eines Beschäftigungswachstums von 3,2 % pro Jahr geäußert (inkl. Photovoltaik). Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, dass das Beschäftigungswachstum trotz der Belastungen durch die Finanzkrise und die europäische Staatsschuldenkrise erreicht wurde.

Abbildung 7: Beschäftigung Photonik Standort Deutschland inkl. Zulieferer, durchschnittliches jährliches Wachstum 2005 bis 2011

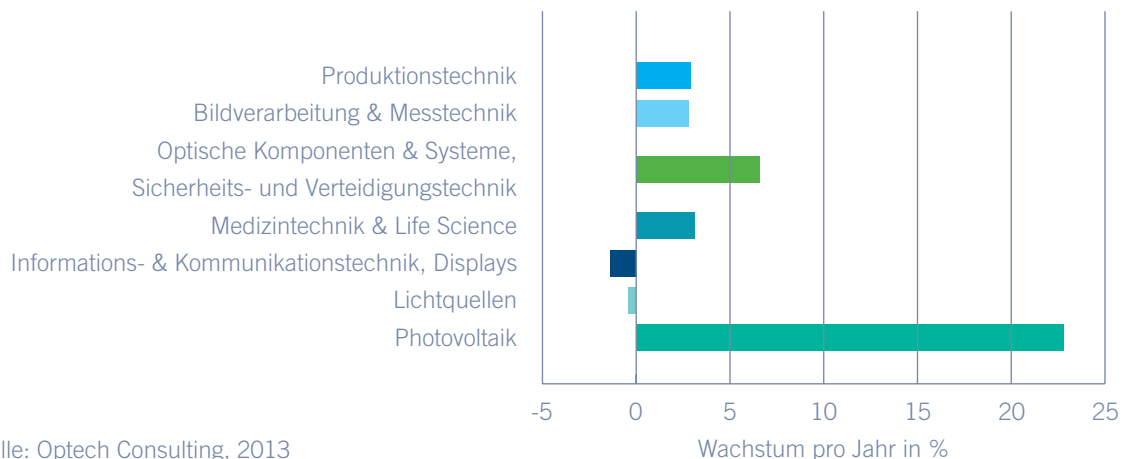
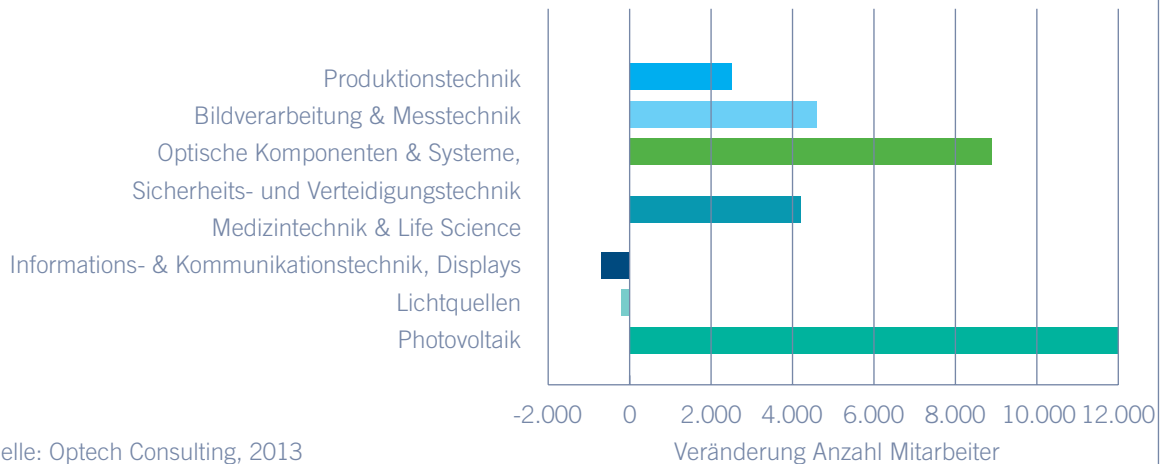


Abbildung 8: Beschäftigung Photonik Standort Deutschland inkl. Zulieferer, Veränderung Anzahl Mitarbeiter 2005–2011



In folgenden Bereichen wurden die meisten Arbeitsplätze geschaffen (Zunahme 2005 bis 2011 inkl. Zulieferbereich):

- Photovoltaik: Zunahme um 240 % bzw. um rund 12.000 Mitarbeiter.
- Optische Komponenten & Systeme: Zunahme um 47 % bzw. um nahezu 9.000 Mitarbeiter.
- Bildverarbeitung & Messtechnik: Zunahme um 18 % bzw. gut 4.500 Mitarbeiter.
- Produktionstechnik: Die Anzahl der Mitarbeiter in der Branche selbst nahm um gut 35 % zu. Da die Anzahl der Mitarbeiter im Zulieferbereich rückläufig war, betrug die Zunahme insgesamt nur rund 20 % (plus 2.500 Mitarbeiter).
- Medizintechnik & Life Science: Zunahme um 20 % bzw. um mehr als 4.000 Mitarbeiter.

Für die Bereiche Kommunikationstechnik, Informationstechnik, Displays und Lichtquellen war die Anzahl der Mitarbeiter insgesamt leicht rückläufig (Abnahme um 1.000 Mitarbeiter bei rund 20.000 Mitarbeitern insgesamt).

## WACHSTUM WELTMARKT 2005 BIS 2011

Der Weltmarkt Photonik ist in den Jahren 2005 bis 2011 von 228 Milliarden Euro auf rund 350 Milliarden Euro gewachsen oder um insgesamt 54 %. Dies entspricht einer jährlichen Zuwachsrate von rund 7,5 %. Da Produktion und Nachfrage in der Photonik überwiegend außerhalb des Euro-Raumes liegen, ist auch eine Betrachtung in US-Dollar angebracht. Der Weltmarkt Photonik nahm in den Jahren 2005 bis 2011 von rund 285 Milliarden US-Dollar auf 490 Milliarden US-Dollar zu, entsprechend einem Zuwachs von insgesamt 72 % oder von rund 9,5 % pro Jahr. Berücksichtigt man die Kerninflationsrate von rund 2 % für diesen Zeitraum<sup>9</sup>, dann entsprechen die 9,5 % nominalen Wachstums auf Basis US-Dollar einem realen Wachstum von 7,5 % pro Jahr. Demgegenüber betrug das Wachstum des weltweiten Bruttoinlandsprodukts (BIP) ca. 2,6 %<sup>10</sup>. Damit war das jährliche Wachstum des Photonik-Marktes nahezu dreimal so hoch wie das der Weltwirtschaft.

Innerhalb der Photonik nahm der Bereich Photovoltaik eine Sonderrolle ein, mit einem Marktwachstum von rund 35 % jährlich auf US-Dollar-Basis. Das Wachstum war hier durch staatliche Maßnahmen vor allem in Deutschland und Europa

<sup>9</sup> Die weltweite Kerninflationsrate in den Jahren 2005 bis 2011 betrug nach Daten des IWF ca. 2 %.

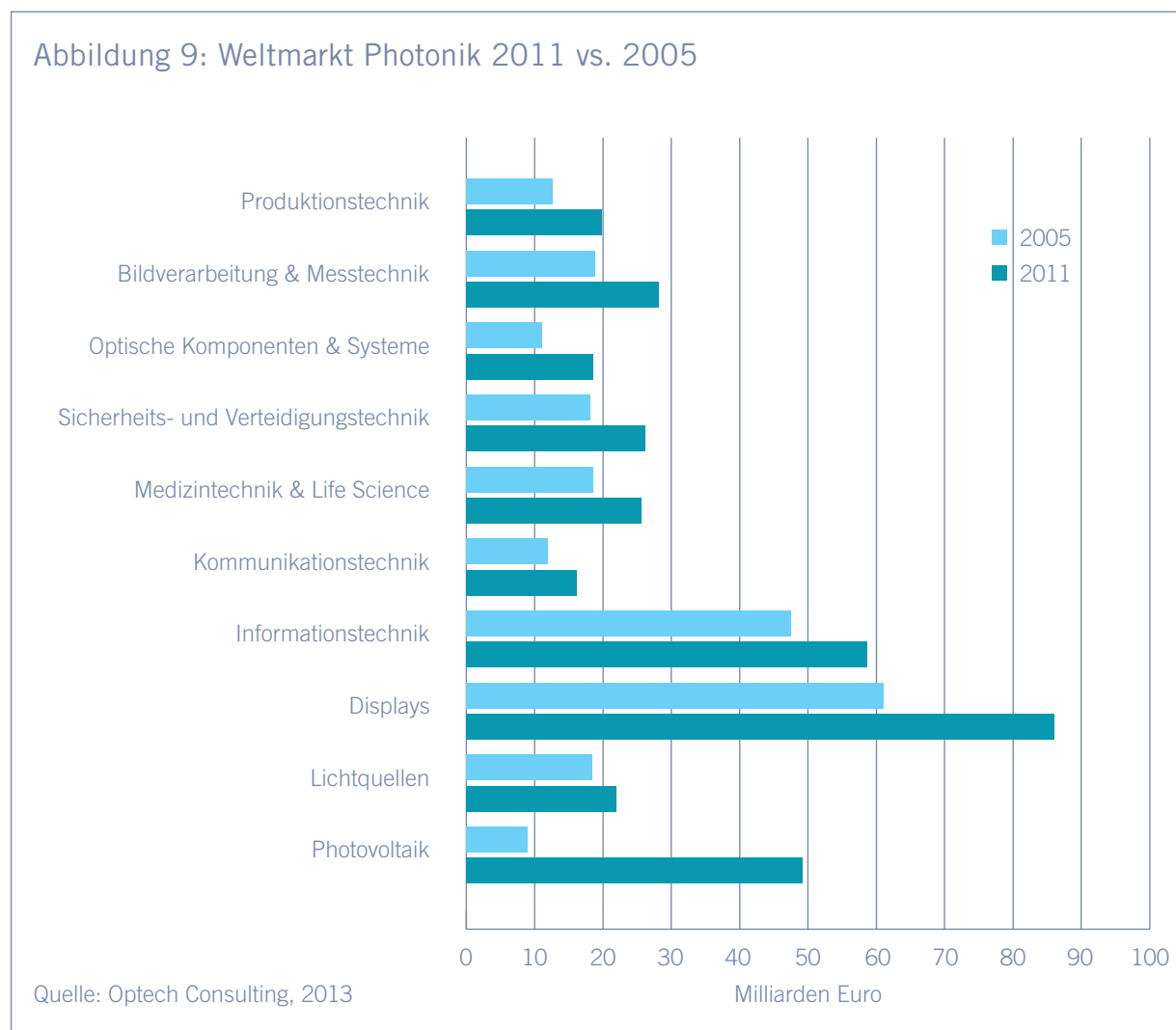
<sup>10</sup> Berechnet mit Daten von Global Insight.

bestimmt. Der Weltmarkt für die Photonik ohne die Photovoltaik wuchs im Zeitraum 2005 bis 2011 auf US-Dollar-Basis um durchschnittlich 7,5 % pro Jahr nominal, oder um 5,5 % real, mehr als doppelt so stark wie die globale Wirtschaftsleistung.

## WACHSTUM NACH BEREICHEN

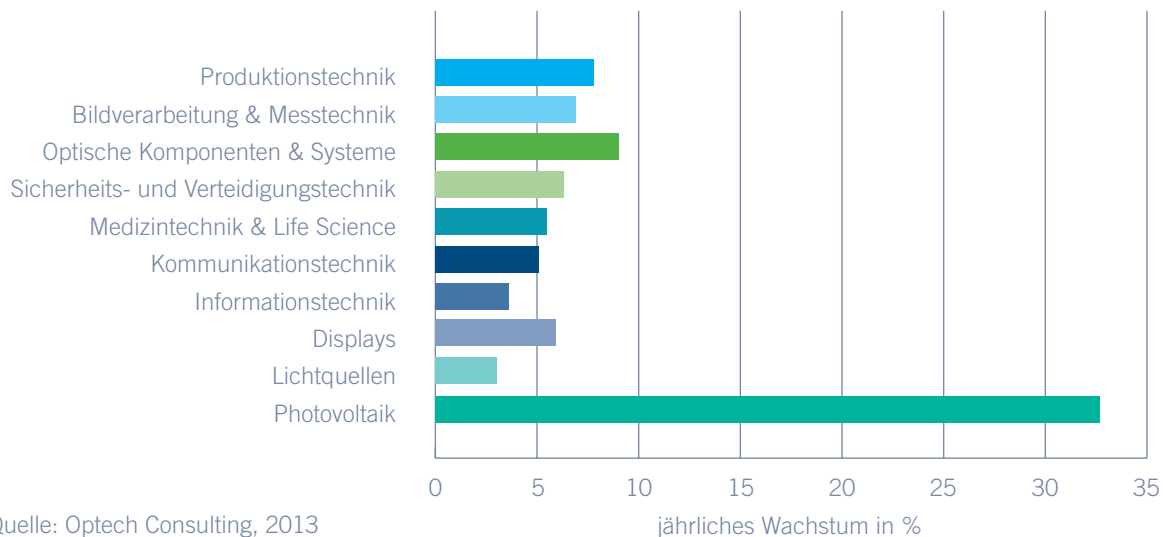
Abbildung 9 zeigt den Weltmarkt für die einzelnen Bereiche der Photonik in Euro für das Jahr 2011 und im Vergleich dazu für 2005. Die Wachstumsraten sind in Abbildung 10 dargestellt. Die höchste Wachstumsrate erzielte die Photovoltaik mit rund 33 % pro Jahr, die im Jahr 2011 ein Weltmarktvolumen von 49 Milliarden Euro erreichte<sup>11</sup>. Der Bereich Photonik ohne die Photovoltaik wuchs im Zeitraum 2005 bis 2011 mit durchschnittlich rund 5,5 % pro Jahr und erreichte im Jahr 2011 ein Volumen von gut 300 Milliarden Euro.

Abbildung 9: Weltmarkt Photonik 2011 vs. 2005



<sup>11</sup> In der vorliegenden Studie werden die Marktvolumina von Systemen und Komponenten aufaddiert. Für die Photovoltaik führt diese Systematik durch die Addition der Zellen- und Modulmärkte zu einem, im Vergleich zum Systemmarkt, deutlich erhöhten Gesamtmarkt. Für die anderen Bereiche der Photonik führt die Addition der System- und Komponentenmärkte zu weitaus geringeren Effekten.

Abbildung 10: Weltmarkt Photonik 2005–2011 auf Euro-Basis



In der Photonik – ohne die Photovoltaik – wiesen in den Jahren 2005 bis 2011 ein besonders hohes Wachstum auf:

- Optische Komponenten & Systeme, mit durchschnittlich rund 9 % pro Jahr.
- Produktionstechnik, mit durchschnittlich 7,7 % pro Jahr.
- Bildverarbeitung & Messtechnik, mit durchschnittlich rund 7 % pro Jahr.

Ein Wachstum in der Größenordnung von rund 5 % bis 6 % pro Jahr wiesen folgende Bereiche auf: Medizintechnik & Life Science, Kommunikationstechnik, Displays, Sicherheits- und Verteidigungstechnik. Deutlich geringere Zuwachsraten in der Größenordnung von 3,0 % bis 3,5 % zeigten die Bereiche Informationstechnik bzw. Lichtquellen. Es sei aber darauf hingewiesen, dass die Zuwachsraten in US-Dollar um zwei Prozentpunkte höher liegen als die vorgenannten Euro-basierten Werte. Damit lagen auch die Steigerungen in der Informationstechnik und im Bereich Lichtquellen noch über dem globalen Wirtschaftswachstum.

In Abbildung 10 werden auch Gemeinsamkeiten zwischen den Photonik-Bereichen sichtbar:

- Die fertigungstechnisch orientierten Bereiche – Produktionstechnik und Bildverarbeitung & Messtechnik – zeigen insgesamt eine hohe Wachstumsrate von 7,3 % bei einem Gesamtvolumen von 48 Milliarden Euro (2011).
- Die informationstechnisch orientierten Bereiche – Kommunikationstechnik, Informationstechnik und Displays – zeigen insgesamt eine Wachstumsrate von 4,9 % bei einem Gesamtvolumen von rund 160 Milliarden Euro (2011).

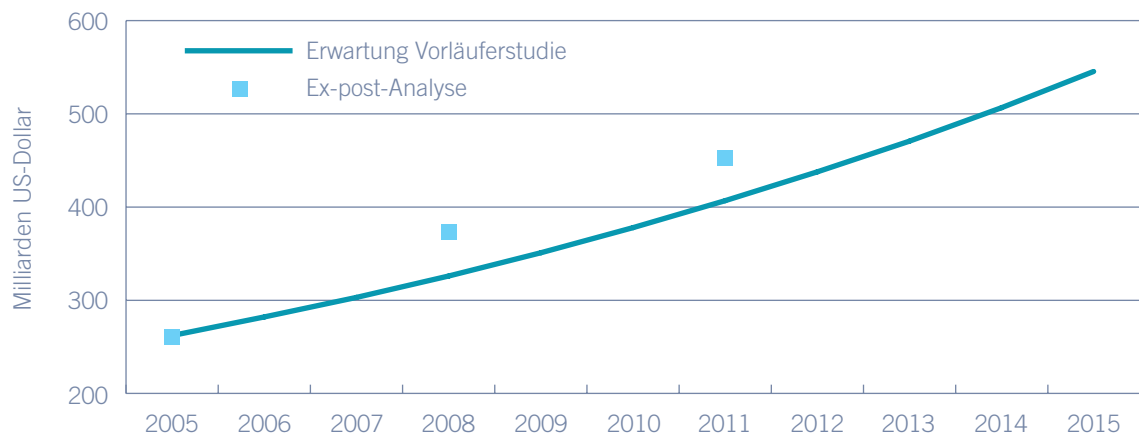
Für eine Diskussion der Wachstumstreiber und weiterer Einzelheiten sei auf den nachfolgenden Abschnitt „Prognose Weltmarkt“ sowie auf die Detailkapitel zu den einzelnen Bereichen der Photonik verwiesen.

## VERGLEICH WELTMARKTWACHSTUM MIT PROGNOSE VORLÄUFERSTUDIE

Abbildung 11 zeigt die Weltmarktprognoсе aus der Vorläuferstudie für den Zeitraum 2005 bis 2015 (Basis US-Dollar) sowie die nachträglich ermittelten Werte für die Jahre 2008 und 2011. Die Darstellung in US-Dollar wurde gewählt, um Verzerrungen durch Währungseffekte gering zu halten. Die Linie repräsentiert die in der Vorläuferstudie prognostizierte Wachstumsrate von 7,5 %. Die Linie ist wegen des konstant angenommenen Wachstums nach oben gekrümmt. Die drei Datenpunkte repräsentieren den Weltmarkt, wie er in Ex-Post-Analysen ermittelt wurde. Der linke Datenpunkt wurde im

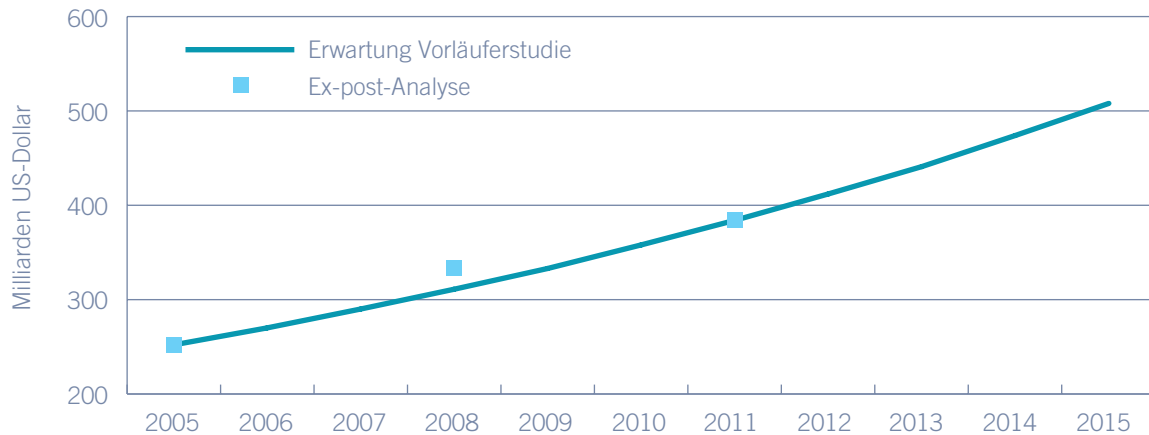
Jahr 2007 für das Jahr 2005 ermittelt [1]. Der mittlere Datenpunkt wurde 2009 für das Jahr 2008 ermittelt [4]. Der rechte Datenpunkt repräsentiert das Ergebnis der vorliegenden Studie für das Jahr 2011. Abbildung 11 zeigt die Darstellung für die Photonik insgesamt, während Abbildung 12 die analoge Darstellung für die Photonik ohne Photovoltaik zeigt. Beide Diagramme beinhalten die Verteidigungstechnik nicht, da dieser Bereich in der Vorläuferstudie nicht berücksichtigt wurde.

Abbildung 11: Weltmarkt Photonik (ohne Verteidigungstechnik) in US-Dollar  
Ex-post-Analyse vs. Erwartung Vorläuferstudie



Quelle: Optech Consulting, 2013

Abbildung 12: Weltmarkt Photonik (ohne Photovoltaik und Verteidigungstechnik) in US-Dollar, Ex-post-Analyse vs. Erwartung Vorläuferstudie



Quelle: Optech Consulting, 2013

Aus Abbildung 12 ergibt sich, dass der Weltmarkt Photonik ohne Photovoltaik im Jahr 2011 sich genau entsprechend der Vorhersage entwickelt hat. Im Jahr 2008 war der Markt der Vorhersage vorausgelaufen, dieser Vorsprung ging im Zuge der globalen Finanzkrise verloren. Abbildung 11 zeigt, dass der Markt für die Photonik insgesamt auch im Jahr 2011 über der Vorhersage liegt. Dies ist der nicht in vollem Umfang vorhergesehenen Steigerung im Photovoltaikmarkt geschuldet, dessen Volumen im betrachteten Zeitraum stärker durch staatliche Vorgaben als durch Marktkräfte bestimmt war. Insgesamt ist bemerkenswert, dass der Gesamtmarkt Photonik trotz der wenig positiven weltwirtschaftlichen Entwicklung in den Jahren seit 2008 ein derart starkes Wachstum zeigt.

## PROGNOSE WELTMARKT

Der Weltmarkt für Produkte der Photonik wird langfristig mit rund 6,5 % pro Jahr wachsen und bis zum Jahr 2020 ein Volumen von rund 615 Milliarden Euro bzw. 860 Milliarden US-Dollar erreichen<sup>12</sup>. Bei einer angenommenen Inflationsrate von 2 % beträgt das erwartete reale Wachstum 4,5 %. Nimmt man ein globales BIP-Wachstum von 3,0 % bis 3,5 % an<sup>13</sup>, dann entspricht dies dem 1,4-fachen Weltwirtschaftswachstum.

Abbildung 13 zeigt das erwartete Weltmarktwachstum Photonik für den Zeitraum 2011 bis 2020 im Vergleich zum Zeitraum 2005 bis 2011 (Euro-Basis). Die Darstellung in US-Dollar (Abbildung 14) ist weniger durch Wechselkurseffekte verzerrt.

Der Weltmarkt wächst wie folgt:

- In den Jahren 2005 bis 2011 (Ex-post-Analyse) von 228 Milliarden Euro auf 350 Milliarden Euro, entsprechend einer jährlichen Zuwachsrate von rund 7,5 % (9,5 % auf Basis US-Dollar).

<sup>12</sup> Für Prognosen werden konstante Wechselkurse angenommen; vgl. Anhang „Methodik und Datenbasis“.

<sup>13</sup> Das globale BIP-Wachstum in den Jahren 2005 bis 2011 (Vergleichszeitraum dieser Studie) lag bei 2,6 %, in den Jahren zuvor (2000 bis 2005) bei 3,8 %.

- In den Jahren 2011 bis 2020 (Prognose) von 350 Milliarden Euro auf 615 Milliarden Euro (ca. 860 Milliarden US-Dollar), entsprechend einer jährlichen Zuwachsrate von rund 6,5 %.

Das geringere Wachstum in den Jahren 2011 bis 2020 ist vor allem durch die erwartete Abnahme der Zuwachsrate im Bereich Photovoltaik bedingt. An zweiter Stelle wird die Wachstumsrate durch abnehmendes Wachstum im Bereich Displays gedämpft, der umsatzmäßig den größten Einzelbereich der Photonik darstellt. In den weiteren Bereichen zielt die Erwartung auf tendenziell gleichbleibendes Wachstum im Zeitraum 2011 bis 2020 im Vergleich zum Referenzzeitraum 2005 bis 2011 ab, wobei für den Referenzzeitraum sowohl der Trend in Euro als auch in US-Dollar zu beachten sind.

Abbildung 13: Photonik Weltmarkt, Wachstum auf Euro-Basis

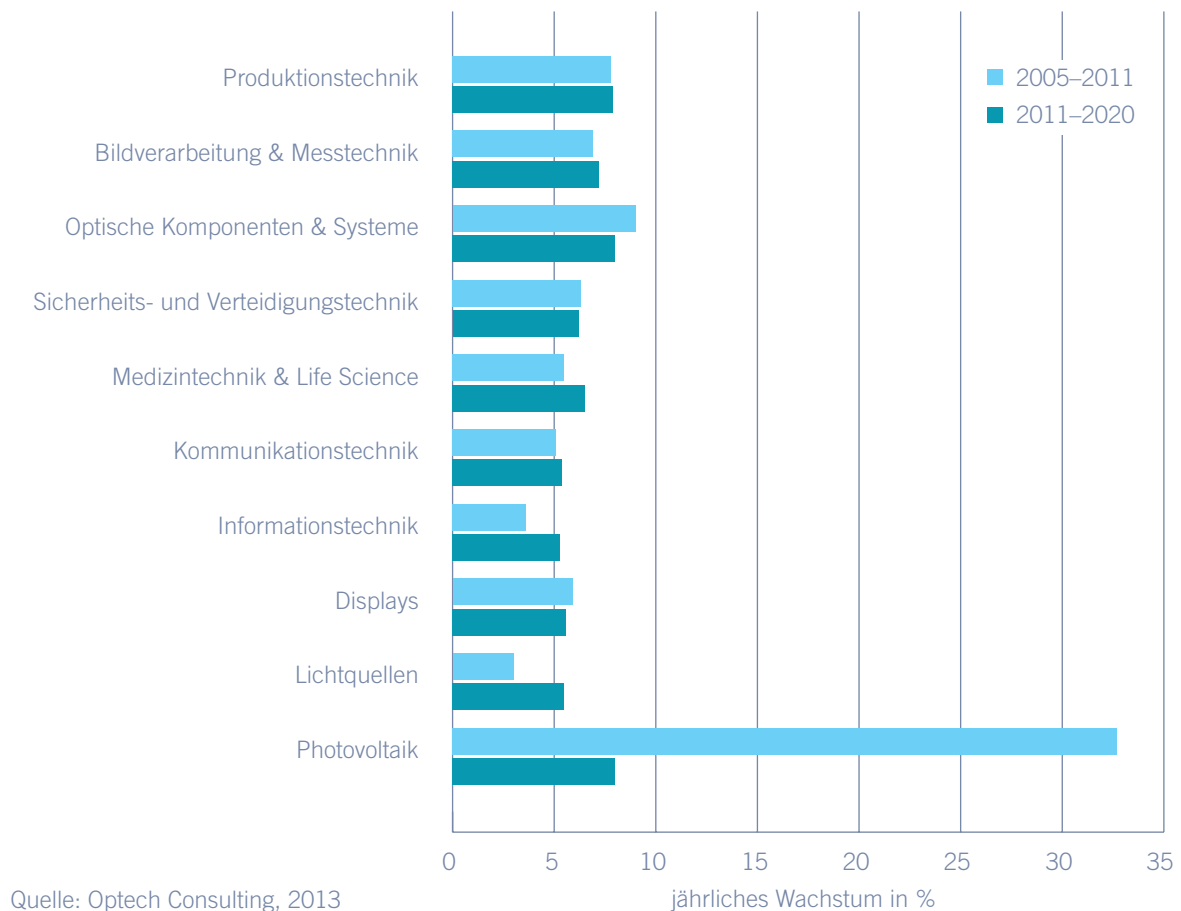
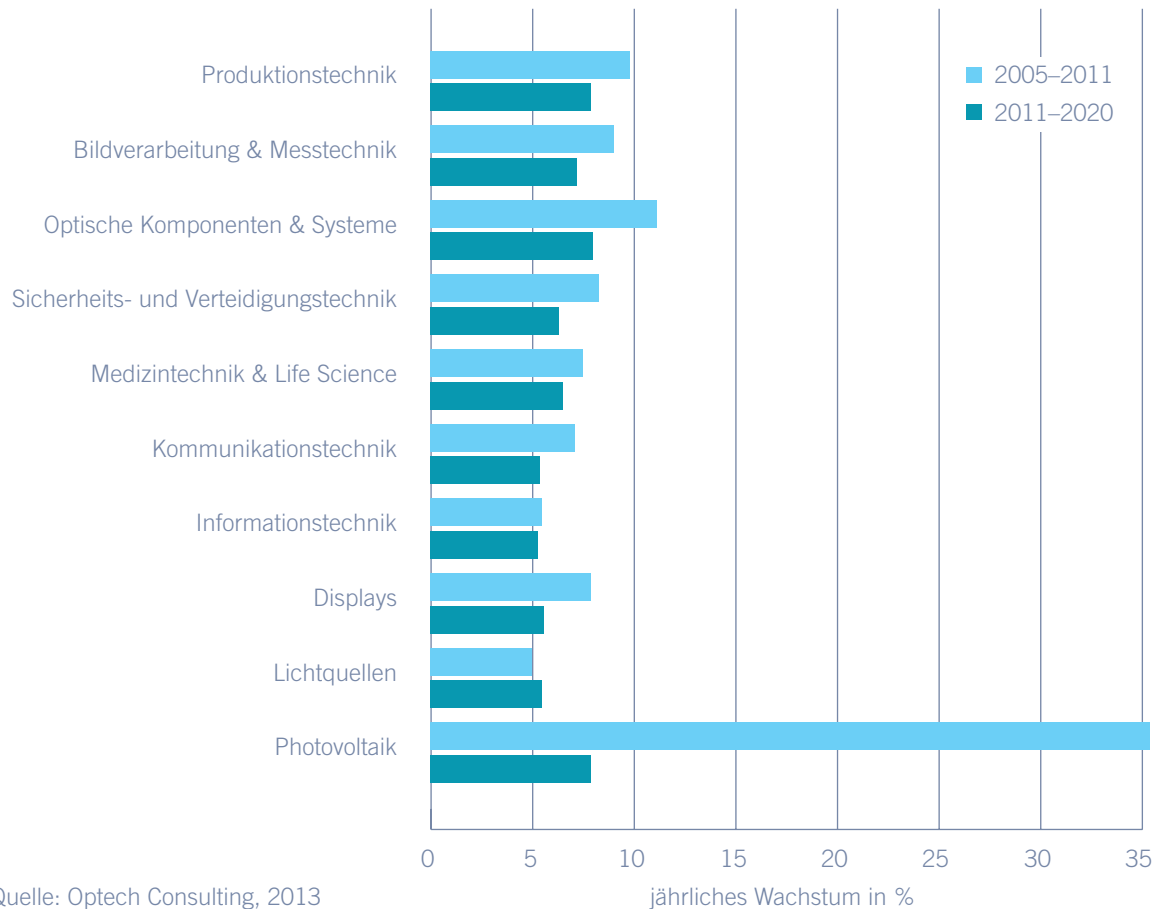


Abbildung 14: Photonik Weltmarkt, Wachstum auf Dollar-Basis



Die Photovoltaik wird weiterhin als einer der wachstumsstärksten Bereiche angesehen (rund 8 % Wachstum pro Jahr bis zum Jahr 2020). Derzeit sind vielerlei Prognosen im Umlauf, überwiegend betreffend der jährlich installierten Gesamtleistung in Gigawatt in den nächsten fünf Jahren. Viele der Prognosen heben stark auf Szenarien staatlicher Förderung ab. Die Prognose in der vorliegenden Studie geht von weiterhin starkem volumenmäßigem Wachstum bei fortgesetztem Preisverfall aus, der zu einer marktgetriebenen Nachfrage führt.

Ebenfalls sehr wachstumsstark sind die fertigungstechnisch orientierten Photonik-Bereiche, also die Produktionstechnik (Lasermaterialbearbeitung und Lithografie) und die Bildverarbeitung & Messtechnik, für die Zuwachsraten von rund 8 % bzw. gut 7 % erwartet werden. Das fortgesetzte starke Wachstum ist getrieben von Langzeitentwicklungen – „Megatrends“ in der Fertigungstechnik –, wie Automatisierung, Flexibilisierung und Miniaturisierung. Die Photonik-basierten Bearbeitungs- und Messverfahren leisten hierzu wesentliche Beiträge.

Dagegen sind die Wachstumserwartungen für die Bereiche Informationstechnik, Kommunikationstechnik und Displays geringer. Mit Werten im Bereich von 5,3 % bis 5,6 % (nominal) liegen diese im Mittel nur geringfügig über dem erwarteten globalen BIP-Wachstum. Die Abschwächung des Wachstums gegenüber dem Vergleichszeitraum spiegelt wider, dass wesentliche Substitutionsprozesse abgeschlossen sind oder sich dem Ende zuneigen. Dies betrifft beispielsweise

Digitalkameras oder Flachdisplays für Fernsehgeräte. Dennoch wird erwartet, dass beispielsweise die Photonik in der Konsumelektronik weiterhin innovativ genug ist, um Wachstumsraten oberhalb des globalen BIP-Wachstums zu generieren.

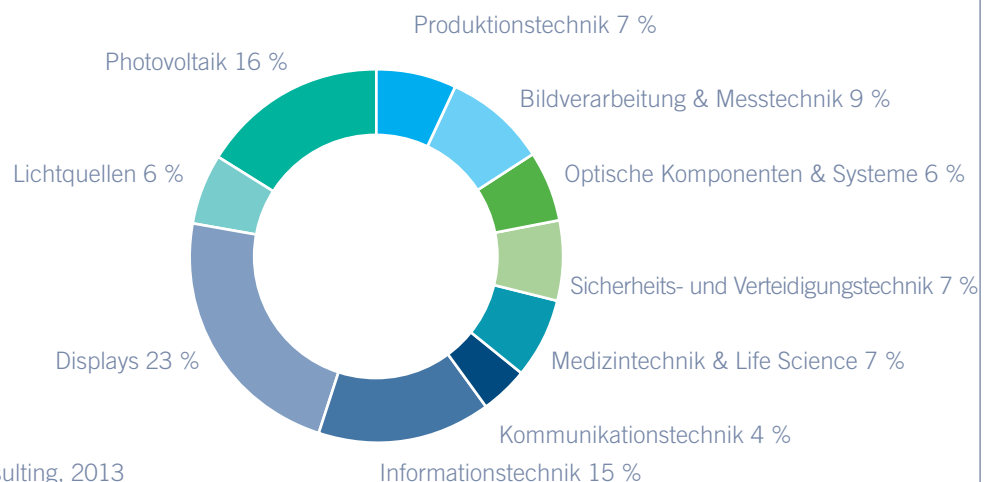
Die Wachstumserwartungen für den Bereich Medizintechnik & Life Science beziffern sich auf 6,5 % pro Jahr, im Vergleich zu 5,5 % im Referenzzeitraum auf Euro-Basis (7,5 % auf Basis US-Dollar). Das Wachstum wird hier getrieben von bildgebenden und analytischen Verfahren, von Endoskopie und Mikroskopie. Wachstumsdämpfend wirkt dagegen das volumenstarke Segment Augenoptik.

Das erwartete Wachstum für den Bereich Lichtquellen<sup>14</sup> liegt mit 5,5 % pro Jahr (nominal) etwas oberhalb des erwarteten globalen Wirtschaftswachstums. Für den Bereich Sicherheits- und Verteidigungstechnik werden Wachstumsraten von gut 6 % pro Jahr erwartet. Wachstumstreiber sind hier zunehmende technische Möglichkeiten in umsatzstarken Segmenten von Infrarotbildverfahren bis zu Head-up-Displays. Wachstumshemmend für Verteidigungsanwendungen ist die Staatsverschuldung wesentlicher Nachfrageländer, während paramilitärische und zivile Anwendungen zusätzliches Wachstumspotenzial beitragen.

Optische Komponenten & Systeme zeigten in den letzten Jahren ein Marktwachstum von rund 9 %. Optische Komponenten und Subsysteme kommen in vielen der oben genannten anderen Bereiche der Photonik zum Einsatz. Die Wachstumsfelder sind breit gestreut, von der Konsumelektronik (Kameras und Kamerafunktion mobiler Geräte) bis zur Medizintechnik, der Messtechnik oder Applikationen in Fahrzeugen. Die Tatsache, dass der Markt für optische Komponenten zum Teil stärker wächst als der Markt für die Anwendungsbereiche, ist bedingt durch einen zunehmenden wertmäßigen Anteil der Optik. Gegenüber dem Zeitraum 2005 bis 2011 wurde die Langfristprognose bis zum Jahr 2020 um einen Prozentpunkt auf rund 8 % zurückgenommen.

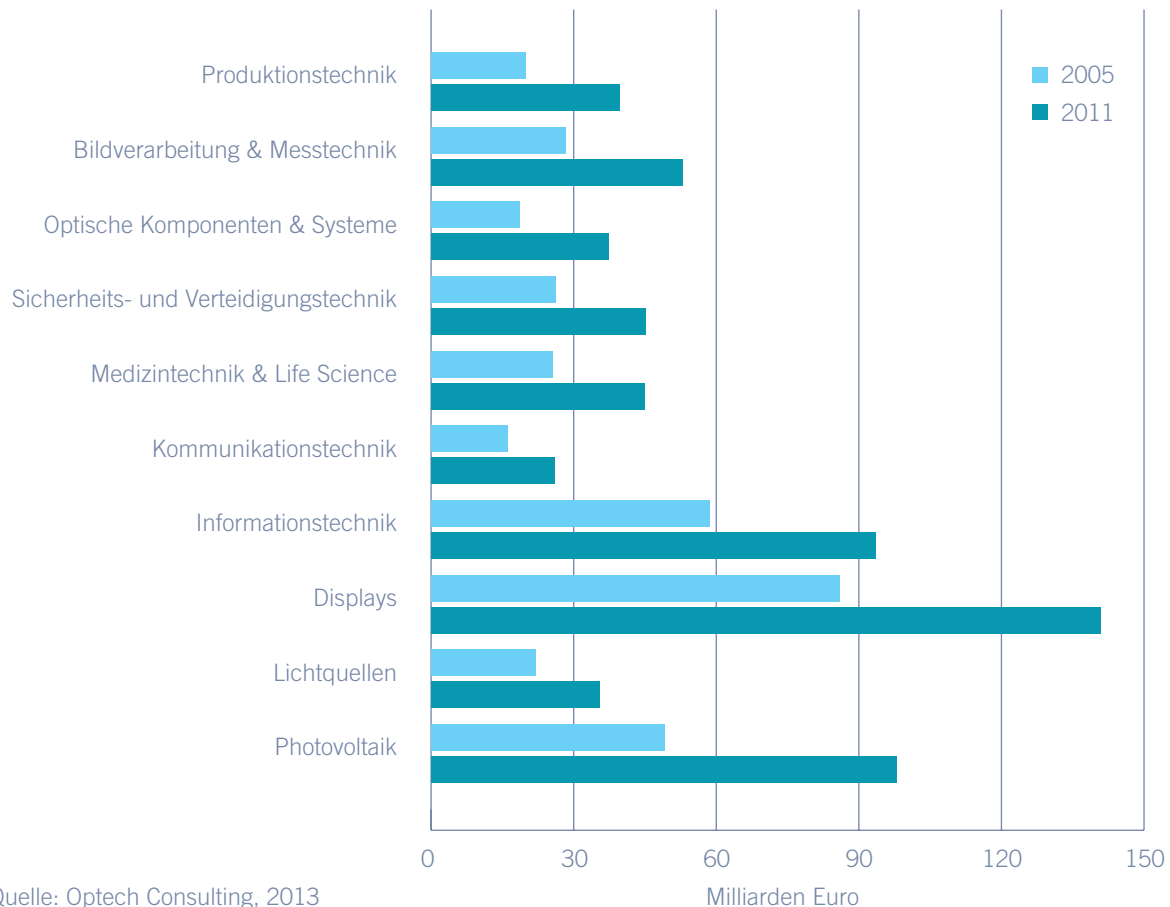
Abbildung 15 zeigt den erwarteten Weltmarkt im Jahr 2020, Abbildung 16 stellt die Märkte in den Jahren 2020 und 2011 gegenüber (Euro-Basis). Hier wird insbesondere deutlich, dass die Dominanz der informationstechnisch orientierten Bereiche in der Photonik abschmelzen wird.

Abbildung 15: Photonik Weltmarkt 2020 – Total: 615 Mrd. Euro



<sup>14</sup> Das erwartete Marktwachstum bei den Lichtquellen beruht zum Teil auf der zunehmenden Bedeutung von Modulen (Integration von LEDs mit weiteren Komponenten; vgl. Kapitel 9 „Lichtquellen“).

Abbildung 16: Weltmarkt Photonik, 2011 vs. 2005



## ERWARTUNG INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND 2020

Die Ausgangslage für weiteres Wachstum von Inlandsproduktion und Beschäftigung in der Photonik am Standort Deutschland ist aus mehreren Gründen gut. Einerseits wird das Weltmarktwachstum in schwergewichtigen Tätigkeitsbereichen der deutschen Photonik-Industrie weiterhin hoch sein, und andererseits hat der Standort Deutschland in den Jahren seit 2005 bewiesen, dass Marktanteile gehalten und auch ausgebaut werden können. Tabelle 3 zeigt die Prognose für Inlandsproduktion und Beschäftigung in Deutschland für das Jahr 2020. Die erwartete Inlandsproduktion im Jahr 2020 beträgt 43,7 Milliarden Euro, die erwartete Mitarbeiterzahl liegt bei gut 145.000 (ohne Zulieferbereich). Gegenüber dem Stand im Jahr 2011 beträgt das Wachstum der Inlandsproduktion damit 5,6 % pro Jahr, das Beschäftigungswachstum 2,3 % jährlich. Die Anzahl der Arbeitsplätze in der Branche wird demnach um mehr als 27.000 zunehmen. Inklusive des Zulieferungsbereiches ist für das Jahr 2020 ein Beschäftigungsstand von mehr als 165.000 Mitarbeitern zu erwarten.

Die Prognosen berücksichtigen sowohl die Chancen für den Standort Deutschland als auch Belastungsfaktoren wie die globale Verschiebung von Absatzmärkten und Produktionsstätten in die wachstumsstarken Regionen, insbesondere nach Asien. Die Umsatz- und Beschäftigungsprognosen beziehen sich ausschließlich auf den Standort Deutschland.

Global aufgestellte deutsche Photonik-Unternehmen, die in zunehmendem Maße Fertigungsstätten in den Wachstumsregionen aufbauen, werden voraussichtlich unternehmensweit höhere Wachstumsraten erzielen.

Insbesondere für die fertigungstechnisch orientierten Bereiche, für den Bereich Medizintechnik & Life Science und den Bereich Optische Komponenten & Systeme wird ein deutliches Beschäftigungswachstum von im Durchschnitt rund 4 % jährlich erwartet, entsprechend einer Zunahme des Beschäftigungsstandes bis zum Jahr 2020 um 35.000. Gleichzeitig gehen in den übrigen Bereichen der Photonik voraussichtlich rund 8.000 Arbeitsplätze verloren. Dies beinhaltet die Annahme, dass allein im Bereich Photovoltaik bis zum Jahr 2020 rund 5.000 Arbeitsplätze gegenüber dem Stand im Jahr 2011 verloren gehen werden.

**Tabelle 3: Erwartung Inlandsproduktion und Beschäftigung Photonik Deutschland 2020<sup>15</sup>**

| Bereich                                                                  | Inlandsproduktion (Mrd. EUR) |                    | Mitarbeiter (Anzahl) |                    |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|                                                                          | 2011                         | 2020<br>(erwartet) | 2011                 | 2020<br>(erwartet) |
| Produktionstechnik                                                       | 3,3                          | 7,9                | 12.800               | 20.800             |
| Bildverarbeitung & Messtechnik                                           | 4,9                          | 8,9                | 25.300               | 33.500             |
| Optische Komponenten & Systeme,<br>Sicherheits- und Verteidigungstechnik | 4,5                          | 8,8                | 24.500               | 34.800             |
| Medizintechnik & Life Science                                            | 4,3                          | 8,3                | 20.800               | 29.800             |
| Informationstechnik, Kommunikationstechnik, Displays                     | 2,7                          | 2,5                | 8.300                | 7.000              |
| Lichtquellen                                                             | 2,4                          | 2,4                | 9.800                | 8.000              |
| Photovoltaik                                                             | 4,8                          | 4,8                | 17.000               | 12.000             |
| <b>Summe</b>                                                             | <b>26,7</b>                  | <b>43,7</b>        | <b>118.500</b>       | <b>145.900</b>     |

Quelle: Optech Consulting, 2013

## PHOTONIK-PRODUKTION NACH LÄNDERN

Abbildung 17 zeigt die Anteile der Länder bzw. Regionen am weltweiten Produktionsvolumen in der Photonik für das Jahr 2011. Japan und China halten jeweils einen Anteil von 21 %, Korea und Taiwan tragen jeweils 12 % bei. Der Beitrag „Übrige Regionen“ (4 %) stammt wiederum zum großen Teil aus Asien, mit Produktionsstätten vor allem in Malaysia und den Philippinen, aber auch in Thailand oder Singapur<sup>16</sup>.

Auf die Länder außerhalb Asiens entfallen rund 30 % der Produktionsanteile. Europa steht für 18 % und die USA und Kanada zusammen für 12 %. Innerhalb Europas steht Deutschland für 42 % des Produktionsvolumens.

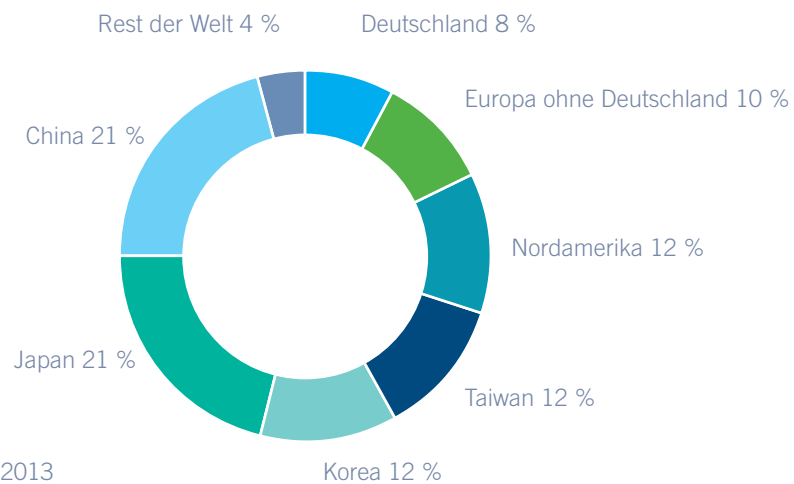
Das Produktionsvolumen in China wird sowohl getragen von Fertigungsstätten lokaler als auch internationaler Unternehmen. Quantitativ spielen in der Photonik Transplants japanischer Unternehmen in der Informationstechnik eine wichtige Rolle. Aber auch Unternehmen mit Hauptsitz in den USA, Taiwan, Europa und Korea haben Teile ihrer Produktion in China angesiedelt. Auch sogenannte Electronic Manufacturing Services (EMS) spielen eine Rolle<sup>17</sup>. EMS-Unternehmen unterhalten Fabriken in verschiedenen Teilen der Welt, vor allem auch in China.

<sup>15</sup> Durch Runden der Zahlen können sich ggf. Abweichungen in den Tabellensummen ergeben (vgl. Anhang „Methodik und Datenbasis“).

<sup>16</sup> Die genannten 4 % sind eine Schätzung auf Basis bekannter Produktionsschwerpunkte. Das Produktionsvolumen in den genannten Ländern wurde nicht im Detail untersucht.

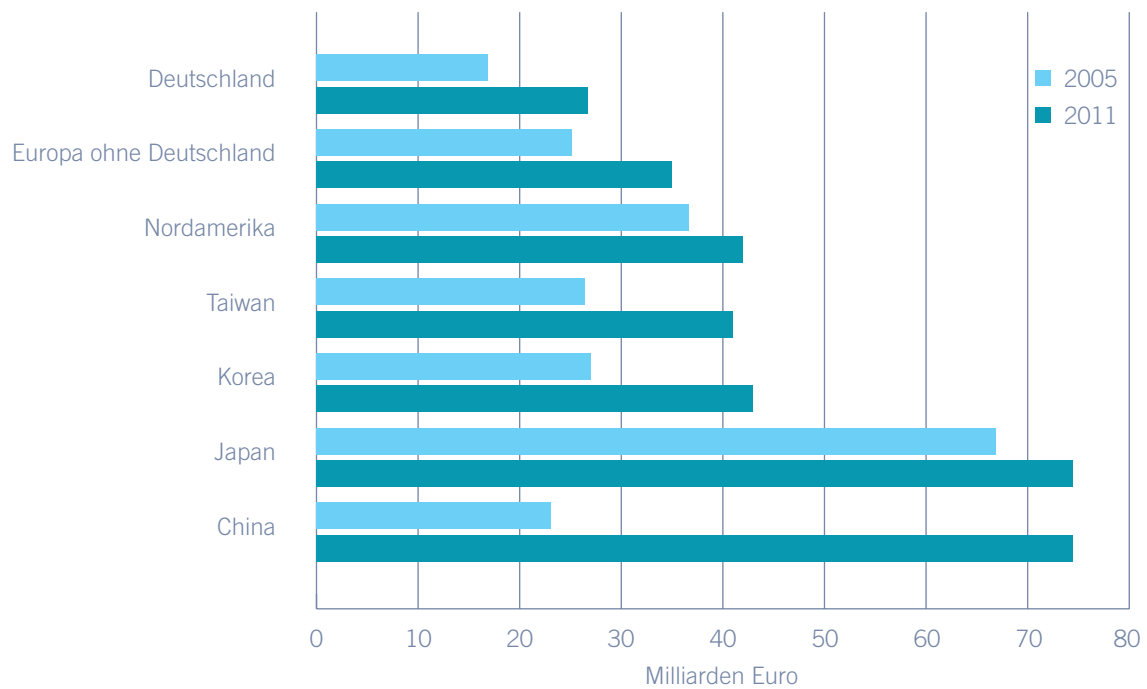
<sup>17</sup> EMS-Unternehmen fertigen elektronische Geräte im Auftrag, auch solche der Photonik wie z. B. Digitalkameras. Bekanntestes Beispiel ist die Firma Foxconn.

Abbildung 17: Photonik-Produktion nach Ländern, 2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

Abbildung 18: Photonik-Produktion nach Ländern, 2011 vs. 2005



Quelle: Optech Consulting, 2013

Seit dem Jahr 2005 haben sich die Produktionsanteile zum Teil dramatisch verschoben<sup>18</sup>. China hat seinen Marktanteil von rund 10 % auf 21 % mehr als verdoppelt. Dies ging in Summe zu Lasten Japans (Marktanteil sank von rund 30 % auf 21 %) und Nordamerikas (Abnahme von 16 % auf 12 %)<sup>19</sup>.

Rund ein Drittel des Produktionsvolumens Chinas entfällt auf die Photovoltaik. Hier hält China inzwischen einen Marktanteil von mehr als 50 %, während der Anteil im Jahr 2005 noch bei rund 5 % lag. Die Produktion in China wird in diesem Bereich weit überwiegend durch inländische Unternehmen getragen. Ein weiterer Schwerpunkt der Photonik-Produktion in China sind informationstechnische Systeme, wobei hier ein großer Teil der Produktionsstätten internationalen Unternehmen zuzuordnen ist.

Für die Marktanteilsverschiebungen zu Gunsten Chinas in den letzten Jahren gibt es mehrere Gründe:

- Erfolge chinesischer Unternehmen bei der Besetzung neuer Märkte bzw. von Märkten, die im Umbruch begriffen sind. Bei den Solarzellen haben chinesische Unternehmen in wenigen Jahren die Marktführerschaft errungen. Im Bereich Lichtquellen stellen sich chinesische Unternehmen derzeit auf, den Technologiewechsel zu LEDs für eine ähnlich dominante Stellung zu nutzen.
- Umsatzgewinne chinesischer Unternehmen. Ein Beispiel ist die optische Kommunikationstechnik, wo chinesische Unternehmen inzwischen Weltmarktführer sind.
- Verlagerung der Produktion durch Unternehmen aus Übersee nach China. Durch die sukzessive Verlagerung ganzer Wertschöpfungsketten wird China zum wichtigsten Standort ganzer Industriezweige (Beispiel Konsumelektronik).

In der Vergangenheit galten Technologiewechsel als Chance für Unternehmen in Japan oder Europa, um Marktanteile auszubauen. Zunehmend wurden die Marktchancen von Technologiewechseln von Korea und Taiwan genutzt, und nunmehr gelingt es China, diese Vorteile zu ziehen. Der große Inlandsmarkt ist dabei ein wichtiger Faktor für den Aufbau ganzer Wertschöpfungsketten.

## SCHWERPUNKTE DER PHOTONIK-PRODUKTION NACH WIRTSCHAFTSGEOGRAFISCHEN REGIONEN

Abbildung 19 zeigt das Produktionsvolumen der geografischen Regionen und Länder für die fertigungstechnisch bezogenen Bereiche der Photonik (Produktionstechnik, Bildverarbeitung & Messtechnik) für die Jahre 2005 und 2011. Europa konnte seinen Marktanteil im Zeitraum 2005 bis 2011 deutlich ausbauen.

Abbildung 20 zeigt das Produktionsvolumen der geografischen Regionen und Länder für die informationsbezogenen Bereiche (Informationstechnik, Kommunikationstechnik, Displays). Diese Bereiche sind eine Domäne Asiens, der Produktionsanteil der Regionen außerhalb Asiens war im Zeitraum 2005 bis 2011 auf niedrigem Niveau weiter rückläufig.

<sup>18</sup> Beim Vergleich mit der Vorläuferstudie sind zwei Punkte zu beachten. Zum einen wurden dort die Produktionsvolumina für China nicht erhoben, sondern lediglich als Differenz geschätzt. Zum anderen war in der Vorläuferstudie der Bereich der Verteidigungstechnik nicht berücksichtigt.

<sup>19</sup> Die Daten für die Photonik-Produktion in Nordamerika beinhalten auf der Systemseite grobe Schätzungen, da nur wenige Informationen über den Umfang der dort verbliebenen Systemproduktion verfügbar waren.

Abbildung 19: Fertigungstechnisch bezogene Photonik,  
Produktion nach Ländern, 2011 vs. 2005

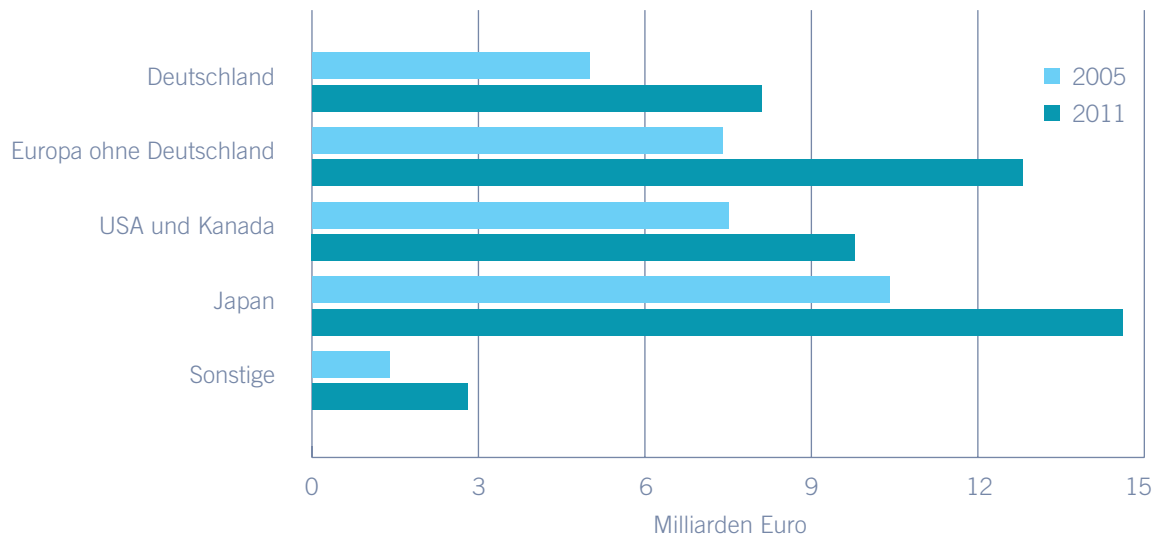
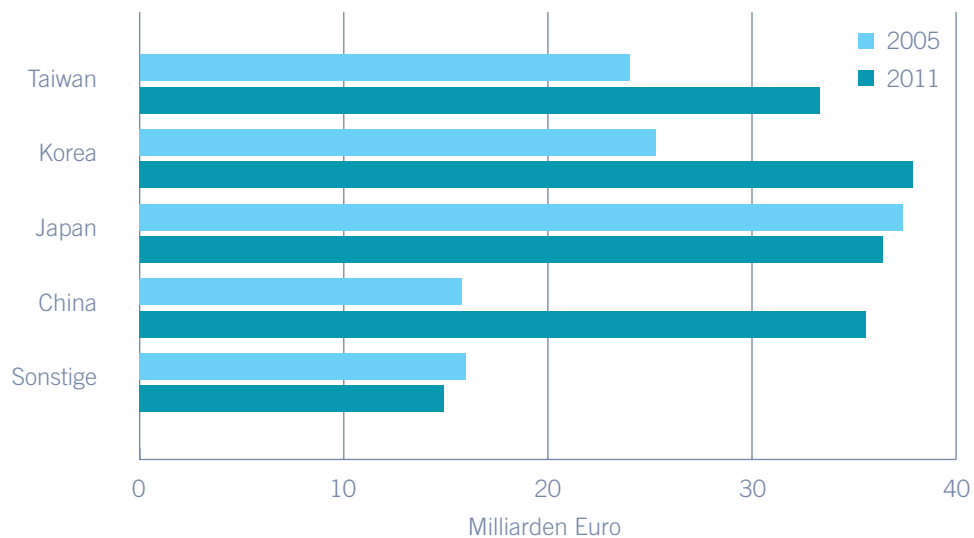


Abbildung 20: Informationstechnisch bezogene Photonik,  
Produktion nach Ländern, 2011 vs. 2005

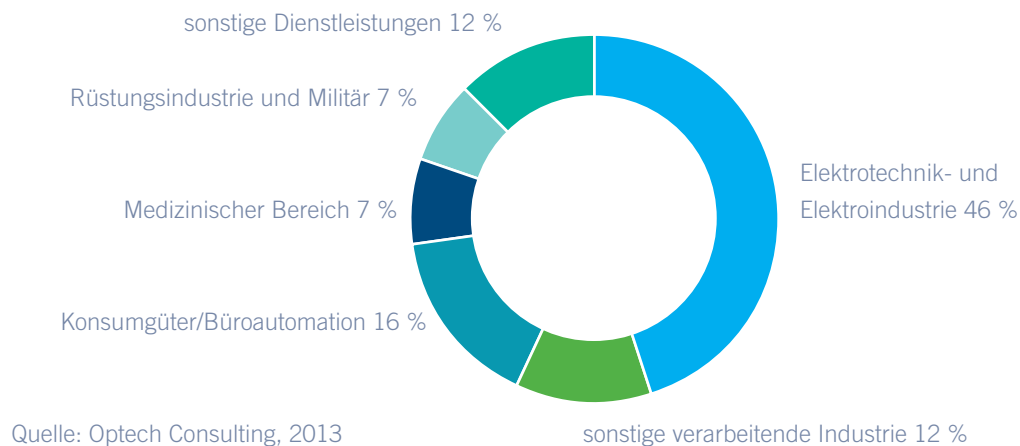


## PHOTONIK NACH ABSATZMÄRKTEN

Der wichtigste Absatzmarkt für Produkte der Photonik ist die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (160 Milliarden Euro). Sie fragt gut 70 % aller Komponenten nach (135 von 190 Milliarden Euro) und mehr als 10 % aller Systeme. Die dominierenden Produkte auf der Komponentenseite sind die Displays, auf der Systemseite Lithografiesysteme und Systeme der Lasermaterialbearbeitung. Zweitwichtigster Nachfragesektor ist der Konsumbereich (rund 55 Milliarden Euro). Hier ist auch der Bereich Büroautomatisierung eingeordnet. Die wichtigsten Produkte auf der Systemseite sind Digitalkameras, Laserdrucker und Multifunktionsdrucker, auf der Komponentenseite Lampen und LEDs. Es folgt der medizinische Bereich (rund 25 Milliarden Euro). Hier sind Endoskope und Mikroskope, bildgebende und analytische Systeme ebenso zugeordnet, wie Lasertherapiesysteme, Brillengläser und Kontaktlinsen.

Die sonstige verarbeitende Industrie steht ebenfalls für einen Nachfrageanteil von 12 %. Diese umfasst an erster Stelle den Maschinenbau, dem auch die Hersteller von Produktronik-Systemen zugeordnet sind. Wichtige Komponenten sind hier die Laserquellen für Lasermaterialbearbeitungs- und Lithografiesysteme sowie die Lithografieoptiken. Weiterhin ist in der sonstigen verarbeitenden Industrie die Automobilindustrie eingeordnet, die Laserbearbeitungssysteme nachfragt, Systeme der Bildverarbeitung & Messtechnik sowie Komponenten zur Integration in Automobile, wie beispielsweise optische Komponenten, optische Sensoren und Kameras.

Abbildung 21: Weltmarkt Photonik nach Anwendersektoren, 2011  
Total 350 Mrd. Euro



Das Militär und die Rüstungsindustrie stehen zusammen für einen Anteil von 7 % der Photonik-Nachfrage. Die sonstige Dienstleistung steht für 12 % der Nachfrage. Hierbei dominieren die Energieversorgung, der die Solarmodule zugeordnet sind, sowie die Telekommunikationsindustrie als Nachfrager optischer Netzwerkausrüstung.

Tabelle 4: Anwendersektoren der Photonik und nachgefragte Produkte

| Anwendersektor                                                                  | nachgefragte Systeme                                                                            | nachgefragte Komponenten                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, inkl. Halbleiter- und Displayindustrie | Lithographiesysteme, Systeme zur Lasermaterialbearbeitung, Bildverarbeitungssysteme, Messgeräte | Displays, Solarzellen, optische Laufwerke, Bildsensoren, Laser, optische Komponenten |
| Konsument/Büroautomation                                                        | Digitalkameras, Laserdrucker, Multifunktionssysteme                                             | Lampen                                                                               |
| Medizinischer Bereich                                                           | Endoskope, Mikroskope, bildgebende Systeme, analytische Systeme                                 | Brillengläser und Kontaktlinsen                                                      |
| Militär und Rüstungsindustrie                                                   | Sicht- und Infrarotbildsysteme, Ranging-Systeme, Feuerleitsysteme                               | Sensoren, Laser, Displays                                                            |
| Sonstige verarbeitende Industrie                                                |                                                                                                 |                                                                                      |
| ■ Maschinenbau                                                                  |                                                                                                 | Laser, Optiken                                                                       |
| ■ Automobilindustrie                                                            | Systeme zur Lasermaterialbearbeitung, Bildverarbeitungssysteme                                  | optische Komponenten, Sensoren, Kameras                                              |
| ■ Sonstige                                                                      | Systeme zur Lasermaterialbearbeitung, Bildverarbeitungssysteme, Messgeräte                      |                                                                                      |
| Sonstige Dienstleistung                                                         |                                                                                                 |                                                                                      |
| ■ Telekommunikation                                                             | Netzwerkausrüstung                                                                              |                                                                                      |
| ■ Energieversorgung                                                             | Solarmodule                                                                                     |                                                                                      |
| ■ Sonstige                                                                      | Biometriesysteme                                                                                |                                                                                      |

Quelle: Optech Consulting, 2013

## 2. PRODUKTIONSTECHNIK

| Produktionstechnik – Welt                                     |                     |       |           |                  |
|---------------------------------------------------------------|---------------------|-------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                                                  |                     | 2005  | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Lasersysteme und Laserquellen zur Materialbearbeitung         | Mrd. €              | 6,0   | 8,7       | 17,8             |
| Lithografiesysteme, Optiken, Laserquellen für die Lithografie | Mrd. €              | 6,8   | 11,3      | 21,8             |
| Gesamt                                                        | Mrd. €              | 12,8  | 19,9      | 39,6             |
| Wachstum                                                      |                     |       | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt                                           | CAGR <sup>1</sup> % |       | 7,7       | 7,9              |
| Produktionstechnik – Deutschland                              |                     |       |           |                  |
| Inlandsproduktion und Beschäftigung                           |                     | 2005  | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Inlandsproduktion Gesamt                                      | Mrd. €              | 1,9   | 3,3       | 7,9              |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich                          | Anzahl              | 9.400 | 12.800    | 20.800           |
| Wachstum                                                      |                     |       | 2005–2011 |                  |
| Inlandsproduktion Gesamt                                      | CAGR <sup>1</sup> % |       | 10,1      |                  |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich                          | CAGR <sup>1</sup> % |       | 5,3       |                  |
| Quelle: Optech Consulting, 2013                               |                     |       |           |                  |

### PRODUKTE

Produktionssysteme, die auf Photonik beruhen, sind einerseits die Lasersysteme zur Materialbearbeitung und andererseits die Lithografiesysteme. Komponentenseitig werden die Laserquellen zum Einsatz in diesen Systemen berücksichtigt<sup>2</sup> sowie die Optiken für die Lithografiesysteme. Optische Messsysteme für die Fertigungstechnik sind unter Bildverarbeitung & Messtechnik (Kapitel 3) eingeordnet.

Die Lasersysteme zur Materialbearbeitung umfassen Maschinen und Anlagen, die das Licht eines Lasers als Werkzeug nutzen, um Materialien zu bearbeiten. Die derzeit wichtigsten Laserverfahren sind Schneiden, Schweißen und Beschriften. Weiterhin sind generative Verfahren zu nennen, mit denen Objekte dreidimensional aufgebaut werden können. Bei der Herstellung von Halbleitern, Leiterplatten, Flachdisplays und Solarzellen kommen weitere Laserbearbeitungsverfahren zum Einsatz. Bei integrierten Schaltkreisen spielt das Lasertrimmen eine wichtige Rolle, bei Leiterplatten das Bohren von Durchkontaktierungen, bei der Herstellung von Displays werden Laser zur Strukturierung, für das Annealing von Silizium und zur Erhöhung der Ausbeute eingesetzt. Auch bei der Herstellung von Solarzellen dienen Laser zur Strukturierung.

In Deutschland ist die Strukturierung und der Abtrag (Funktionalisierung) von Oberflächen ein wichtiges Anwendungsfeld der Lasermikrobearbeitung. Diese finden unter anderem in der Solar- und Halbleitertechnik sowie in der Medizintechnik Anwendung.

<sup>1</sup> In der vorliegenden Studie sind Wachstumsraten (CAGR) aus den ungerundeten Zahlenwerten berechnet.

<sup>2</sup> Technische Lampen für die Produktionstechnik wurden zur Vereinfachung im Bereich Lichtquellen eingeordnet.

Die eingesetzten Laserquellen umfassen heute vor allem CO<sub>2</sub>- und Festkörperlaser, teilweise kommen auch Excimer- und Diodenlaser zum Einsatz. Festkörperlaser sind heute überwiegend in diodengepumpter Technologie ausgeführt, als Faser-, Stab- oder Scheibenlaser.

Lithographiesysteme umfassen vor allem die sogenannten Waferstepper für die Halbleiterproduktion. Weiterhin sind hier Scanner für die Flachdisplayproduktion, Maskenschreiber sowie sonstige Belichter auf Basis von Lampen und Laser-Direct-Imaging-Systeme, etwa für die Herstellung von Leiterplatten, einbezogen.

Bei den Wafersteppern dominieren heute DUV-Systeme (Deep Ultra Violet), die mit Excimerlasern ausgerüstet sind. Mit Hilfe der Immersionstechnik<sup>3</sup> lassen sich Strukturgrößen weit unterhalb der verwendeten Lichtwellenlänge erzeugen. Für weiter abnehmende Strukturgrößen wird die EUV-Technologie (Extreme Ultra Violet) entwickelt. Erste Systeme wurden an Halbleiterhersteller ausgeliefert. Bei der EUV-Technologie wird mit Hilfe eines Plasmas extrem kurzwelliges UV-Licht erzeugt. Als Lichtquelle kommen ein Laser-erzeugtes Plasma oder ein sogenanntes Pinch-Plasma in Frage.

In der Displayproduktion projizieren Scanner das Layout von der Maske auf das Panel. In der Leiterplattenproduktion übertragen Laser-Direct-Imaging-Systeme das Layout direkt vom Rechner auf die Leiterplatten. Diese Technologie kommt zunehmend zur Anwendung, während weit überwiegend noch Filme erstellt und das Layout mittels Lampenbelichtern auf die Leiterplatten übertragen wird<sup>4</sup>. Weiterhin werden Laserschreiber zur Herstellung von Masken für Displays und Integrierte Schaltungen (ICs) eingesetzt.

## AUSWIRKUNGEN AUF WEITERE INDUSTRIEBEREICHE

Der Erfolg der Laserbearbeitungsverfahren ergibt sich daraus, dass sie zentralen Anforderungen der Fertigungstechnik gerecht werden. Die Vorteile der Laserverfahren für die Anwenderindustrien beinhalten Automatisierung, Flexibilisierung, Qualitätssteigerung und Miniaturisierung. Das Werkzeug Laser ermöglicht eine berührungsfreie Bearbeitung, geringe Rüstkosten durch Programmierbarkeit und eine hohe Prozessfähigkeit durch präzise Steuerbarkeit. Insbesondere an Hochlohnstandorten resultieren wesentliche Vorteile für die Wettbewerbsfähigkeit industrieller Fertigung.

| Vorteile der Lasermaterialbearbeitung und -lithografie |                 |                  |                  |
|--------------------------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
|                                                        | Automatisierung | Flexibilisierung | Miniaturisierung |
| Schneiden                                              | X               | X                |                  |
| Schweißen                                              | X               | X                | X                |
| Beschriften                                            | X               | X                | X                |
| Mikrobearbeitung                                       | X               | X                | X                |
| Mikrolithografie                                       |                 |                  | X                |
| Laser Direct Imaging                                   |                 | X                | X                |
| Quelle: Optech Consulting, 2013                        |                 |                  |                  |

Neben den Anwendern profitiert auch die Werkzeugmaschinenindustrie von den neuen Laserfertigungsverfahren. So sind Lasermaschinen zu einem wichtigen Umsatzträger der deutschen Werkzeugmaschinenhersteller geworden. Mit einem Produktionsvolumen von einer Milliarde Euro tragen sie inzwischen wesentlich zur deutschen Werkzeugmaschinenproduktion bei, die mit einem Volumen von 13,1 Milliarden Euro im Jahr 2011 [5] weltweit den dritten Platz belegt.

<sup>3</sup> Bei der Immersionstechnik wird die Luft im Spalt zwischen der letzten Linse und der Wafer-Oberfläche durch eine Flüssigkeit mit hohem Brechungsindex ersetzt.

<sup>4</sup> Leiterplattenbelichter mit Lampen sowie Filmbelichter für die Leiterplattenherstellung werden hier nicht weiter betrachtet.

## WELTMARKT

Der globale Markt für Photonik-Systeme und -Komponenten zur Materialbearbeitung und Lithografie umfasste im Jahr 2011 ein Volumen von rund 20 Milliarden Euro, wovon 8,7 Milliarden Euro auf Lasersysteme und Laserquellen zur Materialbearbeitung und 11,3 Milliarden Euro auf Lithographiesysteme sowie Laserquellen und Optiken für die Waferstepper entfielen. Die Daten zur Lasermaterialbearbeitung und zu lithografischen Verfahren beruhen weitgehend auf Marktstudien von Optech Consulting [6, 7, 8, 9, 10].

Der Weltmarkt für Lasersysteme zur Materialbearbeitung im Jahr 2011 betrug rund 6,5 Milliarden Euro<sup>5</sup>. Hiervon entfielen drei Viertel auf Lasersysteme zum Schneiden, Schweißen, Beschriften und generative Verfahren und ein Viertel auf Laserbearbeitungssysteme für die Herstellung von Halbleitern, Leiterplatten, Flachdisplays und Solarzellen. Die Laserquellen für die Materialbearbeitung erreichten 2011 ein Marktvolumen von rund 2 Milliarden Euro. Dies beinhaltet überwiegend CO<sub>2</sub>-Laser und Festkörperlaser, vor Excimer- und Diodenlasern. Die Festkörperlaser subsumieren Faserlaser, Stablaser und Scheibenlaser.

Der Weltmarkt für Lithographiesysteme umfasste im Jahr 2011 ein Volumen von gut acht Milliarden Euro. Das Schwergewicht bilden hier die Waferstepper. Marktführer ASML aus den Niederlanden erzielte im Jahr 2011 einen Gesamtumsatz von 5,65 Milliarden Euro und schreibt sich bei Wafersteppern einen Marktanteil von 75 % bis 80 % zu, vor Nikon, dem Anbieter mit dem nächstgrößeren Anteil [11]. Systemseitig tragen weiterhin die Scanner für die Flachdisplayproduktion, Maskenschreiber und Laser-Direct-Imaging-Systeme zum Marktvolumen bei, komponentenseitig die Objektive und Excimerlaser für die DUV- und EUV-Waferstepper.

## MARKTENTWICKLUNG SEIT 2005

Im Jahr 2005 betrug der Weltmarkt für Systeme und -Komponenten zur Lasermaterialbearbeitung und Lithografie 12,75 Milliarden Euro, wovon 5,95 Milliarden Euro auf Lasersysteme und Laserquellen zur Materialbearbeitung entfielen. 6,8 Milliarden Euro entfielen auf Lithographiesysteme sowie auf die Laserquellen und Optiken für die Waferstepper [1]. Damit ist der Markt bis zum Jahr 2011 in Summe auf Euro-Basis mit 7,7 % pro Jahr gewachsen, in US-Dollar mit 9,7 % pro Jahr. In der Lasermaterialbearbeitung betrug das Wachstum auf Basis US-Dollar 8,4 % pro Jahr, in der Lithografie 10,7 %. Die Erwartung aus der Vorläuferstudie wurde trotz des Rückschlages im Krisenjahr 2009 übertroffen. Die positiver als erwartete Entwicklung ist auf den Bereich Lithografie zurückzuführen, wobei anzumerken ist, dass 2011 ein außerordentlich umsatzstarkes Jahr für die Lithografieausrüstung war.

## MARKTPROGNOSE

Bis zum Jahr 2020 wird erwartet, dass das Marktvolumen für Systeme der Lasermaterialbearbeitung und Lithografie auf rund 40 Milliarden Euro ansteigt, entsprechend einer jährlichen Zuwachsrate von rund 8 %. Hierbei wird für die Bereiche Lithografie und Lasermaterialbearbeitung gleichermaßen ein Wachstum in der Größenordnung von 8 % erwartet. Für die Lasermaterialbearbeitung folgt die Prognose den Marktstudien von Optech Consulting (vgl. weiter oben). Für die Lithografie waren keine Prognosen bis zum Jahr 2020 verfügbar. Die Meinungen der konsultierten Experten zur zukünftigen Marktentwicklung für Mikrolithographiesysteme gingen weit auseinander. Während ein Teil der Experten Zuwachsraten von 10 % pro Jahr für möglich hielt, lagen die Schätzungen anderer Experten unter 8 %. Bei den konservativen Schätzungen wurde insbesondere auf erwartete Preisrückgänge und / oder Durchsatzsteigerungen bei den EUV-Steppern verwiesen. Auch die Lithografie in anderen Bereichen, wie im Leiterplatten- und Displaybereich, bietet weiteres Marktwachstum, getrieben von mengenmäßigen Produktionssteigerungen in Verbindung mit steigenden technologischen Anforderungen.

<sup>5</sup> Diese Angabe bezieht sich auf Lasersysteme. Davon zu unterscheiden sind Summenangaben für Lasersysteme und Laserquellen.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Die Arbeitsgemeinschaft Laser und Lasersysteme im VDMA führt seit 15 Jahren eine Mitgliederstatistik zum Produktionsvolumen von Lasern und Lasersystemen zur Materialbearbeitung. Zentrale Ergebnisse werden jeweils auf Pressekonferenzen veröffentlicht [12]. Danach erzielten die Mitgliedsfirmen, inklusive Auslandsstandorten, im Jahr 2011 im Bereich Laserquellen einen Umsatz von 655 Millionen Euro und im Bereich Lasersysteme von 1,04 Milliarden Euro. Weiterhin hat die Arbeitsgemeinschaft Laser und Lasersysteme im VDMA im Februar 2013 eine Mitgliederbefragung unter den deutschen Herstellern von Lasern und Lasersystemen zur Materialbearbeitung durchgeführt, zu Umsatz und Beschäftigung, F&E-Quote, Zulieferanteilen und Abnehmerbranchen. Abgefragt wurde weiterhin die Umsatzerwartung bis zum Jahr 2015 bzw. bis zum Jahr 2020. Die Ergebnisse dieser Befragung wurden in die Gesamtdaten einbezogen<sup>6</sup>.

Der Industrieverband SPECTARIS hat ein Positionspapier erstellt zum Thema „Optische Industrie als Halbleiterzulieferer – Innovative Branche mit hoher Wertschöpfung am Fertigungsstandort Deutschland“. Darin wird festgestellt, dass deutsche Unternehmen in diesem Markt mit optischen und feinmechanischen Produkten einen Umsatz von zwei Milliarden Euro erwirtschaften. Darin enthalten sind Optiken für die Mikrolithografie, ebenso wie Laserquellen für diese Anwendung, sowie sonstige Lithografiesysteme für die Halbleiterfertigung. Weiterhin sind Messsysteme für die Halbleitertechnik enthalten, die in der vorliegenden Studie im Bereich Bildverarbeitung & Messtechnik eingeordnet sind (Kapitel 3).

Das heimische Produktionsvolumen in Deutschland im Bereich der Photonik-basierten Produktionstechnik lag im Jahr 2011 bei 3,3 Milliarden Euro. Hiervon entfielen jeweils rund die Hälfte auf Laser und Lasersysteme zur Materialbearbeitung bzw. auf Lithografiesysteme und die zugehörigen Komponenten. Am Standort Deutschland waren 12.800 Mitarbeiter beschäftigt (2005: 9.400). Hinzu kamen im Jahr 2011 rund 3.000 Mitarbeiter im Zulieferbereich.

Der Standort Deutschland hält damit einen Anteil von 20 % an der weltweiten Produktion von Lasern und Lasersystemen für die Materialbearbeitung. Besonders hoch ist der Anteil bei den Laserquellen mit rund 35 %. Carl Zeiss liefert bekanntermaßen die Objektive für die Waferstepper von ASML. Die Carl Zeiss SMT GmbH weist für das Geschäftsjahr 2010/2011 bzw. 2011/2012 einen Umsatz von 1.378 Milliarden Euro [13] bzw. 967 Millionen Euro [14] aus (zum Vergleich 2004/2005: 673 Millionen Euro [15]). Im Jahr 2011 betrug der Weltmarktanteil von ASML bei Wafersteppern 75 % bis 80 % [11].

## ENTWICKLUNG BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND SEIT 2005

Seit dem Jahr 2005 hat die Beschäftigung im Bereich der Photonik-basierten Produktionstechnik in Deutschland (ohne Zulieferung) um insgesamt 3.400 auf 12.800 Mitarbeiter zugenommen oder um 5,3 % pro Jahr. Demgegenüber wuchs der Umsatz um 10,1 % pro Jahr, wobei das Umsatzwachstum durch die außerordentlich gute Entwicklung des Lithografiemarktes im Stichjahr 2011 über dem langjährigen Trend liegt.

## ERWARTUNG INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Im Referenzzeitraum 2005 bis 2011 konnte der Standort Deutschland überproportional vom Weltmarktwachstum in der Produktionstechnik profitieren. Im Bereich der Lasermaterialbearbeitung waren in den letzten Jahren zwei unterschiedliche Trends zu beobachten. Einerseits bauten deutsche Unternehmen Fertigungskapazität im Wachstumsmarkt Asien auf, andererseits profitierte der Standort Deutschland von Produktionsausweitungen in- und ausländischer Unternehmen, vor allem im Bereich Laserquellen. Im Bereich Lithografie war das Produktionswachstum am Standort Deutschland zu einem bedeutenden Teil mit dem Erfolg des Stepper-Herstellers ASML in den Niederlanden verknüpft. Auch wenn sich spezifische Konstellationen nicht auf ein Jahrzehnt vorhersagen lassen, ist die bewiesene Stärke des Standorts

<sup>6</sup> Eine Einzeldarstellung der Befragungsergebnisse erfolgt hier aus Vertraulichkeitsgründen nicht.

Deutschland in diesem Bereich Grund genug, auch weiterhin von einer Teilhabe am Weltmarktwachstum auszugehen. Diese Einschätzung deckt sich mit dem Ergebnis der aktuellen Mitgliederbefragung der Arbeitsgemeinschaft Laser und Lasersysteme im VDMA.

Zieht man diese Faktoren in Betracht, dann ergibt sich auf Basis des erwarteten langfristigen Weltmarktwachstums von rund 8 % pro Jahr die Erwartung eines Produktionswachstums am Standort Deutschland in der Größenordnung von 10 % jährlich und ein Beschäftigungswachstum von 5,5 % pro Jahr. Entsprechend dieser Erwartung würde das heimische Produktionsvolumen auf nahezu acht Milliarden Euro im Jahr 2020 ansteigen und die Mitarbeiterzahl (ohne Zulieferbereich) auf rund 20.800, bzw. mit Zulieferbereich auf rund 24.000.

## ENTWICKLUNG WELTMARKT UND INLANDSPRODUKTION DEUTSCHLAND 2012

Die weltweite Aufnahmefähigkeit für Lasersysteme zur Materialbearbeitung erreichte 2012 nach Berechnung von Optech Consulting ein Rekordvolumen von 7,9 Milliarden Euro, 9 % mehr als im Vorjahr [16]. Es sei darauf hingewiesen, dass die Produktabgrenzungen in der vorliegenden Studie aus systematischen Gründen anders gewählt sind, als sie Optech Consulting bei seinen Marktstudien und Pressemitteilungen verwendet. Der Wert von 7,9 Milliarden Euro kann daher nicht direkt mit Daten in der vorliegenden Studie verglichen werden, wohl aber die Steigerungsrate von 9 % auf Euro-Basis.

Die Arbeitsgemeinschaft Laser und Lasersysteme im VDMA schätzt die Entwicklung der deutschen Laserindustrie, mit Bezug auf die genannten 9 % Weltmarktwachstum, wie folgt ein: „Trotz breiter Verunsicherung und beeinträchtigter Investitionsneigung in etlichen seiner europäischen „Heimmärkte“ gelang es der deutschen Laserindustrie, an dieser Expansion voll zu partizipieren.“

### 3. BILDVERARBEITUNG & MESSTECHNIK

| Bildverarbeitung & Messtechnik – Welt        |        |        |           |                  |
|----------------------------------------------|--------|--------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                                 |        | 2005   | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Bildverarbeitung                             | Mrd. € | 7,3    | 9,8       | 17,0             |
| Messtechnik                                  | Mrd. € | 11,6   | 18,3      | 35,9             |
| Gesamt                                       | Mrd. € | 18,9   | 28,1      | 52,9             |
| Wachstum                                     |        |        | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt                          | CAGR % |        | 6,8       | 7,3              |
| Bildverarbeitung & Messtechnik – Deutschland |        |        |           |                  |
| Inlandsproduktion und Beschäftigung          |        | 2005   | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Inlandsproduktion Gesamt                     | Mrd. € | 3,1    | 4,9       | 8,9              |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich         | Anzahl | 21.400 | 25.300    | 33.500           |
| Wachstum                                     |        |        | 2005–2011 |                  |
| Inlandsproduktion Gesamt                     | CAGR % |        | 7,5       |                  |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich         | CAGR % |        | 2,8       |                  |
| Quelle: Optech Consulting, 2013              |        |        |           |                  |

#### 3.1 BILDVERARBEITUNG

##### PRODUKTE

Die Produkte in der Bildverarbeitung umfassen einerseits die Systeme (inkl. Software) sowie die zugehörigen Komponenten<sup>1</sup>. Die weitaus meisten Bildverarbeitungssysteme werden heute in der industriellen Produktion eingesetzt, die nichtindustriellen Anwendungen spielen eine geringere Rolle. Heute sind, weltweit betrachtet, die wichtigsten Anwenderbranchen die Halbleiterindustrie, die Elektronikindustrie und die Flachbildschirmindustrie. Für die nichtindustriellen Anwendungen, namentlich konsumnahe Anwendungen, Sicherheitstechnik und Medizintechnik, wird zukünftig ein zunehmender Anteil erwartet.

Infolge der besonderen Industriestruktur in Deutschland und Europa sind für die deutschen Hersteller von Bildverarbeitungssystemen die Automobilindustrie und deren Zulieferer der wichtigste Nachfragesektor (28,9 %), gefolgt von der Elektro-, Elektronik- und Halbleiterindustrie (13,7 %)². Die weitere verarbeitende Industrie steht für 44,8 % der Nachfrage, wie Glas-, Gummi-, Kunststoff-, Pharma- und Kosmetikindustrie, während nichtindustrielle Anwendungen 12,6 % der Nachfrage ausmachen³.

<sup>1</sup> Die Systeme umfassen anwendungsspezifische und konfigurierbare Systeme. Die Komponenten umfassen Kameras, Framegrabbers, Beleuchtung und optische Komponenten.

<sup>2</sup> Daten aus Erhebungen des VDMA, private Mitteilung.

<sup>3</sup> Typische Beispiele sind hier das Unterscheiden von Leberfleck und Melanom, das automatische Erkennen von Gegenverkehr auf der Fahrbahn, das Lesen von Nummernschildern und Überweisungsträgern oder die Identifikation von Personen durch Iriserkennung oder das Scannen von Fingerabdrücken.

### Gesamtumsatz Industrielle Bildverarbeitung 2010–2011 Deutschland nach Kundenbranchen

| Bildverarbeitungsumsatz (Systeme)<br>nach Kundenbranchen | 2010* | Anteil am Umsatz<br>2011 | Veränderung in %<br>2011/2010 |
|----------------------------------------------------------|-------|--------------------------|-------------------------------|
| Automotive                                               | 28,5  | 28,9                     | 40,0                          |
| Befüllen/Verpacken                                       | 0,8   | 0,7                      | 9,7                           |
| Nahrungsmittel                                           | 1,4   | 0,3                      | -71,5                         |
| Glas                                                     | 9,5   | 8,2                      | 10,6                          |
| Metall                                                   | 6,9   | 8,6                      | 60,1                          |
| Pharma und Kosmetik                                      | 9,2   | 9,3                      | 30,2                          |
| Gummi und Kunststoff                                     | 5,5   | 5,7                      | 32,6                          |
| Drucken                                                  | 1,7   | 2,1                      | 59,2                          |
| Elektrik/Elektronik (ohne Halbleiter)                    | 8,8   | 12,1                     | 77,4                          |
| Halbleiter                                               | 4,5   | 1,6                      | -55,4                         |
| Medizinische Geräte                                      | 3,0   | 3,4                      | -45,5                         |
| Holz und Papier                                          | 6,3   | 5,3                      | 8,0                           |
| Andere Industrien                                        | 3,0   | 1,1                      | -54,3                         |
| Verarbeitende Industrie gesamt                           | 87,1  | 87,4                     | 28,6                          |
| Nicht-industrielle Branchen**                            | 12,9  | 12,6                     | 25,0                          |
| Gesamt                                                   | 100,0 | 100,0                    | 28,1                          |

Quelle: VDMA, Industrielle Bildverarbeitung

\* revidierte Werte durch veränderten Teilnehmerkreis und rückwirkende Korrekturen

\*\* Dokumentenverarbeitung, Unterhaltung, Intelligente Verkehrssysteme, Logistik und Postsortierung, Mikroskope & Life Science, Sicherheit & Überwachung, Militär & Verteidigung und andere

## AUSWIRKUNGEN AUF WEITERE INDUSTRIEBEREICHE

Die wichtigsten Aufgaben der Bildverarbeitungssysteme in der industriellen Produktion sind Produktionsüberwachung und Steuerung sowie die Qualitätssicherung. Mit diesen Aufgaben ist die Bildverarbeitung ein wesentlicher Bestandteil der industriellen Produktion. Wenn Komponenten zusammengefügt werden, dann ermöglicht die Bildverarbeitung, dies „intelligent“ zu tun, beispielsweise indem Toleranzen erkannt und berücksichtigt werden. Dies trifft auf nahezu alle Anwendungsbereiche der Bildverarbeitung zu, von der Automobilindustrie bis zur Flachbildschirmproduktion. Durch den Einsatz der Bildverarbeitung können geringe Toleranzen und somit hohe Qualitätsanforderungen erreicht werden. Weiterhin kann Material eingespart und eine hohe Sicherheit des Produktionsprozesses erreicht werden. Diese Zusammenhänge verdeutlichen die Bedeutung der Bildverarbeitung, insbesondere für die automatisierte Fertigung an Hochlohnstandorten.

## WELTMARKT

Der Weltmarkt für Systeme und Komponenten zur Bildverarbeitung umfasste im Jahr 2011 ein Volumen von rund zehn Milliarden Euro. Dieser Wert ergibt sich aus einer Hochrechnung von Daten zu Deutschland (1,5 Milliarden Euro), den USA (1,9 Milliarden US-Dollar), Japan und Korea. Für diese Länder waren Daten verfügbar, wenn auch zu unterschiedlichen Jahren und mit unterschiedlichen Definitionen [17, 18, 19, 20].

## MARKTENTWICKLUNG SEIT 2005

Im Jahr 2005 betrug das Weltmarktvolumen für Bildverarbeitungssysteme und -komponenten ca. 7,3 Milliarden Euro, das jährliche Wachstum seither lag bei rund 5 %. Das Produktionsvolumen in Deutschland ist in demselben Zeitraum von 1,016 Milliarden Euro auf 1,511 Milliarden Euro angestiegen [17]. Dies entspricht einem Zuwachs von 6,8 % pro Jahr. In Nordamerika nahm der Absatz von 1,5 Milliarden US-Dollar (1,2 Milliarden Euro) im Jahr 2005 auf 1,9 Milliarden US-Dollar (1,35 Milliarden Euro) im Jahr 2011 zu, entsprechend einer jährlichen Wachstumsrate von 4,0 % auf US-Dollar-Basis und von 2,1 % auf Euro-Basis.

## VERGLEICH MIT PROGNOSE 2005

In der Vorläuferstudie aus dem Jahr 2005 wurde ein Wachstum für die Bildverarbeitung und optische Messtechnik von durchschnittlich 8 % pro Jahr bis 2015 vorhergesagt. Das tatsächliche Wachstum in den Jahren 2005 bis 2011 in der Bildverarbeitung blieb mit rund 5 % auf Euro-Basis bzw. 7 % auf US-Dollar-Basis dahinter zurück. Das Marktsegment litt besonders stark unter der Rezession im Jahr 2009. Die Erholung seither führte zwar zu neuen Markthöchstständen, das Wachstum für die Jahre 2005 bis 2011 liegt dennoch unterhalb der früheren Erwartungen.

## MARKTPROGNOSE

Nach den Erhebungen des US-Branchenverbandes Automated Imaging Association (AIA) betrug der Weltmarkt für Bildverarbeitungssysteme im Jahr 1998 ca. 4,6 Milliarden Euro [21]. Zusammen mit den weiter oben abgeleiteten Daten zum Weltmarkt ergibt sich für den Zeitraum 1998 bis 2005 eine mittlere jährliche Wachstumsrate von rund 7 %. Das Umsatzvolumen deutscher Hersteller von Bildverarbeitungssystemen nahm in den Jahren 2001 bis 2011 um durchschnittlich 8,7 % pro Jahr zu. Für Nordamerika ergibt sich für den denselben Zeitraum dagegen lediglich eine Zunahme um durchschnittlich 2,6 % jährlich (0,6 % jährlich auf Euro-Basis). Für die asiatischen Märkte liegen keine Langzeitreihen vor. Aktuelle Daten zu China und Korea weisen auf höhere einstellige Wachstumsraten hin. Fügt man die stark divergierenden Daten zu einem Gesamtbild zusammen und beachtet, dass die fundamentalen Wachstumstreiber langfristig angelegt sind, ergibt sich die Erwartung eines Marktwachstums von weltweit rund 6,5 % bis zum Jahr 2020.

Die Anwendung der Bildverarbeitung wird getrieben durch

- die Miniaturisierung der Bildverarbeitungssysteme.
- steigende Rechnerleistungen, die komplexere Aufgaben ermöglichen.
- die Kostendegression bei Bildverarbeitungssystemen.
- die einfachere Bedienbarkeit durch zunehmende Standardisierung.

Wachstumspotenziale ergeben sich insbesondere auch bei Anwendungen wie

- Anwendungen in der Medizintechnik (Automatisierung Laborbetrieb, Diagnoseunterstützung).
- Ausstattung von Kraftfahrzeugen mit Einparkhilfen und Spurwechselassistenten.
- Anwendungen in der Landtechnik (Präzisionsackerbau).
- Sicherheitstechnik (z. B. automatisches Erkennen verdächtiger Vorfälle). Dies beinhaltet zum Teil komplexe Aufgaben, wie z. B. im Sicherheitsbereich, wenn im Außenbereich verschiedene Wetterverhältnisse zu berücksichtigen sind.

## WACHSTUMSFELD BIOMETRIE UND SICHERHEITSTECHNIK

Viele Verfahren der Biometrie beruhen auf optischen Verfahren und beinhalten optische Sensorik (Bildsensoren) sowie Bildverarbeitung. Die marktmäßigen Schwerpunkte bilden die Gesichtserkennung und die Fingerabdruckerkennung. Letztere umfasst die AFIS (Automated Fingerprint Identification Systems), die im Bereich der Kriminalistik eingesetzt werden, sowie biometrische Fingerabdruckerkennungssysteme, die der Zugangskontrolle dienen. Die biometrische Zugangskontrolle ersetzt Passwörter, ID-Karten oder sonstige Zugangskontrollverfahren, für den Zugriff auf Notebooks und Geräte ebenso wie für den Zugang zu Gebäuden und Sicherheitsbereichen.

Für das Jahr 2009 sind Daten aus zwei Marktstudien publiziert, die den Biometriemarkt bei 2,7 bzw. 4,6 Milliarden US-Dollar sehen [22, 23]. Die Differenz dürfte vor allem durch unterschiedliche Produktkreise bedingt sein. Es sei darauf hingewiesen, dass Marktstudien zur Biometrie nicht-automatisierte Fingerabdrucktechnik einbeziehen, nicht-optische Verfahren wie Stimmerkennung sowie auch die sogenannte „Middleware“ (erweiterte Software).

Zukünftiges Wachstum wird insbesondere für die Iris-, Venen- und Gesichtserkennung erwartet. Nach Anwendungsbereichen soll die Überwachung (Distanzerkennung von Gesicht oder Iris) durch Sicherheitsdienste und Militär stärker wachsen als die Bereiche Identifikation und Zugangskontrolle. Der Bereich Überwachung spielt bisher eine geringere Rolle, da die technischen Möglichkeiten derzeit eingeschränkt sind.

Companies and Markets schätzt in einer Studie von Anfang 2011, dass der weltweite Biometrie-Markt von fünf Milliarden US-Dollar im Jahr 2010 bis zum Jahr 2015 auf nahezu 12 Milliarden US-Dollar anwächst [24], entsprechend einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 18,9 %. Der größte Anteil entfällt dabei, derzeit und auch in Zukunft, auf den Markt für AFIS und biometrische Fingerabdruck-Technologien. Dieser Sektor wird von Companies and Markets auf 2,7 Milliarden US-Dollar (2010) geschätzt und soll eine Wachstumsrate (CAGR) von 19,6 % bis zum Jahr 2015 aufweisen und damit ein Volumen von fast 6,6 Milliarden US-Dollar erreichen. Das zweitgrößte Segment im Bereich der Biometrie, der Markt für Gesicht-, Iris-, Venen- und Spracherkennung, soll laut Companies and Markets von 1,4 Milliarden US-Dollar im Jahr 2010 auf 3,5 Milliarden US-Dollar im Jahr 2015 anwachsen, entsprechend einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 19,9 %.

Nach Einschätzung von Frost & Sullivan sind Massenüberwachung und Access Control Management durch Biometrie und Videoüberwachung in Asien (Singapur, Taiwan und Japan) bereits weit verbreitet [25]. Der wichtigste Wachstumsinhibitor seien die Kosten, Kosten für die Systeme selbst und versteckte Zusatzkosten für Middleware, Anwendungssoftware und die Systemintegration für die beträchtlichen Datenmengen.

Die genannten Marktstudien beziehen umfangreiche Systemkosten ein, ebenso wie Verfahren, die nicht auf Photonik beruhen. Für Photonik-Systeme in der Sicherheitstechnik wurde in der Vorläuferstudie ein Marktvolumen von ca. 300 Millionen Euro abgeschätzt [1], bei substantieller Überlappung mit dem Bereich Bildverarbeitung. Die entsprechende Zahl für 2011 dürfte beim zwei- bis dreifachen Wert liegen. Eine Detailanalyse dieses Bereiches übersteigt den Rahmen der vorliegenden Übersichtsstudie. Orientiert man sich am Markt der Bildverarbeitung, der wiederum einen substantiellen Teil des biometrischen Bildverarbeitungsmarktes einbezieht, ergibt sich ein Volumen dieser Größenordnung. Für die Bildverarbeitung in Deutschland, mit einem Produktionsvolumen von insgesamt rund 1,5 Milliarden Euro (2011), ma-

chen die nicht-industriellen Anwendungen rund 13 % (ca. 200 Millionen Euro) aus, wobei die Sicherheitstechnik einer der Umsatzträger ist, neben anderen wichtigen Bereichen wie Medizintechnik und Life Science, Dokumentverarbeitung oder Verkehrsleitsystemen. Der Anteil in anderen Regionen dürfte, wie weiter oben diskutiert, größer sein.

Schließlich sei darauf hingewiesen, dass biometrische Systeme auch als Teil des Segments Sicherheitstechnik klassifiziert werden können (vgl. Kapitel 12 „Sicherheits- und Verteidigungstechnik“).

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND, VERÄNDERUNG SEIT 2005

Der deutsche Branchenumsatz (Inland und Export) in der Bildverarbeitung im Jahr 2011 betrug 1,511 Milliarden Euro [17]. Damit hat die Branche einen neuen Umsatzrekord erzielt, der rund 50 % über dem Wert im Vergleichsjahr 2005 liegt (1,016 Milliarden Euro [26]). Der Umsatzeinbruch im Jahr 2009 (955 Millionen Euro) wurde durch Zuwächse von 32 % im Jahr 2010 und von 20 % im Jahr 2011 deutlich überwunden.

Bei der Beschäftigung hat der Umsatzeinbruch des Jahres 2009 dagegen bis heute deutliche Spuren hinterlassen. Im Jahr 2005 waren in Deutschland nach Hochrechnungen der Fachabteilung Industrielle Bildverarbeitung im VDMA auf Basis von Herstellerbefragungen 6.150 Mitarbeiter in der Branche in Deutschland beschäftigt. In den Jahren 2010 bzw. 2011 waren 6.250 bzw. 7.000 Mitarbeiter beschäftigt [27].

Die Branche ist durch kleine und mittelständische Unternehmen geprägt, auch wenn die durchschnittliche Unternehmensgröße wächst; im Jahr 2011 betrug diese 40 Mitarbeiter [27]. Bemerkenswert ist die Zusammensetzung der Belegschaften bei den in der Bildverarbeitung tätigen Unternehmen. Die Mitarbeiter haben zu ca. zwei Drittel Hochschul- oder Fachhochschulausbildung (Informatiker, Physiker).

## ERWARTUNG INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Die Produktion der deutschen Hersteller ist im Zeitraum 1996 bis 2005 von 256 Millionen Euro auf 1,016 Milliarden Euro gestiegen [26], entsprechend einer mittleren jährlichen Wachstumsrate von 16,5 %. Bis zum Jahr 2011 stieg das Produktionsvolumen weiter an auf 1,511 Milliarden Euro, entsprechend einer Zuwachsrate von 6,8 % (auf Basis US-Dollar 8,6 %). Die Erwartung im Jahr 2005 für das weitere Wachstum lag bei 10 % jährlich und wurde nicht erreicht. Die weltweite Marktentwicklung wurde jedoch übertroffen, d.h. es wurden Marktanteile hinzugewonnen. Die Erwartung für den Zuwachs der Beschäftigung lag damals bei 5 % jährlich und wurde mit einer Zuwachsrate von 2,3 % jährlich ebenfalls verfehlt.

Für den Zeitraum 2011 bis 2020 wird für den Weltmarkt eine Zuwachsrate von rund 6,5 % erwartet. Geht man, analog zum Referenzzeitraum 2005 bis 2011, von einer überproportionalen Partizipation des Standorts Deutschland aus, dann ergibt sich die Erwartung eines Umsatzwachstums von rund 7 % jährlich. Für den Beschäftigungszuwachs in Deutschland ergibt sich eine Zuwachsrate von gut 3 % und ein Anstieg der Anzahl der Beschäftigten (ohne Zulieferbereich) von 7.000 im Jahr 2011 auf 9.200 im Jahr 2020.

## 3.2 MESSTECHNIK

### PRODUKTE UND WELTMARKT

Die optische Messtechnik umfasst eine Vielzahl von Systemen, überwiegend für industrielle Einsatzbereiche. Das gesamte Weltmarktvolumen im Jahr 2011 betrug 18,3 Milliarden Euro<sup>4</sup>. Dies vergleicht sich mit einem Volumen von 11,6 Milliarden Euro im Jahr 2005, entsprechend einer mittleren jährlichen Wachstumsrate von 7,9 %. Der steigende Bedarf an optischer Messtechnik für Automatisierung und Qualitätssicherung in der industriellen Fertigung traf mit den wachsenden technischen Möglichkeiten der Messverfahren zusammen. Diese sind zunehmend technisch ausgereift und bieten ein attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis, obwohl optische Messverfahren im Vergleich zu anderen Messverfahren oft die teuersten Lösungen sind.

Das größte Segment stellen die Binärsensoren. Als Grenz- und Näherungsschalter zur Detektion der Anwesenheit eines Objekts bzw. groben Positionsbestimmung spielen sie eine wichtige Rolle beispielsweise in der Ablaufsteuerung technischer Anlagen. Deren Weltmarkt umfasste im Jahr 2011 rund 7 Milliarden Euro. Spektrometer umfassten ein Weltmarktvolumen von 3,5 bis 4,0 Milliarden Euro. Dies umfasst einerseits Laborspektroskopiegeräte<sup>5</sup> und andererseits Spektrometermodule. Letztere dienen zum Einbau in die Laborspektrometer sowie zur Integration in Prozesslinien (Online-Emissions- und -Immisionsüberwachung, Prozessüberwachung und -steuerung). Prozessintegrierte Spektrometer kommen in den verschiedensten Bereichen zum Einsatz, von der chemischen Industrie bis zur Abfalltrennung. Optische Messtechnik für die Halbleiterindustrie, mit Waferinspektionssystemen, Defect-Review-Systemen, Dünnschicht-Metrologiesystemen sowie Lithografie-Metrologiesystemen, erreichen ein Weltmarktvolumen von ca. 2 Milliarden Euro. Weitere Bereiche der optischen Messtechnik umfassen (Gesamtvolumen im Jahr 2011 ca. 5 Milliarden Euro):

- Messsysteme für die faseroptische Industrie/Netzwerkbetreiber. Dies sind Optical Time Domain Reflectometers (OTDR), Optical Light Sources, Optical Power Meters, Optical Loss Test Sets, Remote Fiber Test Systems und Optical Spectrum Analyzers. Weltmarktvolumen im Jahr 2011: 400 bis 500 Millionen Euro, entsprechend publizierten Daten von Frost & Sullivan [28].
- Messsysteme für den Bausektor und für die Geodäsie. Dies beinhaltet auch die sogenannten Lasertracker.
- Messgeräte für geometrische Größen wie z. B. Länge, Abmessungen, Form, Oberflächenstruktur etc. Dies sind beispielsweise Weißlichtinterferometer, Triangulatoren, Scanner oder auch Kamera-basierte Systeme.
- Messgeräte für dynamische Größen wie z. B. Beschleunigung, Schwingungen, dynamische Verformung. Zum Einsatz kommen beispielsweise Flugzeit- oder Speckle-Messsysteme.
- Messgeräte für Partikel (Konzentration, Größenverteilung, Bewegung).
- In Ausnahmefällen werden optische Messgeräte auch für die Messung anderer Größen wie Temperatur oder Druck eingesetzt.

### MARKTENTWICKLUNG SEIT 2005

Der Weltmarkt für optische Messsysteme stieg von 11,6 Milliarden Euro im Jahr 2005 auf 18,3 Milliarden Euro im Jahr 2011 an, entsprechend einer mittleren jährlichen Zuwachsrate von 7,9 % (bzw. 9,9 % auf US-Dollar-Basis). Die Marktentwicklung seit 2005 übertraf damit die Erwartungen aus der Vorläuferstudie mit einer Wachstumsprognose von 7,1 % für den Zeitraum 2005 bis 2015. Mit Zuwachsraten von 10 % zeigten Spektrometer besonders starkes Wachstum. Hier lagen die Wachstumserwartungen der während der Vorläuferstudie herangezogenen Marktstudien bei lediglich 4 %, für

<sup>4</sup> Nicht einbezogen sind hier Rangefinder und Infrarotsichtgeräte für die Bereiche Militär und Grenzschutz (vgl. Kapitel zu Sicherheits- und Verteidigungstechnik).

<sup>5</sup> Die Laborspektrometer umfassen die UV/VIS-Spektrometer, IR-Transmissions- und Fourier-Spektrometer und die Ramanspektrometer.

Prozessspektrometer noch darunter <sup>[29]</sup>. Messgeräte für geometrische und dynamische Größen sowie Lasertracker zeigten ebenfalls starkes Marktwachstum. Binärsensoren lagen mit ihren Zuwachsraten von 6 % bis 7 % jährlich etwas unter dem Bereichsdurchschnitt, aber über der Erwartung aus der Vorläuferstudie. Deutlich unterdurchschnittlich entwickelte sich dagegen die Nachfrage nach Messgeräten für die Faseroptik.

## MARKTPROGNOSE

In den großen Marktsegmenten, den Binärsensoren, Spektrometern, Halbleitermesssystemen und geometrischen Messsystemen, zeichnet sich derzeit keine grundlegende Änderung des langfristigen Wachstumstrends ab. Der zentrale Wachstumstreiber ist der Trend zu Automatisierung, Flexibilisierung und Qualitätskontrolle in der industriellen Fertigung. Dabei werden nicht nur mehr Sensoren benötigt, die Sensoren werden auch „intelligenter“ für den Einsatz in der flexiblen Automatisierung. Selbst in dem wenig günstigen gesamtwirtschaftlichen Umfeld in den Jahren 2005 bis 2011 führten diese Wachstumstreiber zu einem signifikanten Nachfrageanstieg.

Für die optische Messtechnik insgesamt gehen wir von einem Weltmarktwachstum um jährlich rund 7 % bis zum Jahr 2020 aus. Dies berücksichtigt einerseits das Weiterwirken der Wachstumstreiber und berücksichtigt andererseits vorsichtige Einschätzungen durch Marktteilnehmer angesichts des langen Prognosezeitraumes.

Für die optischen Messsysteme für die Halbleiterindustrie wird ein Zuwachs von 6 % bis 7 % pro Jahr erwartet. Dies entspricht dem Wachstum des Halbleitersausrüstungsmarktes in den letzten zehn Jahren. Gartner erwartet für Automated Test Equipment einen Nachfrageanstieg von 2,4 Milliarden US-Dollar im Jahr 2011 auf 3,3 Milliarden US-Dollar im Jahr 2016 <sup>[30]</sup>, entsprechend einer mittleren jährlichen Wachstumsrate von 6,5 %, während für den Halbleitersausrüstungsmarkt insgesamt nur ein marginales Wachstum von 65,8 Milliarden US-Dollar auf 67,9 Milliarden US-Dollar vorhergesagt wird.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Das heimische Produktionsvolumen in Deutschland im Bereich der optischen Messtechnik beträgt 3,4 Milliarden Euro (2011). Das Schwergewicht bilden die Binärsensoren. Mehrere umsatzstarke Hersteller optischer Sensoren sind in Deutschland beheimatet, wie zum Beispiel die Firmen Balluff, IFM, Leuze, Pepperl & Fuchs und Sick, aber auch eine Reihe kleinerer Unternehmen ist hier tätig. Weltweit betrachtet sind japanische Unternehmen die wichtigsten Konkurrenten. Weiterhin erreichen Spektrometer sowie Messgeräte für geometrische und dynamische Größen nennenswerte Produktionsvolumina. Für „Spektrometer, Photometer und -graphen, die optische Strahlen verwenden, mit elektronischen Bauelementen ausgerüstet“ weist das Statistische Bundesamt für 2011 ein Produktionsvolumen von 390 Millionen Euro aus <sup>[31]</sup>. Laut Statistischem Bundesamt produzieren in diesem Segment in Deutschland 22 Unternehmen. Weltweit sind weit über 100 Unternehmen mit der Produktion von Spektrometern beschäftigt, darunter Marktführer wie Shimadzu, Bausch&Lomb, Perkin Elmer, HP/Agilent oder Horiba. Unternehmen in Deutschland halten auch nennenswerte Marktanteile bei Messsystemen für geometrische und dynamische Größen. Bereiche der optischen Messtechnik, in denen Unternehmen in Deutschland vergleichsweise geringe Marktanteile haben, sind dagegen die Halbleitermesstechnik (hier dominieren Unternehmen aus den USA und aus Japan) sowie die Messtechnik für den Bau- und Geodäsiesektor.

Seit dem Jahr 2005 ist die deutsche Inlandsproduktion im Bereich der optischen Messtechnik von 2,1 Milliarden Euro auf 3,4 Milliarden Euro gestiegen, entsprechend einer mittleren jährlichen Wachstumsrate von gut 8 %. Die Anzahl der Beschäftigten nahm von 15.300 Personen im Jahr 2005 auf 18.300 Personen im Jahr 2011 zu, entsprechend einer jährlichen Zuwachsrate von rund 3 %.

## ERWARTUNG INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

In der optischen Messtechnik ist die Konkurrenz der deutschen Hersteller in Japan und Nordamerika angesiedelt, bei einzelnen Produkten auch in Frankreich und Großbritannien. Bei Standardprodukten wie Binärsensoren ist auch Konkurrenz aus weiteren asiatischen Ländern vorhanden. Hier besteht ein zunehmender Konkurrenz- und Preisdruck. Gleichzeitig verlangen die Kunden immer intelligentere Sensoren und Messgeräte. Hierin liegt die Chance, auch zukünftig die Marktanteile zu verteidigen und vom wachsenden Weltmarktvolumen zu profitieren. Gleichzeitig investieren deutsche Hersteller auch in Produktionsstätten in Asien.

Geht man von einer Partizipation des Standorts Deutschland am erwarteten Weltmarktwachstum analog zum Referenzzeitraum 2005 bis 2011 aus, dann ergibt sich auch für den Zeitraum 2011 bis 2020 ein deutlicher Zuwachs. Für die Inlandsproduktion ergibt sich eine Wachstumserwartung von 7 % pro Jahr, für die Beschäftigung von gut 3 % jährlich. Damit würde die Beschäftigung (ohne Zulieferbereich) von 18.300 Mitarbeitern im Jahr 2011 auf gut 24.000 Mitarbeiter im Jahr 2020 ansteigen.

## 4. MEDIZINTECHNIK & LIFE SCIENCE

| Medizintechnik & Life Science – Welt         |               |            |             |                  |
|----------------------------------------------|---------------|------------|-------------|------------------|
| Marktvolumen                                 |               | 2005       | 2011        | 2020 (Erwartung) |
| Endoskope und Zubehör                        | Mrd. €        | 2,4        | 4,1         | 8,5              |
| Mikroskope und Operationsmikroskope          | Mrd. €        | 2,4        | 3,6         | 6,2              |
| Therapeutische Lasersysteme und Laserquellen | Mrd. €        | 1,7        | 1,9         | 3,1              |
| Diagnostische und analytische Systeme        | Mrd. €        | 3,0        | 4,9         | 10,7             |
| <i>Gesamt Medizintechnik ohne Augenoptik</i> | <i>Mrd. €</i> | <i>9,5</i> | <i>14,6</i> | <i>28,5</i>      |
| Augenoptik                                   | Mrd. €        | 9,0        | 11,0        | 16,6             |
| Gesamt                                       | Mrd. €        | 18,6       | 25,6        | 45               |
| Wachstum                                     |               |            | 2005–2011   | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt                          | CAGR %        |            | 5,5         | 6,5              |
| Medizintechnik & Life Science – Deutschland  |               |            |             |                  |
| Inlandsproduktion und Beschäftigung          |               | 2005       | 2011        | 2020 (Erwartung) |
| Inlandsproduktion Gesamt                     | Mrd. €        | 2,9        | 4,3         | 8,3              |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich         | Anzahl        | 17.400     | 20.800      | 29.800           |
| Wachstum                                     |               |            | 2005–2011   |                  |
| Inlandsproduktion Gesamt                     | CAGR %        |            | 6,8         |                  |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich         | CAGR %        |            | 3,0         |                  |
| Quelle: Optech Consulting, 2013              |               |            |             |                  |

### PRODUKTE

Im vorliegenden Bereich werden Photonik-Systeme und -Komponenten für den Bereich Medizintechnik & Life Science betrachtet. Der Teilbereich Medizintechnik beinhaltet therapeutische und diagnostische Systeme für die In-vivo- und In-vitro-Diagnostik. Der Teilbereich Life Science schließt Systeme für die Forschung, insbesondere die Pharmaforschung und die Biotechnologie, ein. Wichtige Produkte sind Endoskope, augenoptische Produkte, Mikroskope und Operationsmikroskope, Therapielasersysteme sowie diagnostische und analytische Systeme.

Im Segment der Endoskope sind starre und flexible Endoskope zu unterscheiden. Letztere verwenden teilweise optische Faserbündel zur Bildübertragung, teilweise handelt es sich um Kameraendoskope. Schließlich sind die Kapselendoskope zu nennen, bei denen die Kamera als Kapsel durch den Verdauungstrakt wandert. Neben den eigentlichen Endoskopen werden Systemkomponenten einbezogen wie Kameras und Videozubehör (Kamerasteuerung, Monitore, Dokumentationssysteme).

In der Augenoptik werden Brillengläser und Kontaktlinsen einbezogen. Betrachtet werden die Herstellerumsätze, nicht jedoch die (deutlich höheren) Einzelhandelsumsätze.

Im Segment Mikroskope sind Licht- und Operationsmikroskope (OP-Mikroskope) zusammengefasst. Die Anwendungs-

bereiche der Lichtmikroskope sind die Forschung, die Labormedizin und zu einem geringeren Teil der industrielle Bereich. Da die Hersteller keine detaillierten Daten veröffentlicht sehen möchten, werden hier alle Licht- und OP-Mikroskope zusammengefasst.

Bei den Therapielasersystemen werden die Systeme für die Ophthalmologie, die Chirurgie sowie für kosmetische Behandlungen einbezogen.

Im Segment Medical Imaging und diagnostische Systeme werden insbesondere folgende Systeme einbezogen:

- CR-Systeme (Computed Radiography).
- Systeme für die optische Kohärenztomographie.
- Systeme für die ophthalmologische Diagnostik.
- Fluoreszenzdiagnostiksysteme.

Dagegen werden die anderen bildgebenden Verfahren, wie Kernspintomographie oder Ultraschalluntersuchungsgeräte, hier nicht betrachtet. Es handelt sich zwar um „Bild“-gebende Verfahren, die jedoch nicht wesentlich optische Technologien einsetzen. Auch werden Blutzuckermessgeräte und Pulsoximetriegeräte wegen des geringen Gehaltes optischer Technik hier nicht weiter betrachtet.

Schließlich sind im Segment sonstige Systeme der Labormedizin, Biotechnologie und Pharmaforschung unter anderem subsumiert:

- Kapillare Elektrophoresegeräte, DNA Sequenzer und Zellsortierer.
- Plate- und Arrayreader für die Einsatzbereiche Forschung, Wirkstoffentwicklung und Diagnostik.

## WELTMARKT

Die Photonik-Produkte im Bereich Medizintechnik & Life Science stehen insgesamt für ein Weltmarktvolumen von 25,6 Milliarden Euro (2011). Hiervon entfallen rund 11 Milliarden Euro auf die Augenoptik (Brillengläser und Kontaktlinsen) und 14,6 Milliarden Euro auf die übrigen Produkte wie Endoskopiesysteme, Mikroskope, Medical Imaging Systeme, Therapielasersysteme und Analysesysteme.

## MARKTENTWICKLUNG SEIT 2005

Der Weltmarkt für Photonik-Produkte im Bereich Medizintechnik & Life Science ist seit dem Jahr 2005 von 18,5 Milliarden Euro auf 25,6 Milliarden Euro (2011) angewachsen, entsprechend einem jährlichen Zuwachs von 5,5 % auf Euro-Basis und 7,5 % auf US-Dollar-Basis. Ohne die Augenoptik (Brillengläser und Kontaktlinsen) betrug das Wachstum 7,4 % bzw. 9,4 %. Das Wachstum für den Gesamtbereich in US-Dollar hat die Erwartung aus der Vorläuferstudie knapp erfüllt. Hinter den Erwartungen zurück blieb das Wachstum bei Lasertherapiesystemen und bei den Analysesystemen, während das Wachstum bei den Endoskopen die Erwartungen übertraf.

## MARKTPROGNOSE

Für die Photonik-Produkte im Bereich Medizintechnik & Life Science wird insgesamt erwartet, dass der Weltmarkt von 25,6 Milliarden Euro (2011) auf 45 Milliarden Euro im Jahr 2020 anwächst, entsprechend einer Zuwachsrate von 6,5 % pro Jahr. Ohne die Augenoptik liegt das erwartete Wachstum bei 7,8 % pro Jahr.

## ENDOSKOPE

Die wichtigsten Einsatzgebiete der Endoskopie in der Humanmedizin sind:

- starre Endoskopie: Viszeralchirurgie, Orthopädie, Urologie, Gynäkologie.
- flexible Endoskopie: Gastroenterologie, Pneumologie.
- Kapselendoskopie: Gastroenterologie.

Der Weltmarkt für Endoskope ist seit dem Jahr 2005 von 2,4 Milliarden Euro auf 4,1 Milliarden Euro (2011) gestiegen, entsprechend einem jährlichen Zuwachs von 9,3 %. Im Vergleich zur Erwartung aus der Vorläuferstudie entspricht dies rund dem doppelten Wachstum. Besonders starkes Wachstum war für Kapselendoskope und flexible Endoskope zu verzeichnen. Die gastrointestinale Endoskopie wird als stark wachsendes Anwendungsgebiet genannt.

Für den Umfang des derzeitigen Endoskopiemarktes sind von Marktforschungsunternehmen Schätzungen von ca. 3 Milliarden US-Dollar bis 20 Milliarden US-Dollar publiziert. Die Schätzungen mit zweistelligen Milliarden-Dollar-Beträgen beziehen neben Visualisierungssystemen auch Märkte im Umfeld, wie Endoskopiezubehör, Fluid-Management-Systeme, oder auch endoskopische Ultraschallsysteme mit ein. In der vorliegenden Studie werden Endoskope und Systemkomponenten (Visualisierungssysteme, Kameras, Videodokumentationsgeräte) einbezogen. Der Weltmarkt hierfür wird auf 5 bis 6 Milliarden US-Dollar geschätzt, wobei rund 3 Milliarden US-Dollar auf Endoskope und ca. 2,5 Milliarden US-Dollar auf die Systemkomponenten entfallen (vgl. z. B. [32,33, 34,]). Für die Endoskopie gehen Marktstudien weiterhin von starkem Wachstum aus, wobei die Einschätzungen zwischen 6,5 % jährlich und mehr als 10 % jährlich liegen. In der vorliegenden Studie wurde für die Marktprojektion ein Wert von 8,5 % verwendet.

Der wichtigste Markttreiber in der Endoskopie ist die Präferenz der Patienten für minimalinvasive chirurgische Eingriffe. Als Treiber für den Endoskopiemarkt werden in Marktstudien weiterhin die alternde Gesellschaft, zunehmende Bekanntheit und Akzeptanz endoskopischer Verfahren, eine zunehmende Anwendungsbreite sowie technologische Fortschritte bei den Endoskopsystemen genannt. Außerdem treibt auch die Einführung neuer Technologien den Markt, wie zum Beispiel HD-Kameras, 3D-Systeme, Verfahren zur Kontrastverstärkung, Kapselendoskopie, NOTES (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery) und PACS (Picture Archiving and Communication Systems) [32].

## AUGENOPTIK

Im Vergleichsjahr 2005 betrug der weltweite ophthalmische Einzelhandelsmarkt in der Augenoptik 56,8 Milliarden US-Dollar unter Einschluss von Brillengestellen, Brillengläsern, Kontaktlinsen und Zubehör [35]. Die erwartete langfristige Wachstumsrate lag damals bei 5,3 %. Der Weltmarkt für Brillengläser und Kontaktlinsen zu Herstellerpreisen lag im Jahr 2005 bei 11,2 Milliarden US-Dollar. In einer neueren Studie erwarten Global Industry Analysts [36] für das Jahr 2015 ein Weltmarktvolumen für den Einzelhandelsmarkt von 95 Milliarden US-Dollar. Eine weitere Studie von Global Industry Analysts erwartet bis zum Jahr 2018 einen Markt von 118 Milliarden US-Dollar [37]. Beide Prognosen liegen auf Kurs mit der Vorhersage in unserer Vorläuferstudie, so dass wir diese fortschreiben. Dementsprechend sollte der Markt für Brillengläser und Kontaktlinsen zu Herstellerpreisen im Jahr 2011 bei gut 15 Milliarden US-Dollar bzw. 11 Milliarden Euro liegen. Auf den Markt für Kontaktlinsen entfallen 6,8 Milliarden US-Dollar [38]. Für den Markt für Brillengläser waren keine aktuellen Marktstudien verfügbar. Ein Problem für Analysen stellen Unsicherheiten hinsichtlich der Durchschnittspreise für Brillengläser in den einzelnen Ländern dar. Es sei darauf hingewiesen, dass in Diskussionen zu dieser Studie auch ein Weltmarktvolumen für Brillengläser von 11 Milliarden US-Dollar für das Jahr 2011 genannt wurde, womit der Gesamtmarkt für Brillengläser und Kontaktlinsen sich auf nahezu 18 Milliarden US-Dollar beziffern würde.

## THERAPEUTISCHE LASERSYSTEME UND LASER

Der Weltmarkt für Therapielasersysteme und der Laserquellen für diese Systeme wird für das Jahr 2011 auf knapp zwei Milliarden Euro geschätzt. Der Markt für Laserquellen betrug laut Laser Focus World 360 Millionen Euro (500 Millionen US-Dollar) [39]. Dies vergleicht sich mit einem Volumen von 370 Millionen Euro (460 Millionen US-Dollar) im Jahr 2005 [40,41]. In der Vorläuferstudie wurde für den Weltmarkt für Lasersysteme für das Jahr 2005 ein Volumen von 1,3 Milliarden Euro<sup>1</sup> ermittelt [1]. BCC Research ermittelte für das Jahr 2011 einen Umfang von 1,5 Milliarden Euro (2,1 Milliarden US-Dollar) [42]. Der Vergleich mit den Daten für 2005 ergibt eine Wachstumsrate von 2,5 % jährlich auf Euro-Basis und von 4,5 % auf US-Dollar-Basis. Für das Jahr 2016 erwartet BCC Research ein Marktvolumen von 2,7 Milliarden Euro (3,7 Milliarden US-Dollar). Dies entspricht einer Wachstumsrate von rund 12 % jährlich, wobei anzumerken ist, dass kontinuierliche Wachstumsraten im zweistelligen Bereich seit mehr als zehn Jahren nicht mehr beobachtet wurden und die Einzelheiten der Prognose von BCC Research nicht vorliegen. Wir schließen uns dieser Prognose daher nicht an. Die Mehrzahl der Lasersysteme wird für Behandlungen eingesetzt, die Patienten selbst bezahlen, wie Sehschärfenkorrektur, Haarentfernung und Faltenglättung. Lasersysteme für von Krankenkassen bezahlte Behandlungen kommen zu einem bedeutenden Teil in der Ophthalmologie zum Einsatz. Mehrere der ophthalmologischen Behandlungen adressieren Krankheiten, die mit steigendem Lebensalter zunehmen. Damit leistet die Lasertechnik einen Beitrag zur Gesundheit und zum Gesundheitswesen in vielen Ländern mit alternder Gesellschaft, während gleichzeitig der Markt für die Lasersysteme hier von der demografischen Entwicklung profitiert.

## MIKROSKOPE

Mikroskope umfassen Lichtmikroskope für den Bereich Life Science und für die Industrie (z.B. Halbleiterindustrie) sowie Operationsmikroskope. Neben den „klassischen“ Mikroskopen beinhalten die optischen Mikroskope die Laser-Scanning-Mikroskope, die oft als konfokale Mikroskope ausgeführt sind und zunehmend auch als Multiphotonenmikroskope. Weitere Mikroskoparten sind die Elektronenmikroskope (SEM), die hier nicht betrachtet werden, und die AFM (Atomic Force Microscopes). Die AFM bedienen sich (Laser-)optischer Messmethoden.

Der Weltmarkt für optisch basierte Mikroskope und Zubehör umfasste im Jahr 2005 ein Volumen von 2,4 Milliarden Euro [1]. Eine umfassende Analyse der Entwicklung des Marktes für optisch basierte Mikroskope ist nicht verfügbar. Verschiedene Marktstudien [43,44,45,46] legen Wachstumsraten auf US-Dollar-Basis im höheren einstelligen Prozentbereich nahe, sowohl für den Zeitraum seit 2005 als auch für die nähere Zukunft.

## DIAGNOSTISCHE UND ANALYTISCHE SYSTEME

Der Markt für diagnostische und analytische Systeme nahm von 3,0 Milliarden Euro im Jahr 2005 auf 4,9 Milliarden Euro im Jahr 2011 zu, entsprechend einer jährlichen Zuwachsrate von 8,4 % auf Euro-Basis bzw. 10,4 % auf US-Dollar-Basis. Hiervon entfiel knapp die Hälfte auf Photonik-basierte bildgebende Systeme und etwas mehr als die Hälfte auf analytische und diagnostische Systeme. Auf der analytischen Seite sind die Schwergewichte die Cytometer [47], DNA Sequenzer [48,49] und Plate Reader [50]. Auf der bildgebenden Seite bildet die CR (Computed Radiography) das Marktschwergewicht. Besonders starkes Wachstum zeigte hier in den letzten Jahren der Markt für OCT-Systeme (Optical Coherence Tomography), der von unter 50 Millionen US-Dollar im Jahr 2005 auf 384 Millionen US-Dollar im Jahr 2011 [51] anstieg.

<sup>1</sup> Nur Lasersysteme, im Unterschied zur Kategorie „Lasersysteme und Laserquellen“ in der Tabelle zu Beginn dieses Kapitels.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Die heimische Produktion im Bereich der Photonik-basierten Medizintechnik & Life Science erreichte im Jahr 2011 ein Volumen von 4,3 Milliarden Euro (2005: 2,9 Milliarden Euro). Die Segmente mit hohen Umsätzen sind die Endoskopie, die Mikroskopie und die Augenoptik. Weiterhin tragen Therapielasersysteme und -quellen, Medical-Imaging Systeme sowie ophthalmologische und sonstige optisch basierte diagnostische Systeme zum Umsatz bei. Im Segment Lasertherapiegeräte haben Unternehmen in Deutschland ebenfalls Stärken in der Ophthalmologie. Wenig vertreten ist der Standort Deutschland im Segment der analytischen Systeme.

Das Statistische Bundesamt weist folgende Produktionsdaten aus <sup>[31]</sup>:

- Für Endoskope wird für das Jahr 2011 ein Produktionsvolumen von 557 Millionen Euro (2005: 324 Millionen Euro) ausgewiesen.
- Für Brillengläser und Kontaktlinsen ist für 2005 ein Produktionswert von 680 Millionen Euro ausgewiesen. Der Wert für 2011 ist nicht mehr aussagekräftig, da ein Teil der Daten in der Statistik inzwischen gesperrt ist. Für die Interpretation der Daten ist weiterhin zu berücksichtigen, dass Rohlinge kundennah endbearbeitet werden.

Am Standort Deutschland sind bei produzierenden Unternehmen insgesamt 20.800 Personen beschäftigt (2005: 17.400), die überwiegende Mehrzahl entfällt auf die Segmente Endoskopie, Mikroskopie und Augenoptik. Das Beschäftigungswachstum in den letzten sechs Jahren lag bei rund 3 % pro Jahr und damit bei dem Erwartungswert, den die Hersteller im Zuge der Vorläuferstudie genannt hatten.

## ERWARTUNG INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Für die Entwicklung der Umsätze in der Vergangenheit sind mehrere Zeitreihen des Statistischen Bundesamtes verfügbar <sup>[31]</sup>:

- Das Produktionsvolumen für Mikroskope in Deutschland ist von 81 Millionen Euro (1995) auf 340 Millionen Euro (2005) angestiegen<sup>2</sup>, d. h. mit 15,4 % pro Jahr. In den Jahren 2005 bis 2011 weiter auf 570 Millionen Euro, d. h. mit 9,0 % pro Jahr.
- Das Produktionsvolumen für Endoskope in Deutschland wuchs in den Jahren 1995 bis 2005 mit rund 5 % pro Jahr. In den Jahren 2005 bis 2011 weiter mit 9,5 % pro Jahr.

Insgesamt wuchs das Produktionsvolumen im Bereich der Photonik-basierten Medizintechnik & Life Science am Standort Deutschland in den Jahren 2005 bis 2011 um 6,9 % pro Jahr. Dies vergleicht sich mit einem Weltmarktwachstum von 5,5 % pro Jahr auf Euro-Basis.

Die Gründe für die etwas höhere Zuwachsrate in Deutschland sind:

- Deutsche Unternehmen sind stark in Bereichen vertreten, die in den Jahren 2005 bis 2011 überproportionales Wachstum aufwiesen, wie die Endoskopie und die Mikroskopie. Dies ist bemerkenswert, da Experten bei den Recherchen zur Vorläuferstudie den analytischen Geräten höhere Wachstumssaussichten attestiert hatten.
- Die Aufwertung des Euro im betrachteten Zeitraum. Die deutschen Unternehmen erzielten, bei weltweiter Aufstellung, ihre Umsätze immer noch überwiegend in Europa.
- Schließlich auch die Tatsache, dass deutsche Unternehmen sich sehr gut im Markt behauptet haben.

Geht man von einer Partizipation des Standorts Deutschland analog zum Referenzzeitraum 2005 bis 2011 aus, dann ergibt sich aus dem prognostizierten Weltmarktwachstum von 6,5 % für den Zeitraum 2011 bis 2020 ein jährlicher Umsatzzuwachs von 7,7 % für den Standort Deutschland. Für den Beschäftigungszuwachs in Deutschland ergibt sich damit eine Zuwachsrate von rund 4 % oder ein Gesamtzuwachs um rund 9.000 Mitarbeiter bis zum Jahr 2020.

<sup>2</sup> Mikroskope ohne Teile und Zubehör.



## 5. ÜBERSICHT INFORMATIONSTECHNIK, KOMMUNIKATIONSTECHNIK, DISPLAYS

| Optische Informationstechnik, Kommunikationstechnik, Displays – Welt          |        |       |           |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                                                                  |        | 2005  | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Systeme und Komponenten der Informations- und Kommunikationstechnik, Displays |        |       |           |                  |
| Gesamt                                                                        | Mrd. € | 121   | 161       | 261              |
| Wachstum                                                                      |        |       | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt                                                           | CAGR % |       | 4,9       | 5,5              |
| Optische Informationstechnik, Kommunikationstechnik, Displays – Deutschland   |        |       |           |                  |
| Inlandsproduktion und Beschäftigung                                           |        | 2005  | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Inlandsproduktion Gesamt                                                      | Mrd. € | 2,3   | 2,7       | 2,5              |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich                                          | Anzahl | 9.000 | 8.300     | 7.000            |
| Wachstum                                                                      |        |       | 2005–2011 |                  |
| Inlandsproduktion Gesamt                                                      | CAGR % |       | 2,7       |                  |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich                                          | CAGR % |       | -1,4      |                  |
| Quelle: Optech Consulting, 2013                                               |        |       |           |                  |

Das Weltmarktvolumen für die informationstechnisch orientierten Bereiche der Photonik ist im Zeitraum 2005 bis 2011 von rund 120 auf mehr als 160 Milliarden Euro angestiegen, entsprechend einem jährlichen Zuwachs von 4,9 % auf Euro-Basis und von 6,9 % auf US-Dollar-Basis. Dies umfasst das Aggregat der drei Bereiche der Kommunikationstechnik, der Informationstechnik und der Displays (vgl. Diskussion der drei Bereiche in den folgenden Kapiteln). Die Wachstums-erwartungen aus der Vorläuferstudie für die Jahre 2005 bis 2011 wurden auf US-Dollar-Basis leicht übertroffen. Da die Märkte in den vorliegenden Bereichen weit überwiegend außerhalb des Euro-Raumes liegen, ist hier der Vergleich auf US-Dollar-Basis maßgebend. Für die Jahre 2011 bis 2020 ergibt sich, wieder als Summe der Beiträge der Teilbereiche, ein erwarteter Marktzuwachs von 5,5 % pro Jahr, 1,4 Prozentpunkte weniger als der Zuwachs auf US-Dollar-Basis in den letzten sechs Jahren betrug. Grund hierfür ist ein sich abschwächendes Wachstum bei wesentlichen Produkten wie den Digitalkameras und den Displays. Hier schöpfte das Wachstum der letzten Jahre aus der Substitution konventioneller Technologien.

Die Produktion am Standort Deutschland ist im Zeitraum 2005 bis 2011 moderat von 2,3 Millionen Euro auf 2,7 Millionen Euro angestiegen, entsprechend einem Zuwachs von 2,5 % jährlich. Die Anzahl der Beschäftigten nahm dagegen ab, um durchschnittlich 1,4 % pro Jahr. Die Erwartung aus der Vorläuferstudie für das weitere Wachstum der deutschen Inlandsproduktion lag bei 5 % jährlich und wurde nur zur Hälfte erreicht. Die Erwartung für den Zuwachs der Beschäftigung lag bei 1,4 % jährlich und wurde mit minus 1,4 % jährlich ebenfalls verfehlt. Für die Jahre bis 2020 ergibt sich für die Summe der drei Bereiche ein Weltmarktwachstum von 5,5 %. Für die Inlandsproduktion wird eine Seitwärtsbewegung und für die Beschäftigung am Standort Deutschland eine Fortsetzung des moderaten Abwärtstrends erwartet.

## 6. KOMMUNIKATIONSTECHNIK

| Kommunikationstechnik – Welt    |        |      |           |                  |
|---------------------------------|--------|------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                    |        | 2005 | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Systeme und Komponenten         |        |      |           |                  |
| Gesamt                          | Mrd. € | 12,0 | 16,1      | 26,0             |
| Wachstum                        |        |      | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt             | CAGR % |      | 5,1       | 5,5              |
| Quelle: Optech Consulting, 2013 |        |      |           |                  |

### PRODUKTE

Die Produkte der optischen Kommunikationstechnik umfassen die Netzwerkausrüstung für die Datenübertragung via Glasfasern. Die optische Datenübertragung kommt vor allem zum Einsatz in der Telekommunikation, aber auch in weiteren Bereichen wie lokalen Netzwerken (LAN), Kabel-TV (CATV) und Closed Circle TV (CCTV). Das mit Abstand größte Anwendungsgebiet, die Telekommunikation, umfasst ihrerseits die Segmente der Fernübertragung (Verbindung großer Städte), des Metrobereichs (Übertragung innerhalb der Städte) und des Accessbereichs. Ein wesentliches technisches Merkmal der Fernübertragung ist die Datenrate. Durch Einspeisen mehrerer Laserwellenlängen, sogenanntes Wavelength Multiplexing (WDM oder DWDM), werden pro optischer Faser heute Datenraten von 800 Gbit pro Sekunde erreicht (80 Wellenlängenkanäle mit 10 Gbit/Sekunde). Systeme mit 9,6 Tbit werden kommerziell eingeführt (96 Kanäle mit 100 Gbit/Sekunde), Systeme mit 400 Gbit/Sekunde Kanaldatenrate befinden sich in der Entwicklung. Für den Accessbereich sind kostengünstige Lösungen erforderlich, wie die passiven optischen Netzwerke (PONs).

Die optische Übertragungstechnik ist heute im Fern- und Metrobereich etabliert. Im Accessbereich (FFTN, FTTB, FTTH; für Fiber To The Node, Building, Home) dominieren weltweit noch Kupferkabel, wobei die optische Fasertechnologie in einzelnen Ländern sehr unterschiedliche Verbreitungsgrade hat. Die FTTH Councils berichten regelmäßig die FTTH-Penetrationsgrade der einzelnen Länder [53]. Derzeit haben in Ländern mit größerer Bevölkerung Japan und Korea die höchsten Abdeckungsgrade von 26 % bzw. 17 % (Fiber to the Building; unter Einbeziehung der jeweils via LAN angeschlossenen Subscriber ist der Penetrationsgrad mit 58 % am höchsten in Korea vor Japan mit 42 %), vor den USA, Russland und China. Nach absoluten Zahlen führt Japan vor China, den USA, Südkorea, Russland und Taiwan. In Europa hat unter den großen Volkswirtschaften Frankreich mit gut 2 % (Subscriber) den höchsten Versorgungsgrad, wobei einige bevölkerungsärmere Länder wie Litauen, Schweden oder Norwegen deutlich höhere Werte aufweisen.

Seit einigen Jahren ist eine Diskussion aufgekommen, ob mobiles Internet nach dem LTE-Standard FTTH überflüssig macht. LTE ist deutlich billiger zu installieren als FTTH. Argumente für FTTH ergeben sich, wenn in dichtbesiedelten Gebieten bandbreitenkonsumierende Video-Services umfangreich genutzt werden, wie beispielsweise 3D HD Video. Andererseits beleuchtet ein Kostenvergleich die Konkurrenzsituation von der anderen Seite. In Japan mussten Telekomgesellschaften die Preise für FTTH-Anschlüsse von 5,460 Yen auf 3,600 Yen (30 Euro) monatlich senken, um die Abwanderung von Kunden zu LTE zu stoppen [54]. Unabhängig davon, ob Endkunden eine leitungsgebundene oder

drahtlose Zugangstechnik verwenden, erfordern jedoch die stetig ansteigenden Datenraten einen weiteren Ausbau der Glasfaserübertragungstechnik. Netzbetreiber haben bereits damit begonnen, nicht nur Mobilfunkmasten, sondern auch einzelne Antennen mit einer Glasfaserverbindung auszustatten.

## WELTMARKT

Der Weltmarkt für optische Netzwerkausrüstung beträgt derzeit rund 3,5 Milliarden US-Dollar pro Quartal oder 14 Milliarden US-Dollar pro Jahr <sup>[55]</sup>, entsprechend 11 Milliarden Euro. Im Vergleich dazu betrug der Markt im Jahr 2005 8,9 Milliarden Euro (11 Milliarden US-Dollar) <sup>[56]</sup>. Die Marktführer sind aktuell Huawei (China; ca. 30 % Anteil), Alcatel Lucent (Hauptsitz Frankreich, Produktionsstätten auch in anderen Regionen; gut 15 %), Ciena (USA; gut 5 %), ZTE (China; ca. 5 %) und Fujitsu (Japan; knapp 5 %) <sup>[55]</sup>. Die weiteren Hersteller kommen auf einen Anteil von rund 40 %, darunter Unternehmen aus Europa (Ericsson, NSN, Adva Optical Networking), Korea, Taiwan, Japan und Nordamerika. Nach Produktionsstandorten dürfte China insgesamt einen Anteil von nahezu 50 % erreichen. Ovum sieht den Markt im Jahr 2011 bei 15,1 Milliarden US-Dollar <sup>[57]</sup>. Nach Nachfrageregionen sieht Ovum Asien-Pazifik bei rund 6,5 Milliarden US-Dollar, Europa bei knapp 5 Milliarden US-Dollar, Nordamerika bei rund 4 Milliarden US-Dollar.

Neben dem o.g. Markt für WDM and SONET/SDH-Ausrüstung umfasst der Markt weiterhin optische Netzwerkausrüstung für PONs (Passive Optical Access Networks) und die optischen Ethernetsysteme, die sowohl im Bereich Telekommunikation als auch in der Datenkommunikation eingesetzt werden. Ein Wachstumsgebiet stellen die Firmennetzwerke mit Datenraten von 10 Gb und mehr dar. Infonetics schätzt den Markt für GPONs (Gigabit Passive Optical Networks) im Jahr 2011 auf 6 Milliarden US-Dollar <sup>[58]</sup>. Optische Komponenten für die Netzwerktechnik umfassen die Transmitter und Receiver, die optischen Faserverstärker, Laser, optische Koppler, Isolatoren, Abschwächer oder planare Wellenleiter-Schaltungen. Der Komponentenmarkt umfasst 3 bis 4 Milliarden US-Dollar. Mit diesen weiteren Beiträgen (PONs, Ethernet, Komponenten) liegt der Markt für Komponenten und Systeme der optischen Netzwerktechnik damit bei rund 22 Milliarden US-Dollar.

## MARKTPROGNOSE

Mitte der neunziger Jahre lagen die Umsätze in der optischen Netzwerkausrüstung noch unter 5 Milliarden Euro. Während des Telecom-Hypes stieg der Markt für optische Netzwerkausrüstung in den Jahren 1999 und 2000 auf ca. 30 Milliarden US-Dollar <sup>[59]</sup> an, um dann bis 2003 auf 6,8 Milliarden Euro (7,6 Milliarden US-Dollar <sup>[60]</sup>) zu fallen. Seither erholte sich die Nachfrage, getrieben vom wiederauflebenden Bandbreitenbedarf, auch im Metrobereich.

Im Vergleich zu der Prognose aus der Vorläuferstudie ist der Markt in den Jahren 2005 bis 2011 mit rund 5 % Wachstum auf Euro-Basis (7 % auf US-Dollar-Basis) deutlich zurückgeblieben. Damals hatten Marktforschungsunternehmen wie IDC, Infonetics, Wintergreen und CIR für die optische Netzwerkausrüstung Wachstumsraten von mehr als 12 % vorausgesagt <sup>[61, 62, 63]</sup>.

Die einschlägigen Marktforschungsunternehmen erwarten keine grundlegende Änderung der Wachstumsraten in den nächsten Jahren im Vergleich zur jüngeren Vergangenheit. Somit gehen wir hier ebenfalls von weiteren Wachstumsraten für den Weltmarkt im Bereich von 5 % bis 6 % jährlich aus. Es sei darauf hingewiesen, dass aus dem Kreis der Hersteller in Deutschland auch Wachstumserwartungen für den Weltmarkt in Höhe von 6 % bis 7 % pro Jahr genannt wurden.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Am Standort Deutschland wiesen im Jahr 2011 Nokia Siemens Networks und Adva Optical Networking die größten Produktionsvolumina in der optischen Netzwerktechnik aus. Nokia Siemens Networks fertigt Systeme für den WDM-Bereich und bietet Komplettlösungen von der Fernübertragung bis zum Accessbereich an. Auch Komponenten werden am Standort Deutschland gefertigt. Adva Optical Networking, ein börsennotiertes Unternehmen, hatte sich zunächst im Bereich der Metrosysteme positioniert (derzeit Nummer drei in Europa), ist inzwischen aber auch im Bereich der Regional- und Weitverkehrsnetze aktiv (Weltmarktführer bei Glasfaser-basierten Ethernet-Zugangslösungen).

Inzwischen hat Nokia Siemens Networks angekündigt, seine Sparte für optische Netzwerke an die Investmentgesellschaft Marlin Equity Partners zu verkaufen [64]. Der Abschluss soll im ersten Quartal 2013 erfolgen. Damit sollen bis zu 1.900 überwiegend in Deutschland, Portugal und China beschäftigte Mitarbeiter des Bereiches ebenfalls an Marlin Equity Partners übergehen. Marlin Equity Partners soll vorhaben, einen Branchenführer im Markt für optische Netzwerke aufzubauen, mit Zentrale in München. Inzwischen wurde angekündigt, dass das neue Unternehmen Coriant heißen soll [65]. Nokia Siemens Networks weist keine Umsatz- und Beschäftigungsdaten für die optische Netzwerktechnik aus. Adva Optical Networking beschäftigte im Jahr 2011 laut Geschäftsbericht in Deutschland 507 Mitarbeiter. Die deutschen Standorte von Alcatel-Lucent sind heute überwiegend im Bereich F&E tätig. Darüber hinaus entwickeln und fertigen ca. 25 kleinere Unternehmen in Deutschland, mit jeweils rund 30 bis 100 Mitarbeitern, Produkte der optischen Netzwerktechnik, insbesondere Komponenten. Weitere ca. 25 Unternehmen fertigen Produkte im Umfeld des Bereiches, wie Verkabelungssysteme und Messtechnik. Die faseroptische Messtechnik ist in der vorliegenden Studie in Kapitel 3 eingeordnet.

## ERWARTUNG INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Einzelheiten zu Umsatz oder Arbeitsplätzen, die über publizierte Daten hinausgehen, werden hier wegen der geringen Anzahl von Unternehmen nicht untersucht. Insbesondere soll auch keine Prognose gegeben werden, da diese sehr stark von der Einschätzung der zukünftigen Anzahl der Arbeitsplätze bei Nokia Siemens Networks abhängt.

Umsatz, Arbeitsplätze und Prognosen wurden mit den Daten für die Bereiche Informationstechnik und Displays addiert und werden aggregiert in Kapitel 5 (Überblick informationstechnisch orientierte Bereiche) wiedergegeben.

# 7. INFORMATIONSTECHNIK

| Informationstechnik – Welt      |        |      |           |                  |
|---------------------------------|--------|------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                    |        | 2005 | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Digitalkameras                  | Mrd. € | 17,0 | 27,0      | 44,7             |
| Andere Ein- und Ausgabegeräte   | Mrd. € | 14,2 | 17,8      | 30,0             |
| Optische Laufwerke              | Mrd. € | 8,5  | 5,2       | 5,4              |
| Systeme für Drucktechnik        | Mrd. € | 1,2  | 1,3       | 1,7              |
| Komponenten                     | Mrd. € | 6,7  | 7,4       | 12,1             |
| Gesamt                          | Mrd. € | 47,6 | 58,6      | 93,9             |
| Wachstum                        |        |      | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt             | CAGR % |      | 3,5       | 5,3              |
| Quelle: Optech Consulting, 2013 |        |      |           |                  |

## MARKT, MARKTENTWICKLUNG, PROGNOSE

Unter dem Bereich Informationstechnik werden Konsumelektronik, Büroautomation und Drucktechnik zusammengefasst.

Insgesamt dominieren in diesem Bereich die Digitalkameras mit einem Weltmarktvolumen von 27 Milliarden Euro im Jahr 2011. Der Markt für die weiteren Ein- und Ausgabegeräte (Drucker, Scanner, Multifunktionsgeräte, Barcodescanner) betrug 17,8 Milliarden Euro. Hinzu kommen auf der Systemseite die optischen Laufwerke und die Systeme der Drucktechnik. Komponentenseitig sind vor allem Sensoren (Bildsensoren) und Lichtquellen (überwiegend Laserdioden, Pick-up-Baugruppen für optische Laufwerke, LED-Zeilen) zu berücksichtigen.

Insgesamt hatte der Bereich im Jahr 2011 ein Weltmarktvolumen von nahezu 60 Milliarden Euro<sup>1</sup>. Im Vergleich zum Jahr 2005 (45,7 Milliarden Euro) betrug das jährliche Wachstum 3,5 % auf Euro-Basis bzw. 5,5 % auf US-Dollar-Basis. Insbesondere Digitalkameras und Bildsensoren konnten starkes Wachstum verzeichnen. Laserdrucker und Multifunktionsgeräte (Scannen, Drucken) konnten ebenfalls zulegen. Dagegen war der Markt für optische Laufwerke rückläufig. Im Jahr 2020 wird insgesamt ein Weltmarktvolumen für die Systeme und Komponenten von rund 94 Milliarden Euro erwartet. Dies entspricht einer mittleren jährlichen Zuwachsrate von 5,3 % für den Zeitraum 2011 bis 2020, also geringfügig abgeschwächt im Vergleich zum Trend in den Jahren 2005 bis 2011 (US-Dollar-Basis). Das Wachstum im schwergewichtigen Segment Digitalkameras nimmt ab. Dies betrifft auch die Bildsensoren, die jedoch nicht nur in Digitalkameras, sondern auch in Smartphones und Mobiltelefonen zum Einsatz kommen. Für Laserdrucker wird weiterhin mit moderaten Wachstumsraten gerechnet. Hier wirkt der Trend zu Farbe bei Büro- und Home-Office-Druckern

<sup>1</sup> Den genannten Marktvolumina liegen Herstellerpreise zugrunde. Damit schließen sich die Daten an die Produktionsstatistiken der Verbände in Japan und Taiwan an.

umsatzsteigernd, ebenso wie der wachsende Markt im obersten Leistungssegment (Print-on-Demand, Digitaldruck). Der Markttrend für optische Laufwerke wird weiterhin schwach erwartet, da die Konkurrenzsituation (Hard Disk Drives, Festkörperspeicher, Download) sich eher noch verschärfen wird.

## DIGITALKAMERAS UND CAMCORDER

Das Marktschwergewicht der optischen Informationstechnik bilden die Digitalkameras, die mit einem Marktvolumen von 27 Milliarden Euro (37,6 Milliarden US-Dollar <sup>[66]</sup>) nahezu die Hälfte des Bereiches ausmachen. Seit dem Jahr 2005 ist die Digitalkameraproduktion (inkl. Camcorder) von 21,1 Milliarden US-Dollar (für knapp ca. 90 Millionen Stück) auf 37,6 Milliarden US-Dollar (für rund 135 Millionen Stück) angestiegen, entsprechend einem jährlichen Zuwachs von rund 10 % (8 % auf Basis Euro). Digitalkameras werden überwiegend in China gefertigt. Nach Stückzahlen (insgesamt ca. 135 Millionen im Jahr 2011) stammen rund zwei Drittel von dort. Weitere wichtige Produktionsstandorte sind Japan, Taiwan und Korea. Marktführer (2011) sind Canon und Nikon (jeweils knapp 20 % Anteil), vor Sony und Samsung (jeweils rund 15 %), Fuji Film, Panasonic und Olympus. Kodak hat inzwischen den Markt verlassen.

Hinsichtlich der weiteren Wachstumschancen des Digitalkameramarktes gehen die Meinungen auseinander und reichen von einer Stagnation bis zu deutlichem Wachstum. Im unteren Preissegment der Kompaktkameras macht sich die Konkurrenz der Smartphones bemerkbar. Derzeit wächst insbesondere der Markt für Digitalkameras mit austauschbaren Objektiven <sup>[67]</sup>. BCC Research sagt bis zum Jahr 2016 für den Markt insgesamt Zuwachsraten von 5,9 % vorher <sup>[68]</sup>. In der vorliegenden Studie gehen wir von einer jährlichen Wachstumsrate von nominal 5,7 % aus, etwas oberhalb des erwarteten Weltwirtschaftswachstums. Im Jahr 2004 hatte der Weltmarkt für Digitalkameras 19 Milliarden Euro (24 Millionen US-Dollar) betragen <sup>[69]</sup>. Der Markt ist seither mit 5,1 % pro Jahr auf Euro-Basis und mit 7,1 % auf US-Dollar-Basis gewachsen.

## ANDERE EIN- UND AUSGABEGERÄTE

Der Gesamtmarkt für andere Ein- und Ausgabegeräte beläuft sich auf rund 18 Milliarden Euro (2011, Basis Herstellerpreise).

Dies beinhaltet:

- Schwarzweiß-Laserdrucker und Farblaserdrucker. Es sei darauf hingewiesen, dass sich der Begriff „Laserdrucker“ etabliert hat, auch wenn die meisten „Laserdrucker“ LED-Zeilen verwenden.
- Print-on-Demand-Systeme. Dies sind Laserdrucker mit mehr als 24 Seiten pro Minute Druckleistung. Auch elektrofotografische Digitaldrucksysteme, die preislich im Bereich von mehreren 10.000 Euro und darüber liegen, werden hier eingeordnet. Letztere stehen teilweise auch in Konkurrenz zum Offsetdruck.
- Scanner.
- Kombinationssysteme, die Scannen/Faxen mit Drucken kombinieren. Dies beinhaltet auch digitale Kopiersysteme. Der Drucker kann hierbei ein Laser- oder Ink-Jet-Drucker sein.

Lyra Research sieht den wertmäßig dominierenden Markt für Farblaserdrucker und -multifunktionsgeräte für das Jahr 2010 bei einem Volumen von 12 Milliarden US-Dollar <sup>[70]</sup>. Der Markt für Farblaserdrucker beziffert sich nach IDC <sup>[71]</sup> auf rund 7 Millionen Einheiten, während der Markt für Monochromlaserdrucker bei 33 Millionen Einheiten liegt (2011). Hinzu kommen, mit sehr geringen Stückpreisen, die Ink-Jet-basierten Multifunktionssysteme (nahezu 70 Millionen Stück). Der Markt für die große Mehrzahl dieser Systeme wird von den Herstellern über die Einnahmen mit Toner und Tinte subventioniert, deren Umsatzvolumen das der Laser- und Tintenstrahldrucker bei weitem übersteigt. Weiterhin kommen, mit sehr hohen Stückpreisen bei geringen Stückzahlen, die Print-on-Demand-Systeme hinzu. Diese werden dem Kunden

auch oft mit Leasing- und Wartungsverträgen überlassen. China ist der mit Abstand wichtigste Produktionsstandort für Drucker. Print-on-Demand-Systeme werden auch in Japan und in Europa gefertigt.

Seit dem Jahr 2005 wuchs das Marktsegment der Drucker und Scanner mit 4,4 % pro Jahr auf Euro-Basis (6,4 % auf Basis US-Dollar). Während der Markt für Scanner und Monochromlaserdrucker abnahm, wuchs die Nachfrage insbesondere nach Farblaserdruckern und -multifunktionssystemen. Langfristprognosen zu den hier betrachteten Märkten wurden nicht identifiziert. Die vorliegende Studie geht von einem weiteren Wachstum von nominal 5,5 % bis 6 % pro Jahr aus, knapp über dem erwarteten Weltwirtschaftswachstum. Wachstumstreiber sind weiterhin Farblaserdrucker und Print-on-Demand-Systeme. Dämpfend auf die Druckernachfrage dürfte sich der Trend zum „papierlosen Büro“ auswirken. Es sei darauf hingewiesen, dass der Grad der Quersubventionierung der Geräte über die Verbrauchsmaterialien über die Wachstumsraten im Gerätemarkt mit entscheidet.

## OPTISCHE LAUFWERKE

Das Marktvolumen für optische Laufwerke wird für das Jahr 2011 auf 7,2 Milliarden US-Dollar geschätzt [72]. Im Vergleich zum Wert für das Jahr 2005 von 10,6 Milliarden US-Dollar [1] entspricht dies einem Rückgang von 32 %. Gleichzeitig ist die Stückzahl angestiegen, nach Infotrends CAP Ventures [73] von 270 Millionen Stück (2005) auf 340 Millionen Stück (2010). Demnach waren massive Preisrückgänge zu verzeichnen, trotz inzwischen höherwertiger Technologie (Laufwerke mit mehreren Wellenlängen für die Medien CD, DVD, Blue-ray). Heute dominieren DVD-Rekorderlaufwerke den Markt, bei einem wachsenden Anteil der Blue-ray-Laufwerke. Der Endgerätemarkt besteht aus CD-, DVD-, Blue-ray-Playern und -Rekordern, PC-Laufwerken und Spielekonsolen. Der Markt für optische Laufwerke leidet insbesondere unter der Konkurrenz der Hard Disk Drives, für den Datenbackup mit großen Volumina sind Magnetbänder im Einsatz. Mit den Festkörperspeichern ist in den letzten Jahren eine zusätzliche Konkurrenz hinzugekommen. Optische Laufwerke werden überwiegend zur Wiedergabe von Software eingesetzt; hier nimmt die Konkurrenz der Downloads zu. Insofern bleibt die Marktprognose weiterhin gedämpft, mit bestenfalls einer Seitwärtsbewegung.

Optische Speicherlaufwerke werden vor allem von japanischen Unternehmen hergestellt, in Japan und in Übersee, sowie von taiwanesischen Herstellern. Neben Japan und Taiwan sind Produktionsstandorte in China, den Philippinen und in Indonesien vorhanden. Wichtige Hersteller sind Lite-On, Quanta Storage, Hitachi-LG Data Storage (HLDS) und Toshiba-Samsung Storage Technology (TSST).

## HAMR

Eine zusätzliche Marktchance für den Einsatz optischer Verfahren stellen HAMR-Laufwerke (Heat Assisted Magnetic Recording) dar. Eine Laserdiode mit einigen Milliwatt Leistung erhitzt kurzzeitig die magnetische Disk eines Hard Disk Drives (HDD) am Schreibort. Dadurch kann eine deutlich höhere Schreibdichte erreicht werden (Faktor 100). Ein Problem stellt der Abbau des bei HDDs aufgetragenen Schmierstoffes durch die Erhitzung dar (mögliche Verkürzung der Lebensdauer). Bei rund 600 Millionen verkauften HDDs pro Jahr besteht hier ein interessantes Marktpotenzial, auch wenn der Photonik-Anteil (Laser und Optik) nur im Bereich von einem US-Dollar pro Drive liegt.

## BARCODE READER

Der Barcode-Scanner-Markt umfasst ein Volumen von rund 1,5 Milliarden US-Dollar [74,75]. Damit ist der Markt in den letzten sechs Jahren nicht gewachsen. Nach ABI Research [74] bieten handgeführte 2D-Imager das kurzfristig größte Wachstumspotenzial. Marktführer hier sind Datalogic, Honeywell Scanning & Mobility und Motorola Solutions. Weiterhin sieht ABI Research durch fallende Preise einen zunehmenden Einsatz von 2D-Barcodes in industrieller Umgebung, in

der Verpackung, Logistik und Produktion. 1D-Barcodes würden noch einige Zeit im Detailhandel eingesetzt, die Zukunft liege aber auch hier bei 2D-Barcodes. Weiterhin wird der Gesundheitsbereich als wichtiger Wachstumsmarkt gesehen.

## DIGITALE BILDSSENSOREN

Digitale Bildsensoren umfassen CMOS- und CCD-Sensoren. Im Jahr 2011 umfasste der Weltmarkt für CMOS-Sensoren nach IC Insights 5,8 Milliarden US-Dollar und soll 2016 auf 10,8 Milliarden US-Dollar ansteigen <sup>[76]</sup>. Nach Stückzahl umfassen die CMOS-Sensoren nahezu zwei Milliarden Einheiten (Durchschnittspreis ca. drei US-Dollar). Hinzu kommt ein Produktionsvolumen von rund 1,0 bis 1,5 Milliarden US-Dollar für CCD Sensoren (150.000 bis 200.000 Einheiten). Von 2005 bis 2011 ist der Markt für CMOS-Sensoren nach IC Insights von rund 3,5 Milliarden US-Dollar auf 5,8 Milliarden US-Dollar angestiegen <sup>[77]</sup>. Digitale Bildsensoren erzielten laut IC Insights <sup>[78]</sup> im Jahr 2005 einen Umsatz von ca. 5,1 Milliarden Euro (6,3 Milliarden US-Dollar), entsprechend 1,5 Milliarden Stück. Seit dem Jahr 2005 werden mehr CMOS-Sensoren verkauft als CCDs <sup>[79]</sup>.

Der Bereich zieht je nach Marktlage Hersteller an, die bei fallender Nachfrage auch wieder aussteigen. Unter den Herstellern sind auch „Fabless“-Hersteller, die in Wafer Foundries fertigen lassen. Führende Hersteller von CMOS- und CCD-Sensoren sind <sup>[80]</sup> Sony, Aptina, Panasonic, Omnivision, Samsung, Canon, Sharp, Nikon, Toshiba, ST Microsystems, Hynix und Fuji Film. Stand der Technik ist heute die Produktion auf 200-mm- und 300-mm-Wafern. Zukünftig tragen neben Digitalkameras und Mobiltelefonen/Smartphones beispielsweise auch Automobilanwendungen zum Wachstum bei, so dass wir von einer Wachstumsrate von 6 % bis zum Jahr 2020 ausgehen.

## LASER

Laser kommen in der optischen Informationstechnik im Wesentlichen in optischen Laufwerken zum Einsatz, wobei der Preis für das ganze optische Pick-up-System inklusive Laser im Bereich von einem US-Dollar liegen dürfte (durchschnittlicher Laufwerkpreis ca. 25 US-Dollar). Bei gut 300 Millionen produzierten Einheiten ergibt sich ein Marktvolumen in der Größenordnung von 300 Millionen US-Dollar.

## DRUCKTECHNIK

Unter dem Begriff „Drucktechnik“ werden hier Verfahren zur Vervielfältigung von Druckvorlagen zusammengefasst. Die Drucktechnik wurde in den letzten Jahrzehnten zunehmend digitalisiert, d.h. die zu druckenden Inhalte (Text und Grafik) werden digital erstellt.

Die Drucktechnik umfasst folgende Verfahren:

- Offsetdruck, als wichtigster Vertreter. Die dominierenden Anwendungen sind der Akzidenzdruck und der Zeitungsdruck.
- Tiefdruck. Die wichtigsten Anwendungen dieses Hochauflagendruckverfahrens sind der Verpackungsdruck und der Illustrationsdruck (Kataloge, Zeitschriften in hoher Auflage).
- Flexodruck. Der Hauptanwendungsbereich ist der Verpackungsdruck.
- Siebdruck (geringer Marktanteil).

Nicht als Teil der Drucktechnik betrachtet werden Verfahren für die Datenausgabe in der Datenverarbeitung (Büroautomatisierung, Konsumbereich). Es sei aber darauf hingewiesen, dass die Übergänge zwischen den beiden Bereichen

inzwischen fließend sind und elektrofotografische Verfahren teilweise in Konkurrenz zum Offsetdruck stehen<sup>2</sup>.

Bei allen drei Druckverfahren spielt die Photonik eine Rolle bei der Bebilderung der Druckmaschine:

- Beim Offsetdruck wurde früher ein Film belichtet, der zur Belichtung der Druckplatte diente. Dieses Verfahren ist bei kleineren Druckereien heute noch verbreitet, während große und mittlere Druckereien weitgehend auf die Direktbelichtung der Druckplatten (Computer-to-Plate, CTP) umgestellt haben.
- Beim Tiefdruck werden neben den etablierten Diamantgravursystemen nunmehr auch Lasergravursysteme zur Bebilderung der Druckzylinder eingesetzt.
- Beim Flexodruck werden verschiedene Laserverfahren zur Bebilderung der Druckzylinder oder der sogenannten Sleeves verwendet.

Die optischen Systeme in der Drucktechnik umfassen folgende Geräteklassen:

- Im Offsetdruck die Druckplattenbelichter, Filmbelichter, digitale Druckmaschinen, Laser-Proofing-Systeme.
- Im Tiefdruck die Laser-Gravursysteme sowie Laser-Belichtungssysteme für Etch-Stop-Masken.
- Im Flexodruck die Lasergraviersysteme für die Druckzylinder.
- Die Bebilderung des Druckzylinders, der noch direktere Weg, wird dagegen in der Praxis kaum beschritten<sup>3</sup>.

Insgesamt stehen die optischen Systeme in der Drucktechnik für ein Marktvolumen von rund einer Milliarde Euro. Der größte Teil hiervon entfällt auf die Systeme für den Offsetdruck, vor allem CTP-Systeme, aber auch digitale Druckmaschinen (Druckplatte wird in der Druckmaschine bebildert). Weiterhin tragen die Druckzylinderbebilderungssysteme für den Flexodruck und in geringem Maße für den Tiefdruck zum Marktvolumen bei.

Im Offsetdruck schreitet die direkte Belichtung von Druckplatten weiter voran, inzwischen auch in Druckereien in China und in Indien. Im Flexodruck sind Laserbebilderungsverfahren schon weitgehend eingeführt. Im Tiefdruck haben optische Verfahren bislang nur zu einem kleinen Teil die Diamantgravur ersetzt.

Trotz des fortschreitenden Einsatzes der Photonik in der Drucktechnik ist die Umsatzprognose verhalten. Der Grund hierfür ist der rückläufige Markt für wichtige Druckerzeugnisse wie Zeitschriften, Zeitungen, Kataloge, Bücher. Bei den Druckverfahren ist der Rollenoffset rückläufig, während der Bogenoffset stagniert, nachdem der Markt hier einige Jahre rückläufig war (Pira International [81]). Pira International sagt zunehmende Märkte für den Flexodruck (Verpackungsdruck) und die flexiblen Verfahren Ink Jet und Elektrofotografie voraus.

Bis zum Jahr 2020 wird für optische Systeme in der Drucktechnik ein Marktvolumen von 1,5 bis 2,0 Milliarden Euro erwartet. Der Löwenanteil hiervon entfällt auf den Offsetdruck mit CTP-Systemen und digitalen Druckmaschinen, aber auch der Flexodruck trägt zum Marktwachstum bei. Ein geringerer Beitrag wird vom Tiefdruck erwartet.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Die Daten zur Produktions- und Beschäftigungsentwicklung in Deutschland im Bereich der Informations- und Drucktechnik werden hier nicht aufgeschlüsselt, da nur wenige Unternehmen tätig sind. Die Daten werden in Kapitel 5 aggregiert mit denjenigen der Bereiche Kommunikationstechnik und Displays angegeben. Dadurch werden Rückschlüsse auf nicht publizierte Daten zu Einzelunternehmen ausgeschlossen. Die folgenden Informationen sind bereits anderweitig publiziert.

Die Leica Camera AG fertigt in Deutschland Digitalkameras sowie Objektive und weitere optische Systeme (Letztere sind hier im Kapitel „Optische Komponenten & Systeme“ eingeordnet). Es besteht außerdem eine Kooperation mit Panasonic. Anteilseigner der Leica Camera AG sind die österreichische ACM Holding und, seit 2011, auch der Finanzinvestor Blackstone. Die Leica Camera AG beschäftigt 1.100 Mitarbeiter und erzielte im Geschäftsjahr 2011/2012 einen Umsatz von 297 Mio. EUR.

<sup>2</sup> Ebenso wie Ink-Jet-Verfahren. Diese werden als nicht-optische Verfahren hier nicht weiter betrachtet.

<sup>3</sup> Die Toner-basierten Digitaldrucksysteme sind in der vorliegenden Studie im Segment Informationstechnik eingeordnet.

Océ aus den Niederlanden produziert mit rund 1.000 Mitarbeitern Laserdrucker/POD-Systeme in Deutschland. Inzwischen gehört Océ zu Canon.

Im Bereich der Photonik-basierten Drucktechnik sind mehrere Unternehmen in Deutschland tätig. Heidelberger Druckmaschinen und Basyssprint produzieren Belichter für den Offsetdruck. Esco Graphics, Schepers und weitere Hersteller produzieren Graviersysteme für Druckzylinder und Sleeves für den Flexodruck.

Deutschland ist traditionell führend im Bereich der Druckmaschinenherstellung. Damit verbunden sind Namen wie Heidelberger Druckmaschinen im Bogenoffset (Akzidenzdruck) oder König & Bauer im Tiefdruck. Eine weitere Traditionsfirma, manroland AG, wurde nach Insolvenz im Jahr 2012 aufgespalten und gehört nunmehr zur Possehl-Gruppe (Rollenoffset) bzw. dem Investor Langley Holdings plc (Bogenoffset).

## 8. DISPLAYS

| Displays – Welt                 |        |      |           |                  |
|---------------------------------|--------|------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                    |        | 2005 | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Flachdisplays                   | Mrd. € | 56,0 | 79,0      | 128,0            |
| Displayglas, Flüssigkristalle   | Mrd. € | 5,1  | 7,0       | 12,9             |
| Gesamt                          | Mrd. € | 61,1 | 86,0      | 140,9            |
| Wachstum                        |        |      | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt             | CAGR % |      | 5,9       | 5,6              |
| Quelle: Optech Consulting, 2013 |        |      |           |                  |

### PRODUKTE

Displays begegnen uns im Alltag in erster Linie in Fernsehgeräten, PC-Monitoren und in der mobilen Elektronik, in Notebooks, Tablet-PCs, Smartphones oder Navigationssystemen. Die großflächigen Displays dominieren den Displaymarkt nach Wert, vor den hochauflösenden Displays für Smartphones und Tablet-PCs. Nach Technologien dominieren die LCD-Displays, gefolgt von den Plasmadisplays und OLED-Displays. Die sogenannten „LED-Displays“ sind LCD-Displays mit LED-Hintergrundbeleuchtung.

Nur der Wert der Displays selbst wird hier in die Marktbetrachtung einbezogen, nicht der Wert weiterer Integrationsstufen (Monitore, Notebooks, Fernsehgeräte, Datenprojektoren etc.). Displays für den Einsatz in der Militär-Avionik sind im Bereich Sicherheits- und Verteidigungstechnik einbezogen. Neben den Displays selbst werden das Displayglas und die Flüssigkristalle bzw. OLED-Chromophore als Vorprodukte in die Marktbetrachtung einbezogen.

### WELTMARKT

Der Weltmarkt für Flachdisplays betrug im Jahr 2011 nach Schätzung von DisplaySearch 111 Milliarden US-Dollar <sup>[82]</sup>. Die Daten von Displaysearch sollen an dieser Stelle wie auch schon in der Vorläuferstudie <sup>[1]</sup> verwendet werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Daten anderer Quellen, wie beispielsweise Unternehmensdaten und Daten von Optoelektronikverbänden führender Herstellerländer, mit diesen Daten nicht immer übereinstimmen. Dies kann insbesondere bei segmentierten Darstellungen zu erheblichen Inkompatibilitäten führen, die im Rahmen dieser Übersichtsstudie nicht aufgelöst werden können.

Schätzungen für wichtige Displayklassen umfassen <sup>[72]</sup>:

- TFT-LCD-Displays: 99,4 Milliarden US-Dollar.
- Plasmadisplays: 5,4 Milliarden US-Dollar.
- OLED-Displays: 3,4 Milliarden US-Dollar.
- Sonstige Displays: 2,8 Milliarden US-Dollar.

Die taiwanesische Photonics Industry Development Association (PIDA) beziffert einige Segmente unterschiedlich [72]:

- Plasmadisplays: 7,2 Milliarden US-Dollar.
- OLED-Displays: 1,8 Milliarden US-Dollar.
- E-Paper: 1,9 Milliarden US-Dollar.

Bei Epaper (elektronisches Papier, electronic ink) handelt sich um Displays, die zumeist Licht reflektieren wie normales Papier. Die Displayanzeige bleibt ohne oder mit minimalem Verbrauch elektrischer Leistung erhalten. Zukünftig soll elektronisches Papier auch flexibel sein.

Wichtige Nachfrageanteile für das Jahr 2011 betrugen [82]:

- LCD TV: 45 Milliarden US-Dollar.
- Desktop Monitor: 15 Milliarden US-Dollar.
- Notebook, Mininotebook: 10 Milliarden US-Dollar.
- Smartphones: 10 Milliarden US-Dollar.
- Tablet PCs: 5 Milliarden US-Dollar.
- Public Display: 1 Milliarde US-Dollar.

Komponenten der Displays umfassen Farbfilter, Polarisatoren, Backlight-Units, Glassubstrate und Flüssigkristalle. Die beiden Letzteren wurden in der Vorläuferstudie gesondert gezählt, da hier deutsche Hersteller aktiv waren. Deutsche Hersteller sind nur noch im Bereich der Flüssigkristalle tätig, aus Vergleichbarkeitsgründen wird der frühere Produktkreis jedoch beibehalten. Derzeit umfasst der Markt für Displayglas rund 7 Milliarden US-Dollar und derjenige für Flüssigkristalle 2,5 Milliarden US-Dollar.

Inklusive der Flüssigkristalle/OLED-Farbstoffe und des Displayglases belief sich der Weltmarkt im Bereich Displays im Jahr 2011 damit auf 86 Milliarden Euro (120 Milliarden US-Dollar).

## MARKTENTWICKLUNG SEIT 2005

Im Jahr 2005 umfasste der Markt für Flachdisplays laut Display Search rund 56 Milliarden Euro (70 Milliarden US-Dollar) [83]. Der Gesamtmarkt inklusive der Flüssigkristalle und des Displayglases belief sich auf 61 Milliarden Euro [1]. Seither ist der Gesamtmarkt auf Euro-Basis um 5,9 % pro Jahr gewachsen (7,9 % auf US-Dollar-Basis). Zieht man die maßgeblichere Entwicklung in US-Dollar heran, dann lag das Marktwachstum damit über den Erwartungen der Vorläuferstudie von 6,9 % Wachstum für den Zeitraum 2005 bis 2015. Nach Anwendungen war das Wachstum vor allem getrieben von den LCD-Fernsehgeräten. An zweiter Stelle sind die Smartphones und Tablet-PCs zu nennen. Daraus ergeben sich auch die Schwerpunkte des Wachstums nach Displaytypen. Am stärksten zugelegt haben die großflächigen LCD-Displays, die zunehmend LED-hintergrundbeleuchtet sind. An zweiter Stelle folgen die hochauflösenden LCD- und OLED-Displays, die in Smartphones und Tablet-PCs zum Einsatz kommen.

## MARKTPROGNOSE

Die Wachstumsraten im Bereich Flachdisplays werden abnehmen. In der Vergangenheit hat der Markt auch von massiven Substitutionen profitiert, bei den Fernsehgeräten und bei den PC-Monitoren. Inzwischen neigt sich auch das Substitutionspotenzial bei den Fernsehgeräten dem Ende zu. Der andere Wachstumstreiber, die mobilen Geräte, versprechen eine weiter steigende Nachfrage, wenn auch hier der zunehmende Diffusionsgrad abflachende Zuwachsraten erwarten lässt.

Im Einzelnen ergibt sich folgende Einschätzung:

- Das Wachstum bei den LCD-TV-Geräten beginnt zu sättigen. In einigen Quartalen des Jahres 2012 war die Nachfrage bereits deutlich rückläufig. Mit dem Zeithorizont einiger Jahre können hier OLEDs für neuen Auftrieb sorgen, wenn einerseits die Marktpreise für OLED-Displays ein größeres Nachfragevolumen erlauben und andererseits die in den letzten Jahren verkauften LCD-TV-Geräte durch neue Geräte ersetzt werden. Auch technische Innovationen versprechen weiteres Wachstum, wie die neuen UHD-TV-Geräte (vierfache Pixelzahl im Vergleich zu Full-HD).
- Das Wachstum bei den Displays für mobile Geräte flacht ab. Dennoch ist hier noch keine Sättigung erreicht. Auch verspricht der stetige Fluss neuer Eigenschaften kurze Ersatzzyklen, ebenso wie die allgemein geringe Lebensdauer mobiler Geräte.

Nach Technologien wird für OLED-Displays weiterhin starkes Wachstum erwartet, zunächst vor allem bei kleinen, hochauflösenden Displays, zunehmend aber auch bei TV-Geräte-Displays. Das von PIDA für 2011 geschätzte Marktvolumen für OLED-Displays beträgt 1,8 Milliarden US-Dollar [72]. Display Search sieht derzeit (2011) ein Marktvolumen von 3,5 Milliarden US-Dollar und erwartet bis 2014 einen Anstieg auf 18 Milliarden US-Dollar, bis 2019 auf 43 Milliarden US-Dollar [86]. In Bezug auf die Prognose geht Display Search davon aus, dass die Anwendungen im Jahr 2014 im Wesentlichen von Mobiltelefonen/Smartphones dargestellt werden (12 Milliarden US-Dollar) und nur zu 3 Milliarden US-Dollar von mobilen PCs/Tablet-PCs bzw. TV-Geräten. Nach 2014 soll die Nachfrage im Bereich Mobiltelefone/Smartphones nahezu stagnieren und das weitere Wachstum an erster Stelle von TV-Anwendungen und zusätzlich vom „Mobile Computing“ kommen. Eine neuere Marktstudie (Januar 2013) von Transparency Market Research [84] ist pessimistischer und prognostiziert für die OLED-Displays lediglich einen Markt von 25,9 Milliarden US-Dollar für das Jahr 2018.

Ein weiteres Wachstumsfeld bietet das E-Paper. PIDA sieht derzeit einen Markt von 1,9 Milliarden US-Dollar und bis 2014 von 6,9 Milliarden US-Dollar [72]. Nach einer Studie von IDC vom März 2011 wurden weltweit im Jahr 2010 rund 12,8 Millionen E-Book-Reader verkauft. Marktführer ist demnach mit 48 % Marktanteil im Jahr 2010 Amazon (Kindle), gefolgt von Pandigital (Novel eReaders), Barnes & Noble (Nook), Hanvon (WISereader) und Sony. Weiteres Wachstumspotenzial im Bereich Displays bieten Pikoprojektoren z. B. mit LED-Lichtquellen, die z. B. integriert in Mobiltelefone oder Smartphones mittels Projektion eine vergrößerte Darstellung ermöglichen. Brillen mit Display und Smartphone-Funktionen sind ein weiteres zukunftssträchtiges Produkt. Die „Google-Brille“ wurde bereits zum Test vorgestellt [85].

Für den Displaymarkt insgesamt geht Displaysearch von einem Wachstum von 111 Milliarden US-Dollar im Jahr 2011 auf 160 Milliarden US-Dollar im Jahr 2018 aus, entsprechend einem mittleren jährlichen Wachstum von 5,4 %. Das Wachstum nimmt kontinuierlich ab und fällt zum Ende des Zeitraums auf 1,2 % pro Jahr. Dieser Wert liegt deutlich unter dem langjährigen Weltwirtschaftswachstum. Für die Langfristprognose in der vorliegenden Studie gehen wir angesichts der genannten Anwendungs- und Technologiepotenziale dagegen von einem Zuwachs von nominal 5,6 % jährlich aus, etwas oberhalb des erwarteten Weltwirtschaftswachstums.

## HERSTELLER

Derzeit zerfällt der Markt in zwei wichtige Produktsegmente, die großen LCD-Displays, mit Anwendungen in TV-Geräten, Desktop-Monitoren und Notebooks (mehr als 10 Inch), sowie die hochauflösenden kleinen Displays (bis zu 10 Inch) mit den Hauptanwendungen Smartphones und Tablet-PCs. Der Markt der großen LCD-Displays, insgesamt rund 70 Milliarden US-Dollar, wird derzeit von TV-Anwendungen dominiert, die für rund zwei Drittel aller großen Displays stehen. Bei den TV-Anwendungen führen derzeit die beiden koreanischen Hersteller LG Display und Samsung Display den Weltmarkt an, vor den taiwanesischen Konkurrenten Chimei-Innolux und AU Optronics. Im Markt für hochauflösende Displays, auf LTPS-LCD- und OLED-Basis, dominiert Samsung Mobile Displays vor Sharp, Chimei Innolux und LG Display. Kleinere Marktanteile werden von Toshiba, AU Optronics, Sony, Hitachi und Hannstar gehalten.

Bei den OLED-Displays führt Samsung Mobile Display mit rund 70 % Marktanteil, vor der chinesischen Visionox (7 %), der taiwanesischen Wise-Chip (6 %), den japanischen Unternehmen Pioneer und TDK sowie der taiwanesischen RiT-Display mit jeweils ca. 4 % Anteil <sup>[86]</sup>.

## MARKT NACH REGIONEN

Entsprechend den Marktanteilen bei den wichtigsten Displaytypen teilen sich die Marktanteile nach Herstellerländern auf. Nach den vorliegenden Daten führt Korea (ca. 38 % Marktanteil) vor Taiwan (ca. 33 %), Japan (gut 20 %) und anderen Ländern (knapp 9 %). Hierbei sind die eingangs des Kapitels genannten Produkte einbezogen. China ist ein bedeutender Nachfragemarkt für Displays, sowohl für große Displays für Fernsehgeräte als auch für kleine hochauflösende Displays für Smartphones. Die Displays kommen derzeit überwiegend aus dem Ausland. Insbesondere bei großen Displays kündigt sich hier jedoch eine Änderung an, da ausländische Display-Hersteller vermehrt LCD-Fabriken in China aufbauen.

Von der Herstellerseite werden in letzter Zeit wesentliche Umstrukturierungen gemeldet. In Japan haben im April 2012 Sony, Toshiba und Hitachi ihre Aktivitäten im Bereich kleiner und mittelgroßer Displays mit dem Innovation Network Corporation of Japan (INCJ) zur Japan Display Inc. (JDI) zusammengeführt <sup>[87]</sup>. Kurz zuvor hatte Samsung seine LCD-Display-Aktivitäten in ein Tochterunternehmen der Samsung Electronics überführt, der Samsung Display Co., Ltd., die mit einem Umsatzvolumen von rund 20 Milliarden US-Dollar an den Start geht. Der OLED Marktführer, Samsung Mobile Display, der zusätzliche Umsatzvolumina auf die Waage bringt, gehört nicht dazu. Neben Samsung ist LG Display der umsatzstärkste Displayhersteller in Korea. In Taiwan sind Chimei-Innolux und AU Optronics die größten Displayhersteller.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Die Daten zu Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung in Deutschland im Bereich der Displays werden hier nicht aufgeschlüsselt, da nur wenige Unternehmen tätig sind. Die Daten werden in Kapitel 5 aggregiert mit denjenigen der Bereiche Kommunikationstechnik und Informationstechnik angegeben. Dadurch werden Rückschlüsse auf nicht publizierte Daten zu Einzelunternehmen ausgeschlossen. Die folgenden Informationen sind bereits anderweitig publiziert.

In Deutschland werden für Displays Flüssigkristalle hergestellt. Merck erzielt in diesem Markt mit einem geschätzten Volumen von 2,5 Milliarden US-Dollar einen Umsatz von ca. einer Milliarde Euro <sup>[88]</sup>, entsprechend einem Marktanteil von rund 50 %.

Plastic Logic zieht sich aus der Produktion von eigenen E-Readern zurück und setzt stattdessen künftig auf biegsame und ultradünne Kunststoffdisplays. Derzeit sind in Dresden rund 170 Mitarbeiter beschäftigt. Ende 2010 war das russische Staatskonsortium Rusnano bei Plastic Logic eingestiegen und hatte das Unternehmen mit frischem Kapital versorgt <sup>[89]</sup>.

Es sei angemerkt, dass Display-Produktionsausrüstung in der vorliegenden Studie nicht als Teil des Photonik-Marktes gezählt wird (es sei denn, es handelt sich um Lasermaterialbearbeitungssysteme, Lithografiesysteme, oder Systeme der optischen Messtechnik oder Bildverarbeitung).

## 9. LICHTQUELLEN

| Lichtquellen – Welt                  |        |        |           |                  |
|--------------------------------------|--------|--------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                         |        | 2005   | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Lampen                               | Mrd. € | 13,0   | 13,0      | 6,5              |
| LEDs, OLEDs                          | Mrd. € | 5,4    | 9,0       | 29,0             |
| Gesamt                               | Mrd. € | 18,4   | 22,0      | 35,5             |
| Wachstum                             |        |        | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt                  | CAGR % |        | 3,0       | 5,5              |
| Lichtquellen – Deutschland           |        |        |           |                  |
| Inlandsproduktion und Beschäftigung  |        | 2005   | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Inlandsproduktion Gesamt             | Mrd. € | 2,3    | 2,4       | 2,4              |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich | Anzahl | 10.000 | 9.800     | 8.000            |
| Wachstum                             |        |        | 2005–2011 |                  |
| Inlandsproduktion Gesamt             | CAGR % |        | 2,4       |                  |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich | CAGR % |        | -0,4      |                  |
| Quelle: Optech Consulting, 2013      |        |        |           |                  |

### PRODUKTE

In der vorliegenden Studie werden im Bereich Lichtquellen folgende Produkte einbezogen<sup>1</sup>:

- Lampen, insbesondere Glühlampen und Gasentladungslampen. Zu den Gasentladungslampen gehören auch die Kompaktleuchtstofflampen (CFL – Compact Fluorescent Lamp), auch „Energiesparlampen“ genannt.
- LEDs, insbesondere High-Brightness-LEDs (HBLEDs) und LED-Module. LED-Module vereinigen, ähnlich den Energiesparlampen, die eigentliche Lichtquelle mit der zugehörigen Elektronik.
- In geringem Umfang sind auch LEDs für Spezialanwendungen (Signale, Fernbedienung etc.) enthalten und im Segment Lampen auch technische Speziallampen etwa für die UV-Erzeugung (Entkeimung, Lithografie).
- In der Prognose enthalten sind auch OLEDs für Beleuchtungszwecke. Diese werden im Folgenden gesondert diskutiert. Im Erfolgsfall würden diese im Wesentlichen andere Leuchtkörper substituieren, neben einem denkbaren, zusätzlich geschaffenen Marktvolumen für „mood lighting“.
- Nicht einbezogen werden Zusatzprodukte wie Fassungen, Zünder oder Elektronik, es sei denn, diese bilden mit der Lampe eine Einheit (Modul) wie bei Energiesparlampen und LEDs.

Durch neue Technologien wie LEDs verändern und verbreitern sich die Wertschöpfungsketten im Lichtmarkt. Produktseitig ist dies darin begründet, dass sich die traditionellen Trennlinien zwischen standardisierten, austauschbaren Lichtquellen und weiteren Komponenten auflösen. Im Folgenden werden auch Marktdaten zum Gesamtmarkt „Licht“ (Lichtquellen und Leuchten) angegeben.

<sup>1</sup> Der Bereich „Lichtquellen“ in der vorliegenden Studie entspricht dem Bereich „Beleuchtungstechnik“ in der Vorläuferstudie.

Es ist wichtig anzumerken, dass in der Photonik gelegentlich auch Strahlungsquellen im weiteren Sinn als „Lichtquellen“ bezeichnet werden, wie Laser mit Anwendungen in der Materialbearbeitung, in der medizinischen Therapie oder in der Informationstechnik. In der vorliegenden Studie sind die Laser den jeweiligen Anwendungsbereichen zugeordnet und nicht im vorliegenden Kapitel Lichtquellen berücksichtigt.

## WELTMARKT

Für das Jahr 2011 wird der Markt für Lichtquellen wie folgt eingeschätzt:

- Lichtquellen insgesamt: 22 Milliarden Euro.
- Lampen (Glühlampen und Gasentladungslampen): 13 Milliarden Euro.
- LEDs: 9 Milliarden Euro.

Der Weltmarkt für Lichtquellen ist seit dem Jahr 2005 mit einer jährlichen Zuwachsrate von rund 3 % auf Euro-Basis und von 5 % auf US-Dollar-Basis gewachsen. Damit lag das Marktwachstum geringfügig über dem globalen Wirtschaftswachstum, aber etwas unterhalb der Erwartung aus der Vorläuferstudie. Letzteres kann auf die gedämpfte weltwirtschaftliche Entwicklung zurückgeführt werden. Umsatzsteigernd wirkten neue Anwendungen in den Bereichen LCD-Backlighting und in der mobilen Konsumelektronik. Nach Produkten konnte der Lampenmarkt seit dem Jahr 2005 sein Volumen auf Euro-Basis halten, während der Markt für LEDs deutlich zulegen konnte.

Der ZVEI berichtet für die Beleuchtungstechnik insgesamt (Lichtquellen und Leuchten) ein weltweites Marktvolumen von 82,1 Milliarden Euro (2010). Das Marktvolumen ist im Vergleich zu 2005 (69,1 Milliarden Euro) mit 3,5 % jährlich gewachsen, nachdem es in den Jahren 2001 bis 2005 stagnierte. Die wichtigsten Nachfrageländer sind die USA (15,5 Milliarden Euro im Jahr 2010), vor China (13,5 Milliarden Euro) und Japan (10,2 Milliarden Euro). Deutschland steht unter den Nachfrageländern mit einem Volumen von 3,1 Milliarden Euro an vierter Stelle. Produktionsseitig steht China an erster Stelle (27,9 Milliarden Euro), vor den USA (10,4 Milliarden Euro), Japan (10,2 Milliarden Euro) und Deutschland (4,2 Milliarden Euro).

## MARKT FÜR LEDS

Der Markt für LEDs betrug im Jahr 2011 rund 9 Milliarden Euro (12,5 Milliarden US-Dollar). Seit dem Jahr 2005 nahm der Markt um nahezu 11 % jährlich auf US-Dollar-Basis und um nahezu 9 % auf Euro-Basis zu. Das Wachstum wurde an erster Stelle getragen von Backlight-Anwendungen für LCD-Displays (für Fernsehgeräte, Monitore, Notebooks, Smartphones und Mobiltelefone). Diese kamen im Jahr 2011 auf ein Marktvolumen von rund fünf Milliarden US-Dollar. An zweiter Stelle, und in jüngster Vergangenheit stark zunehmend, wird das Wachstum auch getragen von LEDs und LED-Modulen für die allgemeine Beleuchtung (3,5 Milliarden US-Dollar im Jahr 2011). Die weiteren Anwendungen standen im Jahr 2011 für ein Volumen von rund 4 Milliarden US-Dollar. Dies beinhaltet auch den Beitrag der Automobilanwendungen.

Die genannten Daten stellen eine Zusammenfassung von Informationen aus verschiedenen Quellen dar. Zum LED-Markt liegt eine Vielzahl von Marktstudien vor, die ein Marktvolumen in der Größenordnung von rund 8,5 bis 13,5 Milliarden US-Dollar für das Jahr 2011 feststellen. Die Unterschiede dürften vor allem auf den Kreis der einbezogenen Produkte und der Integrationsgrade zurückzuführen sein (z. B. im Automobilbereich: LEDs oder Scheinwerfermodule).

Die Einschätzungen zum LED-Weltmarkt im Jahr 2011 im Einzelnen:

- Photonics Industry Development Association (PIDA), Taiwan: 16,7 Milliarden US-Dollar, davon 3,1 Milliarden US-Dollar für LEDs (nur Solid-State-Lighting-Anwendungen), und 13,6 Milliarden US-Dollar für LED-Packaging.

- Strategies Unlimited <sup>[90]</sup>: 12,5 Milliarden US-Dollar, davon Backlighting und mobile Geräte 6,4 Milliarden US-Dollar, General Lighting 1,8 Milliarden US-Dollar, Car Lighting 1,1 Milliarden US-Dollar, sonstige Anwendungen 3,2 Milliarden US-Dollar.
- IMS Research <sup>[91]</sup>: 8,7 Milliarden US-Dollar, davon Backlighting und mobile Geräte 5,3 Milliarden US-Dollar, General Lighting 1,8 Milliarden US-Dollar, Car Lighting 0,3 Milliarden US-Dollar, sonstige Anwendungen 1,2 Milliarden US-Dollar.
- LED Inside <sup>[92]</sup>: 9,0 Milliarden US-Dollar, davon Backlighting und mobile Geräte 4,3 Milliarden US-Dollar, General Lighting 1,8 Milliarden US-Dollar, Car Lighting 1,3 Milliarden US-Dollar, sonstige Anwendungen 1,6 Milliarden US-Dollar.
- McKinsey <sup>[93]</sup>: 5,3 Milliarden Euro, wobei nur drei Anwendungsbereiche berücksichtigt sind: Backlighting 2,8 Milliarden Euro, Automobilanwendungen 0,1 Milliarden Euro (nur LED-Level), allgemeine Beleuchtung 2,4 Milliarden Euro.

## MARKTPROGNOSE

Für den Gesamtmarkt Lichtquellen (Lampen, LEDs, evtl. OLEDs) wird weiterhin ein Wachstum geringfügig über dem Wachstum der globalen Wirtschaftsleistung angenommen. Damit wird der Gesamtmarkt bis 2020 auf rund 35 Milliarden Euro ansteigen. Unter der Annahme, dass der Lampenmarkt sich bis zum Jahr 2020 auf ungefähr 6,5 Milliarden Euro halbiert, beträgt der Markt für LEDs und OLEDs dann nahezu 30 Milliarden Euro. Marktsteigernd für den Bereich Lichtquellen wirkt sich die Tatsache aus, dass die neuen Lichtquellen (LEDs, evtl. OLEDs) im Vergleich zu Lampen einen höheren Integrationsgrad aufweisen (Module), während sich ihre längere Lebensdauer marktmindernd auswirkt.

Marktvorhersagen für LEDs umfassen (Quellen wie oben):

- McKinsey sieht für den Gesamtmarkt für LEDs und Lampen einen Anstieg von 18,0 Milliarden Euro auf 27,8 Milliarden Euro im Jahr 2020, entsprechend einer mittleren jährlichen Wachstumsrate von 4,9 %. Dabei halbiert sich der Markt für Lampen, während der Markt für LEDs um einen Faktor vier wächst, entsprechend einer mittleren jährlichen Wachstumsrate von 16,7 %. Der Markt für Backlight-LEDs nimmt von 2,8 Milliarden Euro im Jahr 2011 auf 1,9 Milliarden Euro im Jahr 2020 ab.
- Strategies Unlimited sieht bis zum Jahr 2016 einen stagnierenden Markt für LEDs. Während der Markt für allgemeine Beleuchtung auf 3,3 Milliarden US-Dollar wächst, von 1,8 Milliarden US-Dollar im Jahr 2011, wird dieser Zuwachs aufgezehrt von Marktrückgängen vor allem in den Segmenten Backlighting und Mobile Geräte, während der Markt im Automobilbereich stagniert.
- LED Inside erwartet bis 2015 einen Anstieg des LED-Marktes auf 16 Milliarden US-Dollar, von 9 Milliarden US-Dollar im Jahr 2011, wobei General Lighting der Wachstumsträger ist, aber auch der Bereich Automobilbeleuchtung sich gegenüber 2011 verdoppelt.
- IMS Research sieht einen Anstieg bis 2014 von 8,5 Milliarden US-Dollar auf 12,0 Milliarden US-Dollar und danach gleichbleibende Marktvolumina bis zum Jahr 2016. Die allgemeine Beleuchtung ist der einzige Wachstumsträger; der Markt für die Automobilbeleuchtung stagniert.

Es ist wichtig anzumerken, dass die Bedeutung von Modulen bei den neuen Lichtquellen (LEDs, evtl. OLEDs) zunehmen wird. Innerhalb der gewählten Systematik resultieren hieraus marktsteigernde Effekte.

Das Anwendungspotenzial für OLEDs umfasst die Wohnraum- und Gebäudebeleuchtung, farbige Beleuchtung (Signalbeleuchtung, Dekorationsbeleuchtung) sowie die Display- und Instrumentenbeleuchtung. Die Marktreife von OLEDs hat sich immer wieder verzögert. Wurden früher Ziele von 6 Milliarden US-Dollar für OLED-Beleuchtung im Jahr 2015 genannt <sup>[94]</sup>, haben sich die Prognosen inzwischen deutlich nach hinten verschoben. Nunmehr geht DisplaySearch davon aus, dass der Markt für OLEDs in der Beleuchtung im Jahr 2015 1,5 Milliarden US-Dollar und 6,3 Milliarden US-Dollar im Jahr 2018 betragen wird <sup>[96]</sup>.

Nanomarkets benennt drei Märkte für OLEDs <sup>[95]</sup>. Erstens würde der Ersatz von EL-Lichtquellen zu einem sehr kleinen Markt für OLEDs führen. Zweitens würde „mood lighting“ zu einem Marktvolumen von mehreren hundert Millionen US-Dollar führen. Drittens hält Nanomarkets einen Markt von mehreren Milliarden US-Dollar in der zweiten Hälfte des Jahrzehnts für möglich, wenn OLEDs in den allgemeinen Beleuchtungsmarkt eindringen können. Es ist wichtig zu bemerken, dass in letzterem Fall die OLEDs Lampen und LEDs ersetzen und deren Märkte entsprechend reduziert würden.

### MARKTANTEILE

Osram und Philips sind die Weltmarktführer, vor General Electric, Herstellern in Japan (NEC, Toshiba) und einer Vielzahl von Produzenten in China. Die führenden Hersteller unterhalten jeweils Produktionsstätten in mehreren Ländern und Regionen. Osram unterhält Produktionsstätten in europäischen Ländern, in Nordamerika sowie in Asien. Chinesische Hersteller haben insbesondere große Marktanteile bei den Kompaktleuchtstofflampen errungen. Der Marktanteil Chinas soll bereits im Jahr 2004 die 90-%-Marke überschritten haben <sup>[96]</sup>.

Mit dem Technologiewechsel von Lampen zu LEDs geht eine Neuverteilung der Marktanteile einher. Bei den packaged LEDs halten derzeit Nichia (Japan), Samsung LED (Korea), Osram (Deutschland), LG Innotek (Korea), Seoul Semiconductor (Korea), Cree (USA), Philips Lumileds (USA / Niederlande), Sharp (Japan), Toyoda Gosei (Japan), Everlight (Taiwan) die größten Marktanteile <sup>[97]</sup>.

Bei der Herstellung der LED-Chips halten Hersteller in Taiwan, Korea und Japan die größten Anteile. Derzeit investieren Hersteller in China in großem Umfang in Produktionsanlagen für LED-Chips. So sollen im letzten Jahr 90 % der MOCVD-Anlagen für die Produktion von LED-Chips nach China gegangen sein <sup>[98]</sup>. Gleichzeitig ist das Produktionsvolumen von LED-Chips in China noch vergleichsweise gering. Während derzeit also die Produktion bei Herstellern in China nur in begrenztem Umfang läuft, lassen die massiven Investitionen vermuten, dass chinesische Hersteller bei den LEDs eine vergleichbare Marktstellung anstreben wie bei den CFL oder den Solarzellen.

### INLANDSPRODUKTION DEUTSCHLAND

Das heimische Produktionsvolumen in Deutschland lässt sich nur schätzen, da entsprechende Daten nicht verfügbar sind. In der amtlichen Produktionsstatistik sind viele Produktsegmente gesperrt und die Unternehmen publizieren auch keine derartigen Segmentdaten. Insgesamt dürfte das (nominale) Produktionsvolumen seit 2005 seitwärts tendiert haben, mit leicht positiver Tendenz. Für das Jahr 2005 wurde eine Inlandsproduktion von 2,3 Milliarden Euro ermittelt. Im Jahr 2011 setzte Osram 5,0 Milliarden Euro um <sup>[99]</sup> (2005: 4,3 Milliarden Euro <sup>[100]</sup>). Der Umsatz ist nur zum Teil dem Standort Deutschland zuzurechnen und nur zum Teil den Lampen und LEDs. Neben Osram stellen noch weitere Unternehmen in Deutschland Lampen her. Das zweitwichtigste Unternehmen ist Philips mit der Halogenlampenproduktion am Standort Aachen.

### BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Die Beschäftigung in Deutschland im Bereich der Lampen- und LED-Hersteller bezifferte sich im Jahr 2005 auf rund 10.000 Mitarbeiter. Nach einer Zunahme in den Jahren bis 2008 werden seit dem Jahr 2009 Arbeitsplätze abgebaut, zunächst wegen der konjunkturellen Lage im Krisenjahr 2009, inzwischen auch wegen der Umgestaltung der Industrie (Stichworte LEDs, Verlagerung Nachfrage nach Asien). Der größte Teil des Umgestaltungsprozesses liegt noch voraus. Der mit Abstand größte Arbeitgeber in der Lampenproduktion in Deutschland, Osram, will bis 2014 mehr als 1.000

Arbeitsplätze in Deutschland abbauen <sup>[101]</sup> oder nahezu 10 % der im Inland beschäftigten Mitarbeiter (nicht alle sind im Bereich Lampen tätig). Im Jahr 2012 wurden bereits 300 Arbeitsplätze in Deutschland abgebaut und 1.900 weltweit <sup>[102]</sup>. Der weltweite Stellenabbau soll sich bis 2014 insgesamt auf 4.700 beziffern.

Philips, als zweitwichtigster Arbeitgeber in diesem Bereich in Deutschland, beschäftigte in Aachen im Jahr 2007 rund 1.500 Mitarbeiter <sup>[103]</sup>, ebenso wie im Jahr 2012 <sup>[104]</sup>, während zwischenzeitlich die Anzahl der Arbeitsplätze leicht angestiegen war. Im September 2012 hat Philips ein Verschlkungsprogramm angekündigt, in dessen Verlauf weltweit 6.700 Stellen abgebaut werden sollen. Ende Juni 2012 arbeiteten 121.801 Menschen bei Philips weltweit, rund 37.950 waren 2011 in der Sparte Lichttechnik und 53.170 in der Medizintechnik beschäftigt <sup>[97]</sup>.

## PRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG LICHTQUELLEN UND LEUCHTEN DEUTSCHLAND

Der ZVEI gibt für die Beleuchtungstechnik insgesamt (Lichtquellen und Leuchten) in Deutschland folgende Daten an:

- Umsatz 2011: 5,8 Milliarden Euro (2005: 4,4 Milliarden Euro).
- Beschäftigte (Jahresendstand) 2011: 32.900 (2005: 29.550).
- Produktion 2011: 4,3 Milliarden Euro (2005: 3,6 Milliarden Euro).

## ERWARTUNG INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Der Schwerpunkt der Produktion von Lampen und LEDs wird zukünftig noch mehr in Asien liegen, auch bei Osram und Philips. Osram hat mit dem Bau einer Fertigungsstätte für LEDs mit geplanten 1.700 Mitarbeitern in China begonnen <sup>[102]</sup>. Damit stellt sich Osram auf die Tatsache ein, dass in wenigen Jahren 50 % des Lichtmarktes in Asien angesiedelt sein werden. Die LED-Fabrik ist die zweite in Asien. In Malaysia beschäftigt Osram in einer LED-Fabrik 2.500 Mitarbeiter. Auch Philips hat den Aufbau einer LED-Fabrik in China (Chengdu) angekündigt, die bereits im Jahr 2013 operativ sein soll.

Konkrete Pläne zum Arbeitsplatzabbau, wie man sie der Presse entnehmen kann, betreffen derzeit ca. 10 % der Belegschaft in Deutschland. Geht man davon aus, dass sich die Lampenproduktion weltweit bis 2020 halbiert und gleichzeitig LED-Fabriken überwiegend in Asien aufgebaut werden, erscheint eine Trendumkehr unwahrscheinlich. Vor diesem Hintergrund gehen wir von einem nominal gleichbleibenden heimischen Produktionsvolumen für die Lichtquellen auf dem Stand von 2011 aus, verbunden mit einer Abnahme der Zahl der Arbeitsplätze um 20 % im Vergleich zum Jahr 2011.

# 10. PHOTOVOLTAIK

| Photovoltaik – Welt                  |        |       |           |                  |
|--------------------------------------|--------|-------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                         |        | 2005  | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Solarzellen                          | Mrd. € | 5,0   | 28,3      | 59,0             |
| Solarmodule                          | Mrd. € | 4,0   | 20,9      | 39,0             |
| Gesamt                               | Mrd. € | 9,0   | 49,2      | 98,0             |
| Wachstum                             |        |       | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt                  | CAGR % |       | 32,7      | 7,9              |
| Photovoltaik – Deutschland           |        |       |           |                  |
| Inlandsproduktion und Beschäftigung  |        | 2005  | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Inlandsproduktion Gesamt             | Mrd. € | 1,7   | 4,8       | 4,8              |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich | Anzahl | 5.000 | 17.000    | 12.000           |
| Wachstum                             |        |       | 2005–2011 |                  |
| Inlandsproduktion Gesamt             | CAGR % |       | 18,6      |                  |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich | CAGR % |       | 22,8      |                  |
| Quelle: Optech Consulting, 2013      |        |       |           |                  |

## PRODUKTE

Im Bereich Photovoltaik bezieht die vorliegende Studie folgende Produkte ein:

- Solarmodule.
- Solarzellen. Bei Dünnschicht-Solarzellen (ca. 10 % Marktanteil) entfällt das Vorprodukt Solarzelle.

Die Wertschöpfungskette bis zum Solarmodul (100 % Wert) umfasst mehrere Stufen, deren Wertschöpfung wie folgt abgeschätzt wird (Kostenanteile an der Wertschöpfung einer in Deutschland installierten PV-Anlage, Stand 2011) <sup>[105]</sup>:

- Herstellung Silizium: 20 %
- Herstellung Wafer: 23 %
- Zellenproduktion: 20 %
- Modulproduktion: 37 %

Die Preise für Zellen und Module variieren je nach Hersteller und Produkt. Auch der Zeitpunkt einer Preisangabe ist wegen des rapiden Preisverfalls in der jüngeren Vergangenheit wichtig. Für das Jahr 2011 wird hier ein Durchschnittspreis für Module von 1,13 Euro/Wpeak angenommen. Hinzu kommen Kosten für Wechselrichter und Installationsmaterial sowie Installationskosten (typisch 75 % der Modulkosten). Damit ergeben sich Kosten der Photovoltaikanlagen von rund 2.000 Euro/kWpeak in Deutschland für das Jahr 2011 <sup>[105]</sup>.

Die Solarzelle stellt 63 % des Wertes des Solarmoduls dar. Die Addition der Märkte für Zellen und Module führt daher zu einem Summenvolumen, das deutlich größer ist als der Modulmarkt<sup>1</sup>. Diese Additionseffekte sind in anderen Bereichen der Photonik deutlich geringer. Es ist daher wichtig anzumerken, dass diese Systematik zu einer relativen Übergewichtung der Photovoltaik in der Photonik führt.

<sup>1</sup> Die Addition von Zellen- und Modulmarkt tritt bei den – dominierenden – kristallinen Solarmodulen auf, nicht bei den Dünnschichtmodulen.

## WELTMARKT

Im Jahr 2011 wurden weltweit Solarzellen mit einer Gesamtleistung von 37,2 GW hergestellt. Diese Zahl wird von der Zeitschrift Photon International berichtet <sup>[106]</sup>, die jährlich das Produktionsvolumen und die Produktionskapazitäten der Hersteller per Fragebogen und ggf. per Schätzung erhebt. Die Erhebung für das Jahr 2011 enthält die Daten für rund 200 Hersteller.

Ebenfalls für das Jahr 2011 berichtet die European Photovoltaic Industry Association (EPIA), dass weltweit Photovoltaiksysteme mit einer Gesamtleistung von 29,7 GW neu mit den Netzen verbunden wurden <sup>[107]</sup>.

Kristalline Zellen dominieren mit einem Anteil von knapp 90 % des Volumens, während Dünnschichtzellen für gut 10 % stehen <sup>[106]</sup>. Im Jahr 2009 war der Anteil der Dünnschichtzellen auf gut 15 % gestiegen, ist jedoch in den letzten Jahren wieder zurückgefallen. Legt man einen weltweit gemittelten Zellenpreis von 0,80 US-Dollar zugrunde, dann liegt das Produktionsvolumen für kristalline Zellen für das Jahr 2011 bei rund 27 Milliarden US-Dollar (19 Milliarden Euro). Entsprechend ergibt sich bei einem Modulpreis von rund 1,40 US-Dollar ein Produktionsvolumen von 42 Milliarden US-Dollar (30 Milliarden Euro). Das gesamte Produktionsvolumen ergibt 49 Milliarden Euro.

## MARKTENTWICKLUNG SEIT DEM JAHR 2005

Seit dem Jahr 2005 ist der Weltmarkt von 9 Milliarden Euro (Produktionsvolumina für Zellen und Module addiert) auf 49 Milliarden Euro angestiegen, entsprechend einer jährlichen Wachstumsrate von 33 %.

Mengenmäßig (Zellenleistung) stieg das Produktionsvolumen sogar um durchschnittlich 65 % jährlich an. Der Preisverfall von rund 30 % pro Jahr (Preis pro Watt Leistung) ist dramatisch. Das Nachfragewachstum fand insbesondere in Deutschland und Europa statt, getragen von staatlich etablierten Einspeisungsvergütungen.

## PRODUKTION NACH LÄNDERN

Produktionsseitig stammen laut Photon International 87,7 % aller Solarzellen (gezählt in GW<sub>peak</sub>) aus Asien und allein 57,3 % aus der Volksrepublik China <sup>[106]</sup>. Die weiteren Herstellerländer in Asien sind Taiwan mit einem Anteil von 11 %, vor Japan mit 6,9 % und Malaysia mit 5,8 %. In Malaysia produzieren mehrere Hersteller aus Übersee, insbesondere First Solar, Sunpower und Q-Cells. Weitere wichtige Produktionsstandorte in Asien sind Korea (2,9 %) und, mit kleineren Anteilen, die Philippinen, Singapur und Indien. Außerhalb Asiens sind wichtige Produktionsstandorte Deutschland (6,7 %), das übrige Europa (insgesamt 2,3 %) und die USA (3 %).

## REGIONALE VERTEILUNG DER NACHFRAGE

Nachfrageseitig gingen im Jahr 2011 in Europa rund 74 % aller Solarmodule ans Netz, gefolgt von der Region Asien-Pazifik (ohne China) mit rund 9 %, Nordamerika mit 7,5 % und China mit knapp 7,5 %. Diese Daten werden von der European Photovoltaic Industry Association berichtet <sup>[107]</sup>. Innerhalb Europas stand im Jahr 2011 Italien für den größten Teil der Netzzugänge (43 %), gefolgt von Deutschland (34 %). Es ist aber darauf hinzuweisen, dass der große Nachfrageanteil Italiens auf Einmaleffekte zurückzuführen ist. Die EPIA geht davon aus, dass die Nachfrage in Italien nach 2013 auf nur noch 20 % bis 30 % des Volumens im Jahr 2011 zurückfällt. Deutschland bildet demnach den Nachfrageschwerpunkt in Europa.

## IMPORT- UND EXPORTSTRÖME

Bei einem Produktionsanteil Asiens von nahezu 90 % und einem Nachfrageanteil Europas von 74 % ergibt sich ein ausgeprägter Warenstrom von Asien nach Europa. Während im Jahr 2004 der Anteil Chinas am Weltmarkt noch unter 5 % betrug, lag er im Jahr 2011 bei 57 % und nahm vermutlich im Jahr 2012 weiter zu <sup>[106]</sup>.

## MARKTPROGNOSE

In ihrem Global Market Outlook vom Mai 2012 stellt die EPIA zwei Szenarien vor, „moderate“ und „policy driven“ <sup>[107]</sup>. Nach den beiden Szenarien wächst der Weltmarkt wie folgt:

- „Moderate“-Szenario: von 29,7 GW im Jahr 2011 auf 38,8 GW im Jahr 2016 oder um rund 5,5 % pro Jahr. Bei einem weiteren Preisverfall würde damit der Weltmarkt real schrumpfen. Im „Moderate“-Szenario würde Europa im Jahr 2016 als Nachfragerregion knapp hinter Gesamtamerika zurückfallen, jedoch immer noch mehr neue Kapazität installieren als Asien-Pazifik oder China.
- „Policy driven“-Szenario: von 29,7 GW im Jahr 2011 auf 77,3 GW im Jahr 2016, entsprechend einem mengenmäßigen Wachstum von 21,1 % pro Jahr, also deutlich weniger als in den letzten Jahren. Im „Policy driven“-Szenario würde Europa im Jahr 2016 noch immer ein Viertel der weltweiten Solarzellenproduktion nachfragen, fast so viel wie Amerika und China zusammen genommen.

In der vorliegenden Studie verwenden wir ein Szenario, das mengenmäßig ein relativ hohes Wachstum von 17 % pro Jahr bis zum Jahr 2020 annimmt. Gleichzeitig folgen wir bei der angenommenen Preisentwicklung aggressiven Prognosen und nehmen einen Preisverfall von durchschnittlich 8 % pro Jahr bis zum Jahr 2020 an (ca. 10 % pro Jahr real). Dies führt zu einem Modulpreis von rund 0,50 Euro im Jahr 2020 (in heutiger Kaufkraft ca. 0,42 Euro) und damit zu einem „Market driven“-Szenario. Preisrückgänge in der genannten Größenordnung werden beispielsweise in einer Studie von McKinsey diskutiert und als kostenmäßig machbar eingeschätzt <sup>[108]</sup>. Für das Jahr 2020 ergibt sich damit ein Modulmarkt von 60 Milliarden Euro und ein Zellenmarkt in der Größenordnung von rund 40 Milliarden Euro. Das resultierende Produktionsvolumen von 130 GW<sub>peak</sub> pro Jahr im Jahr 2020 würde bei einer angenommenen Lebensdauer der Module von mehr als 25 Jahren zu einem substantiellen Beitrag der Photovoltaik zur globalen Elektrizitätsversorgung führen.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

In Deutschland wurden im Jahr 2011 Solarzellen mit einer Gesamtleistung von 2,5 GW<sub>peak</sub> produziert <sup>[106]</sup>. Dies umfasst die Produktion von Unternehmen mit Hauptsitz in Deutschland ebenso wie die Produktion von Unternehmen mit Hauptsitz in anderen Ländern. Nicht enthalten ist die Auslandsproduktion von Unternehmen mit deutschem Hauptsitz. Insgesamt wurden damit in Deutschland im Jahr 2011 Solarzellen und -module im Wert von rund 5 Milliarden Euro produziert. Seit dem Jahr 2005 hat die Produktion von Solarzellen und -modulen in Deutschland von 1,7 Milliarden Euro auf 5,0 Milliarden Euro zugenommen, entsprechend einer mittleren jährlichen Wachstumsrate von 19,7 %. Der Großteil dieses Wachstums war in den Jahren bis 2008 zu verzeichnen. Bedingt durch den rapiden Preisverfall für Solarzellen und -module und das starke Wachstum der Produktion in Asien, allen voran in China, ist die Produktion in Deutschland im Jahr 2011 zurückgegangen, von 2,65 GW im Jahr 2010 (9,7 % der weltweiten Produktion) auf 2,51 GW im Jahr 2011 (6,7 % der weltweiten Produktion). Bedingt durch den Preisverfall bei Solarzellen fiel der wertmäßige Produktionsrückgang noch deutlich höher aus.

Viele der publizierten Schätzungen zu Mitarbeiterzahlen in der Photovoltaik beziehen einen deutlich größeren Unternehmenskreis ein als die vorliegende Studie, die nur die Beschäftigung bei Herstellern von Modulen, Zellen und Silizium

berücksichtigt. Die Zahl der Mitarbeiter wurde in der Vorläuferstudie für das Jahr 2005 mit rund 5.000 ermittelt. Verfolgt man die Entwicklung der Mitarbeiterzahlen der führenden Hersteller in Deutschland seither, dann ergibt sich für das Jahr 2011 ein Wert von rund 17.000.

## ERWARTUNG INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Der weltweite Solarzellenmarkt ist derzeit gekennzeichnet von Überkapazitäten (im Jahr 2011 wurden ca. 20 % mehr Zellen produziert als installiert, wobei die Fertigungskapazitäten noch deutlich höher sind) und damit einhergehend starkem Preisdruck. Der Preisdruck trieb mehrere der umsatzstärksten Hersteller, auch in China, in die Verlustzone. In Deutschland gerieten inzwischen (Anfang 2013) viele der lokal führenden Hersteller in finanzielle Schieflage. Die vergleichsweise hohe Förderung der Photovoltaik in Deutschland hatte eine Vielzahl kleiner – im Weltmaßstab zu kleiner – Hersteller geschaffen. Das Umfeld hat sich dramatisch gewandelt. Aus einer „cottage industry“ [108] wurde eine 50-Milliarden-Euro-Industrie. Eine entscheidende Rolle beim derzeitigen Ausleseprozess unter den Herstellern werden die Produktionskosten und die Kapitaldecke der einzelnen Firmen spielen. Die Zukunft der deutschen Solarindustrie ist mit Fragezeichen behaftet, die in dieser Übersichtsstudie zur Photonik nicht im Detail untersucht werden können.

Die Randbedingungen für die deutsche Solarindustrie sind:

- Abnehmende Zuwachsraten im Weltmarkt, voraussichtlich weiter abnehmende Preise.
- Bei weltweit mehr als 200 Herstellern von Solarzellen besteht Raum für eine deutliche Konsolidierung. Derzeit schreiben viele Solarzellenhersteller rote Zahlen, auch große Hersteller in China.
- Die Nachfragemärkte werden sich schwerpunktmäßig von Europa wegbewegen. Um auf den globalen Märkten erfolgreich zu sein, benötigen Hersteller eine entsprechende Vertriebsstruktur und die dazu notwendigen Ressourcen.
- Die Produktion an kostengünstigen Standorten, wie dies auch schon europäische und nordamerikanische Hersteller tun, erscheint essenziell.

Vor diesem Hintergrund verwendet diese Studie für das Jahr 2020 folgende Daten:

- Inlandsproduktion Deutschland: gleiches Niveau wie im Jahr 2011 (dies impliziert wegen des angenommenen Preisverfalls mengenmäßige Produktionssteigerungen).
- Beschäftigung Standort Deutschland: Rückgang der Anzahl der Beschäftigten von rund 17.000 auf 12.000. Der Abbau von Arbeitsplätzen hat in den Jahren 2011 und 2012 begonnen und wird sich bei Umsetzung der bekannt gewordenen Unternehmenspläne in naher Zukunft weiter fortsetzen.

# 11. OPTISCHE KOMPONENTEN & SYSTEME

| Optische Komponenten – Welt          |        |        |           |                  |
|--------------------------------------|--------|--------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                         |        | 2005   | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Optische Komponenten & Systeme       |        |        |           |                  |
| Gesamt                               | Mrd. € | 11,2   | 18,6      | 37,3             |
| Wachstum                             |        |        | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt                  | CAGR % |        | 8,9       | 8,0              |
| Optische Komponenten – Deutschland   |        |        |           |                  |
| Inlandsproduktion und Beschäftigung  |        | 2005   | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Inlandsproduktion Gesamt             | Mrd. € | 2,7    | 4,5       | 8,8              |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich | Anzahl | 16.700 | 24.500    | 34.800           |
| Wachstum                             |        |        | 2005–2011 |                  |
| Inlandsproduktion Gesamt             | CAGR % |        | 8,9       |                  |
| Beschäftigung ohne Zuliefererbereich | CAGR % |        | 6,6       |                  |
| Quelle: Optech Consulting, 2013      |        |        |           |                  |

Im Vergleich zur Vorläuferstudie wurde ein Teil der Produkte dieses Bereiches in den neu geschaffenen Bereich „Sicherheits- und Verteidigungstechnik“ überführt. Dies betrifft Infrarot- und Nachtsichtgeräte, Sichtgeräte (Periskope), Laser für Rangefinder und Feuerleitsysteme sowie Infrarotsensoren. Für den Standort Deutschland sind die Auswirkungen der neuen Abgrenzung gering, da das entsprechende Produktionsvolumen vergleichsweise gering ist.

## PRODUKTE UND WELTMARKT

Im vorliegenden Bereich Optische Komponenten & Systeme werden einerseits die klassischen optischen Komponenten und Systeme zusammengefasst. Dies sind beispielsweise gefasste und ungefasste optische Komponenten (Linsen, Prismen, etc.), Objektive und Systeme wie professionelle Foto- und Filmausrüstung. Andererseits werden Produkte hier subsumiert, die in den anderen Bereichen keine Berücksichtigung finden, wie z. B. Laser für fragmentierte Märkte (für Forschung, Messtechnik, Analytik, Ausrichttechnik etc.). Die optischen Komponenten und auch abbildende Systeme sind Bestandteile für einen bedeutenden Teil der weiteren Photonik-Produkte.

Der Weltmarkt für die optischen Komponenten und Systeme umfasste im Jahr 2011 insgesamt rund 18,5 Milliarden Euro.

Hiervon entfielen

- 7,5 Milliarden Euro auf „klassische“ optische Komponenten und optisches Glas.
- 9,5 Milliarden Euro auf „klassische“ optische Systeme, inkl. abbildender Systeme (Objektive).
- 1,5 Milliarden Euro auf die sonstigen optischen Systeme und Komponenten.

Unter optischem Glas versteht man Glas für optische Komponenten, von der Digitalkamera bis zum Mikroskop. Glas für Brillen, obwohl in großen Mengen produziert, spielt im Markt nur eine untergeordnete Rolle. Die optischen Komponenten beinhalten ungefasste und gefasste (auch verkittete) Komponenten wie Linsen, planoptische Komponenten (Prismen, Filter, Polarisatoren). Hierbei ausgenommen sind Brillengläser und Kontaktlinsen, die im Kapitel Medizintechnik & Life Science einbezogen sind. Weiterhin sind optische Fasern für die Bild- und Laserstrahlübertragung berücksichtigt<sup>1</sup>. Die optischen Komponenten umfassen auch hochwertige Produkte für Einzelanwendungen, wie z. B. für Satelliten, Observatorien und Hochenergielaser.

Die optischen Systeme umfassen

- abbildende Systeme (Objektive), zur weiteren Integration (Kameras, Drucktechnik etc.) oder als Wechselobjektive für den Fotobereich. Hierbei wurden die Objektive für die Mikrolithografie nicht einbezogen, da diese im Bereich Produktionstechnik berücksichtigt sind.
- „klassische“ optische Geräte wie Fernrohre, Ferngläser, Spektive, Zielfernrohre, Fotoapparate (ohne Digitalkameras), professionelle Foto- und Filmausrüstung (für die Fernseh- und Kinofilmproduktion) sowie Ausrüstung für die Bearbeitung/Entwicklung von Fotos.

Die „sonstigen optischen Systeme und Komponenten“ umfassen beispielsweise Laser, die in der Forschung, Messtechnik, Analytik oder Ausrichttechnik zum Einsatz kommen. Dagegen sind die Laser für die Materialbearbeitung, für die Medizin, für die Kommunikationstechnik und für die Informationstechnik in den jeweiligen Kapiteln dieser Studie berücksichtigt. Weiterhin sind im vorliegenden Kapitel beispielsweise Sensoren für Forschung, Messtechnik und Analytik eingeordnet.

## MARKTENTWICKLUNG SEIT 2005

Das Marktwachstum in den Jahren 2005 bis 2011 lag bei 8,9 % (10,9 % auf Basis US-Dollar). Das starke Wachstum wurde von der Nachfrage in mehreren wichtigen Absatzmärkten getragen. Der größte Absatzmarkt ist die Konsumelektronik mit Massenprodukten wie Digitalkameras und anderen Produkten mit Kamerafunktion. Daneben trugen die zunehmenden Optikanwendungen in der Medizintechnik & Life Science, Messtechnik, Lasertechnik, Halbleitertechnik und Automobilindustrie zum starken Wachstum bei.

## MARKTPROGNOSE

Das Wachstum in der Konsumelektronik wird sich etwas abschwächen, da die Nachfrage für die oben genannten Geräte langsamer zunehmen wird als in den letzten Jahren. Gleichzeitig versprechen Märkte wie Medizintechnik & Life Science, Messtechnik oder die Lasertechnik in unterschiedlichen Bereichen weiteres Wachstum. Überdurchschnittliche Wachstumspotenziale für optische Komponenten verspricht die Automobilindustrie, sowohl auf der Beleuchtungsseite als auch für Fahrerassistenzsysteme (z. B. Kameras und weitere optische Sensorik). Insgesamt geht die Prognose von einem Bereichswachstum von 8 % jährlich bis zum Jahr 2020 aus, im Vergleich zu einer Wachstumsrate von 8,9 % in den Jahren 2005 bis 2011.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG DEUTSCHLAND

Die Inlandsproduktion in Deutschland nahm von 2,7 Milliarden Euro im Jahr 2005 auf 4,5 Milliarden Euro im Jahr 2011 zu, entsprechend einem jährlichen Wachstum um 8,9 %. Die produzierenden Unternehmen beschäftigen in Deutsch-

<sup>1</sup> Optische Fasern und Kabel für die Kommunikationstechnik sind in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.

land 24.500 Mitarbeiter (2011). Im Vergleich zum Jahr 2005 (16.700 Mitarbeiter) ist dies ein Zuwachs um 7.800 Beschäftigte oder eine Steigerung um 6,6 % pro Jahr.

Die genannten Daten für den Standort Deutschland enthalten auch den – vergleichsweise geringen – Beitrag des Bereiches Sicherheits- und Verteidigungstechnik (vgl. Kapitel 12).

Für das Wachstum des deutschen Produktionsvolumens in der Vergangenheit geben die Daten des Statistischen Bundesamtes in einigen Segmenten Hinweise <sup>[31]</sup>:

- Das Produktionsvolumen für optische Komponenten (gefasst und ungefasst) hat von 340 Millionen Euro im Jahr 2005 auf 722 Millionen Euro im Jahr 2011 zugenommen, entsprechend einer jährlichen Zuwachsrate von 13,4 %.
- Das Produktionsvolumen für Objektive (inkl. Kameraobjektive) hat von 457 Millionen Euro auf 767 Millionen Euro zugenommen, entsprechend einer jährlichen Zuwachsrate von 9 %.

## ERWARTUNG PRODUKTIONSVOLUMEN UND BESCHÄFTIGUNG IN DEUTSCHLAND 2020

Für den Gesamtbereich optische Komponenten & Systeme, inkl. Sicherheits- und Verteidigungstechnik, beträgt das erwartete weitere Produktionswachstum am Standort Deutschland 7,7 % pro Jahr. Für die Beschäftigung wird eine Zunahme um 4 % pro Jahr erwartet.

# 12. SICHERHEITS- UND VERTEIDIGUNGSTECHNIK

| Sicherheits- und Verteidigungstechnik – Welt |        |       |           |                  |
|----------------------------------------------|--------|-------|-----------|------------------|
| Marktvolumen                                 |        | 2005  | 2011      | 2020 (Erwartung) |
| Sicherheits- und Verteidigungstechnik        |        |       |           |                  |
| Gesamt                                       | Mrd. € | 15–20 | ca. 25    | ca. 45           |
| Wachstum                                     |        |       | 2005–2011 | 2011–2020        |
| Marktvolumen Gesamt                          | CAGR % |       | 5–8       | 5–7              |
| Quelle: Optech Consulting, 2013              |        |       |           |                  |

## PRODUKTE

Wichtige Photonik-basierte Produkte für die Sicherheits- & Verteidigungstechnik umfassen:

- Infrarot- und Nachtsichtgeräte, teilweise multifunktional. Handgeräte für den Militär-, Paramilitär- und Sicherheitsbereich. Integrierte Systeme beispielsweise für Flugkörperwarnung, Zielverfolgung, Feuerleitsysteme.
- Sicht- und bildgebende Systeme, Periskope für Panzer und U-Boote.
- Abstandsmesser („range finder“).
- Feuerleitsysteme, für Munition und Lenkwaffen.
- DIRCM – Directed Infrared Counter Measures.
- Militärische Weltraumüberwachungssysteme.
- Avionik-Displays, z. B. Head-mounted-Displays, Head-up-Displays, (Touchscreen-)Displays für Flugzeuge, Displays für Mission Control etc.
- Komponenten: Sensoren, auch multispektral, Bildsensoren, Laser für militärische Anwendungen.

## WELTMARKT 2011

Die globalen Militärausgaben im Jahr 2011 beliefen sich nach Angaben des SIPRI auf 1,74 Billionen US-Dollar <sup>[109]</sup>. Die Steigerungsrate betrug in den Jahren 2001 bis 2009 durchschnittlich 4,5 %. Im Jahr 2011 stiegen die Ausgaben nur noch um 0,3 %, da sechs der größten Nachfrager – Brasilien, Frankreich, Deutschland, Indien, UK und die USA – ihre Ausgaben kürzten, überwiegend unter dem Druck der öffentlichen Schuldenlast. Dagegen erhöhten Russland und China ihre Militärausgaben. Ca. ein Drittel der Ausgaben oder knapp 600 Milliarden US-Dollar entfallen auf Investitionen. Die USA, als weitaus größter Träger von Militärausgaben, gaben 2011 gut 3 % des BIP für Militärausgaben und rund 1 % des BIP für „Capital Investment“ aus <sup>[110]</sup>.

Für das Jahr 2005 wurde von Optech Consulting für den Bereich „Defence Photonics“ ein Weltmarktvolumen von 15 bis 20 Milliarden Euro abgeschätzt <sup>[111]</sup>. Auf der Basis der Entwicklung von Unternehmensumsätzen und von Marktstudien

zu einzelnen Segmenten ergibt sich für die Jahre 2005 bis 2011 eine Zuwachsrate im Bereich von 5 % bis 8 %. Damit wird das Marktvolumen für das Jahr 2011 mit rund 25 Milliarden Euro abgeschätzt.

Dual-Use-Produkte, die auch im paramilitärischen und zivilen Bereich zum Einsatz kommen, beinhalten:

- Infrarotprodukte: 2,6 Milliarden US-Dollar <sup>[112]</sup>, beinhaltet zivile Anwendungen wie Fahrzeugsicherheit.
- Gesamtmarkt für Infrarot-Imaging: 2,2 Milliarden US-Dollar (2011), 3,9 Milliarden US-Dollar für 2017 erwartet, entsprechend einer Wachstumsrate von 9,5 <sup>[113]</sup>.
- Infrarotsysteme: 7,7 Milliarden US-Dollar für 2017 erwartet <sup>[114]</sup>.
- Head-up-Displays: 2,91 Milliarden US-Dollar für 2017 erwartet, bei einer Zuwachsrate von 24 % von 2012 bis 2017 <sup>[115]</sup>; enthält zivile Anwendungen.

Biometrische Systeme, die zum Teil ebenfalls unter der Überschrift „Sicherheitstechnik“ klassifiziert werden können, sind hier nicht enthalten (vgl. Abschnitt 3.1).

## MARKTPROGNOSE

Die Steigerung der Verteidigungsausgaben der Hauptkundenländer für Photonik-Produkte wird in absehbarer Zukunft voraussichtlich unter den öffentlichen Budgetproblemen leiden und hinter dem Wachstum der Wirtschaftsleistung zurückbleiben. Andererseits ist davon auszugehen, dass der Anteil der Photonik in der Militärausrüstung zunehmen wird. In Summe ergibt sich die Erwartung einer Zuwachsrate von 5 % bis 7 % für die Photonik in der Sicherheits- und Verteidigungstechnik bis zum Jahr 2020. Von den in diesem Bereich tätigen Unternehmen wurden auch Steigerungsraten von bis zu 8 % genannt.

## INLANDSPRODUKTION UND BESCHÄFTIGUNG IN DEUTSCHLAND

Die führenden Herstellerregionen von Photonik für die Sicherheits- und Verteidigungstechnik sind Nordamerika und Europa, innerhalb Europas vor allem Frankreich und Großbritannien. Das Produktionsvolumen in Deutschland liegt unterhalb einer Milliarde Euro und wird hier wegen der kleinen Anzahl von Herstellern nicht weiter detailliert. Die Beiträge zu Umsatz und Beschäftigung am Standort Deutschland wurden in den Bereich Optische Komponenten und Systeme einbezogen (siehe Kapitel 11).

# 13. PRODUKTION PHOTONIK NACH REGIONEN

## 13.1 JAPAN

### ÜBERBLICK

Die japanische Photonik-Industrie steht für das weltweit größte Produktionsvolumen. Dies umfasst einerseits eine beträchtliche Inlandsproduktion sowie ein großes Volumen von Produktionsstätten japanischer Unternehmen in Übersee, insbesondere in China. Nach dem Volumen der Inlandsproduktion ist Japan jedoch nicht mehr der unangefochtene Marktführer in der Photonik, wie das über Jahrzehnte der Fall war, sondern teilt die Marktführerschaft inzwischen mit China.

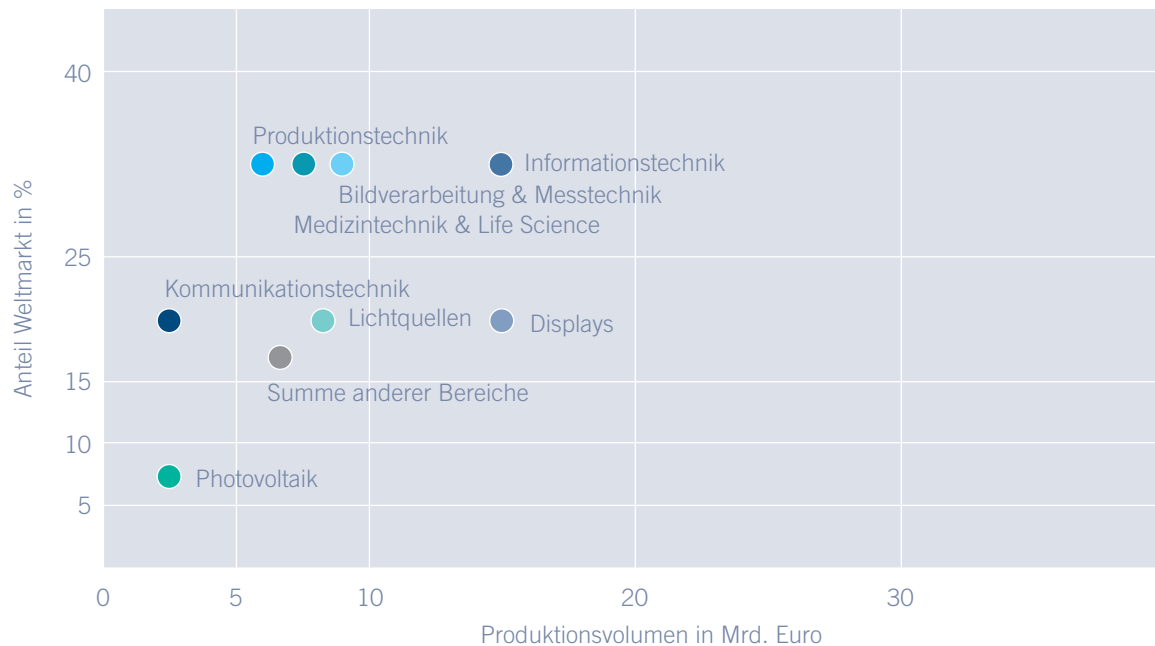
Die Inlandsproduktion Japans in der Photonik liegt bei rund 75 Milliarden Euro (2011). Dies entspricht gut 21 % des Weltmarktes Photonik von 350 Milliarden Euro. Die Schwergewichte im Produktionsspektrum Japans sind die Informationstechnik und die Displays. Wichtige Produkte im Bereich Informationstechnik sind Digitalkameras und Bildsensoren sowie optische Laufwerke. Im Bereich Displays hat Japan schon vor Jahren die Führungsrolle nach Marktanteilen an Korea und Taiwan abgegeben. Dennoch beträgt das Produktionsvolumen hier noch mehr als 15 Milliarden Euro. Dies umfasst vor allem LCD-Displays, insbesondere große Panel für Fernsehgeräte, PC-Monitore und Notebooks sowie kleine, hochauflösende Panel für Smartphones und Tablet-PCs.

Das bisher größte Produktionsvolumen erreichte Japan im Jahr 2007 mit rund 10 Billionen Yen, nach einer Zeitreihe der japanischen Optoelectronics Industry Development Association OITDA [<sup>116</sup>]. Im Jahr 2009 war das Produktionsvolumen auf 7,5 Billionen Yen gefallen, im Jahr 2010 erholte es sich auf 8,2 Billionen Yen. Es ist wichtig anzumerken, dass die vorliegende Studie nicht exakt dieselben Definitionen verwendet wie die Erhebungen der OITDA (vgl. „Datenquellen“ weiter unten).

### ANTEIL WELTMARKT

Die japanische Industrie ist in der Photonik mit einem breiten Produktportfolio aufgestellt. In nahezu allen Bereichen der Photonik hält die japanische Inlandsproduktion einen Weltmarktanteil von mehr als 15 %. In den Bereichen Produktionstechnik, Bildverarbeitung & Messtechnik, Medizintechnik & Life Science sowie Informationstechnik beläuft sich der Anteil auf mehr als 25 %.

Abbildung 22: Japan, Inlandsproduktion und Weltmarktanteil 2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

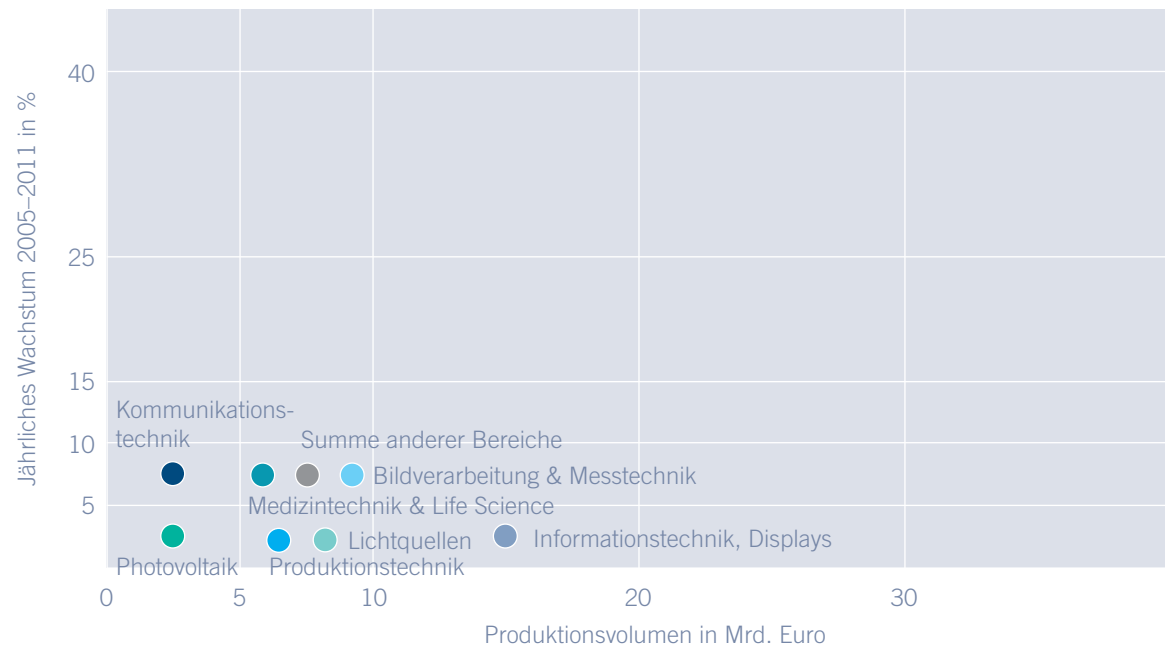
In mehreren Bereichen ging eine frühere Marktführerschaft Japans (bezogen auf den Anteil der Inlandsproduktion am Weltmarkt) im letzten Jahrzehnt verloren. In der Produktionstechnik fiel Japan auf den zweiten Platz hinter Europa zurück. In der Kommunikationstechnik liegt Japan hinter China zusammen mit Nordamerika auf dem zweiten Platz. In den Bereichen Displays und Informationstechnik ist der Marktanteil gegenüber früher deutlich abgeschmolzen, die Präsenz in diesen Bereichen ist jedoch noch immer ein wesentlicher Bestandteil der Spitzenposition Japans in der Photonik insgesamt. In der Informationstechnik ging die führende Position an China verloren. In der Photovoltaik ging die einst führende Position inzwischen deutlich an China verloren.

## WACHSTUM INLANDSPRODUKTION

Im Jahr 2005 betrug die japanische Inlandsproduktion in der Photonik 67 Milliarden Euro<sup>1</sup>. In den Jahren 2005 bis 2011 ist das Produktionsvolumen auf Euro-Basis um insgesamt 12 % gewachsen. Das Bild wird jedoch verzerrt durch die Währungsrelation. In den Jahren 2005 bis 2011 hat der japanische Yen um insgesamt 23 % gegenüber dem Euro aufgewertet (jeweils Jahresmittelwert). Das heißt, in Lokalwährung ist die japanische Photonik-Produktion im betrachteten Zeitraum um nahezu 10 % zurückgegangen und hat damit auch deutlich Anteile an der japanischen Industrieproduktion verloren.

<sup>1</sup> Im Vergleich zur Vorläuferstudie wurde der Wert für die japanische Inlandsproduktion für das Jahr 2005 um rund 5 % nach unten korrigiert, von rund 70 Milliarden Euro auf 67 Milliarden Euro. Hintergrund ist die erstmalige Erfassung der Inlandsproduktion in China, wo japanische Unternehmen in bedeutendem Umfang produzieren.

Abbildung 23: Japan, Inlandsproduktion 2011 und Wachstumsraten 2005–2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

Die japanische Photonik-Produktion hat im Zeitraum 2005 bis 2011 auch Weltmarktanteile verloren. Während der Anteil im Jahr 2005 noch rund 30 % betrug, fiel er im Jahr 2011 auf 21 % zurück. Im Zeitraum 2005 bis 2011 entwickelten sich die Bereiche Medizintechnik & Life Science, Bildverarbeitung & Messtechnik sowie die Kommunikationstechnik positiv, die in Euro gerechnet deutlich zulegen konnten (vgl. Abbildung 23). Dagegen trat der Bereich Photovoltaik nahezu auf der Stelle, und das Produktionsvolumen im Bereich Informationstechnik ging zurück.

Für das fehlende Wachstum der japanischen Photonik-Produktion in einem wachsenden Weltmarkt gibt es mehrere Gründe. In der informationstechnisch orientierten Photonik, ehemals eine Domäne Japans, ist in den Nachbarländern inzwischen die ganze Wertschöpfungskette entstanden, zu geringeren Kosten als in Japan. Ein augenfälliges Beispiel hierfür ist die Konsumelektronik. Bei neueren Technologien, beispielsweise in der Photovoltaik und bei den LEDs, waren die Nachbarländer frühzeitig mit eigener Technologieentwicklung und Produktion aktiv.

## DATENQUELLEN

Die japanische Optoelectronics Industry Development Association OITDA berichtet detaillierte Daten zur japanischen Inlandsproduktion <sup>[116]</sup>. Daten zu einzelnen Segmenten der Inlandsproduktion wurden von Optech Consulting an die Systematik der vorliegenden Studie angepasst, um Kompatibilität mit den Daten anderer Länder herzustellen. Dies betrifft beispielsweise Mobiltelefone und Photovoltaik-Anlagen, die in der vorliegenden Studie nicht als Photonik-Produkte gezählt werden. Die OITDA berichtet neuerdings auch Daten zur Gesamtproduktion japanischer Unternehmen, inklusive der Überseeproduktion. Diese Daten enthalten Systemanteile, die außerhalb der Systematik der vorliegenden Untersuchung liegen.

## 13.2 CHINA

### PRODUKTIONSVOLUMEN UND WELTMARKTANTEIL

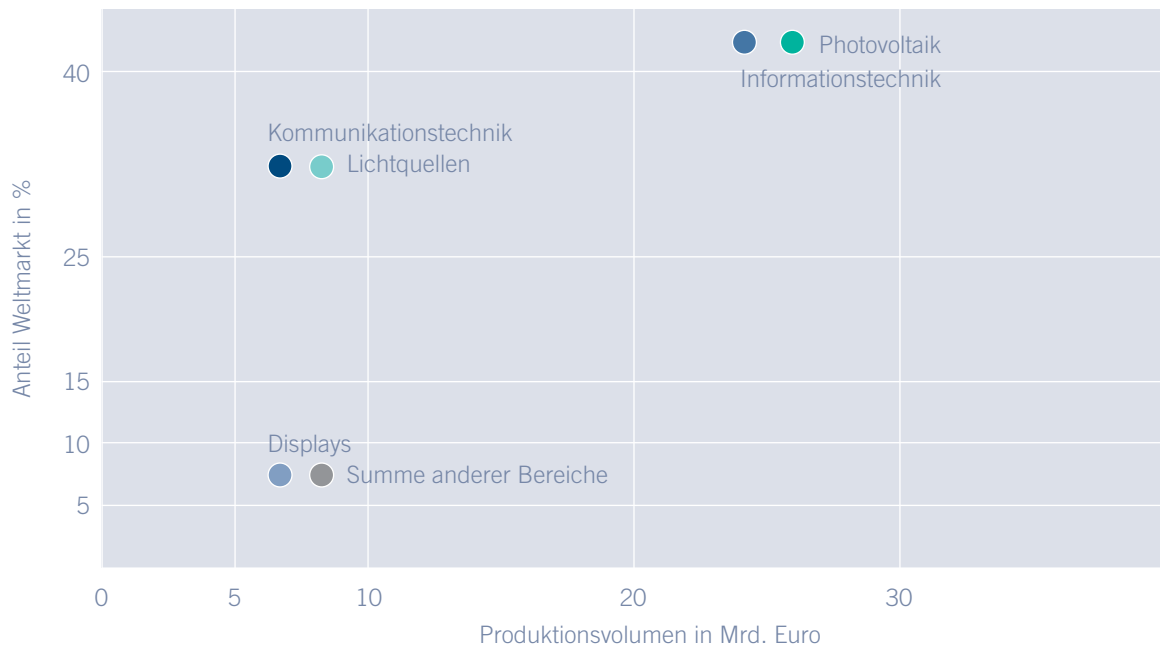
Der Anteil Chinas an der weltweiten Photonik-Produktion beträgt 21 % (2011) und liegt damit gleichauf mit dem Anteil Japans (Inlandsproduktion). Seit dem Jahr 2005 hat sich der Anteil Chinas mehr als verdoppelt. Stark vertreten ist China insbesondere in den Bereichen Photovoltaik, Informationstechnik, Kommunikationstechnik und Lichtquellen. Während in der Informationstechnik der Großteil der Produktion von Fabriken von Unternehmen aus Übersee getragen wird (Japan, Taiwan, USA, zum Teil auch Korea und Europa), ist dies in den übrigen Bereichen nur sehr begrenzt der Fall. So haben die führenden chinesischen Hersteller in der Photovoltaik, die inzwischen zu Weltmarktführern aufgestiegen sind, lokale Wurzeln. Viele Unternehmen sind inzwischen börsennotiert, auch an internationalen Börsenplätzen wie New York Stock Exchange oder NASDAQ. Die führenden chinesischen Unternehmen in der optischen Kommunikationstechnik sind inzwischen ebenfalls zu Global Playern und Weltmarktführern aufgestiegen. Im Bereich Lichtquellen ist China bereits der führende Standort für die Produktion „klassischer“ Lampen (z.B. Energiesparlampen). Bei LED-Chips sind bisher nach Produktionsvolumen die Nachbarn Taiwan, Japan und Korea führend. In jüngster Zeit haben zahlreiche Unternehmen in China in LED-Produktionsanlagen investiert, unterstützt durch gezielte staatliche Investitionsanreize. Dabei handelt es sich um lokale Unternehmen und um Unternehmen mit Beteiligung aus Übersee. Es wird berichtet, dass China inzwischen mehr Front-End-Produktionskapazität aufgebaut hat als die bisher marktführenden Länder <sup>[117]</sup>. Diese Kapazität ist bisher wegen Technologieproblemen nur in geringem Umfang produktiv. Im derzeitigen Markt für packaged LEDs hält China einen Anteil von lediglich etwas mehr als 5 %. Im Bereich der Displayfertigung liegt der Marktanteil Chinas derzeit ebenfalls bei rund 5 %.

In den vier Kernbereichen der Photonik in China (Photovoltaik, Informationstechnik, Kommunikationstechnik, Lichtquellen) hält das Land inzwischen weltweite Produktionsanteile zwischen rund 25 % und 50 %. Obwohl die Anteile in den übrigen Bereichen insgesamt unter 10 % liegen, reicht dies, um China mit 21 % Weltmarktanteil gleichauf mit Japan an die Weltspitze zu bringen.

Wichtige Erfolgsfaktoren für lokale chinesische Unternehmen sind:

- Hinreichende Technologie.
- Großer Heimmarkt.
- Niedrige Löhne und – diskutierbar – niedrige Zinsen und billige Währung.
- Hinreichend Kapital, billige CDB-Kredite, Börsen (national, international).
- Subventionen (günstige Grundstücke, günstige CDB-Kredite etc.), die jedoch – ebenfalls diskutierbar – im international vergleichbaren Rahmen liegen.
- Teilweise werden indirekte Subventionen vermutet (z. B. Bevorzugung bei Aufträgen durch staatlich beeinflusste Konzerne; vgl. Kritik aus den USA bei Aufträgen von China Telecom und China Unicom an Huawei und ZTE).
- Flexibles Unternehmensumfeld.
- Zum Teil maßgeschneiderte Einfuhrabgaben.

Abbildung 24: China, Inlandsproduktion und Weltmarktanteil 2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

Tabelle 5: Marktposition China

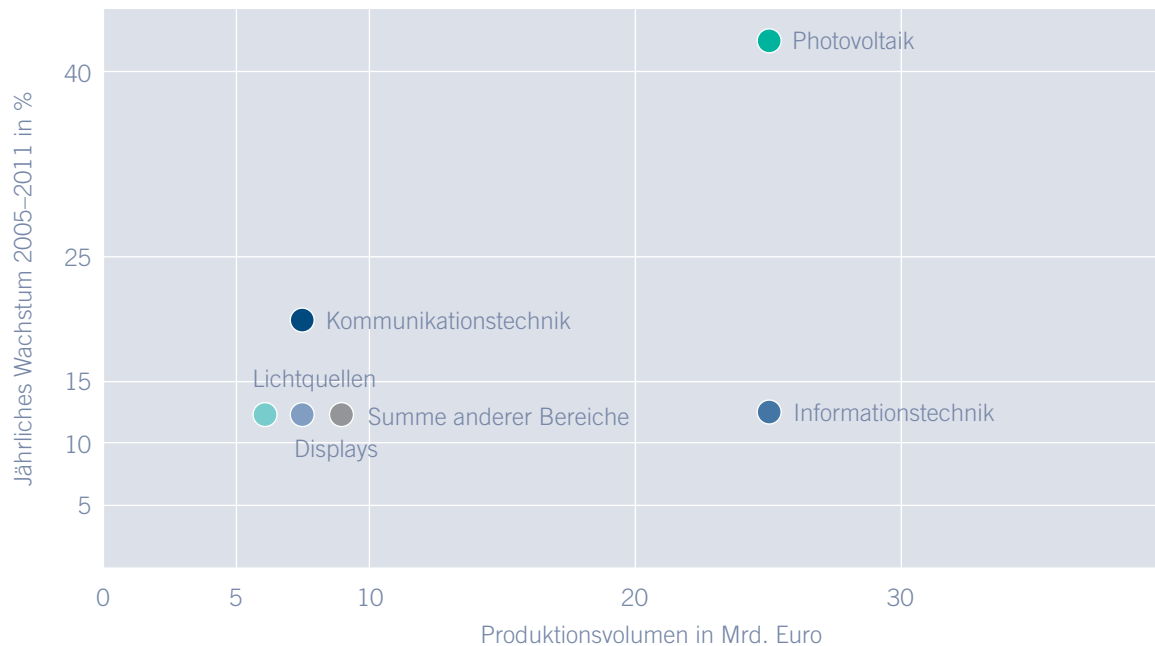
| Bereich/Produkt       | Position China                                                               | Beteiligte Unternehmen                               |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Kommunikationstechnik | Weltmarktführer                                                              | lokal                                                |
| Photovoltaik          | Weltmarktführer                                                              | lokal                                                |
| Informationstechnik   | Weltmarktführer                                                              | japanisch, taiwanesisch, koreanisch, US-amerikanisch |
| LEDs                  | Chinesische Firmen haben Fertigungskapazität für Marktführerschaft aufgebaut | lokal/taiwanesisch                                   |

Quelle: Optech Consulting, 2013

## WACHSTUM, ENTWICKLUNG WELTMARKTANTEIL

Der Weltmarktanteil Chinas in der Photonik hat sich in den Jahren 2005 bis 2011 mehr als verdoppelt. Die Bereiche Photovoltaik, Informationstechnik und Kommunikationstechnik nehmen unter den Kriterien Umsatzvolumen und Wachstum eine herausragende Stellung ein, aber auch andere Bereiche tragen zum Erfolg Chinas in der Photonik bei.

Abbildung 25: China, Inlandsproduktion 2011 und Wachstumsraten 2005–2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

## INFORMATIONSTECHNIK

Im März 2011 hat die chinesische Regierung den zwölften Fünf-Jahres-Plan gebilligt. Der Plan benennt „next generation information technology“ als eine von sieben „strategic and emerging industries“ zur prioritären Unterstützung der Regierung <sup>[118]</sup>. Die chinesische Regierung zielt darauf ab, dass diese sieben Industrien ihren Anteil am Bruttoinlandsprodukt von derzeit 3 % auf 15 % im Jahr 2015 und auf 20 % im Jahr 2020 steigern <sup>[119]</sup>. Dies entspricht rund 35 % jährlichem Wachstum der Industrien bis zum Jahr 2015. Im Jahr 2030 soll China Weltmarktführer in jeder der sieben Industrien sein. Um diese Ziele zu erreichen, sollen über die nächsten fünf Jahre insgesamt 1,5 Billionen US-Dollar investiert werden <sup>[120]</sup>, wobei Unternehmen auch durch Entwicklungsfonds, Steuerpolitik und (billige) Kredite unterstützt werden.

## DISPLAYS

Im Bereich Displays ist China der größte Nachfragemarkt. Die Bildschirme werden in Fernsehgeräte, PC-Monitore, Smartphones, Tablet-PCs und Notebooks integriert. Die Integratoren sind lokale Unternehmen, Transplants und EMS-Unternehmen (Electronic Manufacturing Service). Die Flachbildschirme werden vor allem aus Taiwan und Korea zugeführt, teilweise auch aus Japan. Der Marktanteil chinesischer Unternehmen bei Flachbildschirmen liegt bei unter 5 % <sup>[121]</sup>. Es wird erwartet, dass China bis zum Jahr 2016 mehr als 25 % der weltweit verfügbaren Displayflächenkapazität aufweist <sup>[122]</sup>.

Bislang haben ausländische Hersteller gezögert, Displayfabriken neuester Generation in China aufzubauen. Dies ändert sich derzeit zum Teil. Folgende Projekte sind bemerkenswert (Übersicht von <sup>[123]</sup>). TCL-Displays, entstanden durch eine strategische Partnerschaft der TCL-Gruppe (China) und Sumitomo (Japan) hat eine 8.5G TFT LCD-Fabrik in Betrieb

genommen (Guangdong) und plant eine weitere Fabrik derselben Generation in Hohho. Die taiwanesishe AUO baut in Kunshan ebenfalls eine 8.5G-Fabrik auf. Samsung und LG Display bauen derzeit eine 8G- bzw. 8.5G-Fabrik mit Inbetriebnahme im Jahr 2013 bzw. 2014. Die chinesische BOE, inzwischen vor AUO der größte Lieferant für Displays für die chinesische TV-Industrie [124], hat die erste 8.5G-Fabrik in Betrieb genommen und den Bau einer weiteren beschlossen. Xiongmao-TPV plant eine 10G-Fabrik in Nanjing, mit Technologie von Sharp. Dahinter stehen Xiongmao Display Technology, ein chinesischer Hersteller von TFT-Displays und TPV Technology Ltd., der weltgrößte Hersteller von PC-Monitoren und viertgrößter Hersteller von LCD-Fernsehgeräten [125]. Im April 2012 bildete das Unternehmen ein Joint Venture mit Philips, welches das Fernsehgerätegeschäft von Philips in Europa und weiteren Regionen übernimmt. Dabei ist TPV mit 70 % Mehrheitseigner. Die weitaus meisten Projekte für Display-Fabriken in China betreffen großflächige LCD-TFT-Displays, aber es gibt auch Aktivitäten bei hochauflösenden kleinen Displays. So plant die taiwanesishe Foxconn eine Fabrik für LTPS-Displays in Chengdu [126].

## PRODUKTIONSTECHNIK

Im Bereich Lasermaterialbearbeitung werden in China vor allem Maschinen hergestellt, insbesondere Laserflachbett-schneidanlagen und Laserbeschriftler. Den größten Weltmarktanteil hat China bei der Produktion von kleineren Lasersystemen, die zum Schneiden, Gravieren und Beschriften eingesetzt werden. Weiterhin werden in steigendem Maße Systeme zum Schweißen und zur Mikrobearbeitung hergestellt wie zum Beispiel für die Fertigung von Solarzellen. Das derzeitige Gesamtvolumen der Lasersystemproduktion in China wird von Optech Consulting auf nahezu eine halbe Milliarde Euro geschätzt, wobei 80 % auf chinesische Unternehmen und 20 % auf ausländische Hersteller entfallen. Das Nachfragevolumen beträgt mehr als eine Milliarde Euro, so dass ein deutlicher Importstrom zu verzeichnen ist. Sowohl die Nachfrage als auch die lokale Produktion wiesen in den letzten Jahren deutlich zweistellige Wachstumsraten auf. Auch wenn sich die prozentualen Wachstumsraten abschwächen dürften, ist zu erwarten, dass China zum Ende dieses Jahrzehnts zum größten Nachfragemarkt für Lasermaterialbearbeitungssysteme aufsteigen und Europa in dieser Rolle ablösen wird. Bei den Laserquellen zur Materialbearbeitung beinhaltet die Fertigung in China CO<sub>2</sub>-Laser aller Leistungsklassen, wobei der Schwerpunkt auf kostengünstigen Produkten älterer Technologien liegt. Gleichzeitig werden Faserlaser entwickelt und im Bereich kleinerer Leistungen, etwa zum Beschriften, auch in größerem Umfang produziert. China erhebt Importzölle auf Laser und Lasermaschinen. Die Importabgaben sind produktabhängig und liegen für Laserquellen unter 10 %. Für Laserschneidanlagen beträgt die Importabgabe 30 %, sofern die Maschine nicht anspruchsvolle Spezifikationen aufweist. Damit werden einheimische Unternehmen geschützt und ausländischen Unternehmen werden Anreize für eine Produktion in China gesetzt.

## LICHTQUELLEN

China ist seit langer Zeit ein wichtiger Fertigungsstandort für Lampen. Eine große Zahl lokaler, zumeist kleiner Unternehmen waren mit der Herstellung von Glühlampen befasst, ebenso wie chinesische Fertigungsstätten ausländischer Hersteller. Bei der Produktion von CFL („Energiesparlampen“) nimmt China eine dominierende Position ein. Bereits im Jahr 2004 überschritt der Marktanteil von CFL „Made in China“ die 90-%-Marke [127]. Bei LEDs hat China bisher einen geringen Marktanteil. Hinter Taiwan, das für 50 % der weltweiten Produktion von LED-Chips steht, Japan und Korea nimmt China den vierten Platz ein. China importiert in beträchtlichem Umfang LEDs für die allgemeine Beleuchtung und für Geräte mit LED-hintergrundbeleuchteten LCD-Displays. Nach Produktionskapazität stand China Ende des Jahres 2010 für 13 % der weltweiten Kapazität [128]. Derzeit wachsen die Produktionskapazitäten für LED-Chips in China massiv an (Installation von MOCVD-Anlagen). Hier sind lokale Unternehmen ebenso aktiv wie taiwanesishe LED-Hersteller, die in Produktionskapazitäten in China investieren, wie beispielsweise Formosa Epitaxy und Crystal Electric. Chinas Produk-

tionskapazität entspricht inzwischen 50 % der weltweiten Kapazität und Marktforscher erwarten für die nahe Zukunft, dass den Kapazitäten entsprechende Marktanteile folgen [128]. China fördert auch die LED-Technologie im Rahmen des zwölften Fünf-Jahres-Plans. Unter den sieben dort definierten prioritären Bereichen sind hierfür „energy saving and environmental protection“ und „new materials“ relevant [129]. In einem Förderprogramm für moderne elektrische Haushaltsgeräte wurden 2,2 Milliarden Yuan eingeplant, um die Verwendung von LEDs und energieparender Lampen voranzubringen [130]. China sieht sich als zukünftig größter Markt für Lichtquellen. Entsprechend strebt man die Weltmarktführerschaft für LED-Chips an.

## PHOTOVOLTAIK

China ist mit einem Marktanteil von 57 % [106] unangefochtener Weltmarktführer nach produzierter Zellenleistung im Jahr 2011. Auch nach Wert der produzierten Zellen dürfte China einen Marktanteil von mehr als 50 % halten, selbst wenn man die im Schnitt geringeren Preise von Zellen aus chinesischer Produktion einbezieht. In der Tat zeigt ein Blick in die Geschäftsberichte, dass die Preise chinesischer Produkte führender Hersteller zwar unter dem Preis europäischer Hersteller liegen, aber weit über den Preisen von Billigstprodukten. Die inzwischen insolvente chinesische Suntech Power war im Jahr 2011 globaler Marktführer, vor der amerikanischen First Solar [106]. Den dritten Platz besetzte mit der JA Solar wieder ein chinesisches Unternehmen, und auch die Plätze vier und fünf gingen mit Yingli und Trina Solar an chinesische Hersteller, vor Motech (Taiwan) auf Platz sechs, Canadian Solar auf Platz sieben und der chinesischen Hareon auf Platz acht.

## KOMMUNIKATIONSTECHNIK

China ist inzwischen Marktführer im Bereich Optische Netzwerkausrüstung. Die beiden chinesischen Hersteller Huawei und ZTE halten nach Analysen von ACG Research inzwischen einen Marktanteil von 40 % im Optical-Networking-Markt [131].

In einem Bericht für die US-China Economic and Security Review Commission vom Juni 2012 [132] wird das „exponentielle Wachstum“ der beiden Unternehmen auf eine Reihe von Gründen zurückgeführt. Diese umfassen laut dem Bericht massive Investitionen in den Ausbau der Telekommunikationsinfrastruktur in China, zusammen mit der Bevorzugung lokaler Lieferanten durch die staatlich beeinflussten Telekommunikationsunternehmen. Der Marktanteil von Huawei und ZTE bei der Long-Haul-DWDM-Ausrüstung in China soll rund 90 % betragen, während die Preise in China die höchsten der Welt seien, und damit den Unternehmen ermöglicht würde, unter Marktpreisen zu exportieren. Weiterhin werden in dem Bericht billige Kredite sowie billige Versicherungen für die Unternehmen als wettbewerbsverzerrend angeführt.

## 13.3 TAIWAN

### ÜBERBLICK

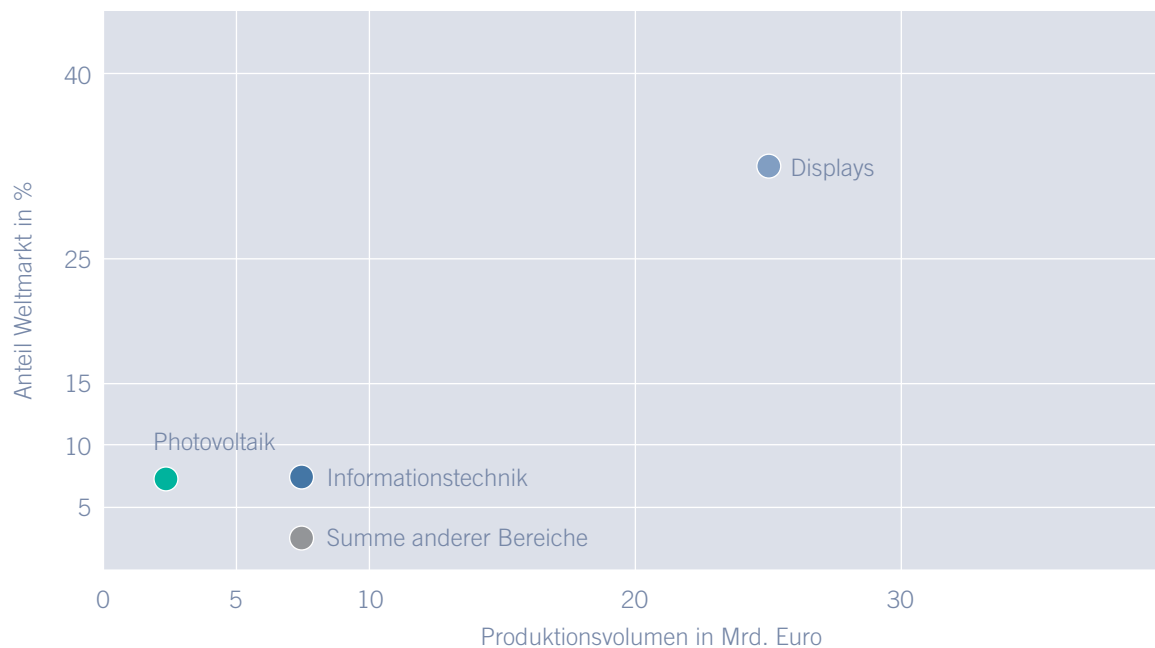
Die taiwanesische Photonik-Produktion steht heute mit einem Volumen von gut 40 Milliarden Euro für 12 % der weltweiten Produktion. Flachdisplays, bei denen Taiwan mit einem Marktanteil von rund 33 % zweitgrößter Hersteller weltweit ist, sind hierbei das wichtigste Produkt. Die Anfänge der Photonik-Industrie in Taiwan liegen Mitte der neunziger Jahre. Der Sektor ist demnach in rund 15 Jahren auf diesen beachtlichen Umfang gewachsen. Die Photonik-Industrie ist in Taiwan aus der starken IT-Industrie entstanden. So war die Dominanz taiwanesischer Unternehmen bei der Fertigung von Notebooks und Monitoren ein wesentlicher Baustein für die Entwicklung der Displayindustrie. Die taiwanesische Photonik-Industrie findet derzeit Chancen und Herausforderungen vor. Chancen bestehen bei neuen Produkten, insbesondere in der Photovoltaik und bei LEDs. Herausforderungen ergeben sich aus dem nachlassenden Wachstum der IT-Industrie sowie aus spezifischen Marktkonstellationen, wie dem aktuellen Trend vom PC zum Tablet-PC. Im Vergleich zu Korea besteht der Nachteil, dass in Taiwan keine so starke Fernsehgeräte- oder Smartphone-Industrie vorhanden ist. Andererseits gilt Taiwan als der größte Lieferant von Displays nach China, dem weltgrößten Nachfragemarkt. Während der größte Teil der IT-Produkte von taiwanesischen Unternehmen in Produktionsstätten in China hergestellt wird, gilt dies für die Photonik nicht. Insbesondere Displays werden überwiegend in Taiwan selbst hergestellt, um das Know-how zu schützen. In jüngerer Zeit wird von dieser Linie abgewichen, mit der Errichtung von Fabriken zur Fertigung von Displays auch in fortgeschrittener Technologie in China (vgl. Abschnitt 13.2). Auch im Bereich LEDs investieren taiwanesische Hersteller in Fabriken in China.

### PRODUKTIONSVOLUMEN UND WELTMARKTANTEIL

Laut der taiwanesischen Photonics Industry Development Association (PIDA) produzierten taiwanesische Unternehmen im Jahr 2011 Produkte der Photonik im Wert von 85 Milliarden US-Dollar [<sup>133,134</sup>]. Dabei stehen Flat Panel Displays mit einem Volumen von 52,8 Milliarden US-Dollar für den Löwenanteil (64,3 % des Gesamtvolumens). Es folgen vier Bereiche, die jeweils für 5 % bis 8 % des Gesamtvolumens stehen. Dies sind die Bereiche Optical Storage, Sensor & IO Device, Photovoltaik und LED & SSL. Für die LEDs nennt der taiwanesische Optoelektronikverband PIDA ein Produktionsvolumen taiwanesischer Hersteller von 4,8 Milliarden US-Dollar inklusive Epitaxie und Packaging. Die weiteren Bereiche stehen zusammen für einen Anteil von knapp 5 % des Gesamtvolumens. Dies sind die Bereiche Precision Lens, Laser Application und OFC (Optical Fiber Communication).

Die Daten in der vorliegenden Studie weichen hiervon teilweise ab, da der Konsolidierungskreis der Produkte anders gewählt ist (vgl. Anmerkung zu den Datenquellen weiter unten). Das in der vorliegenden Untersuchung abgeschätzte Gesamtvolumen der taiwanesischen Inlandsproduktion im Jahr 2011 beträgt 41 Milliarden Euro (57 Milliarden US-Dollar). Der Anteil der taiwanesischen Inlandsproduktion am Weltmarkt beträgt 12 %. Dies ist insbesondere begründet durch den hohen Anteil bei den Displays (33 % Weltmarktanteil) sowie durch substantielle Anteile in der Informationstechnik, bei LEDs und in der Photovoltaik.

Abbildung 26: Taiwan, Inlandsproduktion und Weltmarktanteil 2011

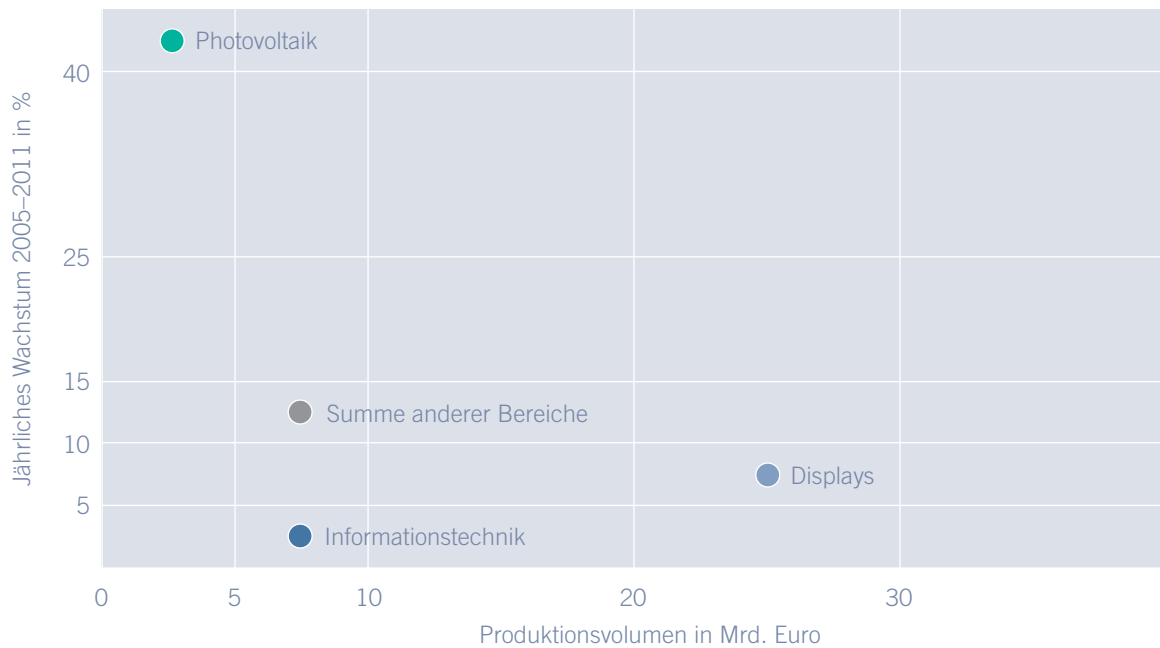


Quelle: Optech Consulting, 2013

## WACHSTUM, ENTWICKLUNG WELTMARKTANTEIL

Seit dem Jahr 2005 hat das Produktionsvolumen taiwanesischer Unternehmen von 27 Milliarden Euro auf 41 Milliarden Euro zugenommen, entsprechend einem jährlichen Wachstum von 7,2 %. Den stärksten Zuwachs gab es im Bereich Photovoltaik mit einer jährlichen Wachstumsrate von mehr als 50 %. Auch die Produktion von LEDs wies zweistellige Wachstumsraten auf, ebenso wie der Bereich der optischen Komponenten (z. B. für die Konsumelektronik). Der schwergewichtige Bereich Displays wuchs mit nahezu 9 % jährlich. Dagegen war das Produktionsvolumen im Bereich Informationstechnik rückläufig. Zuwächse bei Digitalkameras und Bildsensoren wurden mehr als aufgezehrt von abnehmenden Umsätzen bei optischen Laufwerken.

Abbildung 27: Taiwan, Inlandsproduktion 2011 und Wachstumsraten 2005–2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

## DATENQUELLEN

Die Veröffentlichungen und Studien der taiwanesischen Photonics Industry Development Association PIDA [133] geben eine umfassende und detaillierte Darstellung des Industriebereiches. Die Daten wurden in mehrerlei Hinsicht an die Systematik der vorliegenden Studie angepasst. Insbesondere wurde der Konsolidierungskreis der Produkte angepasst (Komponenten und Materialien für Displays, Optical-Disc-Rohlinge). Auch bleiben Anteile unberücksichtigt, die auf Überseeproduktion entfallen (China) und dort berücksichtigt sind.

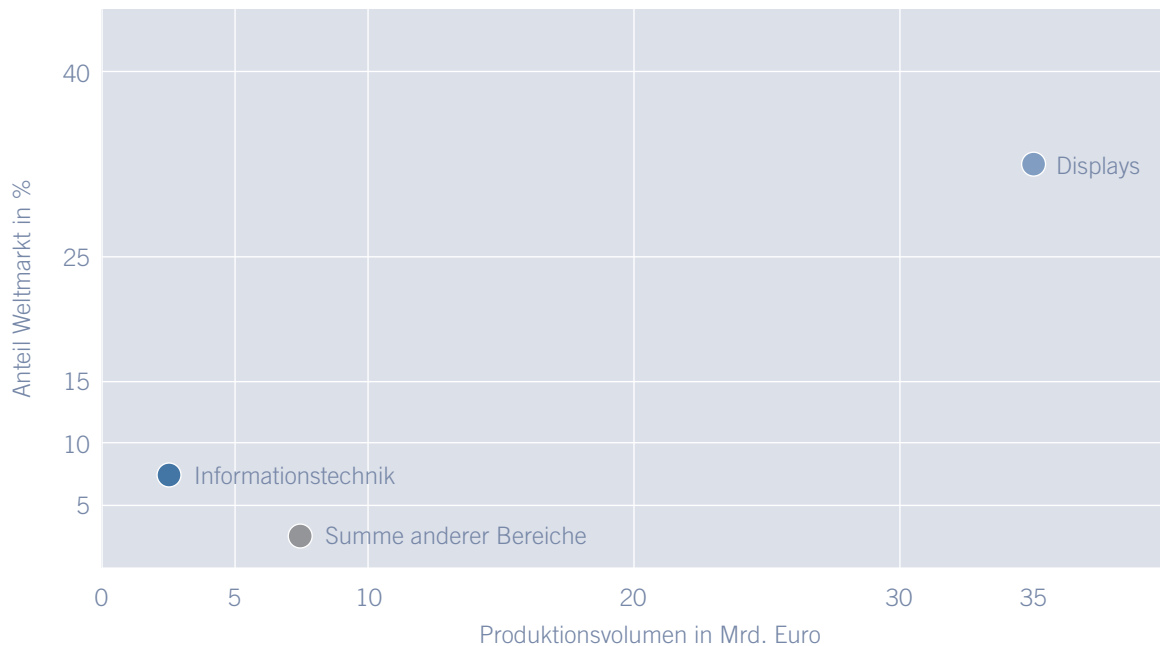
## 13.4 KOREA

### ÜBERBLICK

Die koreanische Photonik-Produktion steht heute mit einem Volumen von rund 43 Milliarden Euro für 12 % der weltweiten Produktion. Flachdisplays, bei denen Korea mit einem Marktanteil von ca. 38 % der weltweit größte Hersteller ist, sind das herausragende Produkt. Samsung und LG Display gehören hier zu den Weltmarktführern. In der Informationstechnik stellen koreanische Hersteller Digitalkameras, Bildsensoren und Laserdrucker her. Die Stärke von Korea in der Informationstechnik steht im Zusammenhang mit der Wertschöpfungskette von der Komponente (Displays, Sensoren, LEDs) bis zum Endprodukt (Fernsehgeräte, Notebooks, Tablet-PCs, Smartphones). Samsung gehört bei mehreren Photonik-Produkten zu den Weltmarktführern, wie bei Laserdruckern und Multifunktionsdruckern, bei Digitalkameras und bei optischen Laufwerken. Weitere Produkte der koreanischen Photonik-Industrie umfassen LEDs, Solarzellen und Lasersysteme zur Materialbearbeitung. Bei den Lasersystemen zur Materialbearbeitung ist Korea besonders stark vertreten bei der Herstellung von Systemen zur Mikrobearbeitung, insbesondere für die Displayindustrie. Koreanische Photonik-Unternehmen produzieren auch im Ausland, wenn auch nicht im Umfang ihrer Konkurrenten in Japan. Gefertigt wird dann vor allem in China, aber auch auf den Philippinen und in Indonesien. Im Ausland gefertigt werden Laserdrucker, Digitalkameras und optische Laufwerke. Weiterhin werden derzeit Fabriken koreanischer Hersteller für LCDs in China aufgebaut.

Da die koreanische Photonik-Industrie eng mit der Nachfrage in wenigen Produktbereichen verknüpft ist, wie Fernsehgeräte, mobile Computer und Smartphones, stellt sich mit der absehbaren Abschwächung des Nachfragewachstums bei diesen Endgeräten die Frage nach den weiteren Wachstumschancen. Wie bei den Nachbarn in Asien setzt man auch in Korea auf LEDs und Solarzellen. Bei den LEDs belegt Korea jedoch hinter Taiwan und Japan nur den dritten Platz, während sich China als neuer Weltmarktführer zu etablieren sucht. Bei den Solarzellen ist Korea ein Nachzügler und es dürfte nicht einfach werden, gegen die inzwischen etablierte chinesische Industrie einen im Weltmaßstab bedeutenden Marktanteil zu erringen. Dementsprechend macht man sich auch in Korea Gedanken, welches die Zukunftsthemen in der Photonik sein könnten. Vorschläge gehen in die Richtung Medizin, Agrikultur, Marine, Militär und Energiegewinnung. In Korea wird auch die zukünftige Bedeutung der IT-Industrie als Eckpfeiler des Industriewachstums in Frage gestellt. Abflachende Wachstumsraten einerseits und hohe Marktanteile koreanischer Unternehmen andererseits lassen Zweifel am Umfang weiterer Wachstumspotenziale aufkommen. In der Automobilindustrie beispielsweise, so war vor kurzem auf den Webseiten der staatlichen Einrichtung Invest Korea zu lesen, gäbe es im Vergleich zur IT-Industrie für koreanische Unternehmen größere Chancen zur Steigerung der Marktanteile.

Abbildung 28: Korea, Inlandsproduktion und Weltmarktanteil 2011



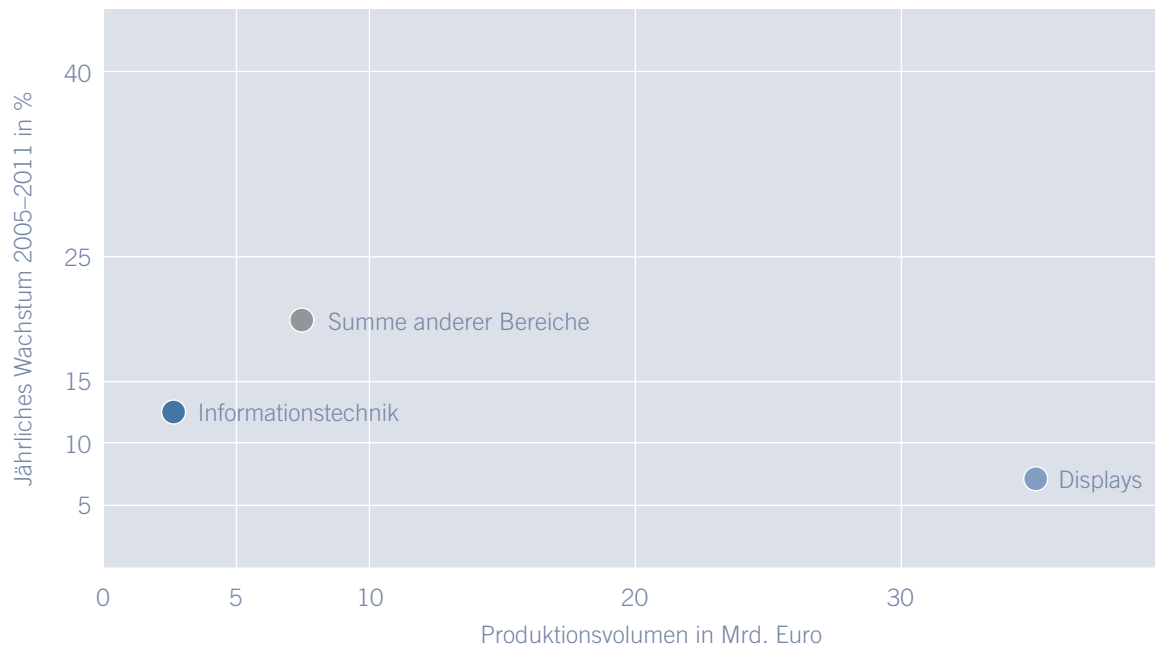
Quelle: Optech Consulting, 2013

## INLANDSPRODUKTION UND WELTMARKTANTEIL

Die koreanische Industrie stellte im Jahr 2011 Produkte der Photonik im Wert von 43 Milliarden Euro her. Die koreanische Photonik-Industrie ist stark auf zwei Bereiche fokussiert, die Informationstechnik und die Displays. Im Bereich Displays ist Korea der weltweit führende Produzent, vor Taiwan und Japan. Das koreanische Produktionsvolumen beträgt hier mehr als 30 Milliarden Euro (2011). Dies umfasst vor allem große LCD-Displays für Fernsehgeräte, PC-Monitore und Notebooks, aber auch kleine, hochauflösende LCD- und OLED-Displays für Smartphones und Tablet-PCs. Dabei gehören die Hersteller von Folgeprodukten wie Fernsehgeräten, Monitoren, Notebooks oder Smartphones zu einem großen Teil zu denjenigen Unternehmensgruppen, die auch die Displays herstellen.

Wichtige Produkte im Bereich Informationstechnik (rund 5 Milliarden Euro) sind Digitalkameras, optische Laufwerke sowie Laserdrucker und Multifunktionsdrucker. Die weiteren Aktivitäten der koreanischen Photonik-Industrie, mit deutlich kleineren Weltmarktanteilen, umfassen ein breites Spektrum. In der Produktionstechnik werden vor allem Laserbearbeitungssysteme für die Flachdisplayindustrie und weitere Mikroanwendungen hergestellt. In der Photovoltaik bestehen erklärtermaßen ebenfalls Ambitionen, wobei die Marktanteile in Korea gefertigter Zellen und Module derzeit gering sind. Weiterhin werden Umsätze im Bereich der optischen Netzwerktechnik erzielt. Korea gehört zu den Ländern mit den höchsten Fiber-to-the-Home-Anschlussdichten.

Abbildung 29: Korea, Inlandsproduktion 2011 und Wachstumsraten 2005–2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

## WACHSTUM, ENTWICKLUNG WELTMARKTANTEIL

Seit dem Jahr 2005 ist das Produktionsvolumen Photonik in Korea auf Euro-Basis um rund 60 % angestiegen, entsprechend einem Anstieg von 8 % pro Jahr. In lokaler Währung entspricht dies einem Anstieg von nahezu 100 % oder von mehr als 11 % pro Jahr. Im weltweiten Vergleich steuert Korea rund 12 % der Photonik-Produktion bei. Der Anteil ist seit dem Jahr 2005 nahezu unverändert geblieben. Korea ist besonders stark in den Bereichen Displays und Informationstechnik vertreten, die beide auch zum Produktionswachstum beitrugen. In geringerem Umfang trugen auch die Bereiche Photovoltaik, LEDs, Kommunikationstechnik, Lasermaterialbearbeitung und Bildverarbeitung & Messtechnik zum Wachstum bei.

## DATENQUELLEN

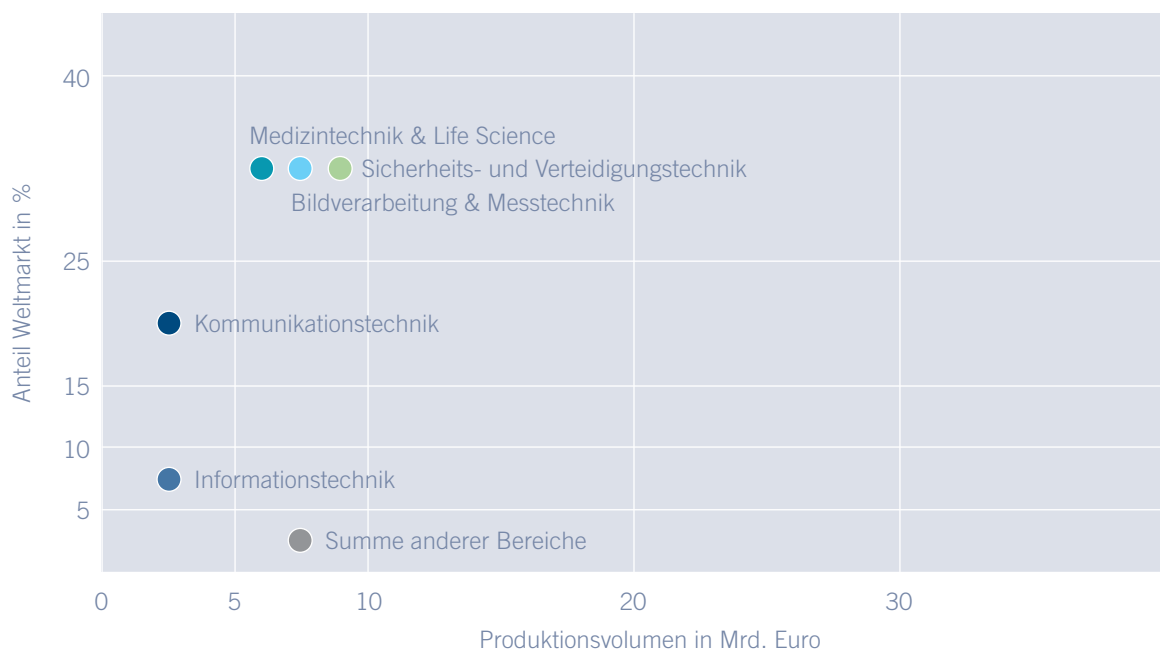
Daten zur koreanischen Photonik-Produktion werden von der Korean Industry Association for Photonics Industry Development (KAPID) erhoben und gelegentlich auszugsweise veröffentlicht. Die Daten der KAPID unterscheiden sich stark von den hier verwandten Daten hinsichtlich der einbezogenen Produkte und der Segmentierung. Die Daten der KAPID wurden daher für diejenigen Bereiche als Anhaltspunkt herangezogen, in denen die Definitionen weitgehend übereinstimmen, wie z. B. für die (kleineren) Bereiche der Messtechnik und der Medizintechnik. Für weitere Bereiche, insbesondere die Displays und die informationstechnischen Produkte, wurden die Daten für Korea auf Basis von Informationen von Marktforschungsunternehmen sowie von Unternehmensdaten abgeschätzt (vgl. auch die Diskussion zu Marktanteilen in den bereichsspezifischen Kapiteln dieser Studie).

## 13.5 NORDAMERIKA

### INLANDSPRODUKTION UND WELTMARKTANTEIL

Nordamerika (USA und Kanada) hält mit einem Produktionsvolumen von 42 Milliarden Euro einen Anteil am Photonik-Weltmarkt von 12 %. Wichtige Bereiche der nordamerikanischen Photonik-Produktion sind Bildverarbeitung & Messtechnik, Medizintechnik & Life Science sowie die Sicherheits- und Verteidigungstechnik. Hier liegen die Bereichsumsätze zwischen rund 5 und 10 Milliarden Euro und die Weltmarktanteile bei 25 % bis 30 % bzw. bei 40 % (Sicherheits- und Verteidigungstechnik).

Abbildung 30: Nordamerika, Inlandsproduktion und Weltmarktanteil, 2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

Im Bereich der Bildverarbeitung & Messtechnik halten nordamerikanische Unternehmen weltweit einen Marktanteil von rund einem Drittel und liegen damit an der Spitze. Besondere Stärken in der Messtechnik liegen in den Segmenten Halbleitermesstechnik und Spektrometer. In Medizintechnik & Life Science sind nordamerikanische Unternehmen führend im Bereich der medizinischen Lasersysteme und der Systeme für die Biotechnologie und Pharmaforschung. In der Informationstechnik umfassen Produkte nordamerikanischer Unternehmen Laserdrucker und Multifunktionsdrucker, Print-on-Demand-Systeme (elektrofotografischer Digitaldruck) sowie Systeme für die Drucktechnik und Druckvorstufe (Offsetdruck). Bei Produkten mit größeren Stückzahlen ist die Fertigung jedoch ins Ausland verlagert (Beispiel Laserdrucker bei HP). Kodak ist seit der Übernahme von Creo vor einigen Jahren einer der Weltmarktführer im Bereich der Druckvorstufe, hat jedoch andererseits die Fertigung von Digitalkameras aufgegeben. In der Photovoltaik haben einige der zehn größten Hersteller ihren Hauptsitz in Nordamerika, ihre Produktionsstätten liegen jedoch überwiegend in Asien. In der optischen Kommunikationstechnik halten nordamerikanische Unternehmen noch immer große Marktanteile, die

Marktführerschaft ist jedoch auf China übergegangen. Auch in den meisten weiteren Bereichen sind nordamerikanische Unternehmen tätig, in der Produktionstechnik (Laser und Lasersysteme für die Materialbearbeitung und für die Lithografie), im Bereich Lichtquellen und bei den optischen Komponenten & Systemen.

### WACHSTUM, ENTWICKLUNG WELTMARKTANTEIL

In den Jahren 2005 bis 2011 wuchs die nordamerikanische Produktion im Bereich der Photonik-Komponenten bei Solarzellen, Detektoren und Bildsensoren sowie optischen Komponenten. Systemseitig war deutliches Wachstum zu verzeichnen bei Messgeräten und bei Geräten für die Sicherheits- und Verteidigungstechnik, wie beispielsweise bei Infrarotsichtgeräten. Insgesamt dürfte das Wachstum der Photonik-Produktion in Nordamerika in den letzten sechs Jahren jedoch auf Euro-Basis<sup>2</sup> im unteren einstelligen Bereich gelegen haben, vor allem wegen fortgesetzter Produktionsverlagerungen an kostengünstigere Fertigungsstandorte. Die Produkte von Schwergewichten wie HP oder Apple tragen kaum zur Photonik-Produktion in Nordamerika bei, da weder die Geräte in Nordamerika gefertigt werden noch die Photonik-Komponenten in größerem Umfang aus Nordamerika stammen.

### DATENQUELLEN

Der amerikanische Optoelektronikverband OIDA beziffert die nordamerikanische Produktion optoelektronischer Komponenten auf rund 20 Milliarden US-Dollar [<sup>135</sup>]. Als Produktschwerpunkte werden Solarzellen/Panel, Komponenten für die Kommunikationstechnik, LEDs, Komponenten für die Produktionstechnik, für Medizintechnik & Life Science sowie für die Sicherheits- und Verteidigungstechnik genannt.

---

<sup>2</sup> Im betrachteten Zeitraum 2005 bis 2011 hat der US-Dollar gegenüber dem Euro um gut 10 % abgewertet.

## 13.6 EUROPA

Die nachfolgenden Informationen zur Photonik in Europa wurden aus den verfügbaren Daten zu Teilmärkten zusammengestellt.

Die wichtigsten Datenquellen sind:

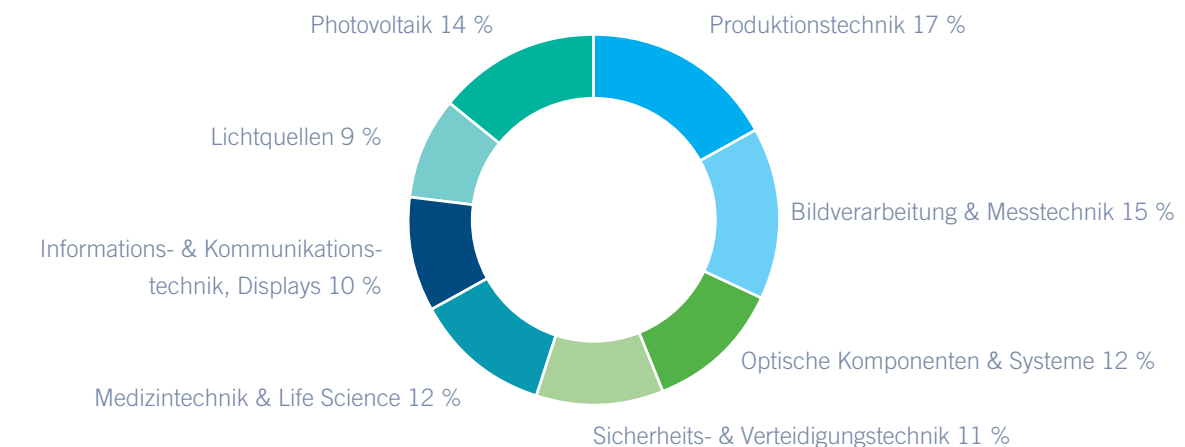
- Die vorliegende Studie für die Daten zu Deutschland.
- Studie „Photonics in Europe – Economic Impact“ aus dem Jahr 2007 [111].
- Studie „Photonik in der Schweiz – wirtschaftliche Bedeutung“ aus dem Jahr 2012 [136].
- Statistische Daten (Eurostat).
- Datenbank Optech Consulting zur Lasermaterialbearbeitung.
- Geschäftsberichte führender Photonik-Hersteller in Europa.

Die verfügbaren Datenquellen bestimmen die Aussagekraft und auch Einschränkungen der Daten zur Photonik in Europa:

- Die Produktion in Deutschland und der Schweiz ist für alle Bereiche der Photonik mit hoher Genauigkeit erfasst.
- Der Bereich Produktionstechnik (Lasermaterialbearbeitung und Lithografie) ist für Europa insgesamt mit hoher Genauigkeit erfasst.
- Die Inlandsproduktion Photonik in den Niederlanden ist stark durch ein einzelnes börsennotiertes Unternehmen geprägt. Hieraus ergibt sich auch eine vergleichsweise hohe Datengenauigkeit in Bezug auf die Photonik in den Niederlanden insgesamt.
- Die Segmente der ersten drei Spiegelpunkte stehen für mehr als 50 % des geschätzten gesamteuropäischen Produktionsvolumens in der Photonik.
- Die Daten zu den weiteren Ländern weisen eine eingeschränkte Genauigkeit auf. Die Genauigkeit reicht hier insbesondere nicht aus, um Wachstumsraten für die Jahre 2005 bis 2011 zu berechnen.

### 13.6.1 PRODUKTIONSVOLUMEN

Abbildung 31: Inlandsproduktion Europa, 2011

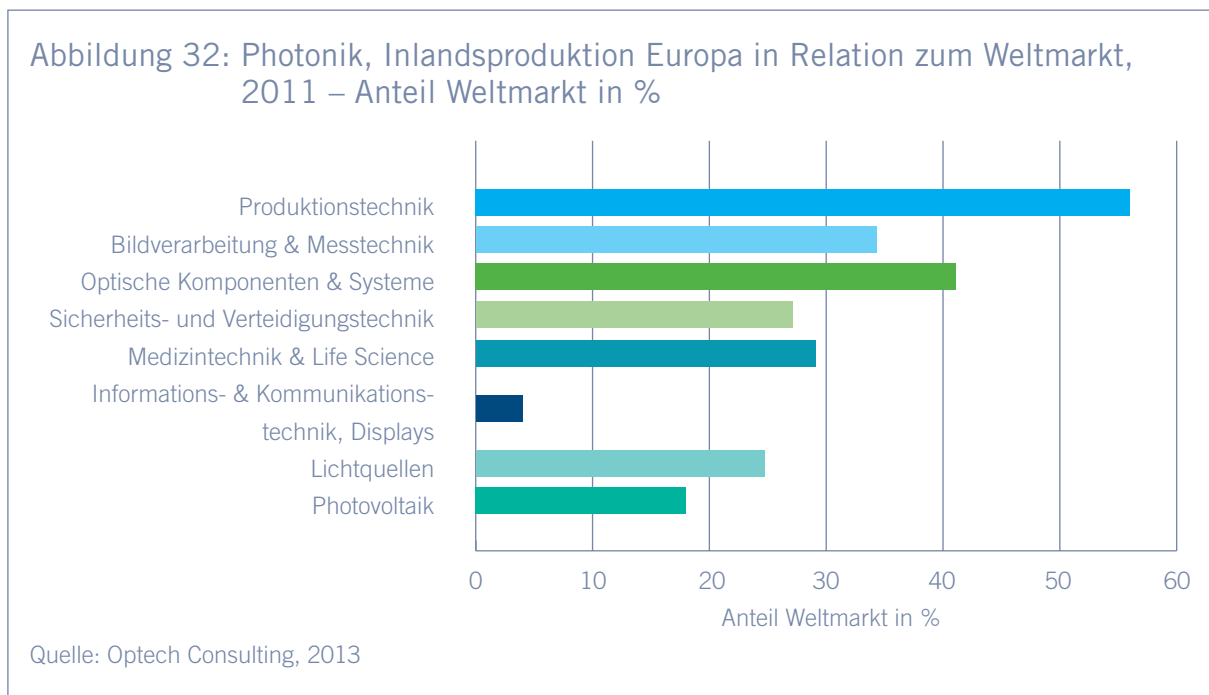


Quelle: Optech Consulting, 2013

Die europäische Inlandsproduktion in der Photonik umfasste im Jahr 2011 ein Volumen in der Größenordnung von 60 bis 65 Milliarden Euro<sup>3</sup>. Abbildung 31 zeigt die Aufteilung des Produktionsvolumens nach Bereichen der Photonik. Die einzelnen Bereiche stehen jeweils für Anteile am Gesamtvolumen, die zwischen 9 % (Lichtquellen) und 17 % (Produktionstechnik) betragen. Es ist wichtig zu bemerken, dass die drei Bereiche mit den geringsten Produktionsvolumina in Europa – Informationstechnik, Kommunikationstechnik und Displays – in der Darstellung in Abbildung 31 zu einem einzigen Bereich zusammengefasst sind.

### 13.6.2 WELTMARKTANTEIL

Abbildung 32 zeigt den Weltmarktanteil<sup>4</sup> Europas für die einzelnen Bereiche der Photonik. Wiederum sind die drei Bereiche Informationstechnik, Kommunikationstechnik und Displays zusammengefasst.



Im Weltmaßstab ist Europa produktionsseitig unterschiedlich stark in den einzelnen Bereichen der Photonik vertreten:

- Im Bereich Produktionstechnik ist die europäische Photonik-Industrie mit einem überragenden Weltmarktanteil von rund 55 % vertreten. Sowohl im Segment Lithografie (Systeme und Komponenten) als auch im Segment Lasermaterialbearbeitung (Systeme und Laser) nimmt Europa die weltweit führende Position unter den Herstellerregionen ein.

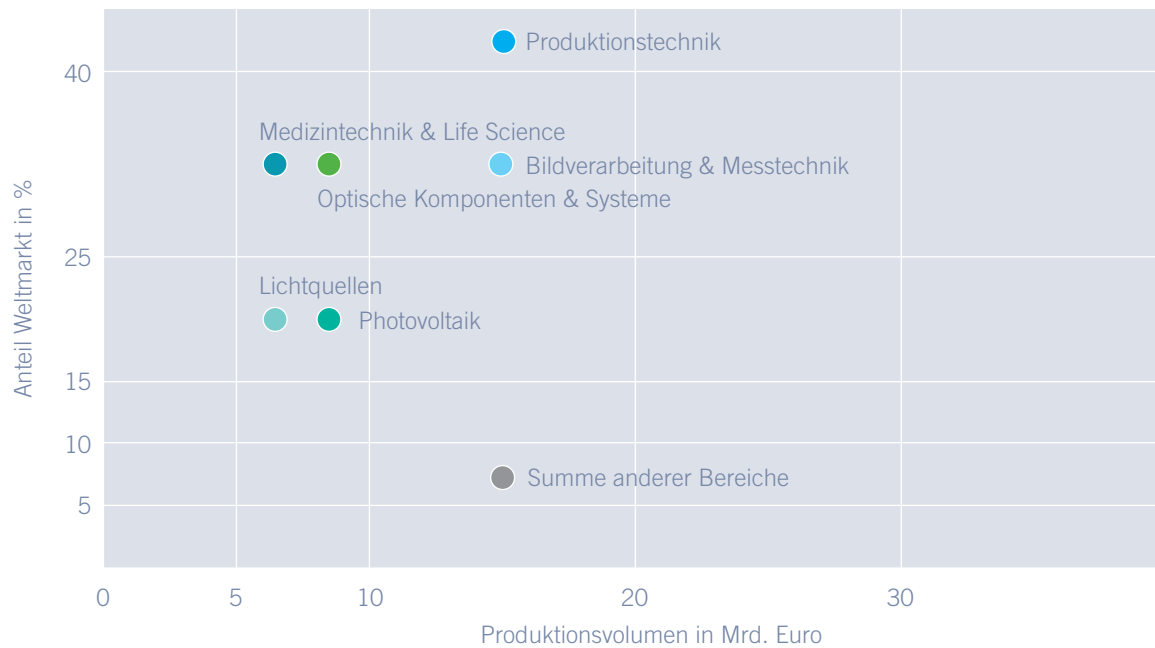
<sup>3</sup> Der Wert wurde aus der Weltmarkt Betrachtung übernommen. Da für Frankreich, Großbritannien, Italien und die „sonstigen“ Länder keine Produktionsdaten ausreichender Genauigkeit vorlagen, konnte das europäische Produktionsvolumen nicht als Summe der Länderbeiträge bestimmt werden.

<sup>4</sup> Der Weltmarktanteil wurde berechnet als Quotient aus der europäischen Inlandsproduktion und dem weltweiten Marktvolumen, analog zum Vorgehen für den Weltmarktanteil Deutschlands (vgl. Anhang „Methodik und Datenbasis“).

- Im Bereich optische Komponenten & Systeme beträgt der Weltmarktanteil Europas gut 40 %. Deutschland trägt hier innerhalb Europas nahezu die Hälfte des Produktionsvolumens bei. Weiterhin liefern Großbritannien, Frankreich, Italien und die Schweiz größere Beiträge.
- Im Bereich Bildverarbeitung & Messtechnik beträgt der Weltmarktanteil gut 35 %. Hier steht Deutschland für einen Produktionsanteil von rund 55 % innerhalb Europas, gefolgt von Frankreich, Großbritannien und Italien.
- Im Bereich Medizintechnik & Life Science beträgt der Weltmarktanteil nahezu 30 %. Deutschland steht innerhalb Europas für einen Anteil von mehr als 55 %. Außerdem tragen Frankreich, Großbritannien, Italien und die Schweiz in größerem Umfang zum europäischen Produktionsvolumen bei.
- In der Sicherheits- & Verteidigungstechnik hält Europa einen Weltmarktanteil von knapp 30 %. Innerhalb Europas steht Frankreich für das größte Produktionsvolumen, gefolgt von Großbritannien und Italien.
- Im Bereich Lichtquellen hält Europa einen Weltmarktanteil von rund 25 %. Mit Osram und Philips sind die beiden Weltmarktführer in Europa angesiedelt. Die Fertigungsstätten der beiden Unternehmen befinden sich in verschiedenen Ländern innerhalb und außerhalb Europas. Der genannte Anteil von 25 % umfasst nur europäische Produktionsstätten der genannten Unternehmen ebenso wie von weiteren Unternehmen mit Hauptsitz in Europa oder Übersee.
- In der Photovoltaik hält Europa einen Weltmarktanteil von knapp 20 %, wovon wiederum rund die Hälfte auf Deutschland entfällt.
- In den informationstechnisch orientierten Bereichen erreicht der Weltmarktanteil der Produktion in Europa lediglich rund 4 %. Während der Anteil im Bereich der optischen Kommunikationstechnik rund 15 % beträgt, liegen die Anteile in den Bereichen Informationstechnik und Displays bei rund 3 % bzw. weniger als 2 %.

Abbildung 33 ordnet die europäische Inlandsproduktion für die einzelnen Bereiche der Photonik nach Volumen und Weltmarktanteil ein. Die Bereiche mit gleichzeitig hohem Produktionsvolumen und Weltmarktanteil befinden sich in dem Diagramm rechts oben. Der Maßstab der Darstellung ist derselbe wie für die Diagramme für die anderen Länder und Regionen (Japan, China, Taiwan, Korea, Nordamerika), so dass ein direkter Vergleich möglich ist (vgl. Abschnitte 3.1 bis 3.5).

Abbildung 33: Europa, Inlandsproduktion und Weltmarktanteil 2011



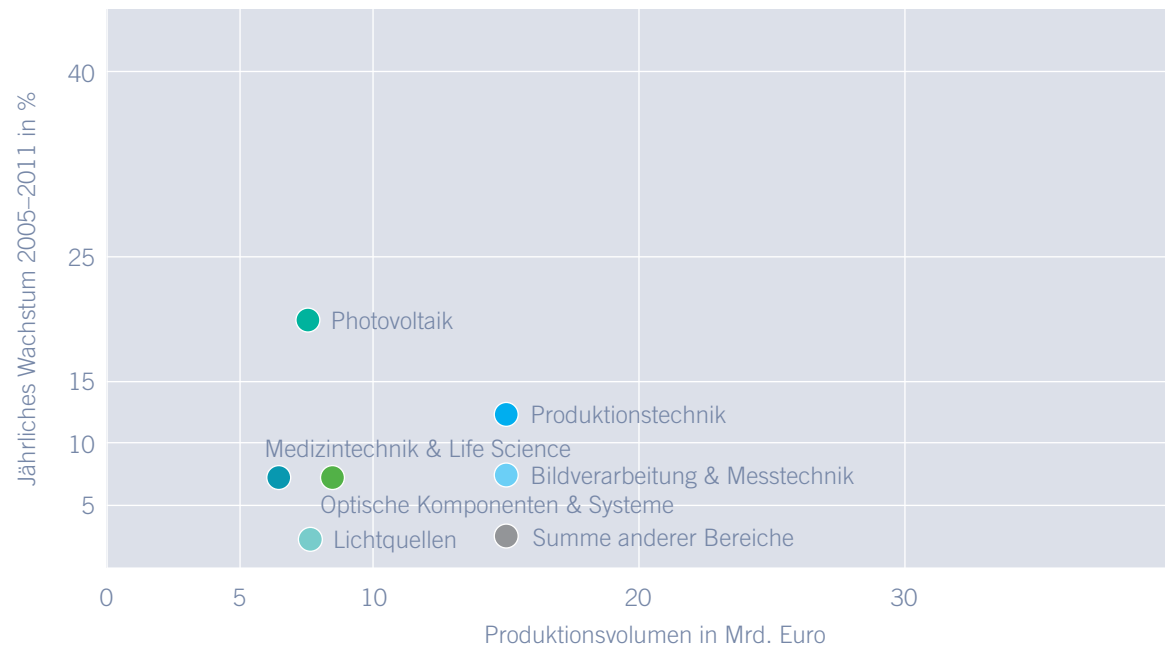
Quelle: Optech Consulting, 2013

### 13.6.3 WACHSTUM SEIT 2005

Das Produktionsvolumen in der Photonik in Europa ist von 43,5 Milliarden Euro <sup>[111]</sup> im Jahr 2005 auf 60 bis 65 Milliarden Euro im Jahr 2011 angestiegen, entsprechend einem jährlichen Zuwachs im Bereich von 5,5 bis 6,9 %.

Abbildung 34 ordnet die europäische Inlandsproduktion für die einzelnen Bereiche der Photonik nach Volumen und Wachstumsraten in den Jahren 2005 bis 2011 ein. Die Bereiche mit gleichzeitig hohem Produktionsvolumen und hohem Wachstum befinden sich in dem Diagramm rechts oben. Dies sind insbesondere die Bereiche Produktionstechnik und Photovoltaik.

Abbildung 34: Europa, Inlandsproduktion 2011 und Wachstumsraten 2005–2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

Bereiche der Photonik mit besonders starkem Wachstum der Produktion in Europa in den Jahren 2005 bis 2011 sind:

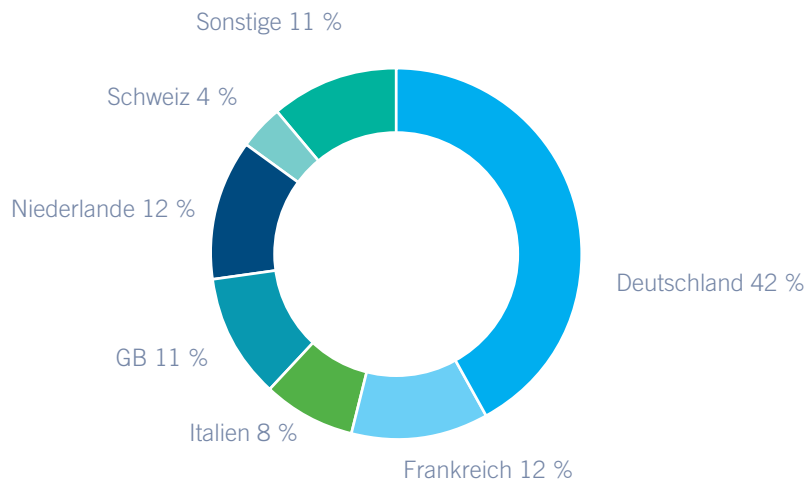
- **Photovoltaik.** Der Bereich hat von umfangreichen staatlichen Maßnahmen in verschiedenen europäischen Ländern, allen voran Deutschland, profitiert. In jüngerer Vergangenheit war der Produktionsanteil Europas am Weltmarkt rückläufig, da zunehmend Solarzellen und -module aus Asien und hier vor allem aus China nach Europa importiert wurden.
- **Produktionstechnik.** Hier ist besonders bemerkenswert, dass das Wachstum von durchschnittlich mehr als 10 % in den Jahren 2005 bis 2011 auf ein hohes Produktionsvolumen trifft.
- **Bildverarbeitung & Messtechnik.** Auch hier treffen ein vergleichsweise hohes Wachstum und ein großes Produktionsvolumen zusammen.
- Hohe Wachstumsraten sind auch in den weiteren Photonik-Bereichen vorhanden, wie bei den optischen Komponenten & Systemen mit Wachstumsraten auf hohem einstelligem Niveau und im Bereich Medizintechnik & Life Science.

In den Jahren 2005 bis 2011 haben sich die Weltmarktanteile Europas wie folgt entwickelt:

- Europa hat in der Produktionstechnik auf bereits hohem Niveau weiter Weltmarktanteile hinzugewonnen.
- In den Bereichen Bildverarbeitung & Messtechnik, Medizintechnik & Life Science, Optische Komponenten & Systeme und Sicherheits- und Verteidigungstechnik sind die Weltmarktanteile ungefähr gleich geblieben.
- In den Bereichen Lichtquellen, Photovoltaik und in den informationstechnisch orientierten Bereichen haben die Marktanteile abgenommen.

#### 13.6.4 PHOTONIK-PRODUKTION IN EUROPA NACH LÄNDERN

Abbildung 35: Photonik-Produktion Europa nach Ländern, 2011



Quelle: Optech Consulting, 2013

Abbildung 35 zeigt die Aufteilung des europäischen Produktionsvolumens in der Photonik auf die einzelnen Länder. Deutschland hält mit 42 % den größten Anteil. Frankreich, Großbritannien, Italien und die Niederlande steuern jeweils Anteile zwischen 9 % und 12 % bei. Unter den weiteren Ländern trägt die Schweiz mit 4 % den größten Anteil bei.

Produktionsschwerpunkte der Photonik in den einzelnen Ländern:

- Die Sicherheits- und Verteidigungstechnik ist der umsatzstärkste Photonik-Bereich in Frankreich. Weitere umsatzstarke Bereiche umfassen Medizintechnik & Life Science, Kommunikationstechnik, Bildverarbeitung & Messtechnik sowie Optische Komponenten & Systeme.
- Auch in Großbritannien ist die Sicherheits- und Verteidigungstechnik der umsatzstärkste Photonik-Bereich. Die weiteren Beiträge zum Produktionsvolumen sind breit gestreut. Zu nennen sind insbesondere Beiträge der Bereiche Bildverarbeitung & Messtechnik, Medizintechnik & Life Science, Kommunikationstechnik, Photovoltaik und Optische Komponenten & Systeme.
- In Italien tragen alle Bereiche der Photonik, mit Ausnahme des Bereiches Displays, substantiell zur Photonik-Produktion bei.
- In den Niederlanden steht die Produktionstechnik für rund 75 % des Produktionsvolumens in der Photonik. Weitere Schwerpunkte sind die Bereiche Lichtquellen (Philips) und Informationstechnik (Océ).
- Das Photonik-Produktionsvolumen der Schweiz bezieht sich für das Jahr 2011 auf 3,4 Milliarden Euro (4,1 Milliarden Schweizer Franken <sup>[136]</sup>). Mit den Produktabgrenzungen der vorliegenden Studie beträgt das Produktionsvolumen rund 2,5 Milliarden Euro. Umsatzstarke Bereiche sind die Produktionstechnik (Lasermaterialbearbeitung), Bildverarbeitung & Messtechnik, Medizintechnik & Life Science sowie Optische Komponenten & Systeme. Auch die Kommunikationstechnik, die Drucktechnik und die Photovoltaik liefern Beiträge. Sehr stark vertreten ist die Schweizer Industrie weiterhin im Bereich der Photovoltaik-Ausrüstung (in der vorliegenden Studie nicht erfasst).

Im Vergleich zum Jahr 2005 ergeben sich für die Photonik-Produktion in Europa folgende Veränderungen:

- Das gesamte Produktionsvolumen in Europa legte von 43,5 Milliarden Euro im Jahr 2005 auf 60 bis 65 Milliarden Euro im Jahr 2011 zu, entsprechend einem jährlichen Zuwachs im Bereich von 5,5 bis 6,9 %.
- Deutschland hat Marktanteile hinzugewonnen. Das Produktionsvolumen in Deutschland nahm von rund 17 Milliarden Euro im Jahr 2005 auf rund 27 Milliarden Euro im Jahr 2011 zu, entsprechend einem jährlichen Zuwachs im Bereich von 5,5 bis 6,9 %. Deutschland ist einerseits in Wachstumsbereichen der Photonik stark vertreten und wies andererseits im betrachteten Zeitraum eine vergleichsweise gute gesamtwirtschaftliche Entwicklung auf.
- Das Produktionsvolumen in den Niederlanden nahm im europäischen Kontext ebenfalls überproportional zu, vor allem bedingt durch die Umsatzsteigerung im Bereich Produktionstechnik (Lithografie).
- Für die Schweiz liegen Daten zur Photonik-Produktion für die Jahre ab 2007 vor <sup>[136]</sup>. Im Zeitraum 2007 bis 2011 ist das Produktionsvolumen in der Photonik von 2,5 Milliarden Euro (3,9 Milliarden Schweizer Franken) auf 3,3 Milliarden Euro (4,1 Milliarden Schweizer Franken) gestiegen<sup>5</sup>. Der Anstieg auf Euro-Basis betrug rund 7 % jährlich, während der Anstieg in Schweizer Franken lediglich bei 0,8 % pro Jahr lag. Die Schweizer Photonik-Industrie weist eine Exportquote von rund 90 % auf. Dementsprechend wurden die Branchenumsätze erheblich durch die Aufwertung der Schweizer Währung gegenüber Euro und US-Dollar im genannten Zeitraum belastet.
- Für die weiteren europäischen Länder reicht die Genauigkeit der im Rahmen dieser Übersichtsstudie erhobenen Daten nicht für eine Analyse von Veränderungen des Produktionsvolumens in den Jahren 2005 bis 2011 aus.

---

<sup>5</sup> Die hier genannten Produktionsvolumina für die Schweiz beinhalten die Photovoltaik-Ausrüstung, die in der vorliegenden Studie nicht einbezogen wird.

# ANHANG: METHODIK UND DATENBASIS

Im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung stehen zwei Datenkomplexe, einerseits der Weltmarkt und andererseits die Inlandsproduktion und die Beschäftigung in Deutschland (vgl. Abbildung A.1). Für alle diese Größen liegen aus der Vorläuferstudie [1] Vergleichswerte für das Jahr 2005 vor. In den Analysen für die vorliegende Studie wurden Werte für das Jahr 2011 bestimmt und eine Prognose für das Jahr 2020 erstellt. Die Daten wurden separat für die zehn Bereiche der Photonik und teilweise weiter detailliert nach Produkten erhoben (vgl. Tabelle A.1). Im Vergleich zur Vorläuferstudie wurde der Bereich Sicherheits- & Verteidigungstechnik neu hinzugefügt.

Die Auswahl der Größen und der Evaluationsmethodik ist einerseits bestimmt durch das Ziel, die Photonik weltweit und für Deutschland aussagekräftig zu beschreiben, und andererseits durch die Datenverfügbarkeit. Die zentralen Größen, die in dieser Studie verwendet werden, sind in Tabelle A.2 definiert, ergänzt durch Informationen zur Datenbestimmung.

Abbildung A.1: Daten und Datenquellen

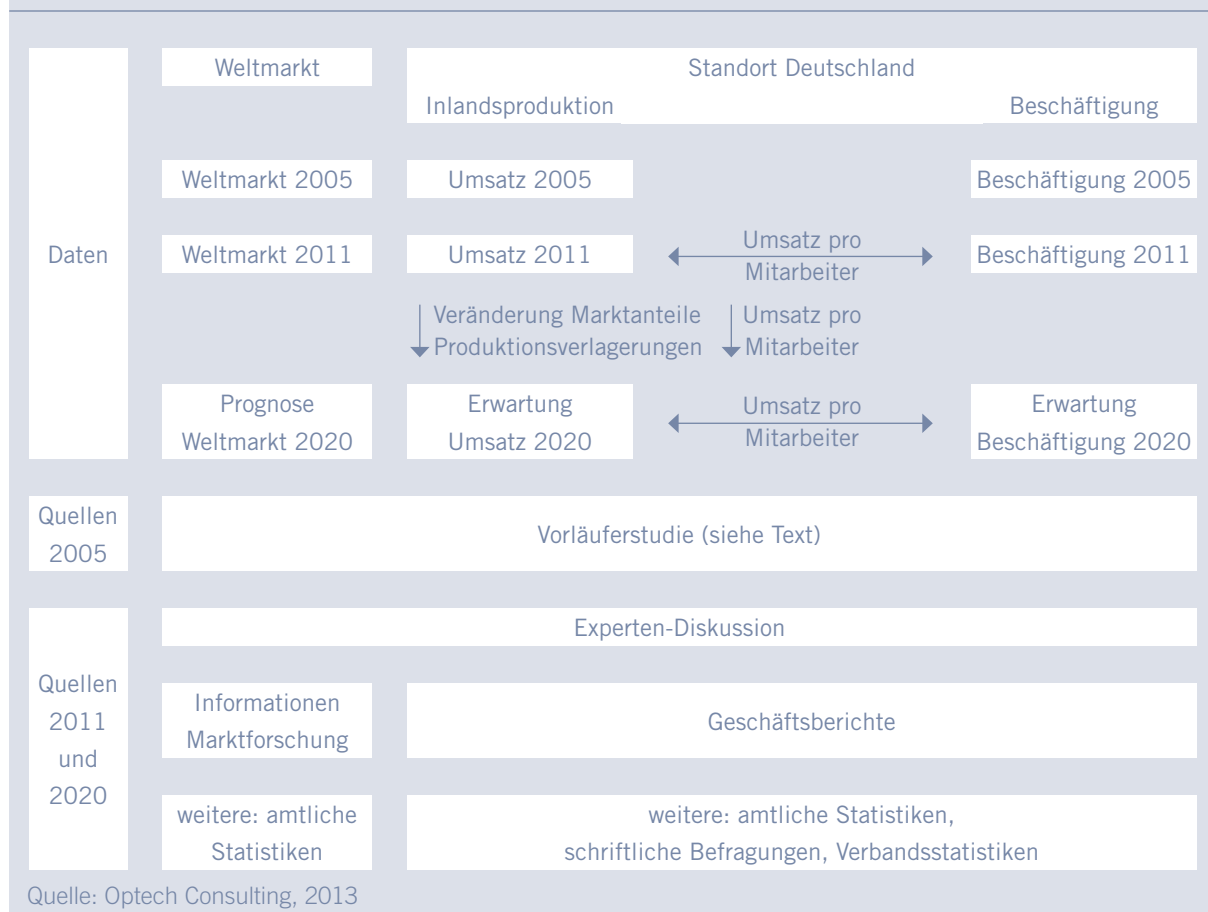


Tabelle A.1: Bereiche und Segmente der Photonik

**Produktionstechnik**

Systeme zur Lasermaterialbearbeitung  
 Lithografiesysteme  
 Laserquellen für industrielle Produktionstechnik  
 Optiken für Waferstepper

**Bildverarbeitung & Messtechnik**

Bildverarbeitungssysteme und Komponenten  
 Spektrometer und -module  
 Binärsensoren  
 Systeme für die Halbleitermesstechnik  
 Systeme für die Faseroptik-Messtechnik  
 Messsysteme für andere Anwendungen

**Medizintechnik & Life Science**

Brillengläser und Kontaktlinsen  
 Lasertherapiesysteme  
 Endoskopiesysteme  
 Mikroskope  
 Medical-Imaging-Systeme  
 Ophthalmologische und sonstige diagnostische Systeme  
 Systeme für Labormedizin, Pharmaforschung,  
 Biotechnologie

**Kommunikationstechnik**

Systeme für optische Netzwerke  
 Komponenten für optische Netzwerke

**Informationstechnik**

Optische Datenspeicherlaufwerke  
 Laserdrucker/-kopierer, Fax-/MFP-Geräte, POD-Systeme  
 Digitalkameras und Camcorder, Scanner  
 Barcodescanner  
 Systeme der Drucktechnik  
 Laserquellen für die Informationstechnik  
 Digitale Bildsensoren

**Lichtquellen**

Lampen  
 LEDs  
 OLEDs

**Displays**

LCD-Displays  
 Plasmadisplays  
 OLED- und weitere Displays  
 Displayglas und Flüssigkristalle

**Photovoltaik**

Solarzellen  
 Solarmodule

**Optische Komponenten & Systeme**

Optische Komponenten und optisches Glas  
 Optische Systeme  
 Systeme und Komponenten, soweit nicht anderweitig  
 berücksichtigt

**Sicherheits- & Verteidigungstechnik**

Sicht- und bildgebende Systeme, Periskope  
 Rangefinder  
 Lenksysteme für Munition und Lenkwaffen  
 DIRCM – Directed Infrared Counter Measures  
 Militärische Weltraumüberwachungssysteme  
 Avionik-Displays  
 Bildsensoren für militärische Anwendungen  
 Laserquellen für die Sicherheits- & Verteidigungstechnik

Quelle: Optech Consulting, 2013

In Bezug auf die Weltmarktdaten ist darauf hinzuweisen, dass die Daten einzelner Marktforschungsinstitute je nach Produktsegment um bis zu mehrere zehn Prozent voneinander abweichen, wegen unterschiedlicher Produktabgrenzungen sowie wegen begrenzter Erhebungsgenauigkeit. Daher wurden, soweit verfügbar, Daten mehrerer Marktforschungsunternehmen herangezogen. Bei der Ermittlung von Zeitreihen ist jedoch zu beachten, dass die Differenzbildung für Daten aus unterschiedlichen Quellen im Allgemeinen keine belastbaren Werte liefert.

Für die Evaluation der Entwicklung von Inlandsproduktion<sup>1</sup> und Beschäftigung in Deutschland in den Jahren 2005 bis 2011 wurden Umsatz- und Beschäftigungsdaten von 100 Unternehmen herangezogen. Die größte Herausforderung besteht hier darin, für größere Unternehmen Werte zu ermitteln, welche sich nur auf die Photonik und nur auf den Standort Deutschland beziehen. Hierzu haben einige Unternehmen dankenswerterweise mit zusätzlich bereitgestellten Informationen beigetragen. Alle Daten in der vorliegenden Studie sind so weit aggregiert, dass keine Rückschlüsse auf nicht veröffentlichte Unternehmensdaten möglich sind.

Tabelle A.2: Kenngrößen, Definitionen und Datenquellen

| Größe                                                   | Definition                                                                                                                                                                                                                                                                                | wichtige Datenquellen                                                                                                                                             | Anmerkungen                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Weltmarkt Photonik                                      | Summe Produktion der Hersteller (nur Produkte, ohne Teile und Service)                                                                                                                                                                                                                    | Publizierte Daten, überwiegend aus Marktstudien zu einzelnen Produkten der Photonik, zum Teil weitere Quellen (siehe auch Abbildung A.1 „Daten und Datenquellen“) | Marktstudien betreffen überwiegend Märkte von Produkten (ohne Teile und Service) und bilden auch die entsprechenden Unternehmensumsätze ab (Angabe Weltmarktanteile).                                                                                                                        |
| Inlandsproduktion Deutschland                           | Summe Produktion am Standort Deutschland (inkl. Teile und Service)                                                                                                                                                                                                                        | Umsätze laut Geschäftsberichten, bei größeren Unternehmen zusätzliche Informationen zum Umsatz nach Segmenten und Produkten                                       | Bei den meisten kleineren Unternehmen der Photonik entspricht der Umsatz in guter Näherung der Inlandsproduktion. Bei größeren Unternehmen sind nicht relevante Umsätze auszuschließen (Umsätze mit Nicht-Photonik-Produkten; Umsätze, die nicht dem Standort Deutschland zuzurechnen sind). |
| Beschäftigung in Deutschland                            | Bei den meisten kleineren Unternehmen der Photonik wird die gesamte Anzahl der Mitarbeiter berücksichtigt, bei größeren Unternehmen die Anzahl der Mitarbeiter am Standort Deutschland in den für die Photonik relevanten Unternehmensbereichen (zentrale Unternehmensbereiche anteilig). |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Entwicklung Inlandsproduktion Deutschland 2005 bis 2011 | Bestimmung auf Basis der Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung von 100 Unternehmen der Photonik in Deutschland. Bei kleineren Unternehmen werden Gesamtumsatz und -beschäftigung herangezogen, bei größeren Unternehmen die relevanten Anteile.                                           |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Entwicklung Beschäftigung Deutschland 2005 bis 2011     |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Entwicklung Weltmarkt 2005 bis 2011                     | Erstellt auf Basis verfügbarer Zeitreihen aus Marktstudien und zum Teil weiteren Quellen (vgl. Abbildung A.1 „Daten und Datenquellen“). Die Differenzbildung aus Daten unterschiedlicher Herkunft wurde nur in Einzelfällen verwendet.                                                    |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

<sup>1</sup> Zur Definition „Inlandsproduktion“ vgl. Tabelle A.2; entspricht der Größe „Umsatz Standort Deutschland“ in der Vorläuferstudie.

Tabelle A.2: Kenngrößen, Definitionen und Datenquellen

| Größe                                      | Definition                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | wichtige Datenquellen | Anmerkungen |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|
| Prognose Weltmarkt 2020                    | Erstellt auf Basis verfügbarer Prognosen (überwiegend publizierte Daten aus Marktstudien). Die verfügbaren Daten betreffen in der Regel unterschiedliche Zeiträume und/oder Produktsegmentierungen und bedürfen der Anpassung.                                                                                                                                      |                       |             |
| Prognose Inlandsproduktion 2020            | Fortschreibung der prozentualen Partizipation von Inlandsproduktion und Beschäftigung am Weltmarktwachstum in den Jahren 2005 bis 2011 entsprechend dem erwarteten Weltmarktwachstum bis zum Jahr 2020 (einzeln für jeden Bereich der Photonik). Abweichungen von diesem Schema für einzelne Bereiche der Photonik sind in den jeweiligen Detailkapiteln angegeben. |                       |             |
| Prognose Beschäftigung in Deutschland 2020 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                       |             |
| Weltmarktanteil eines Landes               | Quotient aus Inlandsproduktion und Weltmarkt (wie oben definiert)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       |             |
| Exportquote                                | Quotient aus ins Ausland gelieferter Inlandsproduktion und Inlandsproduktion (wie oben definiert)                                                                                                                                                                                                                                                                   |                       |             |
| F&E-Quote                                  | Quotient aus F&E-Ausgaben und Umsatz (bei großen Unternehmen für relevante Segmente)                                                                                                                                                                                                                                                                                |                       |             |
| Wachstumsraten                             | In der vorliegenden Studie werden ausschließlich CAGR (Compound Annual Growth Rates) verwendet.                                                                                                                                                                                                                                                                     |                       |             |
| Rundungen                                  | Aufgrund von Rundungen können sich im vorliegenden Bericht Abweichungen bei Summen ergeben. Prozentangaben und Wachstumsraten sind aus ungerundeten Werten berechnet.                                                                                                                                                                                               |                       |             |
| Wechselkurs Euro/US-Dollar                 | 2005: 0,804 / 2011: 0,718 / 2012 bis 2020: 0,718 (Fortschreibung Wechselkurs 2011)                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                       |             |
| Quelle: Optech Consulting, 2013            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                       |             |

Aus Gründen der Datenverfügbarkeit wurde im Weltmaßstab das Marktvolumen der Produkte (Systeme und Komponenten, ohne Teile und Service) erhoben. Für Deutschland wurden die Photonik- und Standort-bezogenen Unternehmensumsätze erhoben, welche Teile und Service beinhalten. Diese Vorgehensweise führt zu einer relativen Übergewichtung der Daten für Deutschland. Andererseits wurden im Weltmaßstab Marktvolumina für Komponenten und Systeme addiert, für Deutschland entfällt diese Addition für geschlossene Märkte (Systemintegration beim Komponentenhersteller). Beide Sachverhalte betreffen für das Gesamtgebiet der Photonik jeweils weniger als zehn Prozent des Total und sind gegenläufig in ihrer Auswirkung auf das Verhältnis Weltmarkt/Inlandsproduktion Deutschland.

## QUELLEN

- <sup>1</sup> Optech Consulting, Optische Technologien – Wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland, Herausgeber Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2007
- <sup>2</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.1.1
- <sup>3</sup> VDMA, Kennzahlen zu Forschung und Innovation im Maschinenbau, Februar 2012
- <sup>4</sup> Optech Consulting, „Wirtschaftliche Bedeutung der Optischen Technologien in Deutschland – Aktualisierung“, Februar 2010
- <sup>5</sup> Verein Deutscher Werkzeugmaschinenhersteller (VDW), „Die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie im Jahr 2011“
- <sup>6</sup> Optech Consulting, „High Power Laser Systems for Materials Processing“, Januar 2012/September 2012, [http://optech-consulting.com/html/laser\\_markets.html](http://optech-consulting.com/html/laser_markets.html)
- <sup>7</sup> Optech Consulting, „High Power Lasers for Materials Processing“, März 2012, [http://optech-consulting.com/html/laser\\_markets.html](http://optech-consulting.com/html/laser_markets.html)
- <sup>8</sup> Optech Consulting, „Micro and Low Power Laser Materials Processing – Markets for Lasers and Laser Systems“, Januar 2012/August 2012, [http://optech-consulting.com/html/laser\\_markets.html](http://optech-consulting.com/html/laser_markets.html)
- <sup>9</sup> Optech Consulting, „Fiber Laser Report“, Juli 2011, [http://optech-consulting.com/html/laser\\_markets.html](http://optech-consulting.com/html/laser_markets.html)
- <sup>10</sup> Optech Consulting, „Industrial Laser Quarterly Report“, quartalsweise Publikation, [http://optech-consulting.com/html/laser\\_markets.html](http://optech-consulting.com/html/laser_markets.html)
- <sup>11</sup> optics.org, 18. Januar 2012, „Confident ASML sees strong start to 2012, Dutch company set to overtake Applied Materials as the single largest semiconductor capital equipment supplier by 2011 sales.“ <http://optics.org/news/3/1/23>
- <sup>12</sup> Arbeitsgemeinschaft Laser und Lasersysteme im VDMA, Pressekonferenz auf der Messe Lasys, Stuttgart, 12. Juni 2012; vgl. auch [http://www5.vdma.org/wps/portal/Home/de/Branchen/L/LASER/Wirtschaft/Laser\\_A\\_20120613\\_Jahres-Pressekonferenz\\_Lasys2012?WCM\\_GLOBAL\\_CONTEXT=/wps/wcm/connect/vdma/Home/de/Branchen/L/LASER/Wirtschaft/Laser\\_A\\_20120613\\_Jahres-Pressekonferenz\\_Lasys2012](http://www5.vdma.org/wps/portal/Home/de/Branchen/L/LASER/Wirtschaft/Laser_A_20120613_Jahres-Pressekonferenz_Lasys2012?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/vdma/Home/de/Branchen/L/LASER/Wirtschaft/Laser_A_20120613_Jahres-Pressekonferenz_Lasys2012)
- <sup>13</sup> Geschäftsbericht Carl Zeiss zum Geschäftsjahr 2010/2011
- <sup>14</sup> Geschäftsbericht Carl Zeiss zum Geschäftsjahr 2011/2012
- <sup>15</sup> Geschäftsbericht Carl Zeiss zum Geschäftsjahr 2004/2005
- <sup>16</sup> Pressemitteilung Optech Consulting vom 20. März 2013, [http://optech-consulting.com/press\\_releases.html](http://optech-consulting.com/press_releases.html)
- <sup>17</sup> VDMA, Fachpressekonferenz auf der VISION 2012, Stuttgart, 10.07.2012
- <sup>18</sup> <http://www.visiononline.org/market-data.cfm>
- <sup>19</sup> Fuji-Keizai, zitiert in <http://www.vision-systems.com/articles/2007/11/japanese-image-processing-market-to-reach-635-billion-in-2010.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>20</sup> Korean Machine Vision Market, Sungho Huh, KMVIA, AIA Networking Reception at VISION Stuttgart 2011
- <sup>21</sup> Automated Imaging Association, April 1999, zitiert in Machine Vision News, Vol. 5, 2000
- <sup>22</sup> Acuity Market Intelligence, The Future of Biometrics Revised 2009 Edition, zitiert in PRWEB, 9. September 2009
- <sup>23</sup> International Biometrics Group, Biometrics Market and Industry Report 2007-2012
- <sup>24</sup> companies and markets, <http://www.companiesandmarkets.com/Market-Report/biometrics-technologies-and-global-markets-473179.asp>, Zugriff Januar 2013
- <sup>25</sup> homeland security newswire, 18. Januar 2011, <http://www.homelandsecuritynewswire.com/biometrics-market-expected-hit-12-billion-2015-0>

- <sup>26</sup> VDMA, Fachpressekonferenz auf der VISION 2006, Stuttgart, 04.07.2006
- <sup>27</sup> Germany Trade and Invest, 18.12.2012, <http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/maerkte,did=729068.html>
- <sup>28</sup> Frost & Sullivan, <http://www.frost.com/sublib/display-market-insight-top.do?id=237893848>, Zugriff Januar 2013
- <sup>29</sup> Frost & Sullivan Analytical Instruments Whitepaper, 2005
- <sup>30</sup> Gartner, Pressemitteilung vom 21. März 2012, „Gartner Says Worldwide Semiconductor Manufacturing Equipment Spending to Decline 11.6 Percent in 2012“, <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1956617>
- <sup>31</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 3.1
- <sup>32</sup> electronics.ca, Global Endoscopy Market by Product, Application and Technology, May 2012
- <sup>33</sup> Global Industry Analysts, zitiert in [http://www.prweb.com/releases/endoscopy\\_systems/endoscopes/prweb541095.htm](http://www.prweb.com/releases/endoscopy_systems/endoscopes/prweb541095.htm), Zugriff Januar 2013
- <sup>34</sup> Global Industry Analysts, zitiert in <http://hospitalstoday.blogspot.de/2009/02/endoscopy-systems-market-to-reach-45.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>35</sup> Strategy With Vision (SWV), zitiert im Jahresbericht 2005 der SHAMIR OPTICAL INDUSTRY LTD.
- <sup>36</sup> strategyr, GIA – Report by Global Industry Analysts, July 15, 2010, [www.strategyr.com/Eyeglasses\\_Market\\_Report.asp](http://www.strategyr.com/Eyeglasses_Market_Report.asp), Zugriff Januar 2013
- <sup>37</sup> Global Industry Analysts, zitiert in <http://www.prnewswire.com/news-releases/global-market-for-eyeglasses-to-reach-1132-billion-by-2018-contact-lenses-and-solutions-to-exceed-122-billion-181441661.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>38</sup> Contact Lens Spectrum, 1.1.2012, <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleid=106550>
- <sup>39</sup> Laser Focus World, Januar 2012
- <sup>40</sup> Laser Focus World, Januar 2006
- <sup>41</sup> Laser Focus World, Februar 2006
- <sup>42</sup> BCC Research, 14 März 2012, <http://bccresearch.blogspot.de/2012/03/global-market-for-medical-laser-devices.html>
- <sup>43</sup> Frost & Sullivan, 2007, zitiert in [http://www.merid.org/Content/News\\_Services/Nanotechnology\\_and\\_Development\\_News/Articles/2007/07/17/Nanotechnology\\_Research\\_Spurs\\_Growth\\_in\\_the\\_Global\\_Microscopes\\_Market.aspx](http://www.merid.org/Content/News_Services/Nanotechnology_and_Development_News/Articles/2007/07/17/Nanotechnology_Research_Spurs_Growth_in_the_Global_Microscopes_Market.aspx), Zugriff Januar 2013
- <sup>44</sup> Frost & Sullivan, 2012, <http://www.frost.com/prod/servlet/press-release.pag?docid=262362077>, Zugriff Januar 2013
- <sup>45</sup> Companies and Markets, zitiert in <http://www.businesswire.com/news/home/20111012005740/en/Companies-Markets-Microscope-accessories-supplies-market-grow>, Zugriff Januar 2013
- <sup>46</sup> Frost und Sullivan, zitiert in Drug Researcher.com, 20. Juni 2005
- <sup>47</sup> BCC Research, <http://www.bccresearch.com/report/flow-cytometry-technologies-markets-bio085a.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>48</sup> BCC Research, <http://www.bccresearch.com/report/dna-sequencing-technologies-applications-bio045d.html?tab=highlight&highlightKeyword=dna+sequencer>, Zugriff Januar 2013
- <sup>49</sup> BCC Research, <http://www.bccresearch.com/report/biotechnology-applications-equipment-bio070a.html?tab=highlight&highlightKeyword=dna+sequencer>, Zugriff Januar 2013
- <sup>50</sup> HTStec, zitiert in Drug Discovery World, 2009, <http://www.ddw-online.com/enabling-technologies/p92824-the-micro-plate-market-pastpresent-and-futurespring-09.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>51</sup> IBISWorld, zitiert in <http://www.prweb.com/releases/2012/1/prweb9120291.htm>, Zugriff Januar 2013
- <sup>52</sup> <http://www.electronics.ca/presscenter/articles/1818/1/Global-Endoscopy-Market-worth-97-Billion-by-2016/Page1.html>, Zugriff März 2013
- <sup>53</sup> <http://www.ftthcouncil.org/>, Zugriff Januar 2013
- <sup>54</sup> <http://www.telecoms.com/53490/lte-smartphones-potenzial-headache-for-ftth-operators/>, Zugriff Januar 2013
- <sup>55</sup> Infonetics Research, zitiert in <http://optics.org/news/3/2/25>, Zugriff Januar 2013
- <sup>56</sup> Ovum-RHK, zitiert in Red Viking Journal, 21. Februar 2006

- <sup>57</sup> Ovum, zitiert in <http://www.lightwaveonline.com/articles/2011/08/ovum-optical-networking-market-gains-in-second-quarter-128381493.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>58</sup> Infonetics, <http://www.infonetics.com/pr/2012/4Q11-PON-FTTH-and-DSL-Aggregation-Market-Highlights.asp>, Zugriff März 2013
- <sup>59</sup> RHK, Interview Stéphane Téral, RHK, in global-ectronics.net anlässlich der Fibercom 2005 in München
- <sup>60</sup> KMI Research, Optical Networking: Worldwide Equipment Markets Update, August 2004
- <sup>61</sup> Wintergreen Research Group, 2006, „Optical Component Market Opportunities, Strategies and Forecasts, 2006 to 2012“
- <sup>62</sup> Infonetics Research, zitiert in Marketwatch from Dow Jones, 5. Oktober 2006
- <sup>63</sup> CIR, Pressemitteilung vom 25. Mai 2006
- <sup>64</sup> <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Nokia-Siemens-Networks-verkauft-Sparte-fuer-optische-Netzwerke-1761217.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>65</sup> <http://www.lightreading.com/long-haul-wdm-equipment/coriant-counts-on-nsns-optical-strengths/240151104>, Zugriff März 2013
- <sup>66</sup> <http://www.marketresearch.com/BCC-Research-v374/Digital-Photography-Global-6904389/>, Zugriff Januar 2013
- <sup>67</sup> <http://www.semiconportal.com/en/archive/news/main-news/120215-digital-still-camera-shipment.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>68</sup> <http://www.petapixel.com/2012/04/16/digital-photography-market-growing-at-3-8-to-hit-82-5-billion-by-2016/>, Zugriff Januar 2013
- <sup>69</sup> InfoTrends CAP Ventures, zitiert in Lets Go Digital, 17. Dezember 2004
- <sup>70</sup> <http://www.lyra.com/lh3m.nsf/AdvisoryServices/IAS>, Zugriff Januar 2013
- <sup>71</sup> www.IDC.com , press releases, Worldwide Hardcopy Peripherals Market, Worldwide Quarterly Hardcopy Peripherals Tracker, Zugriff Januar 2013
- <sup>72</sup> Taiwan Photonics Industry Development Association (PIDA), 17th International Optoelectronics Association Meeting, 25th September, 2012, Yokohama, Japan
- <sup>73</sup> TECHNO SYSTEMS RESEARCH ODD Long term forecast Data Y10.xls., Tokyo, TECHNO SYSTEMS RESEARCH CO.,LTD, 2011-01-17
- <sup>74</sup> <http://www.abiresearch.com/press/3630>, Zugriff Januar 2013
- <sup>75</sup> [http://www.visiononline.org/vision-resources-details.cfm/vision-resources/Move-Over-Laser-Barcode-Scanner/content\\_id/2962](http://www.visiononline.org/vision-resources-details.cfm/vision-resources/Move-Over-Laser-Barcode-Scanner/content_id/2962), Zugriff Januar 2013
- <sup>76</sup> <http://www.icinsights.com/news/bulletins/CMOS-Image-Sensors-Begin-Breaking-Sales-Records-Again/>, Zugriff Januar 2013
- <sup>77</sup> <http://www.newelectronics.co.uk/electronics-news/cmos-image-sensor-market-regains-growth-momentum/42220/>, Zugriff Januar 2013
- <sup>78</sup> 2006 O-S-D Report, IC Insights, 2006
- <sup>79</sup> In-Stat/MDR, Pressemitteilung vom 28. Oktober 2004
- <sup>80</sup> <http://image-sensors-world.blogspot.de/2012/05/tsr-market-share-data-for-2h-2011.html>
- <sup>81</sup> Pira International, 2011, „Global Print Markets to 2016“
- <sup>82</sup> Displaysearch, SID Business Conference, June 2012
- <sup>83</sup> Display Search, Vortrag David Hsieh, Display Search auf der Shanghai Intl. Industry Fair, Shanghai, China, 5. November 2005
- <sup>84</sup> <http://www.oled-info.com/oled-displays-market-global-industry-analysis-market-size-share-growth-and-forecast-2012-2018>
- <sup>85</sup> <http://www.zeit.de/digital/mobil/2012-09/google-glass-test>, Zugriff Januar 2013

- <sup>86</sup> Jennifer Colegrove, NPD DisplaySearch, OLED Display & OLED Lighting: Technology Trends & Market Forecast, PE 2012, Dresden, Germany
- <sup>87</sup> <http://bizmology.hoovers.com/2012/04/05/japanese-tech-titans-answer-newly-formed-samsung-display-with-japan-display/>, Zugriff Januar 2013
- <sup>88</sup> Matthias Zachert, Merck, Barclays Capital Healthcare Conference, Miami, FL, March 13, 2012
- <sup>89</sup> heise.de unter Berufung auf dpa/ssu, <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Flexible-Displays-Plastic-Logic-kuenftig-reiner-Zulieferer-1632900.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>90</sup> Strategies Unlimited, zitiert in <http://www.semi.org/en/node/40876?id=sgurow0312>, Zugriff Januar 2013
- <sup>91</sup> ledmarketresearch, [www.ledmarketresearch.com/press\\_release/IMS\\_Research\\_Downgrades\\_2011\\_Packaged\\_LED\\_Market\\_Growth\\_to\\_1\\_Despite\\_29\\_Increase\\_in\\_Lighting\\_Revenues](http://www.ledmarketresearch.com/press_release/IMS_Research_Downgrades_2011_Packaged_LED_Market_Growth_to_1_Despite_29_Increase_in_Lighting_Revenues), Zugriff Januar 2013
- <sup>92</sup> LED inside, [http://www.ledinside.com/showreport/2011/9/gold\\_member\\_2011](http://www.ledinside.com/showreport/2011/9/gold_member_2011), Zugriff Januar 2013
- <sup>93</sup> Lighting the way: Perspectives on the global lighting market, Mc Kinsey, 2012
- <sup>94</sup> EETimes, 9. Oktober 2006
- <sup>95</sup> NanoMarkets, Januar 2011, How Big Will the OLED Lighting Market be in 2017?
- <sup>96</sup> International CFL Market Review: A Study of Seven Asia-Pacific Economies, August 2006, published by the Australian Greenhouse Office
- <sup>97</sup> LEDs Magazine, <http://ledsmagazine.com/news/9/2/6>, Zugriff Januar 2013
- <sup>98</sup> Digitimes, <http://www.digitimes.com/Reports/Report.asp?datepublish=2012/09/13&pages=RS&seq=400>, Zugriff Januar 2013
- <sup>99</sup> Geschäftsbericht Osram, 2010 und 2011
- <sup>100</sup> Geschäftsbericht Osram, 2011 und 2005
- <sup>101</sup> <http://www.augsburger-allgemeine.de/wirtschaft/Osram-streicht-fast-jeden-zehnten-Arbeitsplatz-id18350561.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>102</sup> [http://www.osram.de/osram\\_de/presse/pressemitteilungen/\\_wirtschaftspresse/2012/firmenumbau/index.jsp?search\\_result=%2fosram\\_de%2fpresse%2fpressemitteilungen%2findex.jsp%3faction%3ddosearch](http://www.osram.de/osram_de/presse/pressemitteilungen/_wirtschaftspresse/2012/firmenumbau/index.jsp?search_result=%2fosram_de%2fpresse%2fpressemitteilungen%2findex.jsp%3faction%3ddosearch), Zugriff Januar 2013
- <sup>103</sup> <http://www.welt.de/wirtschaft/article767933/Warum-Aachen-glueht.html>, Zugriff Januar 2013
- <sup>104</sup> <http://www.aachener-zeitung.de/news/wirtschaft/philips-verschaerft-den-sparkurs-1.445312>, Zugriff Januar 2013
- <sup>105</sup> Aktuelle Situation der Photovoltaik in Deutschland, Vortrag zur Jahreshauptversammlung DGS – Landesverband Berlin Brandenburg e.V. 07.05.2012
- <sup>106</sup> Photon International, März 2012, Seite 132ff
- <sup>107</sup> EPIA, GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS UNTIL 2016, May 2012
- <sup>108</sup> Solar power: Darkest before dawn, McKinsey & Company, April 2012
- <sup>109</sup> <http://www.sipri.org/media/pressreleases/17-april-2012-world-military-spending-levels-out-after-13-years-of-increases-says-sipri>
- <sup>110</sup> <http://www.cfr.org/geoeconomics/trends-us-military-spending/p28855>, Zugriff Januar 2013
- <sup>111</sup> Optech Consulting, Photonics in Europe – Economic Impact, Dezember 2007, Herausgeber Photonics 21
- <sup>112</sup> <http://www.homelandsecuritynewswire.com/dr20120831-industry-fights-pentagon-efforts-to-restrict-exporting-of-infrared-products>, Zugriff Januar 2013
- <sup>113</sup> Markets & Markets, zitiert in <http://www.asmag.com/showpost/13788.aspx>, Zugriff Januar 2013
- <sup>114</sup> <http://www.companiesandmarkets.com/Market/Defence/Market-Research/The-Military-Electro-Optical-Infrared-EO-IR-Systems-Market-2012-2022/RPT1104477>, Zugriff Januar 2013
- <sup>115</sup> Markets and Markets, zitiert in <http://www.prweb.com/releases/head-up-display-hud/market-report/prweb10082498.htm>, Zugriff Januar 2013
- <sup>116</sup> Annual Technical Report 2011, OITDA – Optoelectronics Industry and Technology Development Association

- <sup>117</sup> SEMI.org, LED Fab Investments: Capacity Expansion Cools Slightly, 3. April, 2012, <http://www.semi.org/en/node/41171>
- <sup>118</sup> People's Republic of China, Twelfth Five-Year Plan for National Economic and Social Development (March 14, 2011), Chapter Ten
- <sup>119</sup> Emerging Strategic Industries: Aggressive Growth Targets, China Strategy, HSBC Global Research (October 19, 2010)
- <sup>120</sup> „More Loans for Key Industries“, china.org.cn (March 7, 2011)
- <sup>121</sup> David Hsieh, Vice President, NPD DisplaySearch, 2012 DisplaySearch Taiwan FPD Conference, Taipei, Taiwan 2012. 4. 19–20, „Top 10 Flat Panel Display Topics In 2012“
- <sup>122</sup> Source: SID Business Conference, IHS Isuppli, June 2012
- <sup>123</sup> Source: Mitsubishi Chemical Holdings Group, Investors Meeting, 12th June 2012
- <sup>124</sup> [http://www.marbridgeconsulting.com/marbridgedaily/2012-08-03/article/58300/boes\\_85g\\_panel\\_line\\_reaches\\_full\\_capacity](http://www.marbridgeconsulting.com/marbridgedaily/2012-08-03/article/58300/boes_85g_panel_line_reaches_full_capacity), Zugriff Januar 2013
- <sup>125</sup> <http://www.tpv-tech.com/>, Zugriff Januar 2013
- <sup>126</sup> <http://sip-trunking.tmcnet.com/news/2012/03/05/6163800.htm>, Zugriff Januar 2013
- <sup>127</sup> „Reducing Barriers to Market Transformation: From Low Quality to High Performance and High Efficiency“, Peter du Pont, ELI Outreach Consultant for Asia, Presented at Guilin Workshop on the Efficient Lighting Initiative, 10 August 2006
- <sup>128</sup> optics.org, 23 Nov 2010, „China to lead world's LED production by 2012 – Market forecaster IMS Research predicts that mainland China will leapfrog Korea and Taiwan within five quarters.“
- <sup>129</sup> Digitimes, 1. Juli 2011, <http://www.digitimes.com/Reports/Report.asp?datepublish=2011/7/1&pages=RS&seq=400>
- <sup>130</sup> [www.electroiq.com/articles/sst/2012/05/china-led-subsidy-totals-rmb2b.html](http://www.electroiq.com/articles/sst/2012/05/china-led-subsidy-totals-rmb2b.html), May 17, 2012, citing an analysis of Barclays Capital's Asia IT analyst Jones Ku
- <sup>131</sup> ACG Research, Networking and Telecom Blog, August 16, 2012, <http://acgresearch.blogspot.de/2012/08/growth-highlights-q2-optical-market.html>
- <sup>132</sup> BACKGROUND MATERIAL FOR US-CHINA ECONOMIC AND SECURITY REVIEW COMMISSION, JUNE 6, 2012, For Testimony by Michael O. McCarthy, Chief Legal & Administrative Officer, Infinera Corporation, 169 Java Drive, Sunnyvale, CA
- <sup>133</sup> PIDA, 2011/2012 Worldwide Photonics Market and Taiwanese Photonics Industry Overview
- <sup>134</sup> Taiwan Photonics Industry in Worldwide Market & PIDA activity 2012, Murphy Lin, PIDA, 17th International Optoelectronics Association Meeting, 25th September, 2012, Yokohama, Japan
- <sup>135</sup> U.S. Optics & Photonics: The Harnessing Light Committee and the U.S. Market, 27 September 2012, InterOPTO Forum, Yokohama, Japan
- <sup>136</sup> Optech Consulting, Photonik in der Schweiz – Wirtschaftliche Bedeutung, September 2012, Herausgeber Swisslaser 13



## HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die Daten, Informationen und Berechnungen dieser Studie wurden mit größter Sorgfalt erstellt. Sie basieren auf den Angaben der in der Studie genannten Quellen. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität dieser Angaben können die an der Erstellung der Studie beteiligten Projektpartner Optech Consulting, SPECTARIS, ZVEI, VDMA und das BMBF daher keine Gewähr übernehmen.

Dieser Report ist nicht für Investitionsentscheidungen geeignet. Optech Consulting, SPECTARIS, ZVEI, VDMA und das BMBF übernehmen keinerlei Haftung für jedwede Nutzung des Reports durch Dritte. Dies gilt insbesondere auch für Schäden durch Entscheidungen Dritter, die auf Informationen oder Daten aus diesem Report beruhen oder solche einbeziehen.

Eine Überprüfung der tatsächlichen Rechteinhaberschaft und der damit verbundenen Verwertungsrechte der in der Studie genannten Firmen erfolgt durch Optech Consulting, SPECTARIS, ZVEI, VDMA und das BMBF nicht. Eine Gewähr und eine hiermit möglicherweise verbundene Haftung wird durch die an der Erstellung der Studie beteiligten Projektpartner Optech Consulting, SPECTARIS, ZVEI, VDMA und das BMBF insoweit nicht übernommen. Sollten durch die Studie dennoch Rechte Dritter verletzt worden sein, so geschah dies ohne Kenntnis und ohne Absicht von Optech Consulting, SPECTARIS, ZVEI, VDMA und das BMBF. Im Falle der Kenntniserlangung solcher Verstöße werden diese durch die an der Erstellung der Studie beteiligten Projektpartner nach entsprechender Rücksprache mit der jeweiligen Firma zukünftig aus der Studie entfernt.

Die Vervielfältigung der Studie (ganz oder in Auszügen) und die Verwendung der in der Studie enthaltenen Grafiken ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Herausgeber bzw. der Inhaber der jeweiligen Bildrechte erlaubt. Die Veröffentlichung von Ergebnissen mit Quellenangabe ist zulässig.





Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



SPECTARIS



VDMA

**ZVEI:**

Die Elektroindustrie