

Potentialanalyse zum Wachstumsfeld „Optik/Optoelektronik“ in Thüringen

Auftraggeber: Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen
mbH (LEG Thüringen)
Erfurt

Auftragnehmer: VDI Technologiezentrum GmbH
Düsseldorf
Unterauftragnehmer:
OptoNet CoOptics GmbH, Jena

Bearbeitungszeitraum: Oktober 2012 – Juli 2013

Entsprechend der Vertragsbedingungen zur Erarbeitung der Analyse haben die Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen) als Auftraggeber und das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT) das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich uneingeschränkte Nutzungsrecht an den Ergebnissen.

Jetzt Newsletter abonnieren!



Kontakt:

Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)
Akquisition, Thüringen International und Clustermanagement
Mainzerhofstraße 12, 99084 Erfurt

Telefon 0361 5603-450
Telefax 0361 5603-328
www.cluster-thueringen.de

Schlussbericht:

Potenzialanalyse zum Wachstumsfeld Optik/Optoelektronik in Thüringen

Auftraggeber:

LEG – Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH

Auftragnehmer:

VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

Unterauftragnehmer:

OptoNet CoOptics GmbH

Projektleiter

Dr. Bernhard Hausberg (VDI TZ)

Bearbeiter:

Dr. Silke Stahl-Rolf (VDI TZ)

Dr. Christian Ripperda (VDI TZ)

Dipl. Biol. Dipl. Ecotec. Maiko Klosch (OptoNet CoOptics GmbH)

Dr. Klaus Schindler (OptoNet CoOptics GmbH)

Prof. Dr. Wolfgang Karthe (OptoNet CoOptics GmbH)

Dipl.-Ing. Volker Wiechmann (medways e.V.)

Dr. Tobias Neumann (OptoNet CoOptics GmbH)

Dr. Andreas Stammwitz (OptoNet CoOptics GmbH)

Düsseldorf, Juli 2013

Potentialanalyse zum Wachstumsfeld

Optik/Optoelektronik in Thüringen

Inhaltsübersicht

1	Einführung.....	5
1.1	Ziele und Methodik der Potentialstudie.....	5
1.2	Hintergrund der Potentialstudie	10
2	Kontext- Umfeldanalyse	12
2.1	Das globale Potential der Optik / Photonik.....	13
2.2	Globale Trends / Megatrends und ihr Einfluss auf das Wachstumsfeld Optik	15
2.2.1	Relevante Trends im Bedarfsfeld LifeScience.....	17
2.2.2	Relevante Trends im Bedarfsfeld Umwelt / Energie und Klima	19
2.2.3	Relevante Trends im Bedarfsfeld Informations- und Kommunikationstechnologie	20
2.2.4	Relevante Trends im Bedarfsfeld Produktion	22
2.2.5	Relevante Trends im Bedarfsfeld Sicherheit	23
2.2.6	Weitere externe Einflüsse auf die Optik	24
2.3	Forschung und Entwicklung in der Optik.....	25
3	Kompetenz/Standortprofil: Position, Vision und Ziele Thüringens.....	28
3.1	Kompetenzträger	29
3.1.1	Ressourcenlage	29
3.1.2	Kernaktivitäten in den Innovationsfeldern.....	36
3.2	Wirtschaftliche Kennzahlen.....	44
3.3	Forschungsaktivitäten in den Innovationsfeldern	46
3.3.1	Ressourceneffiziente Produktion.....	46
3.3.2	Biophotonik	49
3.3.3	Umwelt, Energie und Klima	52
3.3.4	Informations- und Telekommunikationstechnologien	54
3.4	Akteurslandkarten Optik/Optoelektronik Thüringen Die Abbildungen 10 - 13 zeigen die räumliche Verteilung und Dichte der Akteure im in den b.....	55
4	Potenziale innerhalb der Innovationsfelder	59
4.1	Innovationspotenziale in der ressourceneffizienten Produktion	59
4.1.1	Ist-Zustand	59
4.1.2	SWOT-Analyse	67
4.1.3	Handlungsfelder	69
4.2	Innovationspotenziale in der Biophotonik.....	73
4.2.1	Ist-Zustand	73
4.2.2	SWOT-Analyse	85
4.2.3	Handlungsfelder	89
4.3	Innovationspotenziale im Bereich Umwelt, Energie und Klima	91

4.3.1	Ist-Zustand	91
4.3.2	SWOT-Analyse	102
4.3.3	Handlungsfelder	106
4.4	Innovationspotenziale im Bereich IKT	109
4.4.1	Ist-Zustand	109
4.4.2	SWOT-Analyse	113
4.4.3	Handlungsfelder	115
5	Innovationspotenziale in speziellen Bereichen der Optik	117
5.1	Optische Lithografie	117
5.1.1	Internationale Entwicklung	117
5.1.2	Situation in Thüringen	123
5.1.3	Schlussfolgerungen für Thüringen	126
5.2	Faser- und Wellenleiteroptik	126
5.2.1	Internationale Entwicklung	126
5.2.2	Situation in Thüringen	128
5.2.3	Schlussfolgerungen für Thüringen	129
6	Anhang	130
6.1	Fragebogen der schriftlichen Konsultation	130
6.1.1	Unternehmen	130
6.2	Organisation des Akteurs	131
6.3	(derzeitige strategische Ausrichtung in Core-Projekten und Produkten)	135
6.3.1	Forschungseinrichtungen	143
6.4	Organisation des Akteurs	144
6.5	(derzeitige strategische Ausrichtung bei Projekten)	147
6.5.1	Cluster	154
6.6	Organisation des Akteurs	155
6.7	Strategische Ausrichtung	155
6.8	Schwerpunkte optischer/optoelektronischer Technologien in Thüringen	155
6.9	Geprächsfaden der Akteursbefragungen	161
7	Kompetenzprofil und strategische Ausrichtung (USP)	161
8	SWOT-Profil	162
9	Handlungsfelder und Investitionsprioritäten	164
10	Verantwortlichkeiten und Beteiligung der relevanten Akteure (aus heutiger Sicht)	165
10.1	Abbildungsverzeichnis	166

1 Einführung

Die Erarbeitung einer zielgerichteten Potentialanalyse erfordert ein adäquates Projektdesign sowie ein klar formuliertes Aufgabenverständnis. In der vorliegenden Einführung werden die Ziele sowie die Methodik und Vorgehensweise der Studie formuliert und mit dem wirtschaftlichen und politischen Hintergrund kontextuiert.

1.1 Ziele und Methodik der Potentialstudie

„Für Thüringen sowie für die übrigen neuen Bundesländer ist stabiles Wachstum sowie eine hohe Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit von großer Bedeutung.“¹ Mit dem Ziel, „die Thüringer Wirtschaft zu stärken und weiter voranzutreiben“¹, soll das Potential der Optik/Optoelektronik, die im „Trendatlas 2020“² von Roland Berger, Strategy Consultants als eines der zukunftssträchtigen Wachstumsfelder identifiziert wurde, genauer untersucht werden. Die vorliegende Studie soll eine, „aufbauend auf den Ergebnissen des Trendatlas“¹ und der bereits 2010 in Auftrag gegebenen Potentialstudie „Green Photonics Thüringen“, vertiefende und ergänzende Potentialanalyse als wichtige Grundlage für die nachfolgende Erstellung einer Roadmap für das Thüringer Wachstumsfeld Optik/Optoelektronik und einer Feldübergreifenden Roadmap der Thüringer Wachstumsfelder dienen¹. Hierzu sollen die Kernaktivitäten, verfügbare Ressourcen, Potentiale und Leistungsfähigkeit des Sektors Optik/Optoelektronik in Thüringen herausgearbeitet werden.

Ausgehend von dieser Aufgabenstellung wurde ein methodisches Konzept entwickelt, das spezifisch auf die in der Ausschreibung formulierten Ziele ausgerichtet wurde. Ein bewährtes Vorgehen für die Vorbereitung von Roadmap-Prozessen für spezifische Regionen ist es, ausgehend von einer Analyse des Kontextes und des Umfeldes, systematisch und Kriterien geleitet den aktuellen Status des untersuchten Technologiefeldes einer Region sowie dessen Perspektiven zu beleuchten und die mögliche weitere Ausdifferenzierung des Themenfelds in den Blick zu nehmen.

Im Folgenden werden die in der Studie verwendeten Instrumente und Methoden skizziert.

¹ LEG Thüringen: Ausschreibung: „Potentialanalyse zum Wachstumsfeld Optik/Optoelektronik in Thüringen“

² Roland Berger, Strategy Consultants: „Trendatlas 2020 Thüringen“

Von der Kontext-/Umfeldanalyse zu den Schwerpunktthemen der Studie

Zielsetzung der Kontext- und Umfeldanalyse ist es, anhand der Beschreibung der weltweiten IST-Situation und auf der Grundlage aktueller Trends eine thematische Eingrenzung und damit Definition des Themenfelds vorzunehmen, um auf diese Weise die IST-Potentiale in der Region sowie zukünftiger Chancen einordnen zu können.

Eine gängige Definition des gesamten Innovationsfeldes Optik und Optoelektronik, die auch die Grundlage der vorliegenden Studie bildet, liefert die Studie des US-Amerikanischen "Committee on Optical Science and Engineering" - Harnessing Light:

Definitionen:

Optik bezeichnet das Feld in Wissenschaft und Technik, welches die physikalischen Phänomene und Technologien im Bereich der Generation, Übertragung, Manipulation und Nutzung von Licht einschließt³. Die **Optoelektronik** bezeichnet die spezielle Schnittmenge der Optik mit der Elektronik, die in der Regel Produkte und Systeme bezeichnet, welche elektronische Energie oder Signale in optische umwandelt oder umgekehrt.

Im Mittelpunkt der Kontext- und Umfeldanalyse stand die Auswertung der für das Themenfeld relevanten Strategiedokumente. Ergänzend wurden Fachgespräche geführt und die Ergebnisse mit Kompetenzträgern auf einem Workshop diskutiert. Relevante Megatrends für Thüringen sind dabei u.a. die

- Zunehmende Ressourcenknappheit und sich abzeichnender Klimawandel
- Der Übergang zu einer Energieversorgung basierend auf Erneuerbaren Energien
- Das gestiegene Gesundheitsbewusstsein einer zunehmend älter werdenden Bevölkerung

³ Harnessing Light – Studie des US-Amerikanischen "Committee on Optical Science and Engineering"

Aufgrund der Komplexität der von der Optik/ Optoelektronik beeinflussten Wirtschafts- und Technologiefelder gilt es, die vor dem Hintergrund der skizzierten Trends strategisch wichtigen Bereiche in den Blick zu nehmen. . Dabei kamen folgende Kriterien zur Anwendung:

- Relevanz hinsichtlich der Wertschöpfung am Standort Thüringen,
- die Dynamik bzw. die Entwicklung dieser Wertschöpfung
- wie auch die Zukunftsfähigkeit des potentiellen Innovationsfeldes⁴.

Vor diesem Hintergrund konnten die bereits in der Ausschreibung der Studie vorgeschlagenen Themenfelder innerhalb der Optik/Optoelektronik festgelegt werden:

- Optische/photonische Lösungen zur ressourceneffizienten Produktion
- Optische/photonische Systeme und Lösungen für die Biophotonik
- Optische/photonische Systeme und Lösungen für Umwelt/Klima und Energie
- Informations- und Kommunikationstechnologie

Da die in der vertiefenden Analyse beleuchteten Felder auf das Spezialisierungsprofil Thüringens ausgerichtet wurden ist keine deckungsgleiche Abbildung der Themen in globalen Strategiedokumenten möglich. Das Innovationsfeld ressourceneffiziente Produktion adressiert die globalen Bedarfssfelder Produktion sowie Umwelt/Klima und Energie.

IST-Kompetenz-/Standortprofil-„Thüringen“

Bei der Erarbeitung des IST-Kompetenz-Standortprofils wurden die Akteurslandschaft und ihre Kernaktivitäten und Ressourcen beleuchtet. Bei der Detailanalyse dieser Bereiche wurde wie folgt vorgegangen: Auf der Makro-Ebene wurden statistische Daten zum Themenfeld erhoben. Hierzu standen Datensätze aus den durch den Optonet e.V.⁵ erhobenen Branchenreports der Jahre 2009 und 2011, zur Verfügung und wurden durch eine schriftliche Befragung von 122 regionalen Kompetenzträgern (Rücklaufquote 23 %) sowie durch Experteninterviews erweitert und aktualisiert. Auf der Mikro-Ebene wurden nach einheitlicher Systematik die Kompetenzprofile der wichtigsten Kompetenzträger zusammengestellt und ausgewertet.

⁴ Als Innovationsfeld werden die in der vorliegenden Studie vertieft analysierten Themenfelder bezeichnet.

⁵ <http://www.optonet-jena.de>

Hierbei wurden Kennzahlen bezüglich der Anzahl der Unternehmen sowie ihrer Größenstruktur, die Anzahl der Beschäftigten sowie deren Entwicklung erhoben.

Workshop zur Diskussion der ermittelten Ergebnisse aus Kontext- und Umfeldanalyse sowie der Vorstellung des ermittelten IST-Kompetenz-/Standortprofils

Nach Bearbeitung der Kontext- und Umfeldanalyse sowie der Erhebungsphase bzgl. des IST-Kompetenz-/Standortprofils wurden die Ergebnisse am 04.12.2012 im Rahmen eines Workshops mit wichtigen Kompetenzträgern der Region diskutiert. Die Teilnehmer aus den Bereichen Industrie und Forschung sowie Netzwerken wurden gezielt eingeladen und aktiv eingebunden. Im Rahmen des Workshops wurden die Themenfelder der vertiefenden Analysen zur Ermittlung der Innovationspotentiale festgelegt.

Ermittlung des Innovationspotentials - mit Benennung der wichtigen Kompetenzträger und Kompetenzen

Ein Kernelement der Betrachtung stellte die Projektion der Trends auf das regionale Kompetenzprofil dar. Hierdurch wurden jene Technologiefelder sichtbar, auf denen das Land zukünftig voraussichtlich Wettbewerbsvorteile haben wird. Dies erfolgte zum einen durch einen Abgleich der Kontext und Umfeldanalyse mit dem IST-Kompetenz-/Standortprofil, zum anderen sowie zur Vertiefung der Ergebnisse durch (Fach-)Gespräche mit relevanten Kompetenzträgern.

Diese Fachgespräche wurden mit insgesamt 34 Kompetenzträgern geführt. Im Bereich der ressourceneffizienten Produktion wurden 15 Experten aus drei Großunternehmen, sechs KMU und drei Forschungseinrichtungen interviewt, im Bereich der Biophotonik wurden 9 Experten aus zwei Großunternehmen, vier KMU und drei Forschungseinrichtungen befragt, im Bereich Umwelt/Klima und Energie waren es ebenfalls 9 Experten hier aus einem Großunternehmen, sechs KMU und zwei Forschungseinrichtungen sowie im Bereich der der Informations- und Kommunikationstechnologie fünf Interviewpartner aus einem Großunternehmen, drei KMU und einer Forschungseinrichtung. Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte durch die CoOptics GmbH in Rücksprache mit lokalen Kompetenzträgern aus den Kompetenznetzen,

OptoNet e.V und medways e.V. sowie wichtigen Kompetenzträgern (Fraunhofer IOF, Universitätsklinikum Jena). Darüber hinaus hatten die Kompetenzträger im Rahmen der durchgeführten schriftlichen Erhebung sowie im Rahmen des Workshops die Gelegenheit, weitere Kompetenzträger zu benennen. Die Auswahl der Gesprächspartner erfolgte nach folgenden Kriterien:

- hohes fachliches Wissen ausgewiesen durch Veröffentlichungen, Beiträge auf Veranstaltungen (Kongresse, Fachworkshops, Foren etc.), durchgeführte Forschungs- und Entwicklungsprojekte oder Produktneuentwicklungen der letzten Jahre (für Fo-Einrichtungen und KMU)
- bekleidete Stellung (Leitungsfunktion in Wirtschaft oder Forschung, wie GF, Fachgruppenleiter, Abteilungsleiter, Projektleiter etc.)
- Präsenz in der Thüringer Forschungs- bzw. Unternehmenslandschaft mind. 3 Jahre
- Bereitschaft, sich über die Interessen der eigenen Einrichtung / des Unternehmens hinaus für die Branche zu engagieren
- Bereitschaft zur Mitarbeit und Offenheit der Aussagen

Zusammenfassung der Ergebnisse in einer SWOT-Analyse

In jeweils einer SWOT-Analyse für jedes der identifizierten Schwerpunktthemen wurden die Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitsschritte zusammen geführt. Im Detail bedeutet dies, dass ausgehend von Zielen und Visionen für die weitere Entwicklung des untersuchten Themenbereiches die Stärken und Schwächen, Chancen und Risiken reflektiert wurden. Auf diesen Ergebnissen basierend wurden Handlungsfelder und Umsetzungsempfehlungen abgeleitet.

1.2 Hintergrund der Potentialstudie

„Es geht nicht mehr um bloßes Aufholen gegenüber den alten Ländern, sondern es geht darum, als Land ein eigenständiges wirtschaftliches Profil zu entwickeln und voranzutreiben.“⁶. Vor dem Hintergrund der gemeinsamen Zukunftsstrategien gilt es, regionale Potentiale zu erkennen und zu untersuchen, um Handlungsfelder zu identifizieren. Zukünftig sollen die Kompetenzträger in den Wachstumsfeldern anhand von Roadmaps arbeiten, die, ausgerichtet auf die wichtigsten und verlässlichsten Trends der nächsten 20 Jahre, der wirtschaftlichen Entwicklung und der Wirtschaftspolitik Thüringens eine langfristige und nachhaltige Ausrichtung verleihen⁶.

Dabei gewinnt die Vernetzung einzelner Felder in der derzeitigen Forschungs- und Förderpolitik zunehmend an Bedeutung. Die Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF: „Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovationen“ sowie die Ausrichtung der EU-Förderinstrumente in der kommenden EU Strukturfondsperiode entlang der globalen Herausforderungen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der regionalen Potenziale sind nur zwei Beispiele für diesen Trend. Die Optik als Schlüssel- und Querschnittstechnologie mit Anknüpfungspunkten in zentralen Bedarfsfeldern, wie Robotik, Sicherheitstechnik, IKT, Lifescience, Mobilität und erneuerbare Energien, um nur einige zu nennen, bietet exzellente Möglichkeiten zur Vernetzung.

Im Rahmen der Analysen zum Trendatlas 2020⁷ wurden bereits spezifische Handlungsempfehlungen für die Thüringer Innovations- und Wirtschaftspolitik entwickelt; anhand der durchgeführten Analyse konnten bereits erhebliche Potentiale für das gesamte Wachstumsfeld Optik/Optoelektronik abgeleitet werden.

So bescheinigt der „Trendatlas 2020“ der Roland Berger Strategy Consultants⁸ aus dem Jahre 2011 dem Wachstumfeld Optik/Optoelektronik das Potenzial, den Standort Thüringen zu einem der weltweit bedeutendsten Zentren dieser Technologie auszubauen (S.261). Bis 2020 sehen Roland Berger et al. 1.900 bis 2.600 neue Arbeitsplätze und eine Steigerung der Bruttowertschöpfung um 135 – 145% sowie ein starkes Produktivitätswachstum. Als Vorausset-

⁶ Roland Berger, Strategy Consultants: „Trendatlas 2020 Thüringen“

⁷ „Key Enabling Technology“ – “A European strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs” Veröffentlichung der Europäischen Kommission vom 26.06.2012

⁸ Roland Berger, Strategy Consultants: „Trendatlas 2020 Thüringen“

zungen werden allerdings eine akzelerierende Gründerdynamik und eine erfolgreiche Absicherung des Fachkräftebedarfs genannt (S. 261). Besondere Bedeutung wird dem Querschnittscharakter des Technologiefeldes als „enabling technology“⁷ im Zusammenwirken mit anderen Branchen und Technologien beigemessen (S. 249; S. 262). Durch die Weiterentwicklung dieser Felder (genannt werden Informationstechnologie, Biotechnologie, Biophotonik und LifeScience in Form von Früherkennung und Therapie von Krankheiten), die vielfach von der Optik getrieben werden, besitzt sie auch weiterhin erhebliche Wachstums- und Entwicklungspotenziale (S. 262). Zusätzlicher Bedarf an optischen Lösungen wird durch verschiedene Megatrends prognostiziert, die die Bedeutung der Branche auch in Thüringen noch steigern werden. Als diese Megatrends werden Umwelt (Bedarf an umweltfreundlichen und ressourcensparenden Lösungen - "Green Photonics" und Systemen zur „Diagnose“ des Umweltzustandes), Gesundheit und Sicherheit genannt (S.256 ff.). Die gemessen am Landesdurchschnitt überdurchschnittlich hohe Exportquote (S. 254) bietet durch die Erschließung internationaler Märkte ebenfalls ein hohes Potential für Wirtschaftswachstum und Erhöhung der Beschäftigtenzahl (S. 309, 310).“

Die vorliegende Analyse fokussiert sich darauf aufbauend auf die Querschnittstechnologie Optik/ Optoelektronik, die aufgrund der spezifischen Stärken und Kompetenzen im Land als eines der zukunftssträchtesten Wachstumfelder Thüringens identifiziert wurden.

Das Wachstumspotential gründet sich insbesondere auf den Querschnittscharakter der Optik/Optoelektronik, der sich in ihrer Anwendbarkeit und Integration in einer sehr breiten Produktvielfalt in unterschiedlichsten Märkten zeigt.

2 Kontext- Umfeldanalyse

Die Optik / Optoelektronik liefert Technologien und Lösungen für nahezu alle Bedarfsfelder und birgt das Potential Leitmärkte in all diesen Feldern hervorzubringen. Sie gehört darüber hinaus wegen ihrer zentralen Rolle zu den derzeit wichtigsten Schlüsseltechnologien. Aufgrund ihrer Querschnittsaufgabe und der zahlreichen Verflechtungen zu anderen Branchen ist die Betrachtung des Gesamtkontextes sowie des gegebenen Umfeldes für eine Potentialanalyse des Wachstumsfeldes Optik / Optoelektronik besonders wichtig.

Globale Trends / Megatrends haben signifikanten Einfluss auf das Wachstum, da sie nachfragegenerierende Herausforderungen hervorbringen. Diese Herausforderungen stellen aus Sicht des Wachstumsfeldes Optik/Optoelektronik Markttreiber dar, die ergänzend zu Technologietreibern aus Forschung und Entwicklung Einfluss auf das Potential des Wachstumsfeldes nehmen. Aufgrund ihrer zentralen Rolle als Lieferant entwickelt die Optik eine bemerkenswerte Hebelwirkung im Gegenzug: Die Studie „The Leverage Effect of Photonics Technologies“⁹ hat ergeben, dass 20-30 Prozent der europäischen Wirtschaft und etwa zehn Prozent der europäischen Beschäftigten von der optischen Industrie abhängen. Damit ist die Optik selbst in der Lage globale Trends zu formen und zu beeinflussen und trägt neben ihrem enormen Potential eine große Verantwortung.

Zur Kontext/Umfeldanalyse stehen zahlreiche Strategiedokumente und Berichte aus verschiedenen Perspektiven (Nationale Politik, Branchenvertreter, Internationale Politik) zur Verfügung. Die strategisch bedeutendsten:

- **Agenda Photonik 2020** – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung
- *Lighting the way ahead & **THE LEVERAGE EFFECT of Photonics Technologies*** – Studie der Europäischen Technologie Plattform Photonics21

⁹ Lighting the way ahead & THE LEVERAGE EFFECT of Photonics Technologies, 2011– Studie der Europäischen Technologie Plattform Photonics21

- ***Harnessing Light*** – Studie des US-Amerikanischen “Committee on Optical Science and Engineering”
- ***Optics and Photonics: Essential Technologies for Our Nation*** – Studie des US-Amerikanischen “Committee on Optical Science and Engineering”
- ***Hightechstrategie der Bundesregierung***
- ***Veröffentlichungen des Fachverbands Spectaris*** – Photonik und Präzisionstechnik
- ...

Anhand dieser Strategiedokumente soll im Folgenden ein Überblick über das *globale Potential der Optik*, sowie ihre jüngere Entwicklung in Zahlen und Trends dargestellt werden. Zugleich erfolgt eine Einordnung der deutschen Marktanteile auf der Ebene der Anwendungsfelder. Den Kern der Kontext- und Umfeldanalyse stellen die Bezüge zwischen den globalen Herausforderungen, den Trends innerhalb der strategischen Anwendungsfeldern der Optik und den Handlungsfeldern der Optik im Anwendungsfeld dar. Für die spätere Potentialanalyse lassen sich darauf aufbauend vor dem Hintergrund des spezifischen Profils der Thüringer Optik strategische Handlungsfelder ableiten.

2.1 Das globale Potential der Optik / Photonik

Dem Branchenverband Spectaris¹⁰ zufolge kann der derzeitige Weltmarkt für Photonik bzw. Optik auf ca. 300 Mrd. Euro geschätzt werden. Auf den europäischen Markt entfallen hiervon 20 %, demzufolge 60 Mrd. Euro¹⁰. Mehr als die Hälfte des Weltmarktes werden durch die Anwendungsfelder Flachdisplays (27%), Informationstechnik (19%) und Energietechnik bestimmt¹⁰. Die Felder Bildverarbeitung und Messtechnik, Beleuchtungstechnik, Medizintechnik und LifeScience, Kommunikationstechnik, Optische Komponenten und Systeme sowie Produktionstechnik belegen den übrigen Markt mit vergleichbaren Anteilen¹⁰ (s. Abbildung 1).

¹⁰ Spectaris-Spotlight: Die deutsche Photonik-Industrie 2012 – Daten und Fakten einer Schlüsseltechnologie

Anteile der Anwendungsfelder am Weltmarkt

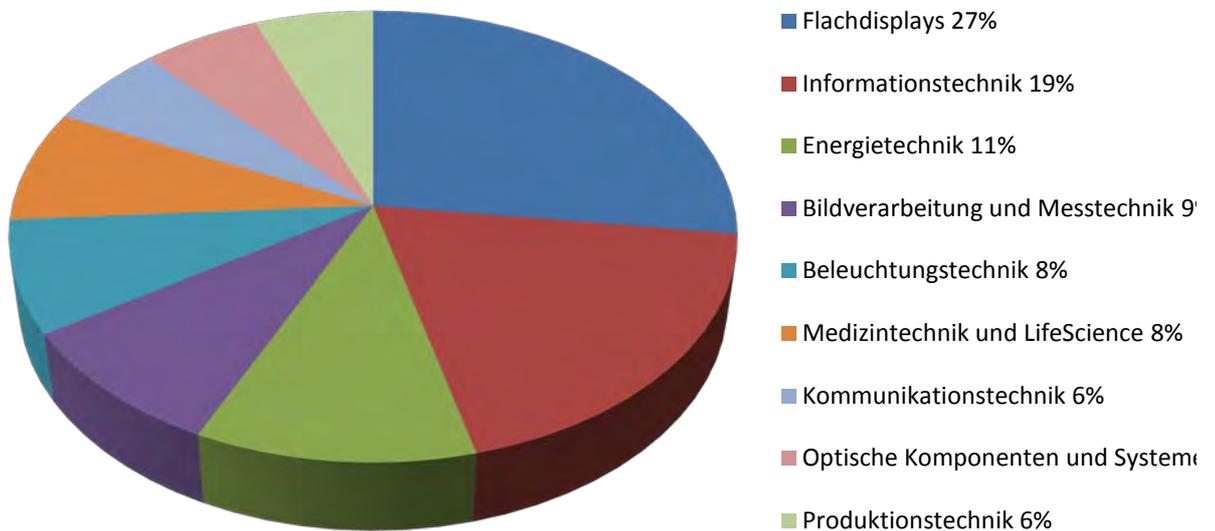


Abbildung 1: Der Weltmarkt für Photonik nach Anwendungsfeldern ¹¹

(Quelle: Optech Consulting 2010 (Werte 2008))

Die deutsche Optik-Industrie erwirtschaftete im Jahr 2011 mit über 135.000 Beschäftigten in etwa 1.000 Unternehmen einen Branchenumsatz von fast 26 Mrd. Euro bei einer Exportquote von 70 Prozent¹¹. Dieser Erfolg ist auf innovative Produkte sowie das Qualitätslabel „Made in Germany“ zurückzuführen. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür: Nach Agenda Photonik 2020¹² ist weltweit „jedes 4. eingesetzte Lasersystem ... „Made in Germany“; neben den europäischen Absatzmärkten sind vor allem die USA und China die Zielmärkte der Branche. Entsprechend gehen 26 Prozent der deutschen Exporte in diese Länder. Dabei liegen die Schwerpunkte in den Bereichen Produktionstechnik, Bildverarbeitung und Messtechnik, Medizintechnik und LifeScience sowie Beleuchtungstechnik. Die beiden größten Anwendungsfelder im Weltmarkt Flachdisplays und Informationstechnik (siehe Abbildung 1) spielen im deutschen Export eine stark untergeordnete Rolle.

¹¹ Spectaris-Spotlight: Die deutsche Photonik-Industrie 2012 – Daten und Fakten einer Schlüsseltechnologie

¹² Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

Abbildung 2 verdeutlicht die jüngste Marktsituation der deutschen Optik-Industrie sowie deren Trend. Mit Ausnahme der globalen Krise um 2009 konnten stabile Zuwächse im Umsatz sowie in den Beschäftigungszahlen bei gleichbleibender Exportquote verbucht werden. Für 2012 rechnet der Branchenverband Spectaris mit einer Steigerung des deutschen Gesamtumsatzes um 10 Prozent¹³. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des Weltmarktes beträgt ebenfalls etwa 10 Prozent¹⁰.

	2007	2008	2009	2010	2011	Zuwachs 2011/2010
Gesamtumsatz (Mrd. EUR)	23,7	23,1	18,4	22,1	25,7	16,3 %
Inlandsumsatz (Mrd. EUR)	7,5	7,6	6	6,9	7,9	+14,5 %
Auslandsumsatz (Mrd. EUR)	16,2	15,5	12,4	15,2	17,8	+17,1 %
Beschäftigte (Tsd.)	122,5	128,0	119,9	123,9	135,1	+9 %
Exportquote (%)	68,5	67,1	67,4	69,3	69,1	-0,3 %

Abbildung 2: Die deutsche Photonik-Industrie im Überblick ¹³

(Quelle: Optech Consulting: 2010/2011: SPECTARIS e.V.)

2.2 Globale Trends / Megatrends und ihr Einfluss auf das Wachstumsfeld Optik

Wesentlicher Treiber von Innovationen sind globale Trends / Megatrends, die beispielsweise aus neuen Technologien oder Dienstleistungen, gesellschaftlichen Veränderungen oder globalen Herausforderungen in Nachfragefeldern entstehen. Für die Optik, die als Querschnittstechnologie einen wichtigen Zulieferer für technologische Anwendungen in unterschiedlichsten Bereichen darstellt, ergeben sich zahlreiche Anknüpfungspunkte zu diesen Nachfragefeldern. Der 2011 erschienene „Trendatlas 2020“ der Roland Berger Strategy Consultants GmbH leitet die trendinduzierten technologischen Nachfragefelder für die Querschnittstechnologie Optik / Optoelektronik her¹⁴. Für eine möglichst vollständige Abbildung wurden weitere wichtige Nachfragefelder aus der „Strategic Research Agenda in Photonics“ (Photonics21) ergänzt¹⁵. Eine Zuordnung der Nachfragefelder zu den globalen Bedarfsfeldern

¹³ Spectaris-Spotlight: Die deutsche Photonik-Industrie 2012 – Daten und Fakten einer Schlüsseltechnologie

¹⁴ Roland Berger, Strategy Consultants: „Trendatlas 2020 Thüringen“

¹⁵ Photonics21 – Second Strategic Research Agenda In Photonics – Lighting the way ahead (2010)

LifeScience, Umfeld / Energie und Klima, Informations- und Kommunikationstechnologie, Produktion und Sicherheit ist in Abbildung 3 erkennbar. Diese Zuordnung konnte den zur Verfügung stehenden Strategiedokumenten entnommen werden: Die „HighTechStrategie der Bundesregierung“ adressiert primär die Bedarfswelder Klima / Energie, Gesundheit / Ernährung, Mobilität, Sicherheit und Kommunikation; Für eine Analyse im Wachstumsfeld Optik muss das Bedarfsweld Produktion wie in den übrigen Strategiedokumenten hinzugenommen werden.

LifeScience	Umwelt / Energie und Klima	IKT	Produktion	Sicherheit
<ul style="list-style-type: none"> •Vorsorge / Gesundheit •Mikroskopie •Endoskopie •Biochips für diagnostisches Screening •Imaging/spektroskopische Systeme einschl. Endoskope zur Diagnose •Therapie-Monitoring und Therapie •Forschung zu Zellprozessen 	<ul style="list-style-type: none"> •Energieeffizienz •Rohstoff- / Materialeffizienz •Energieerzeugung/ -speicherung •Entsorgung / Recycling •Wasserwirtschaft •Verkehr/Logistik •Umweltdiagnostik 	<ul style="list-style-type: none"> •IPTV •Multimedia-Anwendungen •Kommunikations-equipment 	<ul style="list-style-type: none"> •Materialtechnik •Steuer-/ Regelungslösungen 	<ul style="list-style-type: none"> •Lebensmitteltechnik •Identifikations-/ Erkennungslösungen •Sensoren

Abbildung 3: Trendinduzierte technologische Nachfragefelder^{16,17}.

Im Folgenden werden die globalen Trends/Megatrends der Bedarfswelder LifeScience, Umwelt / Energie und Klima, Informations- und Kommunikationstechnologie, Produktion und Sicherheit vorgestellt, da sie einen signifikanten Einfluss auf das Wachstumsfeld Optik haben. Darüber hinaus wird die jeweilige Rolle der Optik im Kontext sowie mögliche Cross-Innovation-Bereiche aufgezeigt, die zukünftiges Potential bieten oder ermöglichen.

¹⁶ Roland Berger, Strategy Consultants: „Trendatlas 2020 Thüringen“

¹⁷ Photonics21 – Second Strategic Research Agenda In Photonics – Lighting the way ahead (2010)

2.2.1 Relevante Trends im Bedarfsfeld LifeScience

Die allgemeinen Ziele im Bedarfsfeld LifeScience lassen sich wie folgt formulieren: **Leben retten, Gesundheit erhalten, Lebensqualität verbessern**¹⁸. Technische Fortschritte ermöglichen eine ständige Verbesserung der medizinischen Versorgung und bringen neue Behandlungsansätze in greifbare Nähe. Im Bereich Life Science findet ein *Paradigmenwechsel statt, der von der bisherigen Behandlung von Symptomen hin zur zukünftigen Prävention von Krankheiten führt*¹⁸. Dabei steht die Vermeidung einer Krankheit oder die Vermeidung ihres Ausbruchs im Vordergrund¹⁸. Hierfür ist der Ausbau und die Verbesserung von Verfahren notwendig¹⁸. Neue optische Mikroskopie- und Endoskopieverfahren zur frühzeitigen Diagnose und zur minimalinvasiven Behandlung (z.B. auch durch den Einsatz von Lasern) bieten die Möglichkeit, die Kosten für die symptomatische Behandlung fortgeschrittener Krankheitsbilder zu reduzieren¹⁸. Das Einsparpotential ist enorm und lässt sich auf 25 Prozent der globalen Kosten für Gesundheitsvorsorge veranschlagen¹⁸.

Rolle der Optik:

Zahlreiche technologische Entwicklung in den Bereichen bildgebende diagnostische Verfahren, Therapie und Medizinprodukte sowie analytische Verfahren liefern Beiträge zum Erreichen der Ziele vor dem Hintergrund des o.g. Trends.

Allein im Bereich **bildgebender diagnostischer Verfahren** hält die Optik mit hyperspektraler Bildgebung, photoakustischen Verfahren, optischer Kohärenztomographie, 2-Photonen-Spektroskopie/-Mikroskopie, Fluoreszenzmikroskopie, Ramanspektroskopie und vielen weiteren Entwicklungen exzellente Verfahren vor, die applikative Neu- und Weiterentwicklungen für die medizinische Diagnostik und Therapie versprechen¹⁹. Zusätzliche erhebliche Erfolgchancen werden in den Bereichen 3D-Mikroskopie, Marker bzw. Labels, effiziente neue Lichtquellen, Bildsensoren und optische Systeme (Agenda Photonik 2020) gesehen¹⁸.

Im Bereich **Therapie und Medizinprodukte** stellt die *Verschmelzung von Diagnose und Therapie* den nächsten konsequenten Schritt für die Nutzung optischer Techniken in der Medizin

¹⁸ Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

¹⁹ Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

dar. Neue OP Techniken, Visualisierungsmöglichkeiten bis zur optischen Biopsie versprechen die Minimierung von Risiken und Nebenwirkungen und der Invasivität (weniger Eingriffe, Gewebeschonung, kürzere OP-Zeiten)¹⁸. Die guten Kombinationsmöglichkeiten mit Erfahrungen und Neuentwicklungen aus der *Endoskopie und minimalinvasiven Chirurgie* lassen eine breite Akzeptanz und ein großes wirtschaftliches Potential erwarten¹⁸. Neue photonische Therapieansätze werden durch verstärkte Grundlagenforschung im Bereich der Wechselwirkung von Licht und Gewebe erwartet. Multimodale optische Therapien (photochemisch, photothermisch, abtragend, perforierend) wie auch Multiskalen-Techniken stehen hier im Fokus¹⁹.

Der Demografische Wandel, steigende Anforderungen an die Qualitätssicherung im Nahrungs- und Genussmittelsektor und steigende Anforderungen an den Umweltschutz vor dem Hintergrund der zunehmenden Industrialisierung erhöhen den Bedarf an **analytischen Verfahren**¹⁹. Im Fokus stehen Prozess- und Vor-Ort-Analytik, die die Erhöhung von Produktivität und Ausbeute, die Minimierung des Energie- und Ressourceneinsatzes und die Minimierung von Sicherheitszuschlägen im Produktionsbetrieb zum Ziel haben²⁰. Über diese Anwendungen hinaus sind im Gesundheitssektor Anwendungen in der Laboranalytik, sowie der so genannten POC-Analytik (Point of Care Analytik) für Vorortuntersuchungen, Vorsorgeuntersuchungen, zur Therapiekontrolle und zur Nachsorge primäre Einsatzgebiete mit hohen Anforderungen an die Miniaturisierung für den mobilen Einsatz.

Relevante Cross-Innovations-Felder

- Halbleitertechnik und Elektronik
 - o Miniaturisierung integrierter Optik für
 - Endoskopische Verfahren
 - Sensorik
 - Bildgebung
 - Effiziente neue Lichtquellen
- Medizin
 - o Verständnis der Wechselwirkung von Strahlung mit Gewebe
- Biologie

²⁰ Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

- Markersuche und Labelentwicklung
- Untersuchung relevanter Zellprozesse
- Chemie
 - Markersuche und Labelentwicklung

2.2.2 Relevante Trends im Bedarfsfeld Umwelt / Energie und Klima

Aus der begrenzten Verfügbarkeit derzeit genutzter Energieträger, Rohstoffe und Materialien, der Tatsache, dass erneuerbare Energien noch keine vollständige Energieversorgung leisten können und den sich unter anderem daraus ergebenden steigenden Energiepreisen können die aktuellen Trends und Ziele im Bedarfsfeld Umwelt / Energie und Klima abgeleitet werden²⁰:

- Steigerung der Energieeffizienz /generelle Energieeinsparung
- Ermöglichung einer nachhaltigen Energieerzeugung
- Steigerung der Material und Rohstoffeffizienz
- Einführung von Rohstoffkreisläufen durch Recycling
- Umweltüberwachung (Messung von Kontaminationen, Emissionen,... s.2.2.1)

Rolle der Optik

Bzgl. der o.g. Trends und Ziele spielt die Optik eine tragende Rolle für die Umsetzung und das Erreichen.

Mit großen Fortschritten im Bereich neuer Lichtquellen (LED, OLED, ...) sind derzeitige Beleuchtungslösungen bereits jetzt 10-mal effizienter als konventionelle Glühlampen²¹. Vor der Tatsache, dass bis zu etwa 20 Prozent der elektrischen Energie für Beleuchtung aufgewendet werden, ergibt sich ein großes Einsparpotential²⁰. Über die **Effizienz** hinaus ermöglichen die neuen Technologien vielfältigere Designlösungen, adaptive und individuelle Möglichkeiten²⁰.

Durch die Photovoltaik und Solarthermie geht die Optik die große Herausforderung des Klimawandels und der Ressourcenknappheit an und bietet eine Option zur **nachhaltigen Energieerzeugung**; bis zum Jahr 2030 könnten rund 20% des deutschen Strombedarfs durch Solar-

²¹ Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

strom erzeugt werden²⁰. Unter der Voraussetzung, dass eine nachhaltige Möglichkeit der Energiespeicherung entwickelt wird, könnten noch größere Energiemengen sinnvoll werden.

Die bereits im Bedarfsfeld LifeScience behandelten Entwicklungen im Bereich **analytischer Verfahren** können auch Anwendung bei der Entwicklung von Sensoren zur automatisierten Sortierung von Stoffen und der Einführung von Rohstoffkreisläufen durch Recycling Anwendung finden.

Relevante Cross-Innovations-Felder

- Halbleitertechnik und Elektronik
 - Prozessentwicklung und Effizienzsteigerungen in der Photovoltaik
 - Prozessentwicklung und Effizienzsteigerung für die LED-Technologie
 - Entwicklung smarter Beleuchtungssysteme durch Lichtkontrolle, kontextbezogene Beleuchtung, zusätzliche Funktionalitäten im Bereich adaptive Beleuchtung und Lichtqualität für menschliches Wohlbefinden und Anwendungen in der Landwirtschaft
 - Entwicklung von Strahlungsquellen und Detektoren im immer wichtiger werdenden Spektralbereich des EIR (Extended IR, 1-1000 µm)

- Chemie
 - Markersuche und Labelentwicklung
 - Weiterentwicklung und Herstellung von Leuchtstoffen

2.2.3 Relevante Trends im Bedarfsfeld Informations- und Kommunikationstechnologie

Die Globalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft hat eine zunehmende Verflechtung von Systemen und Prozessen zur Folge, die über die Informationstechnologie gesteuert werden müssen. Hierfür ist die zeit- und ortsabhängige Verarbeitung sowie Verfügbarkeit von komplexen Informationen notwendig²².

²² Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

- Applikationen, Informationen, Daten und Rechenkapazität werden in eine verteilte „Datencenter-Cloud“ ausgelagert
- Breitbandige Datenübertragung (Internet sowie Inter/Intra-Chip-Kommunikation) ermöglicht den Zugang zu Applikationen, Informationen, Daten und Rechenkapazität.

Rolle der Optik

Spätestens mit der Verbreitung optischer Datenspeicher hatte die Optik das Bedarfsfeld Informations- und Kommunikationstechnologie für sich als Zulieferer erschlossen. Die großflächige Verbreitung von datenreichen Multimediadaten wurde so zunächst nach der Vorstellung der CD-ROM im Jahr 1979 möglich. Mittlerweile können große Datenmengen (damit auch Multimediadaten) mit hoher Bandbreite über große Strecken durch das Internet verbreitet werden. Die Optik liefert auch für dieses Kommunikationsmedium Laserquellen und Technologien. Das rasche Wachstum im Kommunikationsbereich wird deutlich wenn man den Ausbau des Datennetzes betrachtet: Weltweit werden jede Sekunde etwa 1000 Meter optische Faser zur Kommunikation installiert. Würde man eine Geschwindigkeit hierfür angeben, entspräche sie etwa der dreifachen Schallgeschwindigkeit^{23,24}.

Quelle und Senke der transportierten Informationen sind oftmals Bildsensoren und bilddarstellende Geräte für welche optische Komponenten benötigt werden²³. Für ihre Weiterentwicklung sowie für neue Konzepte, Geräte und Umsetzung im gesamten Bedarfsfeld ist die Konvergenz von Elektronik und Optik in integrierten Bauteilen der konsequente nächste Schritt. Er verspricht neue Lösungen für höchste Leistungen und bietet der Optik die Chance, die Elektronik auch im Bereich der Inter- und Intra-Chip-Kommunikation abzulösen.

Relevante Cross-Innovations-Felder

- Halbleitertechnik / Optoelektronik
 - o Lichtquellen/Detektoren für die Intra- /Inter-Chip-Kommunikation
 - o Integration optischer und elektronischer Bauteile
- Chemie

²³ Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

²⁴ Harnessing Light – Studie des US-Amerikanischen “Committee on Optical Science and Engineering”

- Entwicklung neuer Gläser und neuer Verfahren der Glasherstellung für Glasfasern

2.2.4 Relevante Trends im Bedarfsfeld Produktion

Die Flexibilisierung und Automatisierung von Verfahren und Prozessen verbessert die Wettbewerbsfähigkeit sowie die Ressourceneffizienz in der Produktion. Stark variierende Stückzahlen werden in Zukunft flexible Fertigungsmöglichkeiten erfordern. Durch das Werkzeug „Licht“ werden nicht nur diese Ziele ermöglicht; darüber hinaus werden Qualitätssteigerungen, Fortschritte in der Miniaturisierung und vollkommen neue Bearbeitungsprozesse ermöglicht. Im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung wird in diesem Zusammenhang der Begriff „Industrie 4.0“ geprägt, mit dem die Flexibilisierung der Produktion vorangetrieben werden soll.

Rolle der Optik:

Der Einsatz von „Licht als Werkzeug“ findet bereits viele Beispiele in der Produktion:

Die optische Lithographie stellt ein wichtiges Werkzeug der Halbleiterindustrie dar. Mit Weiterentwicklungen in den EUV (Extremer Ultravioletter) Spektralbereich können noch höhere räumliche Auflösungen zur Herstellung von Prozessoren, und Speichern erreicht werden.

Zusätzlich werden zunehmend neue Lösungen zur Materialbearbeitung sowie zur Überwachung von Produktionsprozessen entwickelt²⁵:

- Lithographie stellt wichtiges Werkzeug der Halbleiterindustrie dar
Mehr als zwei Drittel aller Lithographiesysteme kommen aus Europa.
- Lasermaterialbearbeitungssysteme
(Jedes vierte Lasersystem weltweit ist „Made in Germany“)
 - Schweißen/Löten/Schneiden
 - Sintern
 - Härten
 - Laserdotieren

²⁵ Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

- *Sensor-Anwendungen in der Produktion:*
 - Echtzeitüberwachung des Produktionsprozesses
 - Vermessung, Untersuchung und Ausrichtung von Materialien
 - 3D – Vermessung und Visualisierung in Produktionsprozessen

Im Fokus der Entwicklung stehen Lasersysteme, die die zentrale Voraussetzung zur Einführung der nächsten Generation optischer Fertigungsverfahren darstellen. Darüber hinaus sind jedoch auch Entwicklungen im Bereich der nachfolgenden Systemkomponenten für Strahlformung und Strahlführung nötig.

➔ Optik trägt Schlüsselrolle im Bedarfsfeld Produktion. Durch den Einsatz von Lasern und Sensoren findet sie Anwendung als Werkzeug und Überwachungshilfe zugleich.

Relevante Cross-Innovation Felder:

- Halbleitertechnik und Elektronik
 - Geräte- und Prozessentwicklung für die nächste Generation verkleinerter Strukturen (EUV-Lithografie und 450 mm Wafer)
 - Geräte- und Prozessentwicklung für die „More than Moore“ Anwendungen
 - Miniaturisierung integrierter Optik für
 - Endoskopische Verfahren
 - Sensorik
 - Bildgebung
 - Effiziente neue Lichtquellen

2.2.5 Relevante Trends im Bedarfsfeld Sicherheit

Die zunehmende Verschärfung der Sicherheitslage hat erhöhte Sicherheitsanforderungen zur Folge. Der resultierende Trend ist nicht auf die Identifikation von Personen und Objekten in Sicherheitsbereichen wie z.B. Flughäfen begrenzt. Auch im Bereich der Lebensmittelsicherheit sind nicht nur aufgrund komplexer Zulieferketten häufigere und detailliertere Überprüfungen auf Kontaminationen notwendig. Im Bereich der Wetter und Umweltbeobachtungen entstehen Möglichkeiten Schadstoffe und Verunreinigungen zu erfassen und zu verfolgen.

Rolle der Optik

Vom einfachen Laser-Thermometer für die Überwachung der Kühlketten im Bereich der Lebensmittelsicherheit bis hin zum hochauflösenden Spektrometer zur chemischen Analyse liefert die Optik bedarfsgerechte Lösungen für die Detektion von Gefahrstoffen und Verunreinigungen. Viele der Technologien arbeiten zerstörungsfrei und nutzen dafür Frequenzen bis in den THz Bereich. Zur Identifikation und Erkennung von Personen werden leistungsfähige Bildverarbeitungssysteme benötigt; höchste Anforderungen an Materialsysteme und Qualität stellen Optiken für die Überwachung von Umwelt und Wetter durch Satelliten.

Relevante Cross-Innovation Felder:

- Halbleitertechnik und Elektronik
 - o Miniaturisierung integrierter Optik für
 - Sensorik
 - Bildgebung
 - Effiziente neue Lichtquellen
- Materialentwicklung
 - o Hochleitungsoptiken

2.2.6 Weitere externe Einflüsse auf die Optik

Unabhängig von den nachfragewirksamen Trends innerhalb der Bedarfswelder existieren weitere externe Einflüsse, welche das Potential der Querschnittstechnologie Optik beeinflussen:

- **Europäisches Umweltrecht:**

Die europäische Gesetzgebung im Chemikalien und Umweltrecht (u.a. die RoHS-Richtlinie (Restriction of the use of certain Hazardous Substances) und die REACH-Verordnung (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals)) resultiert in einem erhöhten Aufwand für Unternehmen bzgl. Dokumentations- und Informationspflichten über die in Erzeugnissen enthaltenen Stoffe. Betroffen davon sind der Einsatz des Halbleiterwerkstoffes Galliumarsenid in optoelektronischen Anwendungen, darüber hinaus jedoch auch optische Gläser, die Schwermetalle beinhalten können. Eine mögliche Folge der Gesetzgebung sind Einschränkungen in Innovationsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Photonik Industrie²⁶.

- **Fachkräftemangel:**

Die oftmals mittelständischen Hersteller innerhalb der Photonik-Industrien konkurrieren in der Rekrutierung von Spitzenkräften mit Großkonzernen anderer Branchen. Aufgrund der demographischen Entwicklung sowie der erhöhten Nachfrage nach Fachkräften wird von einer Unterversorgung mit Fachkräften ausgegangen.

- **Miniaturisierung:**

Die Miniaturisierung kann als ein globaler technologischer Trend angesehen werden. In nahezu allen Produktbereichen findet er Einzug, da er neben Materialeffizienz und Energieeffizienz häufig auch Gebrauchswerteigenschaften wie Flexibilität und Mobilität mit sich bringt. Mit der Lithographie sowie mit der gesamten Optoelektronik liefert die Optik zentrale Bausteine für die Umsetzung dieses Trends und erschließt damit große Märkte. In vielen Fällen benötigt eine Miniaturisierung jedoch eine aufwendige und speziell angepasste Lösung für jedes spezifische Problem. Fertige „Baukasten-Lösungen“ zur Miniaturisierung existieren derzeit noch nicht und stellen ein Forschungsgebiet dar.

2.3 Forschung und Entwicklung in der Optik

Neue Konzepte aus der Forschung können unabhängig von externen Einflüssen, Trends und Herausforderungen entstehen. Die Grundlagenforschung im Bereich Optik birgt das Potential neue Felder zu erzeugen die u.U. in der Zukunft nachfragewirksam werden:

²⁶ Spectaris-Spotlight: Die deutsche Photonik-Industrie 2012 – Daten und Fakten einer Schlüsseltechnologie

- **Quantenoptik**

„Die Vision eines Quantencomputers markiert derzeit weltweit in der Informationstechnologie die größte Herausforderung...“ (Agenda Photonik 2020)²⁷. Die Nutzung dieser Technologie steht noch in weiter Ferne, die skizzierten Möglichkeiten bzw. Anwendungspotentiale sind jedoch enorm. Ultrapräzise Sensorik, sichere Kommunikation durch Quantenkryptographie, Entschlüsselung verschlüsselter Daten und Quantensimulationen sind nur wenige Beispiele zukünftiger großer Marktchancen. Für die Realisierung müssen jedoch noch Jahrzehnte exzellenter Grundlagenforschung investiert werden.

- **Neue funktionale Materialien in der Optik**

Eine weitere Revolution der Optik kann von neuen funktionalen Materialien ausgehen. Durch die gezielte Herstellung künstlicher Materialstrukturen können die optischen Eigenschaften des Materials gezielt auf spezielle Anforderungen ausgerichtet werden. Beispiele für derartige Strukturen sind Photonische Kristalle, Metamaterialien, Hybride Strukturen und aktive photonische Materialien. Bereits jetzt sind Anwendungen in den Bereichen Gesundheit, Information und Kommunikation, Grüne Energie, Sicherheit und in der Optischen Mess- und Fertigungstechnik skizziert und sogar erschlossen.²⁸

- **Ultrakurzpulsoptik**

Mit Hilfe ultrakurzer Laserpulse ergibt sich die Möglichkeit Interaktionen von Licht mit Materie auf der Zeitskala von Femtosekunden bis hinunter in den Bereich von Attosekunden zu realisieren. Zum einen kann man extreme Energiedichten ($> 10^{13}$ W/cm²) in Materialien erzeugen um nichtlineare Prozesse erforschen und zu nutzen. Darüber hinaus wird die Untersuchung beispielsweise chemischer wie elektronischer Prozesse mit der Zeitauflösung in der Größenordnung der Pulslänge möglich. Darüber

²⁷ Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

²⁸ Agenda Photonik 2020 – Herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung, vertreten durch Sprecher aus Industrie und Forschung, 2010.

hinaus sind vielzählige Anwendungen dieser Technologie in der Materialbearbeitung zu erwarten. Durch die direkte Anregung bis hin zur Ionisation von Atomen innerhalb eines Pulses können parasitäre thermische Effekte minimiert werden; es ergeben sich neue Perspektiven in der Materialbearbeitung.²⁹

²⁹ Southern Arizona (USA), Optics Valley France (Frankreich), Hamamatsu Optronics Cluster (Japan)

3 Kompetenz/Standortprofil: Position, Vision und Ziele Thüringens

Die Struktur der Unternehmens- und Institutslandschaft in der Optikbranche in Thüringen hat sich in den letzten Jahren nicht wesentlich gewandelt. Im Vergleich mit anderen führenden Optikregionen der Welt³⁰ ebenso wie mit Regionen in Deutschland bestimmt Thüringen die hervorragende Stellung der Bundesrepublik mit³¹. Die Zahl der Beschäftigten pro Einwohner, der Umsatz pro Einwohner wie auch der Export pro Einwohner machen deutlich, dass die Optikbranche für Thüringen von wesentlich wichtigerer Bedeutung für die Leistungskraft der Wirtschaft ist als im branchenführenden Bundesland Baden-Württemberg und erst recht in Deutschland.³¹

Im Einzelnen sind Bewegungen in der firmeninternen Struktur, der Kooperation zwischen Firmen sowie der Kooperation von Wirtschaft und Wissenschaft zu erkennen, ebenso wie ein koordiniertes Vorgehen in der angewandten Forschung. Beispiele sind die erfolgreiche Umorganisation der Jenoptik; die Integration der OKM in die Mahr-Gruppe mit Übertragung der Verantwortung in Forschung und Entwicklung für die gesamte optische Messtechnik innerhalb der Gruppe; die Kooperation der Fresnel Optics mit einem Maschinenbauer aus Thüringen zur Eigenentwicklung einer neuen Fertigungslinie und der zugehörigen neuen Fertigungstechnologie, der Aufbau einer neuen gemeinsamen Arbeitsgruppe zur Entwicklung von optischen Spezialfasern durch IOF und IPHT mit Unterstützung durch die Industrie; die Einrichtung von Stiftungsprofessuren an der FSU, der TUI und der EAH; die gemeinsame Facharbeiterausbildung von Carl Zeiss, SCHOTT und Jenoptik am Standort Jena.

Damit folgen die Unternehmen und Institute bereits den im Roland-Berger-Trendatlas Thüringen beschriebenen Trends und Empfehlungen:

- Entwicklung von Komponentenlieferanten hin zu Systemherstellern mit Problemlösungskompetenz mit einem Großteil der Wertschöpfung in Spezialanwendungen, vor allem aber in der Systemintegration, wie zum Beispiel zu optoelektronischen Systemlösungen,
- Fokussierung auf die Zukunftstechnologien und -märkte (GreenTech-Bereich: beispielsweise Lichtlösungen für die energieeffiziente Beleuchtung, Insbesondere LED

³⁰ Southern Arizona (USA), Optics Valley France (Frankreich), Hamamatsu Optronics Cluster (Japan)

³¹ Quelle: Studie Green Photonics, LEG 2010

- und organische LED; Optische Systeme für die Energietechnik: umweltfreundliche Energieerzeugung und –speicherung; Optische Lösungen für Life Science, Umwelttechnologien und Umweltsensorik; Optische Lösungen zur ressourceneffizienten Produktion und mit dem "Werkzeugs Licht" zum Beispiel zur Herstellung mikroelektronischer und mikrooptischer Elemente (Lithografieausrüstungen) sowie als Lieferant komplexer miniaturisierter Optiken für Anwendungen in der Solartechnik, Automobilbeleuchtung, Displaytechnik, Medizintechnik und Sensorik;
- Wiederbeschleunigung des Wachstums durch Verbundprojekte auf Landes- und Bundesebene sowie Belebung der Gründungsdynamik und eine Verbesserung des Zugangs zu Kapital für eine breite und schnelle Umsetzung der Forschungsergebnisse in Produkte sowie die Sicherung des Fachkräftebedarfs.

3.1 Kompetenzträger

3.1.1 Ressourcenlage

Kompetenzträger der Thüringer Optikbranche

Aktuell zählen im Freistaat Thüringen rund 170 Unternehmen zur optischen Industrie. Darunter finden sich sowohl klassische Optikerhersteller als auch Unternehmen der Mess- und Sensortechnik, Firmen aus dem Bereich der Lasertechnik und Lasermaterialbearbeitung, Anbieter und Hersteller von optoelektronischen Bauelementen und Systemen, Produzenten von Beleuchtungstechnik sowie Unternehmen aus dem Bereich Medizintechnik und Lebenswissenschaften, deren Produkte auf photonischen Lösungen basieren. Zu den Kompetenzträgern der Optikbranche in Thüringen zählen darüber hinaus neun universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen.

Mehr als die Hälfte der Unternehmen sind in der Region in und um Jena angesiedelt. Auch in Bezug auf die Beschäftigtenzahl von mehr als 6.500 und den Umsatz stellt die Saalestadt damit das Zentrum der Branche dar.

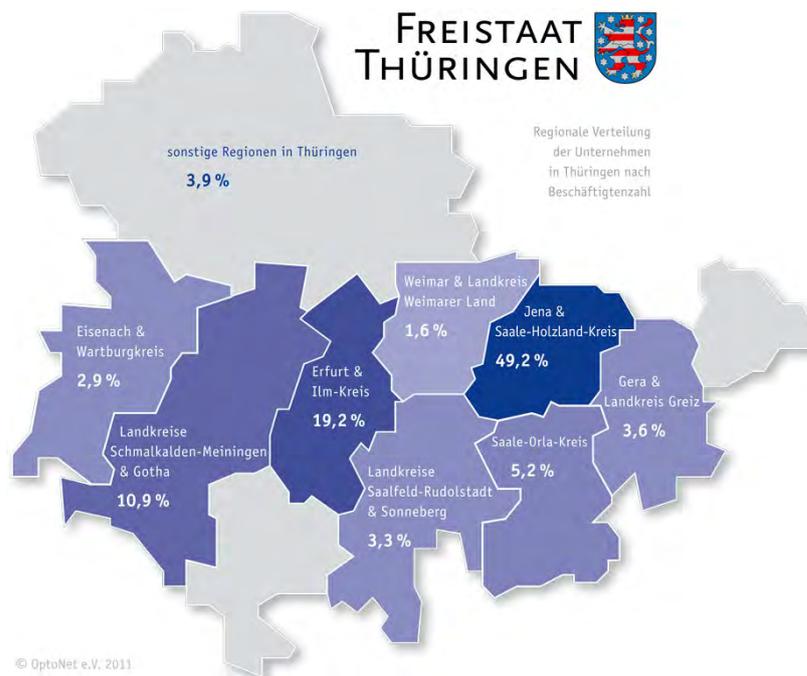


Abbildung 4: Regionale Verteilung der Unternehmen der optischen Industrie in Thüringen nach Beschäftigtenzahl. Quelle: OptoNet e.V. 2011

Unternehmensstruktur der Optikindustrie

Kleine und mittelständische Unternehmen sind charakteristisch für die Thüringer Optikbranche. Über die Hälfte der Beschäftigten arbeitet in Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern. Hier werden rund 60 % des Gesamtumsatzes erwirtschaftet. Ein Viertel der Betriebe kann der Kategorie 50 bis 249 Mitarbeiter zugeordnet werden. Etwas mehr als ein Drittel der Mitarbeiter der optischen Industrie sind hier beschäftigt. An Bedeutung gewinnt zunehmend die Gruppe der Unternehmen mit 10 bis 49 Mitarbeitern, wozu rund 44 % der Unternehmen mit 12 % der Beschäftigten gehören.

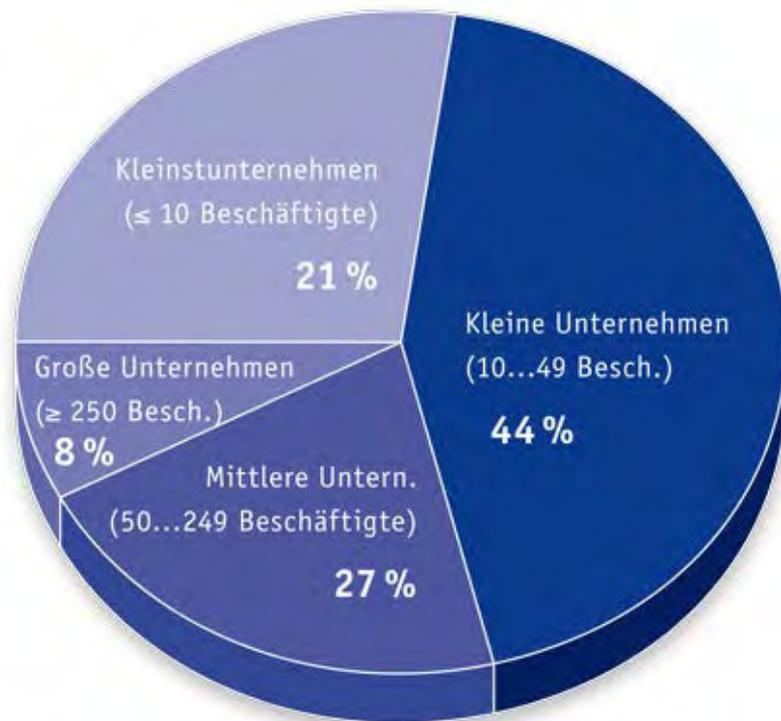


Abbildung 5: Verteilung der Unternehmensgröße (nach Mitarbeiterzahl) der optischen Industrie in Thüringen. Quelle: OptoNet e.V. 2011

Forschung und Entwicklung

Forschung und Entwicklung sind wichtige Erfolgsfaktoren der Thüringer Optikbranche. Mehr als die Hälfte der Unternehmen (60 %) misst Forschung und Entwicklung eine „sehr große“, fast 30 % eine „große“ Bedeutung bei. Dies spiegelt sich auch in dem von den Unternehmen im Bereich Forschung und Entwicklung (re-)investierten Anteil des jährlichen Gesamtumsatzes wider. Dieser Anteil lag im Jahr 2010 im Mittel bei 13 % und ist im Geschäftsjahr 2012 nur leicht auf ca. 10% gesunken. Damit liegen die Forschungsaufwendungen der optischen Industrie deutlich über denen anderer Bereiche im verarbeitenden Gewerbe. Ein Drittel der Unternehmen verfügt über eine eigene Abteilung für Forschung und Entwicklung, fast 40 % der Beschäftigten sind in den Prozess der Forschung und Entwicklung eingebunden.

Bemerkenswert dabei ist, dass die hohe Forschungsintensität und Kooperationsorientierung in Unternehmen aller Größenklassen festgestellt werden konnte. Damit hebt sich die optische Industrie Thüringens deutlich von der Mehrzahl der ostdeutschen Unternehmen ab, bei der eine kleine Unternehmensgröße häufig mit geringen Forschungsaktivitäten einhergeht. (Quelle: OptoNet e.V.: Branchenreport 2011: Die Optische Industrie in Thüringen)



Abbildung 6: Stellenwert von Forschung und Entwicklung in den Unternehmen der Thüringer Optikindustrie. Quelle: OptoNet e.V. 2011

Der hohe Stellenwert von Forschung und Entwicklung führt dazu, dass es knapp einem Viertel der Unternehmen nach eigenen Angaben gelingt, mit ihrem Hauptprodukt die Technologieführerschaft zu behaupten. Weitere 57 % positionieren sich im Spitzenbereich, auch wenn sie Marktsegmente mit einigen Konkurrenten teilen müssen. 13 % der Unternehmen verweisen auf einen geringen Abstand zur Spitzenklasse bzw. sehen sich im mittleren Segment. (Quelle: OptoNet e.V.: Branchenreport 2011: Die Optische Industrie in Thüringen).

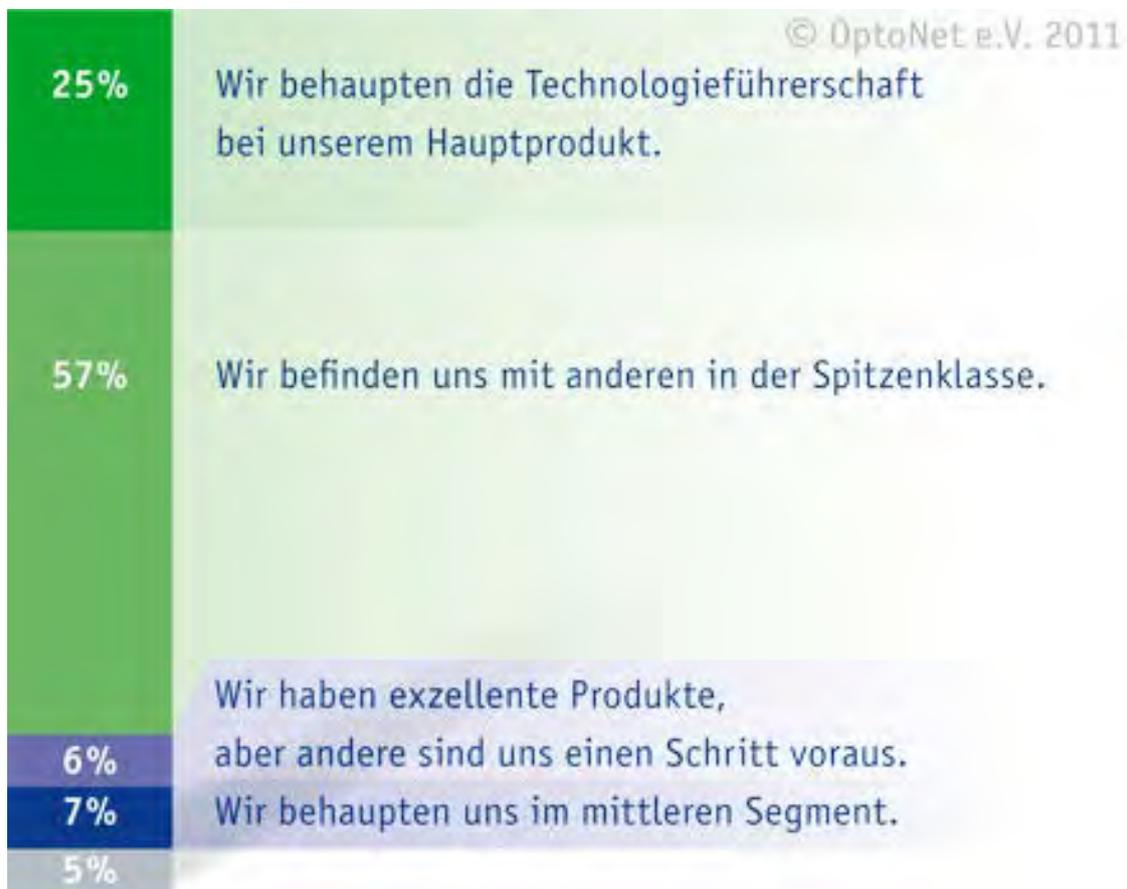


Abbildung 7: Einschätzung der Unternehmensstellung im jeweiligen Marktsegment. Quelle: OptoNet e.V. 2011

Beschäftigtenzahlen in Industrie und Forschung

Die optische Industrie in Thüringen beschäftigt gegenwärtig rund 13.400 Frauen und Männer. In den neun universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen arbeiten zusätzlich etwa 1.000 Mitarbeiter.

Die Qualifikationsstruktur in den Unternehmen der optischen Industrie ist vor allem durch Facharbeiter und Akademiker, darunter insbesondere Ingenieure, geprägt. Etwa 40 % der Beschäftigten verfügen über einen Hochschulabschluss, 46 % der Mitarbeiter können der Gruppe der Facharbeiter (inkl. Techniker und Meister) zugeordnet werden.

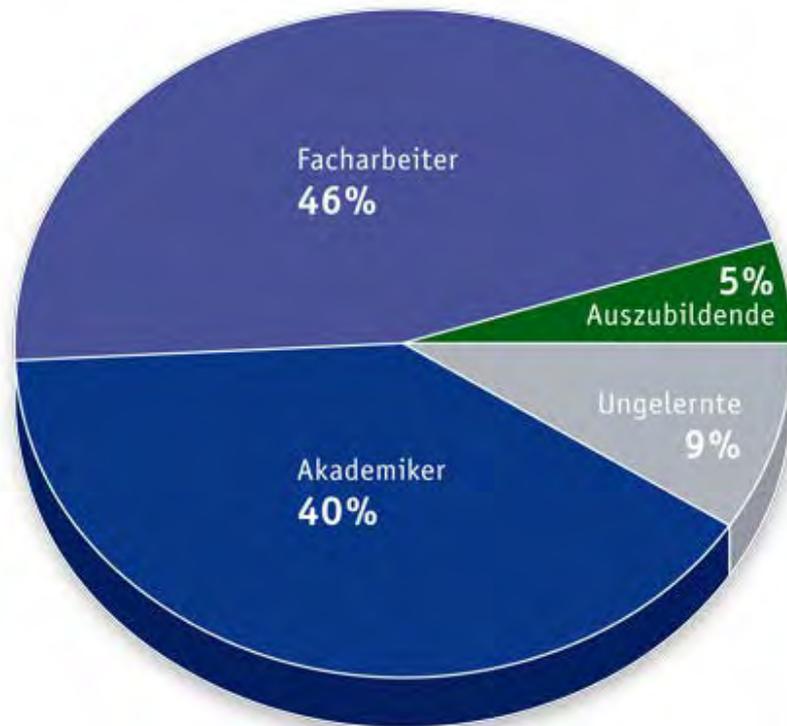


Abbildung 8: Beschäftigtenanteile in den Unternehmen der Thüringer Optikindustrie nach Qualifikationsgruppen. Quelle: OptoNet e.V. 2011

Die gute konjunkturelle Lage hat dazu geführt, dass vor allem die kleineren und mittleren Unternehmen in den vergangenen zwei Jahren ihr Personal gehalten oder aufgebaut haben. Die meisten Kompetenzträger rechnen auch in den kommenden Jahren mit einem Wachstum der Mitarbeiterzahl. Personalprognosen des Branchennetzwerks OptoNet e.V. gehen bis Ende 2015 von einem unmittelbaren Erweiterungsbedarf von ca. 600 Fachkräften pro Jahr aus. Gleichzeitig werden bis 2015 wenigstens 4–5 % der Beschäftigten in den Ruhestand treten, sodass nach derzeitigen Prognosen pro Jahr ca. 150 zusätzliche Mitarbeiter ersetzt werden müssen.

Die erwarteten Beschäftigungszahlen lassen auf eine gesunde, wachstumsorientierte Branche schließen. Gleichzeitig stellt sich jedoch die Frage, ob die neuen Stellen mit den in der Region

ausgebildeten Fachkräften besetzt werden können. Schon seit einigen Jahren berichten die Kompetenzträger von zunehmenden Problemen bei der Rekrutierung von geeignetem Personal.

Die Ausbildungsquote lag bei der letzten Mitgliederbefragung von OptoNet e.V. im Jahr 2011 bei ungefähr 4,5 %, ein leichter Anstieg im Vergleich zur vorherigen Befragung im Jahr 2009. Offensichtlich haben die Engpässe bei der Fachkräfterekrutierung sowie die Bemühungen verschiedener Initiativen die Notwendigkeit eigener Ausbildung in den Unternehmen deutlich gemacht und die Bereitschaft für eigenes Ausbildungsengagement erhöht. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in einer Ausweitung der Ausbildungsbeteiligung wider: Der Anteil der ausbildenden Unternehmen stieg von 43 % im Jahr 2006 auf 55 % im Jahr 2011.

Angesichts der Personalprognosen bis 2015 muss allerdings befürchtet werden, dass der benötigte Personalbedarf im Facharbeiterbereich bis 2015 nicht allein durch betriebliche Ausbildung in Thüringen gedeckt werden kann. Bis Ende 2015 ergibt sich ein voraussichtlicher Gesamtbedarf im Facharbeiterbereich von etwa 345 Mitarbeitern pro Jahr. Bei einer regulären Ausbildungszeit von drei Jahren ist pro Jahr mit etwa 200 neuen Fachkräften zu rechnen, sodass der Gesamtbedarf bis Ende 2015 nur zu etwa 58 % gedeckt werden kann. Insgesamt können aus heutiger Sicht also ca. 145 Stellen pro Jahr nicht durch eigene Ausbildung besetzt werden.

Im Akademikerbereich ist die Prognose der Bedarfsdeckung weitaus schwieriger, da auf der Angebotsseite lediglich von den Studierendenzahlen der optikrelevanten Studiengänge auf die Nachwuchsentwicklung geschlossen werden kann. Nach den letzten Prognosen von OptoNet e.V. im Jahr 2011 summiert sich der Erweiterungs- und Ersatzbedarf im Ingenieurbereich bis 2015 auf jährlich etwa 300 Ingenieure der relevanten Fachrichtungen.

An den großen Thüringer Hochschuleinrichtungen, der Fachhochschule Jena, der Friedrich-Schiller-Universität Jena sowie der Technischen Universität Ilmenau ist bis Ende 2015 mit dem jährlichen Abgang von etwa 300 bis 350 Absolventen in den entsprechenden Bereichen zu rechnen. Dabei wirkt es sich positiv aus, dass die Studiengänge im ingenieurtechnischen Bereich innerhalb der letzten zehn Jahre kontinuierlich an Zulauf gewonnen haben.

Daraus ergibt sich im Akademikerbereich rein rechnerisch eine leichte Überdeckung. Erfahrungsgemäß kann jedoch bei weitem nicht von den Abgängerzahlen auf das tatsächliche

Fachkräfteangebot geschlossen werden, obwohl Studierendenbefragungen zeigen, dass die Bereitschaft, den Berufseinstieg in der Thüringer Optikindustrie zu wählen, in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat – von 50 % im Jahr 2003 auf 60 % im Jahr 2008. Hieraus kann ein jährliches Potenzial von ca. 210 Ingenieuren abgeleitet werden. Dieser Anteil würde jedoch nicht ausreichen, die ambitionierten Fachkräfteziele der Branche auch nur annähernd zu decken.

Die Fachkräftegewinnung wird daher zur größten Herausforderung der Branche in den nächsten Jahren werden. Erfolg und Wachstum der Hightech-Industrie werden davon abhängen, ob es den Thüringer Unternehmen gelingt, akademischen Nachwuchs in der Region zu halten und die Standortattraktivität so zu erhöhen, dass auch Fachkräfte aus anderen Regionen und dem Ausland verstärkt nach Thüringen kommen.

Clustermanagement

Durch die zunehmende Bedeutung der Verflechtung der Technologien bzw. der engeren Verzahnung der einzelnen Bereiche wurde das ThCM (Thüringer Clustermanagement) für wachstumsfeldübergreifende Aufgaben eingerichtet. Somit steht eine Stelle für wachstumsfeldübergreifenden Maßnahmen (z.B. Automotive meets materials and photonic als Cross-Over-Veranstaltung) zur Verfügung.

3.1.2 Kernaktivitäten in den Innovationsfeldern

Ressourceneffiziente Produktion

Im Innovationsfeld ressourceneffiziente Produktion konnten in Thüringen folgende Kernaktivitäten und tragende Kompetenzträger identifiziert werden:

- Entwicklung und Produktion von Lasern (Diodenlaser, Faserlaser, Scheibenlaser) und Lasersystemen für die Lasermaterialbearbeitung, Lichtquellen in industrieller und medizinischer Messtechnik, Belichtungstechnik und Sicherheitstechnik.

Firmen: Jenoptik, LASOS GmbH, nanoplus Nanosystems and Technologies GmbH, Lastronics GmbH

Institute: FSU (IAP), IOF, IPHT

- Anwendungen im Bereich komplexer Bauelemente und Module für Beleuchtung, Solartechnik, Freiformoptik, Subsysteme für industrielle und medizintechnische Messtechnik, Lithografie-Baugruppen, Kamerasysteme, Beschichtungen und Weltraumanwendungen, optische Informationsübertragung

Firmen: ADVA Optical Networking SE, AIFOTEC, asphericon, Allied Vision Technologies, Optics Balzers, Carl Zeiss, Docter Optics, Fresnel Optics, Fibotec GmbH, GRINTECH, Hellma, Jenoptik, LAYERTEC, LEONI, MAZeT, piezosystem jena, POG Präzisionsoptik Gera, LIS GmbH&Co KG, Lumundus, Truck Light, GlobalLightZ, Leuchtstoffwerk Breitung, Optikron;

Institute: FSU (IAP, IAO), TUI, IOF, CiS

- Entwicklung und Produktion von hochintegrierten Systemen für Lithografie-Anlagen, Laserbearbeitungsmaschinen, Systemen zur Optikfertigung, optische Messsysteme für Industrieinsatz, Sicherheitstechnik, Verkehrsüberwachung und Weltraumanwendungen.

Firmen: Carl Zeiss, Optotech Optikmaschinen, GÖPEL electronic, Jena-Optronik, Jenoptik, LPKF, Mahr, SIOS Meßtechnik, Sypro Optics, Vision & Control, Vistec Electron Beam, Techno Team Bildverarbeitung, PWB Encoders, Cross Match Technologies GmbH

Institute: IOF, FSU (IAP), TUI, LIS

- Entwicklung und Produktion von (Spezial-)Materialien (optische Gläser, Kristalle (CaF₂), Polymere, Piezokeramiken), optische Fasern

Firmen: Docter Optics (Glasschmelze), Hellma Materials (CaF₂), j-fiber GmbH, Photonic Sense (Ge), Vitron (Gläser), PI Ceramic;

Institute: FSU (Chem. Fak.), IOF, IPHT

Biophotonik

Auf dem Gebiet der Biophotonik gibt es in Thüringen sowohl im Bereich der Industrie als auch der Forschung erhebliche Kapazitäten sowie deutliches Entwicklungspotenzial. Starke Synergien zwischen den Potentialfeldern Lebenswissenschaften/Medizintechnik und Optik können beobachtet werden. Dieses Feld bietet somit eine Wachstumschance im Schnittpunkt zweier starker Branchen in Thüringen.

Um den Stellenwert unter anderem der Biophotonik für die Thüringer Industrie zu eruieren, wurden 259 Medizinprodukthersteller, Zulieferer und Forschungseinrichtungen mit einem Fragebogen befragt. Die folgenden Aussagen basieren auf den Rückmeldungen von 72 Befragten (62 Finalproduzenten, 10 Fo-Einrichtungen), sowie die Erfassung durch vertiefende telefonische Interviews (insgesamt 9, davon 3 Forschungseinrichtungen) detailliert. Die Aussagen der Hersteller sowie der Forschungseinrichtungen konnten in die Analyse eingebunden werden.³²

Konkret betrifft das:

- Lösungen durch **fluoreszenzbasierte Sonden / Biomarker:**

In diesem Feld ist ein permanenter Transfer von molekularen Targets aus den lebenswissenschaftlich orientierten Forschungseinrichtungen hinein in Anwendungen Thüringer Firmen wie der Human- und Veterinärmedizin oder Lebensmittelsicherheit zu beobachten.

Firmen: Carl Zeiss Meditec AG, DYOMICS GmbH, Jena Bioscience GmbH

Institute: Institut für Photonische Technologien, Leibniz-Instituts für Altersforschung, Fritz-Lipmann-Institut e.V., Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie e.V. Hans-Knöll-Institut

³² Die Befragung der Akteure im Innovationsfeld Biophotonik wurde eingebunden in die Potential-Studie des Wachstumfeldes „Lifescience“ durchgeführt. Daher differieren die Angaben zu Anzahl der Befragten und Rückläufen in diesem Innovationsfeld zu den anderen Innovationsfeldern der Potentialstudie.

- **Bildgebende Verfahren:**

Ausgehend von einer jahrhundertealten Tradition der Mikroskopie gibt es in Thüringen global agierende Großunternehmen mit eigenen Forschungsabteilungen, die biophotonische Lösungen insbesondere Lasertechniken für bildgebende Verfahren wie Ophthalmologie oder intraoperative Diagnostik, oder High-end Mikroskopie anbieten und entwickeln. Als ein Applikationsfeld ist die multidimensionale Bildgebung, insbesondere die Kopplung bildgebender Verfahren mit spektroskopischen Methoden, für die sich in den letzten Jahren die Applikationsfelder explosionsartig erweitert haben, zu nennen.

Firmen: Carl Zeiss AG, Carl Zeiss Meditec AG, IMEDOS Systems UG, Cross Match Technologies GmbH, JenLab GmbH, arthrospec GmbH

Institute: Friedrich Schiller Universität, TU Ilmenau, Universitätsklinikum Jena, Institut für Photonische Technologien, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik

- Optisch basierte **Identifikation verschiedenster Krankheitsbilder** sowie innovative Ansätze zur **personalisierten Medizin:**

Ausgehend von der Kombination moderner optischer Methoden mit neuen klinischen Erkenntnissen werden in Verbänden Thüringer Medizintechnikhersteller und Forschungseinrichtungen die Grundlagen zur Identifikation von sozioökonomisch bedeutsamen Krankheitsbildern wie z.B. Alzheimer, Makuladegeneration oder Sepsis gelegt.

Firmen: Carl Zeiss Meditec AG, Alere Technologies GmbH, Senova — Gesellschaft für Biowissenschaft und Technik mbH

Institute: Universitätsklinikum Jena, IPHT, Institut für phys. Chemie (FSU), HKI

- **Entwicklung neuer Wirkstoffe:**

Die Entwicklung und die Zulassung neuer medizinischer Wirkstoffe stellen nicht nur einen hohen Anspruch an die Wirksubstanz aber auch an die Finanzkraft des Vermarkters dar. Da in Thüringen keine großen Pharmafirmen mit auf die Wirkstoffforschung ausgerichteten Forschungsabteilungen angesiedelt sind, sollte man keine Vielzahl an neuen medizini-

schen Wirkstoffen (new chemical entity oder new biological) aus Thüringen erwarten. Gleichwohl hat die Kombination aus medizinischen und optischen know how also Biophotonik in Form der photodynamischen Therapie die Entwicklung und Vermarktung aus Thüringen heraus ermöglicht. Auch hier zeigte sich dass ein konsequentes und zielstrebiges Finanzkonzept (Börsengang) neben der wissenschaftlich-technologischen Leistung erforderlich war, um die Innovation bis zum Markt zu bringen.

Firmen: biolitec AG

Institute: Universitätsklinikum Jena, Friedrich Schiller Universität, HKI

- **Laserapplikationen:**

Der ausgeprägten Laserhersteller- und –anwenderbranche in Thüringen bieten sich mit Lifescience-Applikationen sowohl im diagnostischen als auch im therapeutischen Kontext hohe Markt- und Zukunftschancen - sowohl als Finalproduzenten als auch als Zulieferer.

Firmen: biolitec AG, Jenoptik AG, Carl Zeiss Meditec AG, Asclepion Laser Technologies GmbH

Institute: Institut für Photonische Technologien (IPHT), Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF), Institut für phys. Chemie (FSU)

Für die Biophotonik ist zu beobachten dass nur wenige (große) Firmen die finanziellen Ressourcen haben, um die Innovationen entlang der Zulassungshürden und Markteintrittsbarrieren final zu vermarkten. Konzepte für die bessere Finanzierung von KMU in diesen nach der Forschungs- und Entwicklungsphase gelegenen Entwicklungs- bzw. Markteintrittsphasen könnten das Potential dieser Biophotonik-Anwendungen für Thüringen besser ausschöpfen helfen. Hierbei ist generell eine ähnliche Tendenz wie im Potentialfeld Lebenswissenschaften/Medizintechnik zu beobachten.

- **Point-of-Care Systeme:**

Firmen: Analytik Jena AG, ALERE AG, Mikrofluidik Chipshop GmbH

Institute: Institut für Photonische Technologien (IPHT)

Umwelt, Energie und Klima

Auf dem Gebiet der Umwelttechnologien, Energietechnologien und des Klimaschutzes gibt es in Thüringen in Industrie und Forschung bereits erhebliche Kapazitäten sowie deutliches Entwicklungspotenzial in folgenden Bereichen:

- Lösungen zur **energieeffizienten Beleuchtung**, insbesondere die Entwicklung von neuen Konzepten zur intelligenten LED-Beleuchtung für industrielle und kommunale Anwendungen, von alternativen Lichtquellen und intelligenter Sensorik. Hier bestehen erhebliche Potenziale in der Zusammenarbeit mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus den Bereichen Halbleitertechnologie, Elektronik und Automobilbau.

Firmen: JENOPTIK AG, Lucas Components GmbH, POG GmbH, Fresnel Optics GmbH, Docter Optics GmbH, MAZeT GmbH, dilitronics GmbH, Leuchtstoffwerk Breitungen GmbH, Silicaglas Ilmenau GmbH, Sypro Optics GmbH, Automotive Lighting GmbH, Lumundus GmbH, 2k Moxa Lighting GmbH, Truck Lite GmbH, Global LightZ GmbH

Institute: Fraunhofer IOF, IMMS Ilmenau, TU Ilmenau Institut für Lichttechnik

- Lösungen für **Energie- und Solartechnik**, insbesondere die Photovoltaik, einschließlich der hochkonzentrierenden Photovoltaik und organischen Solarzellen. Obwohl sich die Solarindustrie in Thüringen derzeit aufgrund des weltweiten Wettbewerbs, insbesondere mit China, in einer schweren Krise befindet, ist sie nach wie vor ein wichtiger Standortfaktor. Potenziale ergeben sich aus der Zusammenarbeit mit Partnern in Halbleitertechnologie und Elektronik. Auf dem wichtigen Gebiet der Energiespeicherung befinden sich die Entwicklungen noch am Anfang.

Firmen: PV Crystalox Solar GmbH, GSS GmbH, Sunways AG, Asola GmbH, Masdar PV, Docter Optics GmbH, Fresnel Optics GmbH

Institute: CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, IPHT Jena, TU Ilmenau, FH Nordhausen

- Aus Sicht der Photonik ist die Tiefengeothermie von Interesse. Das betrifft z.B. die Fasersensorik, optische Temperatur- oder Spannungsmessungen sowie spektroskopische Untersuchungsmethoden.

Firmen: GESO GmbH, Jena GEOS Ingenieurbüro GmbH, Fibotec Fiberoptics GmbH, j-fiber, FBGS GmbH

Institute: IPHT Jena, FSU Jena

- Allgemeine **Umweltanalysesysteme**, Wasseranalytik. Hier bedienen Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen insbesondere strategische Entwicklungsziele der instrumentellen Analytik mit dem Ziel, den Einsatz von reaktiven und potenziell gefährdenden Reagenzien sowie den Verbrauch an teuren Hilfsstoffen in der industriellen Produktion zu minimieren. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Fasersensorik. Hier erfordern weitere Entwicklungen insbesondere die Zusammenarbeit mit Partnern aus der Biologie, den Lebenswissenschaften oder der Medizintechnik.

Firmen: Analytik Jena AG, Carl Zeiss Microscopy GmbH, FBGS GmbH, Fibotec Fiberoptics GmbH, GESO GmbH, GMBU e.V. JENOPTIK Polymersystems GmbH, MAZeT GmbH, UST Umweltsensortechnik GmbH, 4H Jena engineering GmbH, UMEX GmbH; UST Umwelt-Systemtechnik GmbH

Institute: IPHT Jena, Fraunhofer IOF, CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH

- Anwendungen im Bereich der **Erdbeobachtung**. Hier spielen insbesondere die optischen Technologien zur Umweltanalyse aus dem Weltraum eine wichtige Rolle. In Thüringen werden Spiegel, Teleskope und Kamerasysteme für den Einsatz in entsprechenden Satelliten entwickelt und gebaut.

Daneben sind Flugzeug- und drohnengestützte Fernerkundungsmethoden von wachsender Bedeutung. Die eingesetzten Beobachtungswellenlängen der Kameras reichen von Mikrowellen über den infraroten und sichtbaren Bereich bis ins Ultraviolette.

Firmen: Jena Optronik GmbH, Rucon Engineering GmbH

Institute: Fraunhofer IOF, FSU Jena

Informations- und Telekommunikationstechnologien

Wie die Optik zählen auch Informations- und Telekommunikationstechnologien (IKT) zu den Querschnittstechnologien. Das Innovationsfeld IKT wächst zunehmend mit der klassischen Mess, Steuerungs- und Regelungstechnik (MSR) zusammen. Die Thüringer Unternehmenslandschaft dieser Branche ist geprägt von vielen kleinen und innovativen Startups, aber auch von börsennotierten Unternehmen.

Der Bereich IKT ist äußerst heterogen und schließt Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes ebenso ein wie Dienstleistungs- und Handelsunternehmen. Trotz zahlreicher Schnittstellen zwischen Optik und IKT sind die meisten der über 1.000 Thüringer Unternehmen der IKT-Branche für die Potenzialanalyse weniger relevant, da deren Schwerpunkte und Profile auf der Nachrichten- und Medientechnik, der Produktion und Montage von PCs sowie auf eCommerce und Webtechnologien liegen.

Großunternehmen oder Konzernzentralen der IKT-Branche sind in Thüringen nicht angesiedelt. Nur in der Stadt Jena treffen sich innerhalb Thüringens hohe Beschäftigungspotenziale von Optik/Optoelektronik und IKT. Darüber hinaus sind Unternehmen der IKT-Branche insbesondere auf die Regionen Sömmerda, Ilmenau, Meiningen und Eisenach konzentriert.

Im Gegensatz zu den optischen Technologien verfügt Thüringen im Bereich IKT über kein klar ausgeprägtes Alleinstellungsmerkmal.

Als Adressaten wurden Akteure ausgewählt, deren Kompetenzprofil auch Informations- und Telekommunikationstechnologien umfasst, weil Unternehmen bzw. Forschungseinrichtungen mit ausschließlicher IKT-Ausrichtung bezogen auf die optischen Industrien in Thüringen eine zahlenmäßig viel zu geringe und somit nicht seriös auswertbare Basis bilden. So beschäftigt sich von den angefragten Akteuren nur ein Unternehmen (ORISA Software) ausschließlich mit IKT (hier Softwareentwicklung und -implementierung). Alle anderen zählen zu ihrem Kerngeschäft weitere Kompetenzen (in Automotive, Luft- und Raumfahrt, Maschinenbau

oder Sicherheitstechnik) oder haben in ihrem Unternehmensportfolio weitere Schwerpunkte, wie Gesundheitswirtschaft und Medizintechnik, Umwelt oder ressourceneffiziente Produktion. Fast alle diese Unternehmen betreiben Forschung und Entwicklung. Die meisten von ihnen produzieren nicht nur Komponenten, sondern ganze Systeme, und verfügen über einen eigenen Vertrieb.

3.2 Wirtschaftliche Kennzahlen

Zusammenfassend lassen sich für die Optikbranche in Thüringen die in Tabelle Abbildung 9 aufgeführten Kennzahlen identifizieren. Die Angaben basieren auf der von OptoNet e.V. im Jahr 2011 veröffentlichten Studie „Die Optische Industrie in Thüringen. Wirtschaftssituation und Fachkräfteentwicklung“. In einigen Bereichen wurden Aktualisierungen vorgenommen, die sich an den Trends der letzten Jahre sowie an den Ergebnissen der im Verlauf der vorliegenden Studie durchgeführten Befragung orientieren.

Unternehmen	170
Umsatz (gerundet)	2,6 Mrd. €
Umsatzentwicklung seit 2008	+ 6 %
Umsatzanteil für Forschung und Entwicklung	13 %
Exportanteil am Umsatz	66 %
Beschäftigte gesamt (Industrie und Forschung)	14.400
Beschäftigte in der Industrie	13.400
Beschäftigte in Forschungseinrichtungen (universitär und außeruniversitär)	1.000
Durchschnittliche Betriebsgröße	80
Auszubildende	600
Ausbildungsquote	4,5 %
Ausbildungsbetriebe	92
Personalprognose 2015	+ 4,5 % p.a.

Abbildung 9: Tabellarische Darstellung der wichtigsten Kennzahlen der optischen Technologien in Thüringen

3.3 Forschungsaktivitäten in den Innovationsfeldern

3.3.1 Ressourceneffiziente Produktion

Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU)

An den Instituten der Physikalisch-Astronomischen Fakultät wird primär Grundlagenforschung in Optik/Quantenelektronik betrieben:

- IOQ: Wechselwirkung extrem intensiver Laserstrahlung (Petawatt) mit Materie
- IAO: Optische Metrologie und optische Anwendungen in Biotechnologie und Medizin
- IAP: Faser- und Wellenleiterlaser, Mikrostrukturtechnologie, Nanooptik, Optik-(System) Design, Ultrafast Optics, Lasermikrobearbeitung
- IFTO: Theoretische Arbeiten zu Nanooptik, nichtlinear optischen Phänomenen (Solitonen, diskrete Systeme)
- IWM: Soft lithography technology

Die gesamte Personalkapazität beträgt über 200 Wissenschaftler-Vollzeitäquivalente.

Hervorzuheben ist zudem das Abbe Center of Photonics, neben dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), eines von zwei durch den Bund geförderten Kompetenzzentren für Ausbildung in den photonischen Technologien. Die Arbeiten erfolgen in erheblichem Maße in nationalen (durch die DFG) bzw. international geförderten Projekten.

Die Zusammenarbeit der FSU mit den Unternehmen ist entgegen der früheren Tradition heute nur noch auf sehr wenige Institute konzentriert. Im Jahr 2011 betrugen die Drittmittel der Institute durch Direktaufträge aus der Industrie: für IAP ca. 900 T€, IMW ca. 150 T€, IAO 71 T€; durch Verbundprojekte mit Industriebeteiligung: für IAP ca. 8,9 Mio. €, IMW ca. 470 T€, IAO 90 T€. Die für die Unternehmen wichtigsten Themenfelder sind Laserentwicklung, Laserbearbeitung, Lithografie, Mikrooptik/Miniaturisierung, Optikdesign sowie industrielle und medizintechnische Messtechnik. Gefragteste Absolventen der FSU sind Physiker, Informatiker und Betriebswirtschaftler. Das Engagement der Firmen wird durch die Unterstützung einer Stiftungsprofessur für optisches Systemdesign unterstrichen.

TU Ilmenau (TUI)

Für die Kooperation mit der Industrie sind vor allem die Themenfelder industrielle Messtechnik, Informatik, Bildverarbeitung, Mechatronik, technische Optik, Lichttechnik und Kunststofftechnik wichtig. Es gibt traditionell vielfältige Kooperationen zu Thüringer Firmen (Raum Jena u.a. Carl Zeiss, Jenoptik; Raum Ilmenau/Suhl zu KMU).

Von den Absolventen der TUI sind vor allem gesucht: Maschinenbauingenieure, Informatiker (Ingenieurinformatiker) und Elektrotechniker (Gerätebau).

Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena (EAH)

Aus Sicht der Firmen sind die wichtigsten „Produkte“ der Kooperation mit der EAH die Absolventen, vor allem aus den Fachbereichen SciTec (optische Technologien), Maschinenbau und Elektrotechnik (letzteres wird durch die Mitfinanzierung einer Stiftungsprofessur durch mehrere Unternehmen unterstrichen). Mit Masterarbeiten in den Unternehmen tragen Studierende der EAH dazu bei, Forschungs- und Entwicklungsprobleme der Firmen zu lösen.

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF)

Das IOF forscht und entwickelt auf den Gebieten Lasertechnik, industrielle Messtechnik, Produktionstechnik und Miniaturisierung (Abteilungen Optische Schichten, Optische Systeme, Mikrooptische Systeme, Feinwerktechnik). Die Arbeiten erfolgen in öffentlich geförderten Verbundprojekten (2011 ca. 3,6 Mio. €) und durch Direktaufträge aus der Industrie (2011 ca. 3,6 Mio. €, darunter ca. 40 % von Thüringer Firmen).

Wie die Unternehmen übereinstimmend unterstreichen, spielt das IOF die zentrale Rolle bezüglich der Verbindung von Wissenschaft und Wirtschaft in der Optikregion.

Institut für Photonische Technologien (IPHT)

Das IPHT kooperiert eng mit der Industrie (2011 ca. 3,3 Mio. € aus öffentlich geförderten Verbundprojekten mit Industriebeteiligung und ca. 2,6 Mio. € aus Direktaufträgen), konzentriert sich dabei allerdings auf Themen der LifeScience, Umwelt und der Medizin (Biophotonik). Für die ressourceneffiziente Produktion sind die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des IPHT zu optischen Fasern und zur industriellen Messtechnik (Sensoren, Detektoren) wichtig.

Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik (CiS) (Erfurt, wirtschaftsnahes Forschungsinstitut)

Eine für die ressourceneffiziente Produktion relevante Arbeitsrichtung des CiS konzentriert sich auf Optoelektronik und Sensorik für die industrielle und medizintechnische Messtechnik. Im Mittelpunkt stehen Miniaturisierung und Funktionsintegration auf Silizium-Wafer-Basis. Das CIS arbeitet eng mit KMU zusammen. Gemeinsam mit dem IOF betreibt das Institut das Applikationszentrum mikrooptische Systeme (amos); mit der FSU (IAP) und der TUI wird im von Bund und Land geförderten Kompetenzdreieck „optimi“ ausgebildet und geforscht.

Allgemeine Aussagen (auch über die Zusammenarbeit mit Unternehmen am Standort) sind:

- Die Großunternehmen wie auch größere KMU betreiben intern industrielle Forschung bezogen auf Methoden, Technologien und Applikationen.
- Die Gebiete lassen sich aus dem Produktzielen (Methoden, Technologien) und den Zielmärkten (Applikationsforschung) abschätzen
- Bei kleineren KMU findet man eine differenzierte Situation. Bei Forschungs-intensiven Unternehmen mit sehr hoher Exportquote (40% und mehr) sind die Forschungsgebiete aus dem Produktangebot unter Kenntnis der internationalen Entwicklung ableitbar. Die anderen KMU konzentrieren sich allenfalls auf angewandte technologische FuE, im Einzelfall mit externer Unterstützung durch Direktverträge mit Fachhochschulen, Universitäten, Fraunhofer Instituten.

Vom fachlichen Standpunkt kristallisieren sich folgende - auf Optik/Optoelektronik (nicht aber auf die Applikationsfelder) bezogene – FuE-Schwerpunkte heraus:

- Lasertechnik
- Industrielle Mess-, Prüf- und Sensortechnik mit extrem breiten Anwendungsfeldern
- Fortgeschrittene Herstellungstechnologien für Bauelemente, Module und Subsysteme (gesamte Kette der Herstellungstechnologien und nahezu gesamte Breite). Im Fokus stehen Funktionsintegration, Miniaturisierung, Freiformoptiken, Mikrooptiken, Beleuchtungsoptiken.
- Optische Beschichtungen
- Optisch relevante Spezialmaterialien (Fasern, CaF₂ /Quarz, Spezialgläser (u.a.für IR)

3.3.2 Biophotonik

Die zentralen Kompetenzträger der biophotonischen Forschung im Freistaat Thüringen sind das Institut für Photonische Technologien (IPHT) Jena, das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF) Jena, die Friedrich-Schiller-Universität (FSU) Jena, das Universitätsklinikum Jena (UKJ) und die Technische Universität Ilmenau (TUI).

Der Forschungsschwerpunkt Biophotonik am **IPHT** erforscht innovative photonische Verfahren und Werkzeuge für die Molekülspektroskopie, hochaufgelöste und hyperspektrale Bildgebung sowie die faser-, chip- und nanopartikelbasierte Analytik sowie „Enabling Technologies“ wie z.B. die Mikrofluidik, die insbesondere für die chip-basierten Verfahren der Point-of-Care-Technologien große Bedeutung hat. Die Anwendungen erstrecken sich von der klinischen Diagnostik (z.B. Sepsis- und Krebsdiagnostik) über die Lebensmittel- und Umweltsicherheit bis hin zur Grundlagenforschung in den Lebenswissenschaften. Diese Fragestellungen erfordern die Erforschung neuer spektroskopischer Methoden und bildgebender Systeme höchster Spezifität, Sensitivität und Auflösung. Unterstützt wird dieser Ansatz durch die Suche nach neuen Markern sowie die Realisierung von passgenauen Labels, u.a. basierend auf metallischen Nanopartikeln. Seit Herbst 2012 wird diese wissenschaftliche Ausrichtung durch eine Stiftungsprofessur an der FSU gestärkt.

Exemplarisch sei der Wachstumskern BASIS genannt: Forschungs- und Verbundprojekt „BioAnalytics and Surfaces for Integrations in Systems“; TP1.10: Erarbeitung von Lösungen zur elektrischen Chip-basierten Analyse mit integrierten Hydrogel-Sensorstrukturen BMBF, FKZ: 03WKCB01H, Summe: 520.219,00 €.

Seit Oktober 2010 bündelt die **FSU** ihre biophotonischen Forschungskompetenzen über das fakultätsübergreifende Zentrum für Medizinische Optik und Photonik (ZEMOP).

Umfangreiche Arbeitsgruppen mit rund 50 Mitgliedern arbeiten an gemeinsamen Themen wie Mikroskopie, Ophthalmologie, Bildgebung, biomedizinische Laseranwendungen, usw. Erste gemeinsame Forschungsprojekte wurden bereits eingeworben. Als ein solches mit optischer Ausrichtung ist hier zu nennen: „Optische Untersuchung physiologischer und pathophysiologischer Membranprozesse“. Eingebettet ist das ZEMOP in den FSU-Forschungsschwerpunkt Optik, Photonik und photonische Technologien – Abbe Center of Photonics. Die Abbe School of Photonics bietet einen Masterstudiengang „Photonics“ an. Die

Wahlmodule „Biomedical Imaging“ und „Biophotonics“ sind Bestandteil des Wahlpflichtangebots. Zusätzliche Wahlangebote zu den Themen „Ophthalmologie“ und „Mikroskopie in den Lebenswissenschaften“ werden gegenwärtig entwickelt. Einer der Schwerpunkte des Abbe Center of Photonics ist ebenfalls die Biophotonik.

Das **UKJ** hat sein biophotonisches Forschungsprofil durch die Einrichtung zweier neuer, unabhängiger Professuren zur biomolekularen Photonik und Mikroskopie-Methodik gestärkt. Forschungsprojekte mit deutlich Biophotonikbezug sind quantitative multidimensionale Fluoreszenzmikroskopie, Entwicklung und Untersuchung von Nanosensoren, Untersuchung von Protein-Protein-Interaktionen in lebenden Zellen, Struktur-Funktionsbeziehungen von Ionenkanälen durch optische und elektrophysiologische Methoden, Fluoreszenzkorrelationsspektroskopie, lokale ATP-Produktion mit FoF1 -ATP synthases driven by nano-electrochemistry with nanodiamond-based imaging, Hochauflösungsmikroskopie, Einzelmolekül-Förster-Resonanzenergietransfer (FRET) und Einzelenzymdynamik. Das UKJ hat mit dem IPHT eine gemeinsame (Nachwuchs-)gruppe zum Thema „Klinisch-Spektroskopische Diagnostik“.

Zum Thema medizinische Forschung und Diagnostik-Entwicklung mit Hilfe optischer Fasern sei das Projekt „Fiber Health Probe“ erwähnt, bei dem Wissenschaftler des Institutes für Photonische Technologien (IPHT), der Universität Jena sowie des Universitätsklinikums Jena gemeinsam neue Konzepte für die medizinische Forschung und Diagnostik mit optischen Fasern entwickeln werden und dafür vom BMBF mit 2 Mio euro gefördert werden³³ (Pressemitteilung des UKJ). Besonders hervorzuheben ist ebenfalls die Erringung des Thüringer Forschungspreises gemeinsam mit Forschern des Instituts für Physikalische Chemie und des Instituts für Angewandte Physik der Universität Jena, des Instituts für Photonische Technologien (IPHT), des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF) für die Erforschung eines Multikontrast-Bildgebungsansatzes, der den Schlüssel für eine leistungsstarke klinische Diagnostik ohne Farbstoffe darstellt³⁴.(Pressemitteilung des UKJ).

Das **IOF** beschäftigt sich im Arbeitsbereich biophotonische Sensoren mit innovativen Lösungen zur parallelisierten Oberflächenplasmonresonanz-(SPR-)Analyse für die Biosensorik.

³³ [Pressemitteilung](#) des Universitätsklinikum Jena vom 13.03.2013

³⁴ [Pressemitteilung des UKJ vom 28.01.2013](#)

Die Anwendungen dieser optischen Sensoren für die biochemische Diagnostik reichen von der Human- über die Veterinärmedizin bis hin zur Umwelt- und Lebensmittelanalytik.

Die **TUI** bearbeitet biophotonische Aspekte vor allem im Bereich Biosignalverarbeitung. Die erforschten Themen reichen von der Verarbeitung von Biosignalen (EKG, EEG, EMG) in der medizinischen Messtechnik über extrem schnelle Bildverarbeitung (CMOS-Sensoren, FPGA-Portierung), klinische Informationssysteme und Qualitätssicherung, neue Methoden der dynamischen Raum-Zeit-Frequenz in der Medizintechnik (multidimensionale Signale) bis hin zur objektiven Diagnostik psychischer und neurologischer Erkrankungen.

Auf Basis der gewachsenen, vor allem biophotonisch orientierten Forschungs Kooperationen am Standort Jena hat sich eine öffentlich-private Partnerschaft gebildet, die im Herbst 2012 die Förderzusage des BMBF erhielt. Der **Forschungscampus „InfectoGnostics – Diagnostik und Monitoring bakterieller, fungaler und viraler Infektionen als wissenschaftliche und gesundheitsökonomische Herausforderung“** startet 2013. Bei einer Laufzeit von mindestens 15 Jahren sollen mehr als 111 Mio. € in Infrastruktur, Vorlauf- und Verbundforschung, Ausbildung und Wissenstransfer in der klinischen Diagnostik, aber auch in außerklinische Bedarfsfelder mit hoher gesellschaftlicher und gesundheitsökonomischer Relevanz, wie die Prävention von Seuchen oder die Lebensmittelsicherheit, investiert werden. Dabei machen die biophotonischen Themen bereits jetzt den Hauptanteil der Forschungsansätze aus. Ein stetiger Fluss an biomedizinischen Fragestellungen oder potenziellen molekularen Targets entstammt dem ZEMOP, dem „Integrierten Forschungs- und Behandlungszentrum (IFB) Sepsis und Sepsisfolgen“ des UKJ (Fördersumme Phase I >25 Mio. €, Beantragung Phase II in Vorbereitung) und dem Zentrum für Innovationskompetenz „Septomics“ der FSU. Gleichzeitig bildet das ZEMOP ein ideales Testfeld für neue biophotonische Messverfahren (vgl. Thüringer Forschungspreis 2013 für Multikontrast-Bildgebungsansätze für eine leistungsstarke markierungsfreie klinische Diagnostik).

Die Forschungsschwerpunkte der Unternehmen werden maßgeblich durch Kooperationen mit den oben genannten Forschungseinrichtungen umgesetzt (UKJ, FSU, IOF, TUI).

Die oben aufgeführten Hauptkompetenzen in der Thüringer Biophotonik bewegen sich mit starkem Schwerpunkt im Forschungskontext. Erste erfolgreiche Anwendungen sind im thematischen Schwerpunkt der Identifikation stark alterskorrelierter Erkrankungen zu sehen.

3.3.3 Umwelt, Energie und Klima

Im Themenfeld Umwelt, Energie und Klima arbeiten in Thüringen verschiedene Institute, Forschungseinrichtungen und Universitäten mit unterschiedlicher Intensität. Die abgedeckten Technologie- und Anwendungsfelder sind dabei sehr vielfältig, konzentrieren sich aber vorrangig auf die Bereiche energieeffiziente Beleuchtung, Energie- und Solartechnik, Umweltanalyzesysteme und Erdbeobachtung. Die wichtigsten Forschungseinrichtungen sind im Folgenden unter Nennung der Arbeitsfelder aufgelistet:

Fraunhofer IOF:

Strahlformungsoptik und Thermomanagement für LED-Beleuchtung, Komponenten und Systeme für satellitengestützte Fernerkundung

IPHT Jena:

Analysesysteme Umwelttechnik, Bragg-Fasersensoren, Trinkwassermonitoring, Online-Schadstoffnachweis in Kläranlagen, UV-Spektroskopie, Spurenanalyse im Reinstwasser, Entwicklungen für Dünnschicht-Photovoltaik, Lab-on-a-Chip-Systeme

CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik:

LED-Integration auf Chipebene, Prozess- und Anlagenentwicklung für die Photovoltaik-Industrie, Fluoreszenzsensoren für Sauerstoff und Sensoren zur Lebensmittelkontrolle, Strahlungsdetektoren

Günther-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung:

Spezielle Detektoren für den Weltraumeinsatz

Fraunhofer IKTS:

Keramiken zur Energiespeicherung

Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung (TITK):

Photo-, thermo- und solvatochromophore Werkstoffe

GMBU Jena:

Optische und optochemische Sensoren für Umwelt- und Prozessüberwachung; Fluoreszenz- und spektrale Bildgebung für Bioreader-Anwendungen

FH Nordhausen:

Systeme zur Energiegewinnung, -übertragung und -speicherung, insbesondere für Solar-, Geo- und Bioenergie.

FSU Jena:

Raumfahrt und Fernerkundung

TUI, Fachgebiet Lichttechnik:

Lichtmesstechnik, Farbmeterik, Lampen, Leuchten und Beleuchtungs- bzw. Bestrahlungstechnik, organische Solarzellen, Photovoltaik

EAH Jena:

Multispektralsensorik, Fluoreszenzspektroskopie, Lab-on-a-Chip-Systeme, Mikrofluidik, Photovoltaik

Institut für phys. Chemie (FSU):

Untersuchung funktionsbestimmender photoinduzierter Prozesse in molekularen Materialien und biologischen Paradigmasystemen, Spektroskopie zur Erfassung von Umweltrelevanten Parametern

Auf dem Gebiet Umwelt, Energie und Klima werden aktuell Projekten in Höhe von ca. 9 Mio. € bearbeitet. Damit spielt die Forschung auf dem Gebiet der Umwelt, Energie und Klima in Thüringen eine bedeutende Rolle. Große Teile der Forschung sind gut auf die Bedürfnisse der Thüringer Industrie abgestimmt. Das betrifft insbesondere die angewandte Forschung im Bereich der effizienten Beleuchtung, der Analysesysteme für Umwelttechnik, der institutionellen Fernerkundung und der Photovoltaik. Die Datenerhebung zum Branchenreport 2011 des OptoNet e.V. zum Geschäftsjahr 2010 ergab, dass die in Thüringen ansässigen Unternehmen ca. 120 Mio. € pro Jahr in diesen Märkten erwirtschafteten.

- Die wichtigsten Thüringer Industriepartner auf diesen Gebieten sind:
- im Bereich **effiziente Beleuchtung**: Jenoptik, LUCAS components, MAZeT, dilitronics, Leuchtstoffwerk Breitung, Global LightZ, 2K Moxa Lighting
- im Bereich der **Analysesysteme für Umwelttechnik**: Carl Zeiss Microscopy, GESO, Jenoptik Polymer Systems, -4H- JENA engineering
- im Bereich der **institutionellen Fernerkundung**: Jena-Optronik, ifw optronics, Speck Sensorsysteme

- im Bereich der **Photovoltaik**: Docter Optics, Fresnel Optics

3.3.4 Informations- und Telekommunikationstechnologien

Allein 14 Forschungseinrichtungen, Fach- und Hochschulen in Thüringen sehen eine ihrer Aufgaben in Forschung und Lehre zu Informations- und Telekommunikationstechnologien (IKT). Davon forschen drei Einrichtungen an den Standorten Jena und Ilmenau gleichzeitig auch auf dem Technologiefeld Optik/Optoelektronik.

Die angesprochenen Unternehmen nennen als wesentliche Kooperationspartner unter den Hochschulen am häufigsten die Friedrich-Schiller-Universität Jena, die Technische Universität Ilmenau und die Fachhochschule Erfurt. Meistgenannte Themenfelder sind Informatik/Mathematik, Bildverarbeitung und Messtechnik.

Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF) und das Institut für Photonische Technologien (IPHT) in Jena sind die wichtigsten Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen für die Unternehmen der IKT-Branche. Genutzt werden vorrangig deren Kompetenzen in Optik und Messtechnik.

Das durchschnittliche finanzielle Projektvolumen aller von den Befragten angegebenen Projekte liegt zwischen 250.000 und 500.000 €. Die durchschnittliche Förderquote liegt bei 48 %.

3.4 Akteurslandkarten Optik/Optoelektronik Thüringen

Die Abbildungen 10 - 13 zeigen die räumliche Verteilung und Dichte der Akteure im in den b

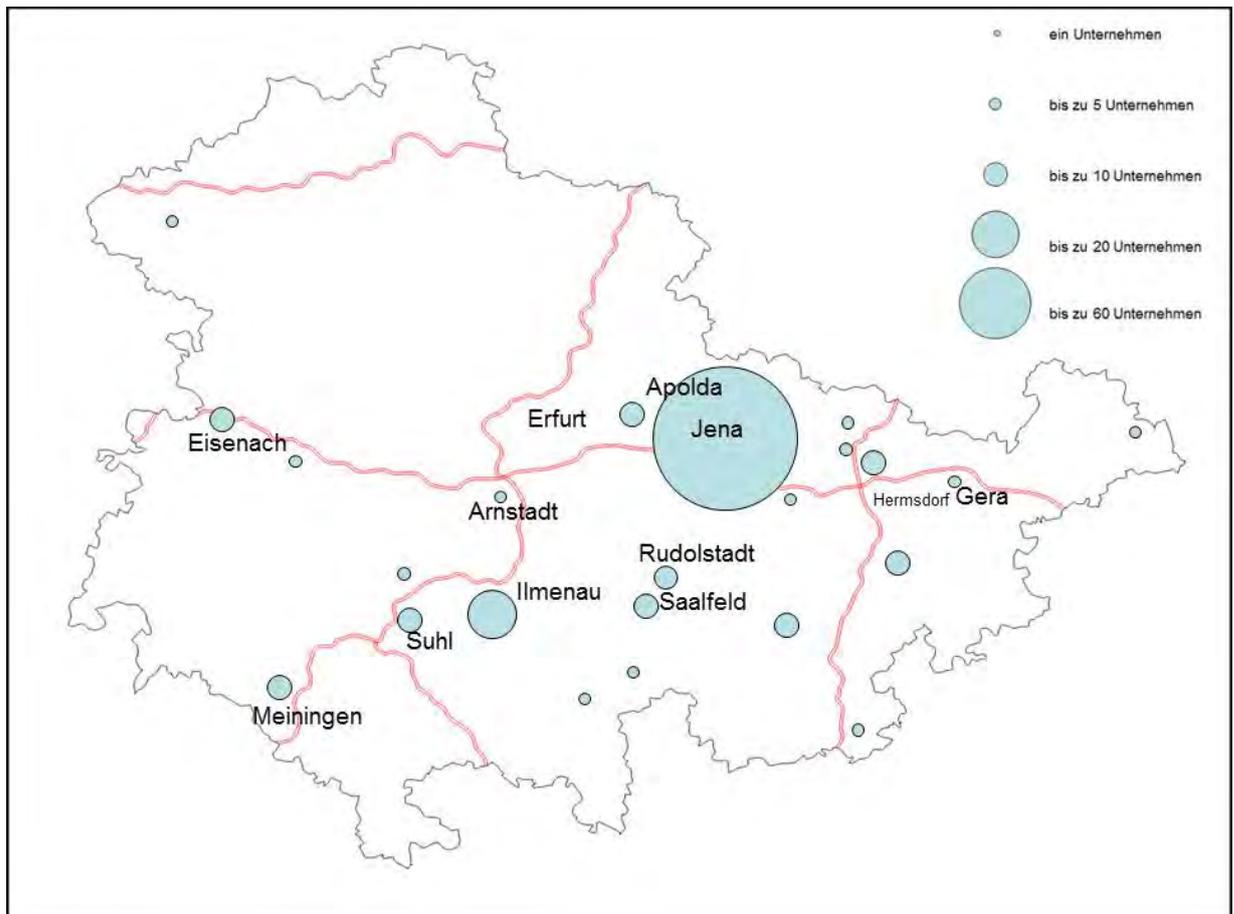


Abbildung 10: Darstellung der Akteure im Bereich der Ressourceneffizienten Produktion auf der Thüringenkarte

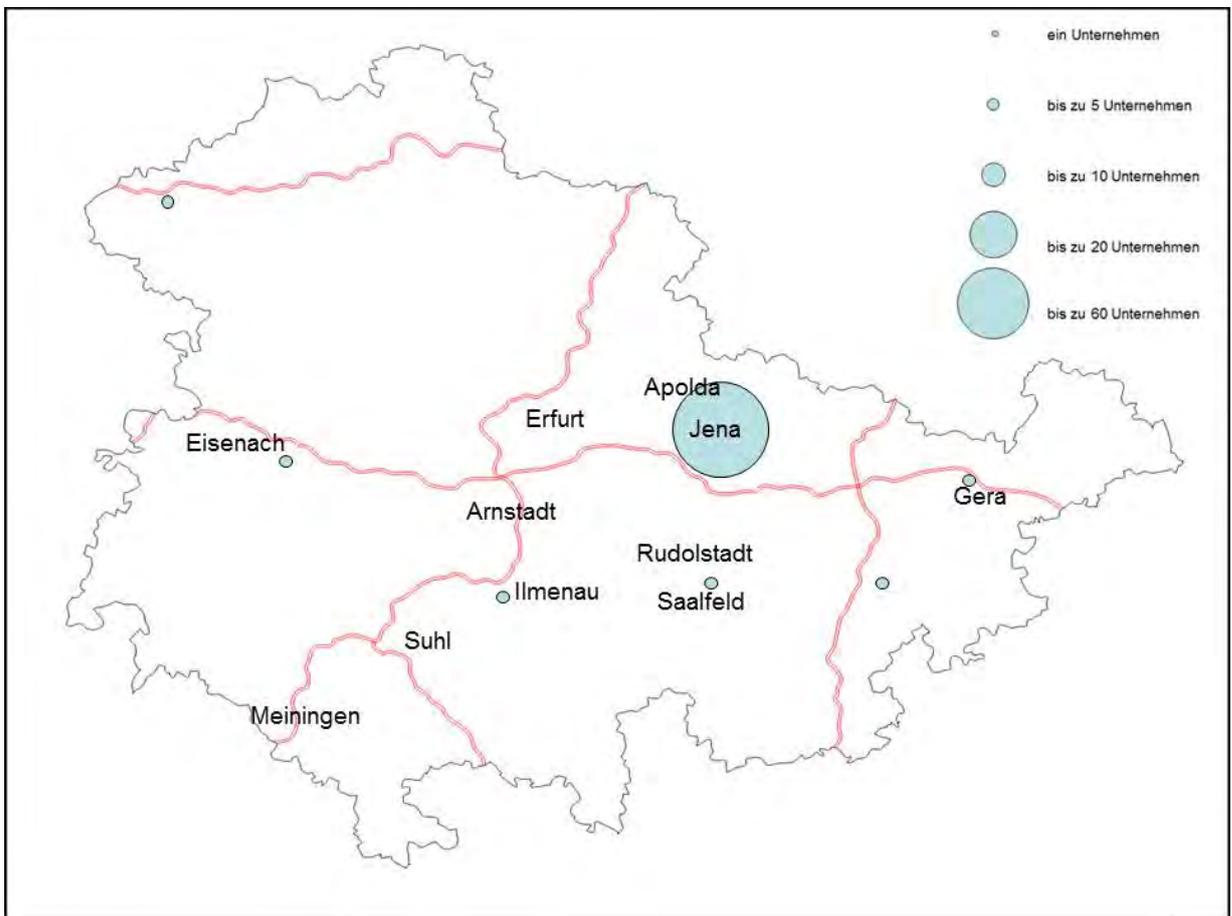


Abbildung 11: Darstellung der Akteure im Bereich Biophotonik auf der Thüringenkarte

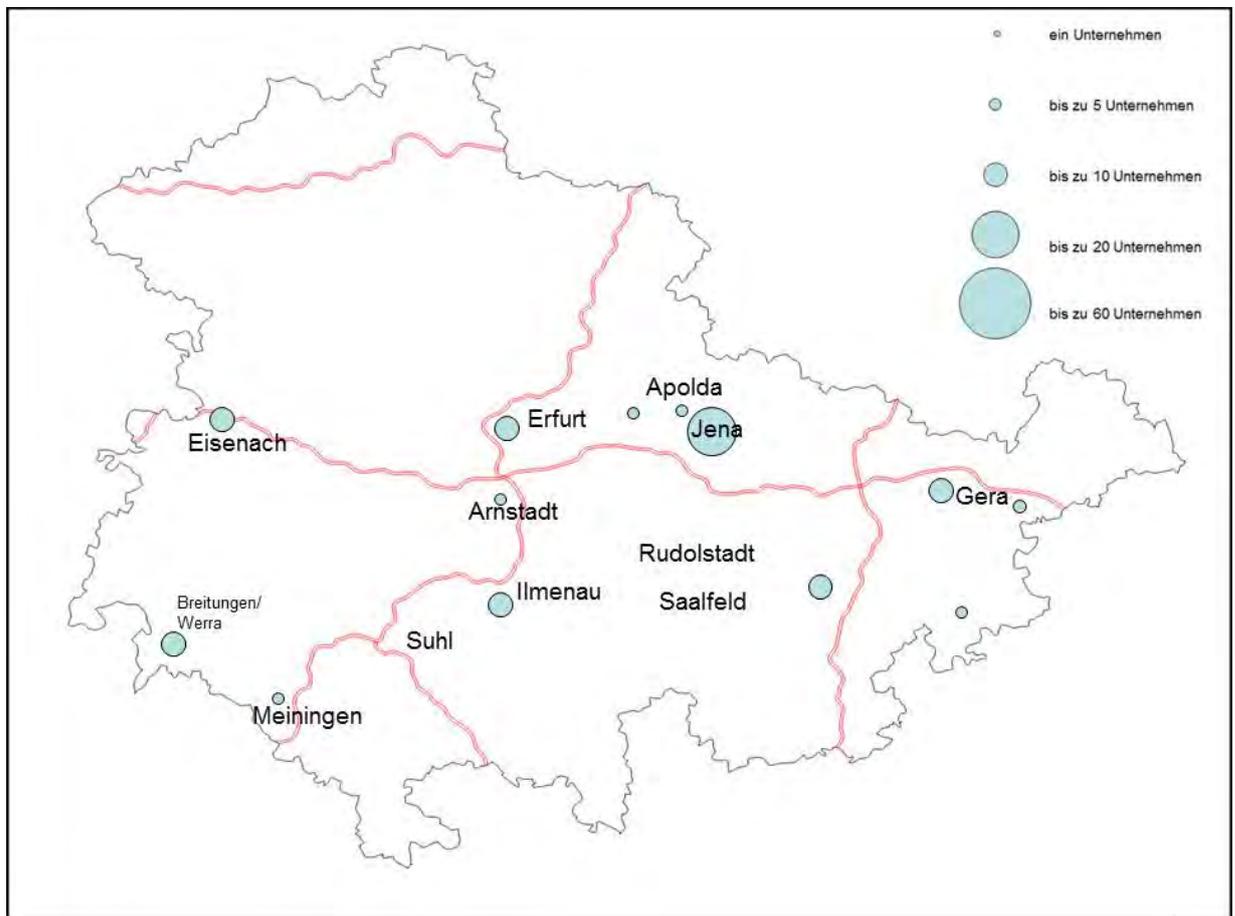


Abbildung 12: Darstellung der Akteure im Bereich Umwelt, Energie und Klima auf der Thüringenkarte

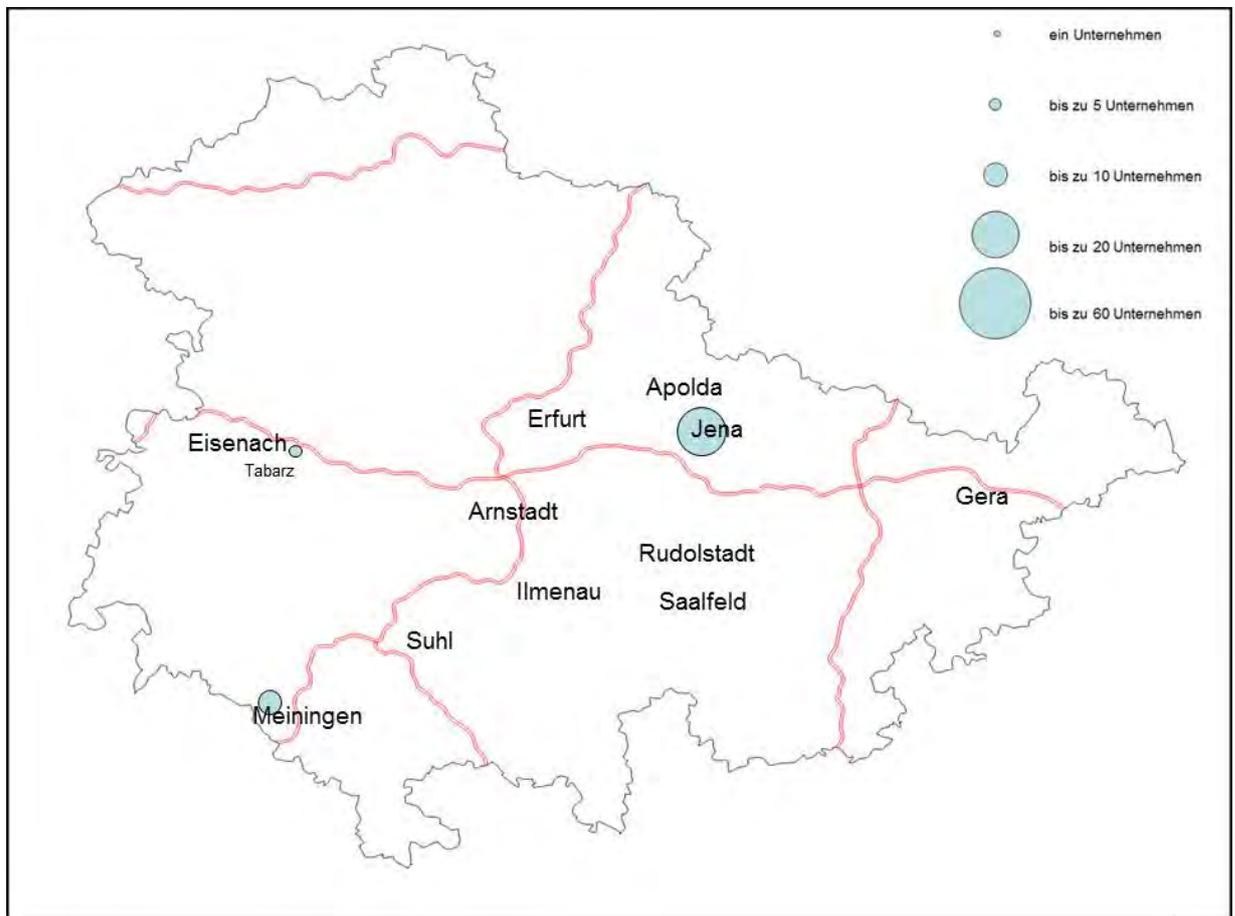


Abbildung 13: Darstellung der Akteure im Bereich IKT auf der Thüringenkarte

4 Potenziale innerhalb der Innovationsfelder

4.1 Innovationspotenziale in der ressourceneffizienten Produktion

4.1.1 Ist-Zustand

Dieser Abschnitt baut auf der im Dezember 2010 erstellten umfangreichen Analyse im Rahmen der LEG-Studie „Potenzialuntersuchung zum Handlungsfeld Green Photonics in Thüringen auf. Die im Folgenden dargestellten Fortschritte gegenüber dem Stand 2010 beruhen auf den schriftlichen Zuarbeiten der Firmen und Institute sowie Interviews mit Geschäftsführern bzw. leitenden Mitarbeitern von Unternehmen und Instituten. In die Untersuchung eingebunden wurden 15 Kompetenzträger von denen elf der Industrie und vier der Forschung zuzuordnen sind.

Der Bereich der ressourceneffizienten Produktion umfasst auf der einen Seite die Herstellung optischer und photonischer Komponenten bis hin zu Systemen, sowie den Einsatz optischer und photonischer Bauelemente, Systeme und Technologien für die Produktion auf der anderen Seite. Diese beiden Bereiche werden im Folgenden eingehend analysiert.

Ressourceneffiziente Herstellung optischer und photonischer Komponenten und Systeme:

Dem seit Jahren erkennbaren Trend entsprechend verschieben sich die Geschäftsmodelle der Thüringer Unternehmen immer stärker von Komponenten in Richtung Subsysteme. Dabei verschwimmen innerhalb der Unternehmen die Grenzen zwischen den Geschäftsmodellen zunehmend. Eine klare Trennung zwischen Herstellern komplexer Bauelemente, den Herstellern von Subsystem und teilweise sogar Systemlieferanten und –integratoren ist oft kaum noch möglich. Diese Entwicklung wird durch zwei Hauptsäulen vorangetrieben. Die Erste ist der Zwang zur immer stärkeren Einbindung, Vernetzung und Aggregation verschiedenster Technologien, je komplexer ein Produkt ist. Marktfähige Technologie schon einer minimalen Komplexitätsstufe ist beispielsweise ohne Integration von IT- und Softwarekomponenten, sei es zur Arbeitssteuerung, Prozessüberwachung, Integration in übergeordnete Systeme oder auch für die Bedienung kaum noch denkbar. Je höher der technologische Anspruch desto umfassender ist der Zwang zur Integration verschiedener Technologien. Mit steigender Produktkomplexität eines (Technologie-)Unternehmens ist daher zwangsläufig ein zunehmender Systemcharakter zu verzeichnen.

Die zweite Säule, die zum Verwischen der Geschäftsmodellgrenzen führt, ist die zunehmende Anforderung des Marktes, Problemlösungskompetenz, statt fertiger Technologischer Komponenten einzukaufen, da sie die Unternehmen, ebenso wie Säule 1, zu verstärkten Entwicklungstätigkeiten im eigenen Hause anregt. In der Folge entstehen engere Bindungen von Lieferant und Auftraggeber, da die erbrachte Leistung auf Grund des akkumulierten Know-hows immer weniger ad hoc durch andere Unternehmen erbracht werden kann. Oft werden in einem reiferen Entwicklungsstadium solcher Geschäftsbeziehungen neue Kunden- bzw. Marktanforderungen gemeinsam bearbeitet, wobei die Unterauftragnehmer ihre jeweiligen Spezialnischen und Teilsysteme abdecken. Solche Beziehungen befördern daher die Weiterentwicklung der Zulieferer und ihre Wanderung auf der Wertschöpfungskette.

Wichtigste Treiber für diese Verschiebung sind der globale Wettbewerb (Exportquote von ca. 60 %), die ständige Fortentwicklung der eingesetzten Technologien bezüglich technischer Leistungsfähigkeit der erzeugten Produkte sowie die Senkung der Fertigungskosten (Basis: Forschungs- und Entwicklungsrate 10 %). Nahezu alle Unternehmen – kleiner aber besonders auch mittlerer Größe – zeigen eine Tendenz zu steigender Komplexität der Produkte und zunehmender Problemlösungskompetenz gemeinsam mit den Kunden.

Als markante Beispiele für zunehmend innerhalb der Firmen verschwimmende Grenzen zwischen verschiedenen Geschäftsfeldern seien folgende Unternehmen genannt:

- **Komponenten bzw. komplexe Komponenten:**
asphericon, Fresnel Optics
- **Hochkomplexe Komponenten, Subsysteme / OEM:**
LASOS, POG Präzisionsoptik Gera, Docter Optics, X-FAB
- **Subsysteme bzw. Systeme:**
Carl Zeiss, Jenoptik, Vistec Electron Beam, Mahr, OptoTech

Zielmärkte sind, wie für eine Querschnittstechnologie nicht anders zu erwarten, auf allen relevanten Gebieten zu finden:

- **Maschinen- bzw. Anlagenbau:** Laser, Laserbearbeitungsmaschinen, Optikmaschinen, Lithografiegeräte inkl. Zubehör, industrielle Messtechnik

- **Medizintechnik:** Laser, Geräte für medizinische Diagnostik und Therapie
- **Automotive** (Komponenten, Subsysteme, OEM)
- **Sicherheit (zivil und militärisch):** Überwachungsgeräte, Sichtgeräte, Zieleinrichtungen, Automatisierungstechnik
- **Energie:** Komponenten für Photovoltaik und Beleuchtung

Der positive Trend innerhalb der ressourceneffizienten Produktion ist nicht nur qualitativ (d.h. durch die technologische Entwicklung und die Steigerung der Leistungsfähigkeit), sondern auch quantitativ an den Märkten zu erkennen:

- Der **Umsatz** der Unternehmen ist im Mittel – trotz der Krise im Jahr 2009 – von 2006 bis 2012 um 20 % gestiegen, mit zum Teil extremen Zuwächsen bei einigen größeren Mittelständlern : z.B. von 4 Mio. € auf 24 Mio. € durch Eindringen in neue Märkte und Erweiterung des Geschäftsmodells (höhere Produktkomplexität + Maschinenbau + Technologieanbieter) oder wie exemplarisch bei Docter Optics GmbH von 33 Mio. € auf 73 Mio. € durch höhere Komplexität, Kostensenkung infolge technologischer Entwicklung und erheblich gewachsener Problemlösungskompetenz.
- Die **Exportquote** liegt im Mittel bei 60 % mit erheblicher Schwankungsbreite. Der Anstieg der Exportquote ist besonders hoch bei KMU mittlerer Größe durch Einstieg in neue Märkte sowie technologische Flexibilität und Flexibilität bezüglich der eingesetzten Spitzentechnologien.
- Das **Mitarbeiterwachstum** beträgt im Mittel 15 %, was relativ zum Umsatz eine Produktivitätssteigerung bedeutet.
- Die **Forschungs- und Entwicklungs-Quote** liegt im Mittel bei 10 % und damit deutlich über den üblichen Werten in den Bereichen Maschinenbau, Automotive und Elektrotechnik. Die Schwankungsbreite ist allerdings groß (niedrigster Wert z.B. 7 % bei Firmen mit hohem Umsatz, über 70 % bei Lieferanten von Forschungszubehör und Software-Anbietern).

Zwei allgemeine Trends sind für die globale Wettbewerbsfähigkeit der Optikfirmen in Thüringen von entscheidender Bedeutung: Der Übergang **von einer diskreten**

Aufbautechnologie zur kompakten Integration sowie die ständige **Miniaturisierung** der Funktionselemente und Systeme.

- **Integration von Funktionen:** Der Aufbau optischer Geräte auch aus höchstpräzisen Einzelkomponenten muss nicht automatisch zu höchster Leistungsfähigkeit und günstigsten Kosten führen. Die Kombination von verschiedenen optischen Funktionen in einem Bauelement mit für den Anwendungszweck ausreichender Leistungsfähigkeit kann drastische Kostenreduktionen und verbesserte Gebrauchswerteigenschaften für Serien von kleinen bis mittleren Volumina bedeuten. Mit zunehmendem Erfolg nutzen deshalb Thüringer Firmen Ur- und Umformverfahren zur Herstellung optischer Beleuchtungs- und Kollimatorsysteme aus Glas (Docter Optics) und Polymeren (Fresnel Optics, Jenoptik Polymer Systems), erschließen sich durch Technologie- und Maschinenentwicklung neue Märkte und steigern ihren Umsatz erheblich.

Auch bei der klassischen subtraktiven Fertigung gibt es gerade in Thüringen bemerkenswerte Fortschritte bei optischen Freiformen: asphericon als junges Unternehmen wächst relativ schnell und hat sich im globalen Wettbewerb eine hervorragende Stellung erarbeitet. Hinzu kommen in Industrie und Instituten bemerkenswerte Kompetenzen bei der Herstellung präziser optischer Freiformflächen mit Diamant-Ultrapräzisionsbearbeitung (z.B. IOF für Spiegel für Weltraum- oder Lithografieanwendungen und mikrooptische Arrays). Weiterhin wird an der Integration optischer Funktionen durch modifizierte und strukturierte Oberflächen auf optischen Bauelementen auch makroskopischer Abmessung und gekrümmter Geometrie gearbeitet (Anwendung von der Messtechnik bis zur Lithografie).

- **Miniaturisierung:** Der Trend zur Miniaturisierung bei Strukturen, Komponenten, Systemen und Geräten (kleiner, leichter, schneller, kompakter, energieautark) hält in allen Bereichen der Technik an, auch wenn er z.Z. in der Halbleitertechnik am auffälligsten ist. Die entscheidenden Vorteile zeigen sich in allen Bereichen und Technologien: Einsparung von Material, Masse und Energie (bei Herstellung und Betrieb), meist bessere Gebrauchswerteigenschaften (wie Lebensdauer, Handhabbarkeit, Flexibilität, Transportierbarkeit) und vor allem neue Einsatzbereiche (sichere Mobilität, demografischer Wandel/alternde Gesellschaft, Automatisierung in Haushalt und Industrie, usw.).

Miniaturisierte optische Bauelemente sind Bestandteil der Fertigung mehrerer Thüringer Firmen, sowohl als Teil der Herstellung komplexerer optischer Bauelemente (z.B. Diodenlaser, medizintechnische Produkte (Jenoptik), faseroptische Schalter (LEONI Fiber Optics), optische Messtechnik (POG Präzisionsoptik Gera)), als auch als Zulieferer (Konzentratoren für die konzentrierende Photovoltaik (Fresnel Optics, Docter Optics), Automobilbeleuchtung u.ä. (Docter Optics), GRIN-Optiken für industrielle und medizinische Messtechnik (GRINTECH)).

International hervorragende Kompetenzen existieren auf Institutsebene am IAP und IOF mit ihrem gemeinsamen Center for Advanced Micro- and Nano-Optics (CMN). Beide Institute sind international gesuchte Partner bei der Herstellung mikrooptischer Bauelemente und Subsysteme, der Herstellung auch großflächiger computergenerierter Hologramme (CGH) für Hightech-Anwendungen und der Anwendung solcher Bauelemente in miniaturisierten Kameras, Projektoren, Messsystemen und Sensoren, LED- und Laserbeleuchtungssystemen. Hervorzuheben ist die international immer größer werdende Bedeutung von CGH in der Mess- und Prüftechnik sowie für die Systemintegration. Auf Institutsebene weisen IOF und IAP deutschlandweit die umfangreichsten Kompetenzen (hard- und softwareseitig) auf. Langfristig ist diese Position nur durch entsprechende Geräte-Neuinvestitionen zu halten (siehe Handlungsempfehlungen für das „Center for modern optical technologies“).

Darüber hinaus ist das Abbe Center of Photonics an der FSU neben der Karlsruhe School of Optics and Photonics (KSOP) eines der beiden Zentren für Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Nanooptik und Metamaterialien.

- **Leichtbau:** Im Zusammenhang mit Funktionsintegration und Miniaturisierung taucht auch die Frage nach dem Leichtbau von Geräten für die Industrie auf. Vor allem Hersteller von industrieller Messtechnik (Mahr, Carl Zeiss, u.a.), medizinischer Geräte (u.a. Carl Zeiss), aber auch komplexer optischer Komponenten (LEONI, GRINTECH, LASOS, POG Präzisionsoptik GERA, u.a.) sind mit dieser Herausforderung konfrontiert. Für viele insbesondere mobile Anwendungen sind leichte, die Anforderungen optischer Geräte erfüllende Gehäuse und Fassungen notwendig, für die heute mit konventioneller Fertigung z.T. teure und nicht alle Rahmenbedingungen erfüllende Lösungen erzeugt werden.

Einsatz optischer Komponenten und Systeme für die ressourceneffiziente Produktion:

In den für die ressourceneffiziente Produktion relevanten Bereichen der **optischen Zukunftstechnologien** stellt sich die Situation in Thüringen wie folgt dar:

- **Laser und Lasersysteme:** Herstellung und Einsatz von Lasern und Lasersystemen bilden ein wesentliches Standbein der Photonikbranche in Thüringen. An der weltweit führenden Position Deutschlands bei Lasern und Lasersystemen für die Materialbearbeitung (Zahlen siehe Photonik Branchenreport 2013, S.33/34) haben Thüringer Firmen einen wichtigen Anteil. Die Schwerpunkte liegen auf Diodenlasern als autonomes Werkzeug und als Pumpquelle für Festkörper- und Faserlaser, auf Lasern als Lichtquellen für medizintechnische (Mikroskopie, Ophthalmologie, Chirurgie, Endoskopie etc.) und messtechnische Anwendungen, auf Faserlasern für Fertigung und Messtechnik. Hinzu kommt die Fertigung spezieller Optiken für den Lasereinsatz.

Besonders aktiv im Feld Laser und Lasersysteme sind die Firmen:

Jenoptik: Diodenlaser, Laserbaugruppen für vielfältigen Einsatz in Fertigungs-, Mess-, Medizin- und Sicherheitstechnik, komplette Fertigungssysteme (u.a. ausgezeichnet mit dem amerikanischen Industriepreis Vision Award für ein Lasersystem)

LPKF SolarQuipment GmbH Suhl:

Fertigungssysteme

LASOS GmbH Jena:

Lasermodule für Mess- und Medizintechnik,

Laserzubehör:

u.a. Optics Balzers Jena GmbH, LAYERTEC GmbH, POG Präzisionsoptik Gera GmbH, asphericon GmbH

Im Bereich Wissenschaft besetzen IAP(FSU), IOF und IPHT international hervorragende Positionen auf den Gebieten Faserlaser, miniaturisierte Laser und Ultrakurzpuls laser (mehrfache internationale Auszeichnungen) sowie der Laser-Mikromaterialbearbeitung.

Im IOQ (FSU) wird Grundlagenforschung mit Lasern höchster Leistungen (bis in den Petawattbereich) betrieben.

- **Optische Lithografie:** Thüringer Firmen und Institute sind international in erheblichem Umfang in die Zulieferkette der neuesten Generation der Immersionslithografie und der EUV-Lithografie einschließlich der dazu notwendigen Messtechnik eingebunden (Hellma Materials, POG Präzisionsoptik Gera, Jenoptik, Carl Zeiss SMT, Vistec Electron Beam, LASOS, IOF). Hinzu kommen erhebliche Institutskompetenzen zur Lithografie für die Entwicklungsrichtungen MM (*More Moore*) und MtM (*More than Moore*) (siehe 5.5.1). Die Thüringer Firmen erbringen wichtige Unterstützung für die dominierende Rolle von ASML (Niederlande) als Weltmarktführer auf dem Gebiet der MM-Lithografie.

Von besonderer Bedeutung für die Thüringer Unternehmen und Institute sind aber die Lithografiemethoden für MtM, die die funktionelle Diversifikation der Halbleitertechnologie mit anderen Funktionen ermöglichen (mikroelektromechanische Systeme (MEMS), mikrooptoelektromechanische Systeme (MOEMS), Mixed-Signal, Biochips, Optoelektronik, usw.). Auf die Weiterentwicklung der Lithografiemethoden für MtM ist insbesondere auch die Firma X-Fab angewiesen, die bekanntermaßen ihre Aktivitäten im MEMS-Segment (auch in Erfurt) ausbauen wird. Darüber hinaus nutzen weitere Firmen angepasste Lithografiemethoden, z.B. für biotechnologische und medizintechnisch-diagnostische Produkte (Beispiele sind die Firmen „Alere Technologies GmbH“ Jena und „microfluidic ChipShop GmbH“ Jena) ebenso wie Hersteller optischer Präzisionsmesstechnik (z.B. Carl Zeiss, Mahr Fertigungsmesstechnik, POG Präzisionsoptik Gera). Diese Lithografiemethoden benötigen nicht extrem kleine Strukturen, müssen aber flexibel, adaptierbar und kostengünstig sein, um bei einer für KMU typischen Kleinserienfertigung zum Einsatz zu kommen. Eine solche Entwicklung in der Industrie wird durch die hervorragenden Institutskompetenzen an IAP, IOF und IPHT auf mehreren MtM-relevanten Gebieten gestützt. (Detaillierte Ausführungen dazu siehe 5.5.1.)

- **Faseroptik und Wellenleiteroptik:** Deutschland bestimmt weltweit sowohl die ressourceneffiziente Produktion mittels Lasertechnik als auch den Medizingerätemarkt bei optischer Diagnostik- und Therapiegeräten wesentlich mit. Leider zeigt sich als Schwachpunkt, dass die dafür notwendige Entwicklung und Fertigung von Spezialfasern

für Faserlaser, Sensorik und medizinische Anwendungen (z.B. Endoskopie) in Deutschland nur wenig ausgeprägt sind.

Thüringer Akteure in diesem Gebiet:

j-fiber (Jena, Mitglied der LEONI-Gruppe):

Fasern für Hochleistungsfaserlaser, Multimodefasern für hohe Laserleistungen sowie Spezialfasern und Weiterentwicklung solcher Fasern (z.B. Fasern für Höchstleistungslaserbohren für die Erdölerkundung).

IAP, IPHT und IOF:

International herausragende Kompetenz auf dem Gebiet der Faserlaser; Durch Mittel der Fraunhofer-Gesellschaft, des Bundes und des Freistaats Thüringen sowie der Unternehmen Jenoptik und Trumpf unterstützte gemeinsame Fasertechnologiegruppe

- **Bildgebende Verfahren:** Bildgebende Verfahren spielen eine herausragende Rolle in allen Lebens- und Arbeitsbereichen. Etwa 80 % unserer Informationsaufnahme erfolgt über den visuellen Sinn. Deshalb ist die bildliche Wiedergabe messtechnischer Ergebnisse von besonderer Bedeutung. In der medizinischen und biotechnologischen Diagnostik ist der Vormarsch von 3D-Methoden (Computertomografie, Magnetresonanztomografie, alle Varianten der Mikroskopie und Endoskopie) unübersehbar; die industrielle Messtechnik setzt zunehmend auf optische bildgebende 3D-Methoden, z.B. statische und dynamische Formvermessung, Oberflächenstrukturen (Nutzung eines extrem breiten Wellenlängenbereichs); Für eine ressourceneffiziente Fertigung sind bildgebende Verfahren im Regel- und Steuerungskreis der Maschinen und Anlagen von wesentlicher Bedeutung. Nicht zuletzt sind bildgebende Verfahren ein entscheidendes Kettenglied für zukünftige Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine.

Folgende Thüringer Firmen sind in vielfältiger Weise in die Entwicklung von bildgebenden Verfahren und deren Integration in ihre Produkte involviert: Carl Zeiss (Microscopy, Meditec, industrielle Messtechnik, SMS), Jenoptik (alle Bereiche), Mahr (industrielle Messtechnik), GÖPEL electronic (Fertigungsmesstechnik), JenLab (mikrobiologische Messung und Manipulation), Vision & Control (Hardware: Kamerasysteme, Beleuchtungen), Allied Vision Technologies (industrielle Kameratechnik), Sypro Optics

(miniaturisierte Projektoranwendungen für Anwendungen beispielsweise in der Medizintechnik).

In den wissenschaftlichen Institutionen Thüringens spielt die Forschung und Entwicklung zur Softwareseite bildgebender Verfahren keine besondere Rolle. Die in den Interviews befragten Firmen nannten als Kooperationspartner meistens Universitäten und Institute außerhalb Thüringens. Unabhängig von der territorialen Lage der Partner wurde aber generell geäußert, dass in der Bildverarbeitung das schwächste Glied die Algorithmik ist, also der Teil, der die reale Situation im zu lösenden Problem darstellt. Für die Thüringer Unternehmen könnte zukünftig deshalb eine engere Kooperation mit der FSU, TUI und EAH bei der Lösung solcher Aufgaben von Vorteil sein. Unter diesem Aspekt ist ein Antrag im BMBF-Förderprogramm „Zwanzig20“ mit der Themenstellung „3Dsensation“ hervorzuheben.

4.1.2 SWOT-Analyse

Strengths (Stärken)

- Entscheidende Technologien und Dienstleistungen für die Bedienung der wichtigsten Leitmärkte Medizintechnik, Umwelt und Ernährung, Automotive, hochproduktive Fertigung mit photonischen Verfahren, Sicherheit vorhanden
- Globale Präsenz auf Volumenmärkten (bis zu mittleren Volumina) und Investitionsgütermärkten (in der Regel als OEM)
- Stabilität durch Präsenz in verschiedenen Märkten (Krisenfestigkeit) und hohe Exportraten über 60 %
- Hervorragende Verflechtung von Wissenschaft und Wirtschaft auf dem Teil der Wertschöpfungskette Komponenten – Module – Teilsysteme; es existiert ein Netzwerk von Wissenschaft, Ausbildung, Forschung, Entwicklung und Produktion.

- Rolle der Optik und Photonik als Wegbereiter („Key Enabling Technology³⁵“) in weiteren Technologiefeldern – damit Schlüsselrolle bei Cross-Innovation-Strategien
- Starke nationale und internationale Vernetzung in Wissenschaft und Wirtschaft
- Anwendungsorientierte Technologiebasis und Verfahrenskompetenz in Wissenschaft und Wirtschaft
- Erfolgreiche hohe Innovationsintensität in vielen Unternehmen zur Verschiebung ihres Geschäftsmodells zu höherer Komplexität bei Komponenten und Systemen
- Abgestimmtes Ausbildungsprogramm auf allen Stufen (von Spitzenausbildung auf akademischer Ebene über spezielle Fachhochschulstudiengänge bis zur firmenübergreifenden Ausbildung von Facharbeitern)

Weaknesses (Schwächen)

- Fehlen einer institutsübergreifenden Plattform für vorwettbewerbliche applikationsgetriebene und technologische Forschung und Entwicklung
- Technologiekompetenz für Optoelektronik ist nicht durchgängig vorhanden, sowie im Institutsbereich nur schwach ausgebildet
- Weniger schnelle Entwicklung als in anderen Regionen bei der Weiterentwicklung von klassischen optischen Verfahren sowie automatischer Montage, Leichtbau und generativer Fertigung (angewandte Forschung und Ausbildung)
- Hoher Anteil von Kleinunternehmen mit geringer Eigenkapitaldecke (zersplitterte Unternehmenslandschaft)
- Innovationspotenzial bei Kleinunternehmen häufig beschränkt (personell, technologisch)
- Mangelnde Gründeraktivität

Opportunities (Chancen)

³⁵ “Key Enabling Technology” – “A European strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs” Veröffentlichung der Europäischen Kommission vom 26.06.2012

- Dynamische Zielmärkte mit hohen Wachstumsraten (Medizintechnik, Sicherheitstechnik, hochproduktive Fertigungsverfahren (z.B. Halbleitertechnik, Laserverfahren))
- Nachfrage nach innovativen Prozesstechnologien (Technologien und Geräte)
- Nachfrage nach Problemlösungskompetenz
- Nachfrage nach miniaturisierten und hybriden Lösungen und Produkten in allen Zielmärkten
- Nachfrage im IR- und UV- bis Röntgen-Wellenlängenbereich wächst
- Hohe Fertigungstiefe aus eigener Kraft
- Potenzial zur Vernetzung mit weiteren Potenzialfeldern in Thüringen, von Maschinenbau bis hin zu Robotik und Kreativwirtschaft
- Hochqualifiziertes Fachpersonal aller Ausbildungsstufen

Threats (Risiken)

- Standortrisiko: hoher Anteil innovativer KMU ist z.T. in der Hand externer Investoren bzw. mit Hauptsitz in anderen Bundesländern
- Externe Abhängigkeit bei Materialien (Lasermaterialien, optische Materialien, Schleif- und Poliermittel)
- Externe Abhängigkeit bei optoelektronischen Komponenten
- Angespannte Situation auf dem Arbeitsmarkt: Akademiker-, Techniker- und Facharbeitermangel; Abwanderung von Fachkräften („High Potentials“)

4.1.3 Handlungsfelder

Unternehmensentwicklung

Die Entwicklung der Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette in Richtung komplexerer Bauelemente und Systeme, Problemlösungskompetenz und Export von Ausrüstungen und Technologien hat sich für die relativ kleinteilige Optikbranche als erfolgsversprechend erwiesen. Es gilt, die dabei zunehmende Kooperation zwischen den Unternehmen, die die Schwäche der zersplitterten Unternehmenslandschaft nachhaltig überwindet, zu nutzen und weiter auszubauen.

Kooperation und Verflechtung von Wissenschaft und Wirtschaft

- Impulse aus der regionalen Wirtschaft, z.B. über Direktaufträge sollen die Richtung und Inhalte der angewandten Forschung mitbestimmen.
- Applikationsgetriebene angewandte Forschung zu photonischen Technologien an Hochschulen, außeruniversitären Instituten und Industrie zur Unterstützung der diversifizierten Optikbranche auf möglichst allen Stufen der Wertschöpfungskette ausbauen.
- Vernetzung der wissenschaftlichen Potenziale durch Schaffung von Arbeitskreisen zu strategischen Themen der Angewandten Forschung zu Photonischen Technologien in Thüringen“, hochkarätig besetzt aus universitären und außeruniversitären Einrichtungen sowie der Industrie
- Bildung eines virtuellen Forschungscampus Jena für applikationsgetriebene angewandte Forschung zu photonischen Technologien unter Einbeziehung der Hochschulen, außeruniversitären Institute und der Industrie (Vorstufe einer späteren Institutionalisierung). Ziel sollte es sein, die Industrie aufgrund der Diversität in der Optikbranche auf möglichst allen Stufen und bei allen Gliedern der Wertschöpfungskette zu unterstützen.

Wissenschaft / Forschung und Entwicklung

- *Laser und Lasersysteme*: Laser und Laserbearbeitung sind ein Standbein der regionalen Industrie, die allerdings mehrheitlich auf Forschungskapazitäten außerhalb Thüringens zurückgreift. Wichtige Forschungsunterstützung aus Thüringen erhält sie auf den Gebieten Faserlaser und Mikrooptikbauelemente. Die gute Position bei der Lieferung

ausgewählter Laser und Lasersysteme (als OEM, Zielmärkte Medizintechnik und Materialbearbeitung) könnte unter Nutzung der Kompetenzen für Präzisions-, Feinst- und Mikrobearbeitung ausgebaut werden (z.B. generative Fertigung).

- *Lithografie*: Wie in 5.1.1 erläutert, sollte die sehr gute Position Thüringer Firmen in der gegenwärtigen Zulieferkette für MM-Lithografie unbedingt gehalten werden. Die weitere Flexibilisierung der Lithografiemethoden für MtM ist verfahrens- und gerätetechnisch von entscheidender Bedeutung für die herausragende Stellung Thüringer Unternehmen in Deutschland im Bereich mikro- und diffraktiv-optischer Komponenten und Messmethoden.
- *Faser- und Wellenleiteroptik*: Die Fortführung der Entwicklung und Fertigung von Spezialfasern für vielfältige Laser- und Messtechnik-Anwendungen sichert ein innovationsfähiges Alleinstellungsmerkmal der Region welches durch den Aufbau eines nationalen Fasertechnologiezentrums gestärkt würde. *Miniaturisierung, Integration und Kompaktbau photonischer Systeme*: Bezüglich der Konzentration von Kompetenzen und Kapazitäten der Industrie sowie der Institute nimmt die Region international eine Spitzenstellung ein. Der Ausbau sowie die Nutzung der vorhandenen Potenziale zur *Beschleunigung der Umsetzung in Produkte für die wichtigsten Zielmärkte* können zu einer weiteren Stärkung der technologischen Basis führen (Freiformoptik, modifizierte und strukturierte Oberflächen, Ur- und Umformverfahren für Optiken mit höher integrierten Funktionen, Einsatz von faser- und wellenleitenden Elementen, usw.). Leichtbau bei optischen Geräten ist ein potenzielles Zukunftsthema in der angewandten Forschung (mobile Geräte, ressourcensparende Herstellung).. Generative Fertigungsverfahren (additive Fertigung) stellen für den optischen Gerätebau, die industrielle Messtechnik und die Medizintechnik unter den Aspekten Miniaturisierung und für Stückzahlen zwischen 1 und einigen 1000 ein wichtiges Thema dar. Die Voraussetzungen in der angewandten Forschung sind dafür hervorragend (Faserlaser und Femtosekunden-Lasersysteme, zugehörige Optiken, Justage- und Montagetechnik höchster Präzision, optische 3D-Messtechnik, Erfahrungen mit MtM-Technologien, Erfahrungen bei Polymeren, Keramiken und Fasern). Langfristig ist diese Position nur durch entsprechende Geräte-Neuinvestitionen zu halten.

In Analogie zum Abbe Center of Photonics könnte über die Schaffung eines „Center for modern optical technologies (COT)“ als Teil des oben erwähnten virtuellen Forschungscampus' nachgedacht werden.

- *Bildgebende Verfahren:* Forschung und Entwicklung für diese Technologie bedarf es aus prinzipiellen Gründen, insbesondere dem schnell wachsender Einsatz bildgebender Verfahren in allen gesellschaftlichen Bereichen, sowie aus Unternehmenssicht fallspezifisch ganz konkreten Gründen in Thüringen einer wesentlichen Verstärkung. () . Die Aktivitäten bezüglich des Antrags „3Dsensation“ im BMBF-Förderprogramm „Zwanzig20“ zur Mensch-Maschine-Schnittstelle sollten nachdrücklich unterstützt werden. Die industrielle (Online- und Inline-Verfahren) und medizinische bzw. biotechnologische 3D-Messtechnik erfordert die Beherrschung problemangepasster Algorithmen in der Datenkette.

Die Schwachstellen in der akademischen Ausbildung und angewandten Forschung bei den bildgebenden Verfahren sollten gemeinsam mit der Industrie analysiert und in geeigneter Weise behoben werden. (Empfehlung an FSU, TUI, EAH)

- Industrielle und medizinische Messtechnik: Wissenschaft und Wirtschaft in der Region können die Tendenzen zur 3D-Messtechnik und zur Ausweitung nach kurzen Wellenlängen (UV, Röntgen, für Materialuntersuchungen, Medizin und Biotechnologie) und längeren Wellenlängen (IR für Sicherheit, Mobilität und automatische Fertigung) nutzen, um ihre globale Position in den Marktsegmenten auszubauen.

Ausbildung

Die Ausbildung in modernen klassisch-optischen Bearbeitungsverfahren und Optronik ausbauen, um den Nachwuchs von Fachkräften im Bereich zu sichern. (Master, dualer Studiengang; Vorbilder FHs Aalen, Deggendorf, Mittelhessen)

Förderung

- Förderinstrument: „Einzelbetriebliche Technologieförderung (ebT)“ des Landes besonders in Themen konzentrieren, die das Eindringen in neue Zielmärkte, den Übergang zu komplexen Komponenten und Systemen oder entscheidend höhere Produktivität

ermöglichen oder/und ein starkes unternehmerische Risiko bei der Entwicklung und Einführung von neuen Technologien verkörpern.

- Unterstützung von Investitionen (durch Förderung oder günstige Kredite) aus den gleichen Gründen
- Förderinstrument: „Förderung von Verbundprojekten“ des Landes für neue Produkte in den wesentlichen Zielmärkten und für unterstützende Technologien ausweiten

4.2 Innovationspotenziale in der Biophotonik

4.2.1 Ist-Zustand

Unter dem Leitgedanken „Forschen und Heilen mit Licht“ vereinen sich gesundheitserhaltende Themen, lebensrettende Maßnahmen sowie die Lebensqualität verbessernde Projekte, die mit den Mittel der Biophotonik beeinflussbar sind. Insbesondere das immer besser werdende Verständnis zellulärer Prozesse und molekularer Wirkmechanismen fördert den Vormarsch der Biophotonik.

Weltweit wird an der Entwicklung und Evaluierung biophotonischer Anwendungen gearbeitet, wie z.B. fluoreszenzbasierten Sonden, Biomarkern und bildgebenden Verfahren zur Identifikation verschiedenster Krankheitsbilder, innovativen Ansätzen zur personalisierten Medizin und neuen Wirkstoffen und der Nutzung der Möglichkeiten der Point of Care Diagnostik. Die Ergebnisse sind aus klinischer Sicht jedoch bisher – von wenigen Ausnahmen abgesehen – noch ernüchternd.

Um den Stellenwert u.a. der Biophotonik für die Thüringer Industrie zu eruieren, wurden 259 Medizinproduktehersteller, Zulieferer und Forschungseinrichtungen schriftlich mit einem Fragebogen befragt. Die Aussagen basieren auf den Rückmeldungen von 72 Befragten (62 Finalproduzenten, 10 Fo-Einrichtungen), sowie die Erfassung durch vertiefende telefonische Inter-

views (insgesamt 9, davon 3 Forschungseinrichtungen) detailliert. Die Aussagen der Hersteller sowie der Forschungseinrichtungen konnten in die Analyse eingebunden werden.³⁶

Abbildung 14 zeigt die Einschätzung der Befragten bzgl. der derzeitigen und zukünftigen Bedeutung einzelner Schlüsseltechnologien für ihr Unternehmen.

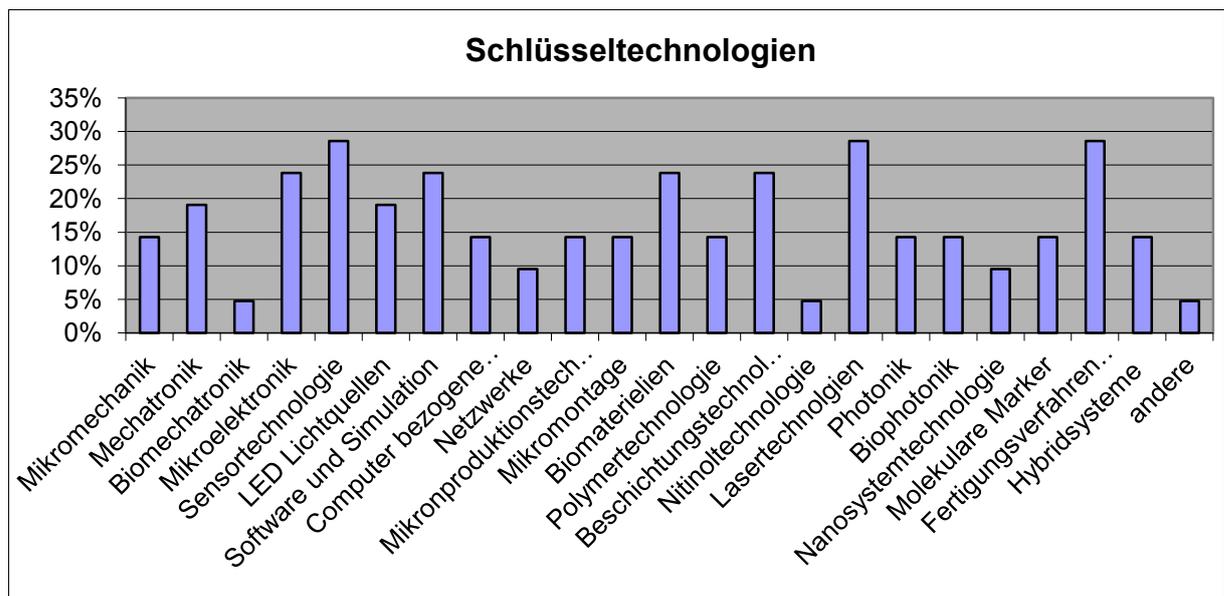


Abbildung 14: Bedeutung von Schlüsseltechnologien für die Thüringer Unternehmen
Frage: Welche Schlüsseltechnologien sind für Ihr Unternehmen bis 2020 maßgeblich?
(Mehrfachnennungen möglich) (Anzahl der Antwortenden: 49)

Rund 15 % der befragten KMU in Thüringen bewerten die Photonik bzw. Biophotonik als derzeit bzw. zukünftig bedeutsam für ihr Unternehmen. Das ist ausgesprochen viel, insbesondere vor dem Hintergrund einer Landschaft von Medizinprodukteherstellern, die auch durch Unternehmen wie der Bauerfeind (Operationssaalausstattungen und Herstellung medizinischer Hilfsmittel), der Otto-Bock (Rollstühle und Prothesen) oder der TRUMPF (Medizinsysteme) sowie einer Vielzahl von Implantateteherstellern geprägt ist.

³⁶ Die Befragung der Akteure im Innovationsfeld Biophotonik wurde eingebunden in die Potential-Studie des Wachstumsfeldes „Lifescience“ durchgeführt. Daher differieren die Angaben zu Anzahl der Befragten und Rückläufen in diesem Innovationsfeld zu den anderen Innovationsfeldern der Potentialstudie.

Systemanbieter bzw. Systemintegratoren wie Carl Zeiss, Carl Zeiss Meditec oder die sich etablierende Branche der Analytik – angeführt durch Analytik Jena oder Alere – weisen der Biophotonik oder auch den Lasertechnologien naturgemäß eine deutlich höhere Wertung zu.

Die biophotonische Forschung in Thüringen basiert auf einer langjährigen, durch Carl Zeiss geprägten Tradition. Das IPHT gehört heute zu den in Deutschland führenden Einrichtungen bei der Erforschung der Wirkung von Licht auf lebende Strukturen. Die Ausstrahlung des Instituts auf die FSU und das UKJ ist außerordentlich hoch. Die Befragung der universitären, außeruniversitären und wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen zur Bedeutung der Biophotonik fällt daher eindeutig aus (Abbildung 15).

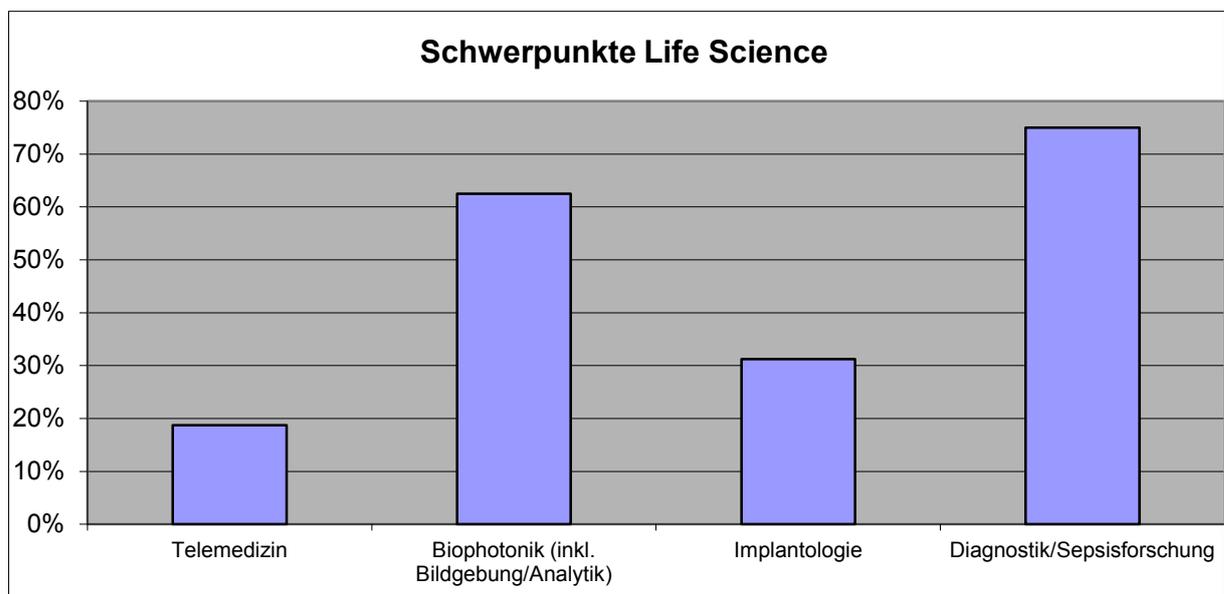


Abbildung 15: Bewertung der Bedeutung der Biophotonik durch die Forschungseinrichtungen
Frage: In welchen Feldern sehen Sie für sich künftige Schwerpunkte im Sinne des im Trendatlas Thüringen ausgewiesenen Handlungsfeldes Life Science?
(Anzahl der Antwortenden: 16)

Eine ausgezeichnete Umsetzung von Erkenntnissen aus der Physik in den klinischen Alltag erfolgt am Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie (IDIR) des UKJ mit der Arbeitsgruppe Experimentelle Radiologie. Hier werden mit neuesten Methoden der bildgebenden Diagnostik (Ultraschall, Röntgendiagnostik, Magnetresonanztomographie,

Computertomographie) anatomische und physiologische Veränderungen von Erkrankung erkannt, die sich auf molekularer Ebene manifestieren. Die Nutzung dieser molekularen Veränderungen in der bildgebenden Diagnostik kann langfristig zu einer verbesserten Frühdiagnostik und einem Screening von Patienten auf entsprechende Prädispositionen führen. Gesamtziel der Arbeiten auf diesem Gebiet ist daher die Entwicklung einer Technologie zur *in-vivo*-Diagnostik von Alzheimer, rheumatischer Arthritis und Brustkrebs. Grundlegendes Prinzip ist die Übertragung der heutigen molekularen Nachweismethoden aus der Laborforschung (*in-vitro*-Situation) auf die bildgebende *in-vivo*-Diagnostik.

Die industriegetriebene Forschung Thüringer Kompetenzträger kann derzeit gut aufgestellt agieren. Das betrifft das Engagement der Unternehmen wie auch das der universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in laufenden Verbundvorhaben. Die an den Konsortien beteiligten Projektpartner decken mit ihrer jeweiligen Fachkenntnis das notwendige optische und biochemische Know-how für eine erfolgreiche, molekulare Diagnostik bzw. Bildgebung nahezu vollständig ab (Die Erforschung von Biomarkern ist ein Thema, an dem weltweit Forschergruppen in verschiedensten Thematiken, z.B. den unterschiedlichen Krankheitsbilder, arbeiten; sämtliche Forschungsthemen dieses komplexen Gebietes lassen sich unmöglich nur in Thüringen verfolgen) und garantieren eine frühzeitige Verzahnung verschiedener Technologien bei der Erforschung und Entwicklung von Systemlösungen.

Marktzulassung / Regulatorische Rahmenbedingungen, klinische Studien

Um beurteilen zu können, inwieweit Forschungseinrichtungen und Unternehmen in den Prozess der Marktzulassung von Medizinprodukten bzw. der regulatorischen Rahmenbedingungen eingebunden sind, wurden beide Gruppen nach ihrer vermeintlich typischen Rolle und den ggf. vorhandenen Innovationshürden befragt. Die Ergebnisse zeigen Abbildung 16, Abbildung 17 und Abbildung 18.

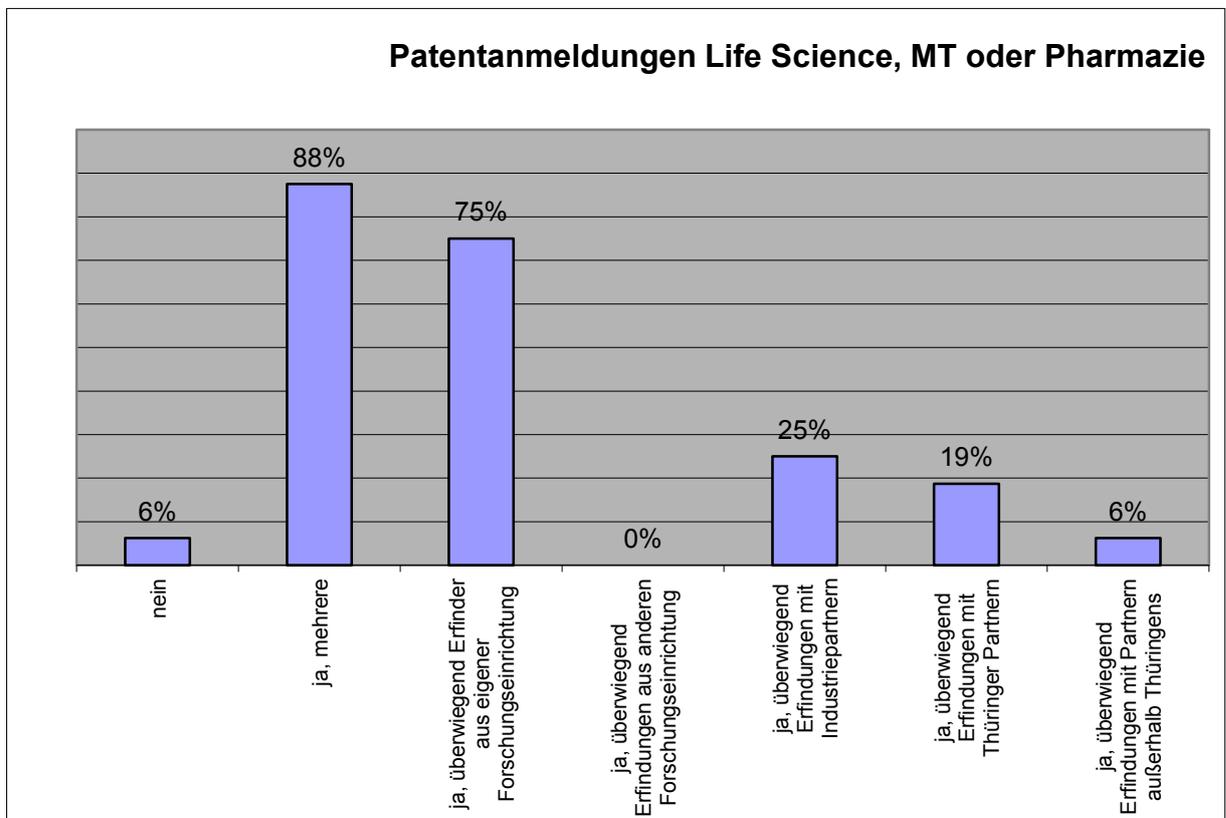


Abbildung 16: *Patentanmeldungen der Forschungseinrichtungen in den Bereichen Lebenswissenschaften, Medizintechnik und Pharmazie*

(Aufgrund vergleichbarer Zulassungshürden sind diese Ergebnisse auf den Bereich der Biophotonik übertragbar)

Frage: Haben Sie in den letzten beiden Jahren Patente/Schutzrechte auf dem Gebiet Lifescience, Medizintechnik, Biotechnologie oder Pharmazie angemeldet? (Anzahl der Antwortenden: 24)

Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen beurteilen den Stellenwert der regulatorischen Rahmenbedingungen differenziert. Die Unternehmen bewerten die Situation deutlich ungünstiger als die Forschungseinrichtungen. Obwohl die Forschungseinrichtungen eine deutliche höhere Anzahl von Patentanmeldungen vorweisen können, sind sie nur in geringem Maße am Zulassungsverfahren beteiligt.

Über die Quote der Beteiligung von Unternehmen an der Zulassung nach Medizinproduktegesetz gibt folgende Grafik Auskunft:

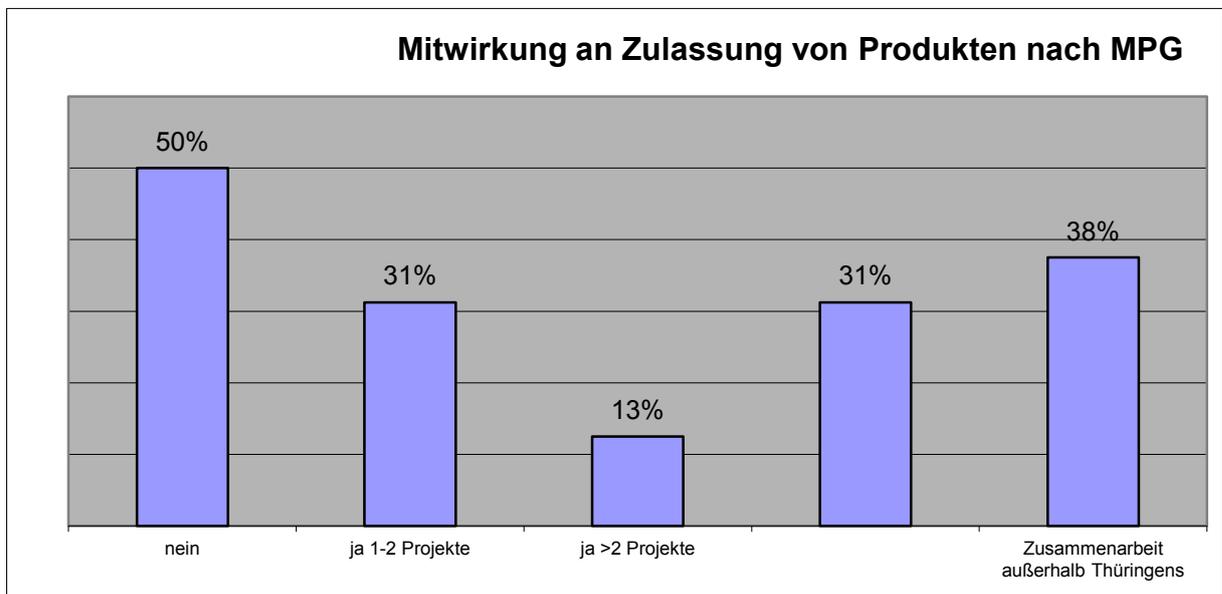


Abbildung 17: Mitwirkung der Forschungseinrichtungen an der Zulassung von Medizinprodukten Fragestellung im Fragebogen: Haben Sie in den letzten beiden Jahren an der Zulassung von Produkten nach dem Medizinproduktgesetz mitgewirkt? *(Aufgrund vergleichbarer Zulassungshürden sind diese Ergebnisse auf den Bereich Biophotonik übertragbar)*

(Anzahl der Antworten: 16)

Nach Unternehmensangaben wird der Gesamtprozess von der Idee bis zur Refinanzierung eines Medizinprodukts immer länger, komplexer und deutlich teurer. Insbesondere für kleine Unternehmen bzw. Startups sind diese Rahmenbedingungen hochgradig innovationsfeindlich und behindern nachhaltig Firmengründungen. (Möglicher Hintergrund: Medizinprodukte sind strengen und hochregulierten Zulassungsverfahren unterworfen, die erfüllt werden müssen, um die Marktzulassung zu erhalten und somit die Vermarktung überhaupt erst zu ermöglichen.)

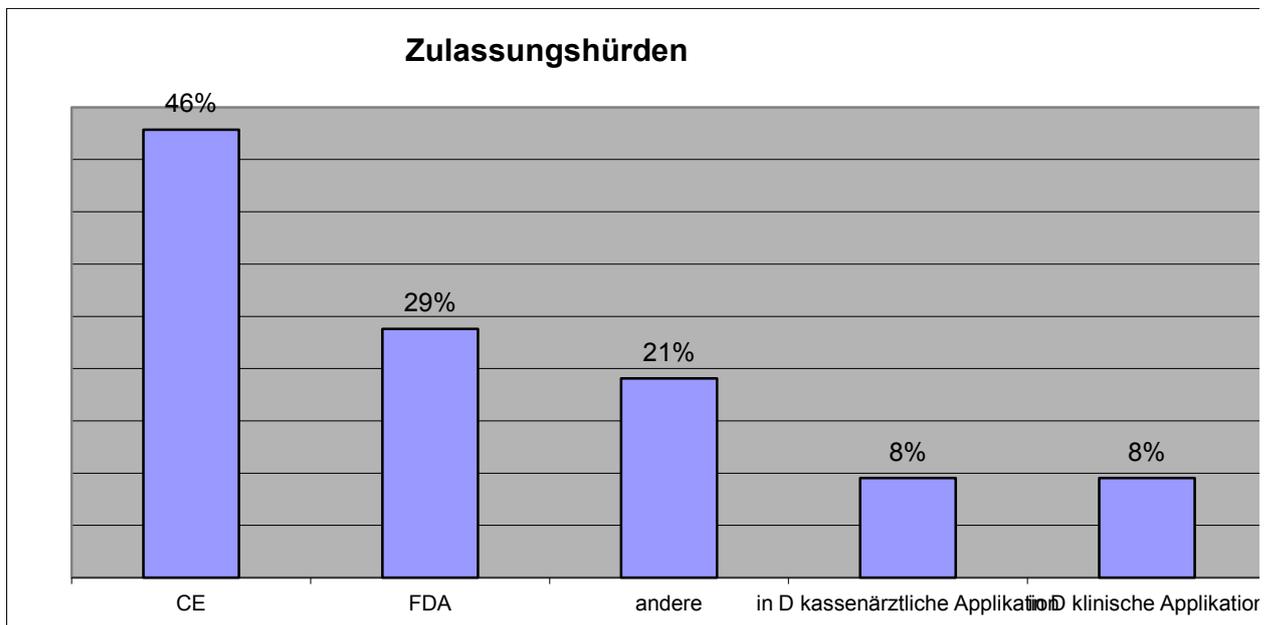


Abbildung 18: Antworten auf die Frage: Benennen Sie Marktzulassungshürden für Ihre Produkte. (Aufgrund vergleichbarer Zulassungshürden sind diese Ergebnisse auf den Bereich Biophotonik übertragbar)

(Anzahl der Antworten: 24)

Dabei bedeuten „CE“ Zulassungshürden, die durch die CE-konforme Zulassung im europäischen Rahmen entstehen, „FDA“ Zulassungshürden im Rahmen der Zulassung nach Vorgaben der „Food and Drug Administration“ für den US-amerikanischen Markt, „andere“ länderspezifische Vorgaben weltweit (ohne weitere Spezifizierung) und kassenärztliche sowie klinische Applikationen Zulassungshürden in diesen beiden Säulen des Bezahlsystems in Deutschland.

In diesem Kontext führen wachsende Forderungen nach klinischen Bewertungen und Studien im Zusammenhang mit einer späteren Refinanzierung im „durchgeregelten“ (deutschen) Markt zu einer signifikanten Planungsunsicherheit für die Unternehmen. Andererseits profitieren vor allem die Forschungseinrichtungen durch den Strategieprozess der Bundesregierung von einem umfangreichen Angebot an öffentlicher Förderung.

Neben der Unternehmensinitiative, einen klinischen Partner für klinische Studien zu identifizieren, ist am UKJ das Zentrum für klinische Studien etabliert, das patientenorientierte klinische Forschung im akademischen Umfeld nach den Qualitätsmaßstäben der guten klinischen Praxis (GCP) unterstützt. Aus Gründen begrenzter Kapazität steht das Zentrum jedoch Thürin-

ger Unternehmen nur eingeschränkt zur Verfügung. Als wissenschaftlicher Dienstleister arbeitet das Zentrum eng mit medways e.V. bei Konzeption, Planung, Durchführung, Auswertung und Berichterstattung klinischer Studien zusammen.

Ein klar ausgewiesenes Defizit für Thüringer Unternehmen zur Erlangung der Zulassung ihrer Medizinprodukte sowie der Zertifizierung ihrer Systeme nach DN ISO 13 485 stellt der Wegfall der Benannten Stelle 0118 in Ilmenau dar.

Beispielvorhaben

Im Folgenden sollen zwei Vorhaben vorgestellt werden, die in ihrer interdisziplinären Strukturierung, inhaltlichen Relevanz und Größenordnung die Leistungsfähigkeit der Thüringer Forschung auf den Gebieten der in-vitro- und in-vivo-tierexperimentelle Forschung, der Applikation von optischen Komponenten in der Medizintechnik und der Validierung von Biomarkern aufzeigen:

- *MODIAMD*: In Deutschland sind ca. 3,1 Millionen Menschen von der altersabhängigen Makuladegeneration (AMD) betroffen. Der sich vollziehende Alterungsprozess unserer Gesellschaft lässt für das Jahr 2020 schätzungsweise 4,5 Millionen AMD-Patienten erwarten.

Als Behandlungsmethoden stehen derzeit für fortgeschrittene (feuchte) AMD die Laserkoagulation, die photodynamische Therapie sowie die seit ca. zwei Jahren etablierte und besonders erfolgreiche, aber kostenintensive Antikörperbehandlung zur Verfügung. Für das frühe Stadium der Erkrankung wird bisher nur die gezielte Gabe von Spurenelementen sowie von Vitaminen empfohlen. Zusammenhänge zwischen AMD und Immunabwehr werden aktuell untersucht. Für Patienten in schweren Spätstadien der AMD stehen lediglich rehabilitative Maßnahmen inkl. vergrößernder Sehhilfen zur Verfügung. Die Möglichkeiten einer rechtzeitigen Erkennung früher Erkrankungsprozesse sowie der therapeutischen Intervention sind bislang sehr begrenzt.

Ziel des Thüringer interdisziplinären Industrie-Forschungsverbundes ist es daher, bei AMD-Patienten molekulare Veränderungen der Retina bei trockener AMD zu diagnostizieren und eine Frühdiagnostik für den Übergang der trockenen zur feuchten AMD sowie die molekulare

Bildgebung für eine patientenspezifische Therapie durch die Erforschung von Verfahren und Systemen zur funktionellen Bildgebung zu realisieren.

Es ist zu erwarten und durch Studien belegt, dass durch frühzeitige, auf molekularer Ebene erfolgte Diagnose von AMD (mittels selektinbasierter Sonden und Autofluoreszenz) und eine zielgerichtete, patientenspezifisch dosierte Therapie (durch an Medikamente gebundenen Label) deutlich gesteigerte Chancen zum Erhalt der Sehfähigkeit bestehen. Dazu müssen an zu entwickelnde molekulare Sonden angepasste ophthalmologische Verfahren bzw. Geräte identifiziert werden, die in Bezug auf Sensitivität, Spezifität und Quantifizierbarkeit deutlich über den Stand der Technik hinausgehen. Molekulare Sonden für eine bildgebende Diagnostik des Übergangs zur feuchten AMD und zum frühzeitigen Einsatz antiangiogener Therapien stellen einen wesentlichen Erfolgsfaktor der Methode dar.

Prävalenz		Gesundheitsökonomie	
D	4,5 Mio. Patienten AMD ¹	Kosten (Ø)²	17.400 € p.a.
USA	3,6 Mio. Patienten	pro Patient (D)	840 € p.a.
Tendenz	0,9 Mio. Patienten (feuchte AMD)	Präparate:	
	9,0 Mio. Patienten (trockene AMD)	Lucentis®	
	1,0 Mio. Patienten (feuchte AMD)	Avastin®	
	Starker Anstieg		
Diagnose		Therapie	

<ul style="list-style-type: none"> ▪ optische Kohärenztomografie (OCT) ▪ Angiographie 	<p>Trockene AMD: Gabe von Supplementen</p> <p>Feuchte AMD: VEGF-Inhibitoren (Lucentis®, Avastin®) stoppen das weitere Fortschreiten der Krankheit und verbessern (die Sehfähigkeit)</p>
<p><u>“Medical Needs”</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine Frühdiagnose bevor schwere, irreversible Symptome auftreten. ▪ Keine Vorhersage zur Dosierung und Frequenz der Therapie. 	<p><u>“Medical Needs”</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Feuchte AMD ist nicht heilbar, aktuelle Therapien benötigten lebenslange Behandlung mit teuren Medikamenten • Keine personalisierte Medizin

Abbildung 19: Potenzial des Biophotonik-Vorhabens MODIAMD

Die folgende Tabelle in Abbildung 16 zeigt grob geschätzt den Markt des Biophotonik-Vorhabens MODIAMD, unter Berücksichtigung der Unwägbarkeiten des vollständig neuen Segments.

	Umsatz p.a. [€]
Geräte	10 Mio. €
Sonden	190 Mio. €
Gesamtumsatz	200 Mio. €

Abbildung 20: Geschätzter Markt des Biophotonik-Vorhabens MODIAMD

Am Verbundvorhaben MODIAMD beteiligen sich u.a. Carl Zeiss Meditec sowie Carl Zeiss AG.

- *MINDE*: Der Morbus Alzheimer ist die bei Weitem häufigste chronisch neurodegenerative Erkrankung. Derzeit wird weltweit von etwa 50 Millionen Betroffenen und jährlich mehr als 8 Millionen Neuerkrankungen ausgegangen. Für die Nutzung innovativer Therapien ist entscheidend, dass die Erkrankung frühzeitig diagnostiziert wird, bevor schwere, irreversible Symptome auftreten. Die bestehenden klinischen Diagnoseverfahren wie kognitive Tests, Computertomografie und Magnetresonanztomografie erlauben weder eine Frühdiagnose des Morbus Alzheimer noch eine ausreichende Differentialdiagnose. Neue diagnostische Ansätze, wie die Diagnose mit Positronen-Emissions-Tomographie-(PET-)Sonden, sind zwar in der Lage, Morbus Alzheimer zu diagnostizieren, setzen aber eine sehr teure, nicht überall verfügbare Infrastruktur voraus. Zudem ist eine Therapiekontrolle mit diesen Verfahren undenkbar.

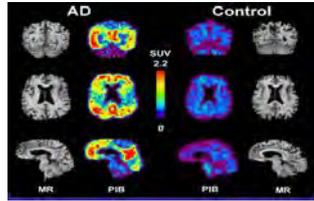
Ziel des Thüringer interdisziplinären Industrie-Forschungsverbundes ist daher die Grundlagenforschung eines vom kognitiven Status des Patienten unabhängigen Verfahrens für das Screening und die Frühdiagnose von Morbus Alzheimer sowie die Therapiekontrolle. Dies soll erreicht werden durch die Entwicklung eines kostengünstigen Screeningverfahrens zum Nachweis von β -Amyloid ($A\beta$) in der Augenlinse und eines hochsensitiven Diagnoseverfahrens zum Nachweis von β -Amyloid und τ -paired helical filaments (τ -PHF) in der Retina.

Die Projektpartner planen, eine völlig neuartige Systemlösung aus fluoreszenten Sonden in Kombination mit neuartigen Laserscannern und modernsten Kontrastverfahren für das Screening, die Frühdiagnose und die Therapiekontrolle des Morbus Alzheimer einer Vermarktung zuzuführen. Der Gesamtmarkt für diese Systemlösung wird auf anfänglich 700 Mio. € (ca. 600 Mio. € Sonde, ca. 100 Mio. € Hardwaremodule) geschätzt. Sowohl die Entwicklung der molekularen Sonden für die *in-vivo*-Diagnostik am menschlichen Auge als auch die spezifizierten Anforderungen für die molekulare Bildgebung zum Screening und zur Frühdiagnose von Morbus Alzheimer stellen höchste Anforderungen an die Thüringer Technologi Landschaft.

Diagnose

Therapie

Gehirn: PET-Marker¹⁰



“Unmet Needs”

Sehr teuer

Kein “point-of-care”-Ansatz

Pharmapipeline

Es sind verschiedene Medikamente in den Pipelines, z.B.

R1450/F. Hoffmann-La Roche (Phase I)

ACC-011/Elan Corp./Wyeth (Phase II)

Rember/Uni Aberdeen (Phase II)

LY450139/Elly Lilly (Phase III)

„Unmet Needs“

Keine Frühdiagnose

Kein Therapiemonitoring

CSF



“Unmet Needs”

Risiko

Teuer

Linse: QLS/Fluoreszenz³



“Unmet Needs”

Differentialdiagnose Katarakt?

Korrelation der Plaques in Gehirn und Linse?

Abbildung 21: *Potenzial des Biophotonik-Vorhabens MINDE*

Die folgende Tabelle zeigt grob geschätzt den Markt des Biophotonik-Vorhabens MINDE, unter Berücksichtigung der Unwägbarkeiten des vollständig neuen Segments.

	Umsatz p.a. [€]
Geräte	100 Mio. €
Sonden	586 Mio. €
Gesamtumsatz	686 Mio. €

Abbildung 22: Geschätzter Markt des Biophotonik-Vorhabens MINDE

Am Verbundvorhaben MINDE beteiligen sich u.a. Carl Zeiss, Diomics, die FSU AK Jena sowie das IDIR und die FSU Jena.

Global agierende Unternehmen wie die ALERE AG, Analytik Jena AG und die Mikrofluidik ChipShop GmbH sind Kompetenzträger der Point of Care Diagnostik. Sie bestimmen den Stand der Technik auf den entsprechenden Weltmärkten mit Technologien zur Miniaturisierung und der Entwicklung von Schnelltests mit.

4.2.2 SWOT-Analyse

Zur Ermittlung des SWOT-Profiles wurde das Feld Biophotonik in Thüringen gegenüber dem allgemeinen Stand in Deutschland verglichen.

Ziel der Untersuchung der Handlungsfelder und Empfehlungen soll die Stärkung der Thüringer Biophotonik sein, um einen Zuwachs vor allem wissensintensiver, hochbezahlter und stabiler Beschäftigungsverhältnisse am Standort zu ermöglichen.

Strengths (Stärken)

- **Biomarker**
 - Sehr gute Interaktion von Wissenschaft und klinischer Anwendung im Bereich der Identifikation stark alterskorrelierter Erkrankungen
(siehe Projektbeispiele MINDE und MODIAMD in Kap. 4.2.1)

- Global agierende Kompetenzträger und Akteure mit internationalem Renommee (z.B. die Firma Carl Zeiss Meditec AG zur ophthalmologischen Diagnostik)
 - Wissenszuwachs auf hohem Niveau wird in klinischer Anwendung und Lehre zeitnah umgesetzt (speziell am UKJ in der Abteilung für angewandte und experimentelle Radiologie IDIR)
 - Gute Vernetzung „in der Szene“ – auch über Thüringen hinaus (Enge Kooperation der Akteure mit der Ludwig Maximilians Universität in München)
 - In-vitro- und in-vivo-tierexperimentelle Forschungsaktivitäten (siehe Projektbeispiele MINDE MODIAMD in Kap. 4.2.1)
 - Vielzahl an Lebenswissenschaftlichen Forschungseinrichtungen als potenzielle Input-Geber vorhanden
- **Optik / Optoelektronik**
 - Kompetenzträger agieren global und besitzen internationales Renommee (z.B. Carl Zeiss, Jenoptik)
 - Vernetzung mit der Wissenschaft ist sehr gut (Verbundforschungsvorhaben der Fraunhofer Institute IOF und IPHT)
 - Universitäre Forschung wird durch außeruniversitäre Forschung exzellent ergänzt (Kooperationen zwischen FSU, IOF und IPHT)
 - Gesunder Mix aus Großunternehmen und KMU
- **Bild- und Informationsverarbeitung**
 - ausgeprägte IT-Kompetenzen mit hoher Spezialisierung im Bereich der Biophotonik (bildgebende Verfahren, Signalauswertung, Darstellung)
- **Validierung**
 - Zentrum für klinische Studien am UKJ vorhanden (allerdings nur begrenzt für Unternehmen nutzbar (s. auch Potentialanalyse im Bereich LifeScience))

- An zwei Standorten (Jena und Ilmenau) konzentriert, dort durch Unterstützung von Verbundprojekten großer Hebel für Transfer, Kooperationsvertiefung und gemeinsame Nachwuchsgewinnung realisierbar
- Beratertätigkeit durch medways e.V.

Weaknesses (Schwächen)

- **Biomarker**

- Interaktion zwischen Technologieanbietern (Wertschöpfung) und Klinik ausbaufähig
- Keine nennenswerten Neugründungen
- Schwierige Finanzierungssituation und Kapitalzugang für Startups

- **Optik / Optoelektronik**

- Institutsübergreifende Plattform für vorwettbewerbliche Forschung und Entwicklung nicht vorhanden
- Keine nennenswerten Neugründungen

- **Bild- und Informationsverarbeitung**

- IT als (wesentliche) Technologie im Life-Science-Bereich administrativ und im Kontext mit Förderregularien nicht oder zu wenig anerkannt

- **Validierung**

- Validierungsregelungen und Zulassungsverfahren stellen ein starkes Innovationshemmnis dar, siehe auch Pkt. Marktzulassung
- Zentrum für klinische Studien (ZKS) mit zu geringer Kapazität für KMU-Prüfung und -Validierung (bestimmungsgemäß anderes Aufgabenspektrum, daher nur bei freien Valenzen für KMU nutzbar)
- Wenig Unternehmen zur Durchführung von klinischen Studien

Schwächen gesamt:

Gemessen an den nicht unerheblichen öffentlichen Mitteln, die den Forschungseinrichtungen zur Verfügung stehen, sollte eine deutlich größere Anzahl marktrelevanter Produktentwicklungen und innovativen (Aus-)Gründungen neuer Unternehmen vorhanden sein.

Opportunities (Chancen)

- **Biomarker**

- Hohe Vernetzung über hochkomplexe und langfristige Verbundprojekte (z.B. Infectognostics)

- **Optik/Optoelektronik**

- Hohe Marktchancen für optische Komponenten in der Endoskopie mit Zubehör und therapeutische Lasersysteme, sowie Mikroskopie und Operationsmikroskopie

- **Bild und Informationsverarbeitung**

- Erwartete Wachstumssteigerung für „medical imaging“ und diagnostische Systeme

- **Validierung**

- Effektivere Zulassungsunterstützung Thüringer Firmen versprache höhere Transferrate von Innovationen bis zum Markt

Thüringen hat die Chance, sich zu einem namenhaften Akteur der Biophotonik zu entwickeln. Die Fachkenntnis der Kompetenzträger entlang der Wertschöpfungskette sowie die mit der demografischen Entwicklung der Bevölkerung einhergehenden Effekte, wie der zunehmende Anteil älterer Bevölkerungsschichten und dem damit einhergehenden Anstieg altersspezifischer Leiden und Erkrankungen und somit einem stark steigenden Bedarf entsprechender medizinischer Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten, katalysieren diesen Prozess.

Threats (Risiken)

- **Biomarker**

- Abwanderung von Fachkräften

- Abstand zur Weltspitze wird größer
- Zulassungshürden
- **Optik / Optoelektronik**
 - Abwanderung von Fachkräften
 - Zunahme internationaler Konkurrenz
- **Bild- und Informationsverarbeitung**
 - IT-Personal Spitzenverdiener nicht mehr bezahlbar
 - Personalmarkt „leergefegt“
- **Validierung**
 - Expertise wird außerhalb Thüringens eingekauft

4.2.3 Handlungsfelder

Damit ist das außerordentliche Potential der Photonik/Biophotonik für den Lifescience und Medizinprodukte Bereich eindrucksvoll bestätigt.

Aus den durchgeführten Untersuchungen ergeben sich folgende spezielle Handlungsfelder für die Biophotonik:

Transfer von Wissen in marktfähige Produkte:

- Schaffung von Möglichkeiten zum kontinuierlichen Austausch von Biophotonikentwicklern und –anwendern, z.B. in übergreifenden Fachgruppen der Thüringer Netzwerke
- Generierung von Verbundprojekten auf allen Komplexitätsstufen (inhaltlich wie strukturell) und Nutzung entsprechender Förderprogramme

- Stärken der Potentiale der biochemischen Forschung mit dem Ziel die Ausgründungsaktivität im Schwerpunktfeld Point of Care Diagnostik voranzutreiben
- Stärkere Nutzung der Möglichkeiten lokal vorhandener Kooperationen einzelner Partner unter Einbeziehung weiterer Akteure

Verflechtung von Wissenschaft und Wirtschaft:

- Konzentration auf die Schwerpunkttechnologien
 - fluoreszenzbasierten (Molekular-)Sonden und funktionalisierte Oberflächen
 - Biomarker
 - Bildgebende Verfahren (Minimalinvasive Optiken, Ultraschall, Röntgendiagnostik, Magnetresonanztomographie, Computertomographie)
 - Licht als Werkzeug in der Medizin (z.B. Laser und Lasersysteme)
- Fortschreibung der Forschergruppen, die auf Grund der Ausschreibung des TMWAT in 2012 initiiert wurden und Konzentration auf von der Industrie benannten Kernthemen, die sich im Laufe der bisherigen Arbeit dieser Forschungsgruppen herauskristallisiert haben oder neu Relevanz gewonnen haben.

Zulassung neuer Medizinprodukte:

- Entwicklung neuer Förderinstrumente für KMU für die Zulassungs- und Markteinführungsphase von Medizinprodukten (z. B. Analogien zu Mittelstandsrichtlinie Markteinführung innovativer Produkte und Produktdesign, MEP, der Sächsischen Aufbaubank)
- Personelle Stärkung des Zentrums für klinische Studien des UKJ um den Unternehmen einen besseren Zugang zu klinischen Studien zu ermöglichen

Entwicklung der Unternehmensbasis:

- Spezielle Unterstützung für Unternehmensneugründungen im hochrisikoreichen Biophotonik-Segment

4.3 Innovationspotenziale im Bereich Umwelt, Energie und Klima

4.3.1 Ist-Zustand

Leitmarkt effiziente Beleuchtung

Herausforderung für die Zukunft im Bereich Umwelt und Klima ist die Verringerung des CO₂-Ausstoßes und des Verbrauchs von fossilen Brennstoffen. Um dieses Ziel zu erreichen, kann die Entwicklung effizienter Leuchtmittel einen wichtigen Beitrag zum Schutz der Umwelt leisten.

Hinsichtlich des Marktvolumens wird die LED-Technologie nach Expertenmeinungen die dominierende Beleuchtungstechnologie zum Ende dieses Jahrzehnts sein (Photonics 21, Work Group „Lighting and displays“).

Die nachfolgende Abbildung 19 zeigt die vielseitigen Anwendungen und Technologien der effizienten Beleuchtung.

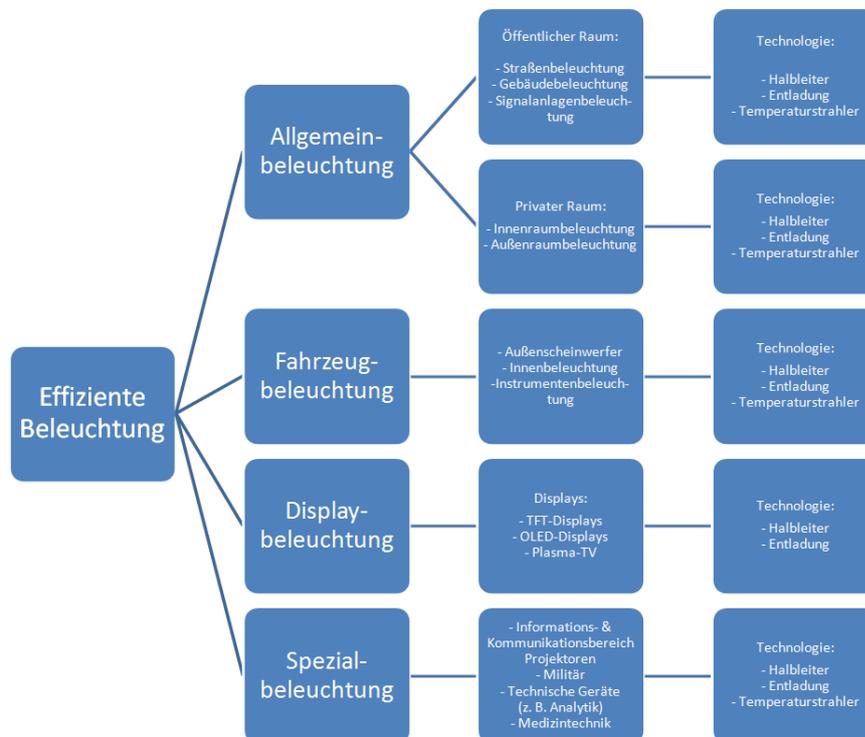


Abbildung 23: Überblick über die Anwendungen und Technologien der effizienten Beleuchtung. Quelle: Studie Green Photonics, LEG 2010

Die Zukunft der Beleuchtungsindustrie hängt allerdings wesentlich davon ab, in wie weit sie in der Lage ist, den Übergang von einfachen Lichtquellen zu intelligenten und kundenspezifischen Beleuchtungssystemen zu vollziehen. Die Entwicklung dieser Art von Beleuchtungssystemen ist sehr eng mit den neuesten Entwicklungen im Bereich mikroelektronischer Technologien, der Entwicklung elektronischer Schaltkreise und einer systemspezifischen Softwareentwicklung verknüpft.

Die Chancen für die Entwicklung neuer Beleuchtungsapplikationen mit hohem Wertschöpfungspotenzial sind massiv und bieten Möglichkeiten in den Bereichen Energieeinsparung, Verbesserung der Lichtqualität und erweiterten Funktionalitäten.

Roadmaps auf europäischer Ebene (Photonics21) setzen kurzfristig vor allem auf die Entwicklung intelligenter Lampen und Ansteuerungsmodule, mittel- und langfristig auf die Entwicklung intelligenter Beleuchtungssysteme für Städte sowie auf Systeme mit offener

Systemarchitektur. Daneben ist die Entwicklung von LED-Beleuchtungssystemen mit gezielter biologischer Wirkung (angepasstes Spektrum, Zeit- und Intensitätsverhalten) ein weiteres Entwicklungsziel.

Für Thüringen ist die Nutzung der LED-Technologie für die Beleuchtung, hier besonders auf dem Gebiet der Allgemeinbeleuchtung und im Bereich Automotive, bereits ein wichtiger Leitmarkt, aber auch die Entwicklung weiterer effizienter Beleuchtungsmittel wie Plasmalampen oder Leuchtstoffe zur Farbkonvertierung spielt eine Rolle.

Im Leitmarkt LED sind Thüringer Forschungseinrichtungen und Unternehmen an allen Stufen der Wertschöpfungskette nach der Chipherstellung beteiligt (Abbildung 20).

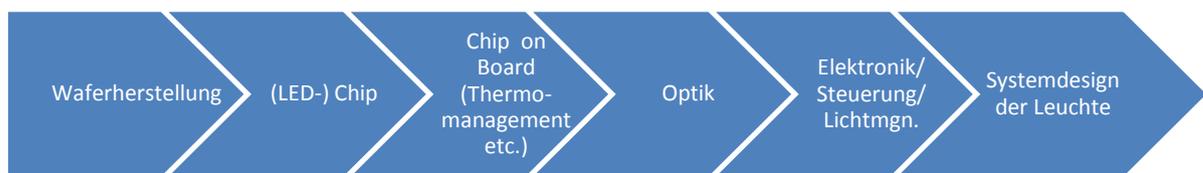


Abbildung 24: Wertschöpfungskette LED

Beispiele für Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf den verschiedenen Stufen der LED-Wertschöpfungskette sind:

1. **Chip on Board:**

TUI, IMMS, Jenoptik, LUCAS components

2. **Optik:**

IOF, POG Präzisionsoptik Gera, Fresnel Optics, Docter Optics

3. **Elektronik, Steuerung, Lichtmanagement:**

MAZeT, dilitronics, LUCAS components, Leuchtstoffwerk Breitung, Silicaglas Ilmenau

4. **Systemdesign:**

Jenoptik, Sypro Optics, Automotive Lighting, Lumundus, 2K Moxa Lighting, Truck-Lite

Bedient werden dabei verschiedene Anwendungsbereiche, wie:

- Allgemeinbeleuchtung
- Außen- und Straßenbeleuchtung
- Industriebeleuchtung
- Fahrzeugbeleuchtung
- Spezialbeleuchtung (für Mikroskope, Geräte, Analytik, Wasserentkeimung usw.)
- Beleuchtung für Messtechnik und industrielle Bildverarbeitung
- Projektionstechnologien

Die größten Entwicklungschancen für Thüringen sehen die im Rahmen der vertiefenden Analyse befragten Experten im Bereich der neuen Entwicklungen für die Allgemeinbeleuchtung und im Bereich der Retrofits (Ersatz alter Beleuchtungssysteme). Ein nicht zu unterschätzendes Problem ist es dabei allerdings, dass kleinere Unternehmen aus dem Beleuchtungsbereich sehr wenig Kapazitäten für innovative Entwicklungen haben und dementsprechend auch bisher wenig Verbundprojekte angestoßen wurden.

Bei den Spezialbeleuchtungen spielen neben der LED-Beleuchtung auch andere Lichtquellen in Thüringen eine Rolle und haben mit Wellenlängenbereichen von Ultraviolett bis Infrarot in zahlreichen industriellen, medizinischen und wissenschaftlichen Gebieten Einzug gehalten. Die Anwendungen liegen z.B. in der Analytik, der Wasserentkeimung sowie der Kosmetik- und Druckindustrie und sind hinsichtlich ihrer Herausforderungen sehr diversifiziert. Einsatzgebiete reichen von der Aushärtung von Klebstoffen bis hin zu Strahlquellen in der Mikroreaktortechnologie.

Hinsichtlich des Einsatzes von OLED im Bereich der Beleuchtung ist Thüringen derzeit nicht sehr stark aufgestellt. Es finden sich keine Produzenten im Freistaat. Trotzdem sehen viele Unternehmen und Forschungseinrichtungen das große Anwendungspotenzial dieser Technologie. Es zeigt sich vor allem dort, wo die OLED ihre Vorteile hinsichtlich der flächigen Beleuchtung, der Transparenz oder der Flexibilität ausspielen kann. Möglich ist der Einsatz von OLED als effiziente Displays in optischen Systemen. Dies setzt z.B. die Firma POG Präzisionsoptik Gera um, indem sie OLED zur Darstellung von Leuchtmarkierungen in

optischen Systemen für Zielfernrohre verwendet. Ähnliche Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere mit strukturierten OLED-Strahlern, bietet der für Thüringen relevante Geräte- und Instrumentenbau.

In der Umfrage zu dieser Potenzialanalyse konnten im Bereich der effizienten Beleuchtung aktuell Förderprojekte in der Industrie mit einem Volumen von 2 Mio. € und einer Förderquote von 46 % identifiziert werden. Die von den Gesprächspartnern erwarteten Wachstumsraten im Umsatz lagen deutlich über 10 % pro Jahr, bis hin zu optimistischen 20 %.

Leitmarkt Energie- und Solartechnik

Erneuerbare Energien sind eine Antwort auf die limitierten natürlichen Ressourcen zur Energiegewinnung (Erdöl, Erdgas, Kohle) und eine Alternative zu Atomkraftwerken. In Kombination mit einer intelligenten Steuerung, Vernetzung und Speicherung können sie eine nachhaltige Energieabsicherung gewährleisten.

Abbildung 21 zeigt den Anteil der erneuerbaren Energien am europäischen Bruttostromverbrauch.

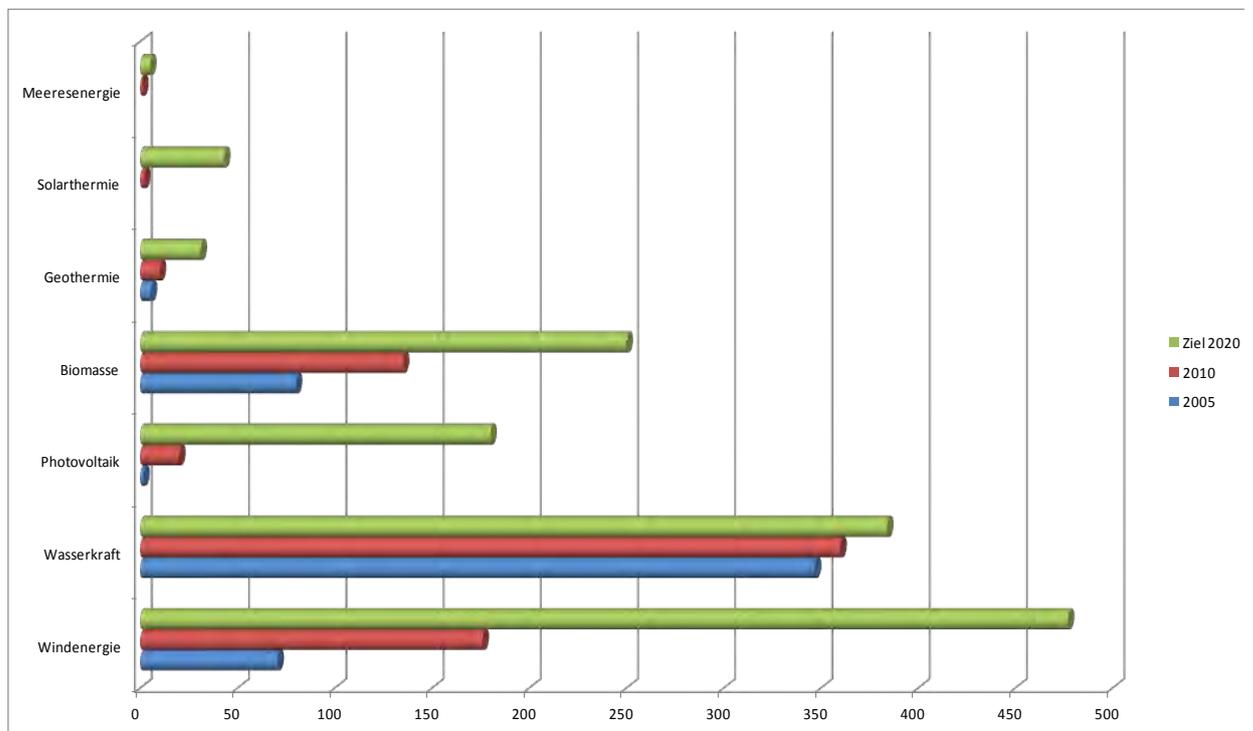


Abbildung 25: Anteil der erneuerbare Energien am europäischen Bruttostromverbrauch.
 Quelle: EREC Study 2008

Für Thüringen ist dabei in Bezug auf die optischen Technologien vor allem die Photovoltaik interessant. Zu finden sind Forschung und Produktion in verschiedener Ausprägung für die Technologien der kristallinen Siliziumzellen, der Dünnschichtsolarzellen, der organischen Solarzellen sowie der hochkonzentrierenden Photovoltaik.

In den letzten Jahren hat Thüringen sehr günstige Rahmenbedingungen für Unternehmen aus der Branche der erneuerbaren Energien geschaffen. Vor allem in der Photovoltaik nahm Thüringen bis vor kurzem eine Vorreiterstellung ein, mit ca. 50 Firmen und ca. 5.000 Mitarbeitern in Erfurt, Arnstadt und Jena.

In Thüringen wurde und wird die komplette Wertschöpfungskette der Photovoltaik abgebildet (Abbildung 22).



Abbildung 26: Wertschöpfungskette Photovoltaik

Die wichtigsten Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf den verschiedenen Stufen der Photovoltaik-Wertschöpfungskette sind:

1. **Rohsilizium:** IPHT, CiS, WACKER
2. **Solarwafer:** PV Crystalox Solar
3. **Solarzellen:** CiS, TUI, IPHT, Sunways
4. **Solarmodule:** CiS, TUI, GSS Gebäude-Solarsysteme, asola, Masdar PV, Docter Optics, Fresnel Optics
5. **Solarsysteme:** TUI, FH Nordhausen, Masdar PV, asola

Die in Thüringen ansässige Forschung auf dem Gebiet der Photovoltaik (PV) ist durchaus als industrienah zu bezeichnen, die komplette Wertschöpfung wird von mehreren Instituten begleitet. Allerdings sind die Forschungskapazitäten im Vergleich zu anderen etablierten PV-Forschungseinrichtungen eher gering und dezentral, sodass komplexe Problemstellungen oft nicht von einer Institution allein bearbeitet werden können.

Die Thüringer PV-Unternehmen stehen derzeit vor einer großen Herausforderung. Die (staatlich gestützte) Kostenführerschaft asiatischer PV-Hersteller und eigene Überkapazitäten sind wesentliche Ursachen für eine gerade stattfindende Konsolidierungswelle. Deshalb beschäftigen sich die produzierenden Unternehmen aktuell u.a. mit:

- der Sicherstellung von wettbewerbsfähigen Kosten durch entsprechende Skalierungseffekte und/oder Innovationsführerschaft

- dem Zugang zum Projektgeschäft, sowohl in Europa als auch zunehmend in anderen Wachstumsmärkten
- dem Aufbau von Nischen durch geeignete Anwendungen (z.B. im Bereich Automotive)

Zulieferer für die hochkonzentrierende Photovoltaik, wie Fresnel Optics und Docter Optics, haben in diesem Konsolidierungsprozess gute Aussichten, da sie die technologische Spitzenposition ihrer Produkte sichern können.

Im Bereich der organischen Photovoltaik beschränken sich die Aktivitäten in Thüringen auf die Forschung, hier speziell auf das TITK und die TUI.

Durch den Gewinn des BMBF-Spitzenclusterwettbewerbs konnte die Solarbranche in Thüringen einige Jahre deutlich von überregionaler finanzieller Forschungsförderung profitieren. Wichtig sind aktuell auch Prozesse, die gewährleisten, dass wichtiges Know-how geschützt wird und bei den agierenden Unternehmen bleibt.

Methoden der Tiefengeothermie zur Energiegewinnung sind in Thüringen noch nicht etabliert, aber durchaus in der Diskussion. Entwicklungsarbeiten laufen z.B. an der FSU oder bei JENA-GEOS. Hier kann die Photonik unter Nutzung spektroskopischer Methoden und der fasergestützten Sensorik zukünftig Beiträge im Bereich der Standortwahl leisten.

Leitmarkt Umweltanalysesysteme, Erdbeobachtung

Umweltbeobachtung und Umweltanalyse mittels optischer Sensoren können als Messungen in der Luft, auf der Erde, im Wasser oder aus dem Weltall durchgeführt werden. Die Trends für die nächsten Jahre im Bereich Umweltsensoren gehen in Richtung Miniaturisierung, Langzeitüberwachungen und Echtzeitdatenübertragung, kabellose Übertragung, schnelle Verarbeitung sowie verbesserte Empfindlichkeit und Flexibilität der Sensoren. Hierbei kommt optischen und optoelektronischen Systemen eine große Bedeutung zu. Technologische Weiterentwicklungen im Bereich der Nanotechnologie, der Halbleitertechnologie und der Kommunikationstechnologie treiben die Weiterentwicklung voran.

Strategische Entwicklungsziele der instrumentellen Analytik liegen in der Minimierung des Einsatzes von reaktiven und potenziell gefährdenden Reagenzien sowie des Verbrauchs an teuren Hilfsstoffen in der industriellen Produktion.

Der Markt für Umweltsensoren profitiert von der Tatsache, dass viele Länder der Erde mit Umweltverschmutzungen zu kämpfen haben und versuchen, die Verschmutzungen zu erkennen und zu beseitigen. Schärfere Gesetze und Verordnungen zum Schutz der Umwelt verstärken die Nachfrage nach Umweltsensoren weiter.

Ein erheblicher Anteil dieser Sensoren wird als Sensoren für umweltrelevante Prozesse genutzt. Das Marktforschungsunternehmen Frost & Sullivan schätzt die Wachstumsraten auf diesem Sektor auf 5 bis 6 % im Jahr (Frost&Sullivan: Sensors Market, Vol.28, Iss: 4).

International werden aktuell die größten Entwicklungschancen im Bereich der Umweltsensorik, Nahrungs- und Wassersicherheit für Detektoren im Spektralbereich des extended IR (EIR), d.h. im Bereich zwischen 1 ..1000 µm gesehen. Der globale Markt für Umweltanalysesysteme wird gegenwärtig mit bis zu 10 Mrd. Euro abgeschätzt³⁷, der für Wasseranalysesysteme mit 1,5 Mrd. Euro³⁸

In Thüringen sind zahlreiche Forschungseinrichtungen und Unternehmen im Bereich der photonischen Umweltsensorik tätig. Im Folgenden werden diese unter Nennung der für die photonische Umweltsensorik relevanten Arbeitsfelder aufgeführt:

IPHT Jena:

Entwicklung von Faser-Bragg-Sensoren für verschiedene industrielle Anwendungen; Trinkwassermonitoring, Online-Schadstoffnachweis in Kläranlagen; UV-Spektroskopie; Spurenanalyse im Reinstwasser, Prozessdiagnostik, insbesondere Verbrennungsdiagnostik hinsichtlich Steigerung der Effektivität von Verbrennungsmotoren und Senkung des Schadstoffausstoßes, Im Bereich der Nahrungs- und Wassersicherheit POC Systeme zur Detektion von bakteriellen Kontaminationen

Fraunhofer IOF:

Entwicklung und Bau von optischen Komponenten für satellitengestützte Erdbeobachtungssysteme

³⁷ „Environmental Sensing and Monitoring Technologies: Global Markets“, BCC Research, Wellesley (USA), October 2011

³⁸ “Water Analysis Instrumentation: A Global Strategic Business Report”, Global Industry Analysts Inc., San Jose (USA), August 2011

CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik:

Umweltsensoren, z.B. Fluoreszenzsensoren für Sauerstoff und Sensoren zur Lebensmittelkontrolle, Strahlungsdetektoren

Analytik Jena:

Analytik der Elemente und Moleküle zur Quantifizierung von Schadstoffen in der Umwelt; spezieller Nachweis von Quecksilber; Ultrapurennachweis für die Halbleiter- und PV-Industrie

Carl Zeiss Microscopy:

Spektrometer für Einsatz in Landwirtschaft und Lebensmittelkontrolle (z.B. Wasser-, Fett- und Proteingehalt in Fleisch)

FBGS:

Herstellung von Faser-Bragg-Sensoren für verschiedene industrielle Anwendungen

Fibotec Fiberoptics:

Lichtquellen für Fasersensoren

GESO:

Industrielle Anwendung von Fasersensorik nach dem Prinzip des Raman-Effekts (Sicherung von Altdeponien über Bohrlochmessungen, Dichtheit von Gasspeichern, Pipeline-Lecküberwachung); industrielle Anwendungen der Faser-Bragg-Sensorik (Sicherung Altbergbau, Brandfrüherkennung in Tunneln, Qualitätssicherung bei Geothermie-Bohrungen)

GMBU e.V. Jena:

Optische und optochemische Sensoren für Umwelt- und Prozessüberwachung; Fluoreszenz- und spektrale Bildgebungsverfahren für Bioreader-Anwendungen

Jenoptik Polymer Systems:

Entwicklung und Herstellung von Minispektrometern verschiedener Wellenlängenbereiche

MAZeT:

Farbsensoren

UST Umwelt-sensortechnik:

Photoakustische Gassensoren zum Nachweis von CO₂, CO und H₂; Globalstrahlungsmessung für PV-Anlagen

4H- JENA engineering:

Wassermonitoring Küste und Meer, Binnen- und Oberflächengewässer, im industriellen Umfeld; europaweit einziges Unternehmen, das automatisches Messsystem zum Monitoring auf Schiffen, Messplattformen und Flussmessstellen herstellt; optische Messprinzipien sind Absorptionsspektroskopie, Lasermesstechnik und telezentrische Messverfahren

Jena-Optronik :

Systeme für multispektrale Weltraumforschung; 3D-Aufnahmesysteme; Kameraentwicklung für RapidEye als System in satellitengestützten Erdbeobachtungssystemen für Landwirtschaft und Kartografie

Diese Auflistung zeigt, dass für den Bereich Umweltmonitoring in Thüringen eine Vielzahl von unterschiedlichen Sensoren entwickelt und gebaut werden. In diesem Bereich gibt es allerdings auch Systemanbieter und Systemintegratoren, wie Carl Zeiss Microscopy oder Analytik Jena.

Die satelliten- und luftgestützte Fernerkundung ist ein wichtiger Bereich des Umweltmonitorings. Die Thüringer Firma Jena-Optronik ist eines der weltweit führenden Unternehmen für optoelektronische Raumfahrtsysteme. Zusammen mit dem IOF als Entwicklungspartner werden Geoinformationssysteme und Systeme für Umweltmesstechnik und Meteorologie entwickelt.

Hier hat die Thüringer optische Industrie ein Alleinstellungsmerkmal im Bereich Subsysteme bzw. Systeme. Der Einsatz modernster Bearbeitungstechnik (z.B. Ultrapräzisionsbearbeitung, optische Schichten) eröffnet zukünftig weitere Möglichkeiten zum Ausbau dieses (Nischen-) Markts mit hohen Ertragschancen. Die satellitenbasierte Fernerkundung ist dabei nur ein Wachstumsfeld. Kameras mit speziellen Spektralbereichen und Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Flugzeugtypen und Drohnen erhöhen die Verfügbarkeit und ergänzen terrestrische Verfahren zum Umweltmonitoring.

In der Umfrage zu dieser Potenzialanalyse konnten im Bereich der Umweltanalysesysteme derzeit Förderprojekte in der Industrie mit einem Volumen von 3,75 Mio. € und einer Förderquote von 43 % identifiziert werden.

Die von den Gesprächspartnern erwarteten Wachstumsraten im Umsatz lagen bei den Sensorherstellern mit ca. 5 % pro Jahr im Mittel unter dem Durchschnitt der mittleren Branchenerwartungen. Eine auf Grund der Befragungen abgeschätzte Exportquote von $\leq 30\%$ liegt ebenfalls deutlich unter dem Mittelwert der Branche von ca. 70 %. Das liegt vor allem daran, dass die regionalen Sensorhersteller noch zu wenig mit global tätigen Systemintegratoren zusammenarbeiten. Hier bieten sich, auch nach Ansicht Thüringer Experten, deutliche Zukunftspotenziale. Insbesondere ergeben sich Chancen im immer wichtiger werdenden Wellenlängenbereich des EIR. Hier existieren aktuell sowohl auf Seiten der Detektoren als auch bei den Strahlquellen nur sehr teure Insellösungen. Das generelle Ziel für die Zukunft ist aber die Schaffung eines kompletten Satzes aktiver und passiver photonischer Analyseelemente im low-cost Bereich. Die Thüringer Industrie- und Forschungsstruktur hat gute Chancen, sich bei der Entwicklung solcher Systeme zu beteiligen.

4.3.2 SWOT-Analyse

Strengths (Stärken)

- ***Energieeffiziente Beleuchtung***
 - Enge Zusammenarbeit Industrie und Forschungspartner
 - International anerkannte Entwicklungspartner
 - Wertschöpfungskette im Bereich LED zu großen Teilen abgebildet
 - Know-how in relevanten Bereichen wie Aufbau- und Verbindungstechnik, Elektronik, Sensorik, Messtechnik, Farbmesstechnik
 - Viele innovative KMU
 - Verschiedene Beleuchtungstechnologien (z.B. Plasmalampen, Farb-LED, UV-Lampen)
 - Qualifiziertes Personal

- **Energie- und Solartechnik**

- Know-how im Maschinen- und Anlagenbau
- Großunternehmen mit Kompetenz in Systemintegration
- Gut durchmischte Unternehmensstruktur
- Breites Spektrum im Technologiebereich
- Gute politische Rahmenbedingungen in Thüringen
- Gute Forschungsfinanzierung

- **Umweltanalysesysteme**

- Großes Forschungspotenzial zur Entwicklung von Sensoren und Sensorsystemen
- Kompetenz bei Entwicklung von Fasersensoren (z.B. Bragg-Sensoren)
- Kompetenzen im Bereich der Infrarotsensorik (auch EIR)
- Alleinstellungsmerkmale bei Fernerkundungssystemen

Weaknesses Schwächen:

- **Energieeffiziente Beleuchtung**

- Keine Großunternehmen im Bereich Chipherstellung
- Kleine Unternehmen mit wenig Forschungspotenzial
- Keine Systemintegratoren im Bereich allg. Beleuchtung
- Geringe Kompetenzen im Bereich OLED lediglich als Anwender
- Hohe Personalkosten, speziell im Entwicklungsbereich

- **Energie- und Solartechnik**
 - Relativ hohe Produktions- und Entwicklungskosten
 - Begrenzter lokaler Markt
 - Produkte mit wenig Alleinstellungsmerkmalen
 - Begrenzte Forschungskapazitäten
 - Schließung wichtiger Produzenten und Standorte

- **Umweltanalysesysteme**
 - Relativ langsam wachsender Markt
 - Geringer Marktzugang
 - Kleinteilige Unternehmensstruktur
 - Wenig Systemanbieter und Systemintegratoren
 - Geringe Exportquote

Opportunities (Chancen)

- **Energieeffiziente Beleuchtung**
 - Zahlreiche Anwendungsgebiete in Wachstumsmärkten (Automotive, Allgemeinbeleuchtung)
 - Hohe Wachstumsraten im Bereich Beleuchtung
 - Zahlreiche Nischenanwendungen in verschiedenen anderen Marktsegmenten (Industrierausrüstung, Analytik, Medizin, Lebenswissenschaften)

- **Energie- und Solartechnik**

- Entwicklung der Technologieführerschaft in Nischen durch Forschungsk Kooperationen
- Besetzung von Nischen in Märkten der Automobilindustrie, Medizintechnik oder Sicherheitstechnik
- Nutzung der Möglichkeiten im Bereich Photonenmanagement
- Zugang zum Projektgeschäft
- Möglichkeit der Internationalisierung

- **Umweltanalysesysteme**

- Markt in vielfältigen Anwendungsgebieten
- Neue sich entwickelnde Märkte
- Zusammenarbeit mit Systemintegratoren
- Erschließung von internationalen Märkten

Threats (Risiken):

- **Energieeffiziente Beleuchtung**

- Standardisierung, Normierung und Prüfkriterien noch unklar (speziell Straßenleuchten, aber auch Beleuchtung generell)
- Konkurrenz von Großunternehmen aus Asien
- eingeführte Technologien mit konkurrenzfähigen Eigenschaften (Hochdrucklampen)

- **Energie- und Solartechnik**

- Konkurrenz aus dem asiatischen Markt

- Änderung der (politischen) Rahmenbedingungen für die Märkte
- Abhängigkeit von Konzernentscheidungen
- extremer Wettbewerbsdruck internationaler Konkurrenten
- Konkurrierende Technologien
- ***Umweltanalysesysteme***
 - Konkurrierende Technologien
 - Änderung der politischen Rahmenbedingungen für die Märkte

4.3.3 Handlungsfelder

Für alle Leitmärkte ist die verstärkte Zusammenarbeit mit Partnern aus angrenzenden Entwicklungsfeldern und potenziellen Märkten von essentieller Bedeutung. Das betrifft in Thüringen vor allem die Bereiche Medizintechnik, Bio- und Lebenswissenschaften, Automotive, Mikro- und Nanotechnologien, Energie, Robotik und neue Materialien. Nach den Ergebnissen der Umfrage steht vor allem die Miniaturisierung von Komponenten und Systemen für alle Leitmärkte auf der Tagesordnung. Hier wird als Lösung häufig der Einsatz von Freiformoptik zur Minimierung von Volumen und Gewicht und zum Aufbau robuster und hochauflösender Systeme gesehen.

Bei der Entwicklung neuer Wirkprinzipien im Bereich der Sensorik setzt man verstärkt auf die Anwendung optischer Fasern.

Leitmarkt effiziente Beleuchtung

Experten aus dem Bereich der Beleuchtungstechnik, involvierte Forschungsunternehmen, Industrieunternehmen aus diesem Bereich aber auch Partner aus anderen Technologiefeldern sehen im Leitmarkt effiziente Beleuchtung deutliche Entwicklungschancen für Thüringen mit Wachstumsraten über 10 % pro Jahr. Etwa 25 % der

Rückläufe aus den Umfragen setzen hier einen Schwerpunkt, weitere geführte Experteninterviews bestätigen dies.

Als Handlungsfelder ergeben sich:

- Aufbau von strategischen Partnerschaften entlang der Wertschöpfungskette (z.B. unter Nutzung komplexer Förderprogramme wie „Wachstumskeim“, „Zwanzig20“) und Nutzung der Entwicklungspotenziale weiterer Teilgebiete der optischen Technologien. Insbesondere Ausbau der Kompetenz in Optik- und Mechanikdesign hin zu Freiformoptiken und damit zu kleineren und robusteren Systemen.
- In der Entwicklung liegen vielversprechende Schwerpunkte im Bereich innovativer Plattformkonzepte, der Integration von Leuchtmittel und Sensorik, der adaptiven Optikkomponenten, der miniaturisierten Elektronik, des Thermomanagements, der stabilen Aufbau- und Verbindungstechnik, aber auch im Bereich entsprechender Softwareentwicklungen.
- Handlungsbedarf besteht weiterhin in gemeinsamen (nationalen und internationalen) Aktivitäten zur Standardisierung bzgl. der folgenden Themen: Aktuell sind drei neue VDI/VDE-Fachausschüsse im Fachbereich „Optische Technologien“ geschaffen worden, die Richtlinien zum Optikdesign, zur Fertigung optischer Komponenten und zur Vermessung der lichttechnischen Eigenschaften von LED-Beleuchtungssystemen erarbeiten sollen.
- Stärkere Nutzung der Kompetenzen im Bereich der physiologischen Bewertung von Beleuchtungssystemen sowie der Prüfmethodik für Farbe und Lichtstrom.
- Im Bereich der OLED ist eine stärkere Kooperation mit Entwicklungspartnern und Produzenten (z.B. in Sachsen) anzustreben, um OEM-Lösungen in Thüringen zu entwickeln. Genutzt werden kann dazu das aktuell bestehende ZIM NEMO Netzwerk „OLAB“

Leitmarkt Energie- und Solartechnik

Etwa 20 % der Befragten sehen die Energietechnik als ein wichtiges Handlungsfeld für Thüringen im Bereich der Photonik. In der Bewertung spielt sicherlich die derzeit schwierige Situation der Photovoltaik eine Rolle. Eine Stabilisierung der aktuellen Forschungs- und Produktionslandschaft werten die Befragten schon als Erfolg. Ein deutliches Wachstum bei „klassischen“ Systemen wird aufgrund der starken Konkurrenz in Asien nicht erwartet. Schwerpunkte bei den Zukunftsstrategien liegen z.B. im Bereich der Entwicklung und Produktion von Gesamtsystemen bzw. höher integrierten Systemen, aber auch in der Entwicklung von hochtechnologischen Nischenprodukten.

Im Bereich der Tiefengeothermie ist das Potenzial für photonische Anwendungen noch nicht ausgelotet, es könnte sich aber mit Etablierung dieser Technologie, die aktuell im Land vorangetrieben wird, in Thüringen entwickeln. Die Potenziale für photonische Anwendungen liegen dabei wahrscheinlich vorrangig im Bereich der Fasersensoren.

Als Handlungsfelder ergeben sich:

- Verbesserung der PV-Produktionsverfahren durch Nutzung optischer Technologien, um Herstellkosten zu reduzieren, Qualitätsprozesse in der Solartechnologie zu unterstützen und damit die Qualität der hergestellten Produkte sicherzustellen bzw. zu optimieren
- Erschließung von Nischenanwendungen mit Hilfe optischer Technologien (Photonenmanagement, Mikrostrukturierung, Laserprozesse zur Produktion) z.B. im Bereich Automotive, Architekturanwendungen, organische Solarzellen und hochkonzentrierende Photovoltaik durch die produzierenden Unternehmen in der Region in enger Zusammenarbeit mit den geschaffenen Forschungskapazitäten
- Von Seiten der Politik (Zusammenarbeit Land, Bund und EU) Schaffung stabiler Rahmenbedingungen und Unterstützung des Antidumpingprozesses im Massenmarkt für Module und Solarglas

Leitmarkt Umweltanalysesysteme

Dieser Markt ist sehr diversifiziert, sowohl in Bezug auf die technologische Basis und das Produktspektrum als auch auf die potenziellen Anwendungsfelder. Obwohl im Ergebnis der Befragung nicht mit überdurchschnittlichen Wachstumsraten gerechnet wird (bis auf

Ausnahmen), bewerten mehr als 50 % der Befragten diesen Leitmarkt als sehr wichtig und mit hohem Zukunftspotenzial für Thüringen.

Die Befragten betonten insbesondere, dass eine Zusammenarbeit von Experten aus unterschiedlichen Technologiefeldern hier unabdingbar ist. Das betrifft insbesondere Experten aus den Bereichen Chemie, Biologie, Medizin, Materialentwicklung oder Software.

Als Handlungsfelder ergeben sich:

- Nutzung photonischer Methoden zur Entwicklung neuer sensorischer Wirkprinzipien
- Schaffung von Möglichkeiten zum kontinuierlichen Austausch von Sensorentwicklern und Systemintegratoren z.B. in übergreifenden Fachgruppen der Thüringer Netzwerke
- Nutzung neuer Technologien zur Systemintegration (z.B. Freiformoptik, Fasertechnologien)
- Nutzung neuer Entwicklungen der Robotik für Fernerkundungssysteme (z.B. zivile Drohnen)
- In Vorbereitung des folgenden Roadmapprozesses sollten diese Handlungsfelder in thematischen Workshops diskutiert werden
- Schaffung politischer Regelungen für Umweltmonitoring (z.B. Kleinkläranlagen)

4.4 Innovationspotenziale im Bereich IKT

4.4.1 Ist-Zustand

Die Photonik als eine der sechs für die strategische Entwicklung der Gesellschaft von der EU definierten Schlüsseltechnologien (Key Enabling Technology KET³⁹) ist in vielfacher Weise in die Informations- und Kommunikationstechnologie integriert bzw. mit dieser verschränkt. In den einzelnen Abschnitten dieser Potenzialanalyse wird das bereits punktuell deutlich.

³⁹ "Key Enabling Technology" – "A European strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs" Veröffentlichung der Europäischen Kommission vom 26.06.2012

Eine gute Position nehmen Thüringer Unternehmen auf dem Gebiet der optischen Informationsgewinnung ein. Beispiele dafür sind: Kameratechnik von Jenoptik AG für Industriemess- und -prüftechnik sowie Sicherheitstechnik, des Weiteren Kameratechnik für industriellen Einsatz von den Firmen Allied Vision Technologies GmbH und Vision&Control GmbH, die Jena-Optronik GmbH hat international einen hervorragenden Stand mit ihren multispektral abbildenden Kamerasystemen für den Weltraumeinsatz, in den Geräten der Carl Zeiss Microscopy GmbH (sowohl in den Fluoreszenz- als auch den Standardmikroskopen) sind umfassend bildgewinnende abbildende Systeme im Einsatz für medizinische, biotechnologische und materialwissenschaftliche Anwendungen, Göpel Electronic GmbH ist bestens auf dem globalen Markt mit seinen Kamera-Geräten zur automatischen Optischen und Röntgeninspektion in der Halbleiterelektronikfertigung, Mahr GmbH (Fertigungsmesstechnik Standort Jena) setzt Kameratechnik in ihren Geräten der optischen Fertigungsmesstechnik ein und schließlich beruht auch der Erfolg der Cross Match Technologies GmbH (Standort Jena) auf der exzellenten Nutzung der optisch abbildenden Systeme für die biometrische Identifikation.

Diese Firmen verfügen auch über erhebliche Kompetenzen in der Bildverarbeitung. Allerdings gibt es aus Sicht der Anwendung Engpässe auf dem Gebiet der Algorithmik (siehe Abschnitte 5.1.1 und 5.1.3).

Auf wissenschaftlicher Seite sind die folgenden Institutionen besonders aktiv auf dem Gebiet der optischen Informationsgewinnung. Hardwareseitig hat das Fraunhofer IOF international eine hervorragende Stellung bei der Entwicklung extrem miniaturisierter Kameras erreicht (Beispiele sind die ultraflache Kamera und das ultraflache Mikroskop); außerdem verfügt das Institut über langjährige Erfahrungen - auch im Rahmen seiner Industriekooperationen - zur optischen Formvermessung (3D Streifenprojektion) und der Oberflächenrauheitsvermessung und zur bildgebenden Terahertzmesstechnik. Das IPHT arbeitet dafür ebenfalls erfolgreich an gerätetechnischen Lösungen. An den Universitäten sind das Institut für Angewandte Optik (FSU) auf dem Gebiet der 3D Streifenmesstechnik und der Fachbereich Qualitätssicherung und Industrielle Bildverarbeitung (TUI Fak. Maschinenbau) in der optischen Präzisionsmesstechnik aktiv. Außerdem gibt es sehr gute Kompetenzen zur optischen Informationsgewin-

nung mittels Lichtleitfasern am IPHT und zu miniaturisierten optischen Sensoren auf Si-Basis am CiS (Erfurt).

In der optisch/optoelektronischen Informationsverarbeitung sind nahezu keine Aktivitäten in der Thüringer Industrie und der Wissenschaftslandschaft zu finden. Allerdings besitzen die in der Grundlagenforschung z.B. am Abbe Center for Photonics (FSU/IAP) bearbeiteten Themen (dazu gehören u.a. Metamaterialien und Nanophotonik) ein hohes Potenzial für zukünftige Anwendungen in der optischen/optoelektronischen Informationsverarbeitung wie auch für Sensoren.

Zur optischen Informationsübertragung liefern in den globalen Markt nur sehr wenige Thüringer Firmen erfolgreich Produkte. Dazu gehören Lichtleitfasern auf Silikatglasbasis (j-fiber GmbH Jena) und faseroptische Bauelemente (Firmen der Leoni-Gruppe an drei Standorten in Thüringen; siehe Abschnitt 5.5.2). Auf wissenschaftlicher Seite sind dazu insbesondere auch die Aktivitäten zur Schaffung der gemeinsamen Fasertechnologiegruppe von IOF und IPHT hervorzuheben (siehe 5.5.2).

Die optische Informationswiedergabe nutzt die Mehrzahl der Thüringer Firmen, die bildverarbeitende Geräte für die verschiedenen Anwendungsfelder (Fertigung, Medizin, Sicherheit, Mobilität) liefert. In der Mehrzahl der Fälle betrifft das Displays. Unabhängig ob dabei Consumerware oder Spezialdisplays für technische Anwendungen benötigt werden, wird ausnahmslos auf Zulieferer außerhalb Thüringens zurückgegriffen.

Differenzierter ist die Situation beim Einsatz von Projektionstechnik. Hier spielen sowohl Thüringer Firmen als auch Institute wenn auch in der Regel nur in Nischenmärkten mit. Ein herausragendes Beispiel ist die weltweit führende Planetariumstechnik von Carl Zeiss mit den Laserprojektoren. Die Entwicklung von miniaturisierten Projektoren bis hin zu Pikoprojektoren auf der Basis von LED und Halbleiterlaserquellen wird von der Firma Sypro

Optics GmbH (Jena) einschließlich spezieller Anwendungsaspekte vorangetrieben. Auf dem Feld der Head Mounted Displays (HMD) ist ebenfalls die Firma Carl Zeiss aktiv.

Auf Institutsebene arbeitet das IOF seit Jahren erfolgreich an miniaturisierten Projektionssystemen (LED- und Laserbasierte Mini- bis Pikoprojektoren, HMD).

Ein Spiegel der Innovationspotenziale der Branche ist die Förderung von Projekten im Rahmen der Innovationsförderung für den Mittelstand durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) und seine Vorläuferprogramme PRO INNO, PRO INNO II und NEMO weisen zahlreiche Projekte auf, deren Forschungsgegenstand die Optik/Optoelektronik in Verbindung mit Informations- und Telekommunikationstechnologien darstellt.

Mit Stand Januar 2013 gibt das Ministerium an, dass 11 % der bewilligten Fördermittel für IKT und 3 % für optische Technologien bewilligt wurden. Liegen IKT mit dem Fördervolumen noch auf Platz 4, so rangieren die optischen Technologien auf Rang 11 von 16 Technologiefeldern. Betrachtet man die Verteilung nach Bundesländern, so konnte Thüringen 6,6 % der Fördermittel akquirieren. Im Ranking der Bundesländer belegt Thüringen damit Platz 6.

Unter den Erfolgsbeispielen des ZIM werden folgende Thüringer Projekte der Technologiegebiete IKT und/oder optische Technologien aufgeführt:

- ZIM Kooperationsprojekt: Intelligentes medizinisches Fahrermonitoring im Fahrzeug
- ZIM Einzelprojekt: Entwicklung eines modularen Lasersystems zur minimalinvasiven Tumorthherapie in der Veterinärmedizin
- ZIM Netzwerk: Licht aus Polymeren im Fokus des Netzwerks OLAB
- ZIM Netzwerk: OTPD: Mithilfe optischer Technologien in der Photodynamik zu innovativen Produkten für Medizintechnik und Industrie
- ZIM Netzwerk: Spezielles Solarglas für die Verbesserung der Energieeffizienz von PV-Modulen
- ZIM Kooperationsprojekt: Fälschungssichere laserholografische Produktkennzeichnung

Unter 127 erfolgreichen Projekten in PRO INNO und PRO INNO II befinden sich 16 Themen mit optischer/optoelektronischer/IKT-Kompetenz, darunter drei Projekte aus Thüringen.

4.4.2 SWOT-Analyse

Strengths (Stärken)

- IKT-Kompetenz ist zumeist verknüpft mit Kompetenzen in anderen Technologiefeldern
- Know-how in der Region; starke Vernetzung
- Relative Nähe zwischen produzierenden Unternehmen, Dienstleistern, Forschungseinrichtungen und Hochschulen
- Vielzahl von kleinen innovativen Unternehmen mit hohem Forschungs- und Entwicklungsanteil

Weaknesses (Schwächen)

- Präsenz in der Förderlandschaft auf Bundesebene spiegelt nicht die Bedeutung und Leistungsfähigkeit der Branche wider
- Zu wenig Alleinstellungsmerkmale
- Mutmaßliche Wettbewerbssituation zwischen vielen kleinen Unternehmen fördert Konkurrenzdenken statt Kooperationsbereitschaft
- Zu viele kleine, regional agierende Unternehmen mit wenig Eigenkapital gegenüber wenigen Global Playern
- Region zu klein um den globalen Wettbewerb zu treiben (Marktanteile der regionalen Akteure sind unerheblich im Kontext des Gesamtmarktes)
- FuE zumeist nur unter Inanspruchnahme von Fördermitteln realisierbar; unzureichender Zugang zu Venture Capital

Opportunities (Chancen)

- Fortschreitende Erhöhung der Rechnerleistung stärkt die Bedeutung von IKT als Innovationstreiber
- Die Bedeutung bildgebender Verfahren wird weiter zunehmen
- Wachsender Bedarf an Informationsverarbeitung in Echtzeit (Automotive, Sicherheitstechnik, Verteidigung, Luft- und Raumfahrt, Biophotonik)
- IKT als Key enabling technology⁴⁰ und Verzahnungsmöglichkeit der Wachstumsfelder

Threats (Risiken)

- Unternehmen der Branche und Cluster gelangen nicht zu überregionaler Bedeutung
- Wegfall von Fördermitteln durch die veränderte Förderpolitik der EU

Die Abbildung zeigt schematisch die Stärken und Schwächen in der Thüringer Industrie- und Institutslandschaft auf den Gebieten der optischen IKT: stärkere bzw. schwächere Rotfärbung zeigen die unterschiedlichen Stärken Thüringens auf der Softwareseite, blau die auf der Hardwareseite an.

⁴⁰ "Key Enabling Technology" – "A European strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs" Veröffentlichung der Europäischen Kommission vom 26.06.2012

Optische Informations- und Kommunikationstechnologie in Thüringen

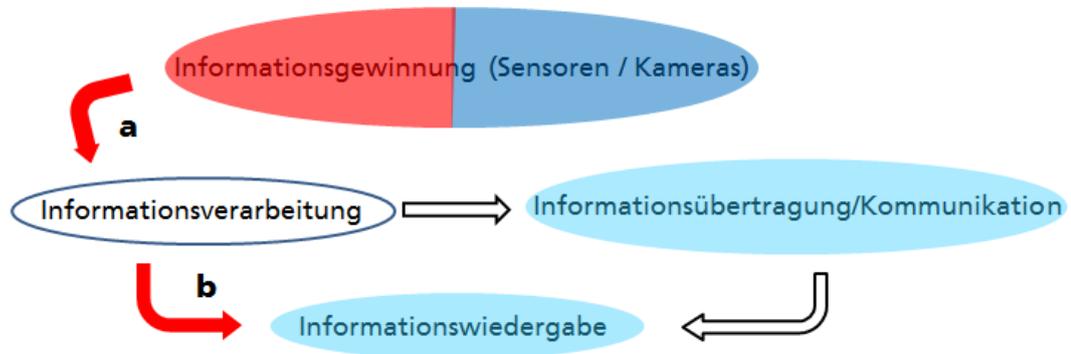


Abbildung 27: Stärken und Schwächen der Thüringer Industrie und Institutslandschaft auf den Gebieten der optischen IKT (rot softwareseitig, blau hardwareseitig; je intensiver die Farbe umso stärker die Position). Die mit a) und b) gekennzeichneten Pfade der Informationsverarbeitung und Informationswiedergabe sind eng mit der Informationsgewinnung verwoben und folgen i.d.R. auf die Informationsgewinnung

4.4.3 Handlungsfelder

Ausgehend von der SWOT-Analyse konnten für den IKT-Bereich folgende Handlungsfelder identifiziert und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:

- Ausbau der Thüringer Kernkompetenzen für bildgebende Verfahren (Bildaufnahme und Informationsverarbeitung sowie -wiedergabe); Schwerpunkt sollte dabei die industrielle Bildgebung für die Produktion, den Bau medizintechnischer Geräte und für die Mensch-Maschine-Kommunikation (siehe auch Projektvorhaben „3Dsensation“) sein
- Aufbau eines transdisziplinären Kompetenzzentrum für 3D-Bildgebung als potenzielles Alleinstellungsmerkmal
- Ausbau der überregionalen Zusammenarbeit über die Landesgrenzen hinaus; größere Cluster auf mitteldeutscher Ebene, die in der Lage sind, die gesamte Wertschöpfungskette

abzudecken; Abstimmung der Förderpolitik zwischen Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt

- Unterstützung der Cluster bei der Entwicklung zu bundesweit agierenden Netzwerken und international exzellenten Clustern
 - Verbesserung der Interdisziplinarität entlang der Wertschöpfungsketten um die Einbindung und Integration verschiedener Technologien in einem Produkt zu vereinfachen. (Zukünftige sollten sich neu strukturierte, verzweigte Wertschöpfungsketten bilden)
- Weiterführung und Ausbau der Förderung von Verbundprojekten zwischen Industrie und Wirtschaft sowie der Technologieförderung für KMU
- Zukünftig wichtige Themen sind: Intelligente Verbindungen zwischen Leitmärkten, wie z.B. Medizintechnik und IKT, sowie Lösungen zur Interaktion zwischen Mensch und Maschine (MMI)
- Die Verbesserung der Kapitalausstattung in den Unternehmen ist eine wesentliche Voraussetzung für Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum.
- Flankierende flexible Förderprogramme müssen weiterhin funktionierende Innovationssysteme unterstützen.
- Fachkräftesicherung z.B. in den Bereichen Ingenieure und Facharbeiter in der Elektronik und Softwareentwicklung, Optoelektronik, Sensorik, Signalverarbeitung etc.

Der Bereich der IKT wird nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen in den nächsten Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit folgende Entwicklungen nehmen:

Die Schwerpunkte der Branche IKT werden sich weiter zu Gunsten der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR), Sensortechnik und spezifischen Softwareentwicklung verschieben. Unterschiedliche Technologien werden unter Einbeziehung von IKT zu komplexen Systemen verschmelzen.

Die weiter anwachsende Rechnerleistung wird zunehmend zum Treiber für andere Technologien, insbesondere in den Bereichen Automotive, Sicherheitstechnik sowie Luft- und Raumfahrt.

Kompetenzen in den Leitmärkten werden zusammenwachsen. Das gilt insbesondere für IKT mit den anderen Leitmärkten, insbesondere die Optik/Optoelektronik.

5 Innovationspotenziale in speziellen Bereichen der Optik

Im Rahmen der Ausschreibung wurden spezielle Fragestellungen bezüglich der zukünftigen Entwicklung der optischen Lithografie sowie der Faser- und Wellenleiteroptik aufgeworfen, welche im Folgenden beleuchtet werden.

5.1 Optische Lithografie

5.1.1 Internationale Entwicklung

Die Entwicklung der Halbleitertechnologie und -industrie folgt seit Jahrzehnten einer Roadmap, die ziemlich gut dem Mooreschen Gesetz (*Moore's Law*) folgt. Danach verdoppelt sich alle 18–24 Monate die Transistordichte pro Flächeneinheit. Dieser Miniaturisierungstrend ist mit immer besseren Leistungsparametern (Takt- und Zugriffszeiten, Speicherkapazität, Energieeffizienz, usw.) und sinkenden Bitkosten verbunden. Marktseitig wird die Entwicklung von Verbrauchermärkten getrieben (Informations- und Kommunikationsprodukte). Nicht unterschätzt werden dürfen dabei die innovationstreibenden Faktoren für andere entscheidende gesellschaftliche Bereiche wie Gesundheit (Medizin- und Biotechnik), Sicherheit (zivil und militärisch), Mobilität und Ernährung (Agrar- und Lebensmittelwirtschaft). Gerade die Anwendung der Elektronik in diesen Bereichen hat dazu geführt, dass seit einigen Jahren zunehmend zwei nebeneinander laufende Gesetze die weitere Entwicklung der Halbleitertechnologie bestimmen:

- das Mooresche Gesetz (*More Moore*, **MM**), das die weitere Miniaturisierung der digitalen Funktionselemente auf dem Chip beschreibt und dessen Gültigkeit bis mindestens Ende der 2020er Jahre angenommen wird
- das *More-than-Moore*-Prinzip (**MtM**), das die funktionelle Diversifikation weiterer Funktionen auf dem Chip beschreibt Abbildung 24.

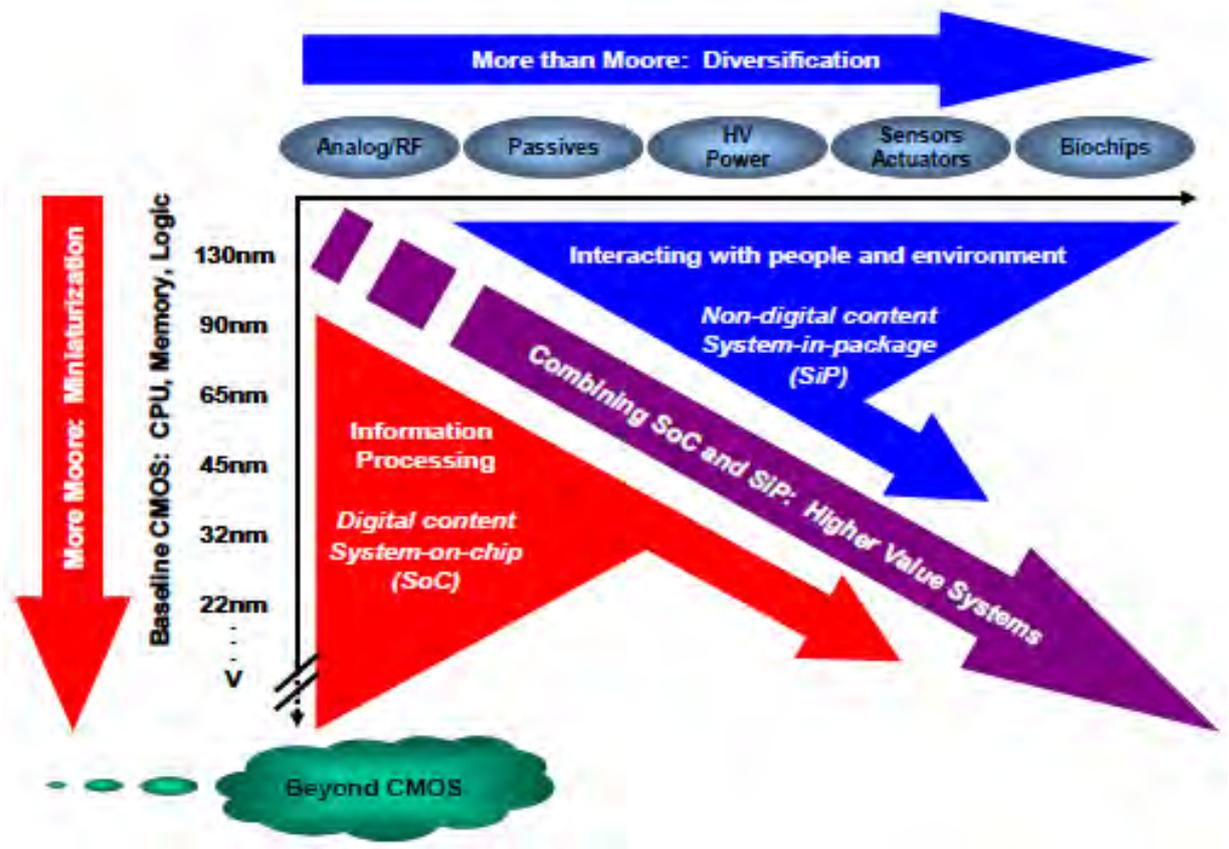


Abbildung 28: Darstellung des Mooreschen Gesetzes (MM) und des More-than-Moore-Ansatzes (MtM). Quelle: More than Moore White paper; www.itrs.net/Links/2010ITRS/IRC-ITRS-MtM-v2%203.pdf

Für beide Richtungen – MM und MtM – existieren internationale Roadmaps, die ständig fortgeschrieben werden.

In der Halbleiterfertigungskette ist ein wesentliches Glied die Lithografie, die am Anfang der Kette über die erreichbaren minimalen Abmessungen und damit die Integrationsdichte entscheidet. Die minimal erreichbare Linienbreite d_{\min} wird durch die benutzte optische Wellenlänge λ , die numerische Apertur der Belichtungsoptik NA und einen vom Abbildungs- und Lacksystem abhängigen Faktor k_1 bestimmt:

$$d_{\min} = k_1 \lambda / NA$$

Die derzeit besten Geräte erreichen $\lambda = 193$ nm (ArF-Laser), $NA = 1,4$ (Wasserimmersion) und $k_1 \approx 0,4$ (theoretisches Minimum 0,25). Durch geeignete Belichtungstechniken (*Proximity-Korrektur*, Phasenmasken, Schrägbelichtung, Mehrfachbelichtung) sollen damit Strukturbreiten bis zum 10/11 nm-Knoten erreichbar sein.

Diese Technik ist damit allerdings ausgereizt, sodass für die weitere Entwicklung nach **MM** drei große Herausforderungen bestehen:

- A. Übergang zur nächsten Lithografie-Gerätegeneration bei extrem-ultravioletten Wellenlängen (EUVL, $\lambda = 13,6$ nm)
- B. Übergang von 300 mm Si-Wafer auf 450 mm
- C. Übergang zur 3D-Integration

Diese drei Herausforderungen werden im Folgenden beschrieben:

A. EUV-Lithografie

Die Entwicklung von EUVL-Scannern ist sehr weit fortgeschritten. Der Marktführer für Lithografieausrüstungen ASML (Niederlande) hat mehrere Erprobungstools ausgeliefert. Engpass für die Produktionseinführung (geplant ab 2014) besteht bei den Belichtungsleistungen verfügbarer Quellen.

Die Bedeutung der EUVL wird unterstrichen:

- durch die Beteiligung an ASML durch INTEL (2538 Mio. € + 829 Mio. € FuE), TSMC (838 Mio. € + 276 Mio. € FuE) und SAMSUNG (503 Mio. € + 276 Mio. € FuE) für die

Entwicklung von EUVL, 450 mm-Technologie und weitergehende Forschung und Entwicklung.

- die Übernahme der UEV-Quellen-Firma Cymer durch ASML (1,96 Mrd. €)

B. Übergang von 300 mm Si-Wafer auf 450 mm

Der Übergang von 300 mm Wafer auf 450 mm verspricht eine Kostenreduktion bei den Chips von 30 bis 40 %. Der Umstieg erfordert erhebliche Investitionen in den Ausrüstungen, auch bei der Lithografie auf dem heutigen Stand der Technik (193 nm).

C. Übergang zur 3D-Integration

Da die physikalischen Grenzen für die weitere Miniaturisierung in der planaren Technologie näher rücken (auch wenn hier die Zahl der Ebenen schon erheblich zugenommen hat), werden neue Wege in Richtung 3D-Integration untersucht (vertikale Transistoren, neue Materialien wie MoS₂- oder Graphen-Transistoren, usw.), ebenso wie die Stapelung in die dritte Dimension (*System-on-a-Chip*, SoC). Letztere führt u.a. auch zu MtM.

Für Lithografie für **MM** bestehen deshalb in den nächsten Jahren folgende Aufgaben:

- Umstieg für die aktuellste Immersionslithografie-Generation auf 450 mm Wafer
- Einführung der EUVL in die Produktion für 300 mm und 450 mm Wafer
- Vorbereitende FuE für Lithografie bei Wellenlängen kürzer als 13,5 nm (Lithografie „beyond EUVL“, z.B. bei 6,x nm)
- Neue Lösungen für hochproduktive Elektronenstrahl-Lithografie-Maschinen (z.B. *multiple varied shaped beam*) für die Maskenherstellung und als mögliche Alternative für EUVL

Für **MtM**, also die funktionelle Diversifikation in und mit anderen Technologien, spielt die oben beschriebene Roadmap (MM) nur eine untergeordnete Rolle. Aus technologischen wie marktseitigen Gründen (primär Kosten- und Zeitaspekte) ist die weitgehende Nutzung beherrschter digitaler Mikroelektroniktechnologien als Basis für die Integration mit anderen Technologien wesentlich. Wichtige Beispiele sind:

- Mixed-Signal-Schaltungen (Anwendung in einer Vielzahl von Automatisierungs-, Steuerungs-, Überwachungs- und Mess- bzw. Sensor-Aufgaben, auch *radio-frequency identification* (RFID), Audio- und Video-Anwendungen); Märkte: Automotive, Medizintechnik, Produktion, Sicherheit
- Leistungselektronik (Si, SiC, GaAs) für Anwendungen in der Energietechnik; Anwendungsfelder: erneuerbare Energieträger, Automotive (E-Mobilität, Beleuchtung, usw.)
- Mikroelektromechanische Systeme (MEMS): Dieser Bauelementemarkt wächst ständig weiter, das Überschreiten der 10 Mrd. \$-Schranke wird 2014 erwartet (iSuppli 2011). Der MEMS-Markt wird getrieben vom Erstarren des Marktes für DLP-Projektionstechnologie (z.B. Pico-Projektoren⁴¹), von Gyroskop-Sensoren für Verbraucher-Anwendungen (GPS- und Lagesensoren), vom zunehmenden Bedarf in den Bereichen Energie und Gesundheit (alternde Bevölkerung) und nicht zuletzt vom steigenden Bedarf der BRICS-Länder.
- Die Optoelektronik (einschließlich mikrooptoelektromechanischer Systeme, MOEMS) besitzt erhebliche technologische wie auch marktseitige Potenziale:
 - Sehr weit entwickelt sind optoelektronische Empfänger, wobei CMOS-Arrays in vielen Bereichen die CCD-Arrays für bildgebende Anwendungen verdrängt haben. Strukturgrößen der Empfängerpixel liegen je nach Anwendung (Verbraucher, industrielle Messtechnik, usw.) im Bereich einiger Mikrometer, können aber bis auf 1 µm reduziert werden. Die Gesamtpixelzahl pro Sensor liegt bei einigen Megapixel (bis > 10 Mpixel für Verbraucherprodukte), Spezialanwendungen weisen bis zu einige Gigapixel auf.
 - Opto-Chips als integrierte Varianten von optischen Detektoren (Mikrooptik + optoelektronischer Detektor) und mikroelektronischer Signalaufbereitung (z.T. auch weitergehende Integration mikromechanischer Funktionen mit Scannern). Anwendungen finden sich in der Medizintechnik sowie der Umwelt- und Sicherheitstechnik.

⁴¹ <http://www.dlp.com/de/>

- Silizium-Photonik: Der optische Datentransport hat entscheidende Geschwindigkeitsvorteile gegenüber dem elektronischen Datentransport, weshalb inzwischen für Langstrecken (interkontinentale Verbindungen) bis hin zu extremen Kurzstrecken (Verbindungen in Servern) optische Fasern eingesetzt werden. Erhebliche Geschwindigkeitsreserven lassen sich noch durch den Einsatz optischer Verbindungen bei *chip-to-chip*- und *on-chip*-Verbindungen erschließen. Insbesondere bei letzteren werden durch die Kombination von integriert-optischen bzw. mikrooptischen Funktionen mit elektronischen Funktionen auf Si-Wafern erhebliche Vorteile erwartet. Die Strukturen unterscheiden sich zwar wesentlich von den bekannten Digitalstrukturen der üblichen Elektronik, sind aber mit adaptierten Planartechnologien der Mikroelektronik herstellbar. Die Strukturgrößen der Optik liegen im μm - bis sub- μm -Bereich.
- Nanophotonik/Nanooptik, Plasmonik: Strukturgrößen für nanophotonische Bauelemente und Metamaterialien liegen im Subwellenlängenbereich, d.h. für sichtbares Licht bei einigen 100 nm bis zu unter 100 nm.
- In Biochips (bioelektronischen und biophotonischen Chips) werden biochemische Funktionen mit mikromechanischen/mikrofluidischen und/oder mit mikroelektronischen bzw. mikrooptischen Funktionen kombiniert, was besondere Anforderungen an die technologische Kette stellt.

Für diese MtM-Bauelemente gelten i.d.R. völlig andere Anforderungen an die Lithografie als für die oben genannten MM-Bauelemente.

Sieht man von Mixed-Signal, Leistungselektronik und eventuell MEMS für Verbraucheranwendungen ab – für die langfristig ebenfalls 450 mm Wafer und EUVL in Frage kommen werden –, sind die derzeitigen Technologien, wie optische Lithografie (auch ältere Generationen der (Immersions-)Lithografie, Laserlithografie, holografische Lithografie, usw.), Elektronenstrahlithografie und Nanoimprintlithografie hervorragend für die Fertigung geeignet, sofern sie an die spezifischen Forderungen der zu integrierenden Funktionen angepasst und in die Fertigungskette integriert werden. Damit lassen sich Bauelemente und miniaturisierte Systeme im Bereich niedriger und mittlerer Produktionsvolumina kostengünstig herstellen.

Beispielsweise werden für mikrooptische und erst recht für großflächige diffraktive Bauelemente (Prüfoptiken für optische Lithografiegeräte, Weltraumanwendungen, militärische Anwendungen) zwar „nur“ Strukturelemente von ≥ 100 nm benötigt, die Toleranzen über den Durchmesser der Wafer bis zu 450 mm müssen aber im nm-Bereich bleiben (für MM werden diese engen Toleranzen nur über die Chipfläche verlangt).

Eine solche technologische Basis kann zukünftig in Kombination mit generativen Fertigungsverfahren (additive Fertigung, 3D-Druck) auch zu kundenangepassten Systemen in niedrigen Stückzahlen (bis zu 1 Stück-Produktion) führen (Maßfertigung für das Internet der Dinge).

Die Aufgabenstellungen für die Lithografie für **MtM** heißen deshalb:

- Nutzung und Anpassung vorhandener Lithografieverfahren an die jeweiligen und neuen Aufgabenstellungen (flexible Geräte) und Senkung der Kosten (Steigerung der Produktivität über Hardware und Software); z.B. größere Substrate bei LED-, Si-Photonik-Fertigung usw., Parallelbelichtung in der Laser- und Elektronenstrahl-Lithografie
- Kombination verschiedener Verfahren
- Übergang bei Si-basierten Technologien (oder ähnlichen Substraten) auf 300 mm Wafer (Nutzung der freiwerdenden Kapazitäten infolge des Übergangs der MM-Fertigung auf 450 mm Wafer)
- Kombination von Messtechnik, Lithografie und generativen Fertigungsverfahren (niedrige bis mittlere Stückzahl, flexible kundenorientierte Stückzahlen)

5.1.2 Situation in Thüringen

Thüringer Firmen und Institute sind in erheblichem Umfang in die Entwicklung sowohl der neuesten Generation der Immersionslithografie als auch der EUVL eingebunden.

Abbildung 25 zeigt die Mitarbeit deutscher Firmen in der Zulieferkette, die letztlich in die Geräte des Weltmarktführers mündet (Thüringer Firmen sind rot unterlegt).

Zuliefererkette in der Lithografie

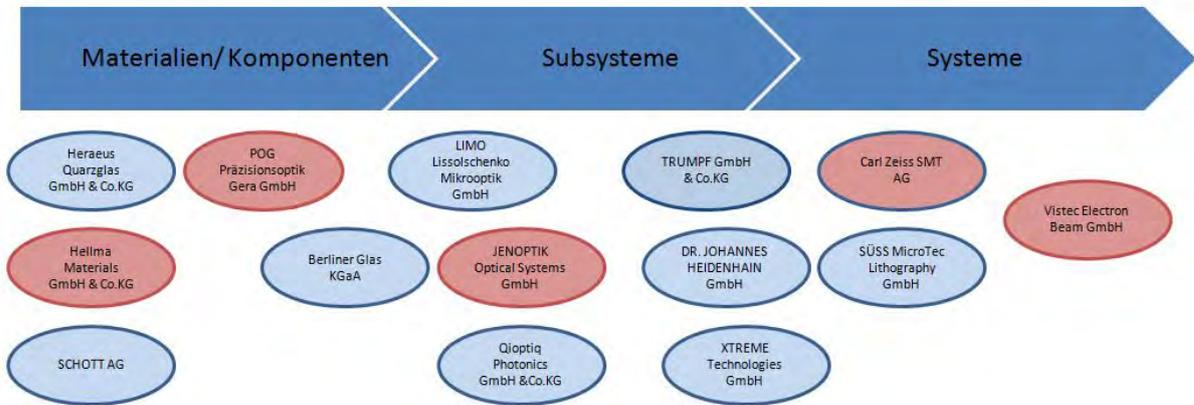


Abbildung 29: Zuliefererkette in der Lithografie

Abbildung 26 zeigt die Zuliefererkette für die Metrologie an der Front der Halbleitertechnologie.

Zuliefererkette in der Metrologie

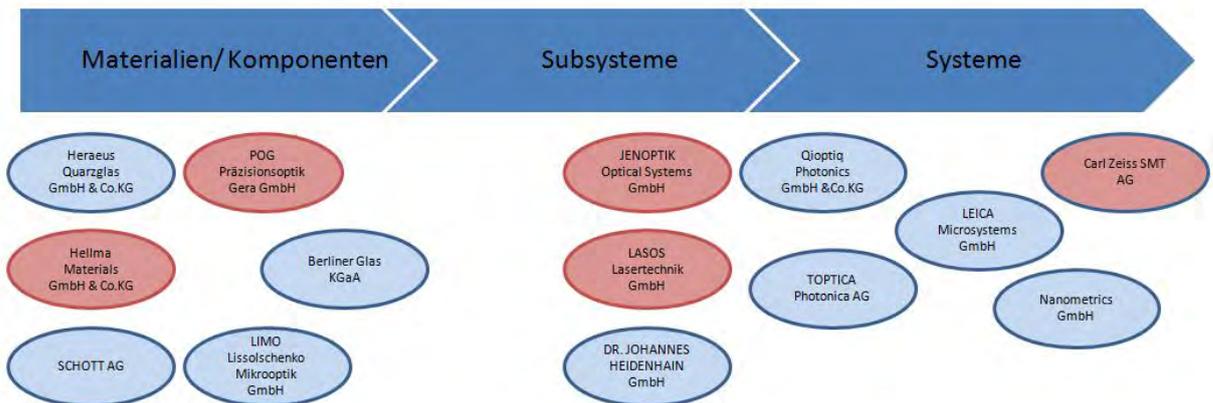


Abbildung 30: Zuliefererkette in der Metrologie

Diese Einbindung der Thüringer Firmen macht deutlich, dass:

- sie in der Lage sind, in der Lithografie-Technologie (zumindest auf ihren Teilgebieten als OEM- bzw. Bauelemente-Lieferant) den Weltstand mitzubestimmen;
- ihre Kompetenz und die Ausrüstungen eine gute Ausgangsbasis für zukünftige erfolgreiche Mitarbeit bei der Weiterentwicklung der Lithografie für MM und MtM sind, sofern koordinierte Zusammenarbeit sowie Unterstützung durch Bund und Land greifen.

Die Firma Vistec in Jena zum Beispiel ist führender Hersteller verschiedener Typen von Elektronenstrahl-Lithografiegeräten, die sowohl für MM-Anwendungen (z.B. Maskenherstellung) als auch für MtM-Anwendungen (Masken, Direktschreiben) eingesetzt werden.

Hinzu kommt die hohe Kompetenz der Institute in Thüringen:

- IOF entwickelt und liefert die Spiegel für die EUV-Quelle von Cymer (von ASML übernommene US-Firma); diese Quelle ist weltweit derzeit der kritischste Teil der EUVL.
- IOF arbeitet an Schichtsystemen für Wellenlängen $\lambda < 13,5$ nm (Lithografie „beyond EUVL“).
- IAP (FSU) und IOF verfügen im gemeinsamen Center for Advanced Micro- and Nano-Optics (CMN) über herausragende Kompetenzen bei der Nutzung von Foto- und vor allem Elektronenstrahlithografie für MtM-Bauelemente (Mikrooptik, Nanooptik, großflächige diffraktiv-optische Bauelemente, Metamaterialien, usw.). Diese werden sowohl für FuE als auch für Zulieferungen (Einzelfertigung) u.a. an die in Abb. Abbildung 25 und Abbildung 26 genannten Firmen eingesetzt.
- IOF ist seit mehr als zehn Jahren an der Weiterentwicklung der Laserstrahlithografie gemeinsam mit einem deutschen Hersteller beteiligt und leistet hier Pionierarbeit vor allem für mikrooptische Anwendungen.
- IPHT besitzt wertvolle Lithografie-Erfahrungen für biotechnologische Chips.

Anmerkung: Die Kompetenzen und der (ausbaufähige) Gerätepark von IOF und IAP (im Rahmen des CMN) bieten eine gute Ausgangsbasis für generative Fertigung unter Nutzung photonischer Verfahren (Stereolithografie, selektives Lasersintern, *laser engineered net shaping*, Mehrphotonen-Polymerisation, usw.) für miniaturisierte Bauelemente (MtM in Medizintechnik, industrielle Messtechnik, Leichtbaufassungen, Handgeräte, usw.).

5.1.3 Schlussfolgerungen für Thüringen

Die Thüringer Firmen haben großes Potenzial, an der Weiterentwicklung der Lithografie für **MM** beteiligt zu bleiben, um ihre Stellung als Hightech-Firmen am Weltmarkt und ihre globale Wettbewerbsfähigkeit zu festigen.

Die Tätigkeit auf dem Gebiet der Lithografie für **MtM** (und teilweise auch für daran anschließende Technologieschritte) böte den Firmen die Chance, global als Ausrüster für solche auf spezifische Anwendungen (z.B. Biochips, MOEMS, generative Fertigung) zugeschnittene Fertigungslinien aufzutreten.

Potenzialfördernd sind eine Fortführung der sehr guten Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sowie eine Unterstützung durch staatliche Fördermaßnahmen (Verbundförderung auf den Ebenen Europa/Bund/Land sowie abgestimmte und staatlich unterstützte Geräteinvestitionen in ausgewählten Forschungszentren in Thüringen).

5.2 Faser- und Wellenleiteroptik

5.2.1 Internationale Entwicklung

Optische Fasern erobern weit über die Datenübertragung hinaus viele Bereiche unseres Lebens. Sie ermöglichen z.T. bahnbrechende Innovationen und verdrängen konventionelle Produktions- und Messverfahren. Eine Gegenüberstellung Faseroptik vs. klassische Optik wäre jedoch grundsätzlich falsch: Entscheidend sind vor Allem die anwendungsspezifischen Vorteile beider Technologien.

In allen Feldern der Informationsgewinnung und -wiedergabe bietet die klassische 2D/3D-Optik aufgrund der hohen Parallelität extrem vieler Informationskanäle (Bildaufnahme mit

Kameras, menschliches Auge, Displays, usw.) herausragende Vorteile gegenüber allen anderen Verfahren (elektrisch, akustisch, haptisch bzw. taktil).

Optische Lichtleitfasern bzw. Wellenleiter eignen sich besonders für die folgenden allgemeinen Anwendungsbereiche:

- Die – möglichst störungsfreie und abhörsichere – verlustarme und extrem schnelle Übertragung großer Datenmengen über extrem lange (interkontinental) bis zu sehr kurzen Strecken (*on-chip*), für die Licht wegen der kurzen Wellenlänge bzw. extrem hohen Frequenz als Träger eingesetzt wird
- Optische Mess- und Bearbeitungsverfahren in schwer zugänglichen und vor allem kleinen und engen Räumen (z.B. medizinische und technische Endoskopie, Messungen über längere Strecken bei Bauwerken usw.)
- Reduzierung des Bauvolumens klassisch optischer Bearbeitungs- und Messköpfe für Laserbearbeitungsverfahren, Erhöhung der Flexibilität und Produktivität der Anlagen

International wichtige Entwicklungstendenzen in der Faser- und Wellenleiteroptik sind:

- Fasern für kürzeste Pulse und höchste Leistungsdichten (z.B. für Femtosekunden-Laserbearbeitung)
- Fasern für Faserlaser (für ein großes Spektrum von Wellenlängen, für sehr hohe Leistungen)
- Fasern für höchste Leistungen (50 kW und mehr mit geringsten Verlusten über mehrere Kilometer Längen, z.B. Einsatz bei Tiefbohrungen)
- Spezialfasern für Sensoranwendungen (u.a. Bragg-Gitter-Fasern)
- Photonische Kristallfasern
- Faser-Koppler und Faser-Bauelemente (Teiler, Polarisatoren, Kollimatoren, usw.) für höchste Leistungen, höchste Leistungsdichten, extrem kurze Pulse (fs)

- Wellenleiterbauelemente (integriert-optische Bauelemente) für *chip-to-chip*- und *on-chip*-Verbindungen (nanooptische Wellenleiter und Fasern, Si-Photonik)

5.2.2 Situation in Thüringen

Die wesentlichen Hersteller von optischen Fasern für Lang- und Mittelstreckenverbindungen sind nicht (mehr) in Deutschland angesiedelt. Leider gilt dies im Wesentlichen auch für die Entwicklung und Lieferung von Spezialfasern für Faserlaser, Sensorik, medizinische Anwendungen (Endoskopie), usw. Die wenigen Firmen in Deutschland, die sich in den genannten aktuellen Entwicklungsthemen engagieren, sind mehrheitlich in Thüringen aktiv. Die Firma j-fiber (Jena, Mitglied der LEONI-Gruppe) liefert dotierte Fasern für Hochleistungsfaserlaser, Multimodefasern für hohe Laserleistungen sowie Spezialfasern und engagiert sich in der Weiterentwicklung solcher Fasern (z.B. Fasern für Höchstleistungslaserbohren für die Erdölerkundung). An weiteren vier Standorten der LEONI-Gruppe in Thüringen werden modernste Faserbauelemente hergestellt und weltweit vertrieben.

Hinzu kommt die international herausragende Kompetenz auf dem Gebiet der Faserlaser am IAP, IPHT und IOF. Dies führte u.a. zum Aufbau einer durch Mittel der Fraunhofer-Gesellschaft, des Bundes und des Freistaats Thüringen sowie der Unternehmen Jenoptik und Trumpf unterstützten gemeinsamen Fasertechnologiegruppe von IOF und IPHT zur beschleunigten Entwicklungen von Spezialfasern. Die Gruppe führt die in Deutschland verteilten Kompetenzen auf dem Gebiet der Spezialfasern zusammen und eröffnet damit deutschen Unternehmen der laserherstellenden Industrie Zugang zu dieser Schlüsselkomponente.

Auf dem Gebiet der Wellenleiteroptik liegen am IAP und teilweise am IOF jahrzehntelange Erfahrungen vor, allerdings nicht zur Silizium-Photonik. Die derzeit laufenden Grundlagenforschungen sind auf Nanophotonik und Metamaterialien ausgerichtet.

5.2.3 Schlussfolgerungen für Thüringen

Die Entwicklung von anwendungsadaptierten Spezialfasern birgt ausgeprägtes Potenzial für die Thüringer Industrie (u.a. j-fiber, LEONI Fiber Optics, Faserlaserentwicklung bei Jenoptik, Sensorentwicklung in mehreren KMU). Die weitere Konzentration der nationalen Kompetenzen auf dem Gebiet der Spezialfasern ermöglicht einen nachhaltigen Ausbau dieser Potentiale.

Die Entwicklung von anwendungsadaptierten Spezialfasern birgt ausgeprägtes Potenzial für die Thüringer Industrie (u.a. j-fiber, LEONI Fiber Optics, Faserlaserentwicklung bei Jenoptik, Sensorentwicklung in mehreren KMU). Die Zusammenfassung der hervorragenden Kompetenzen von IAP, IOF und IPHT auf dem Fasergebiet in einer Fasertechnologiegruppe zur Entwicklung solcher Spezialfasern (wird durch die Fraunhofer Gesellschaft, den Bund, den Freistaat Thüringen und die Unternehmen Jenoptik und Trumpf finanziell unterstützt) sollte in Folge weiter ausgebaut werden zu einem Faserzentrum, was zu einem herausragenden Alleinstellungsmerkmal in Deutschland führen würde.

6 Anhang

6.1 Fragebogen der schriftlichen Konsultation

6.1.1 Unternehmen

Fragenbogen zur IST-Analyse Optik/Optoelektronik am Standort Thüringen:

Die VDI Technologiezentrum GmbH Düsseldorf führt gemeinsam mit der CoOptics GmbH und dem OptoNet e.V. Jena im Auftrag der LEG Thüringen eine Potentialanalyse im Wachstumsfeld „Optik/Optoelektronik“ des Landes Thüringen durch. Im Rahmen dieser Analyse ist es unter anderem wichtig, die Kernaktivitäten, Ressourcen sowie aktuellen Wirtschafts- und Produktionsstatistiken der Akteurslandschaft herauszuarbeiten.

Der vorliegende Fragebogen lehnt sich direkt an die Ausschreibung der LEG an und dient als Grundlage zur Erstellung von Kompetenzprofilen der Thüringer Akteure im Bereich Optik/Optoelektronik. In Erweiterung zu öffentlich zugänglichen Informationen in Datenbanken, soll eine aussagekräftige Datenerhebung der IST-Werte für die speziell adressierten Bereiche:

- Systeme und Lösungen für die Gesundheitswirtschaft/Medizintechnik
- Systeme und Lösungen für die Umwelt
- Lösungen zur ressourceneffizienten (material- und energieeffizienten) Produktion

ermöglicht werden. Die erlangten Ergebnisse fließen in eine Akteurslandkarte für den Standort Thüringen ein, die im Internet veröffentlicht werden soll.

In einem zweiten Schritt werden wir Sie ggf. für eine vertiefte Analyse zur Ermittlung des Innovationspotentials in ausgewählten Schwerpunkten kontaktieren.

Die Fragestellungen richten sich an „Kompetenzträger“ in Thüringen. Gemeint sind Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Hochschulen, Cluster/Netzwerke und Transfereinrichtungen, die für den Standort Thüringen im Bereich Optik/Optoelektronik auf unterschiedlichen Themenfeldern kompetent sind.

Alle von Ihnen angegebenen Daten werden vertraulich behandelt. Die Auswertung erfolgt in Form eines zusammenfassenden Berichts. Einzelne Angaben sind für die Veröffentlichung in obig erwähnter Akteurslandkarte vorgesehen. Hierzu bitten wir Sie im Kontext der betreffenden Fragen um eine entsprechende Freigabe.

Wir laden Sie dazu ein, diese Möglichkeit der Positionierung gegenüber dem Land zu nutzen und die Studie mit ihren Angaben zu bereichern.

Akteursprofil für Unternehmen

6.2 Organisation des Akteurs

1. Tragen Sie bitte den Namen Ihres Unternehmens und die Adresse ein. Geben Sie an, durch wen der Fragebogen ausgefüllt wurde und fügen Sie eine E-Mail-Adresse sowie eine Telefonnummer zur Kontaktaufnahme an.	
Unternehmen / Rechtsform	
Ansprechpartner	
Adresse:	
<input type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass der Name des Unternehmens, Ansprechpartner sowie die Adresse auf der Akteurslandkarte erscheinen.	
Der Fragebogen wurde ausgefüllt von:	
E-Mail:	
Telefon:	

2. Nennen Sie uns bitte Ihre thematischen Schwerpunkte (Mehrfachantwort möglich).	
<input type="checkbox"/> a) Lösungen zur ressourceneffizienten (material- und energieeffizienten) Produktion	
<input type="checkbox"/> b) Systeme und Lösungen für die Gesundheitswirtschaft/Medizintechnik	
<input type="checkbox"/> c) Systeme und Lösungen für die Umwelt (z.B. Beleuchtung und Energie, Solar...)	
<input type="checkbox"/> d) Systeme und Lösungen für Informations- und Kommunikationstechnik	
<input type="checkbox"/> e) Andere (z.B: Mobilität/Automotive, Sicherheitstechnik,... bitte nennen):	
<hr/>	
<hr/>	
<input type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass die ausgewählten thematischen Schwerpunkte auf der Akteurslandkarte erscheinen.	

3. Ordnen Sie bitte Ihre wesentlichen Unternehmenskompetenzen hinsichtlich der Wertschöpfungskette ein:

a) Forschung und Entwicklung

b) Hersteller (Komponente und/oder System)

c) Zulieferer

d) Vertrieb (eigener Kundenvertrieb oder Handelspartner)

e)

Andere: _____

Ich bin damit einverstanden, dass unsere Angaben zur Einordnung in die Wertschöpfungskette auf der Akteurslandkarte erscheint.

4. Geben Sie uns bitte Einblick in wichtige Kennzahlen zur Performance Ihres Unternehmens:

Umsatz 2006:		Umsatz 2009:		Umsatz 2012: (geschätzt)	
Mitarbeiter 2006:		Mitarbeiter 2009:		Mitarbeiter 2012: (geschätzt)	
ROI 2006 (Return on Investment)		ROI 2009		ROI 2012: (geschätzt)	
FuE- Quote (gegenüber Umsatz) 2006		FuE- Quote 2009		FuE-Quote 2012: (geschätzt)	
Export- Quote 2006		Export- Quote 2009		Export-Quote 2012: (geschätzt)	

5. Geben Sie bitte an, in welchen Bereichen Sie wichtige Kooperationspartner haben. Beziehen Sie sich hierbei auch auf Ihre Partner außerhalb Thüringens (national/international). Gern können Sie diese auch namentlich benennen.

a) in Hochschulen

Wer: _____

Inhaltlicher
Schwerpunkt: _____

b) in Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen

Wer: _____

Inhaltlicher
Schwerpunkt: _____

c) in anderen Unternehmen

Wer: _____

Inhaltlicher
Schwerpunkt: _____

d) In Clustern, Netzwerken, Transfereinrichtungen

Wer: _____

Inhaltlicher
Schwerpunkt: _____

e)

Andere: _____

Wer: _____

Inhaltlicher
Schwerpunkt: _____

Bei Kooperationspartnern außerhalb Thüringens: Bitte geben Sie kurz an, warum keine Thüringer Partner gewählt wurden (Stichpunkte):

Charakteristisches Kompetenzprofil des Unternehmens

6.3 (derzeitige strategische Ausrichtung in Core-Projekten und Produkten)

6. Benennen Sie bitte Ihre drei wichtigsten Forschungs- bzw. Technologieprojekte		
Projekt 1		
Thema:		
Laufzeit:	Beginn ____ / ____	Ende ____ / ____
Finanzielles Projektvolumen im Unternehmen :	<input type="checkbox"/> a) unter 250.000 EUR <input type="checkbox"/> b) 250.000 – 500.000 EUR <input type="checkbox"/> c) 500.000 – 1 Mio. EUR <input type="checkbox"/> d) über 1 Mio.EUR	
ggf. geförderter Anteil am Gesamtvolumen:	_____ %	
ggf. Förderer		
ggf. Partner	_____ _____ _____ _____	
Projekt 2		
Thema:		
Laufzeit:	Beginn ____ / ____	Ende ____ / ____
Finanzielles Projektvolumen im Unternehmen:	<input type="checkbox"/> a) unter 250.000 EUR <input type="checkbox"/> b) 250.000 – 500.000 EUR <input type="checkbox"/> c) 500.000 – 1 Mio. EUR <input type="checkbox"/> d) über 1 Mio.EUR	
ggf. geförderter Anteil am Gesamtvolumen:	_____ %	
ggf. Förderer		
ggf. Partner		

	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
Projekt 3		
Thema:		
Laufzeit:	Beginn ____ / ____	Ende ____ / ____
Finanzielles Projektvolu- men im Unter- nehmen:	<input type="checkbox"/> a) unter 250.000 EUR <input type="checkbox"/> b) 250.000 – 500.000 EUR <input type="checkbox"/> c) 500.000 – 1 Mio. EUR <input type="checkbox"/> d) über 1 Mio.EUR	
ggf. geförder- ter Anteil am Gesamtvolu- men:	_____%	
ggf. Förderer		
ggf. Partner	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

7. Benennen Sie bitte Ihre drei wichtigsten Produkte	
Produkt 1:	
Bezeichnung:	
Produktumsatz 2012: (geschätzt)	_____ EUR
Markt:	<input type="checkbox"/> a) regional <input type="checkbox"/> b) national <input type="checkbox"/> c) international
Produkt 2:	
Bezeichnung:	
Produktumsatz 2012: (geschätzt)	_____ EUR
Markt:	<input type="checkbox"/> a) regional <input type="checkbox"/> b) national <input type="checkbox"/> c) international
Produkt 3:	
Bezeichnung:	
Produktumsatz 2012: (geschätzt)	_____ EUR
Markt:	<input type="checkbox"/> a) regional <input type="checkbox"/> b) national <input type="checkbox"/> c) international

8. In welchen Feldern sehen Sie für sich künftige Schwerpunkte / potentielle Handlungsfelder. Verfeinern Sie bitte Ihre Angabe ggf. über die angefügte Liste hinaus (Mehrfachnennungen möglich)?

Ressourceneffiziente (material- und energieeffiziente) Produktion:

- a) optische Komponenten
- b) optische Systeme/Systemintegration (auch athermale Fassungstechnologien)
- c) Produktionstechnik/ flexible Produktion
- d) Bildverarbeitung und Messtechnik
- e) Lithografie
- f) hybride Systeme
- g) Leichtbaukonzepte
- h) kompakte Systeme/Funktionsintegration/Parallelisierung (Freiformflächen, Arrays...etc.)
- i) Miniaturisierung
- j) Lichtleitfasern/Faseroptiken/Lichtwellenleiter
- k) flexible (customized) Montage
- l) Materialentwicklung
- m) Andere: _____

Biophotonik/Medizintechnik:

- a) bildgebende diagnostische Verfahren
- b) analytische Verfahren
- c) POC (point of care)
- d) Biomarker/Targets/Label/Sonden
- e) Biobanken
- f) Marktzulassung (klinische Studien, CRO)
- g) Module und Systeme (Optik/Optoelektronik/Lichtquellen/Mikroskope etc.)
- h) neue Materialien
- i) Andere: _____

<input type="checkbox"/> Systeme für die Umwelt:	
	<input type="checkbox"/> a) Energietechnik (u.a. Solar) <input type="checkbox"/> b) Beleuchtungstechnik <input type="checkbox"/> c) Fernerkundung <input type="checkbox"/> d) Umweltanalytik <input type="checkbox"/> e) Optische Verfahren der Umwelttechnik (z.B. UV-Entkeimung) <input type="checkbox"/> f) Andere: <hr/>
<input type="checkbox"/> Informations- und Kommunikationstechnik	
	<input type="checkbox"/> a) Kameras, Bildsensoren <input type="checkbox"/> b) Bildwiedergabe <input type="checkbox"/> c) optische Fasern, Fasersysteme <input type="checkbox"/> d) Andere: <hr/>
<input type="checkbox"/> Andere	
	<input type="checkbox"/> a) Mobilität (u.a. automotive lighting, head-up-displays...) <input type="checkbox"/> b) Sicherheitstechnik <input type="checkbox"/> c) Weitere: <hr/>

9. Welche der folgenden Themenfelder erscheinen Ihnen in Zukunft wichtig, und damit auch für die Entwicklung des Landes Thüringen?	
Themenfeld:	Anmerkungen / nötige Rahmenbedingungen (Stichpunkte)
<input type="checkbox"/> a) Optische Lithographie:	<p>Anmerkungen:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Empfehlungen für Rahmenbedingungen:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<input type="checkbox"/> b) Optik in Fasern bzw. Lichtwellenleitern	<p>Anmerkungen:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Empfehlungen für Rahmenbedingungen:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<input type="checkbox"/> c) Freiformen, Linsenarrays	<p>Anmerkungen:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Empfehlungen für Rahmenbedingungen:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<input type="checkbox"/> d) Miniaturisierung (Bauelemente, Systeme)	<p>Anmerkungen:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

	<hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> e) bildgebende Verfahren	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> f) (neue) Materialien (erweiterter Wellenlängenbereich, photonische, Metamaterialien...)	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> g) <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> h) <hr/> <hr/>	Anmerkungen: <hr/> <hr/>

<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <p>Empfehlungen für Rahmenbedingungen:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>Sonstige Anmerkungen:</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

6.3.1 Forschungseinrichtungen

Fragenbogen zur IST-Analyse Optik/Optoelektronik am Standort Thüringen:

Die VDI Technologiezentrum GmbH Düsseldorf führt gemeinsam mit der CoOptics GmbH und dem OptoNet e.V. Jena im Auftrag der LEG Thüringen eine Potentialanalyse im Wachstumsfeld „Optik/Optoelektronik“ des Landes Thüringen durch. Im Rahmen dieser Analyse ist es unter anderem wichtig, die Kernaktivitäten, Ressourcen sowie aktuellen Wirtschafts- und Produktionsstatistiken der Akteurslandschaft herauszuarbeiten.

Der vorliegende Fragebogen lehnt sich direkt an die Ausschreibung der LEG an und dient als Grundlage zur Erstellung von Kompetenzprofilen der Thüringer Akteure im Bereich Optik/Optoelektronik. In Erweiterung zu öffentlich zugänglichen Informationen in Datenbanken, soll eine aussagekräftige Datenerhebung der IST-Werte für die speziell adressierten Bereiche:

- Systeme und Lösungen für die Gesundheitswirtschaft/Medizintechnik
- Systeme und Lösungen für die Umwelt
- Lösungen zur ressourceneffizienten (material- und energieeffizienten) Produktion

ermöglicht werden. Die erlangten Ergebnisse fließen in eine Akteurslandkarte für den Standort Thüringen ein, die im Internet veröffentlicht werden soll.

In einem zweiten Schritt werden wir Sie ggf. für eine vertiefte Analyse zur Ermittlung des Innovationspotentials in ausgewählten Schwerpunkten kontaktieren.

Die Fragestellungen richten sich an „Kompetenzträger“ in Thüringen. Gemeint sind Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Hochschulen, Cluster/Netzwerke und Transferinstitutionen, die für den Standort Thüringen im Bereich Optik/Optoelektronik auf unterschiedlichen Themenfeldern kompetent sind.

Alle von Ihnen angegebenen Daten werden vertraulich behandelt. Die Auswertung erfolgt in Form eines zusammenfassenden Berichts. Einzelne Angaben sind für die Veröffentlichung in oben erwähnter Akteurslandkarte vorgesehen. Hierzu bitten wir Sie im Kontext der betreffenden Fragen um eine entsprechende Freigabe.

Wir laden Sie dazu ein, diese Möglichkeit der Positionierung gegenüber dem Land zu nutzen und die Studie mit ihren Angaben zu bereichern.

Akteursprofil für Forschungseinrichtungen

Bitte geben Sie uns hier zunächst einige grundlegende Informationen zu ihrer Einrichtung.

6.4 Organisation des Akteurs

10. Tragen Sie bitte den Namen Ihrer Forschungseinrichtung und die Adresse ein. Geben Sie bitte an, durch wen der Fragebogen ausgefüllt wurde und fügen Sie eine E-Mail-Adresse sowie eine Telefonnummer zur Kontaktaufnahme an.	
Einrichtung	
Ansprechpartner	
Adresse:	
<input type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass der Name der Einrichtung, Ansprechpartner sowie die Adresse auf der Akteurslandkarte erscheinen.	
Der Fragebogen wurde ausgefüllt von:	
E-Mail:	
Telefon:	

11. Nennen Sie uns bitte Ihre thematischen Schwerpunkte bezüglich Optik/Optoelektronik (Mehrfachantwort möglich).	
<input type="checkbox"/> a) Lösungen zur ressourceneffizienten (material- und energieeffizienten) Produktion	
<input type="checkbox"/> b) Systeme und Lösungen für die Gesundheitswirtschaft/Medizintechnik	
<input type="checkbox"/> c) Systeme und Lösungen für die Umwelt (z.B. Beleuchtung und Energie, Solar...)	
<input type="checkbox"/> d) Systeme und Lösungen für Informations- und Kommunikationstechnik	
<input type="checkbox"/> e) Andere (z.B: Mobilität/Automotive, Sicherheitstechnik,... bitte nennen):	
<hr/> <hr/>	
<input type="checkbox"/> Ich bin damit einverstanden, dass die ausgewählten thematischen Schwerpunkte auf der Akteurslandkarte erscheinen.	

12. Geben Sie bitte an, in welchen Bereichen Sie wichtige Kooperationspartner haben. Beziehen Sie sich hierbei auch auf Ihre Partner außerhalb Thüringens (national/international). Gern können Sie diese auch namentlich benennen.

a) in Hochschulen

Wer: _____

Inhaltlicher Schwerpunkt: _____

b) in Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen

Wer: _____

Inhaltlicher Schwerpunkt: _____

c) in anderen Unternehmen

Wer: _____

Inhaltlicher Schwerpunkt: _____

d) In Clustern, Netzwerken, Transfereinrichtungen

Wer: _____

Inhaltlicher Schwerpunkt: _____

e)

Andere: _____

Wer: _____

Inhaltlicher
Schwerpunkt: _____

Bei Kooperationspartnern außerhalb Thüringens: Bitte geben Sie kurz an, warum keine Thüringer Partner gewählt wurden (Stichpunkte):

Charakteristisches Kompetenzprofil der Einrichtung

6.5 (derzeitige strategische Ausrichtung bei Projekten)

13. Bitte geben Sie uns für die unten angegebenen Schwerpunktthemen (A bis E) die Informationen zu den Kategorien, wie in den Erläuterungen angeführt; gemittelt über eine Jahresscheibe (2011 oder 2012)

Erläuterungen:

- a) Direktaufträge aus der Industrie
- b) Verbundprojekte unter Beteiligung mindestens eines Industriepartners
- c) Verbundprojekte zwischen Forschungseinrichtungen
- d) Eigenforschung

Kap: Personalkapazitäten (Personal gesamt in Mannjahren)

G: Institutsinternes Finanzvolumen gesamt in T€

A Anteil am Verbundprojektvolumen in %

A) Systemen und Lösungen zur ressourceneffizienten (material- und energieeffizienten) Produktion

	Kap	G	A
a			0
b			
c			
d			

B) Systemen und Lösungen für die Gesundheitswirtschaft/Medizintechnik

	Kap	G	A
a			0
b			
c			
d			

C) Systemen und Lösungen für die Umwelt

	Kap	G	A
a			0
b			
c			
d			

D) Systemen und Lösungen für Informations- und Kommunikationstechnik

	Kap	G	A
a			0
b			
c			
d			

E) Andere

	Kap	G	A
a			0
b			
c			
d			

14. In welchen Feldern sehen Sie für sich künftige Schwerpunkte / potentielle Handlungsfelder? Verfeinern Sie bitte Ihre Angabe ggf. über die angefügte Liste hinaus (Mehrfachnennungen möglich).

Ressourceneffiziente (material- und energieeffiziente) Produktion:

- a) optische Komponenten
- b) optische Systeme/Systemintegration (u.a. athermale Fassungstechnologien)
- c) Produktionstechnik/flexible Produktion
- d) Bildverarbeitung und Messtechnik
- e) Lithografie
- f) hybride Systeme
- g) Leichtbaukonzepte
- h) kompakte Systeme/Funktionsintegration/Parallelisierung (Freiformflächen, Arrays...etc.)
- i) Miniaturisierung
- j) Lichtleitfasern/Faseroptiken/Lichtwellenleiter
- k) flexible (customized) Montage
- l) Materialentwicklung
- m) Andere: _____

Biophotonik/Medizintechnik:

- a) bildgebende diagnostische Verfahren
- b) analytische Verfahren
- c) POC (point of care)
- d) Biomarker/Targets/Label/Sonden
- e) Biobanken
- f) Marktzulassung (klinische Studien, CRO)
- g) Module und Systeme (Optik/Optoelektronik/Lichtquellen/Mikroskope etc.)
- h) neue Materialien
- i) Andere: _____

<input type="checkbox"/> Systeme für die Umwelt:	
	<input type="checkbox"/> a) Energietechnik (u.a. Solar) <input type="checkbox"/> b) Beleuchtungstechnik <input type="checkbox"/> c) Fernerkundung <input type="checkbox"/> d) Umweltanalytik <input type="checkbox"/> e) Optische Verfahren der Umwelttechnik (z.B. UV-Entkeimung) <input type="checkbox"/> f) Andere:
<input type="checkbox"/> Informations- und Kommunikationstechnik	
	<input type="checkbox"/> a) Kameras, Bildsensoren <input type="checkbox"/> b) Bildwiedergabe <input type="checkbox"/> c) optische Fasern, Fasersysteme <input type="checkbox"/> d) Andere:
<input type="checkbox"/> Andere	
	<input type="checkbox"/> a) Mobilität (u.a. automotive lighting, head-up-displays...) <input type="checkbox"/> b) Sicherheitstechnik <input type="checkbox"/> c) Weitere:

15. Welche der folgenden Themenfelder erscheinen Ihnen in Zukunft wichtig, und damit auch für die Entwicklung des Landes Thüringen?	
Themenfeld:	Anmerkungen / nötige Rahmenbedingungen (Stichpunkte)
<input type="checkbox"/> a) Optische Lithographie:	Anmerkungen: _____ _____ _____ _____ Empfehlungen für Rahmenbedingungen: _____ _____ _____ _____
<input type="checkbox"/> b) Optik in Fasern bzw. Lichtwellenleitern	Anmerkungen: _____ _____ _____ _____ Empfehlungen für Rahmenbedingungen: _____ _____ _____ _____
<input type="checkbox"/> c) Freiformen, Linsenarrays	Anmerkungen: _____ _____ _____ _____ Empfehlungen für Rahmenbedingungen: _____ _____ _____ _____
<input type="checkbox"/> d) Miniaturisierung (Bauelemente, Systeme)	Anmerkungen: _____ _____ _____

	<hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> e) bildgebende Verfahren	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> f) (neue) Materialien (erweiterter Wellenlängenbereich, photonische, Metamaterialien...)	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> g) <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> h) <hr/> <hr/>	Anmerkungen: <hr/> <hr/>

<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <p>Empfehlungen für Rahmenbedingungen:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>Sonstige Anmerkungen:</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

6.5.1 Cluster

Fragenbogen zur IST-Analyse Optik/Optoelektronik am Standort Thüringen:

Die VDI Technologiezentrum GmbH Düsseldorf führt gemeinsam mit der CoOptics GmbH und dem OptoNet e.V. Jena im Auftrag der LEG Thüringen eine Potentialanalyse im Wachstumsfeld „Optik/Optoelektronik“ des Landes Thüringen durch. Im Rahmen dieser Analyse ist es unter anderem wichtig, die Kernaktivitäten, Ressourcen sowie aktuellen Wirtschafts- und Produktionsstatistiken der Akteurslandschaft herauszuarbeiten.

Der vorliegende Fragebogen lehnt sich direkt an die Ausschreibung der LEG an und dient als Grundlage zur Erstellung von Kompetenzprofilen der Thüringer Akteure im Bereich Optik/Optoelektronik. In Erweiterung zu öffentlich zugänglichen Informationen in Datenbanken, soll eine aussagekräftige Datenerhebung der IST-Werte für die speziell adressierten Bereiche:

- Systeme und Lösungen für die Gesundheitswirtschaft/Medizintechnik
- Systeme und Lösungen für die Umwelt
- Lösungen zur ressourceneffizienten (material- und energieeffizienten) Produktion

ermöglicht werden. Die erlangten Ergebnisse fließen in eine Akteurslandkarte für den Standort Thüringen ein, die im Internet veröffentlicht werden soll.

In einem zweiten Schritt werden wir Sie ggf. für eine vertiefte Analyse zur Ermittlung des Innovationspotentials in ausgewählten Schwerpunkten kontaktieren.

Die Fragestellungen richten sich an „Kompetenzträger“ in Thüringen. Gemeint sind Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Hochschulen, Cluster/Netzwerke und Transfereinrichtungen, die für den Standort Thüringen im Bereich Optik/Optoelektronik auf unterschiedlichen Themenfeldern kompetent sind.

Alle von Ihnen angegebenen Daten werden vertraulich behandelt. Die Auswertung erfolgt in Form eines zusammenfassenden Berichts. Einzelne Angaben sind für die Veröffentlichung in obig erwähnter Akteurslandkarte vorgesehen. Hierzu bitten wir Sie im Kontext der betreffenden Fragen um eine entsprechende Freigabe.

Wir laden Sie dazu ein, diese Möglichkeit der Positionierung gegenüber dem Land zu nutzen und die Studie mit ihren Angaben zu bereichern.

Akteursprofil für Cluster

Bitte geben Sie uns hier zunächst einige grundlegende Informationen zu ihrem Cluster.

6.6 Organisation des Akteurs

Rechtsform / Ggf. Träger	
Leitung (Gremien...)	
Geschäftsmodell/Leistung	
Mitglieder (Anzahl, davon KMU)	
Strategische Partner	<i>(Hochschulen Forschungs- und Transfereinrichtungen Unternehmen)</i>

6.7 Strategische Ausrichtung

Ziele	<i>Hauptziel 1-5 spezifische Ziele</i>
Aufgaben	<i>Strategische Aufgaben/Entwicklungsfelder</i>
Themenfelder	<i>Strategische Entwicklungsfelder</i>
Schlüsselprojekte	<i>Zentrale Forschungs-/Technologieprojekte Verbundprojekte/Innovationsnetzwerke Produktprojekte</i>

6.8 Schwerpunkte optischer/optoelektronischer Technologien in Thüringen

16. In welchen Feldern sehen Sie für sich künftige Schwerpunkte / potentielle Handlungsfelder? Verfeinern Sie bitte Ihre Angabe ggf. über die angefügte Liste hinaus (Mehrfachnennungen möglich)?	
<input type="checkbox"/> Ressourceneffiziente (material- und energieeffiziente) Produktion:	
	<input type="checkbox"/> a) optische Komponenten <input type="checkbox"/> b) optische Systeme/Systemintegration (u.a. athermale Fassungstechnologien) <input type="checkbox"/> c) Produktionstechnik/flexible Produktion <input type="checkbox"/> d) Bildverarbeitung und Messtechnik <input type="checkbox"/> e) Lithografie <input type="checkbox"/> f) hybride Systeme

	<input type="checkbox"/> g) Leichtbaukonzepte <input type="checkbox"/> h) kompakte Systeme/Funktionsintegration/Parallelisierung (Freiformflächen, Arrays...etc.) <input type="checkbox"/> i) Miniaturisierung <input type="checkbox"/> j) Lichtleitfasern/Faseroptiken/Lichtwellenleiter <input type="checkbox"/> k) flexible (customized) Montage <input type="checkbox"/> l) Materialentwicklung <input type="checkbox"/> m) Andere: _____
<input type="checkbox"/> Biophotonik/Medizintechnik:	
	<input type="checkbox"/> a) bildgebende diagnostische Verfahren <input type="checkbox"/> b) analytische Verfahren <input type="checkbox"/> c) POC (point of care) <input type="checkbox"/> d) Biomarker/Targets/Label/Sonden <input type="checkbox"/> e) Biobanken <input type="checkbox"/> f) Marktzulassung (klinische Studien, CRO) <input type="checkbox"/> g) Module und Systeme (Optik/Optoelektronik/Lichtquellen/Mikroskope etc.) <input type="checkbox"/> h) neue Materialien <input type="checkbox"/> i) Andere: _____

<input type="checkbox"/> Systeme mit Umweltrelevanz:	
	<input type="checkbox"/> a) Energietechnik (u.a. Solar) <input type="checkbox"/> b) Beleuchtungstechnik <input type="checkbox"/> c) Fernerkundung <input type="checkbox"/> d) Umweltanalytik <input type="checkbox"/> e) Optische Verfahren der Umwelttechnik (z.B. UV-Entkeimung) <input type="checkbox"/> f) Andere:
<input type="checkbox"/> Informations- und Kommunikationstechnik	
	<input type="checkbox"/> a) Kameras, Bildsensoren <input type="checkbox"/> b) Bildwiedergabe <input type="checkbox"/> c) optische Fasern, Fasersysteme <input type="checkbox"/> d) Andere:
<input type="checkbox"/> Andere	
	<input type="checkbox"/> a) Mobilität (u.a. automotive lighting, head-up-displays...) <input type="checkbox"/> b) Sicherheitstechnik <input type="checkbox"/> c) Weitere:

17. Welche der folgenden Themenfelder erscheinen Ihnen in Zukunft wichtig, und damit auch für die Entwicklung des Landes Thüringen?	
Themenfeld:	Anmerkungen / nötige Rahmenbedingungen (Stichpunkte)
<input type="checkbox"/> a) Optische Lithographie:	Anmerkungen: _____ _____ _____ _____ Empfehlungen für Rahmenbedingungen: _____ _____ _____ _____
<input type="checkbox"/> b) Optik in Fasern bzw. Lichtwellenleitern	Anmerkungen: _____ _____ _____ _____ Empfehlungen für Rahmenbedingungen: _____ _____ _____ _____
<input type="checkbox"/> c) Freiformen, Linsenarrays	Anmerkungen: _____ _____ _____ _____ Empfehlungen für Rahmenbedingungen: _____ _____ _____ _____
<input type="checkbox"/> d) Miniaturisierung (Bauelemente, Systeme)	Anmerkungen: _____ _____ _____

	<hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> e) bildgebende Verfahren	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> f) (neue) Materialien (erweiterter Wellenlängenbereich, photonische, Metamaterialien...)	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> g) <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	Anmerkungen: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> Empfehlungen für Rahmenbedingungen: <hr/> <hr/> <hr/>
<input type="checkbox"/> h) <hr/> <hr/>	Anmerkungen: <hr/> <hr/>

<hr/> <hr/> <hr/>	<hr/> <hr/> <p>Empfehlungen für Rahmenbedingungen:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>Sonstige Anmerkungen:</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

6.9 Gesprächsleitfaden der Akteursbefragungen

Leitmarkt-Eckpunkte zur Innovationsstrategie für das Wachstumsfeld Optik/Optoelektronik in Thüringen

Beitrag zum Leitmarkt	Lead-Rolle	Mitarbeit
Ressourceneffiziente Produktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesundheitswirtschaft / Medizintechnik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lösungen für die Umwelt (Beleuchtung, Energie, Solar)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lösungen für die Informations- Kommunikationstechnik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bitte pro Leitmarkt ein eigenes Eckpunkte-Formular ausfüllen und rücksenden an xxxxxxxx, yyyyy@zzz.de, Tel.: 01234 5678-999

Name/Einrichtung: _____

Datum: _____

7 Kompetenzprofil und strategische Ausrichtung (USP)

Position Thüringens und Entwicklung seit 2008	<p>Wie hat sich der Standort Thüringen im Leitmarkt im Vergleich zu 2008 entwickelt?</p> <p>GIB macht statistische Analyse Leitmärkte St-Ro wertet Projektliste aus...</p> <p>„folgende Fördermittel... Instrumente sind vorhanden.. nach Recherhelage gab es die und die Förderung....“ „was hat es bei euch als Auswirkung gegeben... ist das Geld angekommen?“</p>
FuE-/Innovationsindikatoren a) Input b) Output	<p>Verfügen Sie über eigene Erhebungen zu Anzahl der Unternehmen, Umsätze, Anzahl der Beschäftigten, Arbeitsentgelte, Ausgaben für FuE, FuE-Personal, Patentanmeldungen im Leitmarkt?</p> <p>Clustermanager wissen das...</p>
Vision	<p>Was könnte eine aussagekräftige Vision für den Leitmarkt sein? Die Vision soll den Rahmen für die zukünftige Entwicklung</p>

	<p>des Themenfelds in Thüringen abstecken und zur Mobilisierung der relevanten Akteure beitragen. Sofern es Ihnen möglich ist, berücksichtigen Sie bei der Formulierung einer Vision die folgenden 3 Dimensionen, die die übergeordneten Ziele der EU 2020-Strategie reflektieren und daher eine wichtige Orientierungskraft besitzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft, • Nachhaltigkeit und • Beschäftigung/Qualifikation.
Zielsetzung	Wo möchte Thüringen im Leitmarkt im Jahr 2020 stehen?
Benchmarks	Was sind wichtige Vergleichsstandorte im Leitmarkt für Thüringen und warum?

8 SWOT-Profil

Interne Einflussfaktoren	Stärken	Was sind die Alleinstellungsmerkmale Thüringens im Leitmarkt?
	Schwächen	Was sind die Schwächen Thüringens im Leitmarkt?

Externe Einflussfaktoren	Chancen	Welche Trends bestimmen die Entwicklung des Leitmarks? Was sind die globalen Wachstumstreiber?
	Herausforderungen	Welche Herausforderungen müssen bewältigt werden?

9 Handlungsfelder und Investitionsprioritäten

Strategische Handlungsfelder	Welche Handlungsfelder ergeben sich auf Basis der Chancen und Herausforderungen für Thüringen im Leitmarkt z.B. Strategien um Wertschöpfungsketten zu schließen, Kooperationsstrategien?
Zukunftsthemen	Was sind die strategischen Themenschwerpunkte im Leitmarkt z.B. Cross-Innovationen mit Marktrelevanz, Lösungen zu den globalen Herausforderungen, Themen für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit?
Strategische Themen für Förderung und politische Maßnahmen	Welche Zukunftsthemen im Leitmarkt sollte Thüringen durch Förderung und andere politische Maßnahmen unterstützen? Hier sind konkrete Projekte von Ihnen gefragt...
Förderinstrumente	Welche Förderinstrumente und flankierenden Strategieelemente sollten im Leitmarkt eingesetzt werden?
Brücken zu Horizon 2020	Wo sehen Sie Möglichkeiten, die Teilnahme von LSA-Akteuren an FP7/Horizon 2020 zu verbessern? Optional: Welche Möglichkeiten gibt es, die durch den ESF und den ELER kofinanzierten Programme zu berücksichtigen?

**10 Verantwortlichkeiten und Beteiligung der relevanten Akteure
(aus heutiger Sicht)**

<p>Governance- prozess des Leitmarkts</p>	<p>Wie sind die relevanten Akteure (z.B. Unternehmen, FuE-Akteure, Kammern und Verbände, regionale und thematische Netzwerke) in die wichtigen Arbeitsprozesse im Leitmarkt (z.B. Cluster) einbezogen?</p>
<p>Leitmarkt- verantwortliche Akteure</p>	<p>Was sind die zentralen Akteure (insbesondere Cluster) in Lead-Rolle für den Leitmarkt?</p>
<p>Partner</p>	<p>Welche anderen Akteure sind im Strategieprozess für den Leitmarkt beteiligt bzw. sollten einbezogen werden?</p>
<p>Grenzüberschrei- tende und inter- nationale Zu- sammenarbeit</p>	<p>Welche internationalen Akteure sind beteiligt bzw. sollten einbezogen werden?</p>

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Weltmarkt für Photonik nach Anwendungsfeldern (Quelle: Optech Consulting 2010 (Werte 2008)).....	14
Abbildung 2: Die deutsche Photonik-Industrie im Überblick (Quelle: Optech Consulting: 2010/2011: SPECTARIS e.V.).....	15
Abbildung 3: Trendinduzierte technologische Nachfragefelder.....	16
Abbildung 4: Regionale Verteilung der Unternehmen der optischen Industrie in Thüringen nach Beschäftigtenzahl. Quelle: OptoNet e.V. 2011	30
Abbildung 5: Verteilung der Unternehmensgröße (nach Mitarbeiterzahl) der optischen Industrie in Thüringen. Quelle: OptoNet e.V. 2011	31
Abbildung 6: Stellenwert von Forschung und Entwicklung in den Unternehmen der Thüringer Optikindustrie. Quelle: OptoNet e.V. 2011	32
Abbildung 7: Einschätzung der Unternehmensstellung im jeweiligen Marktsegment. Quelle: OptoNet e.V. 2011	33
Abbildung 8: Beschäftigtenanteile in den Unternehmen der Thüringer Optikindustrie nach Qualifikationsgruppen. Quelle: OptoNet e.V. 2011	34
Abbildung 9: Tabellarische Darstellung der wichtigsten Kennzahlen der optischen Technologien in Thüringen	45
Abbildung 10: Bedeutung von Schlüsseltechnologien für die Thüringer Unternehmen Frage: Wie schätzen Sie die Bedeutung der folgenden Schlüsseltechnologien für ihr Unternehmen derzeit und zukünftig ein?	74
Abbildung 11: Bewertung der Bedeutung der Biophotonik durch die Forschungseinrichtungen Frage: In welchen Feldern sehen Sie bis 2020 für Ihre Forschungseinrichtung künftig Schwerpunkte?	75
Abbildung 12: Patentanmeldungen der Forschungseinrichtungen in den Bereichen Lebenswissenschaften, Medizintechnik und Pharmazie.....	77
Abbildung 13: Mitwirkung der Forschungseinrichtungen an der Zulassung von Medizinprodukten	78
Abbildung 14: Antworten auf die Frage: Benennen Sie Marktzulassungshürden für Ihre Produkte.	79
Abbildung 15: Potenzial des Biophotonik-Vorhabens MODIAMD.....	82
Abbildung 16: Geschätzter Markt des Biophotonik-Vorhabens MODIAMD	82
Abbildung 17: Potenzial des Biophotonik-Vorhabens MINDE	84
Abbildung 18: Geschätzter Markt des Biophotonik-Vorhabens MINDE	85
Abbildung 19: Überblick über die Anwendungen und Technologien der effizienten Beleuchtung. Quelle: Studie Green Photonics, LEG 2010	92
Abbildung 20: Wertschöpfungskette LED	93
Abbildung 21: Anteil der erneuerbare Energien am europäischen Bruttostromverbrauch. Quelle: EREC Study 2008.....	96

Abbildung 22: Wertschöpfungskette Photovoltaik.....	97
Abbildung 23: Stärken und Schwächen der Thüringer Industrie und Institutslandschaft auf den Gebieten der optischen IKT	115
Abbildung 24: <i>Darstellung des Mooreschen Gesetzes (MM) und des More-than-Moore-Ansatzes (MtM). Quelle: More than Moore White paper; www.itrs.net/Links/2010ITRS/IRC-ITRS-MtM-v2%203.pdf.....</i>	118
Abbildung 25: <i>Zulieferkette in der Lithografie</i>	124
Abbildung 26: <i>Zulieferkette in der Metrologie</i>	124