
PhATINEA - Photonik & IKT in Österreich

Analyse des Innovationsökosystems

Endbericht

Rainer Hainberger, Christian Hartmann, Georg Jakopic, Bernhard Schrenk

Graz, Juli 2016

Impressum

Im Auftrag von:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
Sensengasse 1, 1090 Wien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Abteilung III/I5 – Informations- und industrielle Technologien, Raumfahrt
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Ausgearbeitet von:

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
Leonhardstraße 59, 8010 Graz

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Donau-City-Straße 1, 1020 Wien

Inhaltsverzeichnis

1	Executive Summary	8
2	Zusammenfassung	10
2.1	Hintergrund und Zielsetzung der Studie	10
2.2	Untersuchungsbereich	10
2.3	Analyse des internationalen Umfelds	11
2.4	Spezialisierungsmuster und Wettbewerbsposition Österreichs im internationalen Vergleich	12
2.5	Die unternehmerischen Bedarfslandschaften	13
2.6	Ergebnissynthese und Schlussfolgerungen.....	14
3	Zielsetzung und Auftrag	16
3.1	Hintergrund und Motivation	16
3.2	Projektziele.....	17
3.3	Struktur des Berichts.....	17
4	Definitionen und Abgrenzungen	19
4.1	Was ist Photonik?	19
4.2	Definition und Abgrenzung der untersuchten Sektoren.....	19
4.2.1	Photonik und IKT	20
4.2.2	Photonik und Life Sciences & Health	21
4.2.3	Photonik und Sensorik	23
5	Die Analyse des internationalen Umfelds	24
5.1	Einleitung	24
5.2	Methodik und Quellen	24
5.3	FTI-politische Aktivitäten und Trends in Europa	25
5.3.1	Nationale Strategien und Förderschwerpunkte	25
5.3.2	Die Priorisierung und Förderung von Photonik auf der regionalen Ebene	29
5.3.3	Nationale Cluster und Technologieplattformen	31
5.4	FTI-politische Trends in Nordamerika.....	32
5.4.1	USA	32
5.4.2	Kanada	33
5.5	FTI-politische Trends in Ostasien	35
5.6	Internationale Technologieroadmaps	37
5.6.1	Begriffsklärung	37

5.6.2	Aktuelle Technologieroadmaps im Bereich Photonik	38
5.7	Resümee.....	39
6	Spezialisierungsmuster und Wettbewerbsposition Österreichs im internationalen Vergleich	40
6.1	Einleitung	40
6.2	Die Analyse des österreichischen Außenhandels	40
6.2.1	Vergleichsländer und Analysemethodik	41
6.2.2	Grenzen der eingesetzten Methode	44
6.2.3	Diskussion der Ergebnisse	45
6.3	Die Analyse österreichischer Patentanmeldungen	51
6.3.1	Methodik und Vorgehen	51
6.3.2	Diskussion der Ergebnisse	51
6.4	Die Abschätzung von zukünftigen Marktpotenzialen	52
6.4.1	Internationale Prognosen	52
6.4.2	Abschätzung auf der Basis von internationalen Exportdaten	54
6.5	Resümee.....	60
7	Unternehmerische Bedarfslandschaft	62
7.1	Einleitung	62
7.2	Methodische Bausteine.....	62
7.2.1	Stakeholder/innen-Mapping und Befragung	62
7.2.2	Workshops zur Maßnahmen- und Themendefinition	62
7.3	Vorgehen.....	63
7.3.1	Interviewpartner/innen und Ablauf der Interviews	63
7.3.2	Workshop Teilnehmer/innen und Ablauf der Workshops	64
7.4	Sektorübergreifende Tendenzaussagen.....	66
7.5	Sektorspezifische Tendenzaussagen	67
7.5.1	Photonik für IKT	67
7.5.2	Photonik für Life Sciences & Health	71
7.5.3	Photonik für Sensorik/Security	75
7.6	Resümee.....	77
8	Ergebnissynthese und Schlussfolgerungen	79
8.1	Einleitung	79
8.2	Zusammenfassende Betrachtung der Sektoren	79
8.2.1	Wertschöpfungskette und SWOT-Analyse im Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien	79

8.2.2	Wertschöpfungskette und SWOT im Bereich Photonik für Life Sciences & Health	81
8.2.3	Wertschöpfungskette und SWOT-Analyse im Bereich Photonik und Sensorik/Security	86
8.3	Sektorübergreifende Empfehlungen	89
8.4	Sektorspezifische Empfehlungen	91
8.4.1	Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien	91
8.4.2	Photonik für Life Sciences & Health	93
8.4.3	Photonik für Sensorik und Security	94
8.5	Resümee	95
9	Verwendete Quellen	97
9.1	Literatur	97
9.2	Datenbanken	98
10	Anhang	99
10.1	Für Photonik relevante IPC Klassen	99
10.2	Interviewleitfaden	102

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Europäische Regionen mit Prioritäten in Photonik in der EFRE Programmperiode 2013-2020.....	29
Abbildung 2:	Photonik Cluster und Technologieplattformen in Europa (Cluster – gelb, nationale Technologieplattformen – orange)	31
Abbildung 3:	Derzeitige strategische Orientierungen der Forschungsförderung in Ostasien.....	35
Abbildung 4:	Verteilung und Steuerung der Fördermittel für Photonikforschung in China, Japan und Südkorea.....	36
Abbildung 5:	Mögliche Wettbewerbspositionen im internationalen Handel.....	43
Abbildung 6:	Mögliche Positionen für den Technologieanteil eines Produktes	44
Abbildung 5:	Handelsbilanz (in %) – Mittelwerte 2002-2011	46
Abbildung 6:	Spezialisierung im Außenhandel (RCA)	47
Abbildung 7:	Spezialisierung im Außenhandel (RCA) – 2002 und 2011 im Vergleich.....	47
Abbildung 8:	Technologieanteil der Produkte – Durchschnitt 2007-2011	49
Abbildung 9:	Position und Art des Wettbewerbs im internationalen Handel Durchschnitt 2007-2011.....	50
Abbildung 10:	Entwicklung der Patentweltmarktanteile für Europa und Vergleichsregionen, 2000-2010.....	52
Abbildung 11:	HS 854140 (photosensitive devices) – Zusammenfassung der Prodcom-Klassen 26112220, 26112240 und 26114070.....	55
Abbildung 12:	HS 902730 - Spektrometer, -fotometer und -grafien, die optische Strahlen verwenden	56
Abbildung 13:	HS 902750 - Andere Instrumente, Apparate und Geräte, die optische Strahlen, UV-Strahlen, Licht- und Infrarotstrahlen, verwenden.....	56
Abbildung 14:	HS 901820 - Apparate und Geräte, die Alpha-, Beta- oder Gammastrahlen verwenden, auch für medizinische, chirurgische, zahnärztliche oder tierärztliche Zwecke, einschließlich Apparate und Geräte für die Schirmbildfotografie oder Strahlentherapie	57
Abbildung 15:	HS 900211 - Ultraviolett- und Infrarotbestrahlungsgeräte.....	57
Abbildung 16:	HS 900510 - Ferngläser	58
Abbildung 17:	HS 901320 - Laser (ohne Laserdioden)	58
Abbildung 18:	HS 901390 - Teile und Zubehör für Zielfernrohre, Periskope, Fernrohre, Laser.....	59
Abbildung 19:	HS 845610 - Laser-, Licht- und andere Photonenstrahlwerkzeugmaschinen	60
Abbildung 20:	Konsolidierte Themenlandschaft im Themenbereich Photonik für Life Sciences & Health	73
Abbildung 21:	Analyse der erfolgreichen österreichischen H2020-Projekte	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aktuelle Photonik-relevante Strategiedokumente und Fördermaßnahmen in EU-Mitgliedsländern.....	25
Tabelle 2:	Relevante Prodcom Güterklassen.....	40
Tabelle 3:	Anteil an den Gesamtexporten der Sachgüterproduktion in %, 2002-2011	45
Tabelle 4:	Handelsbilanz (in %) – Einzelwerte 2002-2011.....	46
Tabelle 5:	Durchschnittliche Export-Einheitswerte (\$/kg), 2002-2011	48
Tabelle 6:	Die Konkordanz zwischen Prodcom-Klassen und der HS (Außenhandels-Nomenklatur)	54
Tabelle 7:	Konsolidierte Themenlandschaft für den Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien.....	68
Tabelle 8:	Wertschöpfungskette für den Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien.....	80
Tabelle 9:	SWOT-Analyse für den Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien.....	81
Tabelle 10:	Unternehmenslandschaft im Themenfeld Photonik für Life Sciences & Health	82
Tabelle 11:	Wertschöpfungskette im Themenbereich Photonik für Life Sciences & Health	84
Tabelle 12:	SWOT Analyse für den Bereich Photonik für Life Sciences & Health.....	85
Tabelle 13:	Die Wertschöpfungskette für den Bereich Photonik für Sensorik/Security	86
Tabelle 14:	SWOT-Analyse für Photonik und Sensorik/Security	88

Glossar

III-V	Halbleitermaterialien hervorgehend aus den Gruppen III und V des Periodensystems der Elemente
5G	5. Netzgeneration (der Mobilfunkkommunikation)
a.n.g.	anderweitig nicht genannt
ARIMA	bezeichnet lineare Modelle für stationäre, zeitdiskrete stochastische Prozesse. Sie werden zur Zeitreihenanalyse in der Messtechnik, in der Statistik und dort insbesondere in der Ökonometrie eingesetzt
CAGR	Compound Annual Growth Rate
ECSEL	Electronic Components and Systems for European Leadership (transnationales europäisches Forschungsprogramm)
EIR	Extended Infrared
ERA-NET	Networking the European Research Area (transnationales europäisches Forschungsinstrument)
ETP	Europäische Technologieplattform
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
FP7	7th Framework Programme (Forschungs-Rahmenprogramm der EU)
FTI	Forschung, Technologie und Innovation
H2020	Horizon 2020 (Forschungs-Rahmenprogramm der EU)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IP	Integrated Project
IPC	Internationale Patentklassifikation
IT	Informationstechnologien
ITN	Initial Training Network (FP7 Marie-Curie Programmsparte)
JR-POL	JOANNEUM RESEARCH-POLICIES
JTI	Joint Technology Initiative (transnationales europäisches Forschungsinstrument)
KET	Key Enabling Technology (Schlüsseltechnologie gemäß Definition durch EU)
KKU	Kleinst- und Kleinunternehmen
KMU	Kleines oder Mittleres Unternehmen
LED	Leuchtdiode
LCD	Flüssigkristallanzeige
LEIT	Leadership in Enabling and Industrial Technologies (Sparte des H2020 Rahmenprogramms)
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (Unterrichts- und Studienfächer)

PCB	Printed Circuit Board (Leiterplatte)
PPP	Private-Public Partnership
RDI	Research, Development and Innovation
STREP	Specific Targeted Research Project
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (Methodik zur Analyse)
WWTF	Wiener Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiefonds
TFT	Dünnschichttransistor
TRL	Technology Readiness Level

1 Executive Summary

Background of the study

Photonics will play a key role on the re-industrialisation agenda for Europe. According to international market studies the global market is currently worth 300 Billion EUR and around 290,000 jobs are directly impacted by photonic technologies. Forecasts for annual market growth do estimate average rates annual growth rates of 8 % for the upcoming years, with growth rates up to 20% in specific subfields of photonics.

This unique window of opportunity needs to be opened for the Austrian Economy; thus further policy measures are needed to stimulate RDI in the photonics sector, in order to improve the competitive position of relevant Austrian industries.

Objectives and methodological approach

The overall objective of the project was to identify adequate policy measures and future research topics in order to foster RDI activities in the domain of ICT related photonics. To reach this goal a mixed approach consisting of desk research, firm interviews and participative workshops had been carried out.

The project had foreseen a thorough analysis of the innovation ecosystem of ICT related photonics. Following the structure of the European Technology Platform Photonics²¹ the following sectors were analysed: photonics & ICT, photonics & life sciences / health, and photonics & sensors and security. The work for the study started with a quantitative analysis of the technology field and a qualitative assessment of the international environment. Then relevant value chains and stakeholders were identified for Austria. With the help of interviews and workshops relevant future RDI policy measures were delineated and themes for potential future flagship projects were identified.

Results

Photonics as a research and innovation policy priority is currently addressed in ten of 28 EU countries. Germany, Belgium, the Netherlands, United Kingdom, France and Spain are those countries with a particular high level of activity. On international level policy actions in the USA, Canada, and the Far East are noteworthy. The funding provided by China, Japan and South Korea therefore exceeds the investment of the European Union in Photonics research, under the umbrella of the Horizon 2020 programme and the individual funding provided by the EU member states combined.

From 2001 to 2011 Austria has been along with Sweden successfully improving its trade balance for photonics related goods, this trend is also reflected in an improved specialisation in international trade for the same time span. Austria was able to improve its position in terms of competitiveness. Growing technology content has improved the competitiveness of its goods on global markets that are ruled by quality competition. This trend is also reflected in patenting activities, so Austria has been able to increase its patent market share among photonics patents in Europe from 2000 to 2010 and has gained the sixth rank before Switzerland.

Analysis, interviews and workshops in the three above mentioned photonics sectors have brought forth the following cross sectoral recommendations: Firstly thematic calls should not be limited to specific applications in order to address existing competences in niches; secondly the administrative burden of existing programmes could be lowered by unifying administrative regulations on EU and national level; thirdly access to national R&D infrastructures should be facilitated and improved in particular for SMEs. An Austrian R&D infrastructure database should be established to support this task; fourthly photonics should be integrated into national strategy documents as in Germany, Spain or the Netherlands; and finally should existing stakeholder fora (i.e. Photonics Austria) further supported.

In the sector *photonics and ICT* stakeholders have expressed the need of maintaining the current good national knowledge base, by promotion of photonics in schools and the development of new education and training programmes. In the sector photonics for life sciences and health in particular the need for funding at low and very high technology readiness levels was uttered (taking into account the current legal framework for competition). In the sector *photonics for sensors and security* the need for sensors specific funding activities was put forward along with the wish of funding for prototyping and small pilot production series.

2 Zusammenfassung

2.1 Hintergrund und Zielsetzung der Studie

Der Leitfaden zur Ausschreibung für die gegenständliche Dienstleistung legt für das Projektvorhaben das folgende übergeordnete Ziel fest: „Erhebung von Möglichkeiten der FTI-Förderung zur Erhöhung der österreichischen Wertschöpfung im IKT-bezogenen Photoniksektor“. Die Studie soll daher die Situation speziell im Ziel- und Themenbereich des FTI-Programms „IKT der Zukunft“ beleuchten und sich bewusst von nicht IKT-bezogenen Themen abgrenzen. Die europäischen Rahmenbedingungen (z.B., ETP, KET-Strategie) sowie Aktivitäten anderer Länder müssen im Rahmen der Analyse berücksichtigt werden. Übergeordnetes Ziel dieses Vorhabens ist es somit, Maßnahmenvorschläge zu entwickeln, welche geeignet sind, die österreichische Wettbewerbsposition zu verbessern und die Wertschöpfung zu erhöhen.

Damit ergeben sich für das Projekt die folgenden Teilziele:

- Aufzeigen von Möglichkeiten der FTI-Förderung zur Erhöhung der Wertschöpfung im IKT-bezogenen Photoniksektor
- Maßnahmenvorschläge (z.B. Bedeutung bzw. Vorteile von Leitprojekten, Ziele, Zeithorizont, usw.) für „IKT der Zukunft“ und für direkte Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Staaten/Regionen

2.2 Untersuchungsbereich

Die Europäische Technologie-Plattform *Photonics21* unterscheidet folgende Schwerpunkte, in denen Photonik besondere Relevanz hat:

1. Information und Kommunikationstechnologie
2. Industrielle Fertigung und Qualität
3. Life Sciences und Gesundheit
4. Neue Beleuchtungs- und Displaytechnologien
5. Sicherheit, Messtechnik und Sensoren
6. Optische Komponenten und Systeme

Von diesen Schwerpunkten sind streng genommen 1. bis 5. Anwendungsgebiete, während 6. ein Querschnittsthema für alle fünf Anwendungsgebiete darstellt. In Hinblick auf die vorliegende Umfeldanalyse für das Themenfeld Photonik wurde eine Fokussierung auf die Anwendungsgebiete 1. Information und Kommunikationstechnologien, 3. Life Sciences und Gesundheit sowie 5. Sicherheit, Messtechnik und Sensoren vorgenommen. Dies ist dadurch begründet, dass sowohl lichtbasierte Produktionstechnologien (Anwendungsgebiet 2), als auch neue Beleuchtungstechnologien (Anwendungsgebiet 4) bereits durch gezielte FTI Programme des bmvit gefördert werden (Produktion der Zukunft bzw. Klima- & Energiefonds).

2.3 Analyse des internationalen Umfelds

Insgesamt zehn Länder innerhalb der EU28 verfügen aktuell über förderpolitische Maßnahmen, die Photonik ansprechen, sieben dieser Länder haben auch Strategiedokumente und Roadmaps erarbeitet, die entweder explizit dem Technologiefeld Photonik gewidmet sind oder aber Photonik als Schlüsselpriorität adressieren. Länder mit erwähnenswert hohem Aktivitätsniveau sind dabei Deutschland, Belgien, die Niederlande, Großbritannien, Frankreich und Spanien.

Sowohl auf Ebene der EU als auch in den Mitgliedsstaaten werden Photonik / Optische Technologien in zahlreichen strukturbildenden Maßnahmen (Cluster, Technologieplattformen, Forschungs- und Ausbildungsnetzwerke) gefördert. Neben der Europäischen Technologieplattform Photonics21 existieren innerhalb der EU derzeit bereits mehr als 30 Cluster und nationale Technologieplattformen zum Thema Photonik. Regionale thematische Cluster im Bereich Photonik / Optische Technologien existieren in etlichen europäischen Ländern wie Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Spanien, den Niederlanden oder Polen. Die Aktivitätsschwerpunkte dieser Cluster sind auf die Bedürfnisse regionaler KMU ausgerichtet und umfassen auch Ausbildung und Qualifizierung. In Österreich existiert mit Photonics Austria eine Vernetzungsinitiative, die sich wie auch andere Technologieplattformen an den thematischen Schwerpunkten von Photonics21 orientiert.

Werden FTI-Förderungen auf der regionalen Ebene innerhalb der EU28-Länder betrachtet, so zeigt sich, dass Photonik in den aktuellen regionalen Strategiekonzepten (RIS3 Strategien) nur eine marginale Rolle spielt. Während insgesamt 267 Regionen und EU-Mitgliedsstaaten Key Enabling Technologies priorisiert haben, lassen sich darunter nur elf Regionen (Bretagne (FR), Aquitaine (FR), Île de France (FR), Wales (UK), Flandern (BE), Baden Württemberg (DE), Sachsen (DE), Brandenburg (DE), Berlin (DE), Podkarpackie (PL) und Toscana (IT)) mit einem thematischen Schwerpunkt im Bereich Photonik identifizieren.

Während in der Vergangenheit in den USA alle Versuche, eine nationale Photonik-Forschungsplattform nach Vorbild der *The United States National Nanotechnology Initiative* aufzubauen gescheitert sind, gewinnt Photonik in den USA nun im Rahmen der nationalen Reindustrialisierungsagenda Relevanz. Mit der Gründung des *American Institute for Manufacturing Integrated Photonics (AIM Photonics)* im Juli 2015 im Rahmen des *National Network for Manufacturing Innovation (NNMI)* ist ein neuer Schwerpunkt für industriennahe Photonik-Forschung gesetzt worden.

In Kanada wird seit der Gründung des *Canadian Photonic Industry Consortium (CPIC)* Photonik-Forschung bottom-up und industriegetrieben koordiniert. Jüngste Schwerpunktsetzungen in der universitären Forschung sind im Bereich Quantencomputer und Nanophotonik erfolgt.

Werden die F&E-Investitionen der öffentlichen Hand in China, Süd-Korea und Japan zusammengerechnet, so ergibt sich eine Summe von ca. 2,1 Mrd. EUR für das Jahr 2014, womit diese Summe die vergleichbaren Ausgaben innerhalb der EU deutlich übersteigt. Die jährliche Summe an Fördermitteln, die innerhalb der EU und seinen Mitgliedsstaaten für Photonik aufgewendet wird, bewegt sich in einer Bandbreite zwischen 0,6-1,0 Mrd. EUR, wobei in diesen Wert sowohl direkte Förderungen für Photonik-Projekte als auch horizontale Initiativen, die Photonik nur in Teilen adressieren (wie *Factories of the Future* oder *Smart Cities*) miteinberechnet wurden. Zugleich ist festzuhalten, dass Japan und Südkorea bereits jetzt über Governance-Strukturen und Prozesse verfügen, die es ihnen erlauben Unternehmen entlang aller

Technology Readiness Level (TRL) aktiv zu unterstützen. China wird 2017 seine Strukturen und Prozesse ebenfalls stärker auf Innovationen und Marktnähe transformieren.

2.4 Spezialisierungsmuster und Wettbewerbsposition Österreichs im internationalen Vergleich

Werden die Daten zur Handelsbilanz von Photonik-Produkten von 2002 bis 2011 betrachtet, so wird deutlich, dass sich die positiven Werte für Nordamerika in diesem Zeitraum vermindert haben, wohingegen sich Österreich und Schweden über eine positive Dynamik der Handelsbilanz freuen durften. Auch für Ostasien lässt sich zeigen, dass sich die Handelsbilanz im Bereich Photonik von 2002 bis 2011 deutlich verbessert hat.

Die Analyse der Spezialisierungen im Außenhandel im intertemporalen Vergleich (2002 und 2011) zeigt, dass sowohl Österreich und Schweden, als auch Großbritannien innerhalb des Beobachtungszeitraums ihren Spezialisierungsgrad im Außenhandel verbessern konnten. Nordamerika verfügt zwar auch noch für 2011 über einen positiven Spezialisierungswert, hat jedoch gegenüber 2002 deutliche Einbußen erlitten.

Zusammenfassend lässt sich für Produkte im Bereich Photonik festhalten, dass Europa (EU28) einen wachsenden Technologieanteil in seinen Exporten aufweist, die jedoch auf den internationalen Märkten vor allem einem Preiswettbewerb begegnen müssen. Die meisten europäischen Produkte weisen gegenüber den globalen Wettbewerbern keine Kostenvorteile auf. Somit kann daraus geschlossen werden, dass Europa über eine Spezialisierung in High-End-Produkte verfügt, wohingegen die globalen Märkte immer stärker von einem Preisverfall betroffen sind.

Österreich konnte demgegenüber seine Wettbewerbsposition für Produkte im Bereich Photonik deutlich verbessern. Ein wachsender Technologieanteil in den Produkten hat einerseits dazu geführt, dass Exporte auf jenen globalen Märkten wettbewerbsfähig geworden sind, die von Qualitätswettbewerb beherrscht werden. Andererseits ist es aber auch gelungen, Kostenvorteile für Exporte in jene Märkte zu sichern, auf denen Preiswettbewerb herrscht.

Ostasiatische Organisationen sind seit 2003 die größte Gruppe unter den Patentanmeldern und konnten diese Position seitdem immer weiter ausbauen. Ihr Marktanteil am weltweiten photonik-relevanten Patentaufkommen ist von 27% im Jahr 2000 auf 50% im Jahr 2010 gewachsen. Patentanmelder aus Nordamerika haben ihre führende Position eingebüßt, die sie noch in den ersten Jahren des 21. Jahrhunderts gehalten hatten. Europa hat sich bis zum Jahr 2008 deutlich besser entwickelt und konnte im selben Jahr einen Anteil von 32% erreichen. In den Jahren 2009 und 2010 ist dieser Anteil jedoch auf 29% gesunken. Österreich konnte seine Marktanteile im Bereich Photonik-Patente von 2000 bis 2010 auf 6% ausbauen und hat die Schweiz vom sechsten Platz unter den EPO Mitgliedsstaaten verdrängt.

Um grobe Anhaltspunkte für die Entwicklung von zukünftigen Marktpotenzialen zu erhalten, wurde die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für Photonik-Produkte auf Basis von COMTRADE-Daten mittels ARIMA Methode geschätzt. Für die folgenden Produkte wurden dabei bis zum Jahr 2025 positive Trends geschätzt:

- HS 902750 – Andere Instrumente, Apparate und Geräte, die optische Strahlen, UV-Strahlen, Licht- und Infrarotstrahlen, verwenden (Wachstumspotenzial bis 2025: 31,8%),

- HS 901820 – Apparate und Geräte, die Alpha-, Beta- oder Gammastrahlen verwenden, auch für medizinische, chirurgische, zahnärztliche oder tierärztliche Zwecke, einschließlich Apparate und Geräte für die Schirmbildfotografie oder Strahlentherapie (Wachstumspotenzial bis 2025: 34,6%),
- HS 900211 – Ultraviolett- und Infrarotbestrahlungsgeräte (Wachstumspotenzial bis 2025 27,7%),
- HS 900510 – Ferngläser (Wachstumspotenzial bis 2025: 34,1%),
- HS 901320 – Laser (ohne Laserdioden) (Wachstumspotenzial bis 2025: 30,2%) und
- HS 845610 – Laser-, Licht- und andere Photonenstrahlwerkzeugmaschinen (Wachstumspotenzial bis 2025: 37,0%).

2.5 Die unternehmerischen Bedarfslandschaften

Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien wird der Schwerpunkt der nationalen Forschungsthematik auf der Komponentenseite gesehen. Vor allem die Integration von Mikroelektronik und Photonik spielt hier eine zentrale Rolle und wird auch von nationalen Leitunternehmen verfolgt. Der Einsatz neuartiger Komponenten auf System- und Netzwerkebene in der modernen Mobilfunk- oder leitungsgebundenen Kommunikationstechnologien ist ebenso von Bedeutung, da nur so die entworfenen Produkte auf Komponentenebene evaluiert und mit weiteren Chip-Produkten integriert werden können.

Aufgrund der fehlenden anwendungsoffenen Orientierung der Forschungsförderung ist die Besetzung von technischen Gremien auf europäischer Ebene – wie etwa die ETP Photonics21 oder NetWorld2020 durch nationale Repräsentant/innen aus dem F&E Bereich ein zentrales Anliegen, um so thematischen Input für mehrjährige Roadmaps liefern zu können. Kontinuierliche themenoffene Förderung ist für nationale Akteur/innen (und speziell für jene mit Ausrichtung auf Nischenmärkte) unbedingt notwendig, da es auch hier zu längeren Vorlaufzeiten bis zur Produktreife kommen kann. So ist derzeit intensive industrielle Forschung notwendig, um 2020 den 5G-Markt adressieren zu können. Zudem setzen europäische H2020-Projekte in diesem Themenfeld voraus, dass bereits Technologie eingebracht wird und lediglich in Richtung Anwendung untersucht wird – also keine eigentliche Technologieentwicklung auf unterster Ebene mehr stattfindet.

Nationale Optionen zur Forschungsförderung im Bereich der Photonik werden derzeit als etwas zu eingeschränkt empfunden, da etablierte (trans-)nationale Programme wie etwa ECSEL und „IKT der Zukunft“ das Thema Photonik lediglich als peripher betrachten. Insbesondere fehlen in allen drei Sektoren Möglichkeiten für technologische Entwicklungen auf der Hardware-Ebene im unteren TRL-Bereich ($TRL \leq 4$) – hier ist eine Abstimmung mit dem Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft erforderlich. Zusätzlich verschärft ist diese Situation im Sektor Photonik für Life Sciences & Health, da hier thematische Förderschienen auf nationaler Ebene komplett fehlen.

Neben dem Angebot zur Forschungsförderung wird ebenso ein einfacher Zugang zu nationaler Forschungsinfrastruktur gewünscht, um großen und kleinen industriellen Unternehmen rasche Charakterisierungs- und Evaluierungsmöglichkeiten für neue Technologien und Konzepte innerhalb und besonders außerhalb des Kerngeschäftsfeldes zu bieten. Eine solche Infrastruktur soll dabei den Bedürfnissen von High-End Produkten gerecht werden und multiple

Kompetenzen bündeln. Dazu gehören speziell Photonik und Hochfrequenztechnik, aber auch technologienahe Kompetenzen zur Halbleitertechnologie.

Der Wissensbasis im Bereich der Photonik wird ein Rückgang an heimischen Universitätsabsolvent/innen attestiert. Hier ist ein rückläufige Absolvent/innenzahlen über die vergangenen Jahre zu bemerken, insbesondere bei IKT-relevanten Studienrichtungen (Nachrichtentechnik, Mikroelektronik). Unternehmen sind gezwungen, Mitarbeiter/innen aus dem Ausland zu beziehen.

Einigkeit herrschte hinsichtlich der Einschätzung der Unternehmen in den Sektoren Sensorik sowie Life Sciences & Health darin, dass die nationale Förderung zur Umsetzung hin, also die tatsächliche an die F&E-Tätigkeiten andockende Produktentwicklung bis zur Serienreife als ausgesprochen ungenügend empfunden wird. Dies ist stark mit dem Umstand verknüpft, dass die Firmenlandschaft stark von Kleinst-, Klein- Mittelbetrieben geprägt ist, deren genuine Finanzkraft naturgemäß begrenzt ist. Besonders für Start-ups wird dies als sehr kontraproduktiv eingeschätzt. In vielen Fällen führt dies entweder zum Scheitern junger aufstrebender Firmen, die nicht rasch genug entsprechenden Umsatz bzw. Gewinn lukrieren können, oder dazu, von großen, oftmals nicht in Österreich beheimateten Firmen aufgekauft zu werden.

Der Grad der Vernetzung der Firmen des Sektors Sensorik, besonders im F&E-Bereich, soll noch erhöht werden. Dies ist insbesondere zunehmend im Hinblick auf die Erschließung komplexer Technologien wichtig, die abgesehen von einer breiten Know-how Basis auch eine aufwändige Infrastruktur zur Fertigung benötigen. Allerdings setzt hier die bestehende KKU-/KMU-Landschaft gewisse strukturelle Grenzen. In diesem Zusammenhang werden „Pilot Lines“ als sehr hilfreich angesehen, die auch kleineren Unternehmen den Zugang zu einer entsprechenden hochqualitativen und modernen Produktionsinfrastruktur ermöglichen.

2.6 Ergebnissynthese und Schlussfolgerungen

Um die nationale Themenlandschaft auch im europäischen Kontext der Forschungsförderung zu etablieren, ist die Präsenz in europäischen Technologieplattformen zu stärken. Eine koordinierte Teilnahme relevanter Unternehmen in den Gremien zu Photonics21 und NetWorld2020 ist hier erforderlich, um die PPP-getriebenen H2020 Programme dementsprechend zu formen. Während der Anteil der österreichischen Stakeholder/innen in Photonics21 derzeit zufriedenstellend ist, ist die Beteiligung bei anderen europäischen Plattformen wie etwa NetWorld2020 ausbaufähig.

Parallel zu europäischen Forschungsförderungsprogrammen sollten nationale Programme die Schlüsseltechnologie „Photonik“ dahingehend berücksichtigen, dass der Fokus von Ausschreibungen nicht zu sehr eingeeengt wird. Programme wie „IKT der Zukunft“ sollten ausreichend themenoffenes Budget bereitstellen, da dieses derzeit nur etwa ein Viertel des Gesamtförderbudgets ausmacht. Dies ist notwendig, da es in Österreich keine rein auf Photonik ausgerichtete Programmlinie gibt, wie dies etwa im ambitionierten Photonik-Programm in Deutschland der Fall ist. In H2020 wird jedoch vermehrt auf nationale Anstrengungen aufgebaut, wie etwa im 5G PPP.

Bei der Erschließung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien im Photonik-Bereich und deren Randgebiete Mikroelektronik und Hochfrequenztechnik ist es zentral, ausreichend Möglichkeiten zur genauen Charakterisierung und Evaluierung zu haben. Hier empfiehlt sich die Etablierung eines virtuellen Labors durch universitäre und außer-universitäre

Forschungseinrichtungen, welches vermag, den Bedarf der heimischen industriellen Unternehmen an neuesten und sehr speziellen Wafer-Probing-, Mess- und Charakterisierungsinstrumenten abzudecken. Durch ein solches Instrument erhalten Unternehmen einen raschen und unkomplizierten Zugang zu genau jener Infrastruktur, die bei komplexen Vorhaben mit Einsatz von multiplen Technologien erforderlich ist – und im weiteren Schritt ebenso zu Future Emerging Technologies.

Um schlussendlich die Performance und Interoperabilität entwickelter Technologien evaluieren zu können, ist eine lückenlose Testumgebung erforderlich, wie sie etwa auch im Smart City Kontext anzutreffen ist. Im IKT-Bereich beinhaltet dies die gesamte Wertschöpfungskette, vom Chip bis in die Cloud – unter Einsatz von Hardware und Software. National sollte eine solche technologisch offene Testumgebung als Leitprojekt in Synergie mit bestehenden Anstrengungen zu Smart Cities realisiert werden, unter Einbeziehung moderner 5G Kommunikationstechnologie. Beispiele auf europäischer Ebene haben sich dahingehend bereits bewährt.

Für photonische Technologien eröffnen sich vor dem Hintergrund des Wandels im Gesundheitssystem und des anbrechenden Zeitalters des Internets der Dinge eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten im Bereich Life Sciences & Health. Die große Diversität der Anwendungsmöglichkeiten bietet gerade für KMUs großes Innovationspotential in Nischenbereichen. Um österreichische Unternehmen bei der Nutzung dieser Chancen optimal zu unterstützen, sollte bei der Photonikförderung das Anwendungsfeld „Life Sciences & Health“ entsprechend berücksichtigt werden.

Um die nationale Wissensbasis abzusichern, ist es weiterhin erforderlich, MINT-Fächer zu bewerben und Gender Programme zu erhalten. Da Photonik ein relativ junges Technologiefeld ist und es hier außerhalb der Forschungsstätten noch zu keiner breiten Bewusstseinsbildung gekommen ist, empfiehlt es sich zudem, verstärkt auf das Thema „Photonik“ in Schulen einzugehen. Dies kann vor allem durch den Einsatz von Trainings-Kits (z.B. Photonics Explorer) und durch den persönlichen Einsatz von Forscher/innen als „Photonics Ambassador“ im Zuge von geförderten F&E-Projekten erfolgen. Hierfür eignet sich ebenso die Einbindung von echten Endnutzern in Evaluierungsumgebungen, etwa im Kontext von Smart Cities.

3 Zielsetzung und Auftrag

3.1 Hintergrund und Motivation

Hinsichtlich der Reindustrialisierung der europäischen Wirtschaft kommt dem breiten Technologiebereich der Photonik eine bedeutende Rolle zu. Auf europäischer Ebene wird Photonik eine Schlüsselfunktion für die Brücke zu Wachstum und Beschäftigung zugeschrieben und findet dementsprechend auch im europäischen Programm "Horizon 2020" seinen Niederschlag. Die Definition als eine von sechs „Key Enabling Technologies“¹ durch die EU ruht auf den hohen Erwartungen in diesen Sektor: Der globale Markt hat im Jahr 2011 ein Volumen von rund 350 Mrd. EUR umfasst und schafft rein im europäischen Raum 290.000 direkte Arbeitsplätze, unter anderem in 5.000 KMUs. Für die Wachstumsrate (CAGR) im Photoniksektor wird für die kommenden Jahre ein Mittel von 8% erwartet, sogar mit bis zu 20% je nach Themenfeld². Nicht immer sichtbar, kommt der Photonik ebenso eine entscheidende Hebelwirkung auf andere Technologiefelder zu, was sich auf 20 bis 30% der europäischen Wirtschaftsleistung niederschlägt und sich indirekt auf 30 Mio. Arbeitsplätze auswirkt³.

Um diese Chancen auch für die österreichische Wirtschaft bestmöglich nutzen zu können, gilt es auch auf nationaler Ebene FTI im Photoniksektor zu stimulieren, um so die Voraussetzungen für die notwendigen Innovationen zur Sicherung der österreichischen Wertschöpfung zu ermöglichen.

Photonik ist in Wirtschaft und Forschung vielfältig vertreten und entsprechend unterschiedlich sind auch die diesbezüglichen Förderinitiativen. Einzelne Photonik-Themen, wie z.B. Photovoltaik oder lichtbasierte Produktionstechnologien (z.B. Laserbearbeitungsmaschinen) werden bereits durch gezielte FTI-Programme des bmvit gefördert. Die gegenständliche Dienstleistung soll daher die Situation speziell im Ziel- und Themenbereich des FTI-Programms „IKT der Zukunft“ beleuchten und sich bewusst von nicht IKT-bezogenen Themen abgrenzen. Die europäischen Rahmenbedingungen (z.B. PPP, ETP, KET-Strategie) müssen im Rahmen der Analyse berücksichtigt werden. Zu beachten ist dabei, dass auf europäischer Ebene im Rahmen von H2020 (und zuvor bereits in FP7) der thematische Bogen von ICT auch Life Science/Health Aspekte umspannt. So beinhaltet das H2020 Arbeitsprogramm 2014-2015 „LEIT – Information and Communication Technologies“ in den Schwerpunkten ICT-2 Smart System Integration, ICT-26 Photonics KET und ICT-28 Cross-cutting ICT KETs medizinische Anwendungen unter Verwendung photonischer Technologien. Auf österreichischer Ebene wurden hingegen Life Science/Health Aspekte bisher nicht berücksichtigt. Gleiches gilt für das Themenfeld Security, Metrology and Sensors, das sich unter anderem in ICT-2-2014 Smart System Integration und ICT-26 Photonics KET und ICT-28 Cross-cutting ICT KETs wiederfindet.

¹ Schlüsseltechnologien - Key Enabling Technologies (KETs): Folgende sechs Technologiebereiche wurden als vorrangig für die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie identifiziert: Nanotechnologie, Mikro- und Nanoelektronik, Photonik, Werkstoffe, Biotechnologie und Produktion.

² BMBF (2013), Photonik Branchenreport 2013, S. 72.

³ Towards 2020 – Photonics Driving Economic Growth in Europe, Photonics21 ETP, Apr. 2013

3.2 Projektziele

Der Leitfaden zur Ausschreibung für die gegenständliche Dienstleistung legt für das Projektvorhaben das folgende übergeordnete Ziel fest: „Erhebung von Möglichkeiten der FTI-Förderung zur Erhöhung der österreichischen Wertschöpfung im IKT-bezogenen Photoniksektor“. Es soll daher die Situation speziell im Ziel- und Themenbereich des FTI-Programms „IKT der Zukunft“ beleuchten und sich bewusst von nicht IKT-bezogenen Themen abgrenzen. Die europäischen Rahmenbedingungen (z.B., ETP, KET-Strategie) sowie Aktivitäten anderer Länder müssen im Rahmen der Analyse berücksichtigt werden. Übergeordnetes Ziel dieses Vorhabens ist es somit, Maßnahmenvorschläge zu entwickeln, welche geeignet sind, die österreichische Wettbewerbsposition zu verbessern und die Wertschöpfung zu erhöhen.

Damit ergeben sich für das Projekt die folgenden Teilziele:

- Aufzeigen von Möglichkeiten der FTI-Förderung zur Erhöhung der Wertschöpfung im IKT-bezogenen Photoniksektor
- Maßnahmenvorschläge (z.B. Bedeutung bzw. Vorteile von Leitprojekten, Ziele, Zeithorizont, usw.) für „IKT der Zukunft“ und für direkte Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Staaten/Regionen

3.3 Struktur des Berichts

Der vorliegende Bericht stellt die umfassende Dokumentation der durchgeführten Arbeiten im Projekt PhATINEA dar und umfasst insgesamt die folgenden Teile:

- Das Kapitel 3 „Definitionen und Abgrenzungen“ schafft einen grundlegenden begrifflichen Rahmen für den Bericht. Neben einer Definition von Photonik im Allgemeinen werden auch die drei untersuchten Sektoren – Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien, Photonik für Life Sciences und Health sowie Photonik für Sensoren/Security – definiert und abgegrenzt.
- Im Kapitel 4 „Die Analyse des internationalen Umfelds“ wird ein kompakter und aktueller Überblick über aktuelle Politiktrends im Bereich Photonik gegeben. Neben FTI-politische Aktivitäten und Trends in Europa werden dabei auch entsprechende Entwicklungen in Nordamerika (USA, Kanada) und Ostasien (China, Japan, Südkorea) gegeben.
- Das Kapitel 5 „Spezialisierungsmuster und Wettbewerbsposition Österreichs im internationalen Vergleich“ bietet sowohl eine Analyse des Außenhandels auf Basis von Prodcum/COMTRADE Daten als auch eine Analyse österreichischer Patentanmeldungen im Vergleich zu Referenzregionen und -ländern. Abschließend werden noch zukünftige Absatzpotenziale für Photonikprodukte auf Basis von COMTRADE-Daten tentativ abgeschätzt.
- Kapitel 6: „Die Erhebung der unternehmerischen Bedarfslandschaft“ wurde im Rahmen von Expert/inneninterviews bzw. firmeninternen Workshops durchgeführt und der Forschungsbedarf und gewünschte thematische Interessenschwerpunkte erhoben sowie auch die Eignung der unterschiedlichen, derzeit verfügbaren FFG-Förderinstrumente, abgefragt.
- Kapitel 7 „Ergebnissynthese und Schlussfolgerungen“ verdichtet einerseits die Resultate der Expert/inneninterviews und Workshops, andererseits werden auch Wertschöpfungsketten für

die drei Sektoren Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien, Photonik für Life Sciences und Health sowie Photonik für Sensoren/Security erarbeitet und SWOT-Analysen entwickelt. Generische und sektorspezifische Empfehlungen schließen dann das Kapitel ab.

4 Definitionen und Abgrenzungen

4.1 Was ist Photonik?

Der Begriff Photonik geht einerseits auf das von G. Lewis geprägte Wort zur sprachlichen Hervorhebung des Quantencharakters des Lichts zurück, andererseits lehnt er sich an den Begriff "Elektronik" an, um alle Erscheinungen zu charakterisieren, in denen neben Elektronen Photonen, also das Licht, eine wichtige Rolle spielen. Heute wird es auch vielfach synonym für Optoelektronik und speziell für integrierte Optoelektronik verwendet (Fouckhart 1994). Kurz gefasst kann Photonik als die Wissenschaft und die Technologie bezeichnet werden, Licht nutzbar zu machen. Photonik umfasst die Erzeugung von Licht, die Detektion von Licht und das Lichtmanagement durch Führung, Manipulation und Verstärkung (Photonics21 2010). Detaillierter geht es innerhalb der Photonik im Wesentlichen um folgende Themen: Wellen- und Quantenoptik, Holographie, Wechselwirkung von Licht und Materie, optische Halbleitereigenschaften (besonders im Hinblick auf Photodetektoren und photovoltaische Elemente), optische Wellenleitung (z.B. Glasfasern), Laser, optische Modulatoren und Schalter (Richtkoppler), Interferometer und Frequenzmischer (Fouckhart 1994, Reider 1997).

Die oben angeführten Themen geben einen Rahmen für jene Produkte vor, die als photonisch bezeichnet werden können bzw. die wesentliche photonische Komponenten beinhalten. Ein wesentliches Produkt stellen Laser in verschiedensten Bauformen und Leistungsklassen dar, hier reicht die Reihe von kompakten Ultrakurzpulslasern im Femtosekundenbereich, neuartigen leistungsstarken Halbleiterlasern bis hin zu Hochleistungslasern im Infrarot-Bereich. Mit dieser Bandbreite wird eine ebenso breite Palette an Anwendungen adressiert, von denen Medizintechnik (Operationstechnik, Dentaltechnik, optische Stimulation, Endoskopie), Sensorik, Datenübertragung, Mikro- und Nanostrukturierung und Materialbearbeitung genannt seien. Im Bereich der Halbleiter sind als wesentliche Anwendungen Beleuchtungstechnik (LED), Displays (LCD, TFT), Photovoltaik sowie Foto- und Videotechnik (CCD-Array) zu nennen. Einen stark wachsenden Bereich stellt die Informationstechnologie mit ihren Anwendungen in der Telekommunikation dar, die durch die Weiterentwicklung und den Einsatz der Glasfasertechnik mit den begleitenden optoelektronischen Bauelementen (Lasern, Kopplern und Verstärkern, Detektoren) zur Andockung an die Mikroelektronik bekanntermaßen das Internet in seiner heutigen Ausprägung sehr wesentlich ermöglicht hat. Die Mikro- und Nanostrukturierung ermöglicht neue Anwendungen in der Sicherheitstechnik, erweiterte Möglichkeiten der Holographie, die Miniaturisierung optischer Systeme und die Integration optoelektronischer Komponenten. Es muss betont werden, dass die vorgenommene Aufzählung keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, auch gibt es (noch) keine als verbindlich anerkannten strengen Grenzen zu angrenzenden Technologiefeldern.

4.2 Definition und Abgrenzung der untersuchten Sektoren

Photonik befasst sich mit der Generation, Weiterleitung bzw. Führung, Veränderung, Verstärkung und der Detektion von Licht. Deshalb wird der Begriff oft synonym mit Optoelektronik bzw. integrierter Optoelektronik verwendet. Heute jedoch – besonders angesichts des Vordringens optischer Technologien in Produktionsprozesse – muss letzteres wohl als zu eng gefasst gesehen werden. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, kann das Feld der Photonik mit folgenden Themen beschrieben werden:

- Wellen- und Quantenoptik
- Holographie
- Solid-State Leuchtmittel und Displays
- Wechselwirkung von Licht und Materie
- Laserunterstützte Materialbearbeitung
- Optische Halbleitereigenschaften (besonders im Hinblick auf Photonendetektoren und photovoltaische Elemente)
- Optische Wellenleitung (z.B. Glasfasern, integriert-optische Bauteile)
- Laser, Optische Modulatoren und Schalter, Optische Verstärker, Interferometer und Frequenzmischer und Empfänger

Im Hinblick auf die Anwendungsgebiete der Photonik lässt sich somit ein sehr breites Spektrum ausmachen. Deshalb ist eine Aufteilung in kleinere Fachgebiete mit ausgesuchten Schwerpunkten sinnvoll für eine bessere Strukturierung. Die europäische Plattform Photonics21 unterscheidet konkret folgende Schwerpunkte, in denen photonische Technologien besondere Relevanz haben:

7. Information und Kommunikationstechnologie
8. Industrielle Fertigung und Qualität
9. Life Sciences und Gesundheit
10. Neue Beleuchtungs- und Displaytechnologien
11. Sicherheit, Messtechnik und Sensoren
12. Optische Komponenten und Systeme

Von diesen Schwerpunkten sind streng genommen 1. bis 5. Anwendungsgebiete, während Punkt 6. ein Querschnittsthema für alle fünf Anwendungsgebiete darstellt. In Hinblick auf die Umfeldanalyse für das Themenfeld Photonik wurde eine Fokussierung auf die Anwendungsgebiete 1. Information und Kommunikationstechnologien, 3. Life Sciences und Gesundheit sowie 5. Sicherheit, Messtechnik und Sensoren vorgenommen. Dies ist dadurch begründet, dass sowohl lichtbasierte Produktionstechnologien (Anwendungsgebiet 2), als auch neue Beleuchtungstechnologien (Anwendungsgebiet 4) bereits durch gezielte FTI Programme der bmvit gefördert werden (Produktion der Zukunft bzw. Klima- & Energiefond).

4.2.1 Photonik und IKT

Optische Telekommunikation: Photonik spielt im Telekommunikationssektor seit der Etablierung des Internet als „der“ Enabler eine zentrale Rolle: 90% der im Internet gehandhabten Bits werden über die weltweite optische Kommunikationsinfrastruktur übertragen. In Zusammenhang mit der 5G Netzgeneration, welche bis 2020 erwartet wird und eine Vielzahl von neuen Applikationen – aber auch Bandbreitenanforderungen und ein viel engeres Zusammenspiel von Breitbandtechnologien – bringt, verschmilzt Photonik im Weiteren mit heterogenen Zugangstechnologien basierend auf Kupfer und Wireless (WiFi). Dies wird sich speziell auf Komponenten und Subsystementwicklung auswirken: Die

Implementierung von Ultra-Wideband Wireless wie z.B. in der nächsten Netzgeneration für die Implementierung von Femtozellen vorgesehen wird durch den Einsatz von Photonik sehr begünstigt. Am Rande der klassischen, fasergebundenen Netzinfrastruktur wird auch im Bereich der Freiraum-Kommunikation (terrestrisch oder auch per Satellit) sowie im In-House Bereich Photoniktechnologie eingesetzt. In Zusammenhang mit dem Themenfeld der Beleuchtungstechnologien steht hier besonders die Sparte der Visible Light Communications (LiFi).

Datakom: Im Zeitalter des modernen Internets kommen Cloud Services immer mehr zur Anwendung. Das Rückgrat findet sich in Datenzentren, in welchen eine massive Rechenleistung und massiver Speicher den Endnutzern in geeigneter Form zur Verfügung gestellt wird. Die Umsetzung solcher Rechenzentren kann aufgrund gesteigerter Datenraten und Energiebedürfnissen nur durch den Einsatz von Photonik erfolgen. Hier werden vor allem optische Interconnects zwischen den Recheneinheiten sowie optischen Leiterplatten für die Realisierung der letzteren eingesetzt. Der Datakom-Bereich setzt so wie die klassische Telekommunikationstechnologie auf moderne photonische und optoelektronische Komponenten.

Photonische und optoelektronische Komponententechnologie ist die Basis moderner IKT Lösungen und Telekom- und Datakombereich. Ähnlich zur raschen Entwicklung von höchst-integrierter Mikroelektronik wird auch im Bereich der Photonik und Optoelektronik ein technologischer Durchbruch erwartet. Die Photonik ist dabei auch zum Teil eng an Elektronikentwicklung gebunden, da Chip-Lösungen basierend auf einer ko-integrierten Elektronik und Photonik mit steigendem Informationsdurchsatz einer immer wichtigeren Bedeutung zukommen. Packaging dieser multidimensionalen Chips ist ebenso von Interesse, da dies stark die Kosten von Produkten bestimmen kann. In diesem Technologiebereich spielen neben der eigentlichen Technologieentwicklung und neuartiger Prozesstechnologie ebenso die Designservices eine zentrale Rolle. Neben der Chip-Technologie sind ebenso passive Komponenten (z.B. Fasern, Koppelemente, Filter) zu berücksichtigen. Es sei auch hier erwähnt, dass das Themenfeld der Informations- und Kommunikationstechnologien im Gebiet der Komponententechnologie auch in Zusammenhang mit anderen Applikationsfeldern stehen kann. So wird Display-Technologie in neuartigen räumlichen Modulatoren und Signalfilterstrukturen eingesetzt.

Österreich ist im Bereich der IKT durch große Industrieunternehmen aber auch durch KMUs vertreten und ist speziell bei der photonischen und optoelektronischen Komponententechnologie gut aufgestellt. Es ist jedoch vor allem das Zusammenspiel mit verwandten IKT-Playern wie z.B. der Elektronikbranche zu Drahtlostechnologie zu beachten, da Photonik in modernen Netzinfrastrukturen (5. Generation) viel tiefer greifen wird als bisher – was ebenso in Zusammenhang mit dem Durchführung von Faser-Rollout durch europäische und nationale Breitbandinitiativen steht.

4.2.2 Photonik und Life Sciences & Health

Der Duden beschreibt das Gebiet der Life-Sciences als die Gesamtheit der Wissenschaften, deren Gegenstand die belebte Natur (Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere, Menschen) ist, z.B. Biowissenschaften und Medizin. Der deutschsprachige Wikipedia Eintrag zu „Life-Sciences“ nennt die Begriffe „Biowissenschaften“ und „Lebenswissenschaften“ als Synonyme, wobei angemerkt wird, dass der Begriff „Life-Sciences“ im deutschen Sprachgebrauch vielfach mit anwendungs- und marktorientierter Forschung in Verbindung gebracht wird, während „Biowissenschaften“ und „Lebenswissenschaften“ eher mit Grundlagenforschung assoziiert werden.

Gemäß dem englischsprachigen Wikipedia Eintrag zu „Life-Sciences“ zählen neben Biologie und Medizin unter anderem auch medizinische Geräte, bildgebende Verfahren in der Medizin, Gesundheitswissenschaften, die Sportwissenschaft, die Pharmakologie, Umweltwissenschaften, sowie die Lebensmittelwissenschaft zu diesem Themenfeld.

Mit dem Anwendungsfeld „Life Sciences & Health“ bezieht sich die vorliegende Studie primär auf die medizinischen und gesundheitsrelevanten Aspekte und betrachtet das F&E Potential für diesbezügliche photonische Technologien in Österreich. Insbesondere in den Bereichen Pharmakologie, Umweltwissenschaften sowie Lebensmittelwissenschaft gibt es einen starken Konnex zu photonischen Sensortechnologien, die in dieser Studie in dem separaten Themenfeld „Sensorik“ berücksichtigt werden.

Dem Anwendungsgebiet Photonik für Life Sciences & Health, das auch die Biophotonik beinhaltet, wird in diversen nationalen und internationalen Strategiepapieren und Technologie-Roadmaps⁴ eine substantielle Bedeutung für die kommenden Jahre beigemessen. Diese Bedeutung ergibt sich zunächst aus der gesellschaftspolitischen Herausforderung, die öffentlichen Gesundheitssysteme vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklungen einer alternden Bevölkerung ohne Abstriche bei der Versorgungsqualität finanzierbar zu halten. Ziel ist es, ein möglichst langes, gesundes und selbstbestimmtes Leben zu ermöglichen. Hinzu kommt ein steigendes Gesundheitsbewusstsein in der Bevölkerung. Diese Faktoren führen zu einem Wandel des Gesundheitssystems, weg von einer reinen Krankheitsverwaltung und Reparaturmedizin hin zu Gesundheitserhaltung und Vorsorge. Hierbei kommt insbesondere neuen technologischen Lösungen auf folgenden vier Ebenen eine bedeutende Rolle zu:

- 1) Forschen (Wissenschaft): Instrumente und Methoden, die bei der medizinischen Forschung als unverzichtbare Werkzeuge zur Erlangung neuer Erkenntnisse dienen.
- 2) Vermeiden (Prävention): Gerätschaften, die Menschen bei krankheitsvermeidenden Maßnahmen unterstützen. Dies beinhaltet Bereiche wie „Activity Monitoring“, „Fitness“, Lifestyle“ und „Wearables“.
- 3) Erkennen (Diagnose): Verbesserte diagnostische Methoden und Geräte, wobei die dezentrale, patientennahe Diagnostik zur möglichst frühzeitigen Erkennung von Erkrankungen von besonderer Bedeutung ist. Dies beinhaltet auch verbesserte Geräte für die Überwachung nach Behandlungsmaßnahmen („Aftercare“).
- 4) Heilen (Therapie): Technische Hilfsmittel zur therapeutischen Behandlung

Auf allen vier Ebenen spielen photonische Technologien eine wichtige Rolle.

Im wissenschaftlichen Bereich gibt es in Österreich eine ganze Reihe von Instituten, die sich mit der Erforschung von photonischen Methoden im Anwendungsgebiet Life Sciences & Gesundheit befassen. Im kommerziellen Bereich sind in Österreich zahlreiche KMUs und einige Großunternehmen entweder als Komponentenhersteller oder als Systemintegratoren für photonische Gerätschaften mit Einsatzmöglichkeiten in allen vier oben genannten Ebenen tätig.

⁴ Nanophotonics Europe Association: „Nanophotonics – a Forward Look“, Electronic Components and Systems for European Leadership (ECSEL) Joint Undertaking: „2015 Multi Annual Strategic Research and Innovation Agenda for the ECSEL Joint Undertaking – MASRIA 2015“, European Technology Platform Photonics21:Second Strategic Research Agenda „Lighting the way ahead“, Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2011): Förderprogramm "Photonik Forschung Deutschland - Licht mit Zukunft", Optoelectronics Industry and Technology Development Association (OITDA), Japan: Optoelectronics Technology Roadmaps.

4.2.3 Photonik und Sensorik

Dieser Bereich beinhaltet optische Messmethoden und Sensoren, die gegenüber anderen verfügbaren Methoden oder Sensoren gravierende Vorteile bezüglich Sensitivität oder Robustheit aufweisen. Anwendungsmöglichkeiten sind zahlreich vorhanden, von der Lebensmittelsicherheit über Umweltmonitoring bis zur digitalen Bildverarbeitung im Industrieprozess. In der Multiannual Strategic Roadmap 2014–2020 von Photonics21 sind wichtige photonische F&E-Themen dargestellt. Diese beinhalten unter anderem extended infrared (EIR) Quellen und Detektoren, optische Fasersensoren, lichtlenkende und -leitende Strukturen, Messtechnik für Prozesse und Produktionslinien oder integrierte photonische Mikrosysteme (Silicon Photonics als zukünftiger Trend).

In Österreich gibt es große Unternehmen aber auch eine Reihe von KMU, die sowohl als Anwender aber auch als Lieferant von Methoden oder Sensoren tätig sind. Parallel dazu ist auch die existierende nationale Forschungsszene mit einer Reihe von Akteur/innen ein wichtiger Treiber für die Umsetzung neuer Ideen in angewandten Forschungsprojekten und in weiterer Folge deren Anwendung in innovativen Produkten oder Dienstleistungen.

5 Die Analyse des internationalen Umfelds

5.1 Einleitung

Ziel von Kapitel 4 ist es einen kompakten und aktuellen Überblick über Politikrends im Bereich Photonik zu geben. Es geht somit darum, aufzuzeigen, in welchen Ländern derzeit forschungs- und innovationspolitische Strategien und Fördermaßnahmen existieren, die Photonik zum Schwerpunkt haben. Im Rahmen der Analyse hat sich gezeigt, dass nicht alle im Angebot vorgeschlagenen Länder derzeit über Aktivitäten im Bereich Photonik verfügen; konkret sind dies Griechenland und Israel. Dementsprechend werden diese beiden Länder in den folgenden Analysen auch nicht weiter berücksichtigt.

5.2 Methodik und Quellen

Für die Recherche der europäischen und internationalen Politikrends im Bereich Photonik wurde ein mehrstufiges Vorgehen gewählt. In einem ersten Schritt erfolgte die Sichtung folgender Dokumente:

- KETs Observatory Policy Profiles aus dem Jahr 2012 für Deutschland, Frankreich, Dänemark, Schweden, Finnland, Großbritannien, Belgien, Italien, Niederlande, Spanien, Israel, USA, Süd-Korea, und Japan⁵.
- Country Reports im Rahmen des MKETs Pilot Lines Projekts aus dem Jahr 2013 für Deutschland, Frankreich, Dänemark, Schweden, Finnland, Großbritannien, Belgien, Italien, Spanien, China, USA, Süd-Korea, und Japan⁶.

Diese Berichte wurden auf Politikrends und konkrete Fördermaßnahmen im Bereich Photonik gesichtet und eine erste Aktivitätstabelle, gegliedert nach Ländern, erstellt. In einem zweiten Schritt erfolgte dann eine erweiterte Recherche auf Basis von Internetabfragen und der folgenden Dokumente um die Ergebnisse zu verdichten und zu ergänzen:

- Europäische Kommission, GD Infso – Photonics Unit (2010) “An Overview of Photonics Innovation Clusters and National Technology Platforms in Europe”⁷
- Corriveau, R. (2010) Photonics in Canada – National Innovation Strategy
- Butter, M. et al. (2014) Horizon 2020: Key Enabling Technologies (KETs), Booster for European Leadership in the Manufacturing Sector⁸
- EAC – Euro Asia Consulting PartG (2015) Political Steering Processes in Asia Aimed at the Photonics Industry (Executive Summary)⁹

Abschließend erfolgte noch eine Abfrage der Eye@RIS Datenbank des IPTS in Sevilla¹⁰, um strukturierte Informationen über die innovationspolitische Priorisierung von Photonik in den Regionen der EU zu erhalten.

⁵ <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/ketsobservatory/policy>

⁶ <http://www.mkpl.eu/results/country-reports/>

⁷ <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/photonics/docs/eu-report-on-photonics-innovation-clusters-june2010.pdf>

⁸ [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/536282/IPOL_STU\(2014\)536282_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/536282/IPOL_STU(2014)536282_EN.pdf)

⁹ http://www.photonikforschung.de/fileadmin/MEDIENDATENBANK/SERVICE/Publikationen/BF-Photonics_Asia_Study_Executive_Report_bf_v2.pdf

¹⁰ <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/eye-ris3>

5.3 FTI-politische Aktivitäten und Trends in Europa

5.3.1 Nationale Strategien und Förderschwerpunkte

Tabelle 1 bietet einen Überblick über die aktuelle photonik-bezogene Strategien und Förderlandschaft in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Jene Länder, die derzeit über keine entsprechenden Strategien und Förderprogramme verfügen, sind in der Tabelle nicht aufgeführt.

Tabelle 1: Aktuelle Photonik-relevante Strategiedokumente und Fördermaßnahmen in EU-Mitgliedsländern

Land	Aktuelle Strategiedokumente	Laufende Fördermaßnahmen
Deutschland	Die neue High-Tech-Strategie – Innovationen für Deutschland, (2014)	Förderprogramm „Photonik Forschung – Deutschland Licht mit Zukunft“ (2012-2020)
Niederlande	De hoofdpijnen van het nieuwe bedrijfslevenbeleid (Top Sector Strategy) (2011) Holland Photonics Roadmap 2012	IOP Photonics Devices – the national research program on Photonics (2006-2015) Topsector High Tech Systems & Materials
Frankreich	Stratégie nationale de recherche France Europe 2020 (S.N.R.), 2014	Investissements d'avenir nanobiotechnologies, 2011-offen
Großbritannien	Enabling Technologies Strategy 2012-2015	Laufende Ausschreibungen im Rahmen der Enabling Technologies Strategy 2012-2015
Spanien	Spanish Strategy for Science, Technology and Innovation (EESTI) (2013-2020)	Spanish State Plan for Scientific and Technical Research and Innovation 2013-2016
Schweden	Kein aktuelles Strategiedokument	VINNVÄXT Programm: Fiber Optic Valley (Information and Communications Technology), Printed Electronics Arena
Belgien	Flanders in Action – Pact 2020 ¹¹ , Flanders Photonics Roadmap 2020	Flamish Competence Poles / Centres of Excellence Programme 2005-2014
Dänemark	Research 2020 – Strategic Research Horizons	Strategic research in strategic growth technologies
Italien	Kein aktuelles Strategiedokument	Technological Districts (2003-offen): Technological District Micro and Nano Systems of Sicily
Finnland	Kein aktuelles Strategiedokument	Keine explizite Adressierung; implizit Förderungen im TEKES Programm: Industrial Internet – Business Revolution 2014-2019

Quelle: Eigene Erhebungen

¹¹ In Belgien existieren keine FTI-strategischen Dokumente auf der nationalen Ebene

Insgesamt zehn Länder innerhalb der EU28 verfügen aktuell über förderpolitische Maßnahmen, die Photonik ansprechen, sieben dieser Länder haben auch Strategiedokumente und Roadmaps erarbeitet, die entweder explizit dem Technologiefeld Photonik gewidmet sind, oder aber Photonik als Schlüsselpriorität adressieren.

Deutschland

In Deutschland werden mit dem Förderprogramm "Photonik Forschung Deutschland – Licht mit Zukunft"¹² die Förderaktivitäten des BMBF-Förderprogramms "Optische Technologien 2002-2011"¹³ fortgesetzt. Als Handlungsfelder werden dabei Photonik in Wachstumsmärkten, integrierte photonische Systemtechnologie, photonische Prozessketten, die Basis der Photonik – neue Strahlquellen, Optiken, Materialien sowie Emerging Technologies – Das Frühbeet der Photonik angesprochen. Im Rahmen des Programms kommen die folgenden Instrumente zum Einsatz: Projektförderungen, Industrielle Verbundprojekte (z.B. Ausschreibung zu Vor-Ort-Analytik mit photonischen Verfahren für den Einsatz in den Lebenswissenschaften im Jahr 2014), die Gründungsinitiative GO-Photonik, Innovationsallianzen (z.B. Innovationsallianz Photovoltaik), Leitmarktinitiativen (z.B. LED Leitmarktinitiative), wissenschaftliche Vorprojekte, Vorlaufforschung in Forscher/innenverbänden und Industry on Campus. In Ergänzung dazu wurde im Jahr 2011 ein Photonik-Finanzforum initiiert, um Private Equity Geber und Start-ups zusammen zu bringen. Das Programm ist eng mit der neuen Hightech-Strategie verknüpft und hat eine Laufzeit von 2012 bis 2020.

Fallstudie: Wirtschafts- und Finanzforum Photonik¹⁴

Potenzielle Kapitalgeber und Investoren benötigen detaillierte Kenntnisse einer Branche und der Technologie zur Chancen- und Risikoanalyse. Diese Bewertung ist entscheidend bei der Umsetzung neuer Technologien, denn sie bestimmt direkt die Finanzierungs- und Versicherungskonditionen. Fehlt sie oder wird sie erst zu spät entwickelt, können Innovationen verzögert oder verhindert werden.

Aus Sicht der öffentlichen Forschungsförderung ist es daher bedeutend, den Wettbewerb möglicher Investoren im Anschluss an die F&E-Phase vorzubereiten und zu stärken und damit einen Investorenmarkt zu entwickeln.

Es gilt diesen Prozess langfristig durch eine branchenweit abgestimmte Informations- und Kommunikationsstruktur zu unterstützen und so voranzutreiben, dass Deutschland als Standort für Investitionen in die Photonik sichtbar und zugänglich wird. Diese Aufgabe kann nur von der Photonik-Community geleistet werden.

Daher hat die Branche eine Arbeitsgruppe ins Leben gerufen, die sich aus Vertreter/innen der Verbände Spectaris, VDMA, ZVEI sowie der Unternehmen der Branche zusammensetzt. Das VDI Technologiezentrum stellt im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) das Sekretariat der Initiative.

Im Frühjahr 2013 haben sie die gemeinschaftliche Marktanalyse "Branchenreport Photonik 2013" veröffentlicht, die Unternehmen und externe Interessenten zukünftig mit aktuellen Marktzahlen und wertvollen Hintergrundinformationen versorgen soll. Die umfassende Marktstudie analysiert die unter Photonik zählenden Teilbranchen im Detail, ergänzt mit Wachstumsaussichten bis zum Jahr 2020 und beschreibt aktuelle Trends und Herausforderungen der Technologie. In gemeinsamer Aktion wurde der Branchenreport zunächst an mehr als 200 Analysten und Investoren versandt, um mit validen Daten & Fakten den hohen Stellenwert und die außerordentlichen Hebelwirkungen der Schlüsseltechnologie aufzuzeigen.

Der "Branchenreport Photonik" wurde jeweils für die Jahre 2014 und 2015 aktualisiert und mit entsprechenden medialen Begleitmaßnahmen der Öffentlichkeit vorgestellt.

¹² <http://www.photonikforschung.de/>

¹³ http://www.bmbf.de/pubRD/foerderprogramm_optische_technologien.pdf

¹⁴ <http://www.photonikforschung.de/innovationsunterstuetzung/finanzforum/>

Niederlande

In den Niederlanden wird Photonik aktiv durch das nationale Forschungsprogramm für Photonik – IOP Photonics Devices¹⁵ – gefördert. Thematische Schwerpunkte der Förderungen sind ‚advanced light sources‘ und Sensorsysteme, und die Anwendung von ‚photonic devices‘ in den Bereichen Gesundheit und Medizin. IOP Photonics Devices endet im Dezember 2015; Photonik Forschung wird in Zukunft jedoch im Rahmen des niederländischen Topsektor Programms¹⁶ weiter gefördert werden (z.B. insbesondere im Topsektor High Tech Systems & Materials). Ein weiterer Photonik-Schwerpunkt existiert mit der NanonextNL Plattform¹⁷, die im Jahr 2011 das NanoNed Programm (2004-2010) abgelöst hat. NanoNextNL ist ein Konsortium von mehr als 100 Unternehmen, neun außeruniversitären Forschungseinrichtungen, sechs Unikliniken und 13 Universitäten. Innerhalb dieses Konsortiums werden zahlreiche Projekte im Bereich der Grundlagen- und anwendungsnahen Forschung abgewickelt. Die relevanten Schwerpunkte sind ‚functional nanophotonics‘ und ‚active nanophotonic devices‘. Die öffentliche Förderung für NanoNextNL endet heuer, die Plattform soll sich dann unter Beteiligung neuer Partner in ein ‚open-innovation ecosystem‘ weiterentwickeln. Die Finanzierung der Plattform erfolgt ab 2016 durch die Industriepartner.

Frankreich

Die französische Agence National de la Recherche (ANR)¹⁸ ist für die Förderung von Forschung im Bereich Key Enabling Technologies zuständig. Zwar gibt es innerhalb der bestehenden Förderschienen kein eigenständiges Programm für Photonik, doch wird dieser Technologiebereich innerhalb verschiedener ‚Challenges‘ gefördert, so für das Jahr 2015 in ‚Stimulating industrial renewal‘, ‚Life, health and well-being‘ sowie ‚Information and communication society‘¹⁹.

Photonik ist jedoch auch Gegenstand von Förderungen, die strukturbildende Maßnahmen adressieren: Innerhalb der nationalen Clusterförderungen haben der *Optitec* Cluster²⁰ in der Region Midi, das Photonics Valley in der Region Ile de France, Photonics Bretagne²¹, sowie der *Route des Lasers* cluster²² in der Region Aquitaine entsprechende Förderungen erhalten. Die Regionen Ile de France²³ und Bretagne²⁴ haben innerhalb ihrer Smart Specialisation (RIS3) Strategien Photonik als thematische Priorität festgelegt. In der laufenden Programmperiode können somit EFRE-Mittel als Förderungen in dieses Technologiefeld fließen.

Großbritannien

Mit der Enabling Technologies Strategy 2012-2015 des Technology Strategy Boards²⁵ hat Großbritannien ein Strategiekonzept für Key Enabling Technologies entwickelt, dass gleichzeitig auf seiner Umsetzungsebene als Förderprogramm fungiert. Als Förderinstrumente stehen dabei einerseits

¹⁵ <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/iop-photonic-devices>

¹⁶ <http://topsectoren.nl/>

¹⁷ <http://www.nanonextnl.nl/>

¹⁸ <http://www.agence-nationale-recherche.fr/>

¹⁹ <http://www.agence-nationale-recherche.fr/en/funding-opportunities/generic-call-for-proposals-2015-latest-news/>

²⁰ <http://www.pole-optitec.com/en/optitec-competitiveness-cluster>

²¹ <http://photonics-bretagne.com/>

²² <http://www.routedeslasers.com/eng/>

²³ http://www.pic2europe.fr/sites/www.pic2europe.fr/files/1830_rapport_final_S3_IDF_130916.pdf

²⁴ <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/regions/fr52>

²⁵ Nunmehr Innovate UK; <https://www.gov.uk/government/organisations/innovate-uk>

‘Technology-inspired competitions‘ zur Verfügung, die vor allem Innovationsprojekte adressieren, andererseits werden im Rahmen der ‘Sector-specific challenge programmes‘ Verbundforschungsprojekte finanziert, die sich mit dem Lösungspotenzial von Key Enabling Technologies für die großen gesellschaftlichen Herausforderungen beschäftigen. Photonik ist eine der Schlüsseltechnologiefelder in der Enabling Technologies Strategy, wobei die folgenden Themen als Prioritäten genannt werden: biophotonics – applying lasers, ‘sensors and imaging etc. to medical diagnostics’, surgery and therapeutic approaches, etc.; smart imaging and sensing systems for safety and security markets; lasers for industrial processes; innovative solid state lighting und photovoltaics for low carbon electricity generation.

Spanien

In wird Photonik als eine der Key Enabling Technologies im Rahmen der Spanish Strategy for Science, Technology and Innovation (EESTI) (2013-2020)²⁶ als thematische Priorität angesprochen. Die entsprechenden Fördermaßnahmen (kooperative Forschungs- und Innovationsprojekte, Innovations- und Technologieprojekte auf höheren TRL), werden im 2013 veröffentlichten Spanish State Plan for Scientific and Technical Research and Innovation 2013-2016²⁷ definiert. Die Förderung von Photonik erfährt somit eine Kontinuität die mit dem 6th National Scientific Research, Development and Technological Innovation Plan (2008-2011) begonnen hat.

Schweden

Schweden verfügt derzeit über kein explizites Programm zur Förderung von Forschung im Bereich Photonik; es werden jedoch im Rahmen des themenoffenen Clusterförderungsprogramms VINNVÄXT²⁸ die Projekte Printed Electronics Arena²⁹ und Fiber Optic Valley³⁰ gefördert.

Belgien

In Belgien existieren aufgrund der spezifischen föderalen Strukturen regionale FTI-Förderprogramme und -strategien nur auf regionaler Ebene. Flandern zeichnet sich dabei im Bereich Photonik durch besonders starke Aktivitäten aus. Das Technologiefeld spielt eine wesentliche Rolle im Bereich der industriepolitischen Planungsprozesse. Photonik ist nicht nur eine der thematischen Prioritäten innerhalb der Smart Specialisation Strategie sondern wird auch im Planungsdokument Flanders in Action – Pact 2020³¹ adressiert. Auf der operativen Ebene ist gleichzeitig mit der Flanders Photonics Roadmap 2020³² ein gemeinsamer Planungsprozess zwischen Unternehmen, Forschungsakteur/innen und der öffentliche Hand initiiert worden, der zu Leitprojekten und entsprechenden Finanzierungsplänen führt. Als Förderinstrumente sind für Photonik bis 2014 das Flamish Competence Poles / Centres of Excellence Programme³³ zur Verfügung gestanden. Aktuell werden vor allem Strukturfondsmittel zur Förderung eingesetzt.

²⁶ <https://rio.jrc.ec.europa.eu/en/library/spanish-strategy-science-technology-and-innovation-eesti>

²⁷ http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Spanish_RDTI_Plan_2013-2016.pdf

²⁸ <http://www.vinnova.se/sv/Var-verksamhet/Innovationsformaga-hos-specifika-malgrupper/Individer-och-innovationsmiljoer/VINNVAXT/>

²⁹ <http://english.printedelectronicsarena.com/>

³⁰ <http://fiberopticvalley.com/en/>

³¹ <http://www.vlaandereninactie.be/en>

³² [http://www.researchportal.be/en/project/photronics-ket-roadmapping-for-flanders-\(UG_8863544860\)/](http://www.researchportal.be/en/project/photronics-ket-roadmapping-for-flanders-(UG_8863544860)/)

³³ <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/support-measure/competence-poles-centres-excellence>

Italien

Italien verfügt zwar über keine nationalen Programme, die Photonik explizit priorisieren, jedoch werden im Distretti Tecnologici Programm des Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR)³⁴ große regionale Kompetenznetzwerke gefördert, in deren Rahmen auch Photonikthemen bearbeitet werden. Es sind dies: Etna Valley – Distretto Tecnologico Micro e Nanosistemi (Sizilien)³⁵, Distretto ict (Lombardei)³⁶ und Distretto tecnologico di biomedicina molecolare (Friaul Julisch Venezien)³⁷.

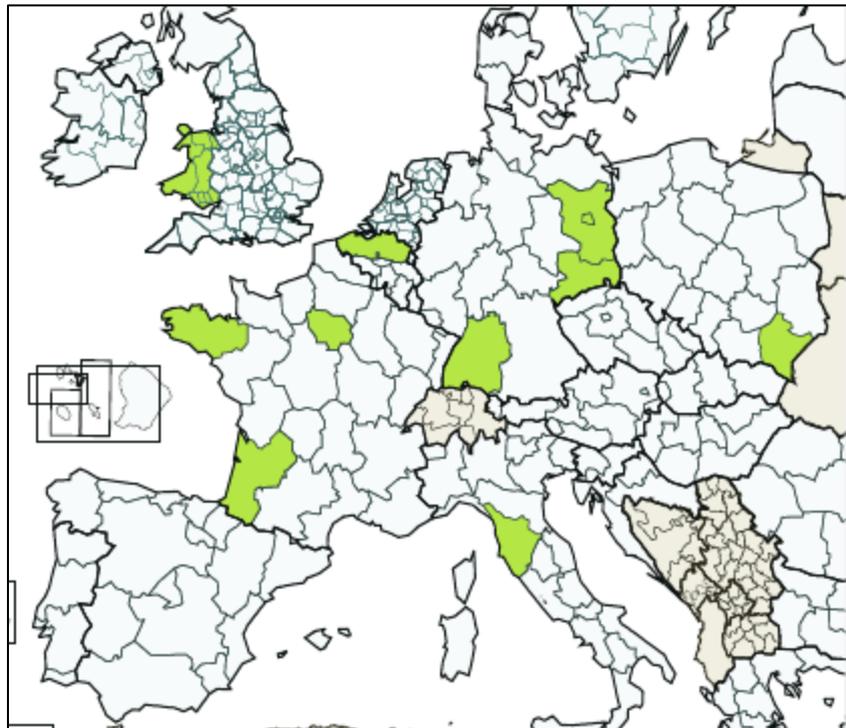
Finnland

Während Finnland in der Vergangenheit im Rahmen von thematischen Programmen (z.B. FinNano) Photonikthemen gefördert hatte, gibt es derzeit keine FTI-politische Schwerpunktsetzung in diesem Technologiefeld. Im Rahmen des TEKES Programmes Industrial Internet – Business Revolution 2014-2019³⁸ werden jedoch implizit Forschungsthemen aus dem Bereich Photonik für IKT und Photonik im Bereich Sensors und Security adressiert.

5.3.2 Die Priorisierung und Förderung von Photonik auf der regionalen Ebene

Für die laufende Strukturfondsperiode mussten im Rahmen der Programmplanung regionale Smart Specialisation Strategien (RIS3) in den Regionen der EU erarbeitet werden. Ein wesentliches Ziel ist dabei die klare Festlegung auf thematische Prioritäten in der FTI Politik gewesen.

Abbildung 1: Europäische Regionen mit Prioritäten in Photonik in der EFRE Programmperiode 2013-2020



Quelle: Eye @RIS, 2015

³⁴ <http://www.istruzione.it/>

³⁵ <http://www.distretti-tecnologici.it/distretti/Catania.htm>

³⁶ http://www.ricercaitaliana.it/distretti/dettagli_dis-5.htm

³⁷ <http://www.cbm.fvg.it/>

³⁸ <http://www.tekes.fi/en/programmes-and-services/tekes-programmes/industrial-internet--business-revolution/>

Für die Erhebung jener Regionen, die Photonik als thematische Priorität gesetzt haben, wurde auf der RIS3 Plattform die interaktive Online-Datenbank Eye@RIS³⁹ mit der EU Priorität „KETs“ und der Subpriorität „Photonics“ abgefragt. Die Abbildung 1 zeigt dabei jene Regionen, die thematische Prioritäten im Bereich Photonik gesetzt haben. Beim Betrachten von Abbildung 1 wird sofort deutlich, dass Photonik in den RIS3 Strategien nur eine marginale Rolle spielt. Während insgesamt 267 Regionen und EU-Mitgliedsstaaten Key Enabling Technologies priorisiert haben⁴⁰, lassen sich darunter nur elf Regionen mit einem thematischen Schwerpunkt im Bereich Photonik identifizieren. Es sind dies: Bretagne (FR), Aquitaine (FR), Île de France (FR), Wales (UK), Flandern (BE), Baden Württemberg (DE), Sachsen (DE), Brandenburg (DE), Berlin (DE), Podkarpackie (PL) und Toscana (IT). Eine mögliche Interpretation dieses Sachverhalts liegt darin, dass sich das Technologiefeld Photonik in den Regionen immer mehr hin zu produktionsnahen Forschungsthemen bewegt hat und somit quasi von den KETs Advanced manufacturing und Advanced Materials absorbiert wird⁴¹.

Fallstudie: Die Förderung von Photonik in der Hauptstadtregion Brandenburg-Berlin⁴²

Die im Jahr 2011 beschlossene Gemeinsame Innovationsstrategie der Länder Berlin und Brandenburg (innoBB) zeigt auf, wie sich die Hauptstadtregion als international wettbewerbsfähigen Innovationsraum weiterentwickelt. Sie ist das Ergebnis einer bereits 2007 eingeleiteten erfolgreichen Kooperation aller innovationspolitischen Akteur/innen beider Länder. Die Strategie sieht eine noch engere länderübergreifende Abstimmung vor, um Kräfte zu bündeln und sich so im globalen Wettbewerb der Standorte optimal positionieren zu können. innoBB setzt zur Stärkung dieser Position und weiteren Schärfung des Standortprofils auf den zielgerichteten Auf- und Ausbau von Clustern mit hohem Entwicklungspotenzial. Die Clusterstrukturen der Hauptstadtregion manifestieren sich in den Bereichen Energietechnik, Gesundheitswirtschaft, IKT, Medien und Kreativwirtschaft, Optik/Photonik sowie Verkehr, Mobilität und Logistik. innoBB gibt auch den künftigen strategischen und organisatorischen Rahmen zur Absicherung des länderübergreifenden Clusterentwicklungsprozesses vor. In länderübergreifender Kooperation werden die weitere Umsetzung der Innovationsstrategie und die künftige Clusterentwicklung sowie übergreifende Themen, wie die Zusammenführung und Weiterentwicklung des Wissens- und Technologietransfersystems, koordiniert.

Im operationellen Programm des Landes Brandenburg für den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in der Förderperiode 2014-2020 werden Fördermaßnahmen mit Relevanz für Optik/Photonik in Prioritätsachse 1 (Stärkung von angewandter Forschung, Entwicklung und Innovation) gesetzt. Es werden dabei zwei spezifische Ziele adressiert: 1. Stärkung der clusterrelevanten F&E&I-Infrastruktur der brandenburgischen Forschungseinrichtungen und 2. Stärkung der Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationskapazitäten der brandenburgischen Unternehmen. Durch Förderung der Forschung, Entwicklung und Innovation sollen F&E&I-Bedarfe von Unternehmen aufgegriffen werden. Es werden grundsätzlich Projekte aus den Masterplänen der Cluster aufgegriffen.

³⁹ <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/eye-ris3>

⁴⁰ Davon haben 96 Regionen Advanced Manufacturing, 78 Regionen Advanced Materials, 49 Regionen Industrial Biotechnology, 14 Regionen Micro- and Nanoelectronics und 8 Regionen Nanotechnology priorisiert.

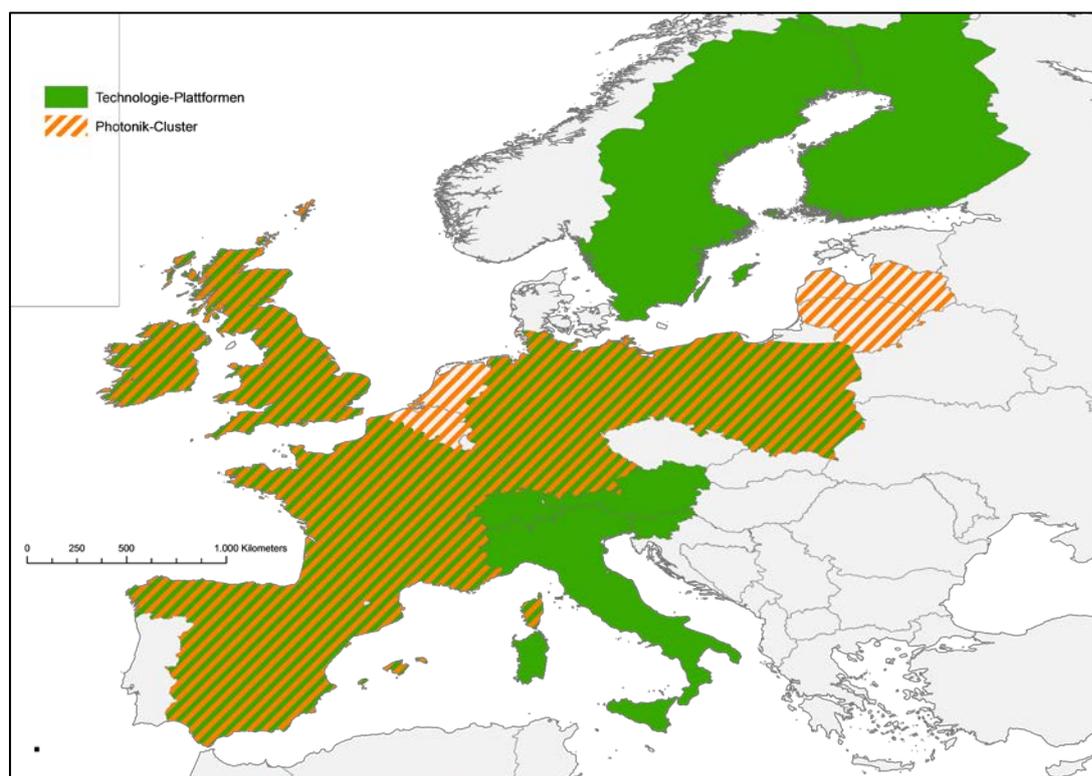
⁴¹ So könnten bspw. Sensoren im Bereich Photonik verortet werden, das übergeordnete Thema wäre Automatisierung.

⁴² <http://www.efre.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.308546.de>

5.3.3 Nationale Cluster und Technologieplattformen

Verschiedene Studien und Internetplattformen haben in den vergangenen Jahren versucht Cluster und Technologieplattformen im Bereich Photonik zu erfassen und zu katalogisieren⁴³. Es lassen sich in Europa dabei mehr als 30 Cluster und 12 Technologieplattformen zum Thema Photonik identifizieren. Regionale thematische Cluster im Bereich Photonik / Optische Technologien existieren in etlichen europäischen Ländern wie Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Spanien, Irland, den Niederlanden oder Polen. Die Aktivitätsschwerpunkte dieser Cluster sind auf die Bedürfnisse regionaler KMU ausgerichtet und umfassen auch Ausbildung und Qualifizierung.

Abbildung 2: Photonik Cluster und Technologieplattformen in Europa (Cluster – orange, nationale Technologieplattformen – grün)



Quelle: Europäische Kommission 2010, eigene Erhebungen

In manchen Ländern, wie Deutschland oder Großbritannien werden die regionalen Photonik-Cluster von der nationalen Regierung unterstützt und / oder koordiniert. Die “photonics and plastic electronics knowledge transfer networks – PPE KTN”⁴⁴ in Großbritannien und die Kompetenznetzinitiative OptecNet Deutschland⁴⁵ können aufgrund ihrer positiven Wirkung als erfolgreiche Beispiele erwähnt werden. Die Erfahrungen mit diesen Netzwerken haben zu einer gesteigerten Aufmerksamkeit der Politik für Photonik auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene und damit auch zur Initiierung von entsprechenden regionalen und nationalen Förderprogrammen geführt.

⁴³ Siehe hierzu: Europäische Kommission, GD Info - Photonics Unit “(2010), An Overview of Photonics Innovation Clusters and National Technology Platforms in Europe”, <http://www.fp7-aspice.eu/results.aspx>, FN? <http://spie.org/industry-resources/photonics-clusters>,

http://cordis.europa.eu/fp7/ict/photonics/docs/clusters/webclusterlist-june2013_en.pdf

⁴⁴ <https://connect.innovateuk.org/web/espkn/what-we-do>

⁴⁵ <http://www.optecnet.de/>

Die Photonik-Cluster sind in erster Linie auf lokaler und / oder regionaler Ebene aktiv, jedoch haben sie in einigen Fällen ihren Aktionsradius auch auf die europäische Ebene ausgedehnt. Dieser Sachverhalt lässt sich anhand der Beteiligung an internationalen Forschungsprogrammen oder anhand von transnationalen Clusterkooperationsprojekten veranschaulichen. Konkrete Beispiele sind hier: POPsud-OPTITEC⁴⁶ und Opticsvalley⁴⁷ die das ENOC – 'European Network of Optical Clusters'⁴⁸ koordinieren.

In Ergänzung zu den regionalen Photonik-Clustern haben sich seit 2005 – in Folge des erfolgreichen Starts der Europäischen Technologieplattform Photonics21⁴⁹ – auch eine Reihe von nationalen Technologieplattformen gebildet (vgl. Abbildung 2). Nationale Technologieplattformen können dabei als Interessensgemeinschaften von Universitäten, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, privaten Forschungslabors, Unternehmen und anderen Stakeholder/innen verstanden werden, die in die Forschung und Entwicklung im Bereich Photonik involviert sind. Wie eine vergleichende inhaltliche Analyse der Webseiten der Plattformen zeigt, sind wesentliche Ziele dieser Plattformen dabei

- Das Überwinden der Fragmentierung der Akteurslandschaft im Bereich Photonik auf nationaler Ebene;
- Das Erreichen einer öffentlichen und politischen Wahrnehmung des Themenfelds Photonik auf regionaler und nationaler Ebene;
- Die Einflussnahme auf regionale und nationale politische Prioritätensetzungsprozesse, um die Relevanz von Photonik in zukünftigen forschungspolitischen Strategien zu sichern.

In Österreich, Griechenland, Italien, Slowenien und Spanien haben sich die nationalen Photonik Communities (Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen) dazu entschieden, nationale Technologieplattformen aufzusetzen, die die Management- und Arbeitsgruppenstruktur von Photonics21 direkt übernehmen. Dort wo erforderlich, sind noch zusätzliche Arbeitsgruppen entsprechend den Bedürfnissen und spezifischen Kompetenzen in den einzelnen Ländern eingerichtet worden. Etliche Mitglieder dieser Plattformen sind zugleich Mitglieder in der Europäischen Technologieplattform Photonics21.

5.4 FTI-politische Trends in Nordamerika

5.4.1 USA

Während in der Vergangenheit alle Versuche eine nationale Photonik-Forschungsplattform⁵⁰ nach Vorbild der The United States National Nanotechnology Initiative⁵¹ aufzubauen gescheitert sind, gewinnt Photonik in den USA nun im Rahmen der nationalen Reindustrialisierungsagenda Relevanz.

Unter Koordination des Advanced Manufacturing National Program Office⁵² (AMNPO) wurde im Jahr 2013 das National Network for Manufacturing Innovation (NNMI) ins Leben gerufen. Im Jahr 2014 wurden dann im Rahmen dieses Netzwerks neun Institute im Bereich Advanced Manufacturing

⁴⁶ <http://www.pole-optitec.com/>

⁴⁷ <http://www.opticsvalley.org/>

⁴⁸

<http://www.clusterobservatory.eu/system/modules/com.gridnine.opencms.modules.eco/providers/getpdf.jsp?uid=7a335bf0-f4c7-4362-aaf0-0a36a8ae4bda>

⁴⁹ <http://www.photonics21.org/>

⁵⁰ National Photonics Initiative (2013), Lighting the Path to the Future – Whitepaper of the National Photonics Initiative

⁵¹ <http://www.nano.gov/>

⁵² <http://www.manufacturing.gov/>

eingerrichtet, die als Public Private Partnerships (PPP) – unter Beteiligung der amerikanischen Industrie – arbeiten:

- Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation,
- America Makes – the National Additive Manufacturing Innovation Institute,
- The Digital Manufacturing and Design Innovation Institute,
- PowerAmerica (Wide Bandgap Semiconductors)
- Flexible Hybrid Electronics Manufacturing Innovation Institute
- NAMII – Manufacturing Innovation Institute for Smart Manufacturing
- LIFT – Lightweight Metal Manufacturing
- American Institute for Manufacturing Integrated Photonics (AIM Photonics) sowie
- Revolutionary Fibers and Textiles Manufacturing Innovation Institute (noch nicht vollständig initiiert).

Zentrale Aufgabe dieser Institute ist es, im Rahmen von Verbundforschungs- und Innovationsprojekten in industrierelevanten Forschungsfeldern mit hohem Zukunftspotenzial zu arbeiten. NAMII (Manufacturing Innovation Institute for Smart Manufacturing) ist dabei als erstes Institut in Ohio gegründet worden⁵³. Die bis dato letzte Gründung erfolgte am 27. Juli 2015 mit dem American Institute for Manufacturing Integrated Photonics (AIM Photonics).

AIM Photonics mit Hauptsitz in Rochester (NY) ist ein PPP unter Koordination der Research Foundation for The State University of New York (RF SUNY)⁵⁴ mit 124 Mitgliedern (Unternehmen, Universitäten, Government Agencies) und Gesamtinvestitionen in der Höhe 610 Millionen US Dollar, darunter Förderungen der öffentlichen Hand (Bundesebene) in der Höhe von US\$ 110 Millionen US Dollar⁵⁵.

Die zukünftigen Forschungs- und Demonstrationsschwerpunkte von AIM Photonics sind:

- Ultra-high-speed transmission of signals for the internet and telecommunications
- New high-performance information-processing systems and computing
- Compact sensor applications enabling dramatic medical advances in diagnostics and treatment
- Multi-sensor applications including urban navigation, free space optical communications and quantum information sciences
- Other diverse military applications including electronic warfare, analog radio frequency (RF) sensing, communications, and chemical/biological detection

5.4.2 Kanada

Forschungs- und innovationspolitische Aktivitäten sind in Kanada sowohl auf der föderalen Ebene als auch in den Provinzen angesiedelt. Auf der regionalen Ebene haben die Provinzen Quebec⁵⁶ und Ontario⁵⁷ Photonik als Förderschwerpunkt priorisiert, wobei in Ontario vor allem Aktivitäten im Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien existieren.

Auf der Bundesebene wurden die Förderungen im Bereich Photonik bis zum Jahr 2012 durch das CIPI (Canadian Institute for Photonic Innovations) koordiniert. Es wurden dabei sowohl Innovationsförderungen, Förderungen für neue Forschungsinfrastrukturen bereitgestellt als auch

⁵³ Die Standortwahl hatte dabei einen politischen Hintergrund - Ohio ist ein Swing State.

⁵⁴ <http://www.rfsuny.org/>

⁵⁵ Dies ist die bisher größte Summe, die im Rahmen eines PPP in den USA in ein manufacturing institute investiert worden sind.

⁵⁶ <http://www.quebecphotonic.ca/>

⁵⁷ <http://www.optic.on.ca>

Vernetzungsaktivitäten vorangetrieben. Parallel dazu wurde mit dem CPC (Canadian Photonic Consortium) eine Plattform für Unternehmen geschaffen, die im Bereich Photonik aktiv sind.

Am 1. April 2012 haben sich das CIPI und das CPC zum CIPC (Canadian Photonic Industry Consortium)⁵⁸ - auch PhotonsCanada) zusammengeschlossen. Vernetzungs- und Innovationsaktivitäten werden seitdem vor allem bottom-up und industriegetrieben initiiert, wobei CPIC die Koordination öffentlicher Zuwendungen auf Bundes-, Provinz und lokaler Ebene übernimmt. Neue Förderprioritäten auf Bundesebene dienen eher dazu, neue Forschungsschwerpunkte im Bereich Photonik (z.B. Quantencomputer) zu stimulieren.

Fallstudie: Ottawa Photonics Cluster⁵⁹

Das Stärkefeld Photonik / Optische Technologien umfasst im gesamten Bundesstaat Ontario 117 Unternehmen mit einem Umsatz von ca. 2,15 Mrd. Euro und rd. 11.200 Beschäftigten, davon sind ca. 4.700 Personen im Bereich Forschung und Entwicklung beschäftigt; die betrieblichen Investitionen in Forschung und Entwicklung betragen im Jahr 2009 ca. 355 Mio. Euro.

Ottawa ist nicht nur politisches Zentrum Kanadas, sondern zugleich auch Standort zahlreicher Unternehmen im Informations- und Kommunikationstechnologiesektor. Die Impulse für die Entwicklung eines regionalen Photonik-Stärkefelds bzw. Clusters sind dabei vom kanadischen National Research Council (NRC) ausgegangen: 1998 wurde vom NRC das Solid-State Optoelectronics Consortium ins Leben gerufen; 2001 wurde ein Memorandum of Understanding mit Photonics Research Ontario unterzeichnet; 2002 erfolgte die Grundsteinlegung des NRC Canadian Photonics Fabrication Centre, das dann 2005 eröffnet wurde.

Der Ottawa Photonics Cluster ist eine von insgesamt sieben städtischen Clusterinitiativen und hat derzeit rund 100 Mitgliedsunternehmen mit rund 4.500 Beschäftigten, die sowohl in Großunternehmen (z.B. JDSU, Ciena, Alcatel-Lucent) als auch in zahlreichen jungen technologieorientierten Firmen beschäftigt sind. Der Cluster wird in der neuen Wirtschaftsstrategie der Stadt Ottawa als emergenter Cluster mit hohem Entwicklungs- und Synergiepotenzial mit anderen regionalen Clustern eingestuft.

Während die Initiative zur Gründung des Clusters vom National Research Council und OCRI – der Standortagentur der Stadt Ottawa ausging – sind die laufenden Aktivitäten und Prioritätensetzungsprozesse im Cluster ausschließlich unternehmensgetrieben. Die Ziele des Clusters sind dabei das Schaffen einer stärkeren Wahrnehmung für Photonik bei Unternehmen und anderen Stakeholder/innen und die Stärkung des Photonik-Standorts Ottawa (z.B. Erhöhung der Attraktivität für Investoren, Forschungseinrichtungen und qualifizierte Arbeitskräfte).

Werden die jüngsten forschungspolitischen Aktivitäten betrachtet, so zeigt sich, dass die öffentliche Hand in Kanada stark im Bereich der Quantencomputer und Nanophotonik investiert.

- Zum einen hat das Institute for Quantum Computing (IQC)⁶⁰ an der University of Waterloo im Jahr 2015 durch die kanadische Regierung eine dreijährige Förderung in der Höhe von 15 Millionen kanadischen Dollar erhalten. Diese Förderung dient vor allem dazu, das IQC als führendes Forschungszentrum im Bereich Quantencomputer und gleichzeitig entsprechende Kommerzialisierungsmöglichkeiten für das neu gewonnene Wissen zu entwickeln. Es sollen dabei neue technologische Lösungen in den folgenden Bereichen erarbeitet werden: Medizin, satellite-based quantum key distribution for ultra-secure intercontinental transmission of sensitive information, commercial schemes for securing information in the presence of general-purpose quantum computers.
- Zum anderen hat die University of British Columbia (UBC) ebenfalls im Jahr 2015 von der kanadischen Regierung eine Investitionszuwendung in Höhe von 66,5 Millionen kanadischen Dollar erhalten. Die Förderung – die größte staatliche Einzelinvestition in der Geschichte der

⁵⁸ <http://photonscanada.ca/en/>

⁵⁹ <http://investottawa.ca/industries/communications-technologies/>

⁶⁰ <https://uwaterloo.ca/institute-for-quantum-computing/>

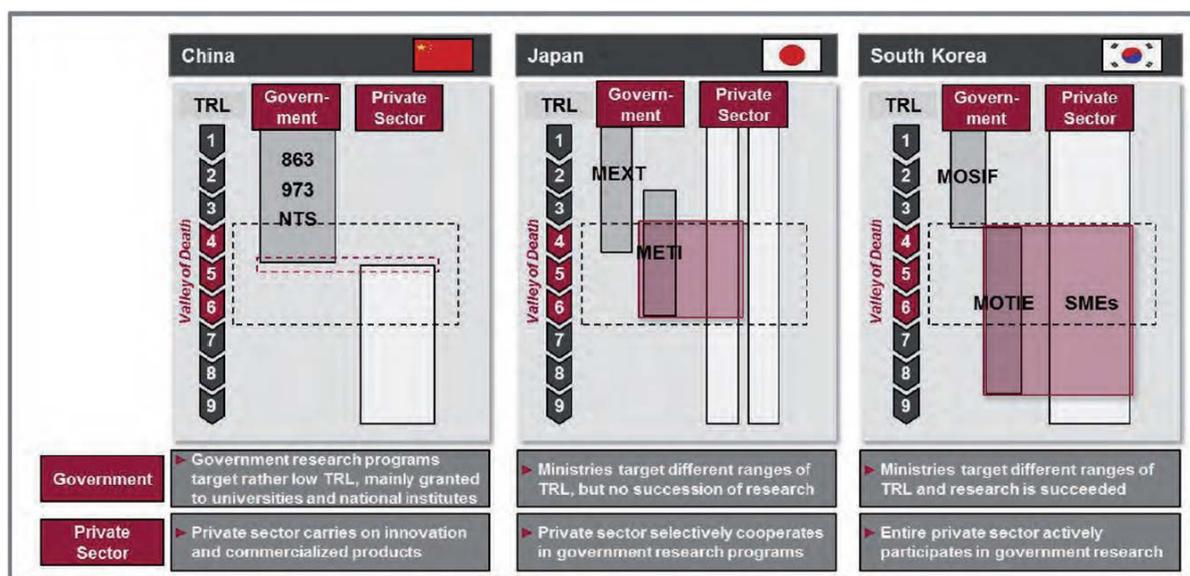
Universität – wird die international führende Position der Forschungseinrichtung im Bereich der Quantenmaterialien weiter stärken. Das Quantum Matter Institute (QMI)⁶¹ der UBC, das die Förderung über einen Zeitraum von sieben Jahren aus dem neu aufgelegten Canada First Research Excellence Fund (CFREF)⁶² erhält, gilt als führendes Exzellenzzentrum auf dem Gebiet der Quantenforschung.

5.5 FTI-politische Trends in Ostasien

Das BMBF, SPECTARIS und VDMA haben bei EAC- Euro Asia Consulting PartG eine Studie zu *Political Steering Processes in Asia Aimed at the Photonics Industry* beauftragt deren Ergebnisse im Juli 2015 der Öffentlichkeit vorgestellt worden sind. Im Folgenden findet sich eine Zusammenfassung der Kernaussagen dieser Studie:

Abbildung 3 zeigt die aktuellen strategischen Orientierungen der photonikbezogenen Forschungsförderung in Ostasien. Für alle betrachteten Länder lässt dabei festhalten, dass Anstrengungen auf unterschiedlichem Niveau unternommen werden, das “Tal des Todes” zu überbrücken. Diese Anstrengungen zielen darauf ab, über verstärkte Interaktionen zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor nicht nur F&E-Aktivitäten zu intensivieren sondern auch den Transfer von Innovationen in den Markt zu unterstützen.

Abbildung 3: Derzeitige strategische Orientierungen der Forschungsförderung in Ostasien



Quelle: EAC- Euro Asia Consulting PartG

Südkorea hat mit der strategischen Ausrichtung seines Fördersystems im Vergleich zu China und Japan das höchste Entwicklungsniveau mit Hinblick auf Innovationsorientierung erreicht, wobei entlang der einzelnen Stufen der TRL eine enge und gut abgestimmte Interaktion aller Stakeholder/innen erfolgt⁶³. Dicht darauf folgt Japan, dessen staatlichen Forschungsförderprogramme bereits den Bereich der Innovation erreichen. Chinas derzeitige Forschungsförderungsprogramme erreichen demgegenüber die niedrigsten TRL-Niveaus, die Programme sind noch immer auf reinen

⁶¹ <http://qmi.ubc.ca/>

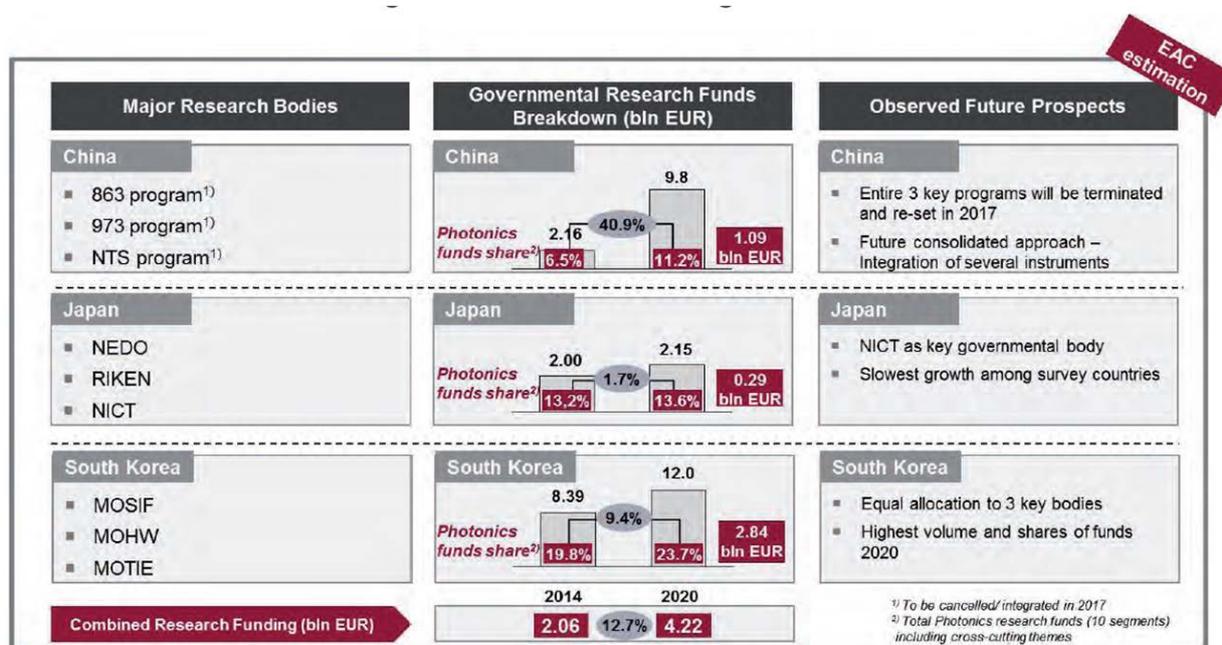
⁶² <http://www.cfref-apogee.gc.ca/>

⁶³ MOSIF steht für Ministry of Strategy and Finance, MOTIE für Ministry of Trade, Industry and Energy

Forschungoutput (z.B. Publikationen) ausgerichtet und adressieren Mechanismen, welche Innovationen in den Markt überführen, so gut wie gar nicht. Es ist aber zugleich darauf hinzuweisen, dass Chinas FTI Governance-System derzeit einem starken Wandel unterzogen ist; im Jahr 2017 werden alle drei zentralen Förderprogramme beendet und durch ein neues System nach dem Vorbild von Südkorea ersetzt.

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der nationalen Forschungsfördermittel im Bereich Photonik. Es zeigt sich dabei, dass sich die unterschiedlichen Orientierungen bezüglich der TRL auch in der Struktur der jeweiligen nationalen Fördermittel niederschlagen. Marktnahe Aktivitäten sind dabei oftmals bis zu zehnfach teurer im Sinne von benötigten Mitteln als Grundlagenforschung. China alloziert derzeit (2014) nur 6,5% seiner gesamten Forschungsförderungen in der Höhe von 2,16 Mrd. EUR innerhalb seiner drei zentralen Forschungsförderungsprogramme auf Photonik. Südkorea investiert demgegenüber für Photonikprodukte (innerhalb seiner drei wesentlichen Ministerien) beinahe ein Fünftel seines Gesamtfördervolumens von ca. 8,39 Mrd. EUR in Aktivitäten auf hohem TRL, also nah am Markt.

Abbildung 4: Verteilung und Steuerung der Fördermittel für Photonikforschung in China, Japan und Südkorea



Quelle: EAC – Euro Asia Consulting PartG

Werden die F&E-Investitionen der öffentlichen Hand in China, Südkorea und Japan zusammengerechnet (vgl. Abbildung 4), so ergibt sich eine Summe von ca. 2,1 Mrd. EUR für das Jahr 2014. Mit einem geschätzten durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 12,7%, wird erwartet, dass sich das Volumen zielgerichteter Förderungen in die Photonikindustrie bis zum Jahr 2020 auf einen Wert von ca. 4,2 Mrd. EUR verdoppeln wird.

Es kann somit festgehalten werden, dass die Fördermittel, welche von China, Japan und Südkorea für Photonikforschung bereitgestellt werden, jene der europäischen Union, sowohl innerhalb von H2020 als auch auf Ebene der Mitgliedstaaten deutlich übersteigt. Die jährliche Summe an Fördermitteln, die innerhalb der EU für Photonik aufgewendet wird, bewegt sich in einer Bandbreite zwischen 0,6-1,0 Mrd. EUR, wobei in diesen Wert sowohl direkte Förderungen für Photonikprojekte als auch

horizontale Initiativen, die Photonik nur in Teilen adressieren (wie *Factories of the Future* oder *Smart Cities*) miteinberechnet wurden.

In Ergänzung zu Forschungsförderungen wirken in Ostasien noch zahlreiche fiskalische und nicht-fiskalische Instrumente positiv auf die Photonikindustrien ein. Vor allem China fällt hier durch den Einsatz solcher Instrumente – z.B. Initiierung von Clustern (wie dem *Optical Valley* in Wuhan), direkte Subventionen im wettbewerblichen Bereich, oder auch Steuervergünstigungen – auf

Südkorea setzt vor allem das Konzept der öffentlichen Beschaffung zur nichtfiskalischen Förderung seiner Photonikindustrie ein. Es wurde dafür das LUXKO Label eingeführt, das Photonikprodukte von koreanischen KMU besonders ausweist. LUXKO Produkte sind im Beschaffungs-Pool der öffentlichen Verwaltung erfasst und genießen bei Beschaffungsmaßnahmen einen prioritären Status, um so die Nachfrage nach Photonikprodukten, die von regionalen KMU gefertigt werden sicherzustellen.

5.6 Internationale Technologieroadmaps

5.6.1 Begriffsklärung

Der Ansatz des Technologie Roadmappings kommt aus den Vereinigten Staaten, wo Motorola und Corning in den späten 1970er und frühen 1980er Jahre einen systematischen Ansatz entwickelten⁶⁴ um strategische Planung auf Unternehmensebene durchzuführen. Das Konzept wurde vom Unterhaltungselektroniksektor, im Speziellen von Philips und Lucent Technologies, übernommen und auch technologieintensive Sektoren wie Verteidigung und Luft-/Raumfahrt nahmen den Ansatz des Technologie Roadmappings auf. Das ursprüngliche Roadmapping-Konzept von Motorola und Corning – der Gebrauch einfacher, graphischer oder tabellarischer Formate zur Darstellung komplexer strategischer Sachverhalte – entwickelte sich besonders durch die Erstellung einer Halbleiter-Roadmap auf Sektorebene in den Vereinigten Staaten und anschließend auch international weiter. Dabei arbeiteten Mitbewerber des Sektors zusammen, um gemeinsame Standards und Infrastrukturen sowie angemessene staatliche Unterstützungen und Förderungen sicherzustellen, wodurch der gesamte Sektor profitierte. Roadmaps auf Sektorebene wurden – anders als jene auf Unternehmensebene – aktiv beworben und verbreitet, wodurch sich das Technologie Roadmapping auf andere Sektoren sowie auf die Regierungsebene ausbreitete. Zeitgleich zum Roadmapping entwickelten sich auch Ansätze, welche durch bestimmte zukunftsorientierte Techniken wie „Forecasting“ oder „Szenarien-Planung“ unterstützt werden. Besonders die University of Cambridge (Centre for Technology Management) betreibt seit dem Jahr 1997 intensive Forschung zum Roadmapping. Dabei wird stark mit der Industrie zusammengearbeitet und besonders auf die schnelle und effiziente Einführung des Ansatzes fokussiert⁶⁵.

⁶⁴ vgl. Phaal et al. 2004, 10. Diese beziehen sich auf Probert, D., Radnor, F., *Frontier experiences from industry – academia consortia*, Res. Technol. Manag. 42 (2) (2003) 27-30.

⁶⁵ vgl. Phaal et al. 2005, 99-101. Diese beziehen sich u.A. auf Groenveld, P. (1997), *Roadmapping integrates business and technology*, Research Technology Management, Sept-Oct., pp. 48-55. Kap-pel, T.A. (2001), *Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future*, Journal of Product Innovation Management, pp. 39-50. Kostoff, R.N., Schaller, R.R. (2001), *Science and technology roadmaps*, IEEE Transactions of Engineering Management, 38 (2), pp. 132-143.

5.6.2 Aktuelle Technologieroadmaps im Bereich Photonik

Im März 2010 startete die deutsche Photonik-Branche mit Unterstützung des BMBF einen erneuten industriegeführten Strategieprozess. Am Ende stand die über 170 Seiten starke "Agenda Photonik 2020", mit der die Photonik-Community ganz konkret gemeinsame Leitlinien zur Forschung und Entwicklung der Photonik für die nächsten zehn Jahre vereinbart⁶⁶.

Die Holland Photonics Roadmap wurde im November 2012 veröffentlicht⁶⁷. An ihrer Erstellung waren neben Vertreter/innen von niederländischen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auch Unternehmen beteiligt. Wesentliches Ziel der Roadmap war die Verknüpfung von niederländischen Kompetenzen mit den großen gesellschaftlichen Herausforderungen. Innerhalb der Roadmap wurden sowohl thematische Prioritäten erarbeitet als auch Vorschläge für die Umsetzung von kooperativen Forschungsvorhaben gemacht.

Im März 2013 wurde von der Europäischen Technologieplattform Photonics21 die Photonics Multiannual Strategic Roadmap Towards 2020 – Photonics Driving Economic Growth in Europe der Öffentlichkeit vorgestellt. Diese Roadmap wurde von den relevanten europäischen Stakeholder/innen im Technologiefeld Photonik definiert und umreißt die angestrebten forschungs- und innovationspolitischen Prioritäten für die Jahre 2014 bis 2020.

In Belgien (Flandern) wurde im Mai 2014 die Flanders Photonics Roadmap der Öffentlichkeit vorgestellt. Wesentliches Ziel der Roadmap ist es gewesen, regionale forschungs- und innovationspolitische Fördermaßnahmen mit den für Photonik im Rahmen von Horizon2020 geplanten Aktivitäten eng zu verschränken, um so Wachstum und Beschäftigung in der Region anzuregen.

In den Jahren 2011 bis 2015 hat die Optoelectronics Industry and Technology Development Association (OITDA) in Japan die Optoelectronics Technology Roadmaps erarbeitet. Dabei wurden Technologie-Roadmaps für insgesamt fünf große Bereiche entwickelt. Konkret sind diese "Information-processing photonics", "Safety and security photonics", "Optical user interface", "Optical communication" sowie "Optical processing and measurement".

Im Oktober 2015 hat das US-amerikanische National Institute for Standards and Technology (NIST) einen Fördervertrag mit der University of Rochester abgeschlossen, der die Entwicklung von Technology Roadmaps für die US-amerikanische Photonikindustrie zum Inhalt hat. Diese Aktivität ist dabei Teil des „Advanced Manufacturing Technology Consortia (AMTech) program“, welches von NIST implementiert wird. Es werden in den kommenden Monaten separate, aber miteinander verknüpfte Roadmaps zu den Themen optics; lasers; imaging and sensing; biophotonics; and displays entwickelt. Darüber hinaus wird im Rahmen einer weiteren Förderung von AMTech an die „International Electronics Manufacturing Initiative“ (iNEMI) eine Roadmap zu „integrated photonics“ erarbeitet.

⁶⁶ <http://www.optischetechnologien.de/index.php>

⁶⁷ <http://www.dutchphotonics.nl/assets/Uploads/Documents/Holland-Photonics-Roadmap-2012.pdf>

5.7 Resümee

- Insgesamt zehn Länder innerhalb der EU28 verfügen aktuell über förderpolitische Maßnahmen, die Photonik ansprechen, sieben dieser Länder haben auch Strategiedokumente und Roadmaps erarbeitet, die entweder explizit dem Technologiefeld Photonik gewidmet sind, oder aber Photonik als thematische Priorität adressieren. Länder mit erwähnenswert hohem Aktivitätsniveau sind dabei Deutschland, Belgien, die Niederlande, Großbritannien, Frankreich und Spanien.
- Auf Ebene der EU und in den Mitgliedsstaaten werden Photonik / Optische Technologien in zahlreichen strukturbildenden Maßnahmen (Cluster, Technologieplattformen, Forschungs- und Ausbildungsnetzwerke) gefördert. Neben der Europäischen Technologieplattform Photonics21 existieren derzeit bereits mehr als 30 Cluster und nationale Technologieplattformen zum Thema Photonik. Regionale thematische Cluster gibt es etwa in Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Spanien, den Niederlanden oder Polen. Die Aktivitätsschwerpunkte dieser Cluster sind auf die Bedürfnisse regionaler KMU ausgerichtet und umfassen auch Ausbildung und Qualifizierung. In Österreich existiert mit Photonics Austria eine Vernetzungsinitiative die sich wie auch anderen Technologieplattformen an den thematischen Schwerpunkten von Photonics21 orientiert.
- Werden FTI-Förderungen auf der regionale Ebene innerhalb der EU28-Länder betrachtet, so zeigt sich, dass Photonik in den aktuellen regionalen Strategiekonzepten (RIS3 Strategien) nur eine marginale Rolle spielt. Während insgesamt 267 Regionen und EU-Mitgliedsstaaten Key Enabling Technologies priorisiert haben, lassen sich darunter nur elf Regionen mit einem thematischen Schwerpunkt im Bereich Photonik identifizieren.
- In den USA sind in der Vergangenheit alle Versuche, eine nationale Photonik-Forschungsplattform nach Vorbild der The United States National Nanotechnology Initiative aufzubauen gescheitert. Nun gewinnt Photonik in den USA im Rahmen der nationalen Reindustrialisierungsagenda Relevanz. Mit der Gründung des American Institute for Manufacturing Integrated Photonics (AIM Photonics) im Juli 2015 im Rahmen National Network for Manufacturing Innovation (NNMI) ist ein neuer Schwerpunkt für industrienaher Photonikforschung gesetzt worden.
- In Kanada wird Photonikforschung seit der Gründung des Canadian Photonic Industry Consortium (CPIC) bottom-up und industriegetrieben koordiniert. Jüngste Schwerpunktsetzungen in der universitären Forschung sind im Bereich Quantencomputer und Nanophotonik erfolgt.
- Werden die F&E-Investitionen der öffentlichen Hand in China, Südkorea und Japan zusammengerechnet, so ergibt sich eine Summe von ca. 2,1 Mrd. EUR für das Jahr 2014, womit vergleichbare Ausgaben innerhalb der EU deutlich überstiegen werden. Die jährlichen Fördermittel, die innerhalb der EU für Photonik aufgewendet werden, bewegen sich in einer Bandbreite zwischen 0,6 und 1,0 Mrd. EUR, wobei sowohl direkte Förderungen für Photonikprojekte als auch horizontale Initiativen, die Photonik nur in Teilen adressieren (wie Factories of the Future oder Smart Cities) miteingerechnet wurden. Zugleich verfügen Japan und Südkorea bereits über Governance-Strukturen und Prozesse, die es ihnen erlauben, Unternehmen entlang aller TRL aktiv zu unterstützen. China wird ab 2017 seine Strukturen und Prozesse ebenfalls stärker auf Innovationen und Marktnähe transformieren.

6 Spezialisierungsmuster und Wettbewerbsposition Österreichs im internationalen Vergleich

6.1 Einleitung

Ziel des vorliegenden Kapitels ist es einerseits, die Position der österreichischen Photonik-Industrie im internationalen Vergleich auf Basis von empirischen Daten zu bestimmen, andererseits sollen auch einfache Abschätzungen bezüglich der zukünftigen Marktpotenziale von Gütern mit photonischem Technologieinhalt gemacht werden. Die Analyse hat demgemäß mehrere Elemente. In einem ersten Schritt erfolgt eine Analyse des österreichischen Außenhandels in Bezug auf Photonik, es werden auf Basis von Daten aus der Prodcom⁶⁸ und COMTRADE⁶⁹ Datenbank einfache Indikatoren für die Spezialisierung und Wettbewerbsposition errechnet. In einem zweiten Schritt wird die Position Österreichs mit Hinblick auf photonikrelevante Patente betrachtet; im dritten Schritt folgt dann schließlich eine Betrachtung von Prognosen für zukünftigen Marktentwicklungen sowie eine Trendberechnung für einzelne photonikrelevante Güterklassen.

6.2 Die Analyse des österreichischen Außenhandels

Die Analyse der Spezialisierungsmuster und der Wettbewerbsposition Österreichs im internationalen Vergleich baut auf den Vorarbeiten des KETs Observatory Projekts auf, welches für die Europäische Kommission umgesetzt worden ist⁷⁰. Im Rahmen dieses Projektes wurden für einzelne Key Enabling Technologies durch Expert/inneneinschätzungen Güterlisten auf Basis der Prodcom Nomenklatur erarbeitet – so auch für Photonik.

In diesem Kapitel erfolgen Analysen für den Bereich Photonik, wobei die folgende Liste relevanter Güter verwendet wird (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Relevante Prodcom Güterklassen

Prodcom-Klasse	Beschreibung
26112220	Leuchtdioden einschließlich Laserdioden
26112240	Andere lichtempfindliche Halbleiterbauelemente (z. B. Solarzellen, Fotodioden, Fototransistoren, Fotothyristoren, Fotokoppler)
26114070	Teile für Leuchtdioden; gefasste oder montierte piezoelektrische Kristalle
26515330	Spektrometer, -fotometer und -grafien, die optische Strahlen verwenden

⁶⁸ Abk. für Production Communautaire; Liste von Produkten für eine europäische Produktionsstatistik; Klassifikation der Produktion, die durch die Positionen des Harmonisierten Systems (zur Bezeichnung und Codierung der Waren) und der Kombinierten Nomenklatur (KN) definiert ist. Produktionsstatistische Ergebnisse müssen seit 1995 gemäß der PRODCOM an das Statistische Amt der Europäischen Gemeinschaften geliefert werden.

⁶⁹ United Nations Commodity Trade Statistics Database ist eine Datenbank der Vereinten Nationen zum internationalen Handel. Sie stellt Handelsdaten nach Produktgruppen von mehr als 140 Industrie- und Entwicklungsländer ab 1962 zur Verfügung; <http://comtrade.un.org/>.

⁷⁰ Siehe hierzu: Van de Velde et al. (2013)

26515350	Andere Instrumente, Apparate und Geräte, die optische Strahlen, UV-Strahlen, Licht- und Infrarotstrahlen, verwenden
26601130	Apparate und Geräte, die Alpha-, Beta- oder Gammastrahlen verwenden, auch für medizinische, chirurgische, zahnärztliche oder tierärztliche Zwecke, einschließlich Apparate und Geräte für die Schirmbildfotografie oder Strahlentherapie
26601300	Ultraviolett- und Infrarotbestrahlungsgeräte
26702230	Ferngläser
26702330	Laser (ohne Laserdioden)
26702390	Andere optische Instrumente, Apparate und Geräte, in HS 90 a.n.g.
26702430	Teile und Zubehör für optische Mikroskope
26702500	Teile und Zubehör für Zielfernrohre, Periskope, Fernrohre, Laser(-Zielvorrichtungen)
28411110	Laser-, Licht- und andere Photonenstrahlwerkzeugmaschinen

Quelle: Van de Velde et al. (2013).

Um internationale Vergleiche durchführen zu können wurde für die Analysen die United Nations Commodity Trade Statistics Database (COMTRADE) verwendet. Aus diesem Grund wurden die identifizierten Prodcom Klassen in die HS Nomenklatur⁷¹ übertragen. Alle Export- und Import-Daten sind in US-\$ ausgewiesen. Die Analyse deckt den Zeitraum von 2002 bis 2011 ab. Daten für die Jahre 2007 bis 2011 wurden im Rahmen der HS 2007 Klassifikation erhoben während Daten für die Jahre 2002 bis 2006 auf HS 2002 aufbauen. Es existiert aufgrund der Revision der HS Nomenklatur im Jahr 2007 somit ein Datenbruch, der Vergleiche der zwischen den Zeitreihen von 2002 bis 2006 bzw. 2007 bis 2011 stark erschwert.

6.2.1 Vergleichsländer und Analysemethodik

Die Analysen werden außer für Österreich noch für die folgenden drei Regionen durchgeführt:

- EU-28
- Nordamerika (USA und Kanada)
- Ostasien (Japan, Südkorea und China)

Darüber hinaus erfolgt auch ein direkter Vergleich mit den folgenden europäischen Ländern: Deutschland, Frankreich, Italien, Niederlande, Großbritannien und Schweden.

⁷¹ HS, Harmonized Commodity Description and Coding System; das harmonisierte System (HS) ist eine aus ca. 5.000 Codenummern bestehende Klassifikation der Vereinten Nationen zur Einteilung von Waren (Dienstleistungen nicht eingeschlossen) für zolltarifliche Zwecke und zur Klassifizierung von Außenhandelsdaten. Es ist in Europa seit 1988 in Kraft, momentan in der revidierten Fassung von 2012 (HS 2012), die die Version von 2007 ablöste. Eine Revision erfolgt ungefähr im Abstand von fünf Jahren. Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Harmonisiertes System zur Bezeichnung und Codierung von Waren (HS), online im Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/8304/harmonisiertes-system-zur-bezeichnung-und-codierung-von-waren-hs-v9.html>

Die Analyse umfasst dabei sowohl einfache Außenhandelsindikatoren als auch eine analytische Betrachtung des Technologieanteils der Güter bzw. der Position Österreichs im internationalen Wettbewerb.

Einfache Außenhandelsindikatoren

Eine erste Analyse erfolgt auf Basis von drei grundlegenden Außenhandelsindikatoren:

Der **Anteil an den Gesamtexporten der Sachgüterproduktion** zeigt auf, welche Bedeutung die Exporte von Produkten im Bereich Photonik am Gesamtexportaufkommen der Industrieproduktion eines Landes haben.

Die **Handelsbilanz** gibt im Aggregat für alle in Tabelle 2 erfassten Güter an, ob ein Land ein Nettoexporteur bzw. -importeur für eine bestimmte Ware bzw. Gruppe von Waren im Bereich Photonik ist. Dabei wird die Differenz von Importen und Exporten errechnet und anschließend durch das gesamte Handelsvolumen (Exporte + Importe) dividiert. Ein positiver Wert zeigt an, dass ein Land mehr Güter im Bereich Photonik ausführt als es importiert; die Handelsbilanz kann als einfacher Indikator für die Wettbewerbsfähigkeit herangezogen werden.

Der **„Revealed Comparative Advantage“ Index (RCA)** gibt an, inwieweit die Ausfuhr-Einfuhr-Relation bei Waren im Bereich Photonik von der Außenhandelsposition bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt abweicht⁷²:

$$RCA_{ij} = 100 \ln [(a_{ij}/e_{ij}) / (\sum_j a_{ij}/\sum_j e_{ij})].$$

Es bezeichnen: a Ausfuhren, e Einfuhren, i Länderindex, j Produktgruppenindex.

Stimmt die Ausfuhr-Einfuhr-Relation bei Waren im Bereich Photonik mit der bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt überein, so nimmt der RCA den Wert Null an. Positive Vorzeichen weisen auf komparative Vorteile, also auf eine starke internationale Wettbewerbsposition des Bereichs Photonik im betrachteten Land hin. Es gilt deshalb die Vermutung, dass diese Zweige als besonders wettbewerbsfähig einzustufen sind, weil ausländische Konkurrenten im Inland relativ gesehen nicht in dem Maße Fuß fassen konnten, wie es Anbietern von Erzeugnissen im Bereich Photonik ihrerseits im Ausland gelungen ist.

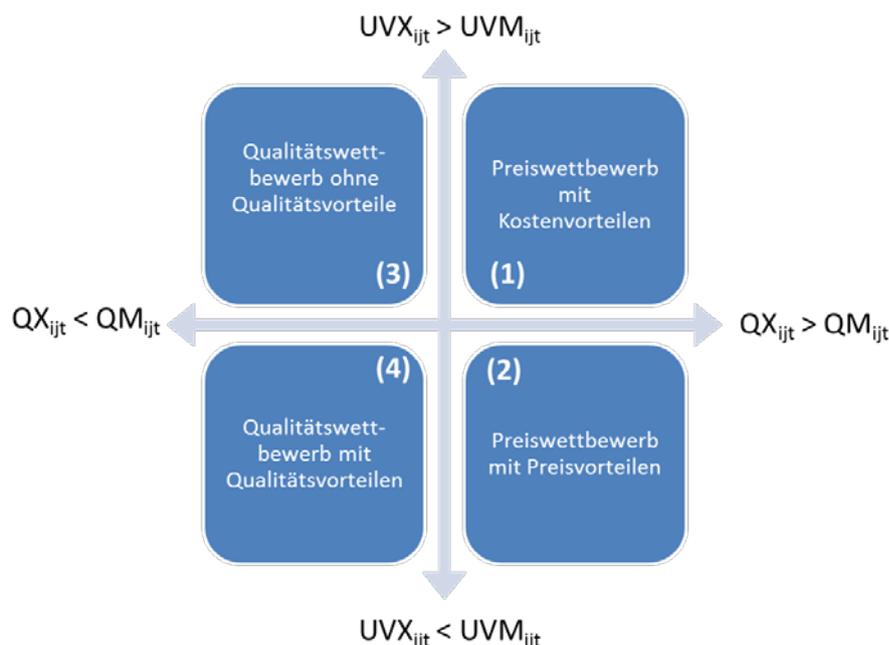
⁷² Der Wertebereich reicht dabei von -100 (keine Spezialisierung) bis $+\infty$ (vollständige Spezialisierung)

Indikatoren zum Ermitteln der Wettbewerbsposition

Die Ermittlung der Wettbewerbsposition erfolgt auf Basis von zwei unterschiedlichen Indikatoren:

Die **Wettbewerbsposition eines Landes im internationalen Handel** für die einzelnen Produkte wird auf Basis der Export und Import Unit Values⁷³ (\$/kg) der Güter sowie der Handelsbilanz ermittelt. Es sind dabei die folgenden Relationen möglich (siehe Abbildung 5):

Abbildung 5: Mögliche Wettbewerbspositionen im internationalen Handel



Es bezeichnen: UV Unit Value (\$/kg), Q Menge (kg), X Exporte (\$), M Importe (\$), i Land/Region, j Produkt, t Jahr.

Quelle: Eigener Entwurf

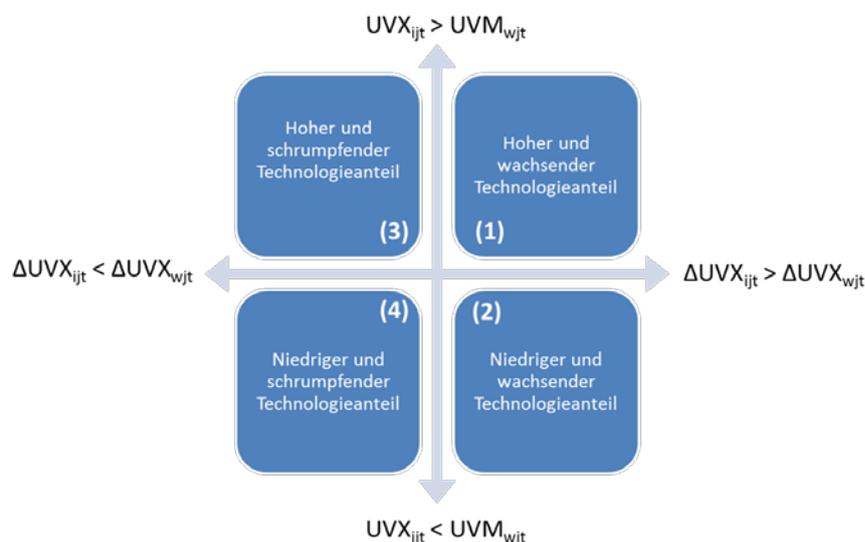
Die Wettbewerbsposition eines Landes im internationalen Handel CA (Competitive Advantage) kann nun durch das Ermitteln der Position p (1, 2, 3, 4) innerhalb der vier oben dargestellten Relationen-Paare für jedes einzelne Produkt j bestimmt werden. Mittels der folgenden Formel lassen sich dann für ein Güterbündel k (z.B. Photonikprodukte) die jeweiligen Anteile der einzelnen Relationen-Paare errechnen:

$$CA_{p,i,k} = \sum_j X_{ij}(k)_{,p} / \sum_{j,p} X_{ij}(k)_{,p}$$

⁷³ Für die Werte je Einheit (Unit Values) gilt die Definition: Handelswert / Menge

Der **Technologieanteil** in den einzelnen Produkten für ein Land wird auf Basis des Niveaus und der Dynamik der Export Unit Values (\$/kg) ermittelt. Es sind dabei die folgenden Relationen möglich (siehe Abbildung 6):

Abbildung 6: Mögliche Positionen für den Technologieanteil eines Produktes



Es bezeichnen: UV Unit Value (\$/kg), Δ Änderung gegenüber der Vorperiode, X Exporte, w Welt, i Land/Region, j Produkt, t Jahr.

Quelle: Eigener Entwurf

Der Technologieanteil TA eines Landes (Region) kann nun durch das Ermitteln der Position p innerhalb der vier oben dargestellten Relationen-Paare für jedes einzelne Produkt j bestimmt werden. Mittels der folgenden Formel lassen sich dann für ein Güterbündel k die jeweiligen Anteile der einzelnen Relationen-Paare errechnen:

$$TA_{p,i,k} = \sum_j X_{i,j}(k)_{,p} / \sum_{i,p} X_{i,j}(k)_{,p}$$

6.2.2 Grenzen der eingesetzten Methode

Es müssen für die unten präsentierten Analysen die folgenden methodischen Einschränkungen bzw. Grenzen festhalten werden:

- Die im Rahmen des KETs Observatory für den Bereich Photonik identifizierten dreizehn Prodcom-Güterklassen umfassen zwar den Kernbereich, angrenzende Technologiebereiche werden jedoch nicht erfasst. Das Bild ist somit bspw. für den Bereich Photonics und Health nicht vollständig.
- Die Analysen bauen auf einer vergangenheitsbezogenen Betrachtung auf, der verfügbare Beobachtungszeitraum mit vollständigen Datensätzen reicht von 2002 bis 2011, wobei im Jahr 2007 ein Datenbruch vorhanden ist, der die Analyse in einer kontinuierlichen Zeitreihe

unmöglich macht. Neuere Entwicklungen bis 2014 können aufgrund der Datenverfügbarkeit demgegenüber nicht erfasst und analysiert werden⁷⁴.

- Es wird in den Analysen ausschließlich mit Außenhandelsdaten gearbeitet, die dabei verwendeten Indikatoren können bezüglich Technologieanteil in Gütern bzw. der Wettbewerbsposition nur erste grobe Anhaltspunkte liefern. Für genauere Aussagen wären komplexe und aufwändige Arbeiten notwendig.
- Weiter ist darauf hinzuweisen, dass externe Einflüsse auf den Außenhandel wie Handelsregime und Regulierungen nicht in den Analysen berücksichtigt werden können.

6.2.3 Diskussion der Ergebnisse

Tabelle 3 stellt den Anteil von Photonik an den Gesamtexporten der Sachgüterproduktion für die Jahre 2002 bis 2011 im Länder- und Regionsvergleich (EU28, Nordamerika, Ostasien) dar.

Tabelle 3: Anteil an den Gesamtexporten der Sachgüterproduktion in %, 2002-2011

	2002	2005	2008	2011
EU28	0,23%	0,27%	0,43%	0,52%
Nordamerika	0,53%	0,58%	0,61%	0,68%
Ostasien	0,86%	2,03%	2,83%	3,49%
Österreich	0,20%	0,24%	0,44%	0,36%
Deutschland	0,43%	0,51%	0,85%	0,98%
Niederlande	0,13%	0,22%	0,25%	0,54%
Frankreich	0,14%	0,16%	0,20%	0,21%
Großbritannien	0,30%	0,33%	0,57%	0,53%
Italien	0,11%	0,12%	0,15%	0,17%
Schweden	0,31%	0,30%	0,56%	0,30%

Quelle: COMTRADE, NIW

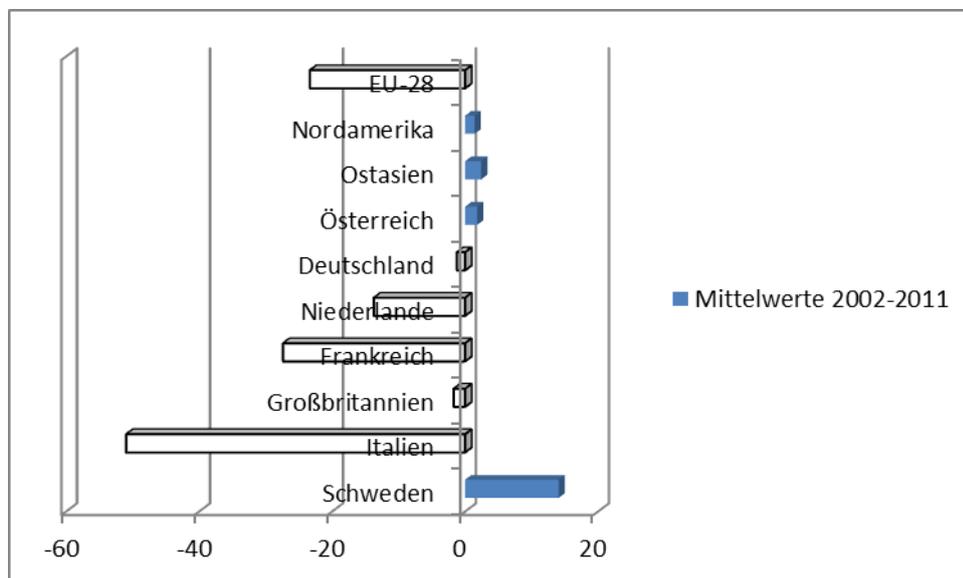
Es zeigt sich dabei, dass für den letzten Beobachtungszeitpunkt 2011 die Signifikanz von Photonik innerhalb der exportierten Industriegüter zwischen den drei betrachteten Regionen deutlich variiert. Während Photonik im Exportgesamtaufkommen von Ostasien eine relativ starke Rolle spielen, trifft dies für die EU28 (noch) nicht zu. Zugleich zeigt sich, dass die relativen Anteile am Gesamtindustriexport von 2002 bis 2011 in allen Regionen zugenommen haben.

Doch auch innerhalb der Europäischen Union gibt es deutliche Unterschiede: Während Güter im Bereich Photonik in Deutschland einen relativ großen Anteil am Industrieexport ausmachen (0,98% im Jahr 2011), trifft dies etwa auf Italien nicht zu (0,17% im Jahr 2011). Wird der Anteil von Photonik an Österreichs Außenhandel betrachtet, so zeigt sich, dass der relative Anteil von 2002 bis 2011 um mehr fast die Hälfte erhöht hat aber zum letzten Beobachtungszeitpunkt 2011 noch immer unter dem Durchschnittswert für die EU28 liegt.

⁷⁴ Aufgrund des langsam verlaufenden Strukturwandels sind jedoch auch valide Aussagen für die Gegenwart möglich.

Wird demgegenüber die Handelsbilanz für Produkte im Bereich Photonik betrachtet (siehe Abbildung 7), so zeigt sich, dass Österreich (1,83) und Schweden (14,07) gegenüber den EU28 (-23,33) im Durchschnitt über positive Werte verfügen.

Abbildung 7: Handelsbilanz (in %) – Mittelwerte 2002-2011



Quelle: COMTRADE, NIW

Für den Bereich Photonik zeigt sich im Vergleich der Regionen, dass sowohl Ostasien (2,43) als auch Nordamerika (1,43) über eine durchschnittlich positive, die EU28 jedoch eine negative Handelsbilanz verfügen.

Eine Betrachtung der Einzelwerte für die Jahre 2002, 2005, 2008 und 2011 gibt darüber hinaus Aufschluss über die zeitliche Entwicklung der Werte (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Handelsbilanz (in %) – Einzelwerte 2002-2011

	2002	2005	2008	2011
EU28	-7,5	-15,5	-24,0	-30,5
Nordamerika	11,0	11,9	5,2	-12,8
Ostasien	-11,8	-13,8	4,8	16,3
Österreich	-11,5	-4,1	4,6	5,0
Deutschland	10,6	-3,4	-0,3	-11,7
Niederlande	-25,4	-14,1	-3,6	-11,7
Frankreich	-12,2	-13,4	-26,1	-57,8
Großbritannien	-2,7	3,4	6,8	-14,3
Italien	-33,3	-30,1	-55,2	-85,3
Schweden	15,4	11,5	13,4	17,3

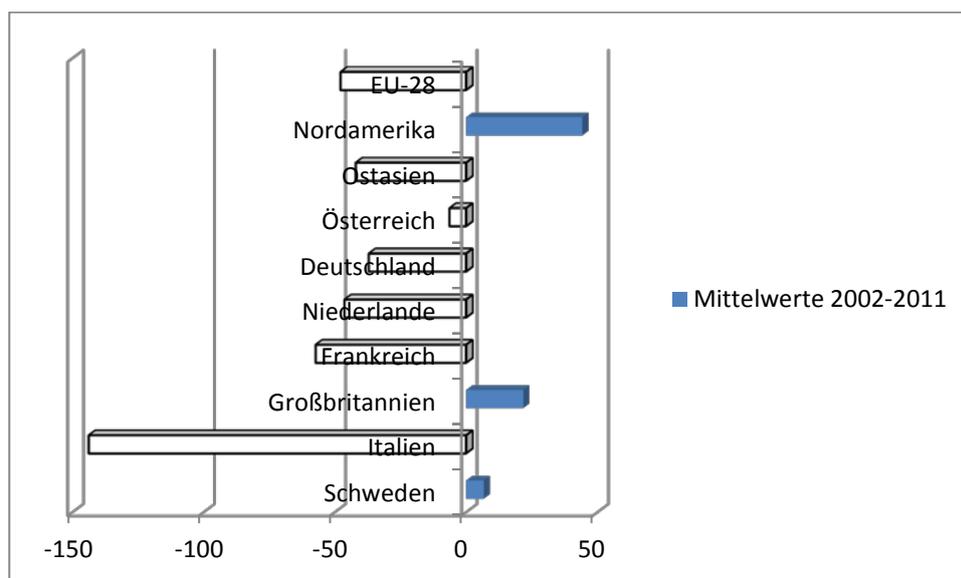
Quelle: COMTRADE, NIW

Dabei wird deutlich, dass sich die positiven Werte für Nordamerika von 2002 bis 2011 dramatisch vermindert haben, wohingegen Österreich seine negative Handelsbilanz in positive Werte verwandeln

konnte. Auch für Ostasien lässt sich zeigen, dass sich die Handelsbilanz im Bereich Photonik von 2002 bis 2011 deutlich verbessert hat.

Ein ähnliches Bild ergibt sich beim Betrachten der relativen Spezialisierungen im Außenhandel (siehe Abbildung 8). Es werden dabei wiederum Mittelwerte für 2002 bis 2011 dargestellt. Positive Werte – und damit Spezialisierungen lassen sich für Großbritannien (21,75), Schweden (6,75) und Nordamerika (44,25) feststellen.

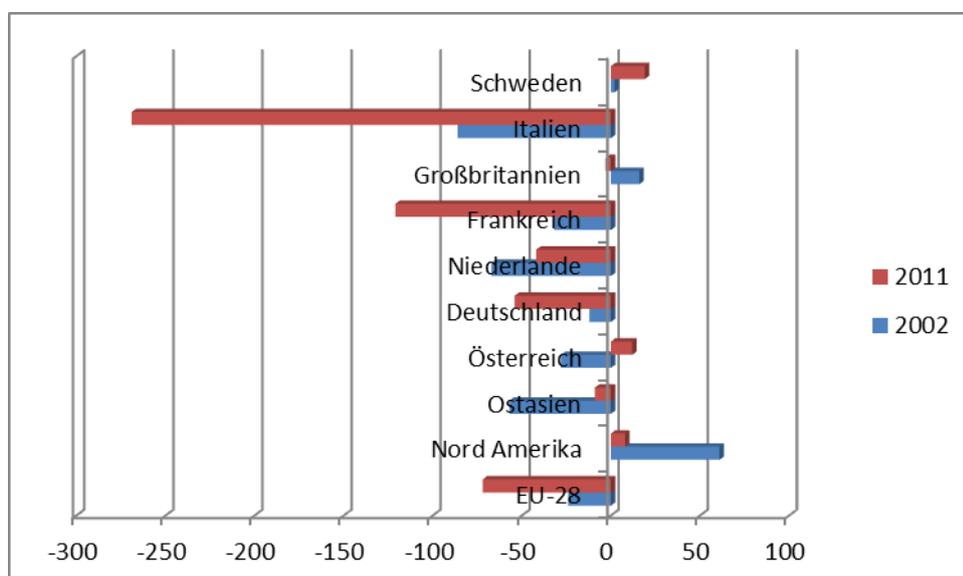
Abbildung 8: Spezialisierung im Außenhandel (RCA)



Quelle: COMTRADE, NIW

Sowohl für die EU28 (-47,75) also auch für Ostasien (-42) sind demgegenüber negative Werte und somit keine Spezialisierungen festzuhalten. Doch auch innerhalb der Europäischen Union zeigen sich für die meisten Vergleichsländer negative Werte und somit keine Spezialisierungen: Frankreich (-57,25), Niederlande (-46,25), Italien (-143,75) und Deutschland (-37).

Abbildung 9: Spezialisierung im Außenhandel (RCA) – 2002 und 2011 im Vergleich



Quelle: COMTRADE, NIW

Abbildung 9 zeigt die RCA Werte im intertemporalen Vergleich (2002 und 2011). Dabei wird deutlich, dass sowohl Österreich und Schweden als auch Großbritannien innerhalb des Beobachtungszeitraums ihren Spezialisierungsgrad im Außenhandel verbessern konnten. Nordamerika verfügt zwar auch noch für 2011 über einen positiven Spezialisierungswert, hat jedoch gegenüber 2002 deutliche Einbußen erlitten.

In Tabelle 5 werden die durchschnittlichen Export-Einheitswerte für die Güter im Bereich Photonik dargestellt.

Tabelle 5: Durchschnittliche Export-Einheitswerte (\$/kg), 2002-2011

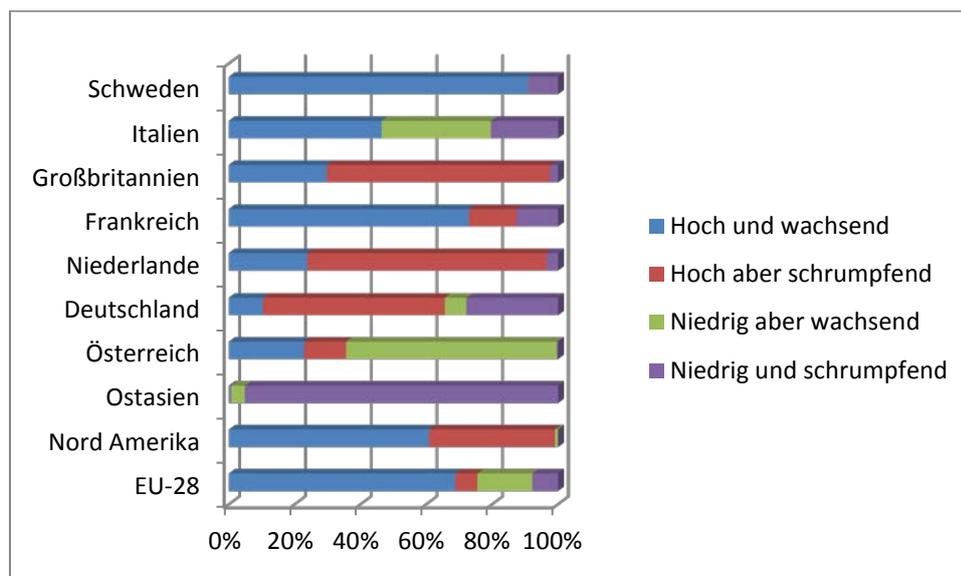
	2002	2005	2008	2011
EU28	85,5	87,7	70,1	31,4
Nordamerika	137,2	87,1	158,2	173,3
Ostasien	87,7	108,4	59,3	45,9
Österreich	165,4	43,0	31,0	55,0
Deutschland	118,4	133,4	85,2	40,1
Niederlande	177,5	97,7	116,3	421,3
Frankreich	84,0	80,4	81,2	58,9
Großbritannien	175,5	129,2	88,1	61,4
Italien	36,7	45,4	50,7	35,6
Schweden	168,7	74,7	68,1	60,5

Quelle: COMTRADE, NIW

Es zeigt sich dabei, dass die Export-Einheitswerte zwischen den drei betrachteten Regionen und über die Zeit deutlich variieren. Während in Ostasien und der EU28 die durchschnittlichen Export-Einheitswerte von 2002 bis 2011 gesunken sind, lässt sich für Nordamerika ein Anstieg feststellen. Für Österreich und die genannten europäischen Vergleichsländer – die Niederlande ausgenommen – ist demgegenüber kein solcher Anstieg feststellbar.

In Abbildung 10 werden die Technologieanteile der Produkte im Bereich Photonik abgebildet. Es werden dabei die jeweiligen relativen Anteile des Warenkorbs, die in die Kategorien „Technologieanteil hoch & wachsend“, „Technologieanteil hoch & schrumpfend“, „Technologieanteil niedrig & wachsend“ und „Technologieanteil niedrig und schrumpfend fallen, dargestellt.

Abbildung 10: Technologieanteil der Produkte – Durchschnitt 2007-2011



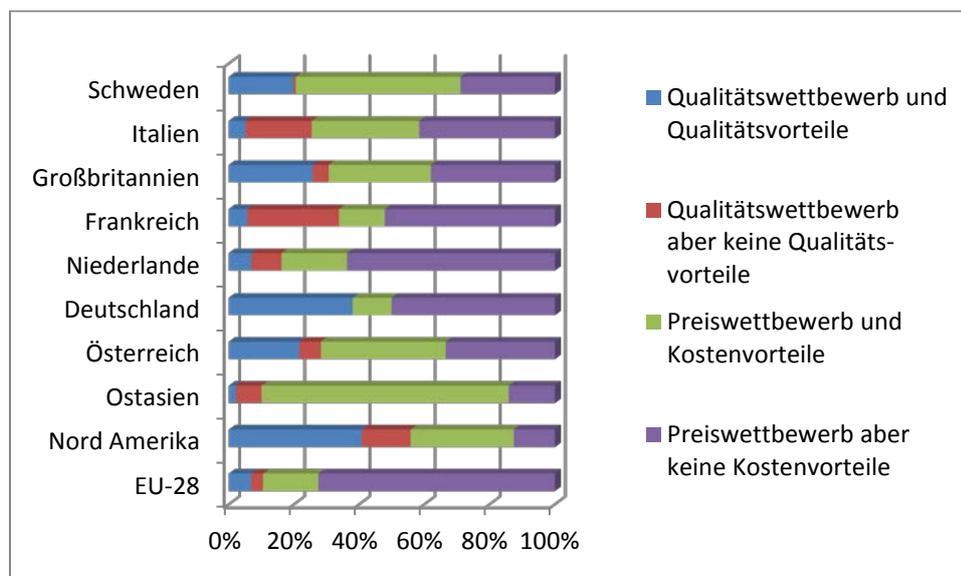
Quelle: COMTRADE, NIW

Ein erster Vergleich der drei betrachteten Regionen zeigt, dass Nordamerika (60,8% hoch & wachsend) über starke Anteile an Produkten mit wachsenden Technologieanteilen verfügt und somit als technologisch führende Region betrachtet werden kann. Die EU28 (68,8% hoch & wachsend und 16,6% niedrig & wachsend) verfügen ebenfalls über hohe und wachsende Technologieanteile, die jedoch im Kontrast zu den sinkenden Export-Unit-Values zu sehen sind. Die EU28 spezialisieren sich offenbar verstärkt auf die Herstellung von Photonik Produkten mit einem niedrigen Unit Value. Es ist dabei jedoch festzuhalten, dass Ostasien hat für den Beobachtungszeitraum betreffend den Technologieanteil demgegenüber einen deutlich ungünstigeren Produktmix (4,2% niedrig & wachsend bzw. 95,1% niedrig & schrumpfend).

Beim Betrachten der Grafik wird auch deutlich, dass unter den Vergleichsländern Schweden die günstigste Position aufweist: 91% der Produkte haben einen hohen und wachsenden Technologieanteil. Aber auch Frankreich (73,1% hoch & wachsend) verfügt über einen günstigen Produktmix. Für Österreich lässt sich in diesem Länder-Vergleich festhalten, dass offenbar ein technologischer Aufholprozess im Gange ist: 22,9% der Produkte haben einen hohen und wachsenden Technologieanteil, zugleich weisen 64,1% der Güter einen niedrigen und waschenden Technologieanteil auf. Überraschend sind demgegenüber die Positionen der „klassischen“ Photonik-Standorte Deutschland und Niederlande: der erste verfügt über 55,4% an Gütern mit hohem aber schrumpfendem Technologieanteil und zugleich über 27,8% an Produkten mit niedrigem und schrumpfenden Technologieanteil, der zweite weist einen Anteil von 72,7% mit hohem aber schrumpfenden Technologieanteil auf (wobei festzuhalten ist das noch immer 23,8% der Produkte einen hohen und wachsenden Technologieanteil haben).

Abbildung 11 präsentiert Informationen zur Art des Wettbewerbs und der Wettbewerbsposition der Vergleichsregionen und Länder. Es werden dabei die jeweiligen relativen Anteile des Güterkorbs, die in die Kategorien „Qualitätswettbewerb & Qualitätsvorteile“, „Qualitätswettbewerb keine Qualitätsvorteile“, „Preiswettbewerb & Kostenvorteile“ und „Preiswettbewerb keine Kostenvorteile“ fallen, dargestellt.

Abbildung 11: Position und Art des Wettbewerbs im internationalen Handel Durchschnitt 2007-2011



Quelle: COMTRADE, NIW

Ein erster Vergleich der drei betrachteten Regionen zeigt, dass Nordamerika über die günstigste Wettbewerbsposition verfügt: 40,8% der Güter befinden sich in einem Qualitätswettbewerb mit Qualitätsvorteilen und 31,6% der Güter in einem Preiswettbewerb mit Kostenvorteilen. Es zeigt sich somit, dass sich die hohen Technologieanteile in den erzeugten Produkten nicht nur in wachsenden Export-Unit-Values niederschlagen, sondern auch zu einem vergleichsweise hohen Anteil von Exporten in Märkte führen, die von Qualitätswettbewerb beherrscht werden.

Die EU28 befinden sich demgegenüber vor allem in einem Preiswettbewerb wobei für 72,5% der Güter keine Kostenvorteile existieren. Demgegenüber ist für Ostasien die Lage im Preiswettbewerb günstig: 90% der Produkte befinden sich in einem Preiswettbewerb, wobei 75,9% über Kostenvorteile verfügen. Demgegenüber kann Ostasien im Qualitätswettbewerb keine nennenswerten Anteile mit Wettbewerbsvorteilen für sich verzeichnen.

Für Österreich lässt sich im Ländervergleich eine (noch) ambivalente Wettbewerbsposition festhalten: Etwas mehr als ein Viertel seiner Produkte (28,2%) befinden sich in einem Qualitätswettbewerb, während 21,6% auch über Qualitätsvorteile verfügen; beinahe Dreiviertel der Produkte (71,7%) müssen sich im Preiswettbewerb behaupten, wobei 33,4% der Güter über keine Kostenvorteile verfügen. Unter den Vergleichsländern weisen Schweden (19,8% Qualitätswettbewerb und Qualitätsvorteile sowie 50,5% Preiswettbewerb mit Preisvorteilen) und Großbritannien (25,7% Qualitätswettbewerb und Qualitätsvorteile sowie 31,4% Preiswettbewerb mit Kostenvorteilen) günstigere Wettbewerbspositionen als Österreich auf.

Zusammenfassend lässt sich für Produkte im Bereich Photonik somit festhalten, dass Europa (EU28) einen wachsenden Technologieanteil in seinen Exporten aufweist, die jedoch auf den internationalen Märkten vor allem einem Preiswettbewerb begegnen müssen. Die meisten europäischen Produkte weisen gegenüber den globalen Wettbewerbern keine Kostenvorteile auf. Es kann daraus geschlossen werden, dass Europa zwar über eine Spezialisierung in High-End-Produkten verfügt, wohingegen die globalen Märkte immer stärker von einem Preisverfall betroffen sind.

Österreich konnte demgegenüber seine Wettbewerbsposition für Produkte im Bereich Photonik deutlich verbessern. Ein wachsender Technologieanteil in den Produkten hat einerseits dazu geführt, dass Exporte auf jenen globalen Märkten wettbewerbsfähig geworden sind, die von Qualitätswettbewerb beherrscht werden. Andererseits ist es aber auch gelungen, Kostenvorteile für Exporte in jene Märkte zu sichern, auf denen Preiswettbewerb herrscht.

6.3 Die Analyse österreichischer Patentanmeldungen

6.3.1 Methodik und Vorgehen

Die vergleichende Analyse österreichischer Patentanmeldungen baut auf den Vorarbeiten des KETs Observatory Projekts auf, welches für die Europäische Kommission umgesetzt worden ist⁷⁵. Im Rahmen dieses Projektes wurden für einzelne Key Enabling Technologies durch Experteneinschätzungen Listen mit IPC-Klassen für die einzelnen Key Enabling Technologies erarbeitet – so auch für Photonik

Für Photonik wurden insgesamt 77 IPC-Klassen als relevant identifiziert (die Liste der verwendeten IPC-Klassen findet sich in Annex 1).

Für die vergleichende Analyse österreichischer Patentanmeldungen im Bereich Photonik wurden auf Basis der identifizierten IPC-Klassen Daten der PATSTAT-Datenbank des Europäischen Patentamts herangezogen.

6.3.2 Diskussion der Ergebnisse

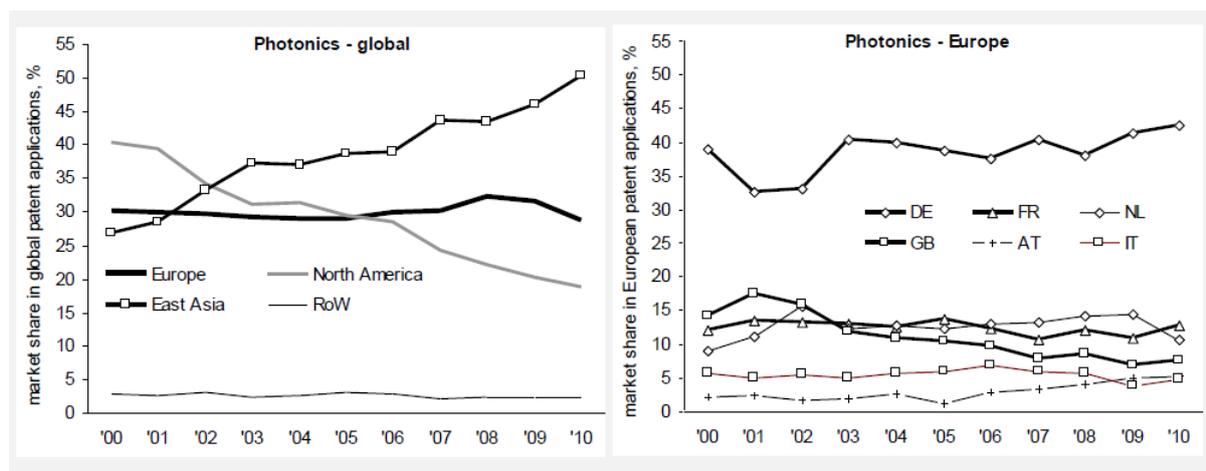
Abbildung 12 zeigt einerseits die Entwicklung der Weltmarktanteile für Patentanmeldungen im Vergleich zwischen Europa, Nordamerika (USA, Kanada), Ostasien (China, Süd-Korea, Japan) sowie dem Rest der Welt für die Jahre 2000 bis 2010, andererseits werden innerhalb von Europa auch Deutschland, Frankreich, die Niederlande, Großbritannien, Österreich und Italien miteinander für den gleichen Beobachtungszeitraum verglichen.

Ostasien konnte im Beobachtungszeitraum seine Marktanteile im Bereich Photonik-Patente deutlich ausbauen. Ostasiatische Organisationen sind seit 2003 die größte Gruppe unter den Patentanmeldern und konnten diese Position seitdem immer weiter ausbauen. Ihr Marktanteil ist von 27% im Jahr 2000 auf 50% im Jahr 2010 gewachsen. Patentanmelder aus Nordamerika haben ihre führende Position eingebüßt, die sie noch in den ersten Jahren des 21. Jahrhunderts gehalten hatten. Ihr Marktanteil ist von 40% im Jahr 2000 auf 19% im Jahr 2010 gesunken. Europa hat sich bis zum Jahr 2008 deutlich besser entwickelt und konnte in diesem Jahr einen Marktanteil von 32% erreichen. In den Jahren 2009 und 2010 ist dieser Anteil jedoch auf 29% gesunken.

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sich diese Entwicklungen vor insgesamt deutlich weltweit wachsenden Patentaktivitäten im Bereich Photonik abgespielt haben. Die Zahl internationaler Patentanmeldungen wuchs von 2000 bis 2010 um 25%, dies ist ein fast viermal so hoher Wert wie jener für alle Key Enabling Technologies zusammen und entspricht der Wachstumsrate der Patentanmeldungen über alle Technologiefelder hinweg.

⁷⁵ Siehe hierzu: Van de Velde et al. (2013).

Abbildung 12: Entwicklung der Patentweltmarktanteile für Europa und Vergleichsregionen, 2000-2010.



Quelle: PATSTAT; ZEW

Für Europa wurden Daten für die Länder Deutschland, Frankreich, Niederlande, Großbritannien, Österreich und Italien errechnet. Dabei zeigt sich, dass Deutschland seine Position als Hauptproduzent von neuem technologischem Wissen im Bereich Photonik im Beobachtungszeitraum weiter ausbauen konnte. Sein Marktanteil an europäischen Patentanmeldungen ist von 33% im Jahr 2001 auf 43% im Jahr 2010 gewachsen. Unter den Vergleichsländern haben die Niederlande und Großbritannien innerhalb des Beobachtungszeitraums Marktanteile verloren, wohingegen Italien und Frankreich Zugewinne verbuchen konnten. Österreich konnte seine Marktanteile im Bereich Photonik von 2000 bis 2010 auf 6% ausbauen und hat die Schweiz vom sechsten Platz in Europa verdrängt.

6.4 Die Abschätzung von zukünftigen Marktpotenzialen

6.4.1 Internationale Prognosen

Internationale Prognosen zu Marktwicklungen im Bereich Photonik sind im Rahmen der Photonik Branchenreports des BMBF in Deutschland verfügbar, wobei die Berichte auch als Dokumente auf der Website der ETP Photonics21 angeboten werden⁷⁶.

Der Branchenreport 2013 beinhaltet Prognosen und Marktabschätzungen bis zum 2020, die wesentlichen Punkte werden im Folgenden kurz dargestellt.

Der Weltmarkt für Produkte der Photonik wird langfristig mit rund 6,5 % pro Jahr wachsen und bis zum Jahr 2020 ein Volumen von rund 615 Milliarden Euro bzw. 860 Milliarden US-Dollar erreichen. Bei einer angenommenen Inflationsrate von 2 % beträgt das erwartete reale Wachstum 4,5 %. Nimmt man ein globales BIP-Wachstum von 3,0 % bis 3,5 % an, dann entspricht dies dem 1,4-fachen Weltwirtschaftswachstum⁷⁷.

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

⁷⁶ http://www.photonics21.org/downloads/download_brochures.php

⁷⁷ BMBF (2013), Photonik Branchenreport 2013, S. 72.

weiterhin starkem volumenmäßigem Wachstum bei fortgesetztem Preisverfall aus, der zu einer marktgetriebenen Nachfrage führt⁷⁸.

Ebenfalls sehr wachstumsstark sind die fertigungstechnisch orientierten Photonik-Bereiche, also die Produktionstechnik (Lasermaterialbearbeitung und Lithografie) und die Bildverarbeitung & Messtechnik, für die Zuwachsraten von rund 8 % bzw. gut 7 % erwartet werden. Das fortgesetzte starke Wachstum ist getrieben von Langzeitentwicklungen – „Megatrends“ in der Fertigungstechnik –, wie Automatisierung, Flexibilisierung und Miniaturisierung. Die photonikbasierten Bearbeitungs- und Messverfahren leisten hierzu wesentliche Beiträge⁷⁹.

Dagegen sind die Wachstumserwartungen für die Bereiche Informationstechnik, Kommunikationstechnik und Displays geringer. Mit Werten im Bereich von 5,3 % bis 5,6 % (nominal) liegen diese im Mittel nur geringfügig über dem erwarteten globalen BIP-Wachstum. Die Abschwächung des Wachstums gegenüber dem Vergleichszeitraum spiegelt wider, dass wesentliche Substitutionsprozesse abgeschlossen sind oder sich dem Ende zuneigen. Dies betrifft beispielsweise Digitalkameras oder Flachdisplays für Fernsehgeräte. Dennoch wird erwartet, dass beispielsweise die Photonik in der Konsumelektronik weiterhin innovativ genug ist, um Wachstumsraten oberhalb des globalen BIP-Wachstums zu generieren⁸⁰.

Die Wachstumserwartungen für den Bereich Medizintechnik & Life Sciences beziffern sich auf 6,5 % pro Jahr, im Vergleich zu 5,5 % im Referenzzeitraum auf Euro-Basis (7,5 % auf Basis US-Dollar). Das Wachstum wird hier getrieben von bildgebenden und analytischen Verfahren, von Endoskopie und Mikroskopie. Wachstumsdämpfend wirkt dagegen das volumenstarke Segment Augenoptik⁸¹.

Das erwartete Wachstum für den Bereich Lichtquellen liegt mit 5,5 % pro Jahr (nominal) etwas oberhalb des erwarteten globalen Wirtschaftswachstums. Für den Bereich Sicherheits- und Verteidigungstechnik werden Wachstumsraten von gut 6 % pro Jahr erwartet. Wachstumstreiber sind hier zunehmende technische Möglichkeiten in umsatzstarken Segmenten von Infrarotbildverfahren bis zu Head-Up-Displays. Wachstumshemmend für Verteidigungsanwendungen ist die Staatsverschuldung wesentlicher Nachfrageländer, während paramilitärische und zivile Anwendungen zusätzliches Wachstumspotenzial beitragen⁸².

Optische Komponenten & Systeme zeigten in den letzten Jahren ein Marktwachstum von rund 9 %. Optische Komponenten und Subsysteme kommen in vielen der oben genannten anderen Bereiche der Photonik zum Einsatz. Die Wachstumsfelder sind breit gestreut, von der Konsumelektronik (Kameras und Kamerafunktion mobiler Geräte) bis zur Medizintechnik, der Messtechnik oder Applikationen in Fahrzeugen. Die Tatsache, dass der Markt für optische Komponenten zum Teil stärker wächst als der Markt für die Anwendungsbereiche, ist bedingt durch einen zunehmenden wertmäßigen Anteil der Optik. Gegenüber dem Zeitraum 2005 bis 2011 wurde die Langfristprognose bis zum Jahr 2020 um einen Prozentpunkt auf rund 8 % zurückgenommen⁸³.

⁷⁸ BMBF (2013), Photonik Branchenreport 2013, S. 74.

⁷⁹ Ebda

⁸⁰ Ebda

⁸¹ Ders. S.75

⁸² Ebda

⁸³ Ebda

6.4.2 Abschätzung auf der Basis von internationalen Exportdaten

- **Methodik und Vorgehen**

Für eine Abschätzung von zukünftigen Marktpotenzialen bis zum Jahr 2025 wurden die Weltexporte in Mio. USD für die relevanten Prodcom-Güterklassen als einfachen groben Indikator geschätzt. Um entsprechende Werte errechnen zu können, mussten in einem ersten Schritt daher die Prodcom-Klassen in die internationale HS-Nomenklatur⁸⁴ übertragen werden. Tabelle 2 zeigt diese Entsprechungen.

Tabelle 6: Die Konkordanz zwischen Prodcom-Klassen und der HS (Außenhandels-Nomenklatur)

Prodcom Klasse	Beschreibung	HS 2007 Code
26112220	Leuchtdioden, einschließlich Laserdioden	854140 (Photosensitive Devices)
26112240	Andere lichtempfindliche Halbleiterbauelemente (z. B. Solarzellen, Fotodioden, Fototransistoren, Fotothyristoren, Fotokoppler)	
26114070	Teile für Leuchtdioden; gefasste oder montierte piezoelektrische Kristalle	
26515330	Spektrometer, -fotometer und -grafien, die optische Strahlen verwenden	902730
26515350	Andere Instrumente, Apparate und Geräte, die optische Strahlen, UV-Strahlen, Licht- und Infrarotstrahlen, verwenden	902750
26601130	Apparate und Geräte, die Alpha-, Beta- oder Gammastrahlen verwenden, auch für medizinische, chirurgische, zahnärztliche oder tierärztliche Zwecke, einschließlich Apparate und Geräte für die Schirmbildfotografie oder Strahlentherapie	901820
26601300	Ultraviolett- und Infrarotbestrahlungsgeräte	900211
26702230	Ferngläser	900510
26702330	Laser (ohne Laserdioden)	901320
26702390	Andere optische Instrumente, Apparate und Geräte, in HS 90 a.n.g.	901380
26702430	Teile und Zubehör für optische Mikroskope	901190
26702500	Teile und Zubehör für Zielfernrohre, Periskope, Fernrohre, Laser	901390
28411110	Laser-, Licht- und andere Photonenstrahlwerkzeugmaschinen	845610

Quelle: STAT.AT, Eurostat, 2008

Für die Prodcom-Klassen 26112220, 26112240 und 26114070 lässt sich mit dem HS-Code 854140 nur eine gemeinsame Entsprechung finden. In der folgenden Analyse können diese drei Prodcom-Klassen somit nur im Aggregat betrachtet und analysiert werden.

Auf Basis der HS-Code-Liste wurden dann in einem zweiten Schritt Exportwerte in Mio. US\$ für die Jahre 2003 bis 2014 von der UN COMTRADE Datenbank⁸⁵ abgefragt.

In einem dritten Schritt erfolgte dann die Trendberechnung auf Basis der verfügbaren Zeitreihen, wobei ein einfaches ARIMA-Modell in R⁸⁶ programmiert wurde. Es erfolgte eine Trendberechnung für einen Zeithorizont von 10 Jahren – also bis zum Jahr 2025. Die Prognoseergebnisse haben dabei

⁸⁴ http://ec.europa.eu/taxation_customs/customs/customs_duties/tariff_aspects/harmonised_system/index_de.htm

⁸⁵ <http://comtrade.un.org/>

⁸⁶ R ist eine freie Programmiersprache für statistisches Rechnen und statistische Grafiken.

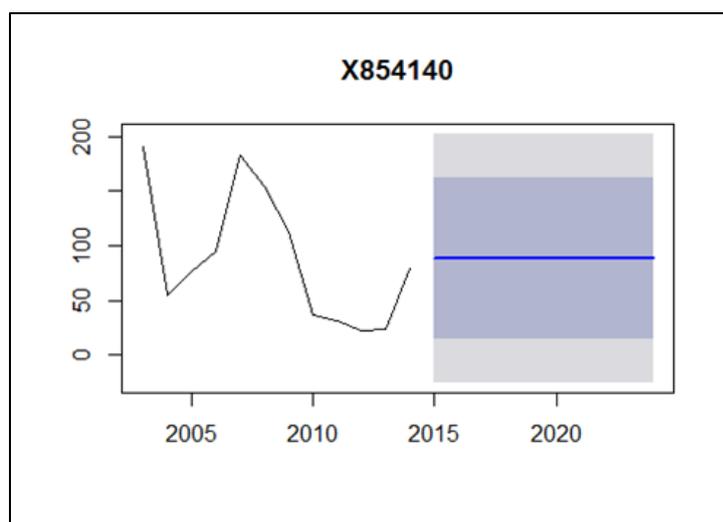
zum Teil auf Grund der starken jährlichen Fluktuationen in den Exportwerten einen deutlich eingeschränkten Aussagewert.

Für die folgenden Abbildungen werden die folgenden grafischen Konventionen verwendet: Der Mittelwert wird jeweils als blaue Linie ausgewiesen, die 80% Konfidenzintervalle in Dunkelgrau und die 95% Konfidenzintervalle in Hellgrau.

- **Diskussion der Ergebnisse**

Abbildung 13 zeigt die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für Waren mit dem HS-Code 854140⁸⁷ für die Jahre 2003 bis 2014 sowie den sich daraus ergebenden Trend bis 2025.

Abbildung 13: HS 854140 (photosensitive devices) – Zusammenfassung der Prodcod-Klassen 26112220, 26112240 und 26114070



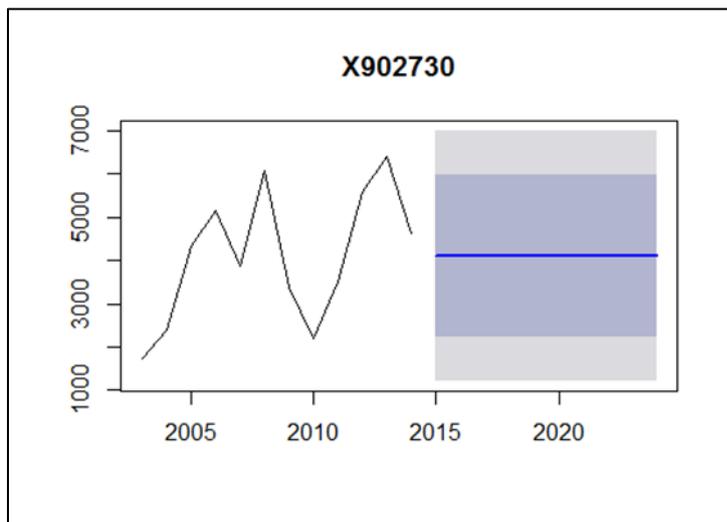
Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Es wird dabei deutlich dass die Entwicklung der Weltexporte innerhalb des Beobachtungszeitraums sehr starken Fluktuationen ausgesetzt war. Dementsprechend ist keine sinnvolle Schätzung für den langfristigen Trend bis zum Jahr 2025 möglich.

Abbildung 14 präsentiert die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für Waren mit dem HS-Code 902730 (Spektrometer, -fotometer und -grafien, die optische Strahlen verwenden) für die Jahre 2003 bis 2014 sowie den sich daraus ergebenden Trend bis 2025.

⁸⁷ Hierunter fallen: Leuchtdioden, einschließlich Laserdioden; Andere lichtempfindliche Halbleiterbauelemente (z. B. Solarzellen, Fotodioden, Fototransistoren, Fotothyristoren, Fotokoppler) und Teile für Leuchtdioden, gefasste oder montierte piezoelektrische Kristalle

Abbildung 14: HS 902730 – Spektrometer, -fotometer und -grafen, die optische Strahlen verwenden

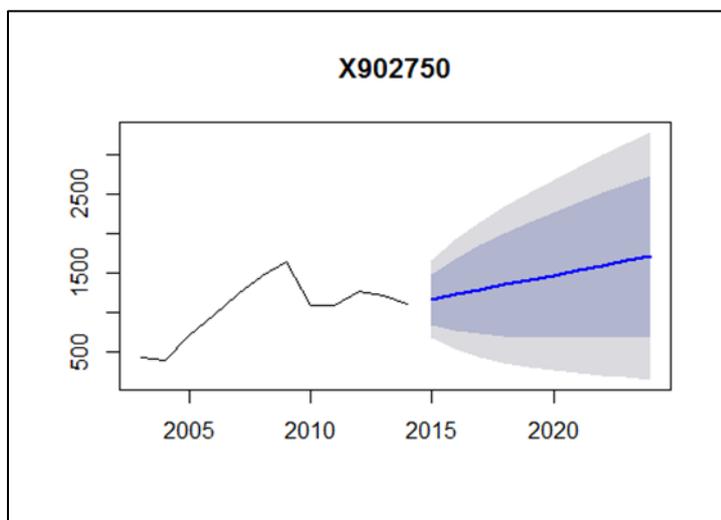


Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Auch für diese Warenklasse ist festzuhalten, dass die Entwicklung der Weltexporte innerhalb des Beobachtungszeitraums sehr starken Fluktuationen ausgesetzt war. Dementsprechend ist keine sinnvolle Schätzung für den langfristigen Trend bis zum Jahr 2025 möglich.

Abbildung 15 bildet für HS 902750 (Andere Instrumente, Apparate und Geräte, die optische Strahlen, UV-Strahlen, Licht- und Infrarotstrahlen, verwenden), die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für die Jahre 2003 bis 2014 sowie die Prognose bis zum Jahr 2025.

Abbildung 15: HS 902750 – Andere Instrumente, Apparate und Geräte, die optische Strahlen, UV-Strahlen, Licht- und Infrarotstrahlen, verwenden



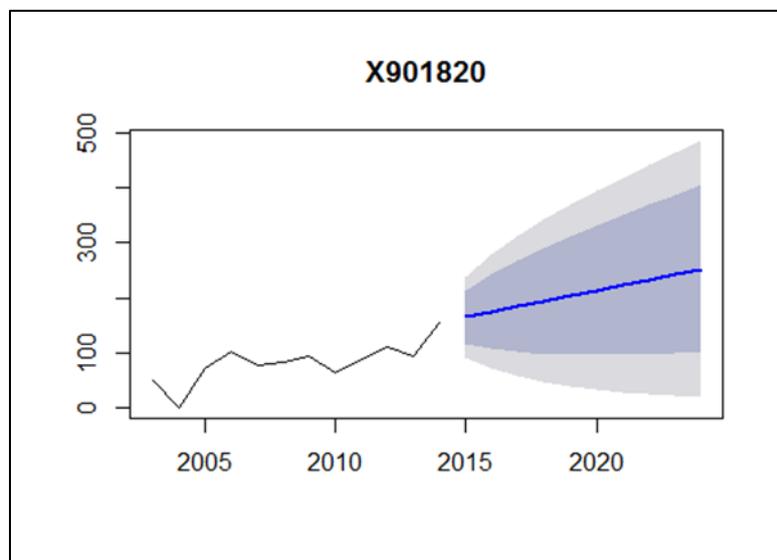
Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Es zeigt sich dabei ein positiver Wachstumstrend für die Weltexporte bis zum Jahr 2025: Geschätzte Werte sind dabei für 2015 US\$ 1.175.312 Mio. bzw. für das Jahr 2025 US\$ 1.723.810 Mio. Die geschätzte durchschnittliche Wachstumsrate beträgt dabei 31,8%.

Abbildung 16 präsentiert die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für Waren mit dem HS-Code 901820 (Apparate und Geräte, die Alpha-, Beta- oder Gammastrahlen verwenden, auch für medizinische, chirurgische, zahnärztliche oder tierärztliche Zwecke, einschließlich Apparate und

Geräte für die Schirmbildfotografie oder Strahlentherapie) für die Jahre 2003 bis 2014 sowie den sich daraus ergebenden Trend bis 2025.

Abbildung 16: HS 901820 – Apparate und Geräte, die Alpha-, Beta- oder Gammastrahlen verwenden, auch für medizinische, chirurgische, zahnärztliche oder tierärztliche Zwecke, einschließlich Apparate und Geräte für die Schirmbildfotografie oder Strahlentherapie

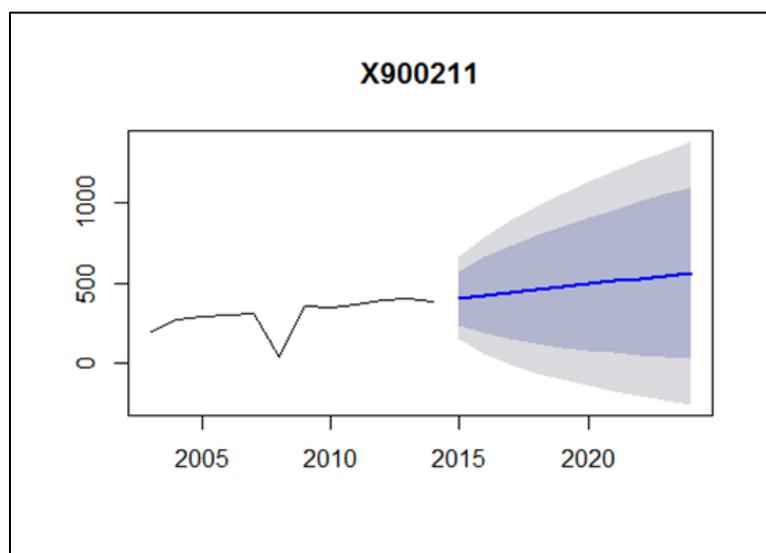


Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Es wird dabei ein positiver Wachstumstrend für die Weltexporte bis zum Jahr 2025 erkennbar: Geschätzte Werte sind dabei für 2015 US\$ 1.650.276 Mio. bzw. für das Jahr 2025 US\$ 2.522.421 Mio. Die geschätzte durchschnittliche Wachstumsrate beträgt dabei 34,6% und damit etwas höher als für HS 902750.

Abbildung 17 bildet für HS 900211 (Ultraviolett- und Infrarotbestrahlungsgeräte), die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für die Jahre 2003 bis 2014 ab sowie die entsprechende Prognose bis zum Jahr 2025.

Abbildung 17: HS 900211 – Ultraviolett- und Infrarotbestrahlungsgeräte

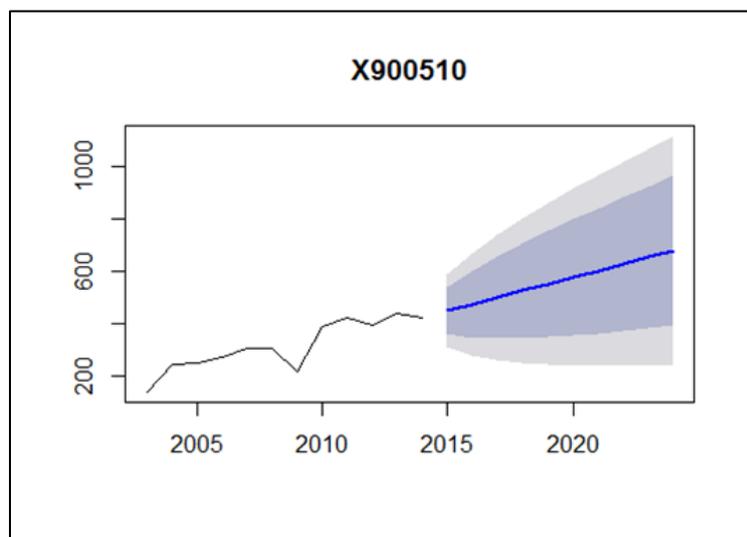


Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Es zeigt sich dabei ein positiver Wachstumstrend für die Weltexporte bis zum Jahr 2025: Geschätzte Werte sind dabei für 2015 US\$ 4.076.269 Mio. bzw. für das Jahr 2025 US\$ 5.638.296 Mio. Die geschätzte durchschnittliche Wachstumsrate beträgt dabei 27,7% und ist damit etwas geringer als bei den oben diskutierten Produkten.

Abbildung 18 präsentiert die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für Waren mit dem HS Code 900510 (Ferngläser) für die Jahre 2003 bis 2014 sowie den sich daraus ergebenden Trend bis 2025.

Abbildung 18: HS 900510 – Ferngläser

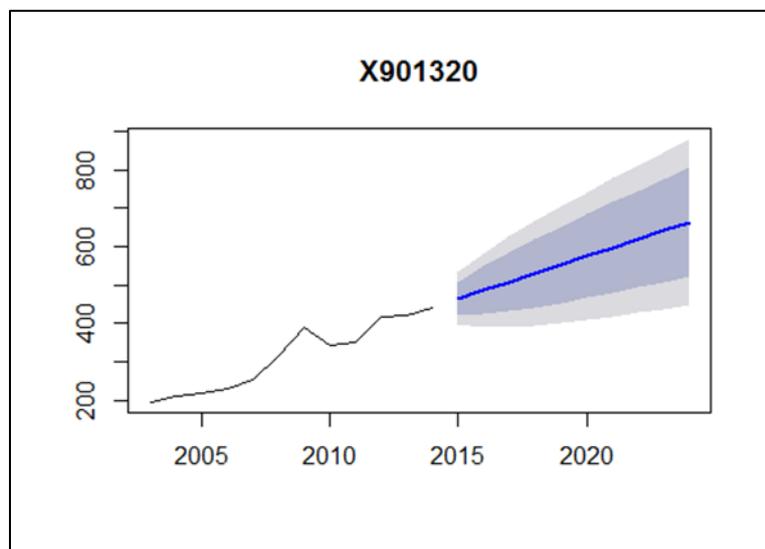


Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Es wird ein positiver Wachstumstrend für die Weltexporte bis zum Jahr 2025 klar erkennbar: Geschätzte Werte sind dabei für 2015 US\$ 4.463.998 Mio. bzw. für das Jahr 2025 US\$ 6.773.399 Mio. Die geschätzte durchschnittliche Wachstumsrate beträgt dabei 34,1% und entspricht damit in etwa jenem für HS 901820.

Abbildung 19 bildet für HS 901320 (Laser (ohne Laserdioden)), die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für die Jahre 2003 bis 2014 ab sowie die entsprechende Prognose bis zum Jahr 2025.

Abbildung 19: HS 901320 – Laser (ohne Laserdioden)

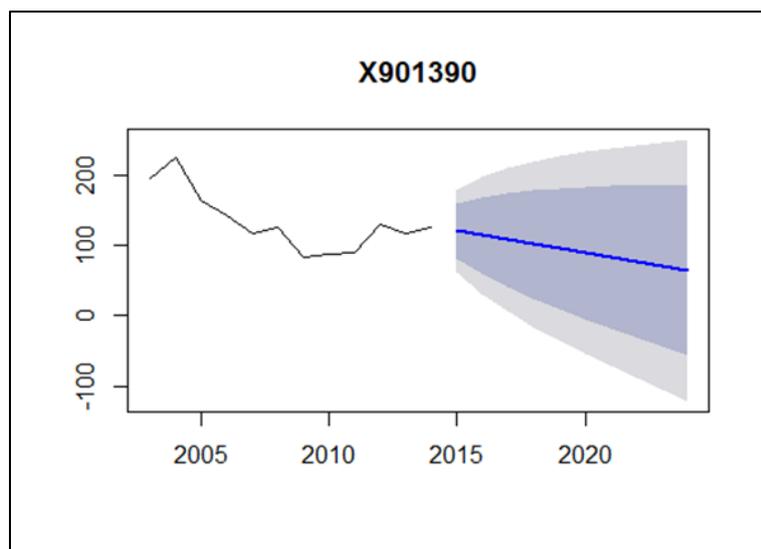


Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Es zeigt sich dabei ein deutlich positiver Wachstumstrend für die Weltexporte bis zum Jahr 2025: Geschätzte Werte sind dabei für 2015 US\$ 4.633.245 Mio. bzw. für das Jahr 2025 US\$ 6.638.244 Mio. Die geschätzte durchschnittliche Wachstumsrate beträgt dabei 30,2% und liegt damit leicht unter HS 902750.

Abbildung 20 präsentiert die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für Waren mit dem HS Code 901390 (Teile und Zubehör für Zielfernrohre, Periskope, Fernrohre, Laser) für die Jahre 2003 bis 2014 sowie den sich daraus ergebenden Trend bis 2025.

Abbildung 20: HS 901390 – Teile und Zubehör für Zielfernrohre, Periskope, Fernrohre, Laser

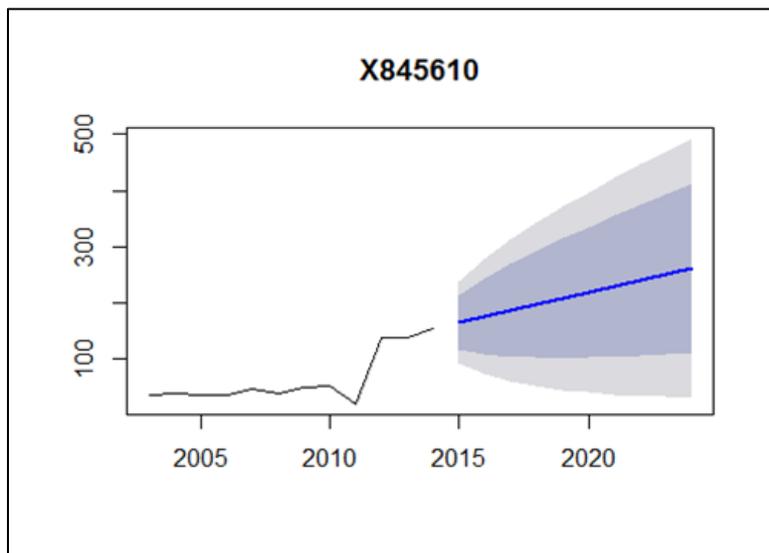


Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Es wird dabei ein negativer Wachstumstrend für die Weltexporte bis zum Jahr 2025 klar erkennbar: Geschätzte Werte sind dabei für 2015 US\$ 12.048.016 Mio. bzw. für das Jahr 2025 US\$ 6.451.702 Mio. Die geschätzte durchschnittliche Wachstumsrate beträgt dabei -86,7%.

Abbildung 21 bildet für HS 845610 (Laser-, Licht- und andere Photonenstrahlwerkzeugmaschinen), die Entwicklung der Weltexporte in Mio. US\$ für die Jahre 2003 bis 2014 ab sowie die entsprechende Prognose bis zum Jahr 2025.

Abbildung 21: HS 845610 – Laser-, Licht- und andere Photonenstrahlwerkzeugmaschinen



Quelle: COMTRADE, Berechnung JR-POL

Es zeigt sich dabei ein deutlich positiver Wachstumstrend für die Weltexporte bis zum Jahr 2025: Geschätzte Werte sind dabei für 2015 US\$ 1.650.357 Mio. bzw. für das Jahr 2025 US\$ 2.622.330 Mio. Die geschätzte durchschnittliche Wachstumsrate beträgt dabei 37,0% und liegt damit über den anderen betrachteten HS Klassen.

6.5 Resümee

- Werden die Daten zur **Handelsbilanz** von **Photonik-Produkten** von **2002 bis 2011** betrachtet, so wird deutlich, dass sich die positiven Werte für Nordamerika dramatisch vermindert haben, wohingegen **Österreich** seine im Jahr 2002 noch negative **Handelsbilanz** bis 2011 **in positive Werte verwandeln konnte**. Auch für Ostasien lässt sich zeigen, dass sich die Handelsbilanz im Bereich Photonik von 2002 bis 2011 deutlich verbessert hat.
- Werden **Spezialisierungen im Außenhandel** im intertemporalen Vergleich (2002 und 2011) analysiert, so zeigt sich, dass sowohl **Österreich** und Schweden als auch Großbritannien innerhalb des Beobachtungszeitraums ihren **Spezialisierungsgrad im Außenhandel verbessern** konnten. Nordamerika verfügt zwar auch noch für 2011 über einen positiven Spezialisierungswert, hat jedoch gegenüber 2002 deutliche Einbußen erlitten.
- Betrachtet man den **Technologieanteil in Photonik-Produkten** auf Basis der Unit-Values, so lässt sich für **Österreich** im Länder-Vergleich festhalten, dass offenbar ein **technologischer Aufholprozess** im Gange ist, der sich auch in einer positiven Entwicklung der Handelsbilanz niederschlägt.
- Zusammenfassend lässt sich für Produkte im Bereich Photonik festhalten, dass Europa (EU28) einen wachsenden Technologieanteil in seinen Exporten aufweist, die jedoch auf den internationalen Märkten vor allem einem Preiswettbewerb begegnen müssen. Die meisten europäischen Produkte weisen gegenüber den globalen Wettbewerbern keine Kostenvorteile auf. Somit kann daraus geschlossen werden, dass Europa über eine Spezialisierung in High-End-Produkte verfügt, wohingegen die globalen Märkte immer stärker von einem Preisverfall betroffen sind.

- Österreich konnte demgegenüber seine Wettbewerbsposition für Produkte im Bereich Photonik deutlich verbessern. Ein wachsender Technologieanteil in den Produkten hat einerseits dazu geführt, dass Exporte auf jenen globalen Märkten wettbewerbsfähig geworden sind, die von Qualitätswettbewerb beherrscht werden. Andererseits ist es aber auch gelungen, Kostenvorteile für Exporte in jene Märkte zu sichern, auf denen Preiswettbewerb herrscht.
- Ostasien konnte von 2000 bis 2010 seine Marktanteile im Bereich **Photonik-Patente** deutlich ausbauen. Ostasiatische Organisationen sind seit 2003 die größte Gruppe unter den Patentanmeldern und konnten diese Position seitdem immer weiter ausbauen. Ihr Marktanteil ist von 27% im Jahr 2000 auf 50% im Jahr 2010 gewachsen. Patentanmelder aus Nordamerika haben ihre führende Position eingebüßt, die sie noch in den ersten Jahren des 21. Jahrhunderts gehalten hatten. Europa hat sich bis zum Jahr 2008 deutlich besser entwickelt und konnte in diesem Jahr einen Marktanteil von 32% erreichen. In den Jahren 2009 und 2010 ist dieser Anteil jedoch auf 29% gesunken. **Österreich** konnte seine **Marktanteile** im Bereich Photonik-Patente von 2000 bis 2010 **ausbauen**.

7 Unternehmerische Bedarfslandschaft

7.1 Einleitung

Ziel dieses Kapitels ist die Darstellung der Erhebung der thematischen und strukturellen Bedürfnisse von potenziell relevanten Akteur/innen im Technologiefeld Photonik für die Anwendungsgebiete Informations- und Kommunikationstechnologien, Life Sciences & Health und Sensorik / Security. Es erfolgt in einem ersten Schritt eine Darstellung der eingesetzten Methodik (Interviews, Workshops), darauf aufbauend werden dann sowohl sektorübergreifende als auch sektorspezifische Tendenzaussagen aus der erhobenen Evidenz abgeleitet und dargestellt.

7.2 Methodische Bausteine

7.2.1 Stakeholder/innen-Mapping und Befragung

Die Erhebung der unternehmerischen Bedarfslandschaft ist als dialogischer Abstimmungsprozess mit den relevanten Stakeholder/innen im Bereich Photonik mit IKT-Bezug zu verstehen. Wesentliche Erfolgsfaktoren in diesem Stakeholder/innen-Prozess sind das gezielte individuelle Ansprechen und Instrumentalisieren von Schlüsselspieler/innen innerhalb der österreichischen Stakeholder/innen-Landschaft. Solche Schlüsselspieler/innen verfügen dabei über ein hohes Maß an Konnektivität in den relevanten nationalen Netzwerken – somit sind starke Spill-over Effekte zu erwarten. Ausgehend von einem Stakeholder/innen-Mapping wurden die Stakeholder/innen für die Potenzialerhebung im Rahmen von strukturierten Interviews angesprochen. Leitfragen waren dabei:

- Identifikation von thematischen Defiziten aus Sicht der österreichischen Stakeholder/innen in EU-Förderprogrammen, insbesondere betreffend das „Horizon 2020 Work Programme „Leadership in enabling and industrial technologies/Information and Communication Technologies“, die durch nationale Maßnahmen kompensiert werden sollten.
- Erhebung von Beteiligungsbarrieren an nationalen und europäischen Förderprogrammen.
- Identifikation von Maßnahmen zum Erfahrungsaustausch zwischen dem Sektor und Förderstellen.
- Identifikation von Defiziten hinsichtlich des Angebotes an einschlägigen nationalen Forschungsinfrastrukturen.
- Erhebung der Bedeutung von globalen Technologie-Roadmaps für den österreichischen IKT-bezogenen Photoniksektor.
- Welche Forschungsthemen haben aus österreichischer Sicht ab 2016 verstärkte Relevanz bzw. in welchen Anwendungsbereichen bestehen dann besondere Chancen?

7.2.2 Workshops zur Maßnahmen- und Themendefinition

Die Erschließung des erforderlichen Themenspektrums für zukünftige Forschungsthemen ist am sinnvollsten in der interaktiven Umgebung von gemeinsamen Workshops möglich. Solche Workshops haben sich bereits in anderen Programmgestaltungs- und Potenzialerhebungsprojekten hervorragend bewährt und sind darüber hinaus einfach zu organisieren und zu administrieren. Im Rahmen dieser Workshops wurden u.a. folgende Fragestellungen adressiert:

- Welche Forschungsthemen sind in Zukunft interessant und relevant?
- Welche Förderinstrumente sind notwendig/wünschenswert?
- Welche nichtfiskalischen Fördermaßnahmen wären wünschenswert?
- Ist in ein- oder ein zweistufiges Wettbewerbsverfahren geeigneter?
- Welche Hilfestellungen in der Vorbereitungsphase (z.B. Partnerbörse) wären notwendig?

7.3 Vorgehen

7.3.1 Interviewpartner/innen und Ablauf der Interviews

Die Interviews erfolgten mit repräsentativen Akteur/innen aus der Industrie und Forschung und wurden als halbstrukturierte Gespräche geführt. Zu diesem Zweck wurde ein Interviewleitfaden verwendet, welcher in Anhang 2 beigelegt ist. Die Eckpunkte der Firmeninterviews sind: Globale Technologie-Roadmaps und zukünftig relevante Forschungsthemen bzw. Anwendungsbereiche, thematische Defizite und Beteiligungsbarrieren in bestehenden Förderprogrammen, nationale Forschungsinfrastrukturen und Shared Facilities, nichtfiskalische Fördermaßnahmen, Bedürfnisse von KMU und Start-ups sowie Möglichkeiten zur Verbesserung des Dialogs zwischen relevanten Akteur/innen und den nationalen Förderstellen.

IKT

Als Interviewpartner/innen wurden vermehrt zentrale Leitunternehmen befragt, da diese mit F&E Projekten auf nationaler aber auch auf europäischer Ebene sehr vertraut sind und zudem bei der Erstellung von Technologie-Roadmaps involviert sind. Die F&E-Verantwortlichen der Leitunternehmen konnten ihrerseits für sie relevante Themenstellungen ansprechen und begründen. Diese sowie auch bestehende Themenkataloge wurden kritisch auf ihre Sinnhaftigkeit hinterfragt bzw. die Komplementarität von den in den Interviews neu angeführten Themenstellungen zu jenen bestehender Förderprogramme evaluiert. Als Interviewpartner/innen im Bereich Photonik für IKT konnten die folgenden drei großen Leitunternehmen gewonnen werden:

ams AG	Tobelbader Straße 30	Unterpemstätten	8141
Infineon Technologies Austria AG	Siemensstraße 2	Villach	9550
Lantiq Austria GmbH / Intel Austria	Siemensstraße 4	Villach	9550

Life Sciences & Health

Die Interviewpartner/innen im Bereich Photonik für Life Sciences & Health waren aus folgenden Firmen, wobei die Interviews bis auf die Firma Tecan GmbH, bei der die Befragung telefonisch erfolgte, im Zuge persönlicher Treffen durchgeführt wurden:

Anton Paar KG	Anton-Paar-Straße 20	Graz	8054
Attophotonics Biosciences GmbH	Hafenstrasse 47-51	Linz	4020
High Q Laser GmbH	Feldgut 9	Rankweil	6830
Tecan Austria GmbH	Untersbergstrasse 1a	Gröding	5082
Xarion GmbH	Phorusgasse 8	Wien	1040

Sensorik/Security

Es wurden Vertreter/innen aus den von den Projektdurchführenden zur Verfügung stehenden Datenbanken folgende Firmen bzw. Universitäten/Forschungsanstalten ausgewählt und für Interviews bzw. einen Workshop angefragt:

A3 PICs Electronics Development GmbH	Webergasse 18/9	Wien	1200
active photonics AG	Tiroler Straße 80	Villach	9500
Alicona Imaging GmbH	Dr.-Auner-Straße 21a	Raaba	8074
EVK DI Kerschhaggl GmbH	Josef-Krainer-Straße 35	Raaba	8074
FH Technikum Wien	Höchstädtplatz 6	Wien	1200
HUECK FOLIEN GmbH	Gewerbepark 30	Baumgartenberg	4342
i-RED Infrarot Systeme GmbH	Hafenstrasse 47-51	Linz	4020
JKU - Johannes Kepler Universität Linz	Altenbergstraße 69	Linz	4040
Kahles Gesellschaft m.b.H.	Danfoss-Straße 5	Guntramsdorf	2352
Karl-Franzens-Universität Graz	Universitätsplatz 5	Graz	8010
NanoTecCenter Weiz Forschungsgesellschaft mbH	Franz-Pichler-Straße 32	Weiz	8160
NBG Holding GmbH	Zweiländerstraße 1	Gmünd	3950
PROFACTOR GmbH	Im Stadtgut A2	Steyr	4407
QuantaRed Technologies GmbH	Columbusgasse 1-3/54	Wien	1100
RECENDT - Research Center for Non-Destructive Testing GmbH	Altenbergerstraße 69	Linz	4040
Riegl Laser Measurement Systems GmbH	Riedenburgstraße 48	Horn	3580
Sensorik Austria GmbH	Salzburgerstraße 77a	Lambach	4650
SOLA-Messwerkzeuge GmbH	Unteres Tobel 25	Götzis	6840
Swarovski Optik KG	Swarovskistrasse 70	Absam	6067
TecSense GmbH	Teslastraße 4	Grambach	8074
WILD GmbH	Wildstraße 4	Völkermarkt	9100

Aus diesem Pool hatten folgende Organisationen zugesagt, mit denen in Folge telefonische Interviews geführt wurden:

HUECK FOLIEN GmbH	Gewerbepark 30	Baumgartenberg	4342
i-RED Infrarot Systeme GmbH	Hafenstrasse 47-51	Linz	4020
Karl-Franzens-Universität Graz	Universitätsplatz 5	Graz	8010
PROFACTOR GmbH	Im Stadtgut A2	Steyr	4407
QuantaRed Technologies GmbH	Columbusgasse 1-3/54	Wien	1100
RECENDT - Research Center for Non-Destructive Testing GmbH	Altenbergerstraße 69	Linz	4040
Swarovski Optik KG	Swarovskistrasse 70	Absam	6067
TecSense GmbH	Teslastraße 4	Grambach	8074
WILD GmbH	Wildstraße 4	Völkermarkt	9100

7.3.2 Workshop Teilnehmer/innen und Ablauf der Workshops

Zusätzlich zu den Firmeninterviews wurden Workshops mit Vertreter/innen von Firmen und Forschungseinrichtungen durchgeführt. Diese moderierten Workshops, zu denen über mehrere Informationskanäle eingeladen wurde, adressierten dabei die gesamte Akteurslandschaft im jeweiligen Technologiefeld. Die ausgewählten Stakeholder/innen stammen primär aus der Industrie, sind aber

auch im akademischen und außeruniversitären Forschungskreis zu finden. Vertreter/innen der Behörden wurden ebenso eingeladen.

Der Workshop zum Themenblock Photonik für IKT wurde im Zuge der nationalen ICT Week „Imagine bits of tomorrow“ abgehalten⁸⁸. Einer kurzen Einführung in die Thematik folgten vier facettenreiche Impulsreferate (optoelektronische Integrationstechnologie, 5G, hybride Kupfer-Glasfasernetze und faserbasierte Breitbandtechnologie) von Seiten der Industrie. Den Referaten folgte eine kurze Diskussionsrunde. Der eigentliche Workshop wurde anschließend mit einer Zusammenfassung der Experten/inneninterviews eröffnet. Themen wurden dann mittels Kärtchenmethode gesammelt und einer Clusterung unterzogen.

Die teilnehmenden Organisationen des Workshops zum Themenblock Photonik für IKT waren:

ams AG	Tobelbader Straße 30	Unterpremstätten	8141
Infineon Technologies Austria AG	Siemensstraße 2	Villach	9550
Energie AG Oberösterreich Data GmbH	Böhmerwaldstraße 3	Linz	4021
Lantiq Austria GmbH / Intel Austria	Siemensstraße 4	Villach	9550
Zumtobel Group AG	Höchststraße 8	Dornbirn	6850
Technische Universität Wien	Karlsplatz 13	Wien	1040
Technische Universität Graz	Rechbauerstraße 12	Graz	8010
Karl-Franzens-Universität Graz	Universitätsplatz 5	Graz	8010
AIT Austrian Institute of Technology GmbH	Donau-City-Straße 1	Wien	1220
FTW Forschungszentrum Telekommunikation Wien GmbH	Donau-City-Straße 1	Wien	1220
Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH	Leonhardstraße 59	Graz	8010
FH Technikum Wien	Höchstplatz 6	Wien	1200
Stadt Wien, Magistratsdirektion, Gruppe Prozessmanagement und IKT-Strategie	Rathausstraße 8	Wien	1010

Der Workshop zum Thema Photonik für Life Sciences & Health wurde am 2. Juli 2015 durchgeführt. Es nahmen folgende Firmen und F&E-Einrichtungen teil:

ACMIT GmbH - Austrian Center for Medical Innovation and Technology	Webergasse 18/9	Wien	1200
ams AG	Tobelbader Straße 30	Unterpremstätten	8141
CTR Carinthian Tech Research AG	Europastraße 4	Villach	9524
High Q Laser GmbH	Feldgut 9	Rankweil	6830
Human.technology Styria GmbH	Reininghausstraße 13	Graz	8020
IN-VISION Digital Imaging Optics GmbH	Industriestraße 9	Guntramsdorf	2353
Medizinische Universität Wien, Zentrum für medizinische Physik und biomedizinische Technik	Währinger Gürtel 18-20	Wien	1090
Payer Medical GmbH	Reiteregg 6	St. Bartholomä	8151

Die Firmen ams AG und High Q Laser waren via Audioschaltung in die Veranstaltung eingebunden.

Im Rahmen des Workshops wurden zwei Gruppenarbeiten durchgeführt. In der ersten Gruppenarbeit mit dem Titel „Zukünftige Photonik-Forschungsthemen für den Innovationsstandort Österreich“ wurden die Teilnehmer zur Nennung von relevanten Forschungsthemen aus deren Bereichen

⁸⁸ *Imagine bits of tomorrow* 2015, Workshop „Photonik als Key Enabler moderner Breitbandtechnologie“, abgehalten am 9. Juni 2015, am BMVIT, Radetzkystraße 2, 1030 Wien.

Siehe: <http://www.imagine-bits.at/events.html>

aufgefordert und der Versuch einer thematischen Gruppierung der gebrachten Vorschläge unternommen. In der zweiten Gruppenarbeit mit dem Titel "Identifizieren von Defiziten/Verbesserungspotentialen in der österr. Forschungs- & Innovations-Förderlandschaft" wurden von den Teilnehmern strukturelle Aspekte der österreichischen Forschungsförderung diskutiert.

7.4 Sektorübergreifende Tendenzaussagen

► Administrative Beteiligungsbarrieren

Als administrative Beteiligungsbarriere wird die zu aufwendige Abwicklung von geförderten Projekten gesehen, die vor allem durch die zu detaillierte Tätigkeitsdarstellung mit auf Tagesebene, welche einen erheblichen Aufwand für Fördernehmer bedingt, und ein „überzogenes“ Controlling und Berichtswesen begründet wird. Solche Barrieren finden sich z.B. in den themenspezifischen Förderprogrammen IKT der Zukunft oder Produktion der Zukunft. Die administrative Belastung wirkt konkret als Barriere für Leitunternehmen, um an kleineren Projekten mit Volumina von bis zu 300 k€ teilzunehmen. Das von der EU implementierte Berichts- und Abrechnungssystem wird als zeitgemäß angesehen und gegenüber jenem aus Österreich bevorzugt. Finanzprüfung und Anspruchsvoraussetzungen von transnationalen Programmen sollten idealerweise auf nationaler und europäischer Ebene möglichst einheitlich sein, was nicht immer der Fall ist.

Hilfestellungen in der Vorbereitungsphase werden grundsätzlich ausreichend angeboten und werden auch genutzt, z.B. der Pre-Proposal-Check oder die Partnerbörse für KMUs. Viele KMUs sehen sich jedoch mit einem hohen administrativen Aufwand konfrontiert, welcher Projekteinreichungen unattraktiv macht.

► Planbarer Budgetrahmen

Auch die Planbarkeit sollte gewährleistet sein. Bei manchen Programmen (JTI oder auch rein national) ist es vereinzelt vorgekommen, dass sich die Förderrate nach Projekteinreichung ändert bzw. das Vorhaben in eine Klasse mit geringer Förderrate eingestuft wird. Dies erschwert für Unternehmen die Planbarkeit von längerfristigen oder riskanteren Produktentwicklungen außerhalb des primären Geschäftsfeldes, da solche mit Förderungen gemäß dem Basisprogramm der FFG oder mit ähnlicher Förderrate nicht immer als attraktiv erachtet werden. Bei KMUs besteht das Problem der Anschubfinanzierung bzw. der Ausfinanzierung der Förderlücke, die von einem Start-up nur schwer überbrückt werden kann.

► Projektantragsphase und Evaluierung

Zwingende Vorgaben zur Sprache des Projektantrages werden dann als sehr unangenehm empfunden, wenn es die Verwendung technologischer Terminologie erschwert und zudem den Kreis an Evaluator/innen einschränkt. Ein Beispiel hierfür waren vergangene Ausschreibungen der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“, bei welcher eine Projekteinreichung auf Deutsch vorgegeben war. Bei der Evaluierung ist zu bemerken, dass auf EU-Ebene die Selektion der Begutachter als professionell empfunden wird. National wird dies als unbefriedigender empfunden. Urteile von universitätsnahen Begutachtern zu Wirtschaftsplänen werden als nicht zielführend angesehen.

Das Risiko der erfolglosen Projekteinreichung könnte laut Unternehmen dadurch reduziert werden, dass sowohl bei europäischen als auch bei nationalen Projekteinreichungen ein zweistufiges Verfahren

eingesetzt wird. Der typische Aufwand pro erstellten Projektantrag beläuft sich auf ca. 2 Personenmonate. Auf EU-Ebene liegt im Photonik-Bereich die Schwelle für Projektannahmen bei 14 von 15 möglichen Punkten. Mit dieser Schwelle werden rund 90-95% der Projektanträge abgelehnt, was in einem höchst inflationären Antragswesen resultiert, da hier viele technologisch sehr gut fundierte Projekte mit vielversprechendem Verwertungspfad nicht berücksichtigt werden können. Obwohl die Situation national nicht derart ungünstig zu liegen kommt, würde ein zweistufiges Antragsverfahren dennoch den Aufwand von Projekteinreichungen für Unternehmen überschaubarer gestalten.

Die Projektantragsformalitäten für Förderinstrumente mit geringem Volumen (z.B. Sondierungen mit typischerweise kleinen Budgets von 100 k€) werden als zu umfangreich angesehen, da das Projektantragsformular in Bezug auf die Details weitgehend jenem herkömmlicher kooperativer Projekte entspricht.

► **Förderinstrumente**, welche in bestehenden Programmen angeboten werden, decken den Bedarf auf nationaler Ebene gut ab. Bevorzugt werden vor allem kooperative Projekte und Leuchtturmprojekte. Pilotlinien und Ausbildungsprogramme werden ebenso als wichtig erachtet. Der Output von Pilotlinien sollte laut Unternehmen dabei nicht rein auf Patenten beruhen, sondern auch den ersten Schritt zur Produktion beinhalten. Da nationale Pilotlinien jedoch eine größere Budgetsumme verschlingen würden, wird eine Unterstützung von transnationalen Pilotlinien (z.B. ECSEL) als zielführender erachtet. Ausbildungsprogramme eignen sich vorrangig für das mehrjährige Doktorat, da ansonsten der administrative Aufwand die Förderung zu verschlingen droht. Ein Modell, welches hier ebenso als attraktiv angesehen wird, ist das ITN des FP7 Marie-Curie Programms.

Sondierungen als einjährige Forschungsvehikel finden bei der Industrie wenig Anklang. Dies ist vor allem mit der reduzierten Effizienz von einjährigen Projekten begründet, welche durch die lange Ramp-Up Phase bei Technologieentwicklung im Photonik- und Elektronikbereich gegeben ist. Akademische und außer-universitäre Forschungseinrichtungen begrüßen jedenfalls Sondierungen, da hier äußerst innovative Ansätze einem Proof-of-Concept unterzogen werden können, anstelle diese nur mit geringer Intensität am Rande zu betreiben.

7.5 Sektorspezifische Tendenzaussagen

7.5.1 Photonik für IKT

Konsolidierte Themenlandschaft⁸⁹

Die nationale Themenlandschaft orientiert sich sehr stark am komponentenorientierten Schwerpunkt der Wertschöpfungskette. Hier ist vor allem das Zusammenspiel von multiplen Schlüsseltechnologien, insbesondere der Photonik und Elektronik, eine zentrale Rolle. Die Kointegration von optoelektronischen Technologien für Detektoren und Modulatoren aber auch die Kopplung an Medien (z.B. Glasfaser) sind hier zu nennen. Rein passiv-optische Komponenten auf Basis von Leiterplatten (PCB) oder planare Lichtwellenschaltungen sowie Technologien für optoelektronische mikro-elektromechanische Systeme (MEMS) sind weitere Themen von Interesse.

Auf Systemebene ist vor allem die Verschmelzung von Photonik mit Mobilfunk im Hinblick auf 5G zu nennen, sowie ebenso rein optische Freiraumübertragung – wobei der industrielle Schwerpunkt auf

⁸⁹ Die konsolidierte Themenlandschaft ist das Ergebnis der Clusterung der Themen die sowohl in den Interviews als auch im Workshop genannt worden sind.

Ersterem liegt. Ebenso spielt die Interaktion von kupferbasierter Übertragungstechnologie (VDSL, G.fast) mit Photonik eine Rolle.

Auf Netzwerk- und Applikationsebene wäre ein Demonstrator zu einem Smart-City Environment erwünscht, welcher ebenso zur technologischen Integration von Sensorik und Bereitstellung von einer Vielzahl an Diensten für den Endnutzer dient. Solche Umgebungen wurden im Zuge von nationalen 5G-Initiativen im vergangenen Jahr in fast jedem EU Staat etabliert und dienen zur Evaluierung von photonischen und elektronischen IKT Prototypen⁹⁰. In Österreich gibt es derzeit keine derartige Umgebung.

Tabelle 7: Konsolidierte Themenlandschaft für den Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien

Components Level	Systems Level	Network Level / Applications
Optical circuit technology for large-scale interconnects, optical interconnects, optical interposer. Silicon photonics (data transmission, signal generation, signal detection) Photonic and photonic / electronic co-integration (photonic signal processing, I/O).	Converged optical / wireless systems for mobile communications supported by photonics. Optical front- and backhaul for cellular networks.	Larger-scale demonstrator (5G + optics) + applications (Healthcare and smart telemedicine)
Interfaces between photonic components and electronics / fibers On-chip light sources	5G and high-speed interfaces electrical/optical (from baseband to up-converted at antenna)	Smart city (communications and sensing)
Optical waveguides on PCBs (signal transmission, sensors)	Hybrid RF+optic / fiber-copper systems Fiber-to-the-X ⁹¹ and last mile access	Energy-efficient communication systems and networks, green photonics
Miniaturisation of optical & optoelectronic devices for cost- and energy-effective solutions	Optical wireless communications connecting rural areas Visible light communications for short-reach applications	Network functions virtualisation: components & interfaces
Passive optical components, planar lightwave circuits		Secure communications
Electro-optic MEMS technology		
Cheap and accurate infrared detectors and photodetector arrays Optical sensors (3D, gesture) and sensor interfaces		
Querschnittsthemen: Rigorose und Systematische Entwurfsmethoden (speziell bei technologie-übergreifenden Themen, z.B. Photonik und Hochfrequenztechnologie)		

Quelle: Eigene Erhebungen

Diese Sammlung überlappt sich thematisch mit den mehrjährigen Roadmaps der ETP Photonics²¹ sowie jener von Nanophotonics Europe. Zudem spiegeln sich angrenzende Thematiken in Richtung

⁹⁰ "5G Experimental Facilities in Europe", NetWorld 2020 ETP, White Paper, Version 10 / Jan. 2016.

⁹¹ Fiber to the x (FTTx) ist eine generische Bezeichnung für eine breitbandige Zugangstechnik mit Lichtwellenleitern.

Mikroelektronik auch in der Roadmap des JU ECSEL wider, welche teilweise durch die ETP EPoSS motiviert ist. Industrieunternehmen geben an, dass diese europäischen Roadmaps aber auch internationale Roadmaps wie etwas jene der Halbleitertechnik (ITRS) Bedeutung finden.

► Thematische Beteiligungsbarrieren

Thematische Ausschreibungen auf europäischer Ebene beinhalten aufgrund des stark inflationären Antragswesens weniger Unterthemen, um diese „intensiver“ zu betreiben. So wird z.B. in der IKT Konfiguration des H2020-Arbeitsprogramms zum Photonics KET nur mehr ein einziges Thema pro (jährlicher) Ausschreibung bewirtschaftet. Dieses Thema wird nicht gemäß einer Strategie definiert sondern durch die dahinterstehenden industriellen Technologieplattformen. Es ist daher zwingend erforderlich, nationale Player zu mobilisieren und so eine österreichische Beteiligung bei den einschlägigen europäischen Technologieplattformen (Photonics21, NetWorld2020, EPoSS) zu unterstützen und national ausgeprägte Themen einer Förderung zuzuführen.

Eine Alternative, um der Zwangsweste von sehr fokussierten thematischen IKT Ausschreibungen zu entgehen, wären themenfreie Ausschreibungen. Da auf EU Ebene im Zuge des LEIT Programmes themenoffene Ausschreibungen fehlen, sehen sich viele nationale Unternehmen mit einer unbefriedigenden Situation konfrontiert. Speziell für Unternehmen, die sich auf Nischenapplikationen spezialisieren, besteht erschwelter Zugang zu europäischen Fördermitteln.

Kontinuierliche themenoffene Förderung wird von Unternehmen als besonders relevant angesehen, da manche Zukunftstechnologien eine entsprechende F&E-Vorlaufzeit benötigen. Als Beispiel sei hier 5G als nächste Generation zur Kommunikationstechnologie genannt. Hier ist es aufgrund der neuartigen wegbereitenden Konzepte bereits weit vor der eigentlichen Markteinführung erforderlich, neue Technologieprozesse zu erforschen, um 2020 die ersten Produkte vermarkten zu können. In Bezug auf die gewünschte themenoffene Ausrichtung von (trans-)nationalen Förderprogrammen sind diese zu sehr eingeschränkt. Die JTI ECSEL, bei welcher auch Österreich kräftig beteiligt ist, behandelt zentral elektronische Themen und sieht Photonik explizit nicht vor. Als weiteres Beispiel sei die nationale FTI-Initiative „IKT der Zukunft“ angeführt. Dieser ist Photonik gemäß der Schnittstellen-Thematik zu Kommunikationstechnologie sehr treffend zuzuordnen, obwohl das zugehörige Schlagwort „Interoperabilität gewährleisten“ zur Bezeichnung des besagten Themenfeldes bereits wieder zu stark einschränkt, da die Problematik der Interoperabilität nur ein Seitenthema sein sollte. Im Zuge dieser FTI-Initiative wurden seit Einführung im Jahr 2012 insgesamt 60% der zur Verfügung stehenden Budgetmittel für die zwei Schwerpunktfelder „IKT für Produktion“ und „IKT für Energiesysteme“ reserviert; themenoffenen Anwendungsfeldern kommt somit eine untergeordnete Bedeutung zu. Die Ausschreibung 2014 sieht mindestens 74% für die zwei Schwerpunktfelder (Produktion und Energiesysteme) vor, wobei dem themenoffenen Budget, welchem maximal 26% des Gesamtbudgets zukommen, ein weiteres IT-lastiges Thema (speziell Erdbeobachtung in Zusammenhang mit Big-Data Verarbeitung) explizit zugerechnet wird. Unternehmen, die nicht auf Produktion oder Energiesysteme abzielen, erfahren dadurch keine kontinuierliche, themenfreie Fördermöglichkeit und sind vom industrienahen österreichischen IKT-Programm dadurch abgeschnitten. Zudem ist anzumerken, dass speziell bei dieser IKT-relevanten FTI-Initiative Hardware-nahe Projekte (gemäß dem Themenfeld D von IKT der Zukunft) unterrepräsentiert sind: lediglich 2 von 26 (oder 7,7%) der geförderten Projekte der Ausschreibung 2013 (einzige Ausschreibung mit klar ausgewiesener Themenzuordnung) beschäftigen sich mit der „Schnittstellen“-Problematik, welcher Hardware-orientierte Forschung hauptsächlich zugeordnet ist. Der enge Bezug des Themenfeldes mit dem Begriff „Interoperabilität“ ist hier nicht sehr förderlich, da aktuelle

forschungs-relevante Vorhaben in Bezug auf technologische Konvergenz (z.B. Photonik mit Wireless) mit geringerer Priorität angesehen werden. Darunter leiden sämtliche photonikrelevante Vorhaben. Die vorhergehende FTI-Initiative „FIT-IT“ wird in diesem Zusammenhang als „passender“ eingestuft. Ein weiteres Merkmal von EU-Förderschienen ist der Wandel von einer Vielzahl an klassischen STREPs zu wenigen größeren Verbundprojekten im PPP-Schema. Zudem sind bei manchen Programmlinien, wie etwa zu 5G, diese Projekte auf eine kürzere Laufzeit von 24 Monaten ausgelegt. Dies bedeutet, dass Technologieentwicklungen nicht mehr auf europäischer Ebene initiiert werden, sondern dass Technologie bereits in das Projekt eingebracht wird; d.h., die eigentliche F&E muss daher schon zuvor auf nationaler Basis erfolgen.

► Zugang zu High-End F&E-Infrastruktur

Photonik-orientierte Produktentwicklung durch technologie-orientierte Unternehmen, welche sich an die Grenzen des aktuellen Wissensstandes heranwagt (z.B. Nanostrukturen oder hohe Frequenzen), erfordert präzise Entwicklungs- und Testumgebungen. Zudem ist die damit verbundene Technologieentwicklung nicht rein auf den Bereich der Photonik abzugrenzen. Es sind häufig mehrere Kompetenzen erforderlich, um ein technologisch komplexeres Produkt zu entwickeln. Als Beispiel sei hier das Zusammenspiel von Elektronik und Photonik genannt, welchem im Anwendungsfeld der IKT speziell mit der Einführung von neuen Netzgenerationen (z.B. 5G) ein hoher Stellenwert beigemessen wird. Einem Unternehmen, welches rein auf ein Technologiefeld spezialisiert ist, fehlt hier der Zugang zu Produktions-, Mess- oder Testumgebungen für Produkte, welche unter dem Einsatz mehrerer Technologien gewonnen wurde. Dies trifft sowohl auf Unternehmen mit Schwerpunkt Photonik als auch auf Unternehmen, deren Kerngeschäft ein der Photonik verwandtes Technologiefeld ist, zu. Prominente aktuelle Beispiele sind hier vor allem bei Unternehmen zu finden, welche sich mit Chiptechnologie beschäftigen und als Komponentenanbieter tätig sind. Es sind hier einerseits technologie-nahe Spezialmessungen (z.B. Wafer-Probing zwecks Fehleranalyse) notwendig und andererseits Testumgebungen auf System- (z.B. Performance von einzelnen Komponenten) und Netzwerkebene (z.B. End-to-End Performance und Interoperabilität im realen Umfeld). Erschwerend wirkt hier vor allem der finanzielle Aufwand, um Einrichtungen für Produktion, Charakterisierung und Testen von technologischen Entwicklungen bereit zu stellen. Typische Geräte sind hier sehr kostspielig (ab 100 k€) und vor allem für (junge) KMUs nicht wirtschaftlich bzw. mit zu hohem Risiko verbunden. Selbst Leitunternehmen, welche eine Exploration in Themengebieten durchführen, die das Kerngeschäft lediglich peripher tangieren, sind davon betroffen. Hier wird ein rascher Zugang benötigt, um einzelne Prototypen oder Testchips für eine Konzeptprüfung zu charakterisieren.

► Verlust an nationaler Wissensbasis im Bereich der IKT-bezogenen Photonik

Unternehmen verzeichnen eine zu geringe Anzahl an Studienabgänger/innen im Bereich der technischen Studien, die mit IKT-bezogener Photonik in engem Zusammenhang stehen. Dies zeigen vor allem Statistiken der österreichischen Universitäten, z.B. jene der Technischen Universität Wien⁹²: An der TU Wien verzeichneten die Masterstudien in den Studienrichtungen Nachrichtentechnik und Mikroelektronik (diesen sind Aktivitäten im Bereich der Photonik zugeordnet), im Zeitraum von 1992 bis 1995 im Mittel insgesamt 73 Absolvent/innen/Jahr. Diese Zahl stieg (vermutlich durch die Dotcom-Blase bedingt) auf durchschnittlich 112 Absolventen/Jahr in den Jahren 2002-05 und fiel bis zum Zeitraum 2013-14 auf einen Wert von durchschnittlich 54 Absolventen/Jahr. Da es jedoch keinen

⁹² Vgl. Technische Universität Wien, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, , Statistik 2013-14. „Abschlüsse im Studium der Elektrotechnik an der TU Wien“.

speziellen photonikorientierten Studiengang gibt, teilt sich diese bereits niedrige Anzahl an Absolventen jedoch nochmals auf mehrere Technologiebereiche auf, wie z.B. Halbleitertechnologie, Mobilfunk und letztendlich auch Photonik. Ein ähnlich strukturiertes Studienangebot findet sich ebenso an anderen heimischen technischen Universitäten, z.B. an der TU Graz. Fachhochschulen greifen das Thema Photonik rascher auf. Es gibt hier bereits gezielte Angebote an Studierende (z.B. in Wien und Vorarlberg).

Industrieunternehmen geben an, aufgrund des Mangels an heimischen Studierenden zunehmend Absolvent/innen aus den Nachbarstaaten zu beschäftigen. Es wird ebenso nahegelegt, durch Sichtbarkeit auf politischer Ebene die Attraktivität von IKT zu erhöhen und so die nächste Generation zu technischen Studien zu bewegen. Die nationale Breitbandinitiative bietet hierfür eine große Chance, um nationale F&E-Aktivität im Zuge eines Themas, welches dem Endnutzer sehr nahe liegt und das tägliche Leben maßgeblich mitgestaltet, der Öffentlichkeit darzulegen bzw. diese gegebenenfalls auch in geförderte Test- und Evaluierungsumgebungen einzubinden.

7.5.2 Photonik für Life Sciences & Health

Im Folgenden wird ein kurzer Querschnitt aus verschiedenen Strategiepapieren gegeben, der die Einschätzung der Relevanz von Photonik für Life Sciences & Health im internationalen Vergleich verdeutlichen soll:

Nanophotonics Europe Association, „*Nanophotonics – a Forward Look*“⁹³: Von den sieben „Highlighted Applications of Nanophotonics“ beziehen sich drei Gebiete (Nano-engineered materials, nanoscale functional imaging and spectroscopy, chemical/biosensors) maßgeblich auf medizintechnische Anwendungen.

Electronic Components and Systems for European Leadership (ECSEL) Joint Undertaking, „*2015 Multi Annual Strategic Research and Innovation Agenda for the ECSEL Joint Undertaking – MASRIA 2015*“⁹⁴: Smart Health wird als eine der fünf Hauptanwendungsfelder von elektronischen Komponenten, die auch photonische miteinschließen, genannt.

European Technology Platform Photonics21, Second Strategic Research Agenda „*Lighting the way ahead*“⁹⁵: Life Sciences & Health stellt eines der vier zentralen Anwendungsfelder für photonische Technologien dar.

*Förderprogramm "Photonik Forschung Deutschland – Licht mit Zukunft"*⁹⁶: Biophotonik wird als einer von vier Wachstumsmärkten genannt und der Life Sciences-Bereich als einer der sechs wesentlichen Säulen zur Lösung der gesellschaftlichen Herausforderungen gesehen. Im Rahmen dieses Förderprogramms veröffentlichte das Deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung am 11. Dezember 2015 eine neue Ausschreibung zum Thema „Photonische Systemlösungen für Medizin und Biotechnologie“⁹⁷.

⁹³ <http://www.nanophotonicseurope.org/index.php/publications/82-nanophotonics-a-forward-look2012>

⁹⁴ <http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/2015%20ECSEL%20MASRIA.pdf>

⁹⁵ http://www.photonics21.org/download/SRA_2010.pdf

⁹⁶ http://www.photonikforschung.de/fileadmin/MEDIENDATENBANK/Dokumente/Broschueren/BMBF_Photonik_Forschung_Deutschland_final_1.pdf

⁹⁷ <http://www.photonikforschung.de/photonische-systemloesungen-fuer-die-medizin-und-biotechnologie/>

*National Photonics Initiative*⁹⁸, USA: Healthcare & Medicine nimmt die Rolle als eine der fünf Hauptanwendungsgebiete für photonische Technologien – neben Sicherheit, Energie, Fertigung und Informationstechnologie – ein.

*Optoelectronics Industry and Technology Development Association (OITDA)*⁹⁹, Japan: *Optoelectronics Technology Roadmaps*: In den Jahren 2011 bis 2015 erarbeitete die Vereinigung der japanischen Optoelektronikindustrie und Technologieentwicklung Technologie-Roadmaps für fünf große Bereiche. In der im Jahr 2013 veröffentlichten „*Optical User Interface Technology Roadmap*“¹⁰⁰ nimmt das Thema medizinische Diagnostik und Versorgung ein zentrales Thema ein.

Zu beachten ist dabei, dass auf europäischer Ebene im Rahmen von H2020 (und zuvor bereits in FP7) der thematische Bogen von ICT auch Life Sciences & Health-Aspekte umspannt. So beinhaltet das H2020-Arbeitsprogramm 2014-2015 „LEIT – Information and Communication Technologies“ in den Schwerpunkten ICT-2 Smart System Integration, ICT-26 Photonics KET und ICT-28 Cross-cutting ICT KETs medizinische Anwendungen unter Verwendung photonischer Technologien. Auch im aktuellen Entwurf für das LEIT Arbeitsprogramm 2016-2017 sind Life-Sciences & Health Anwendungen in mehreren Schwerpunkten vertreten: ICT-03-2016: SSI – Smart System Integration, ICT-29-2016: Photonics KET 2016 & ICT-30-2017: Photonics KET 2017 – Biophotonics: advancing imaging for in-depth disease diagnosis. Auf österreichischer Ebene wurden hingegen Life Sciences & Health-Aspekte bisher nicht berücksichtigt.

Sowohl die Anwendungen als auch die sich daraus ergebenden Einsatzmöglichkeiten photonischer Technologien sind mannigfaltig. Entsprechend divers sind auch die Aktivitätsfelder der Akteur/innen, wobei sich die einzelnen Akteur/innen thematisch jeweils in relativ engen Bereichen bewegen. Die Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten photonischer Technologien spiegelt sich auch in den Schlagwörtern wider, die in den Einzelinterviews sowie im Workshop von den Akteur/innen als innovationsträchtige Themengebiete für zukünftige F&E-Aktivitäten genannt wurden. Abbildung 22 stellt die genannten Schlagworte in Form einer konsolidierten Themenlandschaft für den Bereich „Photonik für Life Sciences & Health“ dar, wobei versucht wurde, diese Schlagworte entlang der medizinischen Versorgungskette „Vermeiden – Erkennen – Heilen“ anzuordnen und in thematisch verwandten Gebieten zu gruppieren. Zusätzlich werden unterstützende Querschnittstechnologien und Aspekte angeführt, die in allen drei Stufen von Relevanz sein können. Eine weitere Unterscheidung von photonischen Technologien, die in der reinen medizinischen Forschung zum Einsatz kommen können, wurde nicht vorgenommen, da die meisten dieser Technologien auch in der Diagnostik verwendet werden und somit in der Darstellung unter „Erkennen“ subsumiert sind. Die Schlagworte repräsentieren zum einen Parameter (orange Kästchen), die mittels photonischer Konzepte nicht-invasiv oder minimal invasiv bestimmt werden sollten, zum anderen potentielle Anwendungsfelder für photonische Technologien sowie für die Medizintechnik relevante photonische Technologien und Methoden (gelbe Kästchen).

Sowohl aus dieser Übersicht als auch – und vor allem – aus den Stellungnahmen der Interviewpartner/innen sowie der Personen, die am Workshop teilgenommen haben, ist ableitbar, dass hinsichtlich zukünftiger österreichischer Forschungsförderungsprogramme eine Fokussierung auf einzelne, eng definierte Themen nicht zielführend wäre. Der einheitliche Tenor der befragten Akteur/innen war, dass eine Photonik-Förderung im Anwendungsbereich Life Sciences & Health sehr wünschenswert, eine detailliertere Themenvorgabe aber kontraproduktiv wäre. So wurden als

⁹⁸ <http://www.lightourfuture.org/home/importance-of-light/technologies/>

⁹⁹ <http://www.oitda.or.jp/index-e.html>

¹⁰⁰ <http://www.oitda.or.jp/main/ar/atr2013.pdf>

mögliche anwendungsspezifische Abgrenzung Schlagworte wie „Photonik für Life Sciences & Health-Anwendungen“, „Photonik für die Medizintechnik & biomedizinische Anwendungen“ vorgeschlagen. Eine Fokussierung der Ausschreibungen in diesem Anwendungsbereich wäre allenfalls noch auf gewisse Teilbereiche denkbar. Hierbei wurden „patientennahe Diagnostik (Point-of-care (POC) diagnostics)“, „Mobile Health & Nicht-invasive Methoden“ genannt.

► Thematische Beteiligungsbarrieren

Bemängelt wurde von den befragten Akteur/innen, dass es in den vergangenen Jahren generell keine Ausschreibungen gab, die eine Anwendung in diesem Bereich zugelassen hätte, wodurch entsprechende Projekte an der Schnittstelle zwischen Technik und Lebenswissenschaften ausschließlich über das FFG-Basisprogramm möglich waren. Die Basisprogramme haben aber für manche KMU deutlich an Attraktivität verloren, da vor geraumer Zeit die Anschlussfinanzierung auf Landesebene zum Teil weggefallen bzw. durch eine Kreditvergabe ersetzt wurde¹⁰¹. Der Vergabe von Krediten wird einhellig als nicht probates Mittel für die Forschungsförderung gesehen. Als positives Beispiel und Vorbild für eine mögliche zukünftige Photonik-Förderschiene wurde hingegen von mehreren Akteur/innen die Österreichische NANO-Initiative genannt. Als positiver Aspekt der Österreichischen NANO-Initiative wurde insbesondere die thematische Breite innerhalb des übergeordneten Themenbereichs Nanotechnologie bei gleichzeitig attraktiven Förderkonditionen für Firmenpartner genannt. Klar wurde der Wunsch formuliert, dass zukünftig bevorzugt hardwareorientierte technologische Forschungs- und Entwicklungsvorhaben gefördert werden sollten und softwarelastige Entwicklungen deutlich weniger im Vordergrund stehen sollten.

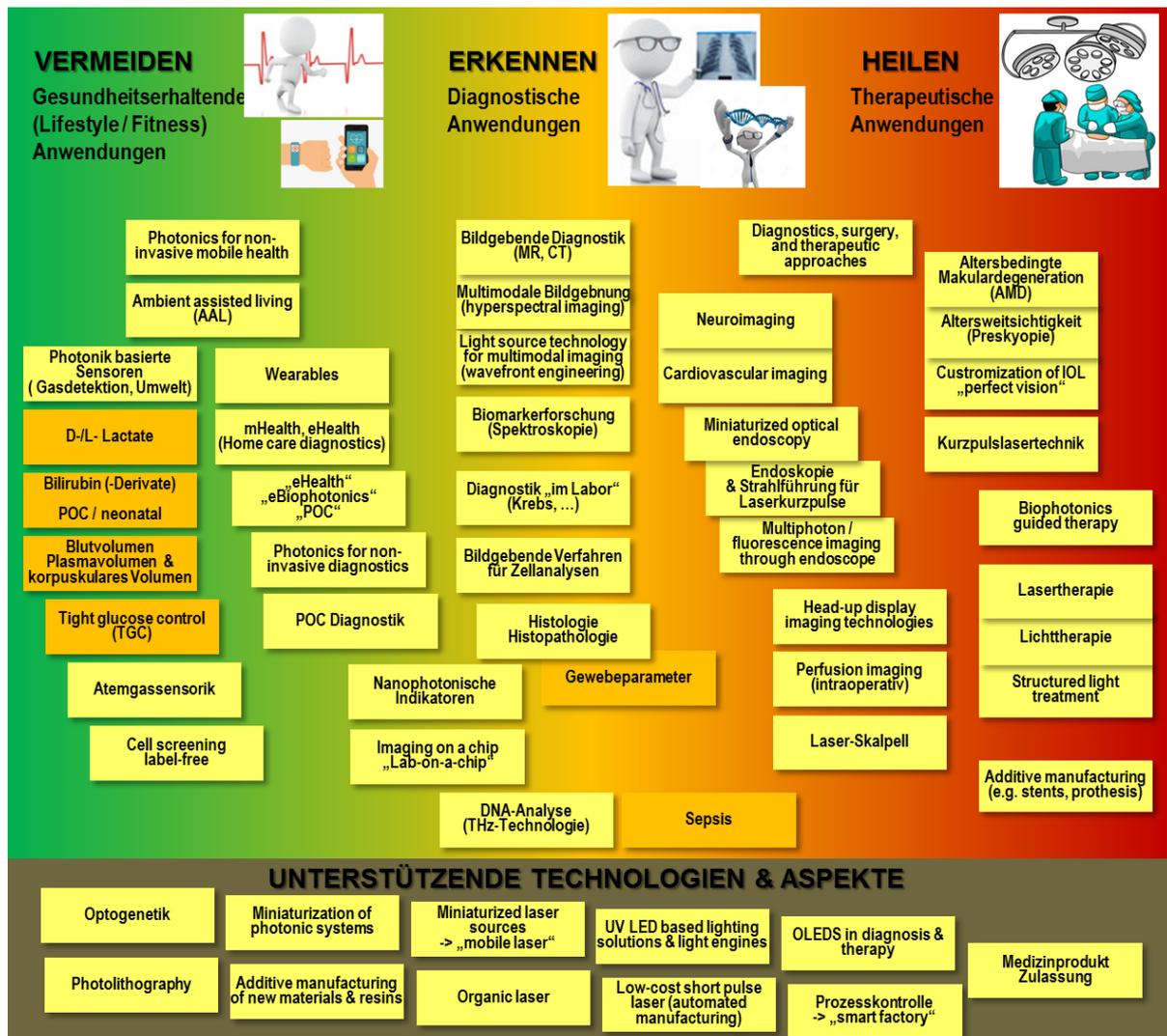
Ein weiteres Indiz für die Wichtigkeit von thematischen Förderungen an der Schnittstelle zwischen Technik und Lebenswissenschaften bzw. Gesundheitsanwendungen ist einer aktuellen FFG-Analyse¹⁰² der erfolgreichen österreichischen Beteiligungen an H2020-Projekten im Bereich der verschiedenen gesellschaftlichen Herausforderungen (Säule 3 des H2020-Programms). Aus Abbildung 23 ist abzulesen, dass bei jenen gesellschaftlichen Herausforderungen, bei denen nationale thematische Programme existieren (insbesondere Energie, Transport, Klima- & Ressourcen), ein überdurchschnittliche Erfolge erzielt werden konnten (der Durchschnittswert über alle H2020-Ausschreibungen mit Stand 07/2015 beträgt für Österreich sowohl hinsichtlich Beteiligung als auch Förderung 2,8%), während im Health-Bereich die Werte unterdurchschnittlich ausfielen. Dies deutet darauf hin, dass nationale thematische Förderprogramme für österreichische Akteur/innen eine maßgebliche Wirkung als Wegbereiter für erfolgreiche europäische Projektbeteiligungen darstellen.

Es gab in der Vergangenheit auch den Fall, dass sich Österreich gegen die Teilnahme an einem ERA-NET im Bereich Biophotonik entschieden hat, was österreichischen Akteur/innen in diesem Themenbereich zum Nachteil gereichte und vorhandenes Innovationspotential hemmte. Ähnliches passierte 2015 innerhalb von ECSEL Österreich, wo man Projektideen im Themenfeld „Health“ explizit ausschloss. Derartige thematische Einschränkungen wirken sich negativ auf die österreichischen Akteur/innen an der Schnittstelle zwischen Photonik und Anwendungen in den Lebenswissenschaften aus.

Abbildung 22: Konsolidierte Themenlandschaft im Themenbereich Photonik für Life Sciences & Health

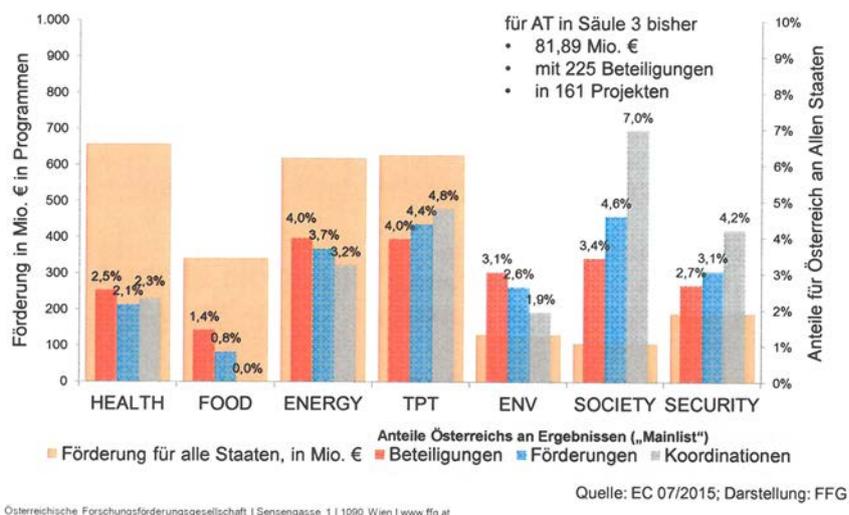
¹⁰¹ Konkret wurde dies für die Bundesländer Wien und Niederösterreich genannt. Gemäß Information auf den Internetseiten der FFG (<https://www.ffg.at/content/landesfoerderungstellen>) trifft dies auch für die Steiermark, Salzburg und Tirol zu.

¹⁰² https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/europaeische_und_internationale_programme/veranstaltungen/2_hoeglingersaekl_oesterreichspositionchancen.pdf



Quelle: Eigene Erhebungen

Abbildung 23: Analyse der erfolgreichen österreichischen H2020-Projekte



Quelle: FFG, Informationsveranstaltung „Horizon 2020: Zweite Ausschreibungsrunde – Neue Forschungs- und Innovationsschwerpunkte 2016/17“ am 22. September 2015, Vortrag „Österreichs Position und neue Chancen in Horizon 2020“

► Strukturelle Beteiligungsbarrieren

Als nicht ausreichend wurden die Förderungsmaßnahmen am unteren Ende (Konzeptebene) als auch am oberen Ende (marktnahe Aktivitäten) des technologischen Forschungs- und Entwicklungsspektrums gesehen. Bei F&E-Vorhaben auf der Konzeptebene wird bemängelt, dass eine Einbindung von potentiellen Endverwertungspartnern aufgrund von Ausschreibungsrichtlinien und Bewertungskriterien de facto als zwingend erscheint, obwohl diese auf der Stufe des gegebenen Entwicklungsgrades oftmals als nicht sinnvoll bzw. sogar als innovationshemmend erachtet wird. Auf der marktnahen Seite vermissen Firmen weitere unterstützende Maßnahmen im Bereich der experimentellen Forschung vor der tatsächlichen Markteinführung (Technological Readiness Level 9), was mit den höheren Technological Readiness Levels 7 bis 8 korrespondiert, z.B. Förderung von breiter angelegten Studien, wie sie für das Inverkehrbringen von medizinisch-technischen Geräten notwendig sind. Gerade für kleine Unternehmen stellt der hohe Aufwand bei der Zertifizierung medizinisch-technischer Geräte eine maßgebliche Hürde dar.

► Zugang zu High-End F&E-Infrastruktur

Aus den Aussagen der befragten Akteur/innen ist keine signifikante Einschränkung beim Zugang zu F&E-Infrastrukturen abzuleiten. Es wurde jedoch ein deutlicher Wunsch an die öffentliche Hand nach einer klaren Darstellung der verfügbaren Infrastrukturen in Form einer laufend aktualisierten zentralen Datenbank zu Akteur/innen mit definierten Schnittstellen und Kategorien artikuliert. Diese Datenbank sollte auch Einträge für Einrichtungen in benachbarten ausländischen Regionen zulassen.

7.5.3 Photonik für Sensorik/Security

Das Bild von photonikbasierter Sensorik/Security in Österreich stellt sich durchaus heterogen dar. Aufgrund des immens weiten technischen Feldes, in dem Sensorik entwickelt und betrieben wird, ist auch eine starke Marktdiversität feststellbar, sowohl hinsichtlich geographischer Schwerpunkte (wohin wird bevorzugt geliefert) als auch des Marktverhaltens (Stabilität, Dauer von Marktzyklen,

Konservativität des Marktes, etc.). So ist beispielsweise die Teilnahme von Firmen in europäischen Förderprogrammen sehr unterschiedlich (die Palette reicht von so gut wie gar nicht bis zur Selbstverständlichkeit), hingegen werden nationale Förderprogramme jedenfalls in Anspruch genommen. Ebenso ist die Tiefe des Engagements in Förderprojekten sehr verschieden ausgeprägt, dies reicht von Firmen, die sich zwar an Konsortien beteiligen, jedoch nur in passiver Rolle, d.h. wenn sie von anderen dazu eingeladen oder von ihren Kunden dazu gebeten werden, bis hin zu Firmen, die durchaus auch aktiv Konsortialführungen anstreben.

Einig war man sich bei der Einschätzung, dass die nationale Förderung zur Umsetzung hin, also die tatsächliche an die F&E-Tätigkeiten andockende Produktentwicklung bis zur Serienreife, als ausgesprochen ungenügend empfunden wird. Dies ist stark mit dem Umstand verknüpft, dass die Firmenlandschaft stark von Kleinst-, Klein- und Mittelbetrieben geprägt ist, deren genuine Finanzkraft naturgemäß begrenzt ist. Besonders für Start-ups wird dies als sehr schwierig eingeschätzt.

Thematische Defizite werden den nationalen Förderprogrammen sehr wenig attestiert, allerdings wurde speziell im Bereich „IKT der Zukunft“ eine starke Konzentration auf Software/Algorithmik bzw. die Notwendigkeit der inhaltlichen Kopplung mit Vernetzungstechnologien als zu ausgeprägt empfunden.

Die Beantragung und Abwicklung von Förderprojekten wird als unterschiedlich aufwändig eingestuft; die Palette reicht hier von angemessen bis nicht adäquat. Festgehalten wird, dass besonders für KKKU/KMU der Zugang zu einer niederschweligen Förderung (zu wenig Mitarbeiter, um sich hauptamtlich um Förderungen zu kümmern) als sehr wichtig eingestuft wird.

Generell ist der Tenor festzustellen, dass Förderprojekte deutlich stärker nach ihrem inhaltlich/technischen Erfolg als nach der Einhaltung mehr formaler Kriterien beurteilt werden sollten. Besonders die geforderte Zuordnung von Personaleinsatz, Kosten und Sachmitteln zu Arbeitspaketen und deren Überprüfung im „Soll-Ist-Vergleich“ (Antrag versus Bericht) wird als deutlich übertrieben eingestuft.

Die Möglichkeit kooperativer Projekte wird generell als sehr positiv beurteilt. In der Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie wird wesentliches Potenzial zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit österreichischer Unternehmen durch Generierung innovativer Produkte mit guten Marktchancen gesehen.

Der Grad der Vernetzung der Firmen des Sektors Sensorik, besonders im F&E-Bereich, soll noch erhöht werden. Dies ist insbesondere zunehmend im Hinblick auf die Erschließung komplexer Technologien wichtig, die – abgesehen von einer breiten Know-how Basis – auch eine aufwändige Infrastruktur zur Fertigung benötigen. Allerdings setzt hier die bestehende KKKU-/KMU-Landschaft gewiss strukturelle Grenzen. In diesem Zusammenhang werden „Pilot Lines“ als (z.B. hochpräzise pick-and-place Montagesysteme) sehr hilfreich angesehen, die auch kleineren Betrieben den Zugang zu einer entsprechenden hochqualitativen und modernen Produktionsinfrastruktur ermöglichen.

Plattformen wie Photonics Austria werden als gut empfunden, wobei ein noch stärkeres unmittelbares Engagement in der Information der Mitglieder hinsichtlich Fördermöglichkeiten, Ausschreibungen, Emerging Technologies durchaus denkbar wäre. Generell werden netzwerkbildende Maßnahmen positiv gesehen; die Einschätzung, welche Maßnahmen im Detail (partnering day, brokerage events,...) besonders zweckmäßig sind, ist allerdings durchaus unterschiedlich.

Technische Regulierungen und Normungen werden von KKKU tendenziell als für sie entweder zumeist nicht unmittelbar interessant, und/oder aber der Einfluss der großen Firmen (Lobbyismus) auf das

Zustandekommen der Regulierungen als problematisch angesehen. Zumeist würden damit eben Technologien besonders gestärkt, die für die „Platzhirschen“ deutlich umsatzfördernd sind, aber zumindest unmittelbar keinen Marktnutzen für die vielen kleinen Firmen haben. Als Beispiele können hier Produkte entweder im Consumer-Bereich genannt werden, die in großen Stückzahlen produziert und verkauft werden oder Produkte für öffentliche Institutionen wie Schulen, Universitäten, Krankenhäuser etc. die u.U. einer ganz bestimmten „Norm“ genügen müssen, um ausgewählt zu werden.

7.6 Resümee

- Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien wird der Schwerpunkt der nationalen Forschungsthematik auf Komponentenseite gesehen. Vor allem die Integration von Mikroelektronik und Photonik spielt hier eine zentrale Rolle und wird auch von nationalen Leitunternehmen verfolgt. Der Einsatz neuartiger Komponenten auf System- und Netzwerkebene zu modernen Mobilfunk- oder leitungsgebundenen Kommunikationstechnologien ist ebenso von Bedeutung, da nur so die entworfenen Produkte auf Komponentenebene evaluiert und mit weiteren Chip-Produkten integriert werden können.
- Aufgrund der fehlenden themenfreien Orientierung der Forschungsförderung ist die Besetzung von technischen Gremien auf europäischer Ebene – wie etwa die ETP Photonics21 oder NetWorld2020 durch nationale Repräsentant/innen aus dem F&E Bereich ein zentrales Anliegen, um so thematischen Input für mehrjährige Roadmaps liefern zu können. Kontinuierliche themenoffene Förderung ist für nationale Akteur/innen (und speziell für jene mit Ausrichtung auf Nischenmärkte) unbedingt notwendig, da es auch hier zu längeren Vorlaufzeiten bis zur Produktreife kommen kann. So ist derzeit intensive industrielle Forschung notwendig, um 2020 den 5G-Markt adressieren zu können. Zudem setzen europäische H2020-Projekte in diesem Themenfeld voraus, dass bereits Technologie eingebracht wird und lediglich in Richtung Anwendung untersucht wird – also keine eigentliche Technologieentwicklung auf unterster Ebene mehr stattfindet.
- Nationale Optionen zur Forschungsförderung im Bereich der Photonik werden derzeit als etwas zu eingeschränkt empfunden, da etablierte (trans-)nationale Programme wie etwa ECSEL und „IKT der Zukunft“ das Thema Photonik lediglich als peripher betrachten. Insbesondere fehlen in allen drei Sektoren Möglichkeiten für technologische Entwicklungen auf der Hardware-Ebene im unteren TRL-Bereich ($TRL \leq 4$). Zusätzlich verschärft ist diese Situation im Sektor Photonik für Life Sciences & Health, da hier thematische Förderschienen auf nationaler Ebene komplett fehlen.
- Neben dem Angebot zur Forschungsförderung wird ebenso ein einfacher Zugang zu nationaler Forschungsinfrastruktur gewünscht, um großen und kleinen industriellen Unternehmen rasche Charakterisierungs- und Evaluierungsmöglichkeiten für neue Technologien und Konzepte innerhalb und besonders außerhalb des Kerngeschäftsfeldes zu bieten. Eine solche Infrastruktur soll dabei den Bedürfnissen von High-End Produkten gerecht werden und multiple Kompetenzen bündeln. Dazu gehören speziell Photonik und Hochfrequenztechnik, aber auch technologienahe Kompetenzen zur Halbleitertechnologie.
- Der Wissensbasis im Bereich der Photonik wird ein Rückgang an heimischen Universitätsabsolvent/innen attestiert. Hier ist ein rückläufige Absolvent/innenzahlen über die

vergangenen Jahre zu bemerken, insbesondere bei IKT-relevanten Studienrichtungen (Nachrichtentechnik, Mikroelektronik). Unternehmen sind gezwungen, Mitarbeiter/innen aus dem Ausland zu beziehen.

- Einigkeit herrschte hinsichtlich der Einschätzung der Unternehmen in den Sektoren Sensorik sowie Life Sciences & Health darin, dass die nationale Förderung zur Umsetzung hin, also die tatsächliche an die F&E-Tätigkeiten andockende Produktentwicklung bis zur Serienreife als ausgesprochen ungenügend empfunden wird. Dies ist stark mit dem Umstand verknüpft, dass die Firmenlandschaft stark von Kleinst-, Klein- und Mittelbetrieben geprägt ist, deren genuine Finanzkraft naturgemäß begrenzt ist. Besonders für Start-ups wird dies als sehr kontraproduktiv eingeschätzt. In vielen Fällen führt dies entweder zum Scheitern junger aufstrebender Firmen, die nicht rasch genug entsprechenden Umsatz bzw. Gewinn lukrieren können, oder dazu, von großen, oftmals nicht in Österreich beheimateten Firmen aufgekauft zu werden.
- Der Grad der Vernetzung der Firmen des Sektors Sensorik, besonders im F&E-Bereich, soll noch erhöht werden. Dies ist insbesondere zunehmend im Hinblick auf die Erschließung komplexer Technologien wichtig, die abgesehen von einer breiten Know-how Basis auch eine aufwändige Infrastruktur zur Fertigung benötigen. Allerdings setzt hier die bestehende KKV-/KMU-Landschaft gewiss strukturelle Grenzen. In diesem Zusammenhang werden „Pilot Lines“ als sehr hilfreich angesehen, die auch kleineren Unternehmen den Zugang zu einer entsprechenden hochqualitativen und modernen Produktionsinfrastruktur ermöglichen.

8 Ergebnissynthese und Schlussfolgerungen

8.1 Einleitung

Um eine Aussage zu Maßnahmen für die Stärkung des Photonik-Standorts Österreich treffen zu können, werden zunächst relevante Akteur/innen und Wertschöpfungsketten identifiziert sowie eine SWOT-Analyse durchgeführt.

Mithilfe des Feedbacks aus Experteninterviews und offenen Themenworkshops werden im Folgenden strategische Handlungsempfehlungen für die weitere Entwicklung des Photonik-Standorts Österreich vorgestellt. Diese Empfehlungen erfolgen themenübergreifend sowie themenspezifisch für die Bereiche Informations- und Kommunikationstechnologien, Life Sciences & Health und Sensorik / Security.

Die Handlungsempfehlungen werden dabei jeweils ausgehend von der aktuellen Problematik, die in Kapitel 6 dargestellt wurde, entwickelt. Die dazugehörige Begründung bietet erläuternde Hintergrundinformationen. Die angeführte Umsetzungsempfehlung beinhaltet erste grobe Hinweise darauf, in welcher Art und Weise die jeweilige Handlungsempfehlung auf nationaler Ebene umgesetzt werden könnte.

8.2 Zusammenfassende Betrachtung der Sektoren

8.2.1 Wertschöpfungskette und SWOT-Analyse im Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien

Die nationale Wertschöpfungskette im Bereich der photonikunterstützten Informations- und Kommunikationstechnologien ist von den österreichischen Stärken in den Technologiefeldern der Mikroelektronik und Halbleitertechnologie geprägt. Leitunternehmen sind hier als Hersteller von Komponenten tätig und betreiben Wafer-Fabs für Siliziumtechnologie und auch III-V-Materialien. Unterstützt von universitären und außeruniversitären F&E-Einrichtungen werden die eingesetzten Prozesse und Materialsysteme im Bereich der industriellen Forschung in Richtung Photonikanwendungen weiterentwickelt – unter Einsatz der vorhandenen Produktionsanlagen. Dies ermöglicht es der nationalen Industrie das eigene, meist aus der Elektronik stammende Technologie-Portfolio in Richtung photonischer Funktionalitäten zu erweitern. Ein repräsentatives Beispiel ist das jüngst angebotene Foundry-Service zur Optoelektronik von AMS¹⁰³. Peripher betroffene Unternehmen, die sich auf die Zulieferung von Prozesstechnologie spezialisiert haben, profitieren dabei von dieser Evolution. Ein Beispiel hierfür wäre Prozesstechnologie zu Wafer-Level Optics von EVG¹⁰⁴.

Eine Stufe weiter entlang der Wertschöpfungskette finden sich Unternehmen, die als fabless Designer auf vorhandene Produktionsanlagen zurückgreifen und sich mehr dem Entwurf optoelektronischer Schaltungen widmen. Diese Unternehmen agieren ebenso mit breitem Wissen auf Systemebene, um Komponententechnologie im Einsatz mit Systemen zu evaluieren. Akademische und vermehrt außeruniversitäre F&E-Einrichtungen agieren in diesem Zusammenhang mit der Bereitstellung von innovationsunterstützender Infrastruktur zu bereits erschlossenen Feldern der Grundlagen- und

¹⁰³ AMS, “ams offers More Than Silicon in optoelectronics”, Press release, Aug. 2015, See: [ams.com/eng/Press-Center/Press-Releases/Optoelectronics](https://www.ams.com/eng/Press-Center/Press-Releases/Optoelectronics)

¹⁰⁴ EVGroup, Wafer Level Optics, See: www.evgroup.com/de/solutions/wafer_level_optics

angewandten Forschung. Dies erfolgt speziell bei der Erschließung neuer Geschäftsfelder durch industrielle Unternehmen. Es ist allerdings anzumerken, dass jene Unternehmen, welche die Rolle eines Systemintegrators bzw. -ausrüsters einnehmen, nicht mehr in Österreich operieren.

Tabelle 8: Wertschöpfungskette für den Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien

Phase	Funktion	Akteur/innen
Exploration Knowledge	Grundlagenforschung (Materialien, Komponententechnologie) in der Nano/Mikro-Elektronik und Photonik, ebenso Konzepte auf System- und Netzwerkebene (Signalverarbeitung, optisches und elektronisches Schaltungsdesign)	Akademische Einrichtungen mit Laborinfrastruktur und Reinräumen, ebenso F&E-Institute Industrie: Halbleiterfirmen mit Fabs, Hersteller von Prozesstechnologien Universitäten/FHs: Wien, Graz, Linz, Vorarlberg F&E-Institute: AIT, NTC Weiz, Joanneum Fabs: Infineon, ams, peripher: NXP Prozesstechnologie: EVG, Semicore, SEZ/Lam Research Passive Komponententechnologie: Leoni Fiber Optics
Examination Knowledge	Forschung auf Komponenten- und System-Ebene mit anschließender Performance-Evaluierung	F&E-Einrichtungen für Hochfrequenztechnik und photonische Technologien, Unternehmen im Telekom- und Datakom-Sektor Univ./F&E-Inst. mit spezialisierten Labs (siehe oben), Fabs: wie oben, zum Teil auf externe Labs angewiesen (z.B. Spezialmessungen für Wafer-Probing) Fabless designers: Lantiq/Intel, AT&S, peripher: DICE, Cisc semiconductor Innovative KMU: Avago/A3PICs, Optisis, Photeon, peripher: Tri-Lite Peripher tätig: Zumtobel, Magna, AVL
Exploitation Knowledge	Produkte für IKT- Anwendungen (z.B. im Bereich Breitband, Mobilfunk) auf Komponenten- und System-Ebene, Telekom-Anbieter (auch virtuelle) und IT-Services (Cloud), Marketing	Spezialisierte Telekom-Systemanbieter, spezialisierte Breitband-/Datakom-Technologieanbieter, Netzwerk- und Cloud-Operatoren Komponenten- (Chip-)Hersteller: Infineon, ams, Lantiq/Intel, AT&S Systemintegratoren: Kapsch, Siemens (Nischenmärkte), Homefibre für Heimanwendungen, Lücke im Telekom-Bereich , da Systemintegratoren nicht mehr in Österreich tätig Netzwerk-Operatoren (A1, Drei, T-mobile) und Versorger (Energie AG, Wien-Energie, etc.) Cloud Anbieter: ACP datacenter

Quelle: Eigene Erhebungen

Dies ist durch den enormen Kostendruck der vergangenen Jahre begründet, welcher dazu geführt hat, dass die entsprechenden Divisionen mit anderen europäischen/amerikanischen *Playern* fusioniert bzw. an diese verkauft wurden. Als Beispiele seien hier die Aktivitäten von Coriant genannt, welche ursprünglich von Siemens und später dann gemeinsam mit Nokia bewirtschaftet wurden¹⁰⁵. Die nationale Wertschöpfungskette zu den Kommunikationstechnologien weist hier aus diesem Grund eine Lücke im Bereich der traditionellen Systemintegratoren auf. Nationale Unternehmen, die immer noch in dieser Funktion tätig sind, bedienen hauptsächlich Nischenmärkte. Ein repräsentatives Beispiel hierfür ist die GSM-R Funktechnologie von Kapsch, welche entlang internationaler Zuginfrastrukturen zur Anwendung kommt.

¹⁰⁵ Siemens Networks wurde 2007 zum Joint Venture Nokia-Siemens Networks übergeführt. Die optische Sparte wurde 2012 verkauft und ist als Coriant ein Nachfolgeunternehmen. Im Zuge dieser beiden Umstrukturierungen gingen viele Arbeitsplätze verloren, darunter auch in Österreich.

Auf Anwenderebene finden sich Netzbetreiber und Operatoren von Datenzentren, welche photonische Technologien für Kommunikationsdienste einsetzen. Diese Betreiber sind einerseits herkömmliche Telekommunikationsanbieter, andererseits auch alternative Anbieter und Versorger, welche eine weitläufig vorhandene Infrastruktur (z.B. zur Verteilung von Elektrizität) auch für die Bereitstellung von Kommunikationsdiensten mittels Glasfaser nutzen.

Tabelle 9: SWOT-Analyse für den Bereich Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Innovative Leitunternehmen, die im Bereich der photonischen und elektronischen Technologien für Kommunikationsanwendungen (z.B. Copper, Fiber, 5G) mit beachtlichem Marktanteil tätig sind und Kompetenzen in angrenzende Geschäftsfelder ausbauen. • Ausreichendes und nicht zu stark in Konkurrenz stehendes Angebot an F&E-Einrichtungen mit entsprechender Infrastruktur und Kompetenz für Design und Evaluierung photonischer und optoelektronischer Systeme sowie Hochfrequenz-Technologie. • Produktionsanlagen (Reinräume) grundsätzlich vorhanden, um auch KMU in deren Bemühungen im Bereich Photonik zu unterstützen. • Attraktives Standortklima für internationale Experten 	<ul style="list-style-type: none"> • In Ausbildungsprogrammen der Universitäten ist Photonik weiterhin lediglich ein Querschnittsthema zur Nachrichtentechnik oder Mikroelektronik. Obwohl Fachhochschulen das Thema Photonik aufgreifen, gibt es keine dezidierte Professur zur IKT-bezogenen Photonik an österreichischen Universitäten. • Zahl der Studierenden an relevanten Fakultäten stark rückläufig. Der Industrie fehlen Absolventen. • Nationale Wertschöpfungskette zeigt Lücke bei Leitunternehmen als Systemintegrator, da die entsprechenden Geschäftsfelder zuvor aktiver <i>Player</i> ins Ausland verkauft wurden. • Nationaler Absatzmarkt ist klein, die Präsenz der nationalen Industrie ist jedoch im internationalen Kontext sichtbar und auch auf den internationalen Markt ausgerichtet.
Chancen	Gefahren
<ul style="list-style-type: none"> • Leitunternehmen aus der HF-Mikroelektronik und Halbleiterelektronik sehen Photonik als Chance, neue Produkte zu generieren (z.B. zur Kommunikation im mm-Wellen-Bereich) und die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Integration als neue Kompetenz ist dabei durch nationale F&E-Einrichtungen auch gewährleistet. • Sehr guter nationaler Zugang zu <i>Disruptive and Emerging Photonics</i>, z.B. Quanten-Informationstechnologie mit sehr großen Erwartungen (Quantum Computer). 	<ul style="list-style-type: none"> • Photonik beruht auf Lichtgenerierung über direkte Halbleiter und verwendet somit III-V-Elemente, welche als Rohstoff nur in begrenztem Ausmaß zur Verfügung stehen. Deren Substitution auf technologischer Ebene ist derzeit nur sehr schwer und mit niedriger Effizienz zu erreichen. • Kostendruck ebenso durch internationale Akteur/innen aus Ostasien, welche ebenso innovative europäische KMU aufkaufen (z.B. CIP, UK und Caliopa, Belgien)¹⁰⁶.

Quelle: Eigene Erhebungen

8.2.2 Wertschöpfungskette und SWOT im Bereich Photonik für Life Sciences & Health

Es gibt in Österreich eine Reihe an Firmen und Forschungseinrichtungen, die sich mit der Forschung, der Entwicklung sowie der kommerziellen Umsetzung photonischer Technologien für Anwendungen im Themenfeld „Life Sciences & Health“ befassen. Abbildung 22 gibt einen Überblick über wichtige österreichische Akteur/innen in diesem Bereich. Die Einteilung in die drei Stufen entlang der Wertschöpfungskette „Exploration, Examination, Exploitation“ ist dabei nur als grobe Orientierungshilfe gedacht. Abhängig von der konkreten inhaltlichen Fragestellung können einzelne

¹⁰⁶ Das englische High-Tech KMU CIP bzw. das belgische High-Tech KMU Caliopa wurden 2012 bzw. 2013 von Huawei Technologies, einem Telekom-Ausrüster aus Fernost, übernommen. Die KMUs befassten sich mit InP- bzw. Silizium-Technologie zu photonisch integrierten Schaltungen und waren vor der Übernahme stark in europäischen Forschungsprojekten vertreten.

Akteur/innen daher auch auf anderen Wertschöpfungsstufen tätig sein. Die Bandbreite der Firmen umfasst:

Tabelle 10: Unternehmenslandschaft im Themenfeld Photonik für Life Sciences & Health

Gruppe	Unternehmen	Tätigkeitsbereich
Komponentenhersteller	ams AG	Produkte für digitale Bildgebung mittels Computertomographie (CT) digitales Röntgen und Mammographie; Forschung und Entwicklung in Richtung integriert-optischer Technologien und optischer Detektionsmethoden für diagnostische Anwendungen
	XARION Laser Acoustics	Sensoren, die unter anderem für photoakustische Bildgebung eingesetzt werden
	E. Baumgartner Feinoptik GmbH	Speziallinsen für medizintechnische Geräte
Prozess- und Geräteentwickler	EVG	Nanoimprint-Technologie für photonische Komponenten
	Lithoz	Lithographie-basierte additive Fertigung keramischer Implantate
	High Q Laser	Kurzpuls laser, die in der Augenheilkunde, der Chirurgie und der Fertigung von Implantaten zum Einsatz kommen.
	Femtolasers	Kurzpuls laser, die auch in der medizinischen Forschung zu Einsatz kommen
Entwickler von medizinischen Messkonzepten	Attophotonics Biosciences	nanophotonische Messkonzepte
	B. Braun Melsungen	optischer Glukosesensor
	Gotschy Optotechnik	GOT– Design optomechanischer Module für fluoreszenzoptische Anwendungen
	Greiner Bio One Diagnostics	molekularbiologische Analysemethoden
	Keysight Technologies	Forschungsaktivitäten mit Photonik Bezug im Bereich Life Sciences & Health
	Biegler	patientennahes Diagnosesystems für Infektionskrankheiten
Entwickler von optischen Geräten für die Medizintechnik und pharmazeutische Industrie	IN-VISION Digital Imaging Optics	Design und Entwicklung optischer Systeme
	Swarotec	Systemintegration
	Wild	Systemintegration
	Anton Paar	Systemintegration für die pharmazeutische Industrie
Hersteller von therapeutischen Systemen	BEHOUNEK Medizintechnik	Behandlung von Erkrankungen des Bewegungsapparates, in der Dermatologie und in der Sportmedizin
	DIOPTEx	wegwerfbares miniaturisiertes UV-A Quervernetzungssystem für die Hornhautchirurgie
	REPULS Lichtmedizintechnik	Bestrahlung von Haut-, Binde- und Muskelgewebe sowie Gelenken zur Schmerzbehandlung

Systemintegratoren von diagnostischen Geräten	Cube DX	Sepsisdiagnostik
	Derma Medical Systems	digitales Auflichtmikroskopiesystem für die dermatologische Praxis
	Eurolyser Diagnostica	human- und veterinärmedizinische patientennahe Diagnostik
	Greiner Bio One Diagnostics	molekularbiologische Analysemethoden
	SCHUHFRIED	Psychologische Testsysteme für die Personal-, Klinische Neuro-, Verkehrs- und Sportpsychologie
	Tecan GmbH	multimodale Auslesegeräte für Mikrotiterplatten und Microarrays, auch für die klinische Forschung

Quelle: Eigene Erhebungen

Auf der akademischen Ebene gibt es eine mindestens ebenso große Bandbreite an Themengebieten und Spezialisierungen. Als internationale Aushängeschilder seien hier stellvertretend die Forschungsaktivitäten im Bereich der optischen Kohärenztomographie an der Medizinischen Universität Wien (Zentrum für medizinische Physik und biomedizinische Technik) sowie die Forschungsaktivitäten im Bereich optischer Mikromanipulations- und Mikroskopiemethoden an der Medizinischen Universität Innsbruck genannt (Department für Physiologie und Medizinische Physik, Sektion für Biomedizinische Physik). Infolge der hohen Diversität an eingesetzten Technologien und Anwendungsfeldern sind die Wertschöpfungsketten für viele Produkte nicht komplett in Österreich abdeckbar. Einerseits werden für die Realisierung von Gesamtsystemen spezielle Komponenten benötigt, die nur bei ausländischen Anbietern erhältlich sind. Zum anderen werden Einzelkomponenten ins Ausland exportiert, wo sie dann in Gesamtsysteme integriert werden.

Tabelle 11: Wertschöpfungskette im Themenbereich Photonik für Life Sciences & Health

Phase	Funktion	Akteur/innen
Exploration Knowledge	Grundlagenforschung (Materialien, Komponententechnologie) im Bereich photonischer Konzepte für Anwendungen im Bereich Life Sciences & Health; auch Konzepte auf Systemebene	<p>Akademische Einrichtungen mit Labor-Infrastruktur, ebenso F&E-Institute</p> <p>Industrie: Hersteller von Einzelkomponenten, Systemen und Prozesstechnologien</p> <p>Universitäten: Wien, Graz, Linz, Innsbruck, Donau Univ. Krems</p> <p>F&E Einrichtungen: ACMIT, AIT, CTR, Joanneum Research, NTC Weiz,</p> <p>Prozesstechnologie: EVG</p> <p>Komponententechnologie: ams AG, Attophotonics Biosciences</p> <p>Optische Messtechnik (peripher tätig): Keysight Technologies</p>
Examination Knowledge	Forschung und Entwicklung auf Komponenten- und Systemebene mit anschließender Performance-Evaluierung	<p>F&E-Einrichtungen für photonische Technologien, Unternehmen im Sektor photonischer Technologien für Medizintechnik</p> <p>Universitäten/F&E Einrichtungen: wie oben; Human.technology Styria</p> <p>Komponenten/Geräte: ams, E. Baumgartner Feinoptik GmbH, Femtolasers, High Q Laser, Sony DADC</p> <p>Innovative KMUs: XARION Laser Acoustics</p> <p>Optische Prozesstechnologie: Lithoz</p> <p>System-Ebene: B. Braun Melsungen, GOT Gotschy Optotechnik, Greiner Bio One Diagnostics, IN-VISION Digital Imaging Optics</p> <p>System-Integratoren (peripher tätig): Biegler</p> <p>Chirurgie: DIOPTEx</p>
Exploitation Knowledge	Produkte für Life Sciences & Health-Anwendungen (diagnostische oder therapeutische Geräte) auf Komponenten- und Systemebene	<p>Spezialisierte Anbieter von Photonik-basierten diagnostischen und therapeutischen Systemen sowie Komponenten hierfür</p> <p>Komponentenhersteller: wie oben; Payer Medical</p> <p>Systemintegratoren & Anbieter: Cube DX, Derma Medical Systems, Eurolyser Diagnostica, Greiner Bio One Diagnostics, SCHUHFRIED, Tecan</p> <p>Optische Systemintegratoren: Swarotec, Wild (inkl. Photonic Optische Geräte)</p> <p>Therapie: BEHOUNEK Medizintechnik, REPULS Lichtmedizintechnik</p> <p>Optische Messtechnik (peripher tätig): Anton Paar</p>

Quelle: Eigene Erhebungen

Sowohl die Anwendungen als auch die sich daraus ergebenden Einsatzmöglichkeiten photonischer Technologien sind mannigfaltig. Entsprechend divers sind auch die Aktivitätsfelder der Akteur/innen, wobei sich die einzelnen Akteur/innen thematisch jeweils in relativ engen Bereichen bewegen. Die Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten photonischer Technologien spiegelt sich auch in den Schlagwörtern wider, die in den Einzelinterviews sowie im Workshop von den Akteur/innen als innovationsträchtige Themengebiete für zukünftige F&E-Aktivitäten genannt wurden. Abbildung 22 stellt die genannten Schlagworte in Form einer konsolidierten Themenlandschaft für den Bereich „Photonik für Life Sciences & Health“ dar, wobei versucht wurde, diese Schlagworte entlang der medizinischen Versorgungskette „Vermeiden – Erkennen – Heilen“ anzuordnen und in thematisch verwandten Gebieten zu gruppieren. Zusätzlich werden unterstützende Querschnittstechnologien und Aspekte angeführt, die in allen drei Stufen von Relevanz sein können. Eine zusätzliche Unterscheidung von

photonischen Technologien, die in der reinen medizinischen Forschung zum Einsatz kommen können, wurde nicht vorgenommen, da die meisten dieser Technologien auch in der Diagnostik zum Einsatz kommen und somit in der Darstellung unter „Erkennen“ subsumiert sind. Die Schlagworte repräsentieren zum einen Parameter, die mittels photonischer Konzepte nicht-invasiv oder minimal invasiv bestimmt werden sollten, zum anderen potentielle Anwendungsfelder für photonische Technologien, sowie für die Medizintechnik relevante photonische Technologien und Methoden.

Tabelle 12: SWOT Analyse für den Bereich Photonik für Life Sciences & Health

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Sehr starke Forschungs- und Firmenlandschaft im Bereich Life Sciences & Health schafft innovatives Umfeld für Anwendungen photonischer Technologien. • Breit gefächerte F&E Kompetenz bei photonischen Technologien, die für Life Sciences & Health Anwendungen relevant sind/werden können, mit entsprechender Infrastruktur. • Innovative Firmen, die im Bereich optischer bzw. photonischer Komponenten sowie Systemintegration tätig und für Life Sciences & Health Anwendungen offen sind. • Standortklima ist attraktiv für internationale Experten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende thematische F&E Förderprogramme an der Schnittstelle Technik-Lebenswissenschaften. • Rückläufige Studentenzahlen in MINT Fächern • Photonik-Technologien sowie Life Sciences & Health Anwendungen sind sehr divers, weshalb in Ö Wert-schöpfungsketten nicht vollständig abdeckbar sind. • Innovatives Potential vorhandener Photonik-Kompetenzen für Life Sciences & Health wird teilweise durch Akteur/innen noch nicht erkannt (fehlendes interdisziplinäres Verständnis und Vernetzung) • Mangelnde Interdisziplinarität bei Ausbildungsprogrammen („Photonik für Lebenswissenschaften“)
Chancen	Gefahren
<ul style="list-style-type: none"> • Steigender Bedarf an technischen Lösungen im Life Sciences & Health Umfeld infolge der gesundheitspolitischen Herausforderungen durch eine alternde Bevölkerung, ein steigendes Gesundheitsbewusstsein, sowie der damit verbundenen Dezentralisierung des Gesundheitswesens • Trend in Richtung „Internet der Dinge“ und ubiquitäre Informationssysteme eröffnet Chancen für neue gesundheitsrelevante Produkte mit photonischen Technologien (z.B. „Wearables“). 	<ul style="list-style-type: none"> • Mangelndes Risiko-Startkapital für Firmengründungen • Kostendruck durch internationale Akteur/innen aus Ostasien. • Abwandern von F&E Aktivitäten aus Österreich und Europa in Richtung Ostasien, wo eine stark innovations-orientierte F&E Politik forciert wird.

Quelle: Eigene Erhebungen

Abschließend werden die Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für die österreichischen Innovationslandschaft im Themenbereich Photonik für Life Sciences & Health anhand Tabelle 12 erörtert. Einerseits verfügt Österreich über eine sehr starke Forschungs- und Firmenlandschaft im Bereich Life Sciences & Health, wodurch ein innovationsfreundliches Umfeld für den Einsatz photonischer Technologien in diesem Bereich gegeben ist. Andererseits bestehen in Österreich breit gefächerte F&E-Kompetenzen bei photonischen Technologien, die sich für den Einsatz für Life Sciences & Health-Anwendungen potentiell eignen. Darüber hinaus gibt es mehrere Firmen, die entsprechende Expertise im Bereich der Systemintegration optischer Komponenten für medizintechnische Produkte besitzen bzw. photonische Komponenten und Subsysteme entwickeln. Die notwendigen Forschungsinfrastrukturen sind grundsätzlich gut ausgebaut. Wie einleitend oben ausführlich beschrieben, bieten die gesellschaftspolitischen Rahmenbedingungen im Gesundheitswesen sowie die technologischen Trends in Richtung „Internet der Dinge“ und ubiquitäre Informationssysteme sehr gute Chancen für Innovationen bei gesundheitsrelevanten und medizintechnischen Produkten unter Einsatz photonischer Technologien. Dadurch eröffnen sich auch für eine Vielzahl an österreichischen Unternehmen neue Geschäftsmöglichkeiten, die nicht in Tabelle 10 genannt wurden. Hierbei besteht insbesondere für Firmen, die im Bereich der Sensorik tätig sind, großes Potential.

Allerdings weist das österreichische Innovationssystem einige Schwächen auf, die sich hemmend auf die Entwicklung neuer photonischer Technologien und Konzepte für *Life Sciences & Health*-Anwendungen auswirken. Zum einen ist dies eine fehlende thematische Förderung photonischer Technologien für diese Anwendungsgebiete, zum anderen haben manche Photonik-Akteur/innen aufgrund mangelndem interdisziplinären Verständnis und Vernetzung das Potential ihrer Technologien für Anwendungen in Lebenswissenschaften noch nicht erkannt oder zumindest noch nicht begonnen auszuschöpfen. Erschwerend kommen auch die rückläufigen Studentenzahlen in den MINT-Fächern, sowie die teils fehlende interdisziplinäre Ausbildung bei technischen Studien in Richtung Lebenswissenschaften hinzu. Der weiter oben bereits genannte Umstand, dass Wertschöpfungsketten innerösterreichisch nicht komplett abgedeckt werden können, stellt eine weitere Schwäche dar. Risiken bzw. Bedrohungen von außen sind primär durch den enormen Konkurrenzdruck aus Ostasien, vor allem China, gegeben. Dies betrifft sowohl Produktion als auch Forschungs- und Entwicklung, die ebenfalls zunehmend in China stattfindet und durch die dortige innovationsorientierte F&E-Politik forciert wird. Der Mangel an Risikokapital, gerade in der Anfangsphase bei Start-up-Gründungen stellt ein weiteres Risiko für die Innovationskraft in Österreich dar und untermauert die Bedeutung von gezielter Forschungsförderung.

8.2.3 Wertschöpfungskette und SWOT-Analyse im Bereich Photonik und Sensorik/Security

Tabelle 13 bietet einen schematischen Überblick über die Wertschöpfungskette im Bereich Photonik für Sensorik/Security.

Tabelle 13: Die Wertschöpfungskette für den Bereich Photonik für Sensorik/Security

Phase	Funktion	Akteur/innen
Exploration Knowledge	Grundlagenforschung (Materialien, Komponententechnologie) im Bereich photonischer Konzepte für Anwendungen im Bereich Sensorik/Security; Konzepte auf Systemebene	Akademische Einrichtungen mit Labor-Infrastruktur, ebenso F&E-Institute; Industrie: Firmen aus dem Bereich Komponentenbau, Optoelektronik und Elektronik, Optik; Universitäten und FHs: Technische Universität Wien, Universität Wien, Karl Franzens-Universität Graz, Technische Universität Graz, Johannes Kepler Universität Linz, Universität Innsbruck, Donau Univ. Krems; FH Technikum Wien
Examination Knowledge	Forschung und Entwicklung auf Komponenten- und Systemebene mit anschließender Performance-Evaluierung	F&E-Institute: AIT, CTR, Joanneum Research, NTC Weiz, Firmen: A3PICs Electronics Development GmbH, active photonics AG, Alicona Imaging GmbH, ams, attophotonics, EVK DI Kerschhaggl GmbH, , HUECK FOLIEN GmbH, i-RED Infrarot Systeme GmbH, Kahles Gesellschaft m.b.H., NBG Holding GmbH, PROFACTOR GmbH, QuantaRed Technologies GmbH, RECENDT - Research Center for Non-Destructive Testing GmbH, Riegler Laser Measurement Systems GmbH, Sensorik Austria GmbH, SOLA-Messwerkzeuge GmbH, Swarovski Optik KG, TecSense GmbH, WILD GmbH

Exploitation Knowledge	Produkte für sensorische Anwendungen auf Komponenten- und Systemebene	
------------------------	--	--

Quelle: Eigene Erhebungen

Photonikbasierte Sensorik ist sowohl hinsichtlich des Marktes wie auch der zum Einsatz kommenden Technologien ausgesprochen diversifiziert charakterisiert; die Palette reicht z.B. vom Bau sehr spezieller Sensor-/Analysegeräte über optische Instrumentierung für *machine vision* bis hin zu folienbasierten Integrationslösungen. Dieser Sektor wird daher durch eine Reihe von Charakteristika bestimmt: Die Unternehmenslandschaft wird weit stärker von einer Vielzahl kleiner Firmen geprägt als von Großunternehmen, obwohl auch diese (wie z.B. Infineon) durchaus im Sensorbereich Aktivitäten zeigen. Die kleinen Unternehmen bedienen überwiegend auch kleinere Marktsegmente bis hin zu Nischenmärkten, zumeist mit Produkten im oberen Qualitätssegment. Da es sich also primär nicht um die Bedienung von Massenmärkten handelt, ist auch die Produktion vorwiegend auf kleinere oder mäßige Stückzahlen abgestimmt. Die Kleinräumigkeit der sektoralen Firmenlandschaft bedingt auch, dass es nur vergleichsweise wenig größere Entwicklungsaktivitäten gibt, in denen mehrere Firmen ein großes Thema (Stichworte: Emerging Technologies, Silicon Photonics) bearbeiten. Es ist allerdings festzustellen, dass aufgrund der (aus Notwendigkeit) zunehmenden technischen Komplexität der Entwicklungsaufgaben kooperative Aktivitäten zunehmen.

Weiter wesentliche Voraussetzungen für die Etablierung hochqualitativer Entwicklung und Produktion stellt einerseits das gute Ausbildungsniveau im Universitäts- und Fachhochschulbereich in Österreich dar und andererseits auch die Aktivitäten der heimischen universitären und außeruniversitären Forschungsinstitute, die (vor allem erstere zunehmend) mit Industriebetrieben gemeinsame F&E-Projekte abwickeln. Es ist aber ebenso wichtig, mit den Lehrplänen „am Puls der Zeit“ zu bleiben und besonders im Bereich technischer Fächer den Entwicklungsstand der jüngsten Zeit gebührend zu berücksichtigen.

Der Security-Bereich ist durch einen vergleichsweise stabilen, hinsichtlich der Implementierung technischer Neuerungen konservativen Markt, gekennzeichnet. Die Umsetzung neuer Konzepte erfolgt erst nach relativ langen Entwicklungs- und Testphasen, bedingt durch die Kundenanforderungen an die Hersteller von Sicherheitsmerkmalen für Banknoten. Die hohen Qualitätsanforderungen an Sicherheitsmerkmale in Banknoten erfordern ausgedehnte Testphasen im Vorfeld der Produktion, um die sehr hohen geforderten Sicherheitsstandards garantieren zu können. Andererseits hat auch das technologische Aufrüsten auf Fälscherseite durchaus an Dynamik gewonnen, sodass jedenfalls mittelfristig ein erhöhter Forschungs- und Entwicklungsbedarf für neue Sicherheitsmerkmalkonzepte besteht. Besonders das rasante Anwachsen möglicher Vertriebskanäle über das Internet – auch im Zusammenhang mit Industrie 4.0 (z.B. produktindividuelle Sicherheitsmerkmale) – wird neue Herausforderungen schaffen.

Tabelle 14: SWOT-Analyse für Photonik und Sensorik/Security

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> Breite Palette im Produktbereich -> Bedienung unterschiedlicher Märkte Platzierung in (ziemlich) konstanten Märkten möglich (besonders Security) Hochqualitative universitäre und außeruniversitäre Forschungspartner im Land verfügbar Gutes Ausbildungsniveau von universitärer und Fachhochschulseite her (vgl. aber Gefahren) 	<ul style="list-style-type: none"> Produkte oftmals in kleinvolumigen oder Nischenmärkten, daher tendenziell kaum Generierung von hohen Umsätzen/Gewinnen, obwohl in Nischenmärkten – im Gegensatz zu Massenmärkten – meist höhere Profitmargen möglich sind. Zu wenig Förderung/Finanzierung im Umsetzungsbereich, besonders betroffen sind KKU, aber auch KMU. Starke Diversifizierung der Produktbereiche, ist für die Entwicklung neuer komplexe Technologien (z.B. Silicon Photonics) schwierig, da sich zu wenige Bereiche mit kritischer Masse bilden. Die Verwertung von Entwicklungsergebnissen (auch wenn die Firma nicht direkt als Produzent auftritt) ist aufgrund zu niedriger Finanzierung der Produktentwicklung vom Laborprototypen zur Serienreife schwierig Lobbying auf europäischer Ebene im Vergleich zu anderen Sektoren schwach verankert
Chancen	Gefahren
<ul style="list-style-type: none"> Individualisierung und Modularisierung von Produktionsketten Hochqualitative Produkte mit überschaubarer Konkurrenz auch für (aus jetziger Sicht) langfristige Wachstumsmärkte (vgl. (2)) Prototyping und Fertigung kleiner Losgrößen „Intelligente Sensorik“ – Vernetzung/Verknüpfung mit anderen Technologien -> Branchensynergien, Erschließung neuer Märkte Industrie 4.0 („Sensorik in jeder Lebenslage“) fördert Bedarf an unterschiedlichsten Sensor(neu)entwicklungen Einreichungen im Rahmen eines möglichen ERA-NET für Optische Sensorik Verstärkte Interaktion von Plattformen und ihren Mitgliedern (PF als Infogeber,...) 	<ul style="list-style-type: none"> Weiteres Anwachsen des administrativen Aufwands zur Erreichung von Finanzierungen Niedrige Universitätsfinanzierung facht Kampf um Fördermittel an, da mittlerweile auch Universitäten die früher nur für die Industrie zur Verfügung gestandenen Fördertöpfe signifikant benützen. Ingenieurskunst wird zu wenig abgefragt im produktionsnahen F&E-Bereich Technisch-naturwissenschaftliche Ausbildung läuft Gefahr nicht hinreichend bedarfsgerecht zu sein (vgl. (1)) Risiko entweder des Scheiterns oder des Aufgekauftwerdens von Start-ups wegen zu geringen Kapitalzugangs für die Produktionsumsetzung Durchfinanzierung der Produktentwicklung bis zur Marktreife auch bei technischem Erfolg besonders für KKU/KMU kaum/schwer sicherzustellen

Quelle: Eigene Erhebungen

Die verstärkt zu beobachtende Tendenz zu individualisierter Fertigung, die Fertigung kleiner und kleinster Losgrößen sowie das entsprechende Prototyping werden überwiegend als Chance zur Stärkung der Industrie dieses Sektors gesehen, mit der Möglichkeit/Notwendigkeit der Beschäftigung hochausgebildeter Arbeitskräfte. Dies sollte auch einer zu schnellen Abwanderung der Produktion in Billiglohnländer positiv entgegenwirken. Die mit der Entwicklung von Industrie 4.0 einhergehende Notwendigkeit der Integration von zunehmend leistungsfähiger Sensorik für verschiedene Messgrößen wirkt grundsätzlich stimulierend auf den Sektor, nicht zuletzt deshalb, da dadurch auch der Bedarf an Sensorneuentwicklungen sowohl hinsichtlich technischer Parameter (Empfindlichkeit, Dynamik, etc...) als auch der Integrierbarkeit gefördert wird. Allerdings ist besonders in diesem Zusammenhang eine Problematik besonders ernst zu nehmen, um in Österreich konkurrenzfähig zu bleiben bzw. die Wertschöpfung im Land zu halten: Durch die Tatsache, dass die Förderintensität von der Grundlagenforschung hin zur produktnahen Entwicklung stark abnimmt, d.h., für die Produktentwicklung und Umsetzung in die Produktion sind so gut wie keine relevanten Fördermittel

verfügbar, entsteht vor allem für kleine Unternehmen, ganz besonders für Start-ups, eine Finanzierungslücke, die oftmals nicht zu schließen ist, da zumeist die Eigenmittel der Unternehmen dazu nicht ausreichen und der Einstiegszeitpunkt für viele Investoren noch zu früh ist. Dies führt sehr oft dazu, dass Unternehmen, die an sich das Potenzial besitzen, attraktive Produkte zu generieren, die Hürde des Markteinstiegs nicht schaffen, entweder wieder geschlossen werden oder aber von größeren Unternehmen, die damit schon auf eine ziemlich weit gediehene Entwicklung zugreifen können, aufgekauft werden. Ähnlich gelagert ist eine zweite Problematik zu sehen: Die „Durchfinanzierung“ einer Produktentwicklung von den grundlegenden Schritten hin bis zur Serienreife. Fördertechnisch lässt sich diese Finanzierungskette nicht geschlossen darstellen, es müssen in zeitlicher Abfolge mehrere Projekte beantragt werden, wobei auch bei inhaltlichem Projekterfolg keineswegs sichergestellt ist, dass Folgeprojekte genehmigt werden. Die in der Vergangenheit in den Bundesländern verfügbaren Anschlussförderungen haben geholfen, dieses Problem zu adressieren. Da diese Förderangebote in manchen Bundesländern nicht mehr existieren¹⁰⁷, gibt es nun zusätzlich zu den technischen Problemen, die zu lösen sind, eine zusätzliche Unsicherheit in Form nicht genehmigter Förderprojekte. Somit besteht die Gefahr, dass im Rahmen einer Entwicklung von den Grundlagen hin bis zum Produkt, die auf den Bezug von Förderungen angewiesen ist, diese durch Nichtgenehmigung von Förderprojekten vorzeitig abgebrochen werden muss.

8.3 Sektorübergreifende Empfehlungen

Es lassen sich auf Basis der Ergebnisse dieser Studie die folgenden sektorübergreifenden Empfehlungen für die Themenfelder Photonik für IKT, Photonik für Life Sciences & Health und Photonik für Sensorik/Security aussprechen:

► Förderinstrumente anpassen: Administrative Beteiligungsbarrieren senken

Dazu zählen vor allem die detaillierte Zeiterfassung und eine weitgehende Vereinheitlichung mit jener Administration, die von Fördernehmern auch auf europäischer Ebene vorgefunden wird.

► Hilfestellungen in der Vorbereitungsphase

Die angebotene Partnerbörse könnte erweitert werden, um KMU auch das Management von Projektvorhaben (inkl. Projekteinreichungen) abzunehmen.

Die Generierung von innovativen Anträgen kann dadurch gestärkt werden, indem bei den regelmäßigen Veranstaltungen (z.B. Auftaktveranstaltungen zu thematischen FTI-Initiativen) ein Punkt auf der Agenda für Projektskizzen reserviert wird, um Projektideen kurz (in 3 bis 5 Minuten) zu skizzieren und auch gleich darauf durch Feedback aus dem Plenum zu diskutieren.

► Projektantragsphase und Evaluierung

Projektanträge sollten im Gegensatz zu manchen bisherigen Ausschreibungen wenn möglich auch in Englisch verfasst werden können bzw. sollte die Sprachwahl (Deutsch oder Englisch) dem Antragsteller überlassen werden. Dies erklärt sich durch die verwendete technische Terminologie und der relativ kleine Kreis von versierten Begutachtern im deutschsprachigen Raum. Es sollte weiters auch darauf geachtet werden, besonders bei deutschsprachigen Anträgen auch genügend Begutachter mit Industrienähe heranzuziehen. Bei Ablehnung eines Projektantrages sollte sichergestellt sein, dass

¹⁰⁷ Siehe hierzu Fußnote 101

ähnlich wie bei den wissenschaftlichen Journalen auch den Begutachtern dieser Umstand mitgeteilt wird. Dadurch erhalten externe Personen, welche auf internationaler Ebene immer noch mit den Förderwerbern in Kontakt stehen, keinen verfehlten Eindruck über die Aktivitäten der Projektwerber (z.B. bei Ablehnung eines gut fundierten Antrages aufgrund fehlenden Budgets).

Für die Antragstellung sollte bei größeren Projekten auch ein zweistufiges Verfahren angedacht werden. Hier sollten allerdings Nachteile einer daraus folgenden längeren Antragsphase genau abgewogen werden. Eine bis zu zweimonatige Verlängerung des Evaluierungsprozesses, der auch eine dementsprechende Verzögerung des Projektstarts im Fall einer Förderzusage bedingt, wäre für viele Fördernehmer akzeptabel. Es sei ebenso erwähnt, dass manche nationale/regionale Förderagenturen (zB WWTF) aufgrund der starken Überzeichnung bereits auf einen derartigen Modus gewechselt haben. Unabhängig von der vorläufigen Förderentscheidung nach der ersten Stufe wird kein Feedback an den Antragsteller gegeben. Eine mögliche Schwelle für zweistufige Verfahren könnte durch die Projektgröße (z.B. >1 M€) definiert werden. Solche Projektgrößen sind in Zusammenhang mit Photonik üblich, da es hier vermehrt um kostenintensive Technologieentwicklung geht, da zum Beispiel im Vergleich zur Mikroelektronik auf technologischer Ebene neuartige und kostspieligere Prozesse und Komponenten eingesetzt werden. Eine solche zieht bereits in der Projektantragsphase intensive technologische Überlegungen mit sich. Das Risiko einer sich extensiv zeitlich zu Buche schlagenden Anbahnungsphase, d.h. von der Projektidee bis zur Volleinreichung, kann durch ein zweistufiges Verfahren größtenteils vermieden werden. Für Projekte, die nicht zur 2. Stufe zugelassen werden, entstehen damit geringere Aufwände.

Projektanträge für kleinere Vorhaben sollten in vertretbarem Rahmen gehalten werden können, d.h. die Formalien sollten einfacher sein. Sondierungen, die vor allem auf FET-Themen abzielen und zudem budgetär stark limitiert sind, könnten sich am *Short Proposal* vom europäischen FET-Programm orientieren. Hier werden Vorhaben auf wenigen Seiten mit nur mit kürzerer State-of-the-Art-Analyse, einfacherer Methodik und zusammenfassender Innovationsdarstellung skizziert.

► **Förderinstrumente anpassen: Strukturen themenmäßig adaptieren**

Vorhandene Förderinstrumente decken den Bedarf gut ab. Bei Leuchtturmprojekten gilt es vor allem, den Schwachpunkt des eher dürftigeren Outputs ehemaliger Integrierter Projekte auf EU-Ebene (nun mit H2020 als „large contributions“ geführt) zu vermeiden und diese dementsprechend fokussiert zu organisieren. Für Sondierungen sollte die Option einer zweijährigen Laufzeit bestehen.

► **Verankerung von Photonik in nationalen Strategiedokumenten**

Empfehlenswert ist weiter eine stärkere Verankerung von Photonik in nationalen Strategiedokumenten. Wie der Vergleich mit anderen Innovationssystemen zeigt, verfügen vor allem jene Länder, die eine elaborierte Förderlandschaft im Bereich Photonik aufweisen, über klare strategische Grundlegendokumente, die die Förderaktivitäten an den gesetzten Prioritäten ausrichten.

► **Strukturbildende Maßnahmen durch die Plattform Photonik Austria absichern**

Als für die Gesamtentwicklung des Feldes wichtige Unterstützung wird die Plattform Photonics Austria angesehen, deren Aktivitäten z.B. in die Richtung einer intensiveren Beratung und Information hinsichtlich Förderschienen, die Firmen für ihre spezifischen Entwicklungen in Anspruch nehmen können/sollen, weiter ausgebaut werden sollen.

8.4 Sektorspezifische Empfehlungen

8.4.1 Photonik für Informations- und Kommunikationstechnologien

► Koordination österreichischer Stakeholder/innen auf EU-Ebene und thematische Anpassung von Förderinstrumenten

Thematische Koordination sollte sowohl auf EU-Ebene als auch national stattfinden. Dies erfolgt im europäischen Kontext über die thematisch zuständigen Technologieplattformen. Obwohl die österreichische Präsenz bei Photonics21 mit 4 von 100 Vertreter/innen im Board-of-Stakeholder gegeben ist, sollten ebenso photoniknahe Plattformen adressiert werden. Genannt sei hier im IKT Bereich die Plattform NetWorld2020, welche speziell das 5G-PPP bedient. Dieses PPP betrifft in 2 von 4 Themengebieten (dort als „Strands“ geführt) die primären Geschäftsfelder heimischer Unternehmen. In der dem PPP zugehörigen Plattform NetWorld2020 sind derzeit 24 österreichische Mitglieder (insgesamt: 1092) registriert, es gibt jedoch derzeit keine/n österreichischen Vertreter/in im Steering Board. Die Anzahl der Mitglieder wäre hier ausbaufähig, da sich selbst größere und relevante heimische Unternehmen nicht über diese aus der IT stammende Plattform und deren Agenden bewusst sind. Eine koordinierte Teilnahme würde es erleichtern, eine/n nationalen Vertreter/in per Wahl der Mitglieder in das Steering Committee zu bringen. Die nächste Funktionsperiode dieses Gremiums soll nach entsprechenden Wahlen mit Juli 2016 starten.

Spezifische nationale Programme, die auch Themen zur Schlüsseltechnologie Photonik vorsehen, wie dies in der FTI-Initiative „IKT der Zukunft“ der Fall ist, sollten ausreichend Budget für themenoffene Vorhaben bieten, um eine kontinuierliche Forschungsförderung für längerfristige Produktentwicklung zu ermöglichen. Dabei sei darauf hingewiesen, dass Kommunikationstechnologien in Verbindung mit Photonik – im Gegensatz zu anderen nationalen Förderprogrammen (siehe bspw. das ambitionierte Photonik-Programm in Deutschland) – in keiner anderen nationalen Förderschienen explizit vorgesehen sind und lediglich durch die Initiative „IKT der Zukunft“ abgedeckt ist. Die letzte Ausschreibung 2014 sieht hier lediglich 26% des gesamten Förderbudgets vor. Dieses themenoffene Budget sollte zudem nicht mit weiteren themenspezifischen Vorgaben belastet werden, wie dies 2014 der Fall war. Eine solche Vorgehensweise resultiert letztendlich in einer starken Überzeichnung mit förderwürdigen Projekten, denen keine Förderung zukommt.

Den nationalen Förderprogrammen kommt im Zuge der auf EU-Ebene etablierten PPP-Modelle eine größere Rolle zu, da die letzteren bereits auf nationale Kompetenzen aufbauen und vorhandene Technologien auf EU-Ebene den Anwendungen zuführen anstatt Technologie von Grund auf zu entwickeln. Technologieentwicklung im Bereich der Photonik sollte daher auch in nationalen Programmen gefördert werden, um im europäischen Kontext mit entsprechenden Prototypen für eine weitere anwendungsorientierte Evaluierung präsent zu sein. Ein solches Modell wird derzeit im 5G PPP praktiziert.

► Zugang zur nationalen F&E-Infrastruktur für nationale Unternehmen erleichtern

Um einen unkomplizierten Zugang zu State-of-the-Art-F&E-Infrastrukturen zu gewährleisten, wird zunächst zwischen Produktionseinrichtungen und Evaluierungseinrichtungen unterschieden. Das Angebot an Produktionseinrichtungen wird vor allem durch Reinräume abgedeckt, welche durch akademische und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, aber auch von Leitunternehmen betrieben werden. Da der Unterhalt für solche Einrichtungen sehr kostspielig ist, kann hier ein

Foundry-Modell¹⁰⁸ für externe Partner Abhilfe schaffen. Die Zugangskosten werden dabei gesenkt, wobei gleichzeitig eine effizientere Auslastung von Reinräumen erreicht wird. Im europäischen Kontext wird ein solches Modell im Bereich der Photonik bereits angewendet, z.B. über die Broker JEPPIX¹⁰⁹ oder ePIXfab¹¹⁰. National sollten hier sowohl die Verfügbarkeit von Produktionsanlagen erhoben, als auch die in diesen eingesetzten technologischen Prozesse erfasst werden. Ebenso sollte ein Mechanismus für einen kontrollierten Zugang für externe Partner bei geförderten Produktionsanlagen (z.B. durch Vorhaben im Modus einer Pilotfabrik) angedacht werden – um derartig kostspielige Investitionen auf nationaler Ebene möglichst effektiv auszulasten.

Für KMU und vor allem Start-ups, welche innovative Ansätze verfolgen, jedoch selbst mit dem Design von Chips überfordert sind, können akademische Partner, welche diese Kompetenz aufweisen und zudem mit den Foundries bereits bestens vertraut sind, Abhilfe schaffen. Auf europäischer Ebene wurde ein solches One-Stop-Shop-Modell im Bereich Photonik durch ACT-PHAST¹¹¹ realisiert, im Zuge dessen auch zunächst die Machbarkeit von Integrationsvorhaben geprüft werden kann. Dies setzt vor allem jene Hemmschwelle herab, welche KMU begegnen, wenn sie in das relativ junge und noch undurchsichtige Gebiet der Photonik eintreten. Die Vermittlung von derartigen Hilfestellungen könnte über die nationale Technologieplattform Photonik Austria als zentraler Anlaufpunkt abgewickelt werden.

Der Zugang zu Evaluierungsumgebungen sollte durch ein virtuelles Labor gegeben sein. Ein solches bündelt die Kompetenzen und Möglichkeiten von nationalen universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auf unterschiedlichen Forschungsgebieten und stellt somit als Verbund von Laboreinrichtungen ein einzigartiges Angebot an Mess- und Charakterisierungsinstrumenten zur Verfügung. Dadurch stehen einerseits aktuellere und sehr spezielle Instrumente, und andererseits auch eine größere Auswahl zur Verfügung. Das aktuelle Angebot an Messeinrichtungen und die Verfügbarkeit von Instrumenten und Personal kann dabei von externen Interessenten unkompliziert auf einer Webseite abgefragt werden. Heimische F&E-Einrichtungen stellen bereits jetzt gezielt den Industrieunternehmen deren Infrastruktur für spezielle Messaufgaben zur Verfügung. Diese Interaktion beschränkt sich derzeit jedoch auf einige wenige Fälle, die meist von gemeinsam durchgeführten Projekten herrühren.

Auf EU-Ebene ist im Bereich der Photonik vor allem das virtuelle Labor von EURO-FOS diesem Beispiel gefolgt, wurde jedoch mit Ende von FP7 aufgrund des damaligen Network-of-Excellence-Charakters eingestellt. Es empfiehlt sich zudem, Kompetenzen aus mehreren Bereichen einzubinden, um auf diesem Weg das virtuelle Labor thematisch breit zu fächern. Im Bereich der photonik-bezogenen IKT gilt dies vor allem für die Hochfrequenztechnik. Mittelfristig sollten jedoch auch Kompetenzen zu FET zugänglich sein (z.B. Quantentechnologie). Da in Österreich eine starke Industriepräsenz im Bereich der Chiptechnologie gegeben ist, sollte ein virtuelles Labor ebenso die Kompetenzen des Wafer-Probing (phys. Fehleranalyse, spezielle Kontaminationsuntersuchungen, mechanischer Stress, etc.) abdecken. Letztendlich spielen auch Kompetenzen im elektro-optischen *Packaging* eine immer relevantere Rolle. Bei der Realisierung eines virtuellen Labors ist jedoch auch die Bereitstellung von F&E-Infrastruktur zu vergüten. Industriepartner können hier einen Beitrag für den Betrieb der Infrastruktur gemäß der vereinbarten Nutzung leisten. Ein solches Modell wird in

¹⁰⁸ Bei einem Foundry-Modell, welches oft für Halbleitertechnologie angewandt wird, handelt es sich um ein Konzept bei welchem die enormen Kosten für die Produktion von Halbleiterbauelementen gesenkt werden. Es schließen sich hier in der Regel Halbleiterhersteller eng zusammen, um Fertigungsprozesse zu realisieren und Services anzubieten.

¹⁰⁹ JePPIX InP Photonics Platform, See: www.jepix.eu

¹¹⁰ ePIXfab Silicon Photonics Platform, See: www.epixfab.eu

¹¹¹ EU ACT-PHASE Project, See: www.actphast.eu

Schweden¹¹² (GHz-Center in Göteborg) erfolgreich betrieben, wenn auch in diesem Fall mit zusätzlichen nationalen Fördermitteln. Nachfrage zu einem virtuellen Labor ist ebenso von Seiten nationaler Leitunternehmen gegeben.

Um schlussendlich auch Gesamtsysteme und die Interoperabilität von einzelnen Komponenten realitätsnah evaluieren zu können, wird die Bereitstellung eines größeren Demonstrators empfohlen. Im Bereich der IKT kann dies z.B. eine Smart-City Umgebung sein, die durch das Internet-of-Things-Paradigma unterstützt wird und auch Nutzer/innen einbindet, die nicht Teil des Projektteams sind. Entscheidend ist dabei, die gesamte Wertschöpfungskette abzubilden, d.h. vom neu entworfenen Chip über moderne Generationen von Kommunikationsnetzen bis zur Cloud-Applikation. Dies würde bei nationalen Projekten ebenso den fehlenden Systemanbieter in der nationalen Wertschöpfungskette ersetzen. Ein prominentes Beispiel ist die Plattform „Bristol is open“¹¹³, welche eine derartige Testumgebung errichtet hat und einen technologisch offenen Zugang zu dieser Umgebung anbietet, um sowohl Hardwaretechnologie als auch Softwareapplikationen zu evaluieren. Eine derartige Testumgebung könnte sich gemäß dem Instrument der Pilotfabrik realisieren lassen.

► Absicherung der nationalen Wissensbasis durch die Entwicklung und Bewerbung von Ausbildungsprogrammen im Bereich Photonik

Existierende Anstrengungen zu Gender-Programmen und dem Bewerben von MINT-Fächern sollten weiter ausgebaut werden. Unterstützung kann hier einerseits von entsprechenden Kampagnen in Unterstufen mittels anschaulichen Hands-On-Experimenten erfolgen, z.B. basierend auf dem Photonics Explorer-Koffer, welcher über die europäische Photonics21 Plattform für diese Zwecke nahegelegt wird. Eine weitere Möglichkeit bieten entsprechende Disseminationsmaßnahmen von akademischen und außeruniversitären Forscher/innen. Gemäß dem Marie-Sklodowska-Curie-Ansatz kann hier im Zuge von Projektförderungen eine „Ambassador“-Funktion nahegelegt werden. Der direkte Kontakt der Forscher/innen mit Schulen, etwa in Form eines Labortages, kann so die Bewusstseinsbildung zu photonikorientierten Studienrichtungen fördern. Derartige Tätigkeiten könnten ebenso – ähnlich wie beim europäischen Marie Skłodowska-Curie-Programm in die Disseminationsanforderungen von (größeren) Projekten aufgenommen werden. Eine weitere Maßnahme, um die Attraktivität von photonikrelevanten Tätigkeiten zu untermauern, ist das direkte Einbinden von Endnutzern in Leitprojekte, wie es zum Beispiel auch im Fall des Smart-City Demonstrators „Bristol is open“ der Fall ist.

8.4.2 Photonik für Life Sciences & Health

► Thematische Förderung an der Schnittstelle zwischen photonischen Technologien und Anwendungen im Life Sciences & Health-Bereich

Als wirkungsvolle Maßnahme, um das in Österreich definitiv vorhandene Innovationspotential im Bereich in diesem Themenbereich zu stärken, wird die Einrichtung eines Förderprogramms an der Schnittstelle zwischen photonischen Technologien und Anwendungen im Life Sciences & Health-Bereich empfohlen. Als Vorbild kann die Nano-Initiative dienen. Das Hauptaugenmerk sollte auf hardwareorientierte technologische F&E-Fragestellungen gelegt werden, softwarelastige sollten eher nicht im Vordergrund stehen. Thematisch sollten innerhalb des Überbegriffs „Life Sciences & Health“

¹¹² GHz Center, See: www.chalmers.se/en/centres/ghz/Pages/default.aspx

¹¹³ <http://www.bristolisopen.com/>

keine signifikanten Einschränkungen vorgenommen werden. Die Fokussierung einzelner Ausschreibungsrunden könnte maximal „branchenspezifisch“ vorgenommen werden (Photonische Technologien für „Mobile Health“, „bildgebende diagnostische Verfahren“, „therapeutische Methoden“)

► **Verstärkte Förderung am unteren und am oberen Ende des Spektrums technologischer Entwicklungen**

Die Förderungsmaßnahmen sollten hinsichtlich des technologischen Reifegrades der Vorhaben sowohl am unteren (Konzeptebene), als auch am oberen Ende (marktnahe Aktivitäten) des technologischen Entwicklungsspektrums erweitert werden. Bei F&E-Vorhaben auf der Konzeptebene sollte zwar das Verwertungspotential dargelegt werden, eine Einbindung von potentiellen Verwertungspartnern sollte aber nicht zwingend erforderlich sein bzw. in die Bewertung einfließen. Auf der marktnahen Seite sind Maßnahmen, die Firmen z.B. bei der Vorbereitung des Inverkehrbringens von medizinisch-technischen Geräten unterstützen (hoher Aufwand bei Zertifizierung) gefragt.

8.4.3 Photonik für Sensorik und Security

► **Verbesserte Förderung produktionsnaher Entwicklung**

Aus der Analyse der Interviews ergibt sich ziemlich flächendeckend der firmenseitige Bedarf/Wunsch vor allem nach einer deutlich besseren Förderung produktionsnaher Entwicklung bzw. der Umsetzung von Prototypen in die Serienreife. Dies wurde als besonders kritischer Punkt deutlich herausgearbeitet.

► **Sicherstellung der Kontinuität der Förderung von Entwicklungsvorhaben**

Eine weitere wichtige Förderfrage betrifft eine gegenüber dem jetzigen Status erhöhte Sicherstellung der Kontinuität der Förderung von Entwicklungsvorhaben von den Grundlagen bis zu marktnahen TRLs (inkl. Produktentwicklung) bzw. der „Durchförderung“ einer Produktentwicklung von den Grundlagen – unter Voraussetzung der Erreichung der angestrebten inhaltlichen Ziele.

► **Vereinfachung des bürokratischen Aufwands für Start-ups und KMU**

Eine Vereinfachung des bürokratischen Aufwands zur Beantragung von Förderungen besonders für Startups und KUs/KMUs ist wünschenswert, da in diesem Bereich die Personalressourcen für komplexe/aufwändige administrative Abläufe firmenseitig nicht zur Verfügung stehen.

► **Einrichtung und Management von Investoren-Plattformen**

Im Hinblick auf die Unterstützung von vor allem Umsetzungen von Entwicklungsvorhaben in Produkte sollte die Einrichtung und das Management von Investoren-Plattformen durch die öffentliche Hand angedacht werden, um besonders Startups/KMU in der Generierung von Kapital zur Produktumsetzung zu unterstützen.

► **Spezifische Förderung von Inhalten im Sensorik-Bereich**

Besonders aktuelle Inhalte des Sensorik-Bereichs, wie z.B. die sichere Wireless-Übertragung von Sensordaten sollten in Ausschreibungen stärker Berücksichtigung finden.

8.5 Resümee

- Um die nationale Themenlandschaft auch im europäischen Kontext der Forschungsförderung zu etablieren, ist die Präsenz in europäischen Technologieplattformen zu stärken. Eine koordinierte Teilnahme relevanter Unternehmen in den Gremien zu Photonics21 und NetWorld2020 ist hier erforderlich, um die PPP-getriebenen H2020-Programme dementsprechend zu formen. Während der Anteil der österreichischen Stakeholder/innen in Photonics21 derzeit zufriedenstellend ist, ist die Beteiligung bei anderen europäischen Plattformen wie etwa NetWorld2020 ausbaufähig.
- Parallel zu europäischen Forschungsförderungsprogrammen sollten nationale Programme die Schlüsseltechnologie „Photonik“ dahingehend berücksichtigen, dass der Fokus von Ausschreibung nicht zu sehr einengend wirkt. Programme wie „IKT der Zukunft“ sollten ausreichend themenoffenes Budget bereitstellen, da dieses derzeit nur etwa ein Viertel des Gesamtförderbudgets ausmacht. Dies ist notwendig, da es in Österreich keine rein auf Photonik ausgerichtete Programmlinie gibt, wie dies etwa im ambitionierten Förderprogramm „Photonik Forschung – Deutschland Licht mit Zukunft“ (2012-2020) mit einem jährlichen Budget von 100 Mio. EUR der Fall ist. In H2020 wird jedoch vermehrt auf nationale Anstrengungen aufgebaut, wie etwa im 5G PPP, bei welchem bestehende Technologien der Anwendungsebene zugeführt werden und die intensive Technologieentwicklung auf Komponentenebene weit weniger im Fokus steht.
- Bei der Erschließung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien im Photonik-Bereich und deren Randgebiete Mikroelektronik und Hochfrequenztechnik ist es zentral, ausreichend Möglichkeiten zur genauen Charakterisierung und Evaluierung zu haben. Hier empfiehlt sich die Etablierung eines virtuellen Labors durch universitäre und außer-universitäre Forschungseinrichtungen, welches den Bedarf der heimischen industriellen Unternehmen an neuesten und sehr speziellen Wafer-Probing-, Mess- und Charakterisierungsinstrumenten abzudecken vermag. Durch ein solches Instrument erhalten Unternehmen einen raschen und unkomplizierten Zugang zu genau der Infrastruktur, die bei komplexen Vorhaben mit Einsatz von multiplen Technologien erforderlich ist – und im weiteren Schritt ebenso Zugang zu Future Emerging Technologies.
- Um schlussendlich die Performance und Interoperabilität entwickelter Technologien evaluieren zu können, ist eine lückenlose Testumgebung erforderlich, wie sie etwa auch im Smart City-Kontext anzutreffen ist. Im IKT-Bereich beinhaltet dies die gesamte Wertschöpfungskette, vom Chip bis in die Cloud – unter Einsatz von Hardware und Software. National sollte eine solche technologisch offene Testumgebung als Leitprojekt in Synergie mit bestehenden Anstrengungen zu Smart Cities realisiert werden, unter Einbeziehung moderner 5G-Kommunikationstechnologie. Beispiele auf europäischer Ebene haben sich dahingehend bereits bewährt.
- Für photonische Technologien eröffnen sich unter dem Hintergrund des Wandels im Gesundheitssystem und des anbrechenden Zeitalters des Internets der Dinge eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten im Bereich Life Sciences & Health. Die große Diversität der Anwendungsmöglichkeiten bietet gerade für KMUs großes Innovationspotential in

Nischenbereichen. Um österreichische Unternehmen bei der Nutzung dieser Chancen optimal zu unterstützen, sollte bei der Photonikförderung das Anwendungsfeld „Life Sciences & Health“ entsprechend berücksichtigt werden.

- Um die nationale Wissensbasis abzusichern, ist es weiterhin erforderlich, MINT-Fächer zu bewerben und Gender-Programme zu erhalten. Da Photonik ein relativ junges Technologiefeld ist und es hier außerhalb der Forschungsstätten noch zu keiner breiten Bewusstseinsbildung gekommen ist, empfiehlt es sich zudem, verstärkt auf das Thema „Photonik“ in Schulen einzugehen. Dies kann vor allem durch den Einsatz von Lernkoffern (z.B. Photonics Explorer) und durch den persönlichen Einsatz von Forscher/innen als „Photonics Ambassador“ im Zuge von geförderten F&E-Projekten erfolgen. Hierfür eignet sich ebenso die Einbindung von externen Endnutzern in Evaluierungsumgebungen, etwa im Kontext von Smart Cities.

9 Verwendete Quellen

9.1 Literatur

- AIM Research (2007): Developing Photonics Clusters – Commonalities, Contrasts and Contradictions, London.
- ams AG: “ams offers More Than Silicon in optoelectronics”, Press release, Aug. 2015, See: <http://ams.com/eng/Press-Center/Press-Releases/Optoelectronics>
- Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2002): Förderprogramm Optische Technologien, Berlin.
- Deutsches Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2011): Förderprogramm „[Photonik Forschung Deutschland – Licht mit Zukunft](#)“, Berlin.
- Butter, M./Leis, M./Sandtke, M./McLean, M./Lincoln, J./Wilson, A. (2011): The Leverage Effect of Photonics Technologies: the European Perspective, Study prepared for the European Commission, DG Information Society and Media under reference SMART 2009/0066, Brüssel.
- Butter, M./Fischer, N./Gijsbers, G./Hartmann, C./de Heide, M./ van der Zee, F. (2014): Horizon 2020: Key Enabling Technologies (KETs), Booster for European Leadership in the Manufacturing Sector, Brüssel.
- Canadian Photonics Consortium (2009): Photonics in Canada, o.O.
- EAC– Euro Asia Consulting PartG (2015): Political Steering Processes in Asia Aimed at the Photonics Industry (Executive Summary), München.
- Electronic Components and Systems for European Leadership (ECSEL) Joint Undertaking (2014): [2015 Multi Annual Strategic Research and Innovation Agenda for the ECSEL Joint Undertaking – MASRIA 2015](#).
- European Commission, DG INFSO, Photonics Unit (2010): An Overview of Photonics Innovation Clusters and National Technology Platforms in Europe, Brüssel.
- European Commission, DG Growth (2015): Key Enabling Technologies (KETs) Observatory, First annual report May 2015, Brüssel.
- European Technology Platform Photonics21 (2010): [Second Strategic Research Agenda „Lighting the way ahead“](#).
- Fouckhart, H. (1994): Photonik, Teubner.
- Hartmann, C./Jakopic, G./Breitfuss, M./Schmidt, V./Veres, E. (2010): Photonik in Wien. Kurzanalyse, Graz.
- Hartmann, C./Jakopic, G./Sternner, C. (2012): Potenzialstudie – Photonik/optische Technologien am Wirtschaftsstandort Wien, Graz.
- Höglinger A./Säckl J., Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), Vortragsunterlagen vom 22.9.2015: [Österreichs Position und neue Chancen in Horizon 2020](#)
- Land Brandenburg (2014): Regionale Innovationsstrategie des Landes Brandenburg (innoBB plus), o.O.
- Land Brandenburg (2014): Operationelles Programm des Landes Brandenburg für den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in der Förderperiode 2014-2020, o.O.
- Lincoln, J./Butter, M./Wilson, A./McLean, M./Tober, U. (2011): Die Hebelwirkung der Photonik in Europa, Photonik 4/2011, S. 44-47.
- List, E.J.W./Pstuka, S. (2008): Photonik in Österreich. NanoTecCenter Weiz Forschungsgesellschaft mbH in Zusammenarbeit mit der Vereinigung High Tech Marketing.
- Nanophotonics Europe Association (2012): „[Nanophotonics – A Forward Look](#)“.

- Optoelectronics Industry and Technology Development Association (OITDA) (2014): [„Annual Technical Report 2013“](#).
- Ottawa Photonics Cluster (o.J.): Ottawa Photonics Cluster Capabilities Directory, Ottawa.
- Phaal, R./Farrukh, C./Probert, D. (2004): Technology Roadmapping – A planning framework for evolution and revolution, in: Technological Forecasting & Social Change (71, 2004), 5-26.
- Phaal, R./Farrukh, C./Probert, D. (2005): Developing a Technology Roadmapping System, Engineering Department, University of Cambridge, Portland International Conference on Management of Engineering and Technology PICMET (2005), (Volume: 2005, Issue: 1, Publisher: Ieee), 99-111.
- Reider, G.A. (1997): Photonik, Springer.
- Technische Universität Wien, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, , Statistik 2013-14. „Abschlüsse im Studium der Elektrotechnik an der TU Wien“.
- Van de Felde et al. (2013): Production and trade in KETs-based products: The EU position in global value chains and specialization patterns within the EU.
- Van de Velde, E./Rammer, C./de Heide, M./Pinaud, F./Verbeek, A./Gehrke, B./Mertens, K./Debergh, P./Schliessler, P./van der Zee, F./Butter, M. (2013): ‘Feasibility study for an EU Monitoring Mechanism on Key Enabling Technologies’, Brussels: European Commission.

9.2 Datenbanken

- EPO-PATSTAT
- PRODCOM (<http://ec.europa.eu/eurostat/web/prodcom/data/database>)
- COMTRADE (<http://comtrade.un.org/>)

10 Anhang

10.1 Für Photonik relevante IPC Klassen¹¹⁴

IPC Klasse	Beschreibung
F21K	Beleuchtung
F21V	
F21Y	
G01D 5/26	Instrumente zum Messen und Prüfen: Anzeigen oder Aufzeichnen in Verbindung mit Messen allgemein; Einrichtungen oder Instrumente zum Messen von zwei oder mehr Veränderlichen, soweit nicht von einer anderen Unterklasse umfasst; Tariffmessgeräte; Übertragungs- oder Umwandlungseinrichtungen, die nicht an eine spezielle Veränderliche angepasst sind; Messen oder Prüfen, soweit nicht anderweitig vorgesehen
G01D 5/58	
G01D 15/14	
G01G 23/32	Instrumente zum Messen und Prüfen: Wägen
G01J	Instrumente zum Messen und Prüfen: Messen der Intensität, der Geschwindigkeit, der spektralen Zusammensetzung, der Polarisierung, der Phase oder der Pulscharakteristik von infrarotem, sichtbarem oder ultraviolettem Licht; Farbmessung; Strahlungspyrometrie
G01L 1/24	Instrumente zum Messen und Prüfen: Messen von Kraft, mechanischer Spannung, Drehmoment, Arbeit, mechanischer Leistung, mechanischem Wirkungsgrad oder des Drucks von Fluiden
G01L 3/08	
G01L 11/02	
G01L 23/06	
G01M 11	Instrumente zum Messen und Prüfen: Prüfen der statischen oder dynamischen Massenverteilung rotierender Teile von Maschinen oder Konstruktionen; Prüfen von Konstruktionsteilen oder Apparaten, soweit nicht anderweitig vorgesehen
G01P 3/36	Instrumente zum Messen und Prüfen: Messen der Linear- oder Winkelgeschwindigkeit, der Beschleunigung, der Verzögerung oder des Stoßes; Anzeigen des Vorhandenseins oder Fehlens einer Bewegung; Anzeigen der Richtung einer Bewegung
G01P 3/38	
G01P 3/68	
G01P 5/26	
G01Q 20/02	Instrumente zum Messen und Prüfen: Rastersondentechniken oder Vorrichtungen hierfür; Anwendung von Rastersondentechniken, z.B. Rastersondenmikroskopie [Scanning-Probe Microscopy = SPM]
G01Q 30/02	
G01Q 60/06	
G01Q 60/18	
G01R 15/22	Instrumente zum Messen und Prüfen: Messen elektrischer Größen; Messen magnetischer Größen
G01R 15/24	
G01R 23/17	
G01R 31/308	
G01R 33/032	
G01R 33/26	
G01S 7/481	Instrumente zum Messen und Prüfen: Funkpeilung;

¹¹⁴ Siehe Van de Velde et al. (2013), S. 51

	Funknavigationssysteme; Bestimmen der Entfernung oder der Geschwindigkeit mittels Funkwellen; Orten oder Ermitteln der Anwesenheit mittels Reflexion oder Wiederausstrahlung von Funkwellen; vergleichbare Anordnungen mit anderen Wellen
G01V 8	Instrumente zum Messen und Prüfen: Geophysik; Gravitationsmessungen; Aufspüren von Massen oder Gegenständen; Objektmarkierungen
G02B 5	Optische Elemente, Systeme oder Geräte
G02B 6 (mit Ausnahme der Unterklassen 1, 3, 6/36, 6/38, 6/40, 6/44, 6/46),	
G02B 13/14	
G03B 42	Geräte oder Anordnungen zum Aufnehmen, Projizieren oder Betrachten von Fotografien; Geräte oder Anordnungen, die sich vergleichbarer Techniken unter Verwendung von nicht optischen Wellen bedienen; Zubehör dafür
G03G 21/08	Elektrografie; Elektrofotografie; Magnetografie
G06E	Rechner mit optischen Recheneinrichtungen
G06F 3/042	Elektrische digitale Datenverarbeitung
G06K 9/58	Erkennen von Daten; Darstellen von Daten; Aufzeichnungsträger; Handhabung von Aufzeichnungsträgern
G06K 9/74	
G06N 3/067	Rechnersysteme, basierend auf spezifischen Rechenmodellen
G08B 13/186	Signalisier- oder Rufsysteme; Befehlsstelegraphen; Alarmsysteme
G08C 19/36	Übertragungssysteme für Messwerte, Regel-, Steuer- oder ähnliche Signale
G08C 23/04	
G08C 23/06	
G08G 1/04	Anlagen zur Steuerung, Regelung oder Überwachung des Verkehrs
G11B 7/12	Informationsspeicherung mit Relativbewegung zwischen Aufzeichnungsträger und Wandler
G11B 7/125	
G11B 7/13	
G11B 7/135	
G11B 11/03	
G11B 11/12	
G11B 11/18	
G11B 11/42	
G11C 11/42	Statische Speicher
G11C 13/04	
G11C 19/30	
H01J 3	Elektrische Entladungsröhren oder Entladungslampen
H01J 5/16	
H01J 29/46	
H01J 29/82	
H01J 29/89	
H01J 31/50	
H01J 37/04	
H01J 37/05	
H01J 49/04	
H01J 49/06	
H01L 31/052	Halbleiterbauelemente; elektrische Festkörperbauelemente, soweit nicht anderweitig
H01L 31/055	

H01L 31/10	vorgesehen
H01L 33/06	
H01L 33/08	
H01L 33/10	
H01L 33/18	
H01L 51/50	
H01L 51/52	
H01S 3	Vorrichtungen, die stimulierte Emission verwenden
H01S 5	
H02N 6	Elektrische Maschinen, soweit nicht anderweitig vorgesehen
H05B 33	elektrische Heizung; elektrische Beleuchtung, soweit nicht anderweitig vorgesehen

10.2 Interviewleitfaden

Feedback zum Angebot der FTI Förderung

A) Thematische Aspekte

► Wie hoch ist die Bedeutung globaler Technologie-Roadmaps für das Unternehmen?

- Welche Themen sind für Sie dabei besonders relevant?
- Wie fließen die Inhalte der globalen Technologie-Roadmaps in Ihre strategische Forschungsplanung ein?

► Gibt es thematische Defizite in bestehenden Förderprogrammen der EU (H2020 LEIT-ICT)?

- Wenn ja, welche Themen, speziell im Photonik-bezogenen IKT Bereich, werden aktuell vermisst?

► Gibt es thematische Defizite in bestehenden österreichischen Förderprogrammen?

- Wenn ja, welche Themen, speziell im Photonik-bezogenen IKT Bereich, werden aktuell vermisst?

► Welche Defizite auf EU Ebene sollten durch gezieltere österreichische Förderung kompensiert werden?

Defizit EU: _____

national: _____

► Was sehen Sie als zukünftig (ab 2016) relevante Forschungsthemen bzw. in welchen Anwendungsbereichen bestehen besondere Chancen für Ihr Unternehmen / für den Technologiestandort Österreich?

B) Strukturelle Aspekte

► Gibt es Teilbarrieren in bestehenden Förderprogrammen (z.B. EU H2020, FFG IKT der Zukunft / Produktion der Zukunft)? Wenn ja, welche?

EU: _____

national: _____

- Welche dieser Barrieren sind besonders relevant für Ihr Unternehmen?

▶ Wie relevant sind für Ihr Unternehmen nationale und regionale Forschungsinfrastrukturen (z.B.Labors, Reinräume etc.)

- Sehen Sie Defizite bzw. Lücken im aktuellen Angebot?

▶ ...und Shared Facilities (z.B. Reinräume)?

- Sehen Sie Defizite bzw. Lücken im aktuellen Angebot?
-

▶ Welche Maßnahmen zum Erfahrungsaustausch zwischen dem Sektor und Förderstellen wären wünschenswert?

C) KMUs und Start-ups:

▶ Mit welchen Herausforderungen sind KMUs und Start-up im Bereich Photonik in Österreich besonders konfrontiert?

▶ Wie sehr werden ihre Bedürfnisse durch die nationalen Förderstellen erfasst?

- Was könnte verbessert werden?

Verbesserungsvorschläge:

▶ Bestehen genügend Möglichkeiten zur Verbesserung des Dialogs zwischen relevanten Akteur/innen und den nationalen Förderstellen? Was funktioniert hier bereits gut?

- Was müsste hier (noch) verbessert werden?

D) Förderinstrumente

► Welche Förderinstrumente sind notwendig / wünschenswert?

- kooperative Forschungsprojekte Leuchtturmprojekte / nationales Flagship
- Sondierungen (1-jährige Projekte) Ausbildungsprogramme (z.B. Masterstudien)
- Pilotlines
- sonstige: _____

► Ist der bestehende Administrationsaufwand angemessen? Was könnte hier Ihrer Meinung nach noch verbessert werden?

► Ist ein 1- oder 2-stufiges Wettbewerbsverfahren geeigneter?

- einstufig zweistufig

► Wie wichtig sind aus Ihrer Sicht nicht-fiskalische Fördermaßnahmen (z.B. Technologieplattformen, Regulierungen, Erarbeitung von Standards?

- bzw. welche nicht-fiskalischen Fördermaßnahmen wären wünschenswert?
- _____

► Welche Hilfestellungen in der Vorbereitungsphase (z.B. Partnerbörse) wären notwendig?
