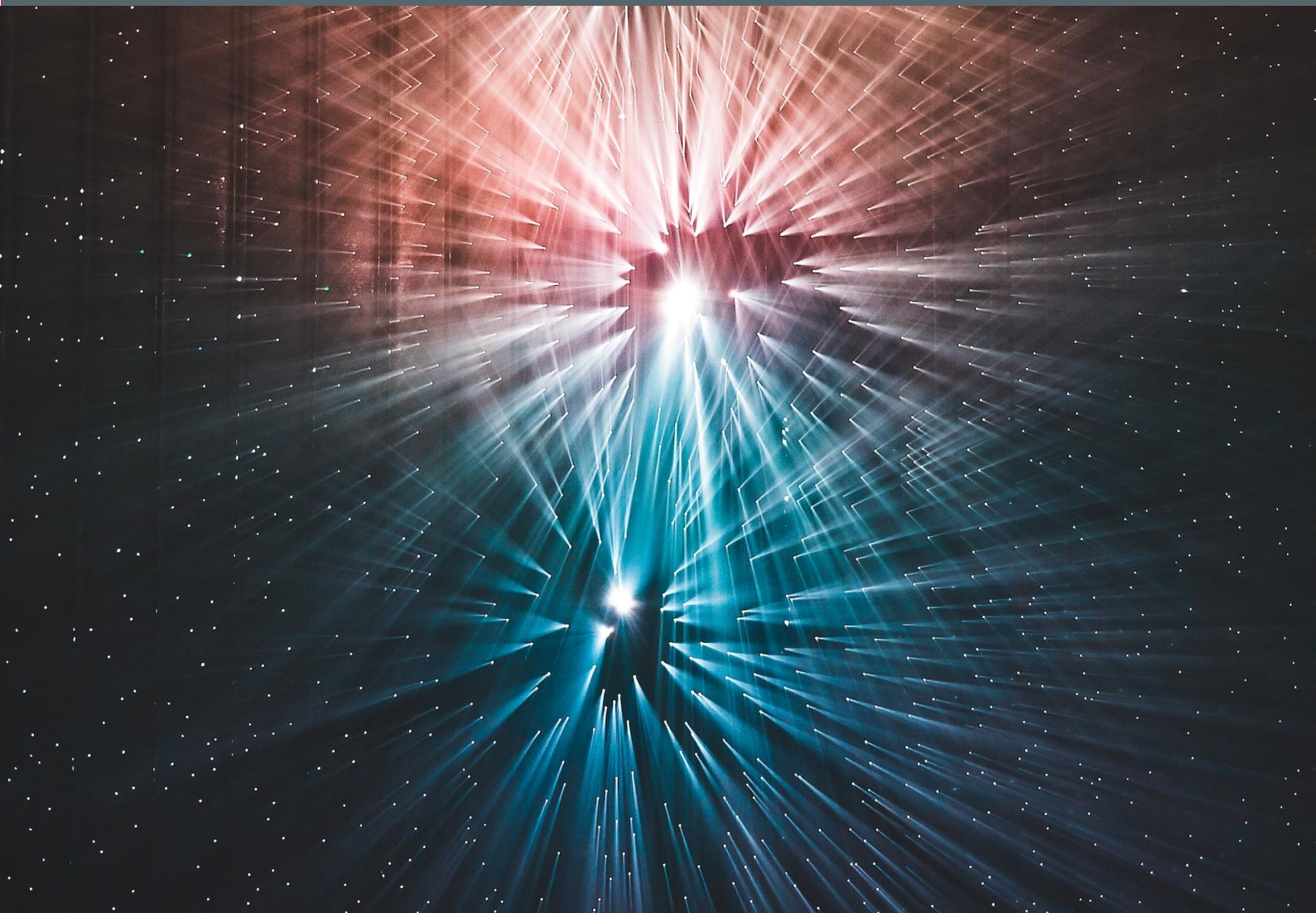




MITTELSTAND
GLOBAL
MARKTERSCHLIESSUNGS-
PROGRAMM FÜR KMU

Zielmarktanalyse

Geschäftsanbahnung Vereinigtes Königreich
Photonik



Durchführer

IMPRESSUM

Herausgeber

Trade Horizons Limited
Imperial House, 8 Kean Street
London WC2B 4AS
United Kingdom

Text und Redaktion

Alessandra Baldoni
Miriam Achenbach

Stand

April 2023

Gestaltung und Produktion

Trade Horizons Ltd.

Bildnachweis

Unsplash

Mit der Durchführung dieses Projekts im Rahmen des Bundesförderprogramms Mittelstand Global/ Markterschließungsprogramm beauftragt:



Das Markterschließungsprogramm für kleine und mittlere Unternehmen ist ein Förderprogramm des:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



MITTELSTAND
GLOBAL
MARKTERSCHLIESSUNGS-
PROGRAMM FÜR KMU

Die Studie wurde im Rahmen des Markterschließungsprogramms für das Projekt Geschäftsanbahnungsreise Vereinigtes Königreich Photonik 2023 erstellt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt.

Die Zielmarktanalyse steht der Germany Trade & Invest GmbH sowie geeigneten Dritten zur unentgeltlichen Verwertung zur Verfügung. Sämtliche Inhalte wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und nach bestem Wissen erstellt. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. Für Schäden materieller oder immaterieller Art, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der dargebotenen Informationen unmittelbar oder mittelbar verursacht werden, haftet der Herausgeber nicht, sofern ihm nicht nachweislich vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden zur Last gelegt werden kann.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	4
Abstract	6
1. Länderprofil	7
1.1 Allgemeine demographische Daten.....	7
1.2 Torbay, Glasgow und Wales: Hotspots der britischen Photonik-Industrie.....	8
1.3 Die Auswirkungen des Brexit in Verbindung mit COVID-19 und dem Ukraine-Krieg	10
1.4 Bilaterale Beziehungen (Deutschland – Vereinigtes Königreich)	14
1.5 SWOT-Analyse Vereinigtes Königreich (Allgemein).....	16
2. Photonik & Quantentechnologien im UK	17
2.1 Überblick.....	17
2.2 Photonik in digitalen Infrastrukturen und Telekommunikation	21
2.3 Photonik in der Gesundheitswirtschaft	27
2.4 Photonik in der Mobilität und der Raumfahrt	32
2.5 Photonik und Sicherheitstechnologien	35
3. Marktchancen und Wettbewerb	42
3.1 Marktsituation im Photoniksektor.....	43
3.2 Marktchancen in der Photonikindustrie	44
3.3 SWOT-Analyse (spezifisch Photonik).....	48
4. Rahmenbedingungen	49
4.1 Quo vadis Britannica – das UK im Post-Brexit	49
4.2 Gesetzeslage und rechtliche Vorgaben.....	50
4.3 Zoll- und Importinfos: eine erste Übersicht.....	51
4.4 Interkulturelle Geschäftspraxis	52
5. Marktakteure im Photoniksektor	54
5.1 Ministerien, Behörden, staatliche und private Institutionen, Hubs, Clusters, Universitäten und Verbände	54
5.2 Messen und Media	59
6. Quellenverzeichnis	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Regionen des Vereinigten Königreichs	7
Abbildung 2: Ansiedlung der britischen Photonik-Unternehmen	8
Abbildung 3: Clusterung der Photonik-Expertise in Großbritannien	8
Abbildung 4: Der Südwesten Englands	9
Abbildung 5: Offenheit des britischen Handels	11
Abbildung 6: Auswirkungen von Covid-19 auf die britische Wirtschaft	12
Abbildung 7: Jährliches Wachstum des BIP im Vereinigten Königreich von 1949 bis 2022	13
Abbildung 8: Die Top-5-UK-Exportwaren nach Deutschland in den vier Quartalen bis Ende Q3 2022 (in Mrd. £)	15
Abbildung 9: Die Top-5-Importwaren aus Deutschland in den vier Quartalen bis Ende Q3 2022 (in Mrd. £)	16
Abbildung 10: Gründe und Hindernisse für das Wachstum der britischen Wirtschaft	18
Abbildung 11: UK Photonics auf einen Blick	18
Abbildung 12: Vier Problemtypen mit Quantenvorteilen erschließen Hunderte von Anwendungsfällen bei technischer Reife	20
Abbildung 13: Schlüsselrends für die künftige Entwicklung der mobilen Wertschöpfungskette	22
Abbildung 14: Durchschnittliche monatliche mobile Daten (in GB) pro Nutzer im Vereinigten Königreich ...	24
Abbildung 15: Schlüsselzahlen der britischen Medizintechnikindustrie	29
Abbildung 16: Globaler IoT fähige Sensoren Markt im Jahr 2022 nach Segmenten	36
Abbildung 17: Sieben-Punkte-Aktionsplan zur Förderung von Partnerschaften und ausländischen Investitionen im Bereich Photonik und Mikroelektronik in der HotSW-Region.	42
Abbildung 18: Wie sehen Sie die aktuelle Situation / Leistung Ihres Betriebs im Vereinigten Königreich? ..	43
Abbildung 19: How to do Business in the UK	53
Abbildung 20: Verbreitung von Fachwissen im Bereich der optischen Kommunikation in UK	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schnelle Fakten über das Vereinigte Königreich	7
Tabelle 2: Projiziertes jährliches durchschnittliches reales britisches BIP-Wachstum nach Szenario	14
Tabelle 3: SWOT-Analyse Vereinigtes Königreich	16
<i>Tabelle 4: Aktueller Stand der Entwicklung der führenden Hardware</i>	<i>25</i>
Tabelle 5: Kosten-Wirksamkeits-Ergebnisse des Szenarios der teilweisen Einführung (standardisiert auf die Gesamtbevölkerung Bevölkerung - EWR-Raum)	28
Tabelle 6: Photonik für Gesundheit und Biowissenschaften	30
<i>Tabelle 7: Sicherheit, Sensorik und Verteidigung</i>	<i>38</i>
Tabelle 8: SWOT-Analyse Vereinigtes Königreich für den Photonik und Quantentechnologie Sektor	48
Tabelle 9: Deutsche und britische Anlaufstellen für rechtliche Informationen zum Vereinigten Königreich ..	50

Abkürzungsverzeichnis

ADAS	Advanced driver-assistance system
AMBER	Advanced Materials and Bioengineering Research Centre
AHK	Auslandshandelskammer
ASICs	Application-specific standard product chips
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CAGR	Compound annual growth rate
CAV	Connected and Autonomous Vehicles

DAAD	Deutschen Akademischen Austauschdienstes
DCMS	Department for Digital, Culture, Media & Sport
DIT	Department for International Trade
DSIT	Ministerial department for Science, Innovation and Technology
DSTL	Defense Science and Technology Laboratory
EIS	Electrical Impedance Spectroscopy
EORI	Economic Operators' Registration and Identification
EPIC	Electronics & Photonics Innovation Centre
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
FDI	Foreign Direct Investment
FTA	Free Trade Agreement
GBP	Great British Pound
GW	Gigawatt
HNCDI	Hartree National Centre for Digital Innovation
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IP	Intellectual property
IT	Informationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LC-MS	Liquid chromatography-mass spectrometry
LEDs	Light-emitting diode
LFC	Laser Free Confocal
LIDAR	Light Detection and Ranging or Laser Imaging Detection and Ranging
MEMS	Micro-electromechanical systems
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
MVNOs	Mobile virtual network operators
NCSC	National Cyber Security Centre
NFV	Network Function Virtualisation
NHS	National Health Service
NPL	National Physical Laboratory
NQCC	National Quantum Computing Centre
NQTP	National Quantum Technologies Programme
NSSIF	National Security Strategic Investment Fund
OCT	Optical coherence tomography
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OEM	Original Equipment Manufacturer
PIC	Photonic Integrated Circuits
PNT	Smallsats for Positioning, Navigation and Timing
PwC	PricewaterhouseCoopers
QKD	Quantum Key Distribution
QMI	Quantenmetrologie-Institut
REACH	UK registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals
SBRI	Small Business Research Initiative
SDN	Software Defined Network
SLAs	Netzwerk-Service-Level-Agreements
STFC	Science and Technology Facilities Council
TCA	Trade and Cooperation Agreement
UK	United Kingdom
UKCA	UK Conformity Assessed
UKIPO	UK Intellectual Property Office
VCSELs	Vertical Cavity Surface Emitting Lasers

Abstract

Die britische Regierung hat die Photonik als eine der sieben Familien von transformativen Technologien identifiziert, die für zukünftiges Wachstum und Wohlstand entscheidend sind. Einem kürzlich von der Photonics Leadership Group (PLG) Bericht zufolge wird erwartet, dass die britische Photonikindustrie bis 2035 auf 50 Mrd. £ anwächst und 150.000 Arbeitsplätze schafft. Darüber hinaus wird die Photonikindustrie im Berichtszeitraum zu einem der drei produktivsten Fertigungssektoren im Vereinigten Königreich werden. Der Bericht hebt auch die Auswirkungen von Covid 19 und Brexit auf die Branche hervor: Die Pandemie hat das Wachstum aufgrund der raschen Anpassung der Branche nur um 0,5 Mrd. £ verringert. Was den Brexit betrifft, so bleibt die Photonik ein global ausgerichteter Sektor, in dem 2 von 3 Unternehmen weltweit exportieren.

Ziel des Vereinigten Königreichs ist es, eine weltweit führende Wirtschaft für Quantensysteme zu werden, mit einem weltweit führenden Sektor, in dem Quantentechnologien ein integraler Bestandteil der künftigen digitalen Infrastruktur und der fortschrittlichen Produktionsbasis des Vereinigten Königreichs sind, das Wachstum vorantreiben und zum Aufbau einer florierenden und widerstandsfähigen Wirtschaft und Gesellschaft beitragen.

Um dies zu erreichen, wird die britische Regierung in den zehn Jahren ab 2024 2,5 Mrd. £ für die Entwicklung von Quantentechnologien im Vereinigten Königreich bereitstellen - mehr als eine Verdoppelung der derzeitigen öffentlichen Investitionen - mit dem Ziel, zusätzliche 1 Mrd. £ an privaten Investitionen in das Programm zu generieren. Nachstehend die vier wichtigsten Punkte dieses Programms:

- Sicherstellen, dass das Vereinigte Königreich die weltweit führende Quantenwissenschaft und -technik betreibt und das Wissen und die Fähigkeiten des Landes ausbaut.
- Unterstützung von Unternehmen, um das Vereinigte Königreich zum Standort für Quantenunternehmen und zu einem integralen Bestandteil der globalen Lieferkette zu machen, sowie zu einem erstklassigen Standort für globale Investoren und Talente.
- Förderung der Einführung und Nutzung von Quantentechnologien im Vereinigten Königreich, um Vorteile für Wirtschaft und Gesellschaft sowie für die nationale Sicherheit zu erzielen.
- Schaffung eines nationalen und internationalen Regulierungsrahmens, der die Innovation und ethische Nutzung von Quantentechnologien unterstützt und die Fähigkeiten und die nationale Sicherheit Großbritanniens schützt.

Obwohl es in Städten wie York, Birmingham, Glasgow und Oxford eine blühende akademische und industrielle Quantengemeinschaft, regionale Exzellenzzentren und vier von den Universitäten dieser Städte geleitete Forschungszentren gibt, der Markt mit einer hohen Präsenz führender industrieller Akteure im Bereich der Photonik und der Quantentechnologien sehr dynamisch ist, besteht ein Mangel an ausgebildeten und qualifizierten Arbeitskräften und eine Schwierigkeit bei der Auswahl bestimmter technischer Sektoren (z.B. Mikro-/Nanoelektronik). Dazu kommt, dass britische Unternehmen des Photoniksektors fast ihre gesamte Produktion exportieren, was für andere britische Unternehmen in verschiedenen Bereichen wie der Automobilindustrie, der Telekommunikation oder der Telemedizin, die eng mit der Photonik zusammenhängen, zu Problemen führt.

Dies zeigt zwar eine fantastische Anerkennung des britischen Know-hows, aber auch ein Hinweis darauf, dass das Vereinigte Königreich es nicht schafft, aus seiner einheimischen Photonikbasis Kapital zu schlagen, und daher Kooperationen mit ausländischen Unternehmen eingehen muss. Hier liegt eine ausgezeichnete Gelegenheit für deutsche Unternehmen, um die Zusammenarbeit mit britischen Unternehmen zu schließen bzw. den Markt einzutreten. In der Tat bestehen gute Chancen z.B. in Photonik für Luft- und Raumfahrt sowie Photonik für raue Umgebungen, Verpackungsindustrie oder PICs, Quantentechnologien und Laser/Laseranwendungen.

Während Kapitel 1 einen allgemeinen Überblick über die Wirtschaft des Vereinigten Königreichs bzw. die deutsch-britischen Handelsbeziehungen mit einem Überblick über den Brexit und die Folgen des Ukraine-Russland-Krieges gibt, steht in Kapitel 2 ein Überblick der britischen Photonik und Quanten-Marktsituation im Fokus. Kapitel 3 legt Marktchancen und Wettbewerb dar, während Kapitel 4 Rahmenbedingungen des Markteintritts, u.a. rechtliche und steuerrechtliche, darlegt. Kapitel 5 listet die Marktakteure auf, sowie institutionelle, als auch privatwirtschaftliche. Es folgt das Quellenverzeichnis.

1. Länderprofil

1.1 Allgemeine demographische Daten

Das Vereinigte Königreich Großbritannien und Nordirland (englisch: United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland), kurz Vereinigtes Königreich (UK), ist Europas größter Inselstaat im Nordwesten des Kontinents. Die vier Landesteile England, Wales, Schottland und Nordirland bilden das Vereinigte Königreich, welches oft schlicht als Großbritannien bezeichnet wird. Die Landfläche beträgt 241,93 km².



Abbildung 1: Die Regionen des Vereinigten Königreichs

Die Einwohnerzahl von Großbritannien wächst weiter und hat im Jahr 2022 geschätzt rund 67,5 Mio. Einwohner:innen erreicht. Für 2023 wird die Gesamtbevölkerung auf rund 67,7 Mio. Menschen prognostiziert. Damit bleibt der Trend der letzten Jahre ungebrochen und die britische Gesamtbevölkerung erhöht sich jährlich um etwa 0,3 bis 0,4 Mio. Menschen. Das Bevölkerungswachstum hat sich aber durch den Brexit wie erwartet verlangsamt.¹

Torbay im Südwesten und Glasgow im nordischen Schottland, Ziele unserer Reise, haben eine sehr unterschiedliche Bevölkerungsdichte. Die Einwohnerzahl von Torquay wird für 2023 auf 52.084 geschätzt. Im Jahr 2001 betrug die Einwohnerzahl von Torquay 47.250. Torquay ist jährlich um 0,49 % gewachsen. Diese Bevölkerungsschätzungen und -prognosen stammen aus der letzten Revision der UN World Urbanization Prospects.²

Die Bevölkerung von Glasgow dagegen wird für 2023 auf etwas mehr als 1,83 Mio. geschätzt. Glasgow ist im letzten Jahr um 11.024 Personen gewachsen, was einer jährlichen Veränderung von 0,6 % entspricht. Diese Schätzungen beziehen sich auf den Ballungsraum Glasgow, der in der Regel die Bevölkerung von Glasgow zusätzlich zu den angrenzenden Vorstadtgebieten umfasst.³ Obwohl Glasgow die größte Stadt Schottlands ist, ist sie nicht die Hauptstadt Schottlands. Diese Ehre gebührt Edinburgh, der zweitgrößten Stadt Schottlands. Mehr als 10 % der schottischen Bevölkerung lebt in Glasgow, und mehr als 20 % lebt im Großraum Glasgow.⁴

Tabelle 1: Schnelle Fakten über das Vereinigte Königreich

Schnelle Fakten	
Offizieller Name	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
Regierungsform	Konstitutionelle Monarchie mit parlamentarischer Regierung
Hauptstadt	London
Offizielle Landessprache	Englisch
Währung	Pfund Sterling (GBP)
Umrechnung Pfund/Euro	1 GBP = 1,1293 € 1 € = 0,8952 GBP ⁵

Quelle: Verschiedene

1 Statista: „Großbritannien: Gesamtbevölkerung von 1950 bis 2022 und Prognosen bis 2050“, vgl.:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/19319/umfrage/gesamtbevoelkerung-in-grossbritannien/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

2 World Population Review: „Torquay Population 2023“ vgl.: <https://worldpopulationreview.com/world-cities/torquay-population> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

3 World Population Review: „Glasgow Population 2023“ vgl.: <https://worldpopulationreview.com/world-cities/glasgow-population> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

4 UK Population Data: „Population of Glasgow 2021/2022“, vgl.: <https://populationdata.org.uk/population-of-glasgow/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

5 Stand 16.04.2023, nach: https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/britische-pfund_euro

1.2 Torbay, Glasgow und Wales: Hotspots der britischen Photonik-Industrie

Lebensqualität, erschwingliche Gewerbeimmobilien, wettbewerbsfähige Löhne und eine gute Verkehrsanbindung machen Torbay zu einem hervorragenden Standort für die Ansiedlung von Hightech-Unternehmen. Mit Gehältern, die mit denen anderer vergleichbarer Technologiestandorte im Vereinigten Königreich konkurrieren, und mit hochqualifizierten Fachkräften, die von unseren Hochschulen und Universitäten kommen, ist es einfach, qualifizierte Ingenieure zu finden.

In der Tat ist Torbay das Zentrum eines speziell ausgewiesenen Gebiets mit hohem Potenzial für Photonik und Elektronik, das vom Ministerium für internationalen Handel festgelegt wurde. Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung der Fähigkeiten, des Fachwissens und der Möglichkeiten, die für Unternehmen in ausländischem Besitz bestehen, die eine Expansion in den Südwesten erwägen.

Mit seiner langen Tradition und seinem Erbe ist Torbay einer der fünf besten Standorte in England für Photonik- und Mikroelektronik-Fachwissen und technische Fähigkeiten. In der Region sind sowohl britische als auch ausländische Unternehmen ansässig, zu deren Endnutzern die bekanntesten Namen der Telekommunikations-, Raumfahrt- und optischen Systemtechnik gehören.

Torbay ist ein international bedeutender Standort für Forschung und Entwicklung, neues Produktdesign und innovative High-Tech-Fertigung. Die Region verfügt über eine starke lokale Lieferkette, hochqualifizierte Mitarbeiter, einen hervorragenden Zugang zu den Märkten und weltbekannte Forschungseinrichtungen.⁶

Torbay und South Devon sind mit einer Ansammlung von Hightech-Unternehmen gesegnet, die sich auf Forschung und Entwicklung, Produktdesign und Herstellung in den Bereichen Photonik und Mikroelektronik konzentrieren. Weltweit führende Technologieunternehmen wie Lumentum, Gooch & Housego, Spirent, Queensgate (Prior Scientific), Effect Photonics und II-IV Photonics sind alle in Torbay ansässig. Diese Unternehmen haben sich zu umfangreichen laufenden Investitionen in der Region verpflichtet. Daneben gibt es weitere Unternehmen, die sich auf die Herstellung von photonischen integrierten Schaltkreisen (PIC) spezialisiert haben, wie Bay Photonics und andere High-Tech-Hersteller.⁷

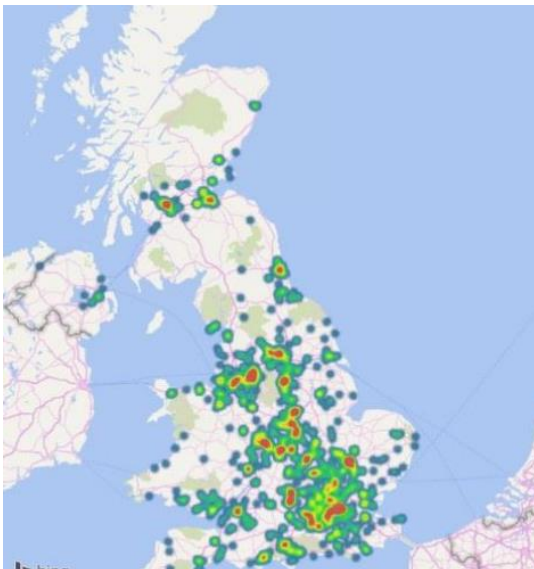


Abbildung 2: Ansiedlung der britischen Photonik-Unternehmen

Quelle: Heart of the South West⁸

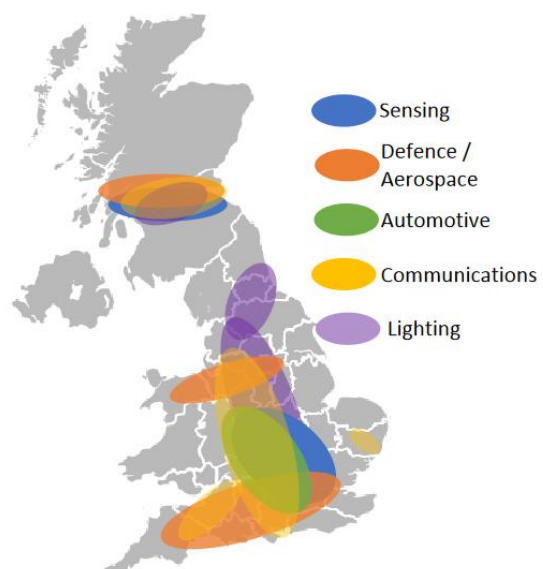


Abbildung 3: Clusterung der Photonik-Expertise in Großbritannien⁹

Quelle: Heart of the South West¹⁰

⁶ TDA: „Delivering world changing technology“, vgl.: <https://investintorbay.com/sectors/electronics-photonics/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

⁷ EPIC-CENTRE UK: „Hi-Tech Cluster“, vgl.: <https://epic-centre.co.uk/hi-tech-cluster/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

⁸ Heart of the South West: „Microelectronics and Photonics“, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/understanding-our-economy/microelectronics-and-photonics/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

⁹ Hinweis – Clustering ist nicht exklusiv und bedeutende Unternehmen sind außerhalb tätig diese Standorte.

¹⁰ Heart of the South West: „Microelectronics and Photonics“, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/understanding-our-economy/microelectronics-and-photonics/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Dies hat Torbay als einen der wichtigsten Standorte im Vereinigten Königreich für fortschrittliche Elektronik und insbesondere Photonik, Wissen und Know-how gefestigt.



Abbildung 4: Der Südwesten Englands

Quelle: Great Britain and Northern Ireland, Department for business & trade¹¹

Auch die schottische Photonikindustrie leistet einen wichtigen Beitrag zur britischen Wirtschaft. Der Sektor, der als eines der weltweit führenden Zentren für Photonik bekannt ist, erwirtschaftet einen Jahresumsatz von über 1,2 Mrd. £ und beschäftigt 6.400 Menschen in Arbeitsplätzen mit hoher Wertschöpfung. 97 % der Produktion des Sektors werden exportiert, während der Rest wichtige inländische Sektoren wie Luft- und Raumfahrt und Verteidigung, Öl und Gas, erneuerbare Energien, Fertigung und Kommunikation unterstützt.

Schottland kann auf eine einzigartige Geschichte und Stärke in der Photonik zurückblicken, die mehr als ein Jahrhundert zurückreicht und die Pionierarbeit vorantreibt, die heute geleistet wird. Seit 1994 wird der Sektor auch von Photonics Scotland (früher Scottish Optoelectronics Association) unterstützt, einer der ältesten nationalen Photonik-Organisationen der Welt und einer der größten Technologiegemeinschaften Schottlands. Die moderne schottische Optikindustrie entstand mit der Gründung von Barr & Stroud im späten 19. Jahrhundert, und im Laufe des 20. Jahrhunderts wurden die renommierten schottischen Universitäten für ihre Fähigkeit bekannt, hochqualifizierte Optik- und Photonik-Ingenieure und -Wissenschaftler auszubilden, die die Grundlage für eine neue Generation von Photonik-Unternehmen bildeten.

So entstand ein Cluster innovativer Unternehmen und international anerkannter akademischer Zentren, die Spitzentechnologien und -produkte entwickeln und herstellen, die in alle Welt exportiert werden. Was Innovation und Technik angeht, nimmt Schottland in Bereichen wie Laser, optische Sende- und Empfangsgeräte, Li-Fi und Quantentechnologien weiterhin eine führende Position ein. Mit mehr als 50 Unternehmen im Zentrum, unterstützt durch eine weltweit anerkannte akademische Basis und ein leistungsfähiges Netzwerk von Umsetzungseinrichtungen und RTOs, ist der schottische Photoniksektor gut aufgestellt, um weiterhin einige der großen Herausforderungen der Welt anzugehen, was seine Reichweite und seinen Einfluss wirklich global macht.¹²

Wie jedoch bereits vielfach berichtet wurde¹³ gibt es ein anerkanntes Defizit an MINT-Fähigkeiten (MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik). Schätzungen zufolge fehlen im Vereinigten Königreich derzeit etwa 173.000 qualifizierte Arbeitskräfte, was der Wirtschaft Kosten in Höhe von 1,5 Mrd. £ pro Jahr

¹¹ Great Britain and Northern Ireland, Department for business & trade: „Photonics in the South West“, vgl.:

<https://www.great.gov.uk/international/content/investment/opportunities/photonics-in-the-south-west/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

¹² Photonics Scotland: „Photonics in Scotland“ vgl.: <https://photonics-scotland.com/about-photonics-in-scotland/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

¹³ Photonics Scotland: „A vision for 2030“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/photonics-scotland-vision-paper-now-available-to-read-download/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

verursacht.¹⁴ In Schottland wird die Nachfrage MINT-Fähigkeiten in den nächsten 10 bis 15 Jahren erheblich steigen, angetrieben durch eine beispiellose Geschwindigkeit des technologischen Wandels. Dies wird den entstehenden Talentpool weiter belasten. Einem Bericht zufolge werden in Schottland bis 2027 zusätzlich 42.600 MINT-Arbeitsplätze benötigt.¹⁵ In Anbetracht dieser Wachstumsrate ist es wichtig, dass die schottischen Bildungseinrichtungen weiterhin unsere zukünftigen Arbeitskräfte in einem Tempo ausbilden, das der Nachfrage entspricht.

Angesichts des raschen technologischen Wandels in diesem Sektor ist ein kontinuierliches Engagement zwischen Wissenschaft und Industrie sowie die Ermittlung von Qualifikations- und Ausbildungslücken erforderlich, um die Entwicklung und Bereitstellung von Lehrplänen zu unterstützen. Die größten Verbände des Sektors werden hier eine Schlüsselrolle spielen, indem sie die Bedürfnisse des Sektors bündeln, um sicherzustellen, dass die Hochschulprogramme für den gesamten Sektor einen Mehrwert bieten.¹⁶

Der CSconnected-Cluster in Südwest-Wales bietet Unternehmen eine End-to-End-Möglichkeit, um die wachsende weltweite Nachfrage nach Halbleitertechnologien zu bedienen, die bis 2024 einen geschätzten Wert von 230 Mrd. £ haben wird. Dieses Angebot senkt die Barrieren für die Einführung fortschrittlicher Halbleitertechnologie. Unternehmen können die Vorzüge und das Know-how der Region in der Technologieentwicklung nutzen. Dies umfasst Forschung, Innovation und Design bis hin zur Herstellung von Verbindungshalbleitern in vollem Umfang, die Lösungen für eine Reihe von wachstumsstarken Anwendungen bieten. Hochrelevante Forschungszentren in der Region sind das Institute for Compound Semiconductors an der University of Cardiff und das CISM (Centre for Integrative Semiconductor Materials) an der University of Swansea.

1.3 Die Auswirkungen des Brexit in Verbindung mit COVID-19 und dem Ukraine-Krieg

Es ist nun drei Jahre her, dass das Vereinigte Königreich die EU mit dem Ende der Brexit-Übergangszeit verlassen hat. Während dieser Zeit werden die Bedingungen des Handels zwischen dem Vereinigten Königreich und der EU durch das Handels- und Kooperationsabkommen (*Trade and Cooperation Agreement*, TCA) geregelt. Laut Sarah Hall, Dozentin für Wirtschaftsgeographie an der Universität Nottingham, ist es jedoch noch relativ früh in der Umsetzung des TCA, um seine wirtschaftlichen Auswirkungen auf die britische Wirtschaft vollständig zu bewerten. Das bedeutet, dass sich das Vereinigte Königreich noch in der Anfangsphase des Brexit-Prozesses befindet und dass es nach wie vor erhebliche Unsicherheiten und öffentliche und politische Debatten über die wirtschaftlichen Auswirkungen des Brexit gibt.

Diese Ungewissheit wurde durch zwei weitere bedeutende Veränderungen verstärkt, die sich nach dem Brexit auf die britische Wirtschaft auswirken: die Folgen der COVID-19-Pandemie sowohl in Bezug auf die anfänglichen Schließungen als auch auf die längerfristigen Konsequenzen in Form einer geringeren Erwerbsbeteiligung, und die wirtschaftlichen Auswirkungen des Krieges in der Ukraine, der zu einer erheblichen Inflation aufgrund steigender Energiepreise geführt hat.

Die wirtschaftlichen Auswirkungen von COVID-19 und des Krieges in der Ukraine vom Brexit zu trennen, ist von entscheidender Bedeutung, wenn die wirtschaftlichen Aspekte der neuen Handelsvereinbarungen des Vereinigten Königreichs mit der EU und dem Rest der Welt vollständig verstanden werden sollen. In verschiedenen Disziplinen wie Ökonomie, Soziologie, Rechtswissenschaft und Geografie werden mehr Forschungsarbeiten und Daten durchgeführt, die genau das als Ziel haben. Die Untersuchung einiger dieser Forschungsergebnisse bietet einen wertvollen Ausgangspunkt für das Verständnis der Auswirkungen des Brexit auf die britische Wirtschaft.

14 Photonics Scotland: „A vision for 2030“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/photonics-scotland-vision-paper-now-available-to-read-download/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

15 Photonics Scotland: „A vision for 2030“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/photonics-scotland-vision-paper-now-available-to-read-download/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

16 Photonics Scotland: „A vision for 2030“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/photonics-scotland-vision-paper-now-available-to-read-download/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

UK's trade openness is lagging the G7

Total trade as a share of GDP, indexed at 100 = Q4 2018



Source: OECD

BBC

Abbildung 5: Offenheit des britischen Handels

Quelle: BBC¹⁷

Dies führte zu Argumenten führender Wirtschaftswissenschaftler, dass ein eingeschränkter Zugang zum EU-Binnenmarkt neben der Unsicherheit, die wahrscheinlich zu einem Rückgang internationaler Investitionen im Vereinigten Königreich führen würde, wahrscheinlich zu niedrigeren Löhnen, einem niedrigeren Pfundkurs und der Notwendigkeit höherer Steuern oder geringerer Investitionen in öffentliche Ausgaben führen würde.

Entscheidend ist jedoch, dass die wirtschaftlichen Vorteile der EU-Binnenmarktmitgliedschaft ungleichmäßig über das Vereinigte Königreich verteilt waren. Während London und der Südosten des Landes vor allem von einem deutlichen Anstieg der Finanzdienstleistungen und der damit verbundenen freiberuflichen Dienstleistungen profitierten, verzeichneten die Provinzregionen nicht das gleiche BIP-Wachstum. Somit hat die EU-Mitgliedschaft des Vereinigten Königreichs das langfristige Muster ausgeprägter regionaler Unterschiede in der Wirtschaftsleistung des Vereinigten Königreichs nicht umgekehrt. Untersuchungen haben ergeben, dass Wähler, die in Gegenden lebten, die nicht vom steigenden BIP auf nationaler Ebene profitiert hatten, und die auch oft am stärksten von der Sparpolitik in den 2000er Jahren betroffen waren, von diesen Erfahrungen beeinflusst wurden und dies zum Teil durch ihre Entscheidung für den Austritt zum Ausdruck brachten.

Die Rolle der Wirtschaftsexperten und insbesondere die Prognosen sind jedoch seit dem Brexit-Referendum im Jahr 2016 immer wieder Gegenstand von Debatten und Kritik. Dies ist zum Teil auf die ersten Prognosen zu den wirtschaftlichen Auswirkungen des Brexit zurückzuführen, in denen negative Auswirkungen auf die Wirtschaft vorhergesagt wurden, die sich relativ schnell bemerkbar machen würden, vor allem durch negative Auswirkungen auf die Finanzmärkte und das Vertrauen der Verbraucher und Unternehmen.

Die schädlichsten Elemente dieser anfänglichen Prognosen haben sich bis zur Erweiterung nicht bewahrheitet. Einerseits fiel das Pfund weitgehend wie erwartet, aber der vorhergesagte Rückgang der Immobilienpreise trat nicht ein. Auch der Arbeitsmarkt blieb relativ stark, und die Arbeitslosigkeit ging leicht zurück. Die längerfristigen Vorhersagen, die während des Referendums gemacht wurden, insbesondere in Bezug auf die Auswirkungen auf den Handel und die Migration, haben sich jedoch als genauer erwiesen. Um diese Auswirkungen zu verstehen, muss die Natur des TCA selbst dargelegt werden. Im Großen und Ganzen liberalisiert das TCA den Warenhandel zwischen dem Vereinigten Königreich und der EU stärker als den Handel mit Dienstleistungen. Dies ist insofern von Bedeutung, als Dienstleistungen in der Vergangenheit eine Stärke der britischen Wirtschaft waren, während Waren in der EU dominierten. Das TCA sieht Nullzölle und Kontingente für Waren vor, aber nur sehr wenig zur gegenseitigen Anerkennung von Regulierungsstandards oder zur Förderung der Mobilität der Arbeitskräfte, die im Dienstleistungssektor wichtig ist.

¹⁷ BBC: „What impact has Brexit had on the UK economy?“, Jan. 2023, vgl.: <https://www.bbc.com/news/business-64450882> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Laut einigen Studien, was den Warenhandel betrifft sind die Einfuhren des Vereinigten Königreichs aus der EU nach der Umsetzung des TCA im Vergleich zu den Einfuhren aus der übrigen Welt um 25 % zurückgegangen. Das deutet auf einen geringeren und eher vorübergehenden Rückgang der britischen Ausfuhren in die EU hin. Die Studien zeigen jedoch einen starken Rückgang der Zahl der Handelsbeziehungen zwischen britischen Exporten und ihren EU-Partnern. Dies deutet darauf hin, dass kleinere Unternehmen ihre Exporttätigkeit in die EU eher einschränkten als größere Unternehmen, die eher in der Lage waren, etwaige zusätzliche Kosten, die ihnen durch den Export in die EU entstanden, zu bewältigen.

Für den Dienstleistungshandel ist die Qualität der Daten nicht so gut wie für den Warenhandel. Bei den Dienstleistungen gibt es Hinweise auf einen Rückgang der britischen Dienstleistungsexporte in die EU in der unmittelbaren Zeit nach dem Referendum, also vor der Umsetzung des TCA. Dieser wird für 2019 auf etwa 6 % geschätzt. Insbesondere bei den Finanzdienstleistungen, die im Vereinigten Königreich besonders wichtig sind, gibt es Hinweise darauf, dass etwa 10 % des gesamten Bankgeschäfts in die EU verlagert wurden, während ein kleinerer Teil der Arbeitsplätze verlagert wurde.

Insgesamt deutet diese Analyse von Frau Hall darauf hin, dass die ersten wirtschaftlichen Auswirkungen des Brexit auf die britische Wirtschaft nicht genau den Schätzungen entsprechen, die von Wirtschaftswissenschaftlern unmittelbar nach dem Referendum abgegeben wurden. Es gab negative Auswirkungen auf den Handel, die weitgehend von den Auswirkungen von COVID-19 und dem Krieg gegen die Ukraine getrennt werden können. Entscheidend ist, dass der Teufel im Detail steckt und dass diese Veränderungen je nach Wirtschaftssektor und Standort im Vereinigten Königreich sehr unterschiedlich ausfallen. Auch wenn der Brexit wirtschaftlich noch in den Kinderschuhen steckt, ist es klar, dass seine Auswirkungen sektoral und regional unterschiedlich sind.¹⁸

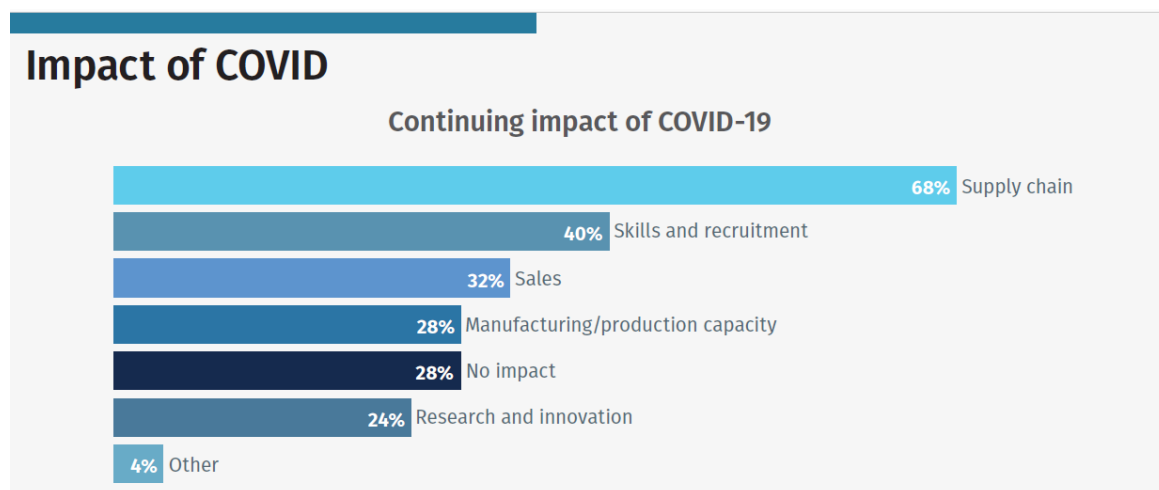


Abbildung 6: Auswirkungen von Covid-19 auf die britische Wirtschaft

Quelle: Technology Scotland¹⁹

Die britische Wirtschaft hat sich dank Soforthilfemaßnahmen zum Schutz von Arbeitsplätzen und Einkommen und einer raschen Einführung von Impfstoffen vom COVID-19-Schock erholt, verlangsamt sich jedoch angesichts anhaltender Versorgungsengpässe und steigender Inflation. Die Finanzpolitik muss ein Gleichgewicht zwischen einer allmählichen Straffung und der Bereitstellung gezielter vorübergehender Unterstützung für Haushalte finden, die anfällig für steigende Lebenshaltungskosten sind, das Wachstum unterstützen und einen erheblichen Investitionsbedarf decken.²⁰

Bis Mitte 2022 hatte das Vereinigte Königreich über 22 Millionen bestätigte Fälle verzeichnet, und es gab fast 200.000 Todesfälle, in denen Covid erwähnt wurde. Zwischen März 2020 und Juli 2021 führte die Regierung eine Reihe restriktiver Maßnahmen durch, insbesondere drei nationale *lock-downs*. Es wird Jahre dauern, bis das Vereinigte Königreich, wie auch alle anderen Länder, die Auswirkungen der Pandemie auf die Wirtschaft vollständig verstehen.

¹⁸ Open Access Government: „What has been the impact of Brexit on the UK economy?“, März 2023, vgl.:

<https://www.openaccessgovernment.org/article/impact-brexit-uk-economy-covid-19-ukraine-war/154378/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

¹⁹ Technology Scotland: „Photonics in Scotland 2022“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/photonics-scotland-annual-survey-2022-results-now-available-to-view/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

²⁰ OECD: „United Kingdom Economic Snapshot“, August 2022, vgl. <https://www.oecd.org/economy/united-kingdom-economic-snapshot/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Es ist nicht einfach, die Pandemie-Auswirkungen ab Frühjahr 2020 von denen des Brexits zu unterscheiden, wenn man bedenkt, dass beide fast zeitgleich stattgefunden haben. Im Jahr 2020 fiel das britische BIP auf -9,3 %, ein seit langem nicht dagewesenes Tief. Dies ist das kombinierte Ergebnis der wirtschaftlichen Auswirkungen der Pandemie, der zu ihrer Bekämpfung eingeführten Beschränkungen und der zur Unterstützung von Menschen und Unternehmen eingeführten Wirtschaftspolitik.²¹

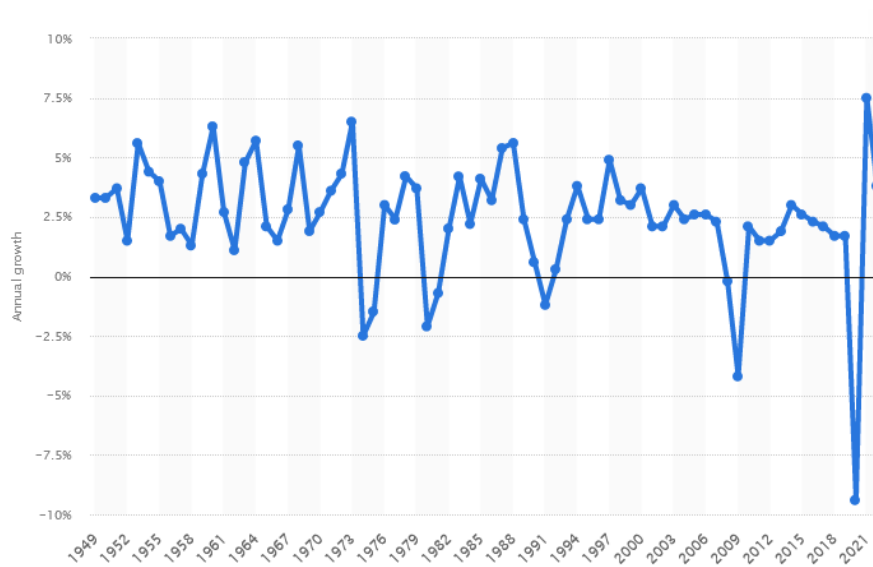


Abbildung 7: Jährliches Wachstum des BIP im Vereinigten Königreich von 1949 bis 2022

Quelle: Statista²²

Das Diagramm zeigt, dass die britische Wirtschaft gegenüber den kombinierten Auswirkungen der Pandemie und des Brexits äußerst widerstandsfähig war. Die obigen Daten zeigen die aggregierten Auswirkungen solcher Ereignisse auf die Gesamtwirtschaft, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass bestimmte Sektoren innerhalb der britischen Wirtschaft, wie z.B. das Gastgewerbe, das 2019 noch 3 % der britischen Wirtschaftsleistung ausmachte und 2020 nur noch 2 %, stärker litten, während andere wie z.B. die verarbeitende Industrie sich fast wieder auf das Niveau vor der Pandemie erholt haben. Große Unternehmen schneiden etwas besser ab als KMU.

Die britische Wirtschaft hat Stärke und Fähigkeit bewiesen, Schocks zu absorbieren, ihre Widerstandsfähigkeit wird wahrscheinlich das Ergebnis der Fähigkeit der Unternehmen sein, sich schnell an sich ändernde und herausfordernde Bedingungen anzupassen. Es ist jedoch noch früh vorzusagen, wie sich die Kombination aus steigenden Energiepreisen, Inflation und eines wahrscheinlichen Rückgangs der Verbraucherausgaben auf die Wirtschaftsleistung des Landes auswirken wird und ob und wie die neue Regierung in der Lage sein wird, dies zu bewältigen.

PricewaterhouseCoopers (PwC) hat in einem ausführlichen, am 7. September 2022 erschienenen, Bericht („UK Economic Outlook“) vier Punkte beschrieben:

1. Jüngste Wirtschaftsleistung
2. UK-Wachstumsausblick: Szenarien für die Zukunft
3. UK-Produktivität: Chancen in Herausforderungen
4. Woher kann zukünftiges Wachstum kommen?

PwC schreibt aber auch, dass sich die Wachstumsaussichten für Großbritannien u.a. angesichts des Russland-Ukraine-Kriegs verschlechtert haben. Ein durchschnittliches jährliches reales BIP-Wachstum zwischen 3,1 % - 3,6 % im Jahr 2022 ist zu erwarten, gefolgt von zwei Jahren langsamen oder sogar negativen realen BIP-Wachstums. PwCs Erwartung ist, dass die jährliche Veränderung der Wirtschaftsleistung zwischen -1,3 % und 0,2 % liegen wird im Jahr 2023 und zwischen -0,3 % und 0,6 % im Jahr 2024, je nach ihren beschriebenen Szenarien „rauer Winter“ und

²¹ GOV.UK (Speech): „Covid and the UK Economy - Speech by Clare Lombardelli, Chief Economic Advisor, HM Treasury“, Juni 2022, vgl.: <https://www.gov.uk/government/speeches/covid-and-the-uk-economy-speech-by-clare-lombardelli-chief-economic-advisor-hm-treasury> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

²² Siehe: <https://www.statista.com/statistics/281734/gdp-growth-in-the-united-kingdom-uk/> (Zuletzt aufgerufen am 16.04.2023)

„milder Winter“. Die Modellierung prognostiziert, dass Großbritannien wahrscheinlich bereits in diesem Jahr in eine Rezession eintreten wird, was eine deutliche Verlangsamung der Wirtschaftstätigkeit in der zweiten Jahreshälfte impliziert. Nächstes Jahr erwartet PwC ein langsames bis vernachlässigbares Wachstum, da die Lebenshaltungskostenkrise ihre volle Wirkung entfalten wird mit Haushalten und Unternehmen, die sich an neue und sich entwickelnde Umstände anpassen müssen.

Für die Zukunft ist unklar, wie viel Erdgas Russland exportieren wird und wie stark die europäischen und britischen Erdgaspreise dadurch beeinflusst werden oder wie sich die Nachfrage entwickelt unter Berücksichtigung der Herbst- und Winter-Wetterbedingungen in Großbritannien und Europa. Die politische Reaktion Großbritanniens auf höhere Energiepreise wird sich auf den inländischen Inflationsdruck auswirken. PwC hat zwei wirtschaftliche Szenarien entworfen, die zu unterschiedlichen Endergebnissen führen:

- **Mildes Winterszenario**, in dem es zu einer Erholung und einem gewissen Angebot an russischen Erdgasexporten kommt (ein Teil durch Nordstream 1), einer Verringerung der Gaspreise im Vergleich zum Ausgangsniveau von September 2022, und wo die britische Regierung erhebliche Unterstützung bietet als Reaktion auf die Kostenkrise der Haushalte.
- **Hartes Winterszenario**, in dem die Versorgung mit russischen Erdgasexporte nach Europa stark gestört bleibt, die Gaspreise auf ihrem jetzigen Höchstpunkte verweilen, und wo die Unterstützung der britischen Regierung zwar beträchtlicher als in dem milden Winterszenario ist, aber zeitgleich auch weniger in der Lage, die nachteiligen Auswirkungen der hohen Gaspreise abzumildern.

Tabelle 2: Projiziertes jährliches durchschnittliches reales britisches BIP-Wachstum nach Szenario

Jährlicher Durchschnitt des realen UK-BIP-Wachstum	2022	2023	2024
Milder Winter Szenario	3,6 %	0,2 %	0,6 %
Rauer Winter Szenario	3,1 %	-1,3 %	-0,3 %

Quelle: PwC Analyse²³

Im Kontext von Deglobalisierungstrends, Brexit und COVID-19, ist die Bedeutung von Handelspolitik und internationaler Zusammenarbeit hoch. Steigender Handel durch neue Freihandelsabkommen steht an der Spitze der der Agenda des *Department of International Trade*, internationalen Handels, mit besonderem Schwerpunkt auf dem Abbau nichttarifärer Handelshemmnisse im Dienstleistungssektor. Das Vereinigte Königreich ist eine starke dienstleistungsorientierte Wirtschaft, mit dem zweithöchsten Nettodienstleistungshandel von allen OECD-Ländern im Jahr 2021. Die beiden Top-Destinationen für britische Dienstleistungsexporte sind die EU und die USA; die Beziehungen zu diesen Regionen und den Handel mit ihnen zu erhalten und zu stärken ist wichtig für das künftige Wachstum.²⁴

1.4 Bilaterale Beziehungen (Deutschland – Vereinigtes Königreich)

Die deutsch-britischen Beziehungen sind eng, vielfältig und vertrauensvoll. Beide Länder sind Mitglieder der NATO, der Vereinten Nationen, der G7, der G20 und anderer internationaler Gremien. Großbritannien engagiert sich wie Deutschland aktiv im internationalen Klimaschutz. Die beiden Länder unterhalten starke Handels- und Investitionsbeziehungen; im Bereich der Sicherheitspolitik ist Großbritannien neben Frankreich und den Vereinigten Staaten ein enger strategischer Partner Deutschlands. Die bilateralen kulturellen Beziehungen zwischen dem Vereinigten Königreich und Deutschland sind stark und lebendig und basieren auf einer Vielzahl öffentlicher, privater und zivilgesellschaftlicher Verbindungen und Aktivitäten (darunter rund 482 Städtepartnerschaften). Eine wichtige Rolle spielen die Goethe-Institute London und Glasgow, die Deutsche Schule London, die ebenfalls in der Hauptstadt ansässige DAAD-Außenstelle und das Deutsche Historische Institut sowie das bilaterale Jugendaustauschbüro UK-German Connection – das einzige seiner Art in Großbritannien.²⁵

Der gesamte Handel mit Waren und Dienstleistungen (Exporte plus Importe) zwischen dem Vereinigten Königreich und Deutschland belief sich auf 133,7 Mrd. £ in den vier Quartalen bis zum Ende des dritten Quartals 2022 (Q3 2022), ein

²³ PricewaterhouseCoopers: „UK Economic Outlook“ (S. 12), Sept. 2022, vgl.: <https://www.pwc.co.uk/economic-services/ukeyo/ukeo-september-2022.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

²⁴ PricewaterhouseCoopers: „UK Economic Outlook“ (S. 12), Sept. 2022, vgl.: <https://www.pwc.co.uk/economic-services/ukeyo/ukeo-september-2022.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

²⁵ Auswärtiges Amt: „Germany and the United Kingdom: Bilateral relations“, März 2023, vgl.: <https://www.auswaertiges-amt.de/en/aussepolitik/laenderinformationen/grossbritannien-node/united-kingdom/218892> (Zuletzt aufgerufen am 12.04.2023)

Anstieg von 10,7 % oder 13 Mrd. £ gegenüber den vier Quartalen bis zum Ende des dritten Quartals 2021 (Q3 2021). Von diesen 133,7 Mrd. £:

- Die gesamten britischen Exporte nach Deutschland beliefen sich in den vier Quartalen bis Ende Q3 2022 auf 54,6 Mrd. £ (eine Steigerung von 10,9 % oder 5,4 Mrd. £ im Vergleich zu den vier Quartalen bis Ende Q3 2021);
- Die gesamten britischen Importe aus Deutschland beliefen sich in den vier Quartalen bis zum Ende Q3 2022 auf 79,1 Mrd. £ (eine Steigerung von 10,6 % oder 7,6 Mrd. £ im Vergleich zu den vier Quartalen bis Ende Q3 2021).

Deutschland war in den vier Quartalen bis Ende Q3 2022 der zweitgrößte Handelspartner des Vereinigten Königreichs und machte 8,2 % des gesamten britischen Handels aus.²⁶ Die Top-5-Waren, die in den vier Quartalen bis Ende Q3 2022 aus dem Vereinigten Königreich nach Deutschland exportiert wurden, waren:

- Medizinische und pharmazeutische Produkte (3 Mrd. £ oder 9 % aller britischen Waren, die nach Deutschland exportiert wurden)
- Flugzeuge (2,4 Mrd. £ oder 7,3 %)
- Mechanische Stromgeneratoren (Mittelstufe) (2,3 Mrd. £ oder 7 %)
- Nichteisenmetalle (2,3 Mrd. £ oder 6,9 %)
- Rohöl (2,1 Mrd. £ oder 6,4 %)

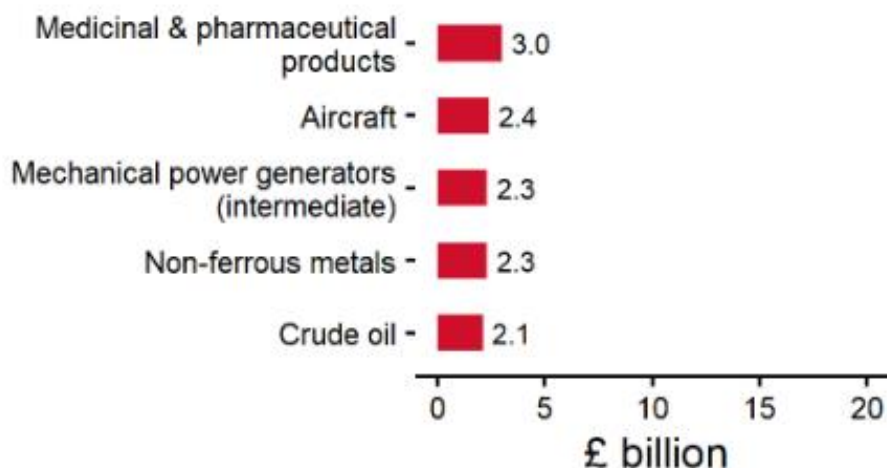


Abbildung 8: Die Top-5-UK-Exportwaren nach Deutschland in den vier Quartalen bis Ende Q3 2022 (in Mrd. £)

Quelle: Department for International Trade²⁷

Die Top-5-Waren, die in den vier Quartalen bis Ende Q3 2022 aus Deutschland nach Großbritannien importiert wurden, waren:

- Autos (15,7 Mrd. £ oder 23,5 % aller aus Deutschland importierten Waren)
- Medizinische und pharmazeutische Produkte (3,7 Mrd. £ oder 5,5 %)
- Andere Straßenfahrzeuge als Autos (Zwischenprodukte) (3,0 Mrd. £ oder 4,4 %)
- Verschiedene Elektrogeräte (Zwischenprodukte) (2,5 Mrd. £ oder 3,8 %)
- Mechanische Stromgeneratoren (Mittelstufe) (2,5 Mrd. £ oder 3,7 %)

²⁶ Department for International Trade: „Trade & Investment Factsheets: Germany“, 28. März 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1098357/germany-trade-and-investment-factsheet-2022-08-19.pdf (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023; Nächstes Update erhältlich ab Ende April unter demselben Link)

²⁷ Department for International Trade: „Trade & Investment Factsheets: Germany“, 28. März 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1098357/germany-trade-and-investment-factsheet-2022-08-19.pdf (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023; Nächstes Update erhältlich ab Ende April unter demselben Link)

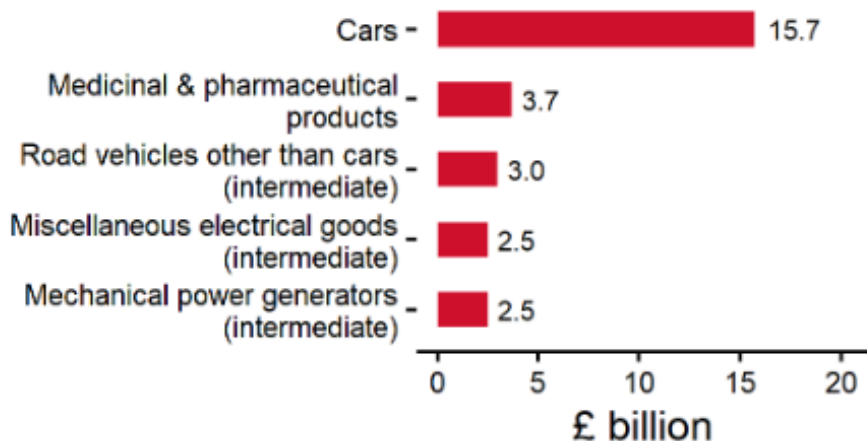


Abbildung 9: Die Top-5-Importwaren aus Deutschland in den vier Quartalen bis Ende Q3 2022 (in Mrd. £)

Quelle: Department for International Trade²⁸

1.5 SWOT-Analyse Vereinigtes Königreich (Allgemein)

Die folgende SWOT-Analyse stammt vollständig aus dem Germany Trade & Invest (GTAI)-Artikel „*Britischer Wirtschaftsstandort trotz Post-Brexit-Nebel attraktiv*“.²⁹

Tabelle 3: SWOT-Analyse Vereinigtes Königreich

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Drittgrößter europäischer Absatzmarkt, gemessen an der Einwohnerzahl (66,8 Mio. Einwohner) ▪ Starker Forschungsstandort und große Offenheit für neue Produkte ▪ Geringe Sprachbarriere durch Weltsprache Englisch ▪ Weltweit bedeutender Standort für Start-ups ▪ Unternehmerfreundliches Geschäftsumfeld durch niedrige Bürokratie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einführung vollständiger Zollbürokratie bei britischer Wareneinfuhr in 2022 verteuert und verlangsamt Marktzugang ▪ Infrastrukturmängel (Schienennetz, Wasserleitungen, Gesundheitsversorgung) ▪ Starke Abhängigkeit von Konsum und Importen ▪ Hohe Produktionskosten, geringe Produktivität ▪ EU-Austritt und Zollgrenze erschweren Marktzugang, insbesondere für Mittelständler und Dienstleister
Chancen (Opportunities)	Risiken (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Start-up-Weltmetropole London zieht internationale Talente und Kapital an ▪ Staat investiert kräftig in Infrastrukturprojekte, Regionalförderung und Gesundheitswirtschaft ▪ Stärkere Regionalisierung im Welthandel und geographische Nähe bieten Anknüpfungspunkte für Kooperationen ▪ Ambitionierte Energie- und Klimapolitik mit starken Marktchancen in der Offshore-Windenergie und bei Wasserstoff 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirtschaftspolitische Ausrichtung im internationalen Standortwettbewerb unklar ▪ Einwanderungsgesetz verschärft Fachkräftemangel ▪ Einführung und Anpassung neuer technischer Standards (v.a. UK REACH, UKCA) verteuert Marktzugang auch in Zukunft ▪ Geringer fiskalischer Spielraum wegen hoher Staatsverschuldung und steigenden Zinsen

Quelle: GTAI³⁰

²⁸ Department for International Trade: „*Trade & Investment Factsheets: Germany*“, 28. März 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1098357/germany-trade-and-investment-factsheet-2022-08-19.pdf (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023; Nächstes Update erhältlich ab Ende April unter demselben Link)

²⁹ GTAI (Lehnfeld, Marc): „*Britischer Wirtschaftsstandort trotz Post-Brexit-Nebel attraktiv*“, Dez. 2022, vgl.:

<https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/wirtschaftsumfeld/britischer-wirtschaftsstandort-trotz-post-brexit-nebel-attraktiv-245008> (Zuletzt aufgerufen am 12.04.2023)

³⁰ GTAI (Lehnfeld, Marc): „*Britischer Wirtschaftsstandort trotz Post-Brexit-Nebel attraktiv*“, Dez. 2022, vgl.:

<https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/wirtschaftsumfeld/britischer-wirtschaftsstandort-trotz-post-brexit-nebel-attraktiv-245008> (Zuletzt aufgerufen am 12.04.2023)

2. Photonik & Quantentechnologien im UK

2.1 Überblick

Im Jahr 2023 hat die britische Regierung das Ministerium für Wissenschaft, Innovation und Technologie (*Ministerial department for Science, Innovation and Technology*, DSIT) gegründet mit dem Ziel die innovativste Wirtschaft der Welt und eine wissenschaftliche und technologische Supermacht zu werden. Die Quantentechnologien stehen im Mittelpunkt dieser Mission, nicht nur als eine der fünf vorrangigen Zukunftstechnologien des Vereinigten Königreichs - Quantentechnologie, künstliche Intelligenz, Ingenieurbiologie, Halbleiter, künftige Telekommunikation -, sondern auch als eine Technologie, die das volle Potenzial aller anderen auf dieser Liste freisetzen könnte. Das Vereinigte Königreich ist bereits weltweit führend in der Quantentechnologie.

Im Jahr 2014 wurde in UK das weltweit erste Programm für Quantentechnologien eingerichtet, um exzellente Forschung zu unterstützen und die Technologien aus dem Forschungsumfeld herauszuholen. Das Vereinigte Königreich verfügt über weltweit führende Stärken auf dem Gebiet der Quantentechnologie, darunter ein großes Forschungstalant, durch verschiedene Quantentechnologien gewonnenes Wissen, den schnell wachsenden Quantensektor und Stärken im Bereich der Quanten- und verwandten Lieferketten.

Diese nationale Strategie bietet Chancen und Arbeitsplätze in unterschiedlichen Bereichen der IT und Anwendungen in der gesamten Wirtschaft. In den nächsten 10 Jahren wird die britische Regierung 2,5 Mrd. £ investieren, mit dem Ziel, zusätzliche private Investitionen anzuziehen. Die neuen Mittel stehen für folgende Zwecke zur Verfügung:

- Start eines mit 70 Mio. £ dotierten Missionsprogramms für Quantencomputer und Position, Navigation und Zeitmessung (*Positioning, Navigation and Timing*, PNT).
- 100 Mio. £ für den weiteren Aufbau von Forschungszentren in den Bereichen Quantencomputing, Kommunikation, Sensorik, Bildgebung und Zeitmessung
- 25 Mio. £ zur Erhöhung der Investitionen in die Quantenwissenschaft und die Doktorandenausbildung
- 15 Mio. £ zur Steigerung der staatlichen Beschaffung von Quantentechnologien für die öffentliche Nutzung
- 20 Mio. £ zur Beschleunigung der Zusammenarbeit mit der Industrie bei der Forschung und Entwicklung von Quantennetzwerken.
- 20 Mio £ zusätzliche Mittel, um die Aktivitäten des National Centre for Quantum Computing zu verstärken.
- Verstärkte internationale Kooperationen durch den neuen International Scientific Partnerships Fund.³¹

Heute sind 76.000 Menschen in 1.200 Unternehmen in allen Regionen des Vereinigten Königreichs in der Photonik beschäftigt und erwirtschaften einen Jahresumsatz von 14,5 Mrd. £. Mit einer Bruttowertschöpfung von 85.000 £ pro Beschäftigtem ist die Photonik der fünftproduktivste britische Produktionssektor. Britische Universitäten sind seit über 200 Jahren weltweit führend auf diesem Gebiet, seit Maxwell die Theorien der Optik veröffentlichte, die noch heute verwendet werden - etwa 20 % der weltweiten Veröffentlichungen auf diesem Gebiet stammen aus dem Vereinigten Königreich. Dies hat weltweite Investitionen angezogen, und die größten Namen der Branche haben im Vereinigten Königreich Produktions- und Entwicklungseinrichtungen aufgebaut, die von seinem Talent und Wissen angezogen wurden.

³¹ Department for Science, Innovation & Technology: „*National Quantum Strategy*“, März 2023, vgl: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1142942/national_quantum_strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

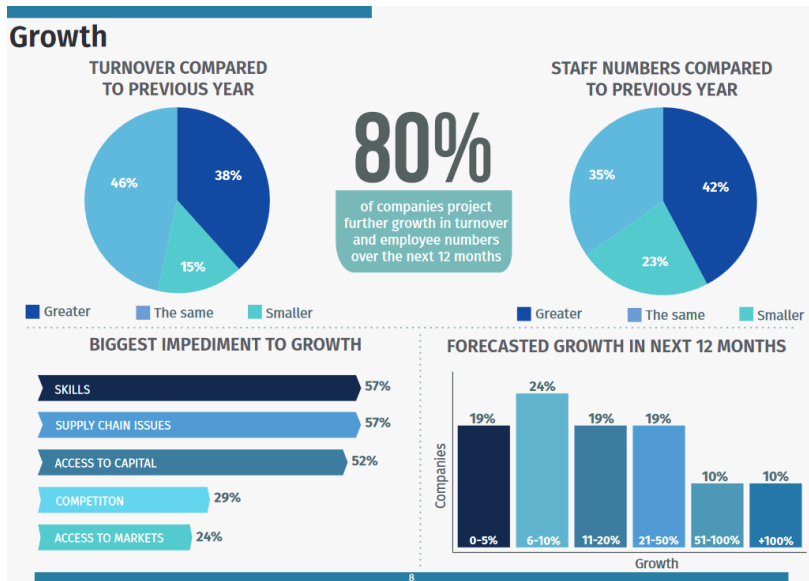


Abbildung 10: Gründe und Hindernisse für das Wachstum der britischen Wirtschaft

Quelle: Technology Scotland³²

Aufbauend auf diesen Fähigkeiten wird die britische Photonik bis 2035:

- Eine 50-Milliarden-Pfund-Industrie sein
- zusätzlich 150.000 direkte Arbeitsplätze schaffen
- einer der drei produktivsten Fertigungssektoren im Vereinigten Königreich sein



Abbildung 11: UK Photonics auf einen Blick

Quelle: Photonics Leadership Group³³

Photonik und Netto-Null-Wirtschaft

Direkte Stromerzeugung mit flexibler, hocheffizienter Photovoltaik, die eine nahtlose Integration von Solarenergie in Gebäude und Infrastruktur ermöglicht, ohne die Ästhetik und die Flächennutzung zu beeinträchtigen.

Indirekte Stromerzeugung: Durch verringerte Ausfallzeiten und eine verbesserte Windmessung wird die Photonik die Effizienz von Windturbinen in bestehenden und neuen Anlagen um 1,5-2 % steigern. Mit geringen Zusatzkosten wird dies bis 2035 weltweit eine zusätzliche Stromerzeugungskapazität von 15 GW schaffen, was fünf Kernkraftwerken des Typs Hinkley Point C entspricht und Einsparungen von über 100 Mrd. £ ermöglicht sowie die Sicherheit und Widerstandsfähigkeit erhöht.

³² Technology Scotland: „Photonics in Scotland 2022 Report“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/wp-content/uploads/2022/10/Photonics-Survey-2022-final-version.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 14.04.2023)

³³ Photonics Leadership Group: „UK Photonics 2035: The Vision“, vgl.: <https://photonicsuk.org/uk-photonics-2035-the-vision> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Rechenzentren, die für Finanzdienstleistungen, das Gesundheitswesen und die Unterhaltungsindustrie von zentraler Bedeutung sind, verbrauchen bereits 4 % des weltweiten Energieverbrauchs, ein Anteil, der ohne Maßnahmen im Zuge der Beschleunigung der digitalen Wirtschaft rasch steigen wird. Innovationen im Bereich der integrierten Photonik werden den Energieverbrauch von Rechenzentren bis 2035 um mehr als 50 % senken und dabei führende britische Kapazitäten nutzen, um das Wachstum der digitalen Wirtschaft ohne steigende Emissionen zu ermöglichen. Parallel dazu wird die Innovation und Übernahme der Laserbearbeitung, einschließlich des 3D-Drucks von Metallen, die Produktivität steigern und die Abfallmenge in allen Fertigungssektoren verringern.

Die Kreislaufwirtschaft wird auf photonische Sensoren und Werkzeuge angewiesen sein. Die schnelle optische Identifizierung und Kennzeichnung von Werkstoffen und Bauteilen wird die Verfolgung durch die gesamte Lieferkette ermöglichen und die Daten liefern, die eine funktionierende Kreislaufwirtschaft und eine effiziente Wiederverwendung von Materialien in allen Sektoren ermöglichen. Die Anpassungsfähigkeit und Konfigurierbarkeit von Photonik-Komponenten wird den Produktionsumfang verbessern, die Abfallmenge verringern und eine Wiederverwendung ohne Wiederaufarbeitung ermöglichen.

Photonik wird das Vereinigte Königreich digital vernetzter machen

Innovationen im Bereich der Glasfaser werden das Vereinigte Königreich vernetzter machen und London digital 100 Meilen näher an Newcastle und Frankfurt und 1.000 Meilen näher an New York bringen. Durch die radikale Verringerung der Latenzzeit in unserem Kerntelekommunikationsnetz wird sich die Zeit halbieren, welche die Daten vom Nutzer zum Rechenzentrum und zurück benötigen. Diese britische Erfindung wird der gesamten digitalen Wirtschaft zugute kommen, indem sie die Regionen einander näher bringt, die Zahl der für die Abdeckung des Landes erforderlichen Rechenzentren verringert, die Emissionen und Kosten um ein Drittel senkt und den Zugang zu Echtzeitdiensten von der Gesundheit bis zur Unterhaltung gewährleistet. Bis zum Jahr 2035 werden Laser für die gesamte Inter-Satellitenkommunikation für Satellitenkonstellationen in der niedrigen Erdumlaufbahn eingesetzt werden und die schnellste Verbindung selbst zu den entlegensten Regionen des Vereinigten Königreichs ermöglichen. Um die ständig steigende Nachfrage nach ortsunabhängiger Bandbreite zu befriedigen, werden optische Verbindungen auch für die Kommunikation zwischen Satelliten und Erde zum Standard werden.

Photonik wird die Produktivität in Industrie und Landwirtschaft um 20 % steigern

Der britische "Made Smarter Review" hat wirtschaftliche Auswirkungen im Wert von 455 Mrd. £ durch die Digitalisierung der Industrie und das Potenzial für eine 4,5 %ige Reduzierung der CO₂-Emissionen ermittelt. Die Photonik wird durch digitales Schneiden, Fügen, Markieren, Texturieren und 3D-Drucken von Werkstoffen, insbesondere von Metallen, sowie durch maschinelle Bildverarbeitung für Roboter- und Automatisierungssysteme eine zentrale Rolle bei der Erzielung dieser Auswirkungen spielen.

Auf die industrielle Materialbearbeitung entfällt ein Drittel des weltweiten Lasermarktes von ca. 11 Mrd. £. Dennoch ist die Akzeptanz in der britischen Industrie erschreckend gering, vor allem außerhalb der größten Hersteller. Die Behebung dieses Missstandes würde bis 2035 direkte jährliche Einnahmen in Höhe von 8 Mrd. £ in der Laserfertigung generieren und die Anwendung dieses wichtigen Produktivitätsfaktors auf weitere 20.000 britische Hersteller ausweiten. Insbesondere die Laserbearbeitung und das industrielle Bildverarbeitungssystem werden für eine wettbewerbsfähige Produktion von Elektromotoren und Batterien im Vereinigten Königreich von entscheidender Bedeutung sein, wobei Innovationen erforderlich sind, um sich an das breite Spektrum unterschiedlicher Materialien anzupassen. Die Photonik beginnt gerade erst, die Produktivität in der Landwirtschaft voranzutreiben, z.B. beginnen im Vereinigten Königreich entwickelte laserbasierte Melkmaschinen den Markt zu penetrieren, um die Milcherträge und den Tierschutz zu verbessern.

Bis 2035 wird die Photonik auch die Landwirtschaft digitalisieren und eine Revolution in der Lebensmittelproduktion ermöglichen. Die vertikale, verbrauchsnahe Landwirtschaft, die mit Hilfe von Photonik betrieben wird, kann den Wasserverbrauch um das 10- bis 100-fache senken und den Einsatz von Pestiziden überflüssig machen. Da das Vereinigte Königreich bei der Entwicklung einer hocheffizienten Landwirtschaft führend ist und entscheidend von Photonik-Innovationen abhängt, würde die Eroberung von nur 3 % dieser Märkte Einnahmen in Höhe von 2,5 Mrd. £ bringen.

Integrierte Photonik wird in die Point-of-Care-Diagnostik eingebettet sein

Jeder der 700.000 täglichen PCR-Tests, die das Vereinigte Königreich verarbeiten kann, wird mit Lasern digital ausgelesen. Schon vor COVID-19 kam niemand mehr in das Gesundheitssystem, ohne dass die Testergebnisse mit Hilfe der Photonik ermittelt wurden. Der britische Gesundheitsdienst NHS beschäftigt 25.000 Mitarbeiter in der Pathologie, die alle photonikgestützte Instrumente verwenden, was den NHS jährlich 2,5 Mrd. £ kostet, d. h. 4 % seines Budgets.

Eine weitere Steigerung der zentralen Tests ist untragbar und unbezahlbar, da sie die Behandlung verlängern und die Kosten erhöhen. Bis zum Jahr 2035 werden Fortschritte in der integrierten Photonik es ermöglichen, dass Tests, die derzeit mit Instrumenten in Laborgröße durchgeführt werden, auf Miniaturchips durchgeführt werden können, so dass die Tests direkt am Krankenbett, im Operationssaal und in der Arztpraxis durchgeführt werden können. Die Photonik ist der Schlüssel, um die Genauigkeit mit der Bequemlichkeit des Lateral-Flow-Tests zu kombinieren, mit dem wir heute so vertraut sind. Prognosen zufolge wird der weltweite Markt für Point-of-Care-Tests bis 2025 ein Volumen von 37 Mrd. £ erreichen; die Zahl der Krankenhausbesuche für Tests könnte um ein Viertel reduziert werden. Das Potenzial wird durch das britische Unternehmen Rockley Photonics veranschaulicht, dessen Börsengang im Jahr 2021 mit 1,2 Mrd. \$ (0,87 Mrd. £) bewertet wird. Licht ist auch ein wichtiges Behandlungsinstrument. Bei einigen Verfahren verbessert die Laserchirurgie die Ergebnisse für die Patienten, erhöht die Effizienz und verkürzt die Wartezeiten. Implantierbare optogenetische Geräte werden in der Neurotechnologie eine Rolle bei der Behandlung von Krankheiten wie Parkinson spielen und die Möglichkeit optischer Gehirn-Computer-Schnittstellen eröffnen, die die laufenden Behandlungskosten für eine Reihe chronischer Erkrankungen drastisch senken.

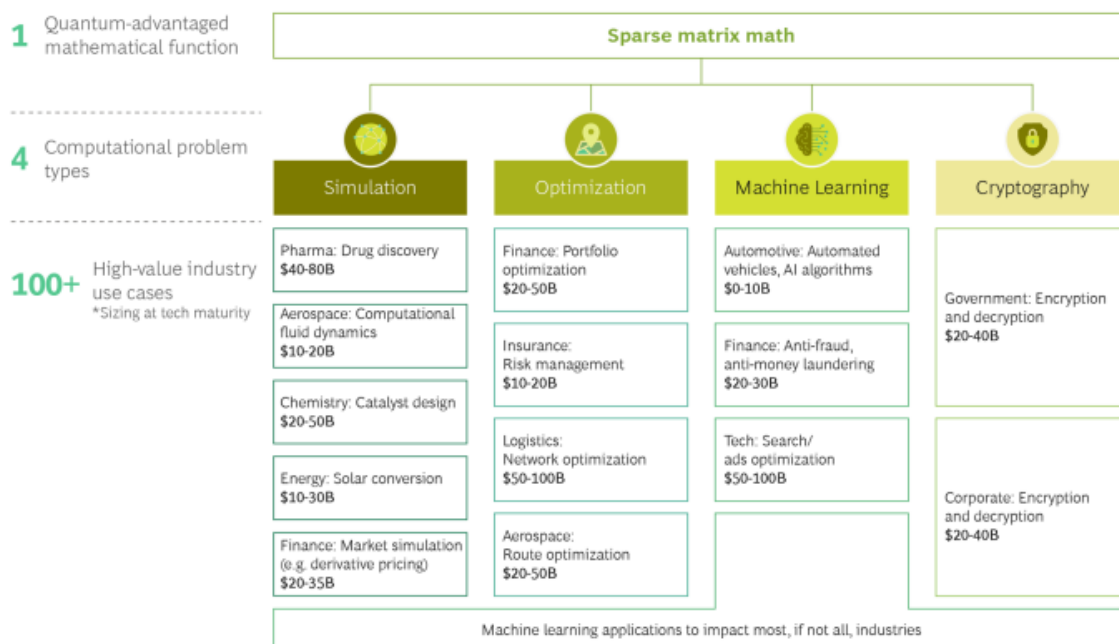


Abbildung 12: Vier Problemtypen mit Quantenvorteilen erschließen Hunderte von Anwendungsfällen bei technischer Reife

Quelle: BCG Analysis³⁴

Sicherheitstechnologien und Photonik

Lokalisierung, Nachverfolgbarkeit der Zeit und sichere Kommunikation sind die Grundpfeiler der Stabilität. Schon jetzt werden alle Daten zu irgendeinem Zeitpunkt ihrer Reise optisch transportiert; bis 2035 werden die übertragenen Daten mehr als 99,5 % ihrer Reisezeit als Licht verbringen. Das macht die Photonik zu einem wesentlichen Faktor für unsere digitale Widerstandsfähigkeit. Die Diversifizierungsstrategie für die Telekommunikation macht deutlich, dass das Vereinigte Königreich seine Kapazitäten in dieser kritischen Infrastruktur ausbauen muss. Optische Fasern, optische Verstärker und Zeitstempel, die mit einer Atomuhr rückverfolgbar sind, sind alles britische Erfindungen. Bei der sicheren Quantenkommunikation wird im Vereinigten Königreich Pionierarbeit geleistet. Da die Welt die Anfälligkeit und die Bedeutung digitaler, meist optischer Infrastrukturen erkennt, ist das Vereinigte Königreich in einer einzigartigen

34 BCG Analysis: „What Happens When ‘If’ Turns to ‘When’ in Quantum Computing?“, Juli 2021, vgl.: <https://www.bcg.com/publications/2021/building-quantum-advantage> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Position, um im Zentrum der nächsten sicheren und vertrauenswürdigen Telekommunikationsrevolution in 5G- und 6G-Netzen und darüber hinaus zu stehen. Bis 2035 wird das Vereinigte Königreich erneut ein globaler Anbieter kritischer Kommunikationsinfrastrukturen sein. Wenn nur 5 % eines Marktes mit einem Volumen von mehreren Milliarden Pfund, der jährlich um 10 % wächst, erobert werden, könnte das Vereinigte Königreich bis 2035 Einnahmen in Höhe von 15 Mrd. £ erzielen. Laser mit extremer Leistung, die Verfolgung von Objekten mit Quantenradar und LIDAR, auch durch und um feste Objekte herum, und das Erkennen von sonst Unsichtbarem in extremen Umgebungen - all das wird bis 2035 Teil der britischen Verteidigungs- und Sicherheitsfähigkeiten sein.³⁵

Das Vereinigte Königreich wird 9 Mio. £ investieren um der Zusammenarbeit von PsiQuantum mit dem STFC bei der Bewältigung der Skalierungsprobleme im Bereich der fehlertoleranten Quanteninformatik zu unterstützen. In der Tat wird das Start-up-Unternehmen PsiQuantum aus dem Silicon Valley im Daresbury Laboratory des Science and Technology Facilities Council (STFC) seine erste fortschrittliche Forschungs- und Entwicklungseinrichtung außerhalb der USA eröffnen. Die Zusammenarbeit wird es PsiQuantum ermöglichen, die fortschrittlichen kryogenen Systeme zu entwickeln, die für den Bau des ersten brauchbaren Quantencomputers der Welt entscheidend sind.

Durch diese neue Zusammenarbeit wird PsiQuantum Zugang erhalten zu:

- eine der größten kryogenen Kühleinrichtungen in Europa und deren führende Experten
- groß angelegte technische F&E-Einrichtungen und Werkstätten
- zukünftige Synergien mit den Experten des Hartree Centre des STFC
- künftige Synergien mit dem UK National Quantum Computing Centre

Es wird erwartet, dass Quantencomputer Probleme lösen können, die sonst weder heute noch in Zukunft auf einem Supercomputer gelöst werden könnten, und zwar in folgenden Bereichen:

- Cybersicherheit
- Arzneimittelentdeckung
- Klimatechnologien zur Förderung der Dekarbonisierung in großem Maßstab

Die Zusammenarbeit von PsiQuantum mit dem Daresbury Laboratory des STFC führt zu deutlichen Synergien innerhalb des Sci-Tech Daresbury Campus. Dazu gehört das Hartree National Centre for Digital Innovation (HNCDI), eine Zusammenarbeit zwischen STFC und IBM. Das HNCDI bietet Unternehmen aller Größenordnungen Zugang zu den neuesten fortschrittlichen Supercomputing-Technologien, die normalerweise nur der akademischen Welt und der Großindustrie zur Verfügung stehen. Im Hartree Centre entwickeln und testen Experten bereits Software der nächsten Generation auf Simulatoren für Quantencomputer und das Daresbury Laboratory des STFC befindet sich im Sci-Tech Daresbury in der Stadtregion Liverpool und beherbergt bereits eine der größten kryogenen Kühlanlagen Europas. Es entwickelt Kryomodule für Großforschungseinrichtungen in aller Welt.³⁶

Im Februar 2023 erhielt das in London ansässige Start-up-Unternehmen Quantum Motion von einigen der weltweit führenden Quanteninvestoren eine Kapitalfinanzierung in Höhe von über 42 Mio. £ (Quantum Insider). Quantum Motion entwickelt skalierbare Quantencomputer unter Verwendung bestehender Silizium-Herstellungsverfahren. Die Finanzierungsrunde wurde von Robert Bosch Venture Capital angeführt und von British Patient Capital sowie anderen Investoren unterstützt. Die zunehmende Häufigkeit größerer Investitionsrunden im Vereinigten Königreich spiegelt die Fortschritte in der Technologieentwicklung und das wachsende Bewusstsein und Vertrauen in das Potenzial der Quantentechnologien wider.³⁷

2.2 Photonik in digitalen Infrastrukturen und Telekommunikation

Laut Professor David Richardson (Stellvertretender Direktor des Optoelektronik-Forschungszentrums (ORC) und Co-Investor des Future Photonics Hub)³⁸ trägt die Telekommunikationsbranche 4 % bis 5 % der BIP des Vereinigten Königreichs bei und spielt eine entscheidende Rolle für das wirtschaftliche und soziale Wohlergehen des Landes. Die

35 Photonics leadership group: „UK Photonics 2035: The Vision“, vgl.: <https://photonicsuk.org/uk-photonics-2035-the-vision> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

36 UKRI: „PsiQuantum opens UK R&D facility to develop quantum computing“, März 2023, vgl.: <https://www.ukri.org/news/psiquantum-opens-uk-rd-facility-to-develop-quantum-computing/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

37 Department for Science, Innovation & Technology: „National Quantum Strategy“, März 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1142942/national_quantum_strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

38 Future Hub: „Rebuilding the UK telecommunications industry“, vgl.: <https://www.photonicshubuk.org/rebuilding-the-uk-telecommunications-industry/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Verbraucher haben eine große Auswahl an Mobiltelefonnetzen, Breitbandanbietern und Kabelfernsehanbietern.³⁹ Die Pandemie hat hervorgebracht, wie die digitale Kommunikationsinfrastruktur des Vereinigten Königreichs angesichts der rasch steigenden Nachfrage gut funktioniert hat.

Die Nachfrage ist erheblich gestiegen - die Internetnutzung hat sich bis 2020 verdoppelt, und die Erwachsenen im Vereinigten Königreich verbringen heute mehr als 25 % ihres Tages online. In dem Maße, wie unsere Abhängigkeit vom Internet und unseren Mobiltelefonen gewachsen ist, ist das effektive Funktionieren unserer digitalen Infrastruktur immer wichtiger geworden. Zwar macht die offizielle digitale Wirtschaft - bestehend aus Unternehmen der Informations- und Kommunikationstechnologie - nur einen kleinen Teil der Gesamtwirtschaft aus, aber fast alle Unternehmen sind heute für ihre Tätigkeit von der Digitalisierung abhängig.

Insgesamt hat die Infrastruktur trotz der gestiegenen Nachfrage ein gutes Dienstleistungsniveau beibehalten und war weitgehend störungsresistent. Viele Dienste haben sich in den letzten Jahren deutlich verbessert - so sind beispielsweise 69 % der Breitbandanschlüsse in Privathaushalten jetzt sehr schnell, was einem Anstieg von 10 Prozentpunkten seit 2018 entspricht. In diesem Zusammenhang haben die britischen Mobilnetz Betreiber ("MNOs") in den letzten zehn Jahren mehr als 20 Mrd. £ in Mobilfunknetze investiert und investieren derzeit in den ersten Ausbau der 5G-Netze. Für die Bereitstellung der vollen 5G und den damit verbundenen Vorteilen im gesamten Vereinigten Königreich sind jedoch weitere erhebliche Investitionen erforderlich.

Eine Studie von Deloitte hat sechs Trends identifiziert, die das Potenzial haben, sich auf die Fähigkeit von Anbietern mobiler Konnektivität, hauptsächlich MNOs, auszuwirken, Kapitalrendite zu erzielen und zu halten.

1. Hohe Netzinvestitionen von MNOs, um 5G-Fähigkeiten bereitzustellen und Regierungsziele zu erreichen, z.B. in Bezug auf die Mobilfunkabdeckung
2. Eine kurz- bis mittelfristig erhöhte Konzentration der Netzwerklieferkette kann längerfristig durch eine Technologie ausgeglichen werden, die die Netzwerklieferkette für eine breitere Palette von Lieferanten öffnet
3. Zunahme des reinen Infrastrukturbesitzes
4. Entstehung neuer privater Netzbetreiber/Anbietern
5. Erweiterung der Rolle von Hyperscalern in der gesamten Wertschöpfungskette der Kommunikation
6. Es wird erwartet, dass die wachsende Nachfrage nach Inhalten und das Aufkommen datenintensiver mobiler Anwendungsfälle weitere Netzwerkinvestitionen erforderlich machen werden

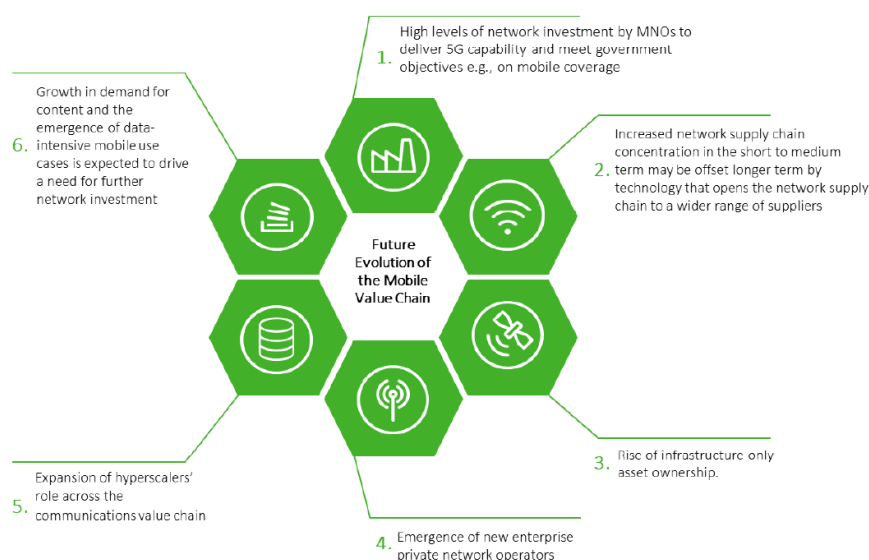


Abbildung 13: Schlüsseltrends für die künftige Entwicklung der mobilen Wertschöpfungskette

Quelle: Deloitte - Future of the UK Mobile and Wider Communications Value Chain⁴⁰

³⁹ Future Hub: „Rebuilding the UK telecommunications industry“, vgl.: <https://www.photonicshubuk.org/rebuilding-the-uk-telecommunications-industry/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

⁴⁰ Deloitte: „Future of the UK Mobile and Wider Communications Value Chain“, Febr. 2022, vgl.: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/financial-advisory/deloitte-uk-future-of-the-uk-mobile-value-chain-feb-2022.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Es wird geschätzt, dass die kumulierten Investitionen in die 5G-Einführung im Vereinigten Königreich bis 2020 2,3 Mrd. £ erreicht haben, aber ein vom Government Department for Digital, Culture, Media and Sport (DCMS) in Auftrag gegebener Bericht schätzt, dass Kapitalinvestitionen in Höhe von mehr als 20 Mrd. £ erforderlich sein könnten um eine landesweite "nahtlose Hochleistungskonnektivität" zu schaffen.⁴¹

Der Bedarf an Investitionen, die erforderlich sind, um die weiteren Vorteile der Digitalisierung zu nutzen, fällt mit einer Transformation der mobilen Wertschöpfungskette zusammen. Dieser Wandel verändert die Art und Weise, in der Renditen für Investitionen in mobile Konnektivität generiert werden. In diesem Zusammenhang findet die strategische Überprüfung der Herangehensweise der Ofcom (der britischen Regulierungsbehörde für den Kommunikationssektor an den Mobilfunksektor) statt; in ihren Terms of Reference hat die Ofcom anerkannt, wie wichtig es ist, zu verstehen, wie sich die Wertschöpfungskette entwickelt und welche Auswirkungen dies auf den Business Case für Investitionen in die mobile Konnektivität hat.⁴² In ähnlicher Weise soll die laufende Entwicklung einer Strategie für drahtlose Infrastrukturen durch das britische Ministerium für Digitales, Kultur, Medien und Sport (*Department for Digital, Culture, Media and Sport*, DCMS) einen Rahmen für die Entwicklung, den Aufbau und die Einführung von 5G- und künftigen Netzen im Vereinigten Königreich im nächsten Jahrzehnt schaffen.⁴³

Form und Struktur der mobilen Wertschöpfungskette und die Wettbewerbsdynamik innerhalb dieser Kette haben sich in den letzten zehn Jahren erheblich verändert, und es ist zu erwarten, dass sie sich weiter entwickeln werden. Die Wertschöpfungskette hat sich erweitert - mit neuen Dimensionen, die durch die breite Palette von Diensten und Anwendungen ermöglicht werden, die jetzt über Mobilfunknetze bereitgestellt werden und von denen sich viele mit Wertschöpfungsketten in angrenzenden Sektoren überschneiden.

In dieser erweiterten Wertschöpfungskette konkurrieren immer mehr und vielfältigere Teilnehmer, von denen viele vertikal integriert und in der Lage sind, globale Größenvorteile zu nutzen. Neben dem intensiven Wettbewerb zwischen Mobilfunknetzbetreibern, Betreibern virtueller Mobilfunknetze (MVNOs) und anderen Wiederverkäufern stehen die Mobilfunknetzbetreiber nun auch mit globalen Netzausrüstern und unabhängigen Turmunternehmen im vorgelagerten Bereich sowie mit globalen Anbietern integrierter Geräte, Inhaltsanbietern und anderen Anwendungsanbietern im nachgelagerten Bereich in Geschäftsbeziehung und in manchen Fällen auch im Wettbewerb. Dies hat die Wettbewerbsdynamik und das Machtgleichgewicht in der gesamten Wertschöpfungskette verändert.⁴⁴

Nach der letzten Umfrage von Ofcom liefert die Kommunikationsinfrastruktur mehr als 300 GByte pro Monat und Nutzer (dies ist das, was tatsächlich geliefert wird, nicht das, was geliefert werden könnte). Das ist etwa 20 Mal höher als der entsprechende Wert für 2011.

41 Frontier Economics: „*UK Mobile Market Dynamics – A report for DCMS*“, Juli 2018, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/728816/Frontier_report_on_Mobile_Market_Dynamics.pdf (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

42 Ofcom: „*Mobile Strategy – Terms of Reference*“, Mai 2021, vgl.: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0021/218811/terms-of-reference-mobile-strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

43 Department for Digital, Culture, Media & Sport: „*Wireless Infrastructure Strategy: call for evidence*“, Nov. 2021, vgl.: <https://www.gov.uk/government/consultations/wireless-infrastructure-strategy-call-for-evidence/wireless-infrastructure-strategy-call-for-evidence> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

44 Deloitte: „*Future of the UK Mobile and Wider Communications Value Chain*“, Febr. 2022, vgl.: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/financial-advisory/deloitte-uk-future-of-the-uk-mobile-value-chain-feb-2022.pdf>

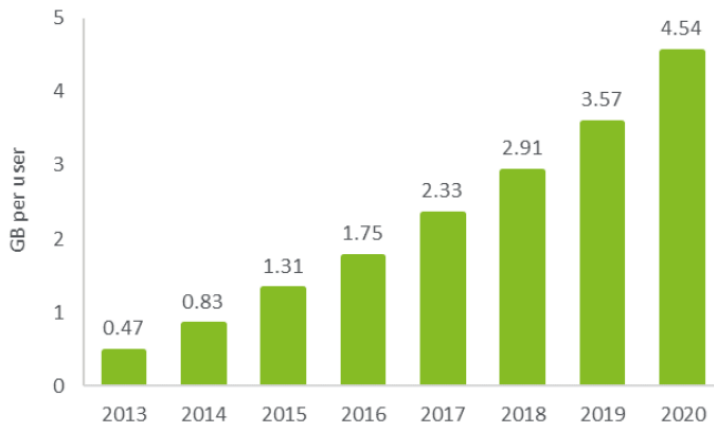


Abbildung 14: Durchschnittliche monatliche mobile Daten (in GB) pro Nutzer im Vereinigten Königreich

Quelle: Ofcom communications market report 2021⁴⁵

In der Tat wird die Nachfrage nach Telekommunikation immer weiter steigen. Jedes Mal, wenn wir beispielsweise einen Generationswechsel in der mobilen Kommunikation erleben, von 4G zu 5G und in Zukunft zu 6G, steigen die Anforderungen an die zugrunde liegende optische Netzkapazität massiv an. Jedes Jahr steigt die Verkehrsnachfrage um etwa 40-50 %. Auch wenn die Leistungsfähigkeit geht weit über das hinaus, was ursprünglich geplant war, die Kupferleitungen stoßen nun an ihre Grenzen und müssen innerhalb eines Jahrzehnts durch Glasfaser ersetzt werden.

Die Glasfaserkabel werden derzeit nur zu einem winzigen Bruchteil ihrer eigentlichen Kapazität genutzt - vielleicht zu einem Millionstel oder weniger. Das bedeutet, dass diese Infrastruktur höchstwahrscheinlich noch weitere hundert Jahre halten wird. Außerdem sind Glasfasern im Allgemeinen zuverlässiger, da sie beispielsweise bei Nässe nicht korrodieren. Und der eigentliche physikalische Transport, der das Signal - heutzutage normalerweise eine modulierte Lichtwelle - überträgt, verändert sich weiter. Neue Fasern mit "hohlem Kern" leiten das Licht durch ein zentrales Loch, das mit 100-Nanometer-Membranen (1/1.000stel eines menschlichen Haares) "gestoßen" wird. Dadurch werden die Beschränkungen durch den heute üblichen massiven Glaskern weitgehend aufgehoben, was mehr Kapazität, höhere Geschwindigkeiten (d.h. geringere Latenzzeiten) und wahrscheinlich geringere Verluste (und damit eine größere Reichweite) ermöglicht. Auch die Funkantennen werden weiterentwickelt, so dass die Signale auf den gewünschten Empfänger "gerichtet" werden können, anstatt einfach nur versprüht zu werden, was sowohl die Qualität verbessert als auch den Stromverbrauch verringert.⁴⁶

Die Industrie muss dieses Wachstum nachhaltig unterstützen, ohne dass die Kosten für den Verbraucher erheblich steigen, was eine enorme technologische, wirtschaftliche und logistische Herausforderung darstellt. Um dies zu erreichen, ist eine Kombination aus Investitionen und einem integrierten Innovationsnetz nötig, um sicherzustellen, dass die Forschung in reale Anwendungen umgesetzt wird. Programme wie das Future Photonics Hub ermöglichen eine effiziente und direkte Verbindung zu Industriepartnern und spielen eine entscheidende Rolle bei der Überführung einer laborgestützten Entdeckung in eine kommerzielle Plattform. Das Zentrum bietet Fachwissen für die vorbereitenden Arbeiten, die bei der Zusammenarbeit mit Industriepartnern erforderlich sind, und stellt eine klar definierte Schnittstelle zwischen Unternehmen und unseren staatlich finanzierten Kernforschungsprogrammen dar.

45 Deloitte: „Future of the UK Mobile and Wider Communications Value Chain“, Febr. 2022, vgl.: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/financial-advisory/deloitte-uk-future-of-the-uk-mobile-value-chain-feb-2022.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

46 Economics Observatory: „Can the UK's digital infrastructure continue to cope with rising demand?“, Juni 2021, vgl.: <https://www.economicsobservatory.com/can-the-uks-digital-infrastructure-continue-to-cope-with-rising-demand> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Tabelle 4: Aktueller Stand der Entwicklung der führenden Hardware

	Future UK Opportunity	Supporting UK Core Strength/Justification	UK centres of excellence	Action(s) Required
Broadband	Next Generation Broadband giving Gigabit connectivity will require fibre to within 100m of the end user. Increasing merging of wireless and wired broadband provision based on 4G development and Future 5G Development of Radio on fibre	Smaller cell sizes for 4G and 5G will require closer integration of fibre and wireless infrastructure UK has well established mobile networks development centres.. UK universities and specialist companies have world class skills in radio over fibre vital for future 4G and 5G for base station front-haul and back-haul	Huawei, Vodafone Bristol, Surrey Uni's	Skills training in installation and maintenance of optical networks. Involvement in future standards generation and European collaborations on 5G. Support research programmes that investigate the cross-over of radio and fibre technologies Increase links to those developing models of future cities.
Data	Growth in Data Centres, Cloud storage, electronic trading and Financial services. Growth in Big data and data based services.	UK major centre for high speed financial services UK businesses are increasingly dependent on the large data centres and leverage big data. Will require Terabit interconnectivity and high performance optical networking. Key suppliers of cloud storage equipment with manufacturing and design centres in UK	City London trading, Colt telecom, Equinix, Seagate, Xyratex	UK led collaborative research programmes involving operators, service and technology providers to develop higher capacity and energy efficient optical interconnect architectures. Development of next generation of core network technology capable of supporting growth in Cloud services
	Quantum information. Major UK opportunity at all points in supply chain	Significant integrated photonics design and fabrication capability	Quantum hubs	Coordinate quantum technology and integrated photonics investment to ensure full system value can be captured in UK.
Components	On chip photonics integration for data centres, fibre to home, quantum computing and high capacity comms	Multiple world leading industrial and academic design centres in integrated photonics Significant wafer and chip level fabrication capacity especially in III-V semiconductors. Established export channels to network equipment suppliers globally	Oclaro, Opticap, Bristol, Glasgow, St Andrews, Southampton Uni	Support for collaborative R&D in photonic integration (PICs) e.g. Integrated Silicon and/or III-V photonics. Development of foundry services to maximise use of fabrication assets Support commercial automated/high value packaging approaches compatible with UK manufacturing
	High reliability components & systems for Satellite Aerospace and Undersea communications	UK has world leading capability in manufacture of high reliability components, including undersea, space and aerospace (civil & defence).	Gooch & Housego, ESA, API tech, BAE	Build capability to mission qualify components and systems for aerospace & space Increase academic research into high reliability devices. Support for high reliability packaging R&D
	Growth in use of valued added /Enabling Materials e.g. compound Semiconductors and Metamaterials Silicon / III-V hybridisation	UK major manufacturer of epitaxial wafers for global optoelectronic/ comms industry World leading research in integrated photonics & metamaterials at multiple UK universities.	IQE, CST, Exeter Southampton, Imperial College, , Sheffield, Glasgow	Promote routes for the exploitation and commercialisation of novel materials that capture value in UK whilst fitting with complex global supply chains

Quelle: Photonics Leadership Group⁴⁷

Auf nationaler Ebene wird derzeit viel darüber diskutiert, wie die britische Telekommunikationsstrategie aussehen könnte, und zwar zwischen mehreren Regierungsstellen, der Industrie und der akademischen Gemeinschaft, die alle eine wichtige Rolle spielen. Es bleibt abzuwarten, wohin dies letztlich führen wird. In der Zwischenzeit entwickelt Southampton zusammen mit anderen britischen akademischen Einrichtungen weiterhin neue Technologien, um den Herausforderungen der Telekommunikationsbranche und des Vereinigten Königreichs im Allgemeinen zu begegnen. Sie entwickeln diese neuen Technologien durch neue Spinout-Unternehmen, wie z.B. Lumenity Ltd. mit Sitz in Southampton, die hochmodernen Hohlkern-Glasfaserkabel entwickeln, um die Reaktionsfähigkeit von Kommunikationsnetzen zu verbessern.⁴⁸ Laut Jim Harrison, CTO von Rushmere, wird dieses Projekt es ihnen ermöglichen, Funktürme mit Glasfaser zu verbinden und gleichzeitig die Kapazitäten des Vereinigten Königreichs auf dem Markt für Telekommunikationsausrüstung wieder aufzubauen und die nationale Netzsicherheit in der Zukunft zu gewährleisten.

Im Nachfolgenden einige der britischen Infrastruktur- und Telekommunikationsunternehmen, die in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsen sind.

Huawei Technologies Research & Development (UK)

Im Jahr 2021 investierte Huawei verstärkt in die Grundlagenforschung in den Bereichen Kommunikation, Datenverarbeitung, KI und vielen anderen Bereichen:

- erzielte weitere Fortschritte bei den grundlegenden Theorien zur drahtlosen Kommunikation, indem es seine Algorithmen immer näher an die theoretische Shannon-Grenze heranbrachte und das Design von Send- und Empfangsgeräten erheblich vereinfachte.
- veröffentlichte unsere 6G-Vision, in der neue Dienste, Anwendungsfälle und technologische Trends für die Zukunft definiert werden, als Teil der branchenweiten Bemühungen, einen Konsens über 6G zu schaffen.
- entwickelte eine neue, vertrauenswürdige Architektur, die drahtlose Vollspektrum-Kommunikation und -Sensorik mit nativer KI kombiniert und das New Radio (NR)-Framework, ultradichte Satellitennetze und terrestrische Mobilfunknetze einbezieht. Diese neue Architektur wird intelligente 6G-Konnektivität

⁴⁷ Photonics Leadership Group: „Future growth opportunities“, vgl.: <https://photonicsuk.org/revolutionising-our-world/future-growth> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

⁴⁸ Future Hub: „Rebuilding the UK telecommunications industry“, vgl.: <https://www.photonicshubuk.org/rebuilding-the-uk-telecommunications-industry/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

unterstützen.

- trieb die optische Kommunikation mit neuen Ansätzen für nichtlineare Wellenformen voran und damit wichtige Fortschritte bei der Lösung des branchenweiten Problems der Nichtlinearität in Glasfasern erzielte und die Übertragungsdistanzen erheblich verlängerte
- entwickelte ein präzises Modell zur Vorhersage des Netzwerkverkehrs und verfeinerte die versicherungsmathematische Theorie für Netzwerk-Service-Level-Agreements (SLAs), wodurch die Verkehrsmodelle einen Präzisionssprung von der Millisekunden- auf die Mikrosekundenebene machen konnten. Dadurch wurde die Netzwerkeistung viel besser vorhersehbar und die Ressourcennutzung gesteigert.
- erzielte neue Fortschritte bei KI-Bildkodierungs- und -dekodierungstechnologien und den Start des JPEG-KI-Projekts (ISO/IEC JTC 1/SC29) zur Entwicklung der nächsten Generation von Bildstandards unterstützt.⁴⁹

Vodafone UK

Der britische Mobilfunkanbieter Vodafone behauptet, der erste Mobilfunkbetreiber in Großbritannien zu sein, der sein 5G Standalone (5G SA) Netzwerk einschaltet. Das Telekommunikationsunternehmen teilte mit, dass ausgewählte Kunden in London, Manchester, Liverpool, Bristol, Bath, Glasgow und Birmingham - die Oppo Find X3/X5 Pro, Samsung Galaxy S21/S22 Handsets mit Unlimited Max Plänen haben - vom Betreiber kontaktiert werden, um an der 5G SA Studie teilzunehmen. Vodafone sagte, dass es auch Network Steering testen wird, eine Technologie, die es dem Netzwerk ermöglicht, ein Gerät automatisch auf die richtige Konnektivität (4G, 5G NonStandalone oder 5G Standalone) zu lenken, je nachdem, welche Dienste genutzt werden. Vodafone merkte auch an, dass die Einführung von 5G Standalone in Gemeinden in ganz Großbritannien, nicht nur in Großstädten, die Unterstützung der Regierung erfordert. Im Jahr 2022 bestätigte die Vodafone Group, dass sie sich in Gesprächen mit der in Hongkong ansässigen CK Hutchison Holdings in Bezug auf einen möglichen Zusammenschluss von Vodafone UK und Three UK befindet. Nach Angaben von Vodafone würden beide Unternehmen ihre britischen Geschäfte zusammenlegen, wobei Vodafone 51 % und CK Hutchison 49 % der Anteile an dem neuen Unternehmen halten würde. Vodafone sagte auch, dass ein Deal zur Schaffung eines neuen Telekommunikationskonzerns angesichts der enormen Kosten für den Ausbau und die Wartung der neuen 5G-Netzwerkinfrastruktur im Land von entscheidender Bedeutung wäre.⁵⁰

Colt UK

Colt ist der "neue Standard" bei der Bereitstellung von Voice- und Breitbandnetzdiensten für Firmen- und Großhandelskunden in den wichtigsten Geschäftszentren Europas, Asiens und Nordamerikas. Durch die Kombination von internationaler Präsenz und lokaler Abdeckung verfügt Colt über die richtige Größe, um eine globale Bereitstellung und gleichzeitig einen lokalen Kundenservice zu bieten. Colt ermöglicht die digitale Transformation von Unternehmen durch sein speziell entwickeltes, Cloud-integriertes intelligentes Netzwerk, bekannt als Colt IQ Network, das mehr als 900 Rechenzentren auf der ganzen Welt mit mehr als 27.500 On-Net-Gebäuden verbindet, und diese Zahlen steigen stetig. Colt ist auch als Innovator und Pionier im Bereich Software Defined Network (SDN) und Network Function Virtualisation (NFV) anerkannt. Colt hat sich seit mehr als zwei Jahrzehnten auf Sprach- und Netzwerkdienste für große und mittelständische Organisationen und datenintensive Unternehmen spezialisiert. Darüber hinaus betreut es weltweit erfolgreich Kunden aus dem Kapitalmarktbereich.⁵¹

Equinix UK

Equinix ist das weltweit größte Unternehmen für digitale Infrastrukturen. Es verbindet branchenführende Organisationen wie Finanzwesen, Fertigung, Einzelhandel, Behörden, Transport- und Gesundheitswesen und Bildung in einer digitalisierten Welt miteinander. Unternehmen nutzen seine vertrauenswürdige globale Plattform, um die grundlegende Infrastruktur, die für ihren Erfolg ausschlaggebend ist, zusammenzuführen und miteinander zu verbinden - nachhaltig und sicher. Gegründet wurde das Unternehmen 1998 im Silicon Valley als herstellerneutraler, mandantenfähiger Rechenzentrumsanbieter, der konkurrierende Netzwerke sicher miteinander verbindet und den Datenverkehr gemeinsam nutzt. Es wurde ein Name gewählt, der den Fokus auf EQUality, Neutrality und Internet eXchange widerspiegelt - Equinix. Mit Plattform Equinix® und seinem Ökosystem aus führenden Service Providern verschaffen sich digitale Marktführer schnell Wettbewerbsvorteile in den Bereichen Clouds, Netzwerke, Storage, Compute und Software.⁵²

49 Huawei: „Research & Innovation“, vgl.: <https://www.huawei.com/uk/corporate-information/research-development> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

50 RCR Wireless News: „Vodafone UK announces 5G SA trial for selected customers“, Jan. 2023, vgl.: <https://www.rcrwireless.com/20230120/5g/vodafone-uk-announces-5g-sa-trial-selected-customers> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

51 Vgl.: <https://www.colt.net/about/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

52 Vgl.: <https://www.equinix.co.uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Seagate UK

Seit 1979 entwickelt Seagate präzisionsgefertigte Datenspeichertechnologien, die überragende Kapazität, Geschwindigkeit, Sicherheit und Leistung bieten. Seagate beschäftigt 40.000 kreative, hart arbeitende und leidenschaftliche Mitarbeiter auf der ganzen Welt - im Silicon Valley, im Vereinigten Königreich, in Singapur, Indien, China und darüber hinaus. Seagate Kernbereiche: Externer Speicher, interner Speicher, Cloud-Speicher, Speicher für kleine Unternehmen, tragbarer Speicher, Netzwerktechnik, Home Entertainment, Speicherlösungen, Datenwiederherstellung, Datenmanagement, Big Data und Datenspeicherung.⁵³

Alter Technology UK

Alter Technology UK (ehemals Optocap) verfügt über umfangreiche Design- und Packaging-Kapazitäten und unterstützt die Montage von Halbleiterbauelementen in den Bereichen Mikroelektronik und Photonik, darunter ASICs, MEMS, LEDs, Laserdioden, VCSELs und Photonic Integrated Circuits (PIC). Die Fast-Turn-Prototypenmontage von Alter Technology UK hilft Kunden bei der schnellen Bewertung neuer Designs. Die hochmodernen, automatisierten Montageanlagen von Alter Technology UK umfassen nun auch die Möglichkeit der Kunststoffverkapselung für QFN und können die Produktion von Mio. von Chips pro Jahr unterstützen. Zu den robusten photonischen Produkten von Alter UK gehören FLAME und REMOTE, Lasermodule mit schmaler Linienbreite für Anwendungen der Quantentechnologie und optische Transceiver für die satelliteninterne Kommunikation.⁵⁴

Gooch & Housego UK

G&H ist ein Photonik-Technologieunternehmen mit OEM-Kunden weltweit, das optische Systeme, Baugruppen und Komponenten für anspruchsvolle Anwendungen, oft für den Einsatz in rauen Umgebungen, liefert. Im Bereich Luft- und Raumfahrt und Verteidigung liefert G&H einsatzkritische Technologie für Laser-, Sensor- und Abbildungsanwendungen zu Wasser, zu Lande, in der Luft und im Weltraum. Seine optischen Systeme, Komponenten und Baugruppen werden in einer breiten Palette von offensiven und defensiven Anwendungen eingesetzt. Im Bereich Industrie und Telekommunikation hat G&H den Ruf, photonische Komponenten und Baugruppen von höchster Spezifikation und Qualität herzustellen, von der Laserpulssteuerung für die Materialbearbeitung bis hin zu Sensorik und Unterwasserkommunikation. Im Bereich Biowissenschaften und Biophotonik bietet G&H Lösungen für die medizinische Bildgebung, chirurgische Systeme, Intensivpflege und Laboranwendungen. OEMs von medizinischen Systemen und Instrumenten verlassen sich auf G&H als vertikal integrierte Ressource für Komponenten, Systeme und Baugruppen aus einer Hand.⁵⁵

2.3 Photonik in der Gesundheitswirtschaft

Digitale Gesundheitsdienste können zu besseren Gesundheitsergebnissen für Menschen in ländlichen Gemeinden führen, indem sie eine bessere Prävention, Diagnose, Behandlung und Überwachung von Gesundheitsproblemen ermöglichen. Für Menschen, die in ländlichen Gebieten leben, in denen die nächstgelegene Arztpraxis mit langen Anfahrtswegen bzw. der Abhängigkeit von anderen verbunden sein kann, kann die digitale Gesundheitsversorgung besonders wichtig sein. In diesem Zusammenhang hat eine Studie der Europäischen Kommission über Telemedizin ergeben, dass eine Steigerung der Technologieanwendung um 5 Prozentpunkte die Zahl der gesunden Lebensjahre der Bürger um 1,7 % erhöhen und die Sterblichkeitsrate um 3,6 % senken könnte.⁵⁶

⁵³ Vgl.: <https://www.seagate.com/qb/en/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

⁵⁴ Vgl.: <https://wpo-altertechnology.com/optocap/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

⁵⁵ Vgl.: <https://qandh.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

⁵⁶ European Commission: „Market study on telemedicine“, Okt. 2018, vgl.: https://health.ec.europa.eu/system/files/2019-08/2018_provision_marketstudy_telemedicine_en_0.pdf (Zuletzt aufgerufen am 14.04.2023)

Tabelle 5: Kosten-Wirksamkeits-Ergebnisse des Szenarios der teilweisen Einführung (standardisiert auf die Gesamtbevölkerung Bevölkerung - EWR-Raum)

Vollständige Bevölkerung - Erhöhung der Akzeptanz um 5%	Telemedizin	Traditionelle Medizin	Gesamt Szenario Kosten/Vorteil	Entwicklung mit Vergleich zu Basislinie	Telemedizin Präferenz
Kosten der Krankenhausaufenthalt	11.31 €	110,39 €	121,70 €	-3,7 %	Ja
Gewonnene QALYS/Einzelperson	0.0413	0.1016	0,1430	1,7 %	Ja
Tage der Konsultationstage / Einzelperson	0.0053	0.0260	0,0313	-1,7 %	Ja
Sterblichkeit%	0,1042 %	0,9776 %	1,0818 %	-3,64 %	Ja
Entfernung (Km)/Individuum	0,1799	0.0000	0,1799	27,8 %	Ja

Quelle: European Commission⁵⁷

In Großbritannien werden diese Technologien durch medizinische Geräte zunehmend in die Medizintechnik (MedTech) integriert, was die Branche in eine hervorragende Ausgangsposition für Innovationen und Verbesserungen gebracht hat. Mit einem Marktwert von einer halben Mrd. \$ - der bis 2023 auf über 600 Mrd. \$ ansteigen soll - sind die Unternehmen der Medizintechnik bestrebt, diese Innovationen flexibel in ihre Produktionslinien einzubauen, um den aktuellen Bedarf zu decken und die für die kommenden Jahre prognostizierte steigende Nachfrage zu decken.

Die gesamten laufenden Ausgaben für das Gesundheitssystem im Vereinigten Königreich beliefen sich im Jahr 2020 auf 12 % des BIP, verglichen mit 9,9 % im Jahr 2019. Davon machen die Ausgaben für Medizintechnik einen beträchtlichen Teil aus - allein der NHS gibt schätzungsweise 10 Mrd. £ pro Jahr für Medizintechnik aus (DHSC-Schätzung, 2021, basierend auf mehreren Datenquellen). Der Medizintechniksektor ist ein wichtiger Anbieter von Arbeitsplätzen und der Entwicklung von Fachkenntnissen in lokalen Gebieten im gesamten Vereinigten Königreich. Das Vereinigte Königreich ist auch ein wichtiger Akteur auf dem internationalen Markt und hat im Jahr 2021 medizintechnische Produkte im Wert von über 5,6 Mrd. £ exportiert.⁵⁸

Im Jahr 2021 gab es rund 60 verschiedene Forschungsprogramme zur Förderung innovativer Technologien mit einem Finanzvolumen von über 1 Mrd. £. Entwickler können die Vorteile von F&E -Investitionen nutzen, indem sie geistiges Eigentum (IP) erwerben und verwerten, um ihre Ideen und Entwicklungen zu schützen. Es gibt mehrere Programme zur Unterstützung von F&E und der Entwicklung von geistigem Eigentum für Unternehmen im Vereinigten Königreich. So können KMU beispielsweise über den IP Audits Plus Service des UK Intellectual Property Office (UKIPO) Fördermittel für ein Audit ihres geistigen Eigentums beantragen. Dieser Service zielt darauf ab, KMU mit Unterstützung und Beratung bei der Identifizierung bestehender und potenzieller IP-Vermögenswerte zu helfen, um ihre Relevanz für eine breitere Unternehmensstrategie zu verstehen und ihren kommerziellen Wert zu maximieren. KMU, die Fördermittel erhalten, können jeden qualifizierten IP-Fachmann mit Sitz im Vereinigten Königreich mit der Durchführung der Prüfung beauftragen. Weitere Initiativen der britischen Regierung, die die Schaffung von geistigem Eigentum vorantreiben und fördern sollen, sind die Patent Box. Dieses Programm unterstützt die Erhaltung von geistigem Eigentum im Vereinigten Königreich, indem es Unternehmen ermöglicht, einen reduzierten Steuersatz auf Gewinne aus qualifizierten Einkünften aus geistigem Eigentum zu zahlen. Ziel ist es, die Kommerzialisierung von Erfindungen durch britische Unternehmen zu fördern.⁵⁹

Die britische Medtech-Industrie hat einen Jahresumsatz von 27,6 Mrd. £, bietet 138.100 Arbeitsplätze im Vereinigten Königreich, exportiert jährlich Produkte im Wert von über 5 Mrd. £ und besteht aus 4.190 britischen Unternehmen, von denen über 85 % KMU sind. Medtech macht 31 % des gesamten Umsatzes im britischen *Life Science*-Sektor aus.⁶⁰

57 European Commission: „Market study on telemedicine“, Okt. 2018, vgl.: https://health.ec.europa.eu/system/files/2019-08/2018_provision_marketstudy_telemedicine_en_0.pdf (Zuletzt aufgerufen am 14.04.2023)

58 GOV.UK: „Medical technology strategy“, Febr. 2023, vgl.: <https://www.gov.uk/government/publications/medical-technology-strategy/medical-technology-strategy#:~:text=The%20UK%20medtech%20industry%20has,138%2C100%20UK%20jobs> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

59 HealthTechWorld: „Innovation at the heart of UK medtech strategy“, Febr. 2023, vgl.: <https://www.htworld.co.uk/news/medtech/innovation-at-the-heart-of-uk-medtech-strategy-hg22/> (Zuletzt aufgerufen am 16.04.2023)

60 Department of Health & Social Care: „Medical Technology Strategy“, 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1134006/medical-technology-strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 14.04.2023)



Abbildung 15: Schlüsselzahlen der britischen Medizintechnikindustrie

Quelle: GOV.UK⁶¹

Angesichts der steigenden Nachfrage nach Innovationen im Gesundheitswesen untersucht Rosie Casey, Vice President of High Growth Companies & Life Sciences UK (IDA Ireland) die Zukunft der Photonik in der Gesundheitsbranche und die notwendigen Voraussetzungen für das Voranschreiten solcher Innovationen.

Die Gesundheitsbranche befindet sich im Umbruch, da technologische Fortschritte wie künstliche Intelligenz, Robotik und Nanotechnologie die Gesundheitsversorgung weltweit weiter verbessern. **Ein besonders monumentaler Wandel in der Medizintechnikbranche ist die Nutzung der Photonik und insbesondere der Fähigkeit, Licht zu erzeugen, zu manipulieren, zu verstärken, zu leiten und zu empfangen.**

Die Photonik wurde von der Europäischen Kommission als eine der europäischen Schlüsseltechnologien (KET) dieses Jahrhunderts anerkannt. Die Photonik hat in der Ophthalmologie Einzug gehalten z.B. Augenlaserchirurgie, und noch wichtiger ist die genaue Erkennung und Behandlung von Krebs und Krankheiten. Dies geschieht in einer Zeit, in der es immer wieder Berichte über fehlgeschlagene, falsche oder verspätete Diagnosen gibt. So hat der Nationale Gesundheitsdienst Englands (NHS) dokumentiert, dass in den drei Jahren vor 2019 4.097 erfolgreiche Entschädigungsanträge aufgrund einer falschen oder verspäteten Diagnose gestellt und 583 Mio. £ an die Antragsteller ausgezahlt wurden. Infolgedessen nutzen Mediziner zunehmend die Diagnosetechnologien der Photonik, um sicherzustellen, dass sie dem Patienten die beste und genaueste Behandlung zukommen lassen. Um das Potenzial der Photonik auszuschöpfen, sind eine starke Forschung und Entwicklung, Talente und Investitionen eine absolute Voraussetzung.

Irland unterstützt diesen Vorstoß und entwickelt sich aufgrund seines gut vernetzten Ökosystems, seines Talentpools und seines Regulierungssystems, das eine florierende Medizintechnikindustrie unterstützt, schnell zu einem Hotspot für Medizintechnikunternehmen. In Irland gibt es mehr als 300 MedTech-Unternehmen, die von akademischen, klinischen, industriellen und staatlichen Einrichtungen unterstützt werden.

Bekannte Unternehmen wie Johnson & Johnson, Boston Scientific und Stryker sind seit langem im Land ansässig. Insbesondere das Science Foundation Irland Advanced Materials and Bioengineering Research Centre (AMBER) hat die Möglichkeit, Projekte gemeinsam mit dem kooperierenden Unternehmen zu finanzieren, was es für risikoreiche Forschung im Frühstadium attraktiv macht. Mit Unterstützung der irischen Regierung und der IDA Irland entdecken immer mehr Unternehmen die spannende Aussicht, ihr Potenzial zu entfalten.

⁶¹ Department of Health & Social Care: „Medical Technology Strategy“, 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1134006/medical-technology-strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 14.04.2023)

Tabelle 6: *Photonik für Gesundheit und Biowissenschaften*

	Focus of future UK growth	Supporting UK core strength	UK centres excellence	Action (s) required
Health	<p>User friendly mobile point-of-care equipment using light to detect and/or monitor disease / patient condition with, high sensitivity, accuracy, reliability and speed</p> <p>Improved, safer and personalised treatment (therapy and monitoring) and highly targeted therapies e.g target photo dynamic therapy Non-invasive people centric solutions</p>	<p>Depth of expertise in techniques</p> <p>Major academic and industrial strength in Raman and other spectroscopic techniques applied to diagnostics</p> <p>Strength of medical device design industry with numerous hand held point of care device designs</p>	<p>Zilico, Renishaw Diagnostics, Uni Exeter, Strathclyde, St Andrews, Southampton, Swansea, Heriot Watt</p>	<p>Involvement of NHS, bringing clinical, life science and/or medical physics and photonics communities together</p> <p>Lab on a chip not chip in a lab.</p> <p>Improved links to chemical sensing</p> <p>Better integration of the development of life science solutions with high value manufacturing (see HVM in healthcare roadmap, HealthKTN)</p> <p>Improved connectivity to design consultancies developing instruments for healthcare.</p>
	<p>Development of multiband photonic imaging methods to analyse age and life-style related diseases³ allowing clinician/patient to make informed decisions. Must be either label-free or use already safety- approved labels</p>	<p>Biological imaging research</p> <p>Major academic and industrial strength in optical coherence tomography and biological imaging research</p>	<p>Michelson Diagnostics, Aurox, Zilico</p>	
Life Science	<p>Next generation of Biophotonic tools to understand the origin of diseases.</p> <p>Solution to efficiently developing and supplying photonics technology to the large number of subtly different (niche) life science applications, e.g. one light source for multiple instruments</p> <p>Photonics tools for online process control of drug manufacture</p> <p>Photonics instruments for quality control and counterfeit drug protection</p>	<p>Extensive track record in supplying bioinstrumentation</p> <p>Very strong pharmaceutical and biotechnology presence in the UK</p> <p>UK research groups have pioneering numerous photonics techniques to understanding of biological systems.⁴</p> <p>Extensive supply of lasers into life science instrumentation</p>	<p>UK Pharmaceutical research sector</p> <p>Coherent Scotland, Fianium, Laser Quantum, M Squared lasers</p> <p>Swansea, St Andrews, Strathclyde</p> <p>Southampton, Imperial, UCL Uni</p>	<p>Greater collaboration with big pharma research, therapy and manufacture, to match photonics capability with need e.g.</p> <ul style="list-style-type: none"> • New process analytical techniques for improving drug manufacture • New techniques for rapid screening drug candidates
Food	<p>Lower-cost and faster methods to control water and food safety/ quality. E.g spectroscopic techniques.</p>	<p>Experience in hand held device development</p>		<p>Involvement of medical device manufacturers, pharmaceutical industry can clinicians</p>

Quelle: European Commission⁶²

Das reichhaltige Forschungsökosystem, das Irland entwickelt hat, ist ein idealer Ort für Innovationen. Dazu gehört die enge Zusammenarbeit zwischen Irlands Spitzenuniversitäten, seinen 14 Technologieinstituten und seinen sieben klinischen Forschungseinrichtungen, um sicherzustellen, dass der sich entwickelnde Qualifikationsbedarf dieses schnell wachsenden Sektors gedeckt wird. Dies macht Irland zur weltweiten Nummer eins für den Austausch von Technologie und Ideen, was erklärt, warum 14 der 15 weltweit führenden Medizintechnikunternehmen ihren Sitz in Irland haben. Boston Scientific hat vor kurzem eine Investition von 30 Mio. \$ (24,13 Mio. £) in seine Anlage in Cork angekündigt, um die Forschung und Entwicklung medizinischer Technologien zur Behandlung von Krebspatienten und Patienten mit Peripheren Arterienkrankungen in der ganzen Welt zu beschleunigen.⁶³

Aber wer sind die wichtigsten britischen Unternehmen, die im Bereich der digitalen Gesundheitsdienste tätig sind? Nachfolgend ein erster Überblick:

Zilico Ltd

Zilico wurde 2006 im Anschluss an eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen der Universität Sheffield und dem Sheffield Teaching Hospitals NHS Foundation Trust gegründet, um ein genaueres Mittel zur Diagnose von zervikalen intraepithelialen Neoplasien (CIN) zu entwickeln. Der Hauptsitz von Zilico befindet sich in Manchester, Vereinigtes Königreich. Die Produktion sowie Forschung und Entwicklung finden ebenfalls im Vereinigten Königreich statt. 2013 erhielt Zilico die ISO 13485-Zertifizierung. Der Name Zilico setzt sich aus dem Buchstaben Z und dem Wort "ilico" zusammen: Z ist das Symbol für Impedanz, die wichtige Messgröße, die der Technologie von Zilico zugrunde liegt, und "ilico" ist ein lateinisches Wort und bedeutet "an Ort und Stelle" oder "sofort": Dies spiegelt den Vorteil der Diagnosegeräte von Zilico wider, die Ergebnisse in Echtzeit liefern. Das Unternehmen hat seine patentierte elektrische Impedanzspektroskopie (EIS) zu einer Plattformtechnologie für die Krebsdiagnose entwickelt und weitet seine Produktentwicklung auf andere klinische Bereiche aus. Im Mittelpunkt des Produktportfolios von Zilico steht die patentierte Technologie der elektrischen Impedanzspektroskopie (EIS), die für ein breites Spektrum an neoplastischen Erkrankungen eingesetzt werden kann.⁶⁴

62 Photonics Leadership Group: „UK Photonics: Future Growth Opportunity Roadmap“, vgl.: <https://photonicsuk.org/wp-content/uploads/2015/06/uk-photonics-future-growth1.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

63 BioScience Today: „Photonics: shining a light on the future of healthcare“, vgl.: <https://www.biosciencetoday.co.uk/photonics-shining-a-light-on-the-future-of-healthcare/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

64 Vgl.: <https://zilico.co.uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Renishaw

Renishaw ist eines der weltweit führenden Unternehmen im Bereich der technischen und wissenschaftlichen Technologie und verfügt über Fachwissen in den Bereichen Präzisionsmessung und Gesundheitswesen. Das Unternehmen bietet Produkte und Dienstleistungen an, die in so unterschiedlichen Bereichen wie der Herstellung von Düsentrriebwerken und Windturbinen bis hin zur Zahnmedizin und Gehirnchirurgie eingesetzt werden. Renishaw ist außerdem weltweit führend auf dem Gebiet der additiven Fertigung (auch als 3D-Druck bezeichnet), wo es Industriemaschinen entwickelt und herstellt, die Teile aus Metallpulver "drucken". Die Renishaw-Gruppe hat derzeit 80 Niederlassungen in 36 Ländern mit über 5.000 Mitarbeitern, von denen über 3.000 im Vereinigten Königreich beschäftigt sind. Der Großteil der Forschung und Entwicklung sowie der Produktion des Unternehmens findet in Großbritannien statt. Im Geschäftsjahr, das im Juni 2019 endete, erzielte Renishaw einen Umsatz von 574 Mio. £, wovon 94 % auf den Export entfielen. Die größten Märkte des Unternehmens sind die USA, China, Japan und Deutschland.⁶⁵

Michelson Diagnostics Ltd.

Michelson Diagnostics Ltd. wurde im März 2006 von fünf Physikern und Ingenieuren gegründet und ist weltweit führend in der praktischen Anwendung von OCT in der Dermatologie. Das Hauptprodukt, VivoSight Dx, ist ein hochmodernes optisches Kohärenztomographie (OCT)-System. Es ist ein leistungsstarkes, nicht-invasives und vielseitiges Bildgebungsinstrument zur objektiven Messung verschiedener Parameter in der Hautforschung und der fortgeschrittenen klinischen Praxis. VivoSight wurde in mehr als 350 von Experten begutachteten Veröffentlichungen zitiert. Das Ziel von Michelson Diagnostics Ltd. ist es, einzigartige und kosteneffiziente OCT-Anwendungen für den täglichen Gebrauch in Hautforschungseinrichtungen und dermatologischen Studien zu realisieren. VivoSight-Bilder und -Messungen können Forschern und Klinikern wertvolle Informationen liefern, die ihnen helfen, eine gesunde Haut zu erreichen.⁶⁶

Aurox Ltd.

Aurox Ltd wurde 2004 gegründet, um die Pionierarbeit der Gruppe für optische Rastermikroskopie an der Universität Oxford, Abteilung für Ingenieurwissenschaften, zu vermarkten und darauf aufzubauen. Aurox ist führend in der Entwicklung und Herstellung innovativer optischer Bildgebungsgeräte und hat mehrere Geschäfts- und Technologiepreise erhalten, darunter den Queen's Award for Enterprise, den Innovationspreis des Institute of Physics (IOP) und den R&D100 Award. Das führende Produkt von Aurox ist das Clarity Laser Free Confocal (LFC)-Gerät, das auf dem preisgekrönten Aurox SD62 basiert, das zuvor von Andor als Revolution DSD2 und von Zeiss als Vivatome verkauft wurde. Das Clarity LFC ist das erste in einem Portfolio neuer Produkte, die von Aurox entwickelt werden. Das revolutionäre Design des Clarity LFC macht die konfokale Mikroskopie für einen größeren Nutzerkreis erschwinglich, da es an jedes herkömmliche Mikroskop angeschlossen werden kann und qualitativ hochwertige 3D-Bilder in Echtzeit liefert. Aurox hat auf dem Erfolg des Clarity LFC aufgebaut und eine Kerntechnologie für die Bildgebung entwickelt, die das Herzstück einer neuen Reihe von konfokalen Mikroskopiesystemen bildet. Diese Systeme erfüllen spezifische Marktbedürfnisse in Anwendungen, die von der Lebendzellbildung und dem Hochdurchsatz-Screening bis zur Materialprüfung reichen.⁶⁷

Laser Quantum

Laser Quantum gehört zu Novanta, einem zuverlässigen Technologiepartner für OEMs (Original Equipment Manufacturers) in den Bereichen Medizintechnik und Industrie, der über fundiertes Fachwissen in den Bereichen Photonik, Bildverarbeitung und Präzisionsbewegungstechnologien verfügt. Laser Quantum entwickelt unternehmenskritische Kernkomponenten und Subsysteme, die extreme Präzision und Leistung bieten. Die Photonik-Gruppe von Novanta bietet innovative laserbasierte Lösungen für eine Reihe von Anwendungen: Laser Quantum entwickelt revolutionäre Dauerstrich- und Ultrakurzpulslaser, die sich durch hohe Leistung, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit auszeichnen, von biomedizinischen bis hin zu modernen industriellen Anwendungen. ARGES entwickelt und fertigt innovative Laser-Scanning-Systeme zur Positionierung und Ablenkung von Laserstrahlen in der industriellen Materialbearbeitung und in medizinischen Anwendungen. Das Leistungsspektrum von Laser Quantum umfasst eine vielseitige Reihe von Scanköpfen und Scanmodulen, kundenspezifische Lösungen für bestimmte Kunden und Anwendungen sowie die Implementierung kompletter Laser-Subsysteme zur Integration in Laserbearbeitungsanlagen.⁶⁸

65 Vgl.: <http://www.renishaw.com> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

66 Vgl.: <https://us.vivosight.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

67 Vgl.: <https://www.aurox.co.uk/aurox-confocal-microscope-the-company.php> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

68 Vgl.: <https://novantaphotonics.com/> bzw. <http://www.laserquantum.com> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

M Squared Lasers Limited

M Squared Lasers Limited ist ein Unternehmen für Photonik und Quantentechnologie. Die Laserplattformen von M Squared Lasers Limited sollen Wissenschaftlern helfen, die Welt um sie herum besser zu verstehen, und zwar in verschiedenen Bereichen wie der Quantentechnologie, der Biophotonik und der chemischen Sensorik. Unsere Produkte werden in einer Vielzahl von Branchen eingesetzt, u. a. in der fortgeschrittenen Fertigung, der Öl- und Gasforschung, der Raumfahrttechnik und der Medizin, wo sektorübergreifende Kooperationen zu Durchbrüchen in so unterschiedlichen Bereichen wie der Demenzforschung, der Krebsdiagnose und der Whisky-Reifung geführt haben. M Squared Lasers Limited hat sich bereits als eines der innovativsten und bahnbrechendsten Technologieunternehmen des Vereinigten Königreichs etabliert. Das Unternehmen wurde von den Sunday Times Fast Track 100 und Export Track 100 ausgezeichnet und erhielt 2016 den prestigeträchtigen Queen's Award for Enterprise in Innovation und 2017 den International Trade.⁶⁹

2.4 Photonik in der Mobilität und der Raumfahrt

Es wird immer deutlicher, dass es in der Automobilindustrie mehr als nur einen allmählichen Wandel gibt, insbesondere wenn es um zukünftige Antriebssysteme geht. Ob es um Elektromobilität oder Wasserstoffantrieb geht, die Laser- und Photonikindustrie ergreift die Chance, Produktionsprozesse umzugestalten, indem sie die Entscheidungsträger von den unbestreitbaren Vorteilen photonischer Werkzeuge in den jeweiligen Produktionsketten überzeugt.

Darüber hinaus wird die Photonik eine Schlüsselrolle bei der Verbesserung der Sicherheit und der Effizienz der zukünftigen Mobilität spielen und den Fahrer bei der Entscheidungsfindung in Bezug auf verschiedene Probleme unterstützen, die auftreten können. Einerseits werden in Fahrzeugen zunehmend Infrarottechnologien, LIDAR, Displays und andere Arten von Sensoren für das autonome Fahren und die Fahrerunterstützung eingesetzt. Andererseits ist das Aufkommen der Elektromobilität ein starker Impuls für das Laserschweißen und die Montage.

Der Markt für fortschrittliche Fahrzeugassistenzsysteme wurde 2017 auf 15,5 Mrd. £ geschätzt und wird bis 2025 voraussichtlich auf 70,5 Mrd. £ anwachsen. Der LiDAR-Markt hat derzeit einen Wert von 1,3 Mrd. £ und wird auf 2,63 Mrd. £ ansteigen, da die Technologie für den Einsatz in ADAS-Systemen in Fahrzeugen und unbemannten Luftfahrzeugen entwickelt wird. Eine Gelegenheit, kritische licht- und elektronikbasierte Fähigkeiten zu nutzen, um vernetzte Sensoren und Sensorsysteme zu integrieren für:

1. vernetzte und autonome Fahrzeuge
2. unbemannte Schiffe und Unterwasserfahrzeuge
3. unbemannte Luft- und Raumfahrzeuge, einschließlich der Integration von Produkten in kommerzielle Anwendungen für Kameras, LiDAR, Radar, GPS, Hochfrequenz- und optische Kommunikation, Bildverarbeitungstechnologien und digitale Bildverarbeitung.

Die Attraktivität des Vereinigten Königreichs als Standort für die Entwicklung von CAV-Technologien sind die bestehenden Testeinrichtungen von Weltklasse, wie z.B. die CAV-Testanlagen im gesamten Vereinigten Königreich und MIRA, Europas größtes F&E-Cluster des Verkehrssektors im Wert von rund 355 Mio. £.⁷⁰

Allein in Europa sind bis 2030 fast 40 Zellfabriken in zwölf Ländern geplant, mit einer Gesamtkapazität von 1.200 Gigawattstunden (GWh). Im Bau sind auch Brennstoffzellenfabriken, die mit Wasserstoff als Energieträger die Mobilität über weite Strecken sicherstellen sollen. Neben diesem Wandel bei den Antriebssystemen setzen die Automobilhersteller auch auf Leichtbau, Fahrzeugvernetzung und autonomes Fahren, die mit großen Schritten voranschreiten.⁷¹

Nach Angaben des britischen Ministeriums für internationalen Handel, ist der Luft- und Raumfahrtsektor Teil des leistungsfähigsten und vielfältigsten Clusters im Herzen des Südwestens des Vereinigten Königreichs, in dem die 15 weltweit führenden Tier-1-Unternehmen angesiedelt sind. In der Region und im nahen gelegenen M3-Korridor und in Oxfordshire gibt es große Raumfahrtcluster mit einem Umsatz von 32 Mrd. £ für den Luft- und Raumfahrtsektor und 14 Mrd. £ für den Raumfahrtsektor.

69 Vgl.: <https://www.m2lasers.com/about.html> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

70 Department for International Trade: „High Potential Opportunity Photonics and Microelectronics“, April 2019, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/HPO-Photonics-Proposition-v5.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

71 Novus Light: „Laser World of Photonics 2022: Into the future of mobility with photonics“, März 2022, vgl.: <https://www.novuslight.com/laser-world-of-photonics-2022-into-the-future-of-mobility-with-photon-N12276.html> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Luft- und Raumfahrt

Der globale Luft- und Raumfahrtsektor wächst weiter, wobei dynamische Sensortechnologien ein wesentliches Situationsbewusstsein für viele neue und innovative Luft- und Raumfahrtanwendungen liefern. Insbesondere der Weltmarkt für luftgestützte LiDAR-Systeme wird bis 2021 voraussichtlich 1,2 Mrd. £ erreichen.

Raumfahrt

Es wird erwartet, dass der Raumfahrtsektor weltweit exponentiell wachsen wird (400 Mrd. £ bis 2030), wobei autonome Raumfahrzeuge an der Spitze zukünftiger Aktivitäten und Erkundungen stehen werden. Mit der Fähigkeit und Erfahrung, Lösungen für robuste und raue Umgebungen zu liefern, ist das Herz des Südwestens gut positioniert, um von diesen Chancen in der britischen und globalen Lieferkette zu profitieren.⁷²

Dank der starken Nachfrage nach hochpräzisen Optiken und optischen Systemen auch aus den Bereichen Astronomie, Grundlagenphysik und Verteidigung hat das Unternehmen Optical Surfaces (Kenley, Großbritannien) sein Jahresumsatzziel nach den ersten sieben Monaten des Jahres 2022 übertroffen. Dies folgt auf ein Umsatzwachstum von 20 %, das in den beiden vorangegangenen Jahren erzielt wurde.

Bay Photonics (Paignton, Großbritannien), ein Unternehmen für fortschrittliche Photonikmontage und -verpackung, hat von Palomar Technologies (Carlsbad, Kalifornien) ein Hochgeschwindigkeits-Feindrahtkeil und Bandbender erhalten die durch die Voice Coil-Technologie im Bondkopf angetrieben wird (einen „Palomar 9000 Wedge Bonder“), um die Anforderungen seiner Kunden an das Wedge-to-Wedge-Bonding zu erfüllen. Bay Photonics wird den „9000 Wedge Bonder“ zunächst für mehrere fortschrittliche Photonik-Anwendungen einsetzen, darunter sichere Weltraum-Kommunikationstechnologien sowie Lösungen für Kernkraftwerke. Das Wedge-Bonder ermöglicht das Bonden mit einer Vielzahl von Draht- und Bandmaterialien wie Gold und Aluminium, was thermosonische und Umgebungsprozesse ermöglicht und das Wedge-Bonder zu einer idealen Wahl für High-Mix-Umgebungen macht.⁷³

Das im Vereinigten Königreich ansässige Start-up-Unternehmen **Aegiq**, ein Spin-Off der Universität Sheffield, das von CEO Dr. Max Sich, CTO Dr. Scott Dufferwiel und CFO Andrii Iamshanov gegründet wurde welche Lösungen für die weltweite Einführung von Quantentechnologien entwickelt, hat einen Zuschuss von Innovate UK, einem Teil von UK Research & Innovation, erhalten. Diese Finanzierungsrunde schließt sich an die Investitionen in andere Start-ups im Bereich der Quantentechnologie wie Atlantic Quantum und IQM an. Im Rahmen des 500.000 £ teuren Projekts, das in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer CAP durchgeführt wird, wird Aegiq einen "Dreh- und Angelpunkt" für zahlreiche Quantenanwendungen entwickeln, darunter auch die Zusammenarbeit mit BT und Arqit bei der nächsten Generation der Quantenkommunikation.

Die Mittel werden für die Entwicklung einer integrierten Lösung für eine Hochleistungs-Quantenlichtquelle verwendet, die vor Ort in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer CAP eingesetzt werden kann. Aegiq hat außerdem vor kurzem mehr als 4 Mio. £ an Eigenkapitalinvestitionen unter der Leitung des High-Tech Gründerfonds in einem Konsortium mit Black Quant und Quantum Exponential sowie privaten Investoren erhalten.

Die Technologie von Aegiq wird eine erhebliche Leistungssteigerung für Quantenkommunikations- und QKD-Anwendungen ermöglichen und Türen für groß angelegte Quantennetze mit Quantencomputern und neuen Quanteninformationsverarbeitungsprotokollen öffnen. Die Plattform wird dazu beitragen, eine neue Generation von Netzwerken und Computern mit Quantentechnologie zu schaffen, z.B. die Nachfrage nach Quantenkommunikation der nächsten Generation über Glasfaserkabel und Satelliten zu befriedigen und die weitere Forschung und Entwicklung im Bereich Quantencomputing und Quantenoptik mit Hilfe ihrer fortschrittlichen Technologie voranzutreiben.⁷⁴

OXSENSIS

Oxsensis ist führend in der optischen Sensortechnologie für Anwendungen in der Industrie, im Energiesektor und in der Luft- und Raumfahrt. Seine optische Drucksensortechnologie verwendet extrem widerstandsfähige Materialien wie

72 Department for International Trade: „High Potential Opportunity Photonics and Microelectronics“, April 2019, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/HPO-Photonics-Proposition-v5.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

73 LASER FOCUS WORLD: „Photonics business roundup: August 2022“, Sept. 2022, vgl. <https://www.laserfocusworld.com/executive-forum/article/14282127/photonics-business-roundup-august-2022> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

74 TFN: „Quantum photonics spin-out gets backing from Innovate UK to develop world's first deployable quantum light source“, Sept. 2022, vgl.: <https://techfundingnews.com/aegiq-developing-worlds-first-deployable-quantum-light-source-gets-backing-from-innovate-uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

einkristallinen Saphir (Schmelzpunkt >2000C) in Verbindung mit innovativen faseroptischen Abfragetechniken, die eine hohe Empfindlichkeit und Immunität gegenüber elektromagnetischen Störungen (EMI) bieten. Dies ermöglicht die direkte Druck- und Temperaturmessung bei Anwendungen in rauen Umgebungen, wie z. B. in Prozessanlagen, im Energiesektor und in der Luft- und Raumfahrt. Die von den anspruchsvollsten Kunden aus der Energieerzeugung und der Luftfahrt validierten Produkte werden für eine breitere Anwendung in industriellen Systemen angepasst. Mit zwei wichtigen Partnerschaften, die Oxensis eingegangen ist, wird die Marktreichweite erweitert. Oxensis ist bestrebt, mit Endbenutzern, Systemintegratoren und Instrumentenpartnern zusammenzuarbeiten, um die Vorteile der optischen Instrumentierung in Schlüsselanwendungen zu nutzen.⁷⁵

IQE

IQE ist der führende Anbieter von Verbindungshalbleiter-Waferprodukten und fortschrittlichen Materiallösungen für die weltweite Halbleiterindustrie. Als einzige Epitaxie-Foundry für Verbindungshalbleiter mit globaler Präsenz und nachgewiesener Fähigkeit zur Herstellung in großem Maßstab ist IQE für technologische Wachstumsmärkte unverzichtbar. Einsatzkritische elektronische Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt sowie im Verteidigungsbereich erfordern Epitaxie-Wafer und -Substratmaterialien von höchster Qualität und Zuverlässigkeit, die die fortschrittlichsten Leistungsspezifikationen bieten. Seit Jahrzehnten liefert IQE das innovativste Portfolio an GaAs/GaN/InP/InSb/GaSb-Verbindungshalbleitern der Gruppe III-V sowie an Silizium- und Germanium-Materialien der Gruppe IV, die es seinen Kunden ermöglichen, HF-, optische und Infrarot-Technologien für die Sicherheit und den Komfort in der kommerziellen Luftfahrt durch verbesserte Wetterradare, Luftverkehrskontrolle, Kollisionsvermeidung, Kommunikation, WiFi und Streaming-Inhalte voranzutreiben.⁷⁶

RDDS

RDDS wurde 1993 gegründet und hat sich bei Polizei-, SAR- und Militäreinrichtungen auf der ganzen Welt einen Ruf als führendes Unternehmen erworben, das eine breite Palette von Displays, Videomanagementeinheiten, Bedienfeldern, Einsatzcomputern und Zusatzsystemen anbietet. Mit mehr als 3.000 RDDS-Produkten, die weltweit im Einsatz sind, hat das Unternehmen eine solide Erfolgsbilanz in Sachen Zuverlässigkeit, unterstützt durch einen preisgekrönten Service und Support. Die engen Beziehungen zu Regierungen, multinationalen Flugzeugherstellern und Betreibern von Spezialmissionen bestätigen den Ruf von RDDS als wertvoller und zuverlässiger Partner für Ihren Bedarf an Missionshardware.⁷⁷

SURREY SATELLITE TECHNOLOGY LTD (SSTL)

1985 wurde Surrey Satellite Technology Ltd. als Spin-out-Unternehmen gegründet, um die Forschungsergebnisse in ein kommerzielles Unternehmen zu überführen. Das Unternehmen wuchs stetig und arbeitete mit einer Vielzahl von internationalen Kunden und Partnern zusammen. In den folgenden drei Jahrzehnten wurden etwa 70 Satelliten für 22 Länder gebaut und gestartet. Im Jahr 2009 erwarb Airbus die Mehrheitsbeteiligung der Universität Surrey und ermöglichte es SSTL, sein Wachstumspotenzial auszuschöpfen. SSTL ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft von Airbus. SSTL leistete Pionierarbeit bei der Entwicklung, dem Bau, dem Test und dem Betrieb von Kleinsatelliten und ist seit über 40 Jahren weltweit führend auf diesem Gebiet.⁷⁸

Teledyne e2v

Teledyne e2v, Teil der Teledyne Imaging Group, ist ein Unternehmen von Teledyne Technologies Inc. Teledyne e2v ist in praktisch allen Märkten und Branchen vertreten, von der Medizin bis zum Bergbau, von der Lebensmittelverarbeitung bis zum Fahrzeugbau, von der Luft- und Raumfahrt bis zur Fernerkundung, von Sicherheitssystemen bis zur Weltraumforschung. Teledyne e2v kann auf eine beneidenswerte Geschichte zurückblicken, in der einige der besten Köpfe mit der Industrie und der Wissenschaft zusammenarbeiten, um die Technologien der Zukunft zu vermarkten und qualitativ hochwertige Produkte, Dienstleistungen und schlüsselfertige Lösungen zu entwickeln, die in unseren erstklassigen globalen Einrichtungen produziert werden und einen echten Nutzen für die Welt haben. Teledyne e2v verfügt über eine globale Präsenz mit Niederlassungen und Kompetenzzentren für Entwicklung und Fertigung in Großbritannien, Frankreich, Spanien und China.⁷⁹

⁷⁵ Vgl.: <https://oxensis.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

⁷⁶ Vgl.: <https://www.iqep.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

⁷⁷ Vgl.: <https://rdds.co.uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

⁷⁸ Vgl.: <https://www.sstl.co.uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

⁷⁹ Vgl.: <https://www.teledyne-e2v.com/en/home/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

ULO Optics Ltd

Die Luft- und Raumfahrt- und Verteidigungsdienstleistungen von ULO Optics Ltd. unterstützen eine breite Palette von Technologien in der zivilen und militärischen Luftfahrt, der Sicherheit und der Raumfahrt. Optische Materialien wie Zinkselenid, Zinksulfid und Germanium werden in der Luft- und Raumfahrt und im Verteidigungsbereich routinemäßig eingesetzt. Optische Glassubstrate von Schott und Ohara können ebenfalls spezifiziert werden, und ULO Optics bietet optische Materialien in verschiedenen Formaten an, um den Kundenanforderungen gerecht zu werden. ULO Optics verfügt über Erfahrungen und Fähigkeiten im Bereich des Einpunkt-Diamantdrehens und der Dünnschicht-Beschichtungen und steuert Systeme für Nachtsicht, Überwachung, Zielerfassung, Referenzierung, Verfolgung, Head-up-Display (HUD), Interferometrie, optische Messtechnik und Infrarotspektroskopie bei.⁸⁰

Meggitt Plc

Meggitt hat sich mit Parker Hannifin zusammengeschlossen und wird den Namen Parker Meggitt tragen. Damit entsteht ein gemeinsames Unternehmen, das seine Kunden durch Innovation, beschleunigte Forschung und Entwicklung und ein komplementäres Portfolio von Luft- und Raumfahrt- sowie Verteidigungstechnologien besser bedienen kann. In enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden liefert Meggitt Plc technologisch differenzierte Systeme und Produkte mit hohen Zertifizierungsanforderungen in der Luft- und Raumfahrt, im Verteidigungsbereich und in einigen Energiemärkten und schafft eine große installierte Basis von Geräten, für die es lebenslangen Service und Support bietet.⁸¹

Helitune Ltd

Helitune ist Marktführer in der Entwicklung und Herstellung von Geräten zur Rotorverfolgung und -auswuchtung sowie von Geräten zur Schwingungsanalyse und Zustandsüberwachung für die Luft- und Raumfahrtindustrie, insbesondere für Hubschrauber, Turboprop-Flugzeuge und Flugzeugtriebwerke. Helitune bietet auch eine breite Palette von HUMS-Sensoren, kundenspezifische Entwicklungsdienstleistungen und Datenanalyse-Software an. Die klare Ausrichtung auf Qualität, Innovation und Service hat Helitune in die Lage versetzt, ein umfassendes Angebot an Geräten und Dienstleistungen zur Lösung von Schwingungsproblemen bei Hubschraubern und Starrflüglern anzubieten. Helitune hat derzeit weltweit mehr als 1.000 Rotortuner-Systeme im Einsatz. Unabhängige Tochtergesellschaften in München (Deutschland), Chicago (USA) und Vizzola, Tessin (Italien) sowie die Schwesterfirma Semia (Cergy, Frankreich) sorgen für Vertrieb und Support, um unser weltweites Vertriebsnetz zu stärken und zu betreuen. In der britischen Zentrale sorgt ein Team hochqualifizierter Konstrukteure dafür, dass die Produkte nach den höchsten Standards entwickelt werden. Erfahrene Luftfahrt-Ingenieure beraten die Konstrukteure hinsichtlich der Flugzeugspezifikationen, um sicherzustellen, dass die Geräte den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Anwendung entsprechen.⁸²

2.5 Photonik und Sicherheitstechnologien

Es gibt zahlreiche Beispiele dafür, wie das britische Beschaffungswesen zur Förderung von Innovationen eingesetzt wurde, etwa durch die Small Business Research Initiative (SBRI) und den National Security Strategic Investment Fund (NSSIF), welche der Regierung Verbesserungen des öffentlichen Dienstes bieten und kleine Unternehmen unterstützen. Als Teil der NSSIF-Strategie und um die Regierung mit Wissen und Zugang zum Quantencomputing zu versorgen, hat der NSSIF 2,6 Mio. £ für F&E-Verträge mit Quantenunternehmen bereitgestellt und damit das Wachstum des britischen Quantenökosystems gefördert.

Das britische Verteidigungsministerium, welches ein wichtiger Partner bei der Schaffung des National Quantum Technologies Programme (NQTP) im Jahr 2014 war und wichtige Anwendungen der Quantentechnologie für die Verteidigung, darunter Sensorik, Bildgebung und Zeitmessung, sowie spätere kurzfristige Möglichkeiten in den Bereichen Kommunikation und Datenverarbeitung ermittelte, ist heute ein Schlüsselsektor, in dem die Regierung als frühzeitiger Anwender von neuen Technologien agiert. Das Verteidigungsministerium tauschte seine innovativen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten mit dem NQTP aus und nutzte im Gegenzug die Expertise des Programms. Dies hat es dem Ministerium ermöglicht, zukünftige Herausforderungen zu bewerten, Anwendungen und Nutzungsmöglichkeiten zu verstehen und sicherzustellen, dass dieses "quantenfähig". Die britische Regierung wird mit den Ministerien zusammenarbeiten, um andere wichtige Anwendungen im öffentlichen Sektor zu untersuchen und zu prüfen, wie andere Ministerien von diesem Beispiel lernen können.

80 Vgl.: <https://www.ulooptics.com/aerospace/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

81 Vgl.: <https://www.meggitt.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

82 Vgl.: <https://www.cmtq.com/helitune/about-helitune> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Mit Quantentechnologien wird die britische Regierung in der Lage sein, komplexe Optimierungsprobleme zu lösen und Informationen in einem Quantenzustand zu senden, sie wird Sensornetzwerke für die Verteidigung verbessern können und dadurch Autonomie ermöglichen, wodurch die Sicherheit erhöht wird. Es wird möglich sein, quantengestütztes maschinelles Lernen für den Mustervergleich, die Bild- und Stimmerkennung und -klassifizierung sowie die Datenfusion einzusetzen. Quantencomputer könnten komplexe Berechnungen lösen, um die Leistung auf dem Schlachtfeld zu modellieren und zu verbessern. Kurz- und Langstrecken-Quantenkommunikationssysteme könnten eine sichere Punkt-zu-Punkt-Kommunikation mit hoher Bandbreite ermöglichen, die nicht abgefangen werden kann und auf einsatzfähigen Plattformen verborgen bleibt. Quantenerkennungs-, Zeitmess- und Bildgebungsfähigkeiten könnten die nächste Generation von PNT-Fähigkeiten zur Unterstützung von Truppen im Einsatz bereitstellen, selbst in voll bebauten städtischen Umgebungen, wo der Zugang zu den derzeitigen Systemen schwierig ist.

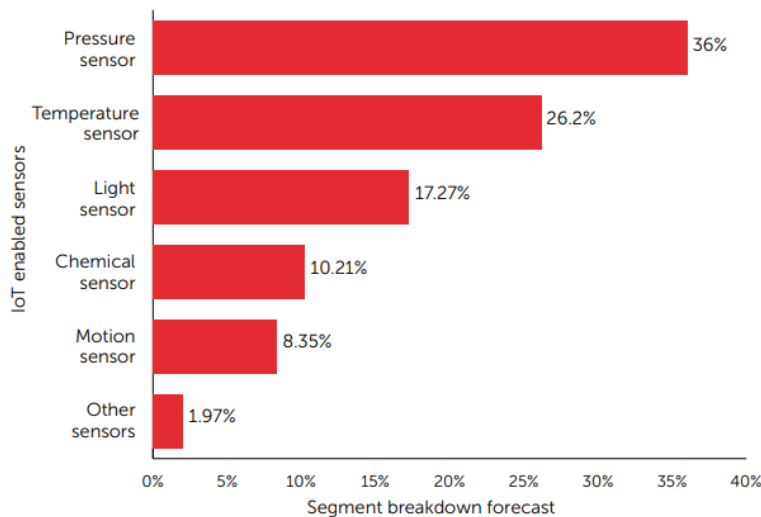


Abbildung 16: Globaler IoT fähige Sensoren Markt im Jahr 2022 nach Segmenten

Quelle: Statista⁸³

Es werden jedoch auch weiterhin Risiken im Zusammenhang mit dem Einsatz von Quantentechnologien auftreten. Eines der bekanntesten ist das Risiko, das das Quantencomputing in Zukunft für die nationale Cybersicherheit darstellen wird, da es die Sicherheit eines Großteils der heutigen Kryptographie, von der der Informationsaustausch und die Vertrauensmechanismen der meisten modernen Systeme abhängen, mit öffentlichen Schlüsseln bedrohen wird. Das National Cyber Security Centre (NCSC), die britische Behörde für Cybersicherheit und Kryptografie hat einen Leitfaden für den Übergang zu quantensicherer Kryptografie veröffentlicht, welcher als Schutzmaßnahme gegen diese Bedrohung empfohlen wird. Was die Vorbereitung der Regierung betrifft, Schutzmaßnahmen für kritische Informationen und Dienste wurden bereits ergriffen. Das NCSC wird weiterhin über sein Team maßgeschneiderte Ratschläge für jeden Sektor und über seine Website allgemeine Ratschläge zur Quantensicherheitskryptografie geben.⁸⁴

Die steigende Nachfrage nach Anwendungen in den Bereichen Verteidigung und öffentliche Sicherheit treibt sowohl das Wachstum von Wärmebildgeräten und -modulen als auch einer breiten Palette von Bildgebungssystemen voran. Gleichzeitig gibt es ein starkes Wachstum bei der Videoüberwachung und der Satellitenbildgebung, was zu einer Nachfrage nach High-End-Kameras, Optiken, Sensoren und mehr führt. Weitere Bereiche sind z.B. Terahertz-Bildgebung für die Flughafensicherheit, biometrische Technologien zum Scannen von Augen, Lidar für die Raketenabwehr, miniaturisierte Optik für Drohnen und vieles mehr.

Im Jahr 2021 erhielt ein neues Spin-out-Unternehmen im Bereich der Photonik, das neuartige Lasererkennungs- und -schutzprodukte für militärische Anwender anbietet, Fördermittel von der britischen Regierung. Sentinel Photonics⁸⁵ nutzt die vom *Defense Science and Technology Laboratory* (Dstl) durchgeführte Forschung und bietet eine einzigartige

⁸³ Photonics21: „New Horizons: Securing Europe’s technological sovereignty through Photonics“, vgl.:

<https://www.photonics21.org/download/ppp-services/photronics-downloads/Photonics-SRIA-final-version.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

⁸⁴ Department for Science, Innovation & Technology: „National Quantum Strategy“, März 2023, vgl.:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1142942/national_quantum_strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

⁸⁵ Hier die Webseite des Unternehmens: <http://sentinelphotonics.co.uk>

Palette von Lasererkennungs- und -schutzprodukten an. Zum ersten Mal ist der Schutz vor laserbasierten Bedrohungen für Soldaten möglich, was möglicherweise Leben rettet und die Überlebensfähigkeit verbessert. Die Technologie erkennt und analysiert unsichtbare Laser, die vor Waffensystemen eingesetzt werden, um frühzeitig vor Angriffen zu warnen. Im Laufe der Zeit wird eine Reihe von Lasersignaturen erstellt, die einzelne Bedrohungssysteme identifizieren und unterscheiden und es Truppen ermöglichen, geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Diese bahnbrechende Technologie bietet nicht nur eine deutliche Änderung in Größe, Gewicht, Leistung und Kosten, sondern auch verbesserte Erkennungsfähigkeiten gegen Laserbedrohungen auf dem Schlachtfeld. Das erste Produkt von Sentinel wird ein neuartiger kamerabasierter Laser Event Recorder (LER) sein, um sowohl gepulste als auch kontinuierliche Laser (CW) zu erkennen. Zu gegebener Zeit plant es auch die Entwicklung einer Reihe von optischen Filtern zum Schutz vor Laserbedrohungen, um die LER-Erkennungsfähigkeit zu ergänzen.⁸⁶

Zivile Sicherheit / Cybersecurity

Um die Sicherheit sowohl der Öffentlichkeit als auch der Besucher im Vereinigten Königreich zu gewährleisten, werden Polizei, Geheimdienste und der private Sicherheitssektor von einem dynamischen britischen KMU-Sicherheitssektor unterstützt, der weltweit führend in einer breiten Palette von Produkten und Dienstleistungen ist. Export von Waren und Dienstleistungen im Wert von über 5,2 Mio. £ (2018). Weltweit wächst der Sicherheitsmarkt – einschließlich Cybersicherheit – kontinuierlich und wird bis 2022 voraussichtlich 150 Mrd. £ erreichen. Hier geht es vor allem um Unternehmen, die Produkte, Dienstleistungen oder Innovationen entwickeln, die für den Verteidigungs- oder Sicherheitssektor gelten und in Bereichen wie cIoT, Data Science/AI/ML, Forensik, Erkennungs- und Screening-Technologien, Kryptographie, synthetische Biologie und Chemie, Radiologie und Nukleartechnik, UAV/Drohnen, Sensoren, Verhaltenswissenschaft, Verbesserung des Menschen, Energiespeicherung, fortschrittliche Materialien und Elektronik, Weltraum- und Erdbeobachtung, Überwachung und Intelligenz, Logistik, Führung und Kontrolle, angewandt werden.⁸⁷ Der britische Sicherheits- und Resilienzmarkt wird auf etwa 12 Mrd. £ (2021) geschätzt und wächst weiter. Der Markt profitiert von der Fokussierung auf nationale Sicherheit und Terrorismusbekämpfung, neue Infrastrukturen nach dem Brexit, die Notwendigkeit, sich gegen die zunehmende Bedrohung durch Kriminalität zu schützen und die allgemeine Nachfrage nach Sicherheitsprodukten und -dienstleistungen. Die Bereiche, die in den kommenden Jahren erhebliche Sicherheitsinvestitionen erfordern, sind z.B. Überwachungstechnologien und Managed Services, Grenzsicherheit und Großveranstaltungen (Quelle: Frost & Sullivan).⁸⁸

Videüberwachung

Die Zukunft des Videüberwachungsmarktes im Vereinigten Königreich sieht vielversprechend aus mit Möglichkeiten im kommerziellen, staatlichen, Transport- und Wohnsektor. Die wichtigsten Wachstumstreiber für diesen Markt sind das zunehmende Bewusstsein für Sicherheit, die steigende Kriminalitätsrate und die zunehmende Adaption von Internet Protocol (IP)-Kameras. Zu den aufkommenden Trends, die sich direkt auf die Dynamik der Videüberwachungsbranche auswirken, gehören fortschrittliche 360-Grad-Kameratechnologie, die Nutzung von Vizsafe-Plattformdiensten und verbesserte Kamerafunktionen für Videomanagementsysteme. In einem Bericht aus dem Jahr 2013 schätzte die *British Security Industry Association* (BSIA), dass es im Vereinigten Königreich zwischen 4 und 5,9 Millionen Kameras gibt, aber noch im Jahr 2020 scheinen sich die meisten Menschen auf eine landesweite Zahl von 5,2 Millionen CCTV-Kameras zu einigen. Großbritannien hat pro Kopf mehr Überwachungsaktivitäten als jedes andere europäische Land – neueste CCTV-Statistiken zeigen, dass auf 13 Einwohner eine Überwachungskamera kommt.⁸⁹ Untersuchungen von Clarion Security Systems gehen davon aus, dass es in London [im Jahr 2022] über 942.562 Überwachungskameras gibt, was bedeutet, dass auf 10 Einwohner der Hauptstadt eine Überwachungskamera kommt. Sie werden wahrscheinlich bis zu 70 Mal pro Tag von der Londoner Videüberwachung erfasst. Wir gehen davon aus, dass im Jahr 2023 die Millionen [Anzahl der Kameras] überschritten wird.⁹⁰

⁸⁶ GOV.UK: „*Photonics spin-out to defend against battlefield laser threats awarded funding*“, März 2021, vgl.: <https://www.gov.uk/government/news/photonics-spin-out-to-defend-against-battlefield-laser-threats-awarded-funding> (Zuletzt aufgerufen am 22.04.2023)

⁸⁷ Vgl.: <https://iuk.ktn-uk.org/security-defence/> (Zuletzt aufgerufen am 22.04.2023)

⁸⁸ Vgl.: <https://www.trade.gov/market-intelligence/united-kingdom-security-market-2021> (Zuletzt aufgerufen am 22.04.2023)

⁸⁹ Calipsa: „*UK CCTV and crime prevention statistics: your FAQs answered*“, März 2022, vgl.: <https://www.calipsa.io/blog/cctv-statistics-in-the-uk-your-questions-answered> (Zuletzt aufgerufen am 22.04.2023)

⁹⁰ Clarion: „*How many CCTV cameras are in London?*“, 2022, vgl.: <https://clarionuk.com/resources/how-many-cctv-cameras-are-in-london/> (Zuletzt aufgerufen am 22.04.2023)

Tabelle 7: Sicherheit, Sensorik und Verteidigung

Future UK Opportunity	Supporting UK core strength/ Justification	UK centres excellence	Action (s) required	
Imaging	3D ground mapping and obstacle avoidance. Depth profiling for long range target interrogation. Active 2D and 3D LIDAR imaging using high repetition rate, low pulse energy lasers Synthetic aperture LIDAR techniques for high resolution at extreme ranges	Leading UK defence manufacturers of laser imaging, range finding and designation. Large number of UK laser suppliers including expertise in tuneable systems. Expertise in single photon detectors and imaging systems for depth and range profiling Established Quantum Enhanced Imaging Hub Exploitation route for low-light level, Geiger mode arrays across visible, NIR and SWIR and MWIR.	Coherent Scotland, GSS, Laser Quantum, M squared lasers, Optasens, QinetiQ, Selex ES, Thales. CENSIS, Cranfield, Glasgow Sheffield, Heriot-Watt Unis	Focus on solutions with improved size, weight, power consumption and cost (SWaPC) Dual waveband lasers for imaging and designation, improved low cost eyesafe lasers, Beam and sight-line steering/ stabilisation. Improvement in data acquisition rates to support identification of threats Precision timing and range measurement for coherent signal combining. Chip-scale atomic clocks.
	Larger format thermal imaging cameras operating at > 200K with reduced SWaPC Thermal imagers with minimal cooling requirements.	Manufacturing capability in IR detectors especially high operating temperature (HOT) arrays for the MIR.	Selex ES, Thales, Qinetiq Malvern, III-V National Centre, Glasgow Sheffield Unis	Research in detectors at 200 Kelvin. Address trade-offs between pixel counts and need for real time comms for autonomous systems. Greater engagement with III-V National Centre to transfer detector research to development.
	Detectors for discriminative imaging with wide band spectral response and functionality (polarisation, avalanche gain and spectral response)	Established research community for III-V semiconductors. UK capability in "imaging chips", ranging from advanced CCD/CMOS technology to comprehensive IR detector activity for both passive and active imaging systems.	E2V, EWS Simulation, III-V National Centre, Glasgow Sheffield Unis.	On chip polarisation for visible NIR. Avalanche diode inc. SPAD arrays. For VIS, NIR and SWIR. Need to be cost effective and a suitable size. High power, high sensitivity wide bandwidth detectors for RF applications. Extend fabrication capabilities to enable manufacture of sensor arrays to allow exploitation by camera manufacturers.
	Lens-less or compact imaging approaches for improved identification	Coded aperture imaging for improved depth of field, non-mechanical focusing and lensless, compact imaging	QinetiQ, Quantum enhanced Imaging Hub, Glasgow Uni	Enhance availability of bespoke optical components eg spatial light modulators.
	Low light CMOS imaging arrays (Vis and NIR)		E2V	Develop low light imaging arrays inc. RGB
Hyperspectral Imaging	Multiple demonstration developments but technology has yet to be fully established in defence systems	BAE Systems, Thales and QinetiQ G&H	compact approaches that do not degrade resolution and sensitivity performance.	
Multi-functional systems	Broadband optical systems combining multiple sensors and laser wavebands for operation in complex environments.	Defence and non-defence companies with capabilities in integration of sensors and lasers across wide range of wavelengths. Reduction of free space optics with waveguides and optical routing and spectral beam combining for SWaP advantages.	Qioptiq, Selex ES, Thales	Dev. of multi waveband detectors, optical materials / coatings. Understand benefits of sensor integration (including advanced processing algorithms) to enhance capability whilst reducing No. of apertures and cost
	Multi-band Infrared and laser countermeasures	Leading UK defence manufacturers of laser range finding, designation and counter measures. Large number of UK laser suppliers with expertise in tuneable systems.	Qioptiq, Selex ES, Thales, QinetiQ, Laser Quantum, M squared lasers. CENSIS, Cranfield, Glasgow Uni	Needs market pull by defence agencies. Improvements in SWaPC required to increase deployment. Fibre lasers may enable more applications cost effectively with suitable integration.
	Remote gas, liquid, solid & perimeter sensing / characterisation. Laser vibrometry for discrimination of decoys	Several manufacturers of gas/liquid/perimeter detection equipment using photonics for identification and quantitative assessment of target material. UK equipment in front line deployment at boarder locations	Cobalt Light, GSS, M squared lasers, Optasens	Improvement of coherent laser technologies required for vibrometry to increase capability.
	Exploitation of metamaterials	International leading research in metamaterials	De La Rue, Southampton, Imperial College, Liverpool John Moores, Exeter	Identify benefits for defence and security community.
Materials	Laser materials, optical fibre and components at eye safe wavelengths (>1.5um)	Broad strength in glass material research in UK	Thales UK, Gooch & Housego, Glass Technology Services Leeds, Nottingham & Southampton Unis	Development UK Capability in doped phosphate glasses for eye-safe laser operation. Focus on taking research capability to industrial production
Lasers & Sources	Development of indigenous high power multi-band IR / MIR lasers/ band shifting	Several users of cascade lasers but no UK Quantum Cascade Lasers QCL manufacturer. Multiple fibre laser manufactures and extensive IR laser and fibre laser research	CST, IQE, GSS, Cascade Technologies, M ² Lasers, Selex ES National Centre for III-V, Southampton, Sheffield Glasgow, Heriot-Watt Unis	Develop UK source of quantum cascade lasers. development of greater range of high efficiency eye safe laser sources (power, rep rate, wavelength, pulse width)
	Microwave / TeraHertz frequency generation and detection techniques	UK has internationally leading strengths in terahertz (THz) science and technology,	e2v, TeraView, QinetiQ, QMC Instruments.	Ensure exploitation of UK leading strengths in this area. Innovate UK and CDE joint support to move technology to higher TRL levels.
Other	Integrated Photonic components for high speed communications & sensing Optical arbitrary waveform generation	Wide applications in defence, security and comms market	API Tech, EWS simulation, Gooch and Housego, Oclaro, Fujitsu UK Southampton Uni, National Centre for III-V	Partnership with companies developing integrated components for the telecom data market.

Quelle: Photonics Leadership Group⁹¹

Nachfolgend ein erster Überblick über die wichtigsten britischen Unternehmen, die im Bereich der Photonik und Sicherheitstechnologien tätig sind.

Plessey Semiconductors Limited

Plessey is an award-winning leading developer of advanced optoelectronic technology solutions. The company provides volume processing of its unique and proprietary GaN-on-Silicon platform in a monolithic process for a wide range of

91 Photonics Leadership Group: „UK Photonics: Future Growth Opportunity Roadmap“, vgl.: <https://photonicsuk.org/wp-content/uploads/2015/06/uk-photonics-future-growth1.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

microLED display technology solutions. With headquarters located in Plymouth, England, Plessey operates leading-edge 150mm and 200mm wafer processing facilities to undertake design, test and assembly of products, and a comprehensive suite of photonic characterisation and applications laboratories.⁹²

Bay Photonics Ltd

Bay Photonics ist im Südwesten Großbritanniens ansässig. Der Hauptsitz des Unternehmens befindet sich im brandneuen EPIC-Gebäude, in dem auch andere Mitglieder des Torbay Photonics Cluster Ecosystem untergebracht sind. Das Unternehmen ist Experte für das Packaging photonischer integrierter Schaltungen (PICs) für Konzeptnachweis, Prototyping und Herstellung, Entwicklung, Design for Manufacturing (DFM), Herstellungsverfahren und Test (DFT). Es bietet sowohl Designberatung als auch kundenspezifische Montage-/Verpackungsdienstleistungen an. Das Team ist in der Lage, das Design für die Einführung neuer Produkte (NPI) zu unterstützen, wenn das Volumen der Produktlinie wächst, und bietet Dienstleistungen an, die den Transfer zu britischen Produktionsstätten oder Offshore-Auftragsherstellern für Elektronik und Unternehmensniederlassungen unterstützen.⁹³

Coherent, Inc. - Scotland Ltd.

Coherent ist in den Bereichen Wissenschaft, Medizin, Elektronik und Fertigung tätig. Das Unternehmen mit Sitz in Kalifornien ist weltweit tätig und bietet Tausenden von Kunden Produkte, Dienstleistungen und Support. Es unterstützt innovative Forschung in Zusammenarbeit mit Organisationen, die sich der Förderung der Grundlagenforschung in den Bereichen Photonik und Optik verschrieben haben.⁹⁴

Gas Sensing Solutions (GSS)

GSS entwickelt und fertigt die am schnellsten reagierenden, stromsparendsten und robustesten CO₂-Sensoren auf dem Markt. Das Unternehmen stellt spezielle Mittelinfrarot-LEDs selbst her und verwendet diese Festkörpertechnologie als Herzstück seiner Sensoren. Die GSS-Sensoren wurden bereits in den Weltraum gebracht, im Meer versenkt und in allen dazwischen liegenden Situationen eingesetzt.⁹⁵

Optasense

OptaSense ist der verlässliche Partner für innovative faseroptische Distributed Acoustic Sensing (DAS)-Lösungen, die die Betriebskosten senken und gleichzeitig die betriebliche Effizienz, Leistung und Sicherheit optimieren. Die DAS-Lösungen des Unternehmens bieten verwertbare Echtzeitdaten, engagiertes Fachwissen und globale Erfahrung für verschiedene Branchen, darunter Öl und Gas, Pipelines, Sicherheit, Transport und Versorgungsunternehmen. Das Unternehmen ist in über 50 Ländern tätig und hat mehr als 25.000 km an Anlagen unter Vertrag. Es überwacht und schützt einige der wertvollsten Anlagen der Welt.⁹⁶

Qinetiq

Das Unternehmen mit weltweit mehr als 6.000 Mitarbeitern bietet erstklassiges Fachwissen in den Bereichen Beratung, Dienstleistungen (insbesondere Tests und Bewertungen) und innovative technologiebasierte Produkte. Qinetiq ist in erster Linie in den Bereichen Verteidigung, Sicherheit und Luft- und Raumfahrt tätig. Zu den Kunden zählen hauptsächlich Regierungsorganisationen, einschließlich Verteidigungsministerien, sowie internationale Kunden aus anderen Zielbranchen. Qinetiq verfügt über umfangreiche Test- und Bewertungskapazitäten für Luft-, Land-, See- und Zielsysteme.⁹⁷

Selex ES Inc.

Selex ES Inc. ist ein führendes Unternehmen im Bereich Flugverkehrsmanagement, Strafverfolgung und Kommunikationstechnologien. Mit Hauptsitz in Overland Park, KS, liefert Selex ES Inc. robuste Lösungen für die dringenden Bedürfnisse von Regierungsbehörden, Streitkräften sowie gewerblichen und industriellen Betreibern. Zusätzlich zur vollständigen Entwicklung, Produktion und Inbetriebnahme in den USA gewährleistet Selex ES Inc. den nahtlosen Zugang zum gesamten Produktangebot von Leonardo, einem Global Player im High-Tech-Sektor und einem der weltweit größten Anbieter in den Bereichen Luft- und Raumfahrt, Verteidigung und Sicherheit.⁹⁸

92 Vgl.: <https://plesseysemiconductors.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

93 Vgl.: <https://www.bayphotonics.com/applications/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

94 Vgl.: <https://www.coherent.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

95 Vgl.: <https://www.gassensing.co.uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

96 Vgl.: <https://www.optasense.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

97 Vgl.: <https://www.qinetiq.com/en/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

98 Vgl.: <https://www.leonardo.com/en/home> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Thales

Thales ist ein weltweit führendes Technologieunternehmen mit mehr als 77.000 Mitarbeitern auf fünf Kontinenten. Die Gruppe investiert in digitale und "Deep-Tech"-Innovationen - Big Data, künstliche Intelligenz, Konnektivität, Cybersicherheit und Quantentechnologie. Die Hightech-Lösungen, -Dienstleistungen und -Produkte von Thales helfen Unternehmen, Organisationen und Regierungen, ihre Ziele und Ambitionen zu erreichen. In jedem der fünf vertikalen Märkte - digitale Identität und Sicherheit, Verteidigung und Sicherheit, Luft- und Raumfahrt sowie Transport - spielen die Kunden eine Schlüsselrolle.⁹⁹

Malvern Panalytical

Malvern Panalytical ist ein Unternehmen, das durch den Zusammenschluss von Malvern Instruments und PANalytical am 01.01.2017 entstanden ist. Das Unternehmen, das weltweit mehr als 2.000 Mitarbeiter beschäftigt, bietet Technologien an, die von Wissenschaftlern und Ingenieuren in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden. Das Ziel des Unternehmens ist, überlegene und kundenorientierte Lösungen und Dienstleistungen im Bereich der Materialanalyse anzubieten. Entwicklung von Vitaminen und Impfstoffen. Verbesserung von Zement und Chemikalien. Überwachung der Boden- und Wasserqualität. Mit seinen Instrumenten verbindet das Unternehmen Spitzentechnologie mit den neuesten Entwicklungen in der Datenanalyse und künstlichen Intelligenz und ermöglicht es der Industrie und der Forschung, die Welt mit absoluter Präzision zu verstehen, von biomolekularen Strukturen bis hin zu Quantenpunkten.¹⁰⁰

BAE Systems

BAE Systems bietet einige der weltweit fortschrittlichsten Technologielösungen in den Bereichen Verteidigung, Luft- und Raumfahrt und Sicherheit an und beschäftigt 85.800 qualifizierte Mitarbeiter in mehr als 40 Ländern. BAE Systems arbeitet eng mit lokalen Partnern zusammen, um die wirtschaftliche Entwicklung durch Wissens-, Kompetenz- und Technologietransfer zu unterstützen - von modernster Cyber-Bedrohungserkennung bis hin zu Flugsteuerungssystemen, die Piloten bessere Entscheidungen ermöglichen.¹⁰¹

Agilent

Agilent ist jetzt Eigentümer von Cobalt Light Systems, das innovative Produkte und Technologien für nicht-invasive, durch die Barriere hindurchgehende chemische Analysen für Anwendungen in der pharmazeutischen Industrie, in angewandten Märkten und in der öffentlichen Sicherheit entwickelt. Mit der starken Position von Agilent in den Bereichen HPLC, LC-MS, Software und Spektroskopie-Lösungen bauen wir eines der umfassendsten Portfolios der Branche auf, das auf die End-to-End-Workflows der pharmazeutischen Forschung und Produktion ausgerichtet ist.¹⁰²

De La Rue

De La Rue ist ein britisches Druckunternehmen mit Sitz in Basingstoke, Hampshire. Einfach als "De La Rue" bekannt, lautet der Gründungsname "Thomas De La Rue & Company Limited". Es ist im Druck von Briefmarken, Banknoten, Pässen und mehr tätig. De La Rue beliefert Regierungen und Unternehmen mit Produkten und Dienstleistungen, die die Integrität des Handels, die persönliche Identität und den Warenverkehr unterstützen. De La Rue wurde vor über 200 Jahren gegründet und steht an der Spitze neuer Entwicklungen im Bereich der Sicherheit und Integrität der Bargeldversorgungskette und der Bereitstellung von Lösungen zur Produktauthentifizierung.¹⁰³

Glass Technology Services Leeds

Ein Zentrum für Glasforschung und -entwicklung Glass Technology Services Ltd (GTS) ist ein unabhängiges Glaslabor und Beratungsunternehmen, das nach den Qualitätsnormen ISO 9001 und ISO/IEC 17025 akkreditiert ist und im Vereinigten Königreich mit seinem Fachwissen über Glas konkurrenzlos ist. Das Spezialistenteam bietet eine Reihe von Dienstleistungen zur Analyse von Mängeln, zur Lösung von Problemen, zur Durchführung von Forschungsarbeiten und zur Überprüfung internationaler Qualitätsstandards für Glas, Beschichtungen und Glasprodukte. Die fachkundigen Analysen und Bewertungen werden von einem engagierten Team von Wissenschaftlern durchgeführt, die über Fachwissen in den Bereichen Glasherstellung, -verarbeitung, Materialwissenschaften, Chemie, Physik und Ingenieurwesen verfügen und zusammen mehr als 380 Jahre Erfahrung mit Glas haben.¹⁰⁴

99 Vgl.: <https://www.thalesgroup.com/en> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

100 Vgl.: <https://www.malvernpanalytical.com/en> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

101 Vgl.: <https://www.baesystems.com/en/home> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

102 Vgl.: <https://www.agilent.com/about/coballight/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

103 Vgl.: <https://www.delarue.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

104 Vgl.: <https://www.glass-ts.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

TeraView

TeraView Ltd. steht bei der Entwicklung von Terahertz-Licht weltweit an vorderster Front und entwickelt Terahertz-Instrumente, die Strahlung erzeugen, erkennen und manipulieren können, um ein breites Spektrum von Materialien zu charakterisieren. Mit seinen Terahertz-Geräten kann die THz-Bildgebung für eine Reihe von 3D-Terahertz-Bildgebungs- und -Spektroskopieanwendungen eingesetzt werden. Das firmeneigene TPI™ von TeraView wird in einer Reihe von Branchen eingesetzt und hat das Potenzial, Leben zu retten, die Sicherheit zu verbessern, Lebensmittel- und Pharmastandards einzuhalten und die Industrie effizienter zu machen. In den Bereichen Halbleiter, Solarenergie, Pharmazie, Medizin, innere Sicherheit, zerstörungsfreie Prüfung und Materialcharakterisierung wurden mit der Terahertz-Bildgebung bedeutende Entwicklungen erzielt. TeraView hat seinen Sitz in Cambridge, Großbritannien, und wurde im April 2001 aus dem Toshiba Cambridge Research Laboratory ausgegliedert. Vertrieb und Service sind in ganz Europa, Nordamerika und im Fernen Osten möglich, entweder direkt oder über ein Netz von Vertriebshändlern.¹⁰⁵

QMC Instruments

QMC Instruments Ltd. wurde 1971 von der Universität London gegründet und war in der Physikabteilung des damaligen Queen Mary College (heute Queen Mary, University of London) tätig. Seit 2001 ist QMC Instruments Ltd. an der Universität Cardiff angesiedelt, zusammen mit seinen akademischen Kollegen in der School of Physics and Astronomy. Die von QMC Instruments Ltd. angebotene Produktpalette spiegelt nicht nur die Ergebnisse der Forschungs- und Entwicklungsarbeit an der Universität wider, sondern auch das zunehmende Potenzial der Terahertz-Techniken (THz) als Lösung für verschiedene, bisher unbekannte Probleme. Das Institut stellt seit langem eine Reihe von kryogenen Detektoren und zugehörigen Komponenten und Instrumenten her. Diese werden in verschiedenen Bereichen eingesetzt, z. B. in der atmosphärischen Fernerkundung, der Astronomie, der Charakterisierung von Halbleitermaterialien, der Diagnostik heißer Plasmafusionen und der Elektronenspinresonanzspektroskopie (ESR).¹⁰⁶

Spirent

Spirent Communications ist der weltweit führende Anbieter von automatisierten Test- und Sicherungslösungen für Netzwerke, Cybersicherheit und Positionierung. Das Unternehmen bietet automatisierte Test- und Sicherungslösungen, die die Technologieentwicklung im Labor beschleunigen und die Leistung neuer Produkte und Dienste in der realen Welt sicherstellen. Das innovative Produkt- und Dienstleistungsportfolio des Unternehmens adressiert die Test-, Sicherungs- und Automatisierungsherausforderungen einer neuen Generation von Technologien: 5G, Cloud, autonome Fahrzeuge und darüber hinaus. Spirent ist in den Bereichen Kommunikation, Transport, Regierung, Verteidigung, Luft- und Raumfahrt, Automobil, Finanzdienstleistungen, Gesundheitswesen, Einzelhandel und mehr tätig. Spirent hat mehr als 1.500 engagierte Mitarbeiter in 11 Ländern und 28 Standorten weltweit, die Kunden auf der ganzen Welt bedienen.¹⁰⁷

Queensgate (Prior Scientific)

Queensgate Instruments ist ein Pionier auf seinem Gebiet und liefert seit über drei Jahrzehnten weltweit führende, kosteneffiziente Nanopositioniersysteme. Das Unternehmen bietet Nanopositionierungs- und Abtastlösungen für die Hochtechnologiebranche. Mit unserer langjährigen Erfahrung in der Herstellung von Zwei- und Drei-Ebenen-, Rotations- und Einzelpunkt-Positioniersystemen und kapazitiven Plattenmessgeräten mit subatomarer Auflösung stehen wir an der Spitze dieser sich schnell entwickelnden Technologie.¹⁰⁸

Effect Photonics

EFFECT Photonics ist ein unabhängiges, hochgradig vertikal integriertes Unternehmen für photonische optische Systeme, das auf den Bedarf an hochleistungsfähigen, erschwinglichen optischen Lösungen reagiert, der durch die wachsende Nachfrage nach Bandbreite und schnelleren Datenübertragungsmöglichkeiten diktiert wird. Mit seiner firmeneigenen digitalen Signalverarbeitungs- und Vorwärtsfehlerkorrekturtechnologie sowie ultrareinen Lichtquellen bietet das Unternehmen kompakte Formfaktoren mit nahtloser Integration, Kosteneffizienz, geringem Stromverbrauch und Versorgungssicherheit. EFFECT Photonics hat seinen Hauptsitz in Eindhoven, Niederlande, und verfügt über weitere Niederlassungen in Großbritannien, den USA und Taiwan sowie über ein weltweites Netz von Geschäftspartnern.¹⁰⁹

105 Vgl.: <https://teraview.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

106 Vgl.: <http://www.qmcinstruments.co.uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

107 Vgl.: <https://www.spirent.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

108 Vgl.: <https://www.nanopositioning.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

109 Vgl.: <https://effectphotonics.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

3. Marktchancen und Wettbewerb

Im Bereich der Photonik und der Quantenphysik ist das Vereinigte Königreich bestrebt, die Entwicklung und den Zugang zu hochmodernen und schließlich vollständig skalierbaren Maschinen zu unterstützen, um nützliche Anwendungen für Wirtschaft und Gesellschaft zu erforschen und Forschung zu betreiben. Auf dem Gebiet der Quantensensorik, -zeitmessung und -bildgebung sowie der Quantenkommunikation will das Vereinigte Königreich die Technologie so weiterentwickeln, damit UK bei der nächsten Generation von Sensoren für Position, Navigation und Zeitmessung (PNT) weltweit eine wichtige Rolle spielen kann. Dafür wird das Vereinigte Königreich mit internationalen Partnern zusammenarbeiten, die eine Schlüsselrolle in diesem Innovationsprozess spielen werden.

Die britische Regierung beabsichtigt, auf der Grundlage von Fortschritten und allgemeineren Trends und in voller Abstimmung mit der britischen Quantengemeinschaft staatliche Maßnahmen als Teil eines umfassenderen Programms zu entwickeln. Sie wird dem Nationalen Wissenschafts- und Technologierat (National Science and Technology Council) unter dem Vorsitz des Premierministers regelmäßige Berichte erstatten und einen Jahresbericht über die Fortschritte der Quantentechnologien im Vereinigten Königreich veröffentlichen, auch im Rahmen der nationalen und internationalen Politik, die darauf abzielt, Wissen zu teilen und zu erweitern, sichere Lieferketten aufzubauen und an einer innovationsfreundlicheren und ethischeren globalen Governance und Regulierung der Quantentechnologien mitzuwirken. Die britische Regierung wird - in großem Umfang und langfristig - in die Spitzenforschung und die Menschen investieren, die zu ihrem Erfolg führen werden. Sie wird die Quantenunternehmen unterstützen, die die Kommerzialisierung von Technologie vorantreiben und sicherstellen, dass Ideen und Wissen in Produkte und Dienstleistungen umgesetzt werden, die in der gesamten Wirtschaft zum Nutzen aller Bürger eingesetzt werden können.

Das sind die Worte von Frau Michelle Donelan, Staatssekretärin für Wissenschaft, Innovation und Technologie: "Wir werden das Vereinigte Königreich zur Heimat bahnbrechender wissenschaftlicher Entdeckungen machen, zum besten Ort der Welt, um ein Quantenunternehmen zu gründen und wachsen zu lassen, zu einer führenden Stimme in der internationalen Quanten- und Technologiegemeinschaft und zu einem Magneten für internationale Quantentalente". In diesem relativ frühen Stadium der Entwicklung von Quantentechnologien besteht der Ansatz des Vereinigten Königreichs darin, das gesamte Quanten-Ökosystem zu stärken und dabei alle der Regierung zur Verfügung stehenden Mittel einzusetzen.¹¹⁰

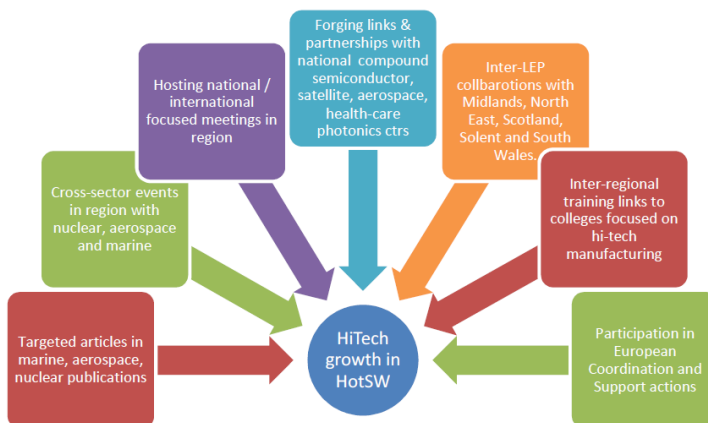


Abbildung 17: Sieben-Punkte-Aktionsplan zur Förderung von Partnerschaften und ausländischen Investitionen im Bereich Photonik und Mikroelektronik in der HotSW-Region.

Quelle: Heart of the South West¹¹¹

Im kürzlich veröffentlichten AHK-Bericht „German-British Business Outlook Spring 2023“ bewerteten 55 % [der in UK ansässigen deutschen Unternehmen] ihren eigenen Betrieb als positiv oder sehr positiv, 37 % als stabil und nur

110 Department for Science, Innovation & Technology: „National Quantum Strategy“, März 2023, vgl: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1142942/national_quantum_strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

111 Heart of the South West: „Microelectronics and Photonics“, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/understanding-our-economy/microelectronics-and-photonics/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

weniger als 10 % als negativ oder schlechter. Diese Zahlen bedeuten eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu Herbst 2022.¹¹²

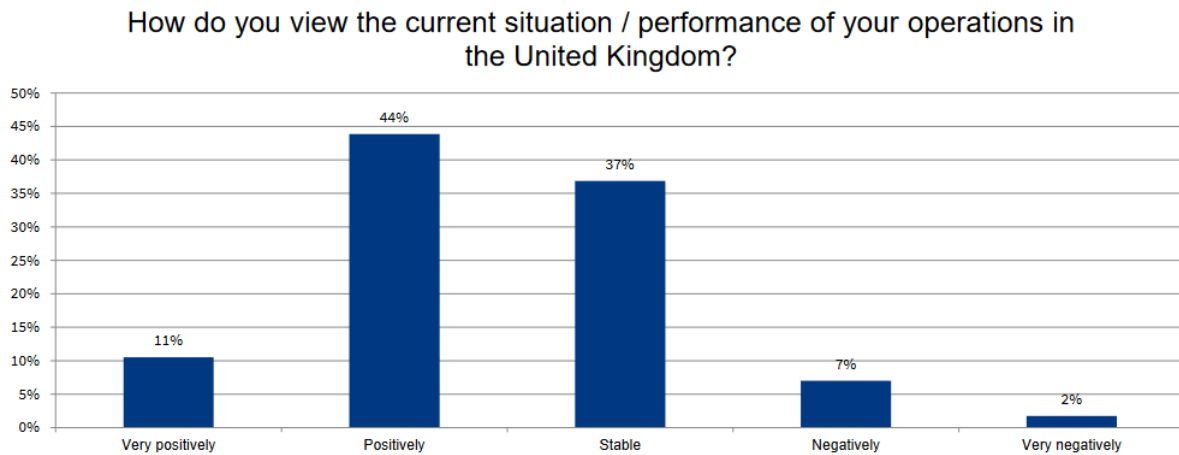


Abbildung 18: Wie sehen Sie die aktuelle Situation / Leistung Ihres Betriebs im Vereinigten Königreich?

Quelle: AHK Großbritannien

Zwar richtet sich die Frühlingsumfrage der Deutschen Auslandshandelskammer (AHK) Großbritannien an die im Vereinigten Königreich (UK) aktiven deutschen Betriebe, zeigt aber dennoch ein generell positives Business-Umfeld für die deutsche Wirtschaft. Die größte Herausforderung für die Betriebe ist aktuell der Fachkräftemangel: 46 % nennen dieses – teils durch die neuen aufenthaltsrechtlichen Restriktionen verursachte – Problem als Geschäftshemmnis. Jeweils 40 % der Befragten kämpfen mit Handelsbarrieren und anderen Brexit-bedingten administrativen Mehraufwendungen beziehungsweise mit gestiegenen Energiekosten. Mittelfristig betrachtet die große Mehrheit der Unternehmen (58 %) die Inflation als geopolitische Herausforderung, gefolgt von wachsender politischer Einflussnahme auf Lieferketten (42 %) und Cybersicherheit (36 %).¹¹³

3.1 Marktsituation im Photoniksektor

Da die Anwendungsmöglichkeiten der Quantentechnologien enorm sind, ist dies nicht nur eine Chance, sondern gleichzeitig auch eine Herausforderung: Die Vielzahl der möglichen Anwendungen bedeutet, dass potenzielle Nutzer oft Zeit und viel Erfahrung benötigen, um das Potenzial der Technologie zu verstehen und sich auf die wirkungsvollste Anwendung zu konzentrieren.

Einem Bericht von Photonics Leadership Group zufolge befindet sich die Photonik jetzt an einem kritischen Wendepunkt. Als etablierte "Nischenindustrie" mit einem Umsatz von 14,5 Mrd. £ wird die Photonik hinter einigen der dynamischsten und bedeutendsten Märkte stehen, die es je gab. Um die Chancen, den Wert und die Versorgungssicherheit im Vereinigten Königreich zu nutzen, ist es erforderlich, den Ausbau der gesamten Branche zu unterstützen, um die Nachfrage von mehreren Milliarden £ zu decken. Die Photonik ist bereits der fünftproduktivste Fertigungssektor im Vereinigten Königreich, aber um die Kapazitäten im Vereinigten Königreich zu halten, ist es unerlässlich, das Volumen auf die nächste Stufe zu bringen, eine Versorgung von 150.000 neuen Mitarbeitern zu gewährleisten und die Produktivität noch weiter zu steigern.

Die meisten britischen Photonikunternehmen exportieren derzeit den Großteil ihrer Produktion, wenn nicht sogar die gesamte Produktion. Das ist eine fantastische weltweite Bestätigung britischer Fähigkeiten, aber auch ein Hinweis darauf, dass das Vereinigte Königreich es versäumt, seine heimische Photonikbasis zu nutzen. Das Vereinigte Königreich muss sich mit überholten wirtschaftlichen und fähigkeitsbezogenen Annahmen auseinandersetzen, die Photonik in Interventionen auf allen Märkten einbinden, traditionelle Sektoren herausfordern, die neuesten Photonik-Innovationen zu übernehmen, und die Risiken für den Einsatz verringern, damit es den Wettbewerbsvorteil maximiert

112 Vgl.: <https://grossbritannien.ahk.de/deutsch-britische-umfrage> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

113 Vgl.: <https://www.gtai-exportguide.de/de/news/deutsch-britische-wirtschaft-trotzt-der-schwachen-uk-konjunktur-997554> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

und die Anfälligkeit der Lieferkette minimiert.

Die jüngste Abhängigkeit der Automobilproduktion von der Chipversorgung und der Lebensmittel- von der Düngemittelproduktion hat gezeigt, wie selbst die größten Produktionslinien durch Engpässe bei wichtigen Komponenten zum Stillstand gebracht werden können. Die Photonik wird die "digitalen Augen" für die Autonomie, die digitalen Autobahnen für die Fernarbeit, die "elektrooptischen Ohren" für die Schnelldiagnose und die Gehirne für KI und Quantum liefern. USA, China, Taiwan und Singapur haben die strategische Bedeutung der Photonik erkannt. Der Ausbau und die Unterstützung bei der Einführung sind nicht nur für die Verwirklichung dieser 50-Milliarden-Pfund-Vision von entscheidender Bedeutung, sondern auch um sicherzustellen, dass das Vereinigte Königreich nicht auf den Import von Milliarden von Photonik-Komponenten angewiesen ist, um seine zukünftige Wirtschaft am Laufen zu halten.

In der Tat hängt die Gesellschaft zunehmend von der transformativen Kraft der Photonik ab. Von der schnellen Infektionsdiagnose und der digitalen Chirurgie bis hin zu Kommunikation, fortschrittlicher Fertigung und Landwirtschaft - die Photonik ist entscheidend dafür, dass Produkte und Dienstleistungen für Verbraucher und Industrie in allen vertikalen Märkten einen Mehrwert bieten. Lösungen für die größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts, von der globalen Erwärmung bis hin zur digitalen Inklusion, hängen von der Photonik ab. Photonische Systeme, von Lasern bis zu Sensoren, sind das Herzstück des autonomen Verkehrs, der Quantentechnologie, digitaler Echtzeitsysteme, des 3D-Drucks, der Verteidigung und der Sicherheitslösungen.

Die Vernachlässigung der heimischen Photonikkapazitäten würde das Vereinigte Königreich dazu zwingen, wesentliche Photoniksysteme zu kaufen, und es in Bezug auf Innovation und Lieferung von anderen abhängig machen.¹¹⁴

Laut Dr. John R. Lincoln in seinem Report "*Strengths and Capabilities of Microelectronics & Photonics in HotSW LEP Region*", um solche Innovationen auf den Markt zu bringen, ist eine Zusammenarbeit mit denjenigen erforderlich, die über Fachwissen in den Endmärkten verfügen. Es wurden Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit den Sektoren Kernkraft, Schifffahrt und Luft- und Raumfahrt ermittelt, die ebenfalls zu den Stärken der HotSW-Region gehören, sowie mit dem schottischen Central Belt und dem Solent-Gebiet, die sich in Bezug auf Markt und Fachwissen ähneln, und mit den Regionen Midlands, North East, Oxfordshire und Slough, die Stärken in den Endmärkten der fortgeschrittenen Fertigung, der Automobilindustrie, des Gesundheitswesens, der Raumfahrt und der Datenanwendungen aufweisen.¹¹⁵

3.2 Marktchancen in der Photonikindustrie

Welche Auswirkungen die aktuellen Ereignisse auf die Photonikbranche insgesamt haben werden, ist äußerst schwierig vorherzusagen. Es ist notwendig, die Märkte/Segmente, die voraussichtlich den weltweiten Wirtschaftstrends folgen werden (hohe Inflation und relative Verringerung der Verbraucherausgaben, Verringerung der Unternehmensinvestitionen), von anderen zu trennen, die eine hohe Widerstandsfähigkeit aufweisen, weil sie aus politischen Gründen als „strategisch“ gelten“. Zwar sind die Folgen sowohl der Pandemie als auch des Brexit mehr oder weniger überwunden, aber der Krieg in der Ukraine bleibt eine Herausforderung. Wenn es um den wirtschaftlichen und unternehmerischen Kontext in Großbritannien in der Photonikbranche geht, gibt es einige solide Punkte, die es wert sind, erwähnt zu werden:

1. Energie, Kommunikation, Gesundheit, Fertigung und das Erreichen der „Netto-Null-Strategie“ hängen alle von der Leistungsfähigkeit der Kernphotonik ab.
2. Die britische Regierung setzt stark auf die Verbreitung der Elektromobilität und die Entwicklung von elektrisch vernetzten und autonomen Fahrzeugen (CAV), beide Technologien sind stark von der Photonik abhängig.
3. Auf globaler Ebene beobachten wir einen stetigen Anstieg der Verteidigungsausgaben. 2021/22 gab das Vereinigte Königreich 45,9 Mrd. £ für die Verteidigung aus. Dies war 3,6 Mrd. £ höher als im Vorjahr (2,5 Mrd. £ höher nach Berücksichtigung der Auswirkungen der Inflation). Das Verteidigungsministerium erhielt bei der *Spending Review 2020*¹¹⁶ einen vierjährigen Ausgleich, als die Regierung weitere 16,5 Mrd. £ für die Ausgaben des Verteidigungshaushalt im Zeitraum 2020/21 bis 2024/25 bereitstellte. Die Regierung beschrieb dies als die „größte nachhaltige Erhöhung des

114 Photonics Leadership Group: „UK Photonics 2035: The Vision“, vgl.: <https://photonicsuk.org/uk-photonics-2035-the-vision> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

115 Heart of the South West: „Microelectronics and Photonics“, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/understanding-our-economy/microelectronics-and-photonics/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

116 Vgl.: <https://www.gov.uk/government/publications/spending-review-2020-documents> (Zuletzt aufgerufen am 23.04.2023)

Kernverteidigungshaushalts seit 30 Jahren“.¹¹⁷

NetZero Strategy*

Das Erreichen von Netto-Null wird die größte technologische Herausforderung des 21. Jahrhunderts sein. Eine wirklich globale, alles durchdringende Herausforderung, die sich auf jede Anwendung, jeden Markt und jede Technologie auswirkt. Das Erreichen von Netto-Null wird eine Summe unzähliger Innovationen in den Bereichen Energieerzeugung, Ressourceneffizienz und Abfallreduzierung sein. Die Photonik wird dabei eine zentrale Rolle spielen; direkt, indem die CO₂-Belastung durch den Einsatz lichtbasierter Technologien reduziert wird; und indirekt durch den verstärkten Einsatz von Photonik bei der Überwachung und Reduzierung von Treibhausgasen in einer Vielzahl von Branchen. Die im Pariser Klimaabkommen von 2015 festgelegten CO₂-Ziele scheinen in weiter Ferne zu liegen, Unternehmen haben jedoch bereits damit begonnen, sich auf nachhaltigere Modelle zuzubewegen. Wenn man sich fast jeden Geschäftsbericht börsennotierter Unternehmen ansieht, findet man überall Hinweise auf Nachhaltigkeit und CO₂-Auswirkungen. Ob dieses neue Verantwortungsbewusstsein echt ist oder nicht, wird die Zeit zeigen, aber die Realität ist, dass diese großen Organisationen bereit sind, die Bedürfnisse und Forderungen ihrer Kunden nach ökologischer Nachhaltigkeit zu erfüllen. Sobald ein großes börsennotiertes Unternehmen an der Spitze der Lieferkette seinen eigenen CO₂-Fußabdruck bewertet hat, wird es dasselbe von seinen Lieferanten verlangen, und dieses Verhalten wird sich schnell durch die Lieferkette ziehen und voraussichtlich bei den Photonikunternehmen ankommen. Es ist klar, dass die vorausschauendsten Unternehmen die Nachfrage antizipieren und handeln werden, bevor der Markt sie dazu zwingt.

Energieeffizienz und -erzeugung

Laut einer kürzlich durchgeführten Studie entfielen im Jahr 2022 18 % des gesamten Stromverbrauchs im Vereinigten Königreich auf die Beleuchtung von Wohn- und Geschäftshäusern. Die Dekarbonisierung unserer Wirtschaft bei gleichzeitiger Deckung des wachsenden Energiebedarfs ist die größte Herausforderung, vor der das Vereinigte Königreich steht, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren und die Ziele zu erreichen im Pariser Klimaabkommen festgelegt. Es ist jedoch möglich, beides zu kombinieren: LED- und intelligente Beleuchtung können dazu beitragen, den Verbrauch zu reduzieren, während die direkte Energieerzeugung unseren Bedarf decken kann. Der LED-Markt für Wohn-, Gewerbe- und Straßenbeleuchtung wächst schnell, im Jahr 2022 machten LED-Beleuchtung 17 % der britischen Haushalte aus. Auch im gewerblichen Bereich werden energiesparende Lösungen schnell eingeführt. Der technologische Fortschritt in der Photovoltaik wird die Effizienz schrittweise steigern. Neuartige Materialien wie Perovskite werden zu einer flexiblen Photovoltaik führen, die eine bessere Gebäudeintegration ermöglicht und die weltweit stromerzeugende Fläche vergrößert, ohne das architektonische Design zu beeinträchtigen. Photonik kann aber auch bei anderen Stromerzeugungsverfahren wie Wind- und Gasturbinen wesentlich dazu beitragen, die Energieeffizienz zu steigern.¹¹⁸

Healthcare

Die Medizingeräteindustrie ist ein schnell wachsender Bereich mit Chancen für die Optik- und Photoniktechnologie, deren Anwendungen von der Diagnostik über chirurgische Instrumente bis hin zu Therapeutika reichen. Die Kombination einer alternden Bevölkerung mit technologischem Fortschritt bietet der Photonik eine äußerst relevante Rolle bei der Diagnose, Untersuchung und Behandlung von Krankheiten/Zuständen bei gleichzeitiger potenzieller Kostensenkung für den NHS. Photonik spielt eine wichtige Rolle in der Medizintechnik und findet zahlreiche Anwendungen: Siliziumphotonik, Optik, Laser Medizinische Systeme spielen eine entscheidende Rolle in allen medizinischen Geräten, die Licht verwenden, wie Scanner, Mikroskope, Biosensoren, Spektrometer usw.¹¹⁹

Manufacturing

Die Fertigungsbranche profitiert immens von der Photonik. Es gibt eine Fülle von photonischen Technologien, die in der Fertigung implementiert werden können, von Sensoren bis hin zu intelligenten Lasern, wodurch die Produktion erleichtert und erweitert wird. Kurz gesagt, Licht kann sowohl zur direkten Herstellung von Produkten als auch zur Überwachung der Produktion verwendet werden und dient als Schlüsseltechnologie für die intelligente Fertigung. Licht wird häufig zum Schneiden und Mustern von Materialien verwendet, kann aber auch wichtige Informationen über den Zustand von Geräten und Produkten liefern. Somit lässt sich die Photonik in Bezug auf die Fertigung in zwei Kernbereiche unterteilen: die direkte Fertigung und die Überwachung der Fertigung. Mit Glasfasersensoren kann eine

117 GOV.UK: „National statistics. MOD Departmental resources: 2022“, Dez. 2022, vgl.: <https://www.gov.uk/government/statistics/defence-departmental-resources-2022/mod-departmental-resources-2022> (Zuletzt aufgerufen am 23.04.2023)

118 SPIE DigitalLibrary: „Photonics for net zero“, Jan. 2022, vgl.: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/advanced-photonics/volume-4/issue-01/010501/Photonics-for-net-zero/10.1117/1.AP.4.1.010501.full?SSO=1> (Zuletzt aufgerufen am 23.04.2023)

119 Vgl.: <https://www.meddeviceonline.com/>

Vielzahl von Parametern überwacht werden, darunter Temperatur und Dehnung. Darüber hinaus werden auch die Messung von Verschiebungs- und Oberflächenprofilen, 3D-Scanning, die Analyse der Größenverteilung von Partikeln und die Entfernungsmessung routinemäßig mit photonischen Technologien durchgeführt; Laser sind ideal für die Metrologie und bieten hochgenaue Messungen.¹²⁰

Mobilität

Nach Angaben der Europäischen Umweltagentur ist der Verkehr für etwa 25 % der gesamten europäischen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Die Verringerung der Treibhausgasemissionen ist die Grundlage der E-Mobilitätsrevolution, die sowohl von der britischen Regierung als auch von der Bevölkerung voll und ganz angenommen wird. Historisch gesehen begann die Entwicklung eines Autos mit dem Motor, und alle großen Automobilhersteller weltweit waren zunächst Motorenhersteller. Mit den Elektroautos hat sich diese Verbindung zwischen dem "Herz und der Karosserie" geändert, die technologische Komplexität hat sich drastisch erhöht. CAVs sind nichts, was wir in allzu ferner Zukunft sehen werden: Hersteller, Ingenieurbüros, Technologieentwickler und Forschungsinstitute auf der ganzen Welt arbeiten ständig an neuen Lösungen, um Effizienz, Leistung und Sicherheit zu verbessern. Von der Sensorik bis zur "On-Board-Technologie" für das Digital- und Energiemanagement: Für moderne und zukünftige Fahrzeuge wird die Photonik in der gesamten Lieferkette eine entscheidende Rolle spielen. Wir glauben, dass die Kombination aus erstklassigen Mobilitäts- und Photonik-Ökosystemen in Deutschland, dem Land und seinen Unternehmen eine extrem starke Position verschafft, von der man auch für den UK-Markt profitieren sollte.

Verteidigung

Es gibt praktisch keinen Teil eines modernen Verteidigungssystems, der nicht in irgendeiner Weise von Optik und Photonik beeinflusst wird. Moderne Verteidigungssysteme migrieren in Richtung optisch basierte Bildgebung, Fernerkundung, Kommunikation und Waffen. Dieser Trend macht die Aufrechterhaltung der Führungsposition in Optik und Photonik von entscheidender Bedeutung für die Aufrechterhaltung einer starken Position in Verteidigungsanwendungen: Präzisionslaserbearbeitung, optische Lithographie für die Elektronik, optische Signalverbindungen, Solarenergie für den Fernenergiebedarf und die Erzeugung einer stabilen Zeitbasis für das Global Positioning System (GPS). Auch dann, wenn der eigentliche Sensor nicht auf Optik basiert, spielt die Optik in vielen Fällen eine wichtige Rolle, wie etwa bei der Migration der Hochfrequenz-Photonik in Mikrowellenradarsysteme. Fortschritte in der Optik und Materialwissenschaft ermöglichen neue Ausrüstung für Soldaten auf dem Schlachtfeld (Nachtsicht-Kontaktlinsen), Sensorsysteme kämpfen um die Vorherrschaft in Intelligenz, Überwachung und Aufklärung, wobei auf Optik basierende Sensoren einen beträchtlichen Teil dieser Systeme ausmachen. Die optische Sensortechnologie bietet die Möglichkeit, Informationen mit hohen Bandbreiten von mobilen Plattformen zu übertragen und kann auch chemische, biologische und nukleare Bedrohungen erkennen, eine Fähigkeit, die für die innere Sicherheit von grundlegender Bedeutung ist. Die Verteidigung gegen Raketenangriffe ist ein erhebliches Sicherheitsbedürfnis bei Laserwaffensystemen, die bereit sind, eine Revolution in militärischen Angelegenheiten auszulösen. Laserwaffen können Armeen einen erheblichen Vorteil verschaffen. Es gibt auch potenzielle Synergien aus der vollständigen Zusammenführung von optischer Überwachungstechnologie, Laserwaffentechnologie und Freiraum-Lasertechnologie.¹²¹

Fazit

Es ist äußerst kompliziert, Lücken auf dem britischen Markt zu identifizieren, die deutsche Unternehmen angesichts des hochtechnischen/wissenschaftlichen Charakters des Themas potenziell füllen können. Das Hauptproblem bei der Feststellung von Mängeln besteht darin, dass die Photonik eine sehr allgemeine Kategorie ist, die eine Vielzahl von Untersektoren umfasst und deren Verwendung sich über mehrere Sektoren erstreckt. Die normalerweise zu diesem Zweck verwendeten Daten über Import/Export sagen wenig über die Art und Weise aus, wie der Handel mit Photonik abläuft, da es sich sowohl um Endprodukte als auch um Komponenten in der Herstellungskette handelt: Eine Komponente könnte von einem Land in ein anderes exportiert und von demselben Land wieder importiert werden, nachdem sie in ein komplexeres Produkt integriert wurde. Durch den Vergleich von Marktgrößen und -zahlen können wir zu einer Reihe von Schlussfolgerungen gelangen:

- Wie hoch ist die Nachfrage nach Photonik in einem Land?
- Wie relevant sind die hier betrachteten Länder für die Branche weltweit?
- Wie fortschrittlich ist die Technologie in diesen Ländern?

¹²⁰ Vgl.: <https://catapult.org.uk/>

¹²¹ Vgl.: Fraunhofer UK, www.gov.uk

- Was sind die gegenwärtigen und zukünftigen Möglichkeiten?

Wie in dieser Studie dargestellt, boomt der Photonikmarkt, wobei praktisch jeder Teilbereich stark nachgefragt wird oder das Potenzial für ein exponentielles Wachstum hat. Nach Angaben der Europäischen Kommission liegt Europa an zweiter Stelle (16 % der Weltproduktion), hinter China (29 %) und vor den USA (15 %). Deutschland ist der führende europäische Hersteller mit über 40 % der Produktion des Kontinents, das Vereinigte Königreich liegt gemeinsam mit Frankreich an zweiter Stelle mit einer Quote von 15 % (GTAI-Angaben).

Die deutsche Exportquote liegt bei 72 %, die des Vereinigten Königreichs bei 75 %, doch angesichts des enormen Unterschieds zwischen den beiden Produktionsmengen machen die deutschen Verkäufe bei weitem den größten Teil des Gesamtumsatzes aus. Dies ist ein klares Indiz dafür, dass die deutsche Photonik hoch angesehen und sehr gefragt ist.

Das Ergebnis dieser Zahlen führt uns zu einer ersten Schlussfolgerung: Deutschland ist weltweit führend in der Branche und das Vereinigte Königreich hinkt hinterher. Dies ist äußerst relevant, weil es verschiedene Aspekte betrifft:

1. Das deutsche Ökosystem ist größer und aus diesem Grund vielfältiger und fortschrittlicher als das britische: Die Photonik ist eine sich schnell entwickelnde Industrie, neue wissenschaftliche Entdeckungen und technologische Fortschritte bieten den Ländern einen Vorteil, indem sie einen Bedarf an Produkten und Märkten schaffen, die vorher nicht existierten.
2. Der technologische Vorsprung Deutschlands bietet lokalen Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Möglichkeit, britische Unternehmen in Forschung und Entwicklung zu unterstützen, indem sie Fachwissen und Know-how zur Verfügung stellen, die vor Ort nicht (oder nur begrenzt) verfügbar sind.
3. Ein größeres Ökosystem bedeutet auch eine breitere Lieferkette, die robuster und widerstandsfähiger gegen Krisen ist.

3.3 SWOT-Analyse (spezifisch Photonik)

Tabelle 8: SWOT-Analyse Vereinigtes Königreich für den Photonik und Quantentechnologie Sektor

Stärken (Strengths)	Schwächen (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Florierende akademische und industrielle Quantengemeinschaft, regionale Exzellenzzentren und vier Forschungszentren, die von den Universitäten York, Birmingham, Glasgow und Oxford geleitet werden. ▪ Hochdynamischer Markt, hohe Präsenz von Top-Akteuren der Branche in den Bereichen Photonik- und Quantumtechnologie ▪ Steigender Bedarf und Nachfrage im Photonik- und Quantumtechnologie Sektor: die Branche wird von der britischen Regierung als strategischer und übergreifend angesehen ▪ Sehr hohe Regierungszuschüsse im Photonik- und Quantumsektor 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Brexit: Folgen, Unklarheit und begrenztes Verständnis lokaler politischer Dynamiken für europäische Partner ▪ Unklarheit über FTA ▪ Mangel an ausgebildetem Personal und qualifizierte Arbeitskräfte ▪ Schwierigkeiten bei der Auswahl spezifischer technischer Sektoren (z.B. Mikro-/Nanoelektronik) ▪ Defizit an MINT-Fähigkeiten
Chancen (Opportunities)	Risiken (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bis 2033 werden UK bilaterale Vereinbarungen mit 5 weiteren führenden Quantennationen ▪ Bis 2033 wird 75 % der relevanten Unternehmen Schritte unternommen haben, um sich auf die Ankunft des Quantencomputers vorzubereiten. ▪ Ab 2024 wird das Vereinigte Königreich über einen Zeitraum von zehn Jahren 2,5 Milliarden £ an staatlichen Mitteln in die Forschung und Entwicklung im Bereich der Quantenforschung investieren ▪ Das Vereinigte Königreich wird durch die Bereitstellung von Programmen und Investitionsmöglichkeiten Unternehmen aus dem Ausland anlocken und unterstützen, sich im Vereinigten Königreich niederzulassen. ▪ Britische Unternehmen schaffen es nicht den Inlandsbedarf des Landes zu decken 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das breite Spektrum möglicher Anwendungen erfordert Zeit und Erfahrung der potenziellen Nutzer, um das Potenzial der Technologie zu verstehen und sich auf die wirkungsvollste Anwendung zu konzentrieren ▪ Die Technologie befindet sich noch in Entwicklung ▪ Zollgrenze macht für Briten den Zugang zum EU-Markt schwieriger ▪ Made in Germany könnte Druck von internationalen Billiganbietern erfahren. ▪ Starke Konkurrenz

Quellen: Eigendarstellung¹²²

122 Eigene Zusammenstellung von Daten aus den in der vorliegenden Studie zitierten Texten.

4. Rahmenbedingungen

Das folgende Kapitel soll Ihnen wertvolle Informationen über das Vereinigte Königreich post-Brexit, über rechtliche und steuerrechtliche Rahmenbedingungen sowie Zoll- und Importrelevante Regelungen geben. Da diese Informationen bereits ausführlich von den deutschen Anlaufstellen im Vereinigten Königreich, wie z.B. der Deutsch-Britischen Industrie- und Handelskammer (AHK Vereinigtes Königreich) und GTAI zusammengetragen wurden, haben wir uns darauf limitiert, Ihnen in einigen Fällen nur die entsprechenden Verlinkungen zusammenzustellen. Sie können dort alle Informationen schnell und kostenlos nachlesen bzw. sich auch direkt an die aufgeführten Ansprechpersonen wenden. In einigen wenigen Fällen ist eine (kostenfreie!) Anmeldung auf dem GTAI-Portal notwendig, um den entsprechenden Artikel herunterzuladen. Über <https://www.gtai.de/de/trade> können Sie sich kostenfrei rechts oben registrieren/anmelden und haben dann Zugriff auf alle Artikel in voller Länge. Ebenfalls können Sie sich zu Newslettern für verschiedene Länder anmelden und erhalten so regelmäßig interessante Informationen und Updates zum gewählten Zielland.

4.1 Quo vadis Britannica – das UK im Post-Brexit

Am 31. Dezember 2020 endete die zwischen dem Vereinigten Königreich und der Europäischen Union vereinbarte Übergangsphase; seitdem ist das Vereinigte Königreich vollständiger Drittstaat. Kurz vor dem Jahreswechsel hatten sich beide Parteien auf ein Abkommen über Handel und Zusammenarbeit¹²³ geeinigt.¹²⁴ Seit dem Brexit gelten nun neue Regeln für den deutsch-britischen Handel. Die **Deutsch-Britische Industrie- und Handelskammer (AHK London)** und **Germany Trade & Invest (GTAI)** haben jeweils ausführliche Informationen zusammengestellt, wo alle Brexit-relevanten Fragen beantwortet werden.

Bei der AHK London gibt es unter dem Titel Brexit FAQs: Praktische unverbindliche Hinweise¹²⁵ aufgearbeitete Informationen bzw. weiterführende Links zu folgenden Themengebieten:

- Inverkehrbringen von Produkten in Großbritannien
- Informationen und Anleitung zur Verwendung der UKCA-Kennzeichnung
- Umsatzsteueränderung bei Warensendungen nach Großbritannien und Nordirland
- Die Umsatzsteuerliche Behandlung von sonstigen Leistungen im Vereinigten Königreich ab 2021
- Geschäftsreisen im neuen Freihandelsabkommen
- Dienstleistungserbringung im Vereinigten Königreich
- Und viele andere

Außerdem finden Sie hier die Kontaktdaten des AHK-Personals, die speziell im rechtlichen und steuerrechtlichen Bereich Hilfestellung bieten.

Das GTAI-Special Brexit¹²⁶ informiert über die wichtigsten Neuerungen, die sich aus dem Austritt des Vereinigten Königreichs aus der Europäischen Union ergeben. Hier finden Sie nicht nur interessante Artikel, wie z.B. „*Quo vadis United Kingdom?*“ (März 2022),¹²⁷ sondern auch die Kontaktdaten zu Wirtschafts-, Zoll- und Rechtsexperten sowie die Aufzeichnungen von Webinaren zu Themen wie:

- [GTAI-Wirtschaftstag UK](#)
- [Brexit \(Kurz-\)Update 11: Was ändert sich zum 1. Januar 2022?](#)
- [Brexit Update 10](#)
- [Beyond Brexit: Neustart für deutsch-britische Wirtschaftskooperation](#)
- [Brexit Update 9](#)
- [Post Brexit: Dienstleistungen erbringen und abrechnen](#)
- [Neustart beim Versandhandel nach Großbritannien - neue Umsatzsteuer- und Zollpflichten](#)
- [Brexit Update 8: Neues Freihandelsabkommen](#)

123 Nachzulesen in seiner Vollständigkeit ist dies unter folgendem Link möglich: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1621432170820&uri=CELEX%3A22021A0430%2801%29> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

124 GTAI: „*Recht kompakt Vereinigtes Königreich*“, Okt. 2022, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/recht/recht-kompakt-vereinigtes-koenigreich-621964> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

125 Nachzulesen in seiner Vollständigkeit ist das Brexit FAQ unter folgendem Link: <https://grossbritannien.ahk.de/brexit/faqs> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

126 Nachzulesen in seiner Vollständigkeit ist das Brexit Special unter folgendem Link: <https://www.gtai.de/de/trade/specials/special-brexit> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

127 Zu finden unter: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/specials/quo-vadis-united-kingdom--780764> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

4.2 Gesetzeslage und rechtliche Vorgaben

In dem GTAI-Artikel „Recht kompakt Vereinigtes Königreich“¹²⁸ sind auf 27 Seiten zahlreiche Zusammenfassungen sowie Verlinkungen zu weiteren GTAI-Artikeln und Internetseiten aufgeführt.

Tabelle 9: Deutsche und britische Anlaufstellen für rechtliche Informationen zum Vereinigten Königreich

Bezeichnung	Internetadresse
Deutsche Auslandsvertretungen im Vereinigten Königreich	https://uk.diplo.de/uk-de
Deutsch-Britische Industrie- und Handelskammer (German-British Chamber of Industry and Commerce)	http://www.ahk-london.co.uk/
British Chambers of Commerce	www.britishchambers.org.uk
Rechtsdatenbank	http://www.legislation.gov.uk/
Britisches Unternehmensregister (Companies House)	https://www.gov.uk/government/organisations/companies-house
Britische Botschaft in Deutschland	https://www.gov.uk/world/organisations/british-embassy-berlin.de
Invest in Great Britain	https://www.great.gov.uk/international/investment/?lang=de
Britisches Patentamt (The Intellectual Property Office)	www.ipo.gov.uk

Quelle: GTAI¹²⁹

Das Handels- und Kooperationsabkommen zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich

Das zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich geschlossene Handels- und Kooperationsabkommen enthält Präferenzregelungen in Bereichen wie Handel mit Waren und Dienstleistungen, digitaler Handel, geistiges Eigentum, öffentliches Beschaffungswesen, Luftfahrt und Straßenverkehr, Energie, Fischerei, Koordinierung der sozialen Sicherheit, Strafverfolgung und justizielle Zusammenarbeit in Strafsachen, fachliche Zusammenarbeit und Teilnahme an Unionsprogrammen. Es wird durch Bestimmungen untermauert, die gleiche Wettbewerbsbedingungen und die Achtung der Grundrechte gewährleisten. Auch wenn keineswegs das Maß der wirtschaftlichen Integration erreicht wird, das zu Zeiten der Mitgliedschaft des Vereinten Königreichs in der EU bestand, geht das Handels- und Kooperationsabkommen über traditionelle Freihandelsabkommen hinaus und bildet eine solide Grundlage für die Wahrung unserer langjährigen Freundschaft und Zusammenarbeit. Das Handels- und Kooperationsabkommen wurde am 30. Dezember 2020 unterzeichnet. Es wurde seit dem 1. Januar 2021 vorläufig angewandt und trat am 1. Mai 2021 endgültig in Kraft.¹³⁰ Unter folgendem Link kann dieses vollständig – auf Deutsch oder anderen Sprachen – heruntergeladen werden: https://ec.europa.eu/info/strategy/relations-non-eu-countries/relations-united-kingdom/eu-uk-trade-and-cooperation-agreement_de

Das Handels- und Kooperationsabkommen begründet unter anderem eine umfassende Wirtschaftspartnerschaft. Diese beruht im Kern auf einem Freihandelsabkommen, das weder Zölle noch Quoten vorsieht und damit bedeutende Handelshemmnisse abwendet. Eine solche Partnerschaft braucht aber auch gerechte Rahmenbedingungen. Deshalb haben beide Seiten weitreichende Regelungen vereinbart, um fairen Wettbewerb zu garantieren. Dies betrifft den Bereich der staatlichen Beihilfen ebenso wie Standards im Verbraucherschutz, Arbeitnehmerschutz, Umwelt- und Klimabereich. Die genauen Bestimmungen, die nun seit dem 1. Mai 2021 endgültig gelten, können Sie im Einzelnen auf den Internetseiten der jeweiligen Bundesministerien sowie der Europäischen Kommission einsehen.¹³¹

Einen kurzen tabellarischen Überblick finden Sie auch hier: https://ec.europa.eu/info/publications/eu-uk-trade-and-cooperation-agreement-new-relationship-big-changes-overview-consequences-and-benefits_de

¹²⁸ Siehe: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/recht/recht-kompakt-vereinigtes-koenigreich-621964>

¹²⁹ GTAI: „Recht kompakt Vereinigtes Königreich“, Okt. 2022, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/recht/recht-kompakt-vereinigtes-koenigreich-621964> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

¹³⁰ Europäische Kommission: „Das Handels- und Kooperationsabkommen zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich“, vgl.: https://ec.europa.eu/info/strategy/relations-non-eu-countries/relations-united-kingdom/eu-uk-trade-and-cooperation-agreement_de (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

¹³¹ Auswärtiges Amt: „Brexit: Das Handels- und Kooperations-abkommen ist am 1. Mai 2021 förmlich in Kraft getreten – was sind die Grundlagen der Beziehungen zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich?“, vgl.: <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/europa/erweiterung-nachbarschaft/Brexit/brexit-verhandlungen-wo-stehen-wir/2203744> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

4.3 Zoll- und Importinfos: eine erste Übersicht

GTAI hat eine Reihe von Artikeln zusammengestellt, die als Komplettpaket unter dem Titel „Zoll und Einfuhr kompakt - Vereinigtes Königreich (Großbritannien)“ abrufbar sind.¹³² Dort finden Sie nicht nur zahlreiche wertvolle Informationen, sondern auch die Kontaktdaten der GTAI-Zollexpertin. Eine Wiedergabe aller dieser Infos würde hier den Rahmen sprengen, deswegen möchten wir Ihnen die Titel der verschiedenen Artikel auflisten:

- Abgeschlossene Freihandelsabkommen
- Sonderstatus für Nordirland
- Brexit bedingte Übergangsfristen
- Zollverfahren und Wagenbegleitpapiere
- Besondere Zollverfahren
- Zollanmeldung und Vereinfachungen
- Zölle und Einfuhrabgaben
- Postsendungen und private Geschenksendungen
- Einfuhrverbote und Beschränkungen
- Standards und Normen
- Kennzeichnungsvorschriften für Lebensmittel
- Sanitär-epidemiologische-, Veterinär- und Phytosanitärkontrolle
- Ausfuhr aus der EU

Auch die IHK Schleswig-Holstein bietet eine ausführliche Sammlung von Informationen unter dem Titel „Brexit: Und jetzt?“.¹³³ Die neue Zollgrenze ist verbunden mit Zollanmeldungen für Ausfuhr und für Einfuhr, Stehzeiten für die Transportmittel, finanziellem Aufwand für die Erstellung der Warenbegleitpapiere und der Kalkulation des präferenziellen Ursprungs. Folgende Fragestellungen werden hier beantwortet:

1. Aktueller Stand / Handelsabkommen
2. Wie funktionieren Ausfuhren aus der EU in Richtung VK ab 2021?
3. Wie funktioniert die Einfuhr in das VK?
4. Kann ich mit meiner EORI-Nummer aus der EU noch nach Ablauf der Übergangsfrist im VK abfertigen?
5. Was gilt für Lieferungen aus der EU/Deutschland nach Nordirland und zurück?
6. Was gilt für Lieferungen nach Irland über Großbritannien – sind Zollanmeldungen erforderlich?
7. Was gilt bei der Einfuhr von Kleinsendungen / Sendungen mit geringem Wert? Gibt es hierfür eine Zollfreiheit / Einfuhrumsatzsteuerfreiheit?
8. Wie wird der Import aus dem VK in der EU ablaufen?
9. Wer ist verpflichtet, die Zollabfertigung in der EU und in GB durchzuführen?
10. Was passiert mit Dual-Use-Gütern / Exportkontrolle?
11. Welche Zölle werden anfallen?
12. Wie erfolgt die Abfertigung für Waren, die aus dem VK in die EU zurückgeholt werden?
13. Welche Auswirkungen hat das Abkommen auf (Langzeit-)Lieferantenerklärungen mit Präferenzursprungseigenschaft (LE / LLE)?
14. Ist der Warenverkehr mit dem VK durch das Handelsabkommen zollfrei? Welche präferenzrechtlichen Aspekte sind zu beachten? Können präferenzielle Ursprungserklärungen abgegeben werden?
15. Gilt die 1000 EUR-Grenze für Ausfuhranmeldungen auch bei Ausfuhren in das Vereinigte Königreich?
16. Gibt es für britische Ursprungswaren Änderungen im IHK-Ursprungszeugnis?
17. Kann ich für das VK ein Carnet ATA verwenden?
18. Wie ist die Umsatzsteuer betroffen?
19. Arbeitnehmerentsendungen in das Vereinigte Königreich
20. Ist das Vereinigte Königreich Teil der Europäischen Freihandelsassoziation (EFTA) oder des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR)?
21. Was passiert mit der CE-Kennzeichnung beim Export in das Vereinigte Königreich?
22. Was passiert mit der CE-Kennzeichnung britischer Unternehmen bei der Einfuhr in die EU?
23. Sind Besonderheiten bei Holzverpackungen zu beachten?
24. Gibt es Informationen zum Kent Access Permit (KAP) für Logistikdienstleister?

¹³² Siehe: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/zoll/zoll-und-einfuhr-kompakt-vereinigtes-koenigreich-grossbritannien--639602>

¹³³ IHK Schleswig-Holstein: „Brexit: Und jetzt?“, vgl.: <https://www.ihk.de/schleswig-holstein/international/brexit-4323162> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

- 25. Linkliste mit weiteren Informationen
- 26. Weitere Fragen?

Exporte nach Großbritannien: GB-EORI ja oder nein?

Eine EORI-Nummer (Economic Operators' Registration and Identification number/Nummer zur Registrierung und Identifizierung von Wirtschaftsbeteiligten) ist notwendig, um Zollanmeldungen abgeben zu können. Für den Warenhandel innerhalb der EU ist eine EORI-Nummer nicht erforderlich. Das ändert sich im Warenverkehr mit dem Vereinigten Königreich: Durch den Brexit werden Lieferungen nach Großbritannien zu Ausfuhren aus der EU. Die Briten haben den Namen „EORI“ beibehalten. Es wird also ab 2021 zwei verschiedene EORI-Nummern geben: eine EU-EORI wie bisher und eine britische EORI-Nummer, die mit GB beginnt.

Aber wer braucht eine britische EORI-Nummer? Deutsche Unternehmen brauchen **nur dann** eine GB-EORI-Nummer, wenn sie im Vereinigten Königreich Zollanmeldungen abgeben. Das kann beispielsweise der Fall sein, wenn sie als Lieferbedingungen DDP vereinbart haben oder sie eine Niederlassung oder Produktionsstandort im Vereinigten Königreich haben. Unternehmen ohne Niederlassung im Vereinigten Königreich benötigen einen Zollvertreter, der Zollanmeldung bei der britischen Zollbehörde HMRC einreicht.¹³⁴ **Unternehmen brauchen keine GB-EORI, wenn der Geschäftspartner in Großbritannien die Zollabwicklung übernimmt.**¹³⁵ Dies ist für deutsche Unternehmen der einfachere und kostensparendere Weg.

Britische Importeure müssen für eine Verzollung über eine „UK-EORI-Nummer“ verfügen oder sich (indirekt) von einem im Vereinigten Königreich ansässigen Zollagenten vertreten lassen. Europäische Exporteure sollten üblicherweise – wie auch im sonstigen Drittlandshandel gängig – nicht die Einfuhrverzollung im Drittland (Vereinigtes Königreich) übernehmen (**also möglichst keine DDP-Lieferungen vereinbaren**), da die administrativen Voraussetzungen regelmäßig nicht erfüllt sind. Soweit sich DDP bzw. die damit verbundene Einfuhrabwicklung durch den EU-Exporteur im Vereinigten Königreich nicht vermeiden lässt, finden Sie weitere Infos z.B. unter Fragestellung 9 des IHK-Links.¹³⁶

4.4 Interkulturelle Geschäftspraxis

Das Vereinigte Königreich ist einer der größten und wettbewerbsintensivsten Märkte der Welt. Als ein Land mit einem hohen Maß an ethnischer und kultureller Vielfalt ist das Vereinigte Königreich im Allgemeinen sehr offen und einladend gegenüber Expats. Wenn Sie jedoch in Großbritannien Geschäfte tätigen, ist es wichtig, sich mit den britischen kulturellen Normen und Geschäftsprinzipien vertraut zu machen. Viele interkulturelle Trainer, zahlreiche Business-Blogs schreiben über „Business with the Brits“ und sind sich in den folgenden Punkten einig:¹³⁷

Die Verwendung von Vornamen auch direkt zu Beginn einer Geschäftsbeziehung ist üblich. Im Zweifelsfall überlassen Sie es Ihrem britischen Geschäftspartner, die Initiative zu ergreifen. Trotzdem ist die Anrede mit dem Vornamen keine Einladung zum kumpelhaften Verhalten; ein höflicher und ggf. auch hierarchisch gesteuerter Umgang ist unabdinglich. Ein freundliches „Good to see you“ oder „How are you doing?“ sind eine angebrachte Begrüßung. Es ist nicht unüblich, dass Geschäftstreffen außerhalb des Büros stattfinden, in einem Restaurant oder Café. Auch Networking-Veranstaltungen, Messen und Konferenzen sind eine äußerst effektive Methode, um potenzielles Marktinteresse einzuschätzen. Komplett durchgetaktete To-Do-Listen und Projektpläne werden von den Briten eher durch pragmatische Lösungen und eine gute Portion „common sense“ abgelöst. Flexibilität ist hier das Zauberwort.

*Die Notwendigkeit, Ungewissheit zu vermeiden, führt in der deutschen Wirtschaft und Verwaltung zu einer Betonung von Methoden, Prozessen und Strukturen gegenüber der pragmatischeren und flexibleren Herangehensweise der Briten an Ergebnisse. Für die Briten ist gut, was funktioniert und nicht, was funktionieren sollte. Das bedeutet, dass sie auf Deutsche unorganisiert oder sogar chaotisch und unprofessionell wirken können, während Deutsche auf Briten unflexibel und bürokratisch wirken können.*¹³⁸

134 Die britische EORI-Nummer kann online beantragt werden: www.gov.uk/eori

135 GTA: „Brexit: Wann brauchen Unternehmen eine britische EORI-Nummer?“, Dez. 2020, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/zoll/brexit-wann-brauchen-unternehmen-eine-britische-eori-nummer-586562> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

136 IHK Schleswig-Holstein: „Brexit: Und jetzt?“, vgl.: <https://www.ihk.de/schleswig-holstein/international/brexit-4323162> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

137 Wir haben folgende zwei Artikel zu Rate gezogen: Switzerland Global Enterprise: „Fact Sheet: How to do business in the UK: A cultural guide“, Febr. 2019, vgl.: <https://www.s-ge.com/en/publication/fact-sheet/20184-c3-uk-cultural-guide> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023) und Philippsen, Susanne: „8 Interkulturelle Tipps für die Geschäftsbeziehungen zu Großbritannien“, Febr. 2019, vgl.: <https://www.onpulsion.de/39049/8-interkulturelle-tipps-fuer-die-geschaeftsbeziehungen-zu-grossbritannien/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

138 Zeitsprachen/Business Spotlight (Franklin, Peter): „Brits may appear chaotic to Germans“, Febr. 2019, vgl.: <https://www.business-spotlight.de/business-englisch-lesen/brits-may-appear-chaotic-germans> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Zurückhaltung und Höflichkeit sind zwei wertgeschätzte Eigenschaften: Titel und Erfolge werden, anders als oft in Deutschland, nicht an die große Glocke gehängt. Sich entschuldigen, sich bedanken – dies hört man im Vereinigten Königreich weitaus öfters, als in anderen Ländern, und es kann nicht schaden, dass Sie lieber einmal zu viel als zu wenig „thanks a lot“ oder das umgangssprachliche „cheers“ von sich geben. Die sehr direkte Kommunikationsart der Deutschen kann mitunter beleidigend wirken. „We want“ oder „you should...“ sollten Sie direkt aus Ihrem Vokabular streichen. Und ein für deutsche Ohren gut gemeintes „could you please?“ toppen Briten noch durch ein wesentlich höflicheres „I wonder, do you think you could...?“ oder „Would you mind“. Das heisst nicht, dass Briten keine Kritik äußern, sie tun es nur indirekt. Gehen Sie also nicht davon aus, dass Ihre Ideen gefallen, nur weil die Antwort positiv schien. Wenn Ihr britischer Kollege beispielsweise sagt „Perhaps...could be an interesting point“, bedeutet das, dass er wahrscheinlich nicht so begeistert von Ihrer Idee ist. Britische Höflichkeitsformeln wie „very helpful“ und „interesting“ können eine Absage zur Folge haben. Denn echte Begeisterung drücken Briten mit „excellent“ oder „brilliant“ aus.

Peter Franklin, Professor für Interkulturelle Wirtschafts- und Managementkommunikation, sieht die Zauberformel für die Kommunikation mit den Briten hierin: *Sie müssen sich nicht fragen: „Was hat diese Person gesagt?“ sondern "Was hat diese Person gemeint?"* und fährt fort: *„Eine solche Indirektheit muss interpretiert werden. Und das kann für viele Deutsche ein Problem sein, weil sie im Allgemeinen sagen, was sie meinen und meinen, was sie sagen. Da braucht man nicht zwischen den Zeilen zu lesen, weil es dort selten etwas zu lesen gibt.“*¹³⁹

Zurückhaltung und Höflichkeit gegenüber stehen, nicht konträr sondern ergänzend, Humor und eine gewisse „Feierlaune“. Briten kaschieren Emotionen gerne mit Humor, entschärfen damit Konflikte oder nutzen ihn als „Ice breaker“ bei Präsentationen. Berühmt wie berüchtigt ist der „schwarze Humor“, gerne begleitet von einer Portion Ironie. Wenn deutsche Geschäftspartner sich von Ihrer humorigen Seite zeigen, sammeln sie direkt Pluspunkte (aber Vorsicht, es ist dennoch stets Höflichkeit zu wahren). Auch die Pub-Kultur ist ein wesentlicher Bestandteil des britischen Lebens und es ist üblich, dass sich Kollegen nach der Arbeit im Pub treffen. Ein Angebot, noch auf ein Pint mitzugehen, sollten Sie durchaus annehmen und kann zum Aufbau von Beziehungen förderlich sein. Susanne Philippsen geht sogar so weit, den Briten eine gewisse karnevalistisch angehauchte Ader zuzuschreiben: „Der feinen englischen Art stehen britische Büroevents entgegen, die als wilde Motto-Partys zu jeder Jahreszeit eher an den rheinischen Karneval erinnern. Auch an „Crazy Socks Days“ peppen viele ihr Bürooutfit mit verrückten Socken auf. **Briten beherrschen den Spagat zwischen vornehmer Selbstdisziplin und ausgelassenem Feiern.**“



Abbildung 19: How to do Business in the UK

Quelle: Switzerland Global Enterprise

139 Zeitsprachen/Business Spotlight (Franklin, Peter): „Brits may appear chaotic to Germans“, Febr. 2019, vgl.: <https://www.business-spotlight.de/business-englisch-lesen/brits-may-appear-chaotic-germans> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

5. Marktakteure im Photoniksektor

5.1 Ministerien, Behörden, staatliche und private Institutionen, Hubs, Clusters, Universitäten und Verbände

Heute verfügt das Vereinigte Königreich über eine blühende akademische und industrielle Quantengemeinschaft. Im ganzen Land gibt es regionale Exzellenzzentren, vom National Quantum Computing Centre (NQCC) in Harwell über das National Physical Laboratory (NPL) in Teddington und das Fraunhofer Centre for Applied Photonics in Glasgow bis hin zu den vier von den Universitäten York, Birmingham, Glasgow und Oxford geleiteten Forschungszentren. Diese Zentren und ihre Gemeinschaften haben weitreichende Netzwerke aufgebaut, die Experten von Universitäten, nationalen Laboratorien und Industriepartnern zusammenbringen, um gemeinsam an Quantenwissenschaft und -technologien zu arbeiten. Dieses Ökosystem wird von anderen Ländern bewundert und nachgeahmt, da es ein lebendiges Kooperationsunternehmen aufgebaut hat, das großartige Forschung mit Umsetzung und Kommerzialisierung verbindet. Die nationalen Zentren für Quantenwissenschaften und -technologien haben seit Beginn des Programms viele Weltpremierer zu verzeichnen, wie z.B. die erste industrielle Demonstration eines Quantengravimeters (das in der Lage ist, unterirdische Objekte zu erfassen), die erste verschlüsselte Chip-zu-Chip-Übertragung von Quantenschlüsseln (QKD) und die Erzielung einer Weltrekordleistung beim Ionenfallen-Quantencomputing. Das Vereinigte Königreich gehört zu den fünf besten Ländern der Welt, wenn es um akademische Spitzenleistungen geht.¹⁴⁰

Torbay und South Devon verfügen über ein reiches Know-How im Bereich der Mikroelektronik. Die Region hat ein kontinuierliches Wachstum und eine konstante Entwicklung erlebt, was sie zu einem lukrativen Zentrum für Technologieunternehmen macht. Standard Telephones & Cables (STC) zog Mitte der 1950er Jahre an den Standort Long Road, Paignton. Das Unternehmen, das stets an der Spitze der Kommunikationstechnologie stand, beschäftigte 1999 in seiner heutigen Form als NORTEL über 5.000 Mitarbeiter. Das Unternehmen war während der Dot.com-Revolution, die durch einen entscheidenden Fortschritt in der Photonik ausgelöst wurde, nämlich den Wechsel von Kupferkabeln zur Glasfasertechnologie, ein wichtiger globaler Knotenpunkt. Heute bildet diese Technologie das Rückgrat der Datenautobahn, die das Internet antreibt, schnelles Videostreaming ermöglicht und dafür sorgt, dass alle unsere Smart-Device-Anwendungen rund um die Uhr funktionieren. Der künftige Bedarf an cloudbasierter Datenverarbeitung, dem Internet of Things und autonomen Fahrzeugen bedeutet, dass die Telekommunikation weiterwachsen wird. Die Datenmenge, die für eine sichere, fehlerfreie Navigation erforderlich ist, um den Einsatz autonomer Fahrzeuge auf unseren Autobahnen zu ermöglichen, wird ständige technologische Fortschritte erfordern.

¹⁴⁰ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1142942/national_quantum_strategy.pdf

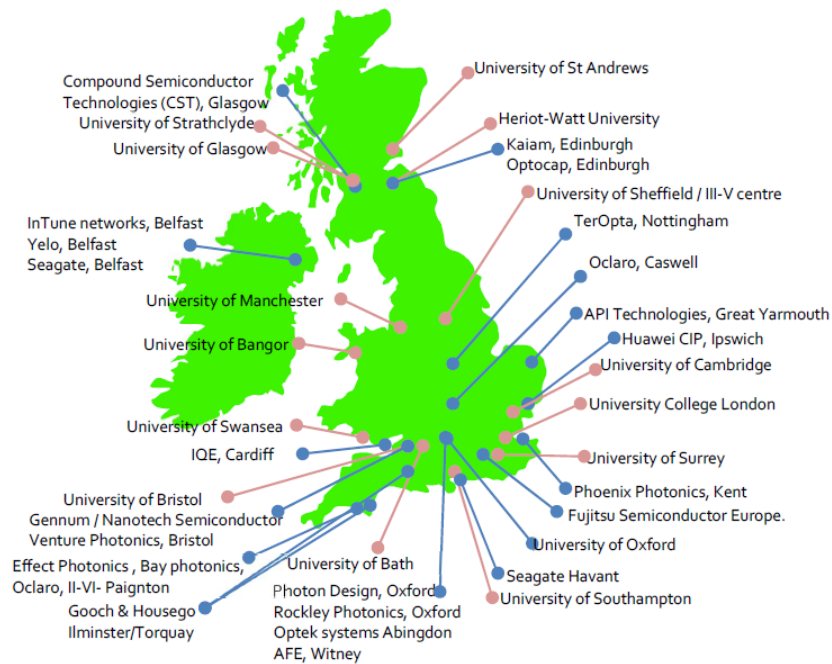


Abbildung 20: Verbreitung von Fachwissen im Bereich der optischen Kommunikation in UK

Quelle: Heart of the South West¹⁴¹

Auf dem alten STC-Gelände in der Long Road befindet sich jetzt das South Devon College, wo die heutigen Innovatoren in fantastischen neuen Einrichtungen in fantastischen neuen Einrichtungen wie dem neu eröffneten Hi-Tech and Digital Centre ausgebildet werden. Das College arbeitet mit lokalen Hightech-Unternehmen zusammen und führt auf den Sektor zugeschnittene Ausbildungsprogramme ein. Diese Zusammenarbeit hat entscheidend dazu beigetragen, außergewöhnliche junge Talente in der Region zu halten. Auf einem benachbarten Gelände wurde 2019 das Electronics & Photonics Innovation Centre (EPIC) eröffnet. Seit seiner Eröffnung im Jahr 2019 hat sich das Electronics and Photonics Innovation Centre (EPIC) zur Heimat einiger der erfolgreichsten Technologieunternehmen der Region entwickelt und nähert sich der Vollbelegung.¹⁴²

Darüber hinaus kann auch Schottland auf eine lange und herausragende Geschichte in diesem Bereich zurückblicken, in dem es sich seit über einem Jahrhundert auf einem weltweit wettbewerbsfähigen Markt behauptet und sich auf eine international anerkannte akademische Basis und ein florierendes Industriecluster stützt. Heute ist die schottische Photonik eine Milliarden-Pfund-Industrie, die über 4.000 hochwertige Arbeitsplätze in einer Reihe von vertikalen Sektoren bietet. In Schottland ist dadurch ein Sektor entstanden, der stark auf internationale Märkte ausgerichtet ist, wobei die meisten Unternehmen mehr als 85 % ihrer Produktion exportieren. Bei einigen Unternehmen des Sektors machen die internationalen Exporte sogar 100 % der Einnahmen aus. Die schottischen Unternehmen suchen in der Ferne nach talentierten Fachkräften mit spezifischen Kenntnissen, um den schottischen Qualifikationspool zu erweitern. Auch die internationale Zusammenarbeit ist von entscheidender Bedeutung: schottische Unternehmen und Universitäten waren in den letzten Jahren an europäischen Projekten im Wert von 334 Mio. Euro beteiligt. Schließlich hat der schottische Photonics-Sektor in den letzten 20 Jahren von bedeutenden ausländischen Direktinvestitionen profitiert und eine Reihe von multinationalen Unternehmen angesiedelt, die beträchtliches Kapital und Fähigkeiten nach Schottland gebracht haben.¹⁴³

Quantum Technology Hubs

Das NQTP-Konzept zur Kommerzialisierung von Quantentechnologien stützt sich auf vier Hubs, in deren Zentrum jeweils eine Universität steht und die breite Schwerpunktbereiche darstellen, in die das nationale Programm unterteilt

¹⁴¹ Heart of the South West: „Microelectronics and Photonics“, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/understanding-our-economy/microelectronics-and-photonics/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

¹⁴² EPIC CENTRE: „Torbay & The South West: Photonics and Microelectronics“, vgl.: <https://epic-centre.co.uk/wp-content/uploads/EPIC-Torbay-Hi-Tech-Cluster-2022.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

¹⁴³ Photonics Scotland: „Photonics In Scotland: A Vision for 2030“, vgl.: <https://photonics-scotland.com/wp-content/uploads/2020/07/scottishphotonics-paper-final.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

ist. Die Hubs wurden 2014 mit einer Investition der Regierung in Höhe von 214 Mio. £ eingerichtet: Kommunikation (University of York), Sensoren und Zeitmessung (University of Birmingham), verbesserte Bildgebung (University of Glasgow), Informatik (University of Oxford). Die Zentren fungieren als Motor für die Quantenambitionen des Vereinigten Königreichs, indem sie die Wissenschaft der Quantentechnologien mit Ideen für ihre Kommerzialisierung verknüpfen und den Weg zum Markt ebnen. Jedes Zentrum bringt Experten von Universitäten, nationalen Laboratorien, Geschäftsentwicklungs- und Industriepartnern zusammen, um eine vorgeschlagene Entwicklung zu lenken. Das Ergebnis dieser organisierten Zusammenarbeit zur Erreichung klarer kommerzieller Ziele ist die wichtigste Grundlage für die britische Quantengemeinschaft und den entstehenden Industriesektor.¹⁴⁴

Quantum Computing and Simulation Hub (QCS)

Die Aufgabe des QCS-Hubs besteht darin, den Fortschritt in der Quanteninformatik zu beschleunigen, um sicherzustellen, dass das Vereinigte Königreich eine führende Rolle in der entstehenden globalen Quanteninformationswirtschaft einnimmt und behält. Die Forschungsarbeiten erstrecken sich über die gesamte Bandbreite von Hardware und Software, von Kerntechnologien bis hin zu potenziellen Anwendungen für kurzfristige und langfristige Ansätze. Mit seinem Ökosystem steht es an vorderster Front beim Bau des weltweit führenden Quantencomputer-Demonstrators, der das Potenzial hat, Antworten auf eine Vielzahl von Fragen aus der Praxis zu liefern - etwa wie die Entwicklung neuer Medikamente und Materialien beschleunigt werden kann oder wie eine sichere Kommunikation zwischen vielen Parteien gewährleistet werden kann.¹⁴⁵

Quantum Communications Hub

Das Zentrum für Quantenkommunikation zielt darauf ab, zukunftssichere, praktische und sichere Kommunikation mit Kommerzialisierungspotenzial zu liefern, indem bestehende Prototypen sicherer Quantentechnologien über ihre derzeitigen Grenzen hinaus entwickelt werden; auf diese Weise soll ein Beitrag zur Etablierung von Industrien für Quantenkommunikationstechnologie im Vereinigten Königreich geleistet und deren zukünftige Expansion, Wettbewerbsfähigkeit, Diversifizierung und Nachhaltigkeit gefördert werden. Der Schwerpunkt des Zentrums liegt in erster Linie auf technologischen Anwendungen, die auf der Verteilung von Quantenschlüsseln (QKD) beruhen - einer ausgereiften Quantentechnologie, die eine hochsichere Verteilung von Verschlüsselungsschlüsseln ermöglicht und als besonders vielversprechend für eine frühe Kommerzialisierung angesehen wird.¹⁴⁶

UK Quantum Technology Sensoren und Timing Hub

Das UK Quantum Technology Sensors and Timing Hub zielt darauf ab, eine Reihe von Quantensensor- und Messtechnologien zu entwickeln, die für die Kommerzialisierung durch britische Unternehmen reif sind, und will darüber hinaus Menschen ausbilden, die in der britischen Quantentechnologiegemeinschaft arbeiten.

Quantensensoren haben das Potenzial, billiger, leichter, kleiner, empfindlicher und energieeffizienter zu sein als bestehende klassische Sensoren. Fortschritte in diesem Bereich finden in allen Bereichen Anwendung, von der Gesundheitsfürsorge über die Navigation bis hin zur Archäologie und allem, was dazwischen liegt.¹⁴⁷

QuantIC - Das britische Zentrum für Quantentechnologie im Bereich Quantum Enhanced Imaging

Die Vision von QuantIC ist es, eine Familie von multidimensionalen Kameras zu entwickeln, die über eine Reihe von Wellenlängen, Zeit- und Längenskalen hinweg arbeiten und eine neue industrielle Landschaft für Bildgebungssysteme und ihre Anwendungen in Großbritannien schaffen. Zu den Anwendungen von Quantenkameras gehören die Visualisierung von Gaslecks, das Sehen durch Rauch hindurch und sogar der Blick um Ecken oder unter die Haut. Quantic bringt Industrie und Wissenschaft in einem Gemeinschaftsprojekt zusammen, um die Bildgebung in Industrie, Wissenschaft und Verbrauchermärkten zu revolutionieren. Quantic wurde 2014 gegründet und ist einer von vier Hubs, die Teil des 1 Mrd. £ schweren nationalen Quantentechnologieprogramms der Regierung sind, das eingerichtet wurde, um das Potenzial der Quantenwissenschaft auszuschöpfen und eine Reihe neuer Technologien zu entwickeln.¹⁴⁸

Nationales Zentrum für Quantencomputer

Das National Quantum Computing Centre (NQCC) ist eine neue, vom UKRI finanzierte Forschungseinrichtung, die sich

144 Vgl.: <https://uknqt.ukri.org/our-programme/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

145 Vgl.: <https://uknqt.ukri.org/our-programme/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

146 Vgl.: <https://uknqt.ukri.org/our-programme/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

147 Vgl.: <https://uknqt.ukri.org/our-programme/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

148 Vgl.: <https://www.quantum.ac.uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

der Beschleunigung der Entwicklung von Quantencomputern widmet, indem sie die Herausforderungen der Skalierbarkeit angeht. In Zusammenarbeit mit Partnern aus der Industrie, der Regierung und der Forschungsgemeinschaft wird das NQCC durch die Koordinierung und Durchführung eines technischen Programms sowie durch die Inbetriebnahme und den Betrieb neuer Einrichtungen die erforderlichen FuE-Kapazitäten schaffen.

Das Programm wird gesicherte Kapazitäten im Bereich der Quanteninformatik schaffen, die es dem Vereinigten Königreich ermöglichen, international wettbewerbsfähig zu bleiben. Das Zentrum wird seinen Sitz in einer eigens dafür errichteten Anlage auf dem Campus des Rutherford Appleton Laboratory des STFC in Oxfordshire haben, die im Jahr 2023 fertiggestellt werden soll.¹⁴⁹

Das Institut für Quantenmetrologie am NPL

Das Quantenmetrologie-Institut (QMI) am National Physical Laboratory (NPL) wurde 2015 als Teil der ersten Phase des NQTP gegründet. Das QMI bündelt alle Fähigkeiten des NPL in den Bereichen Wissenschaft, Metrologie und Großanlagen, die für das Verständnis, die Entwicklung und den Test von Quantentechnologien relevant sind. Das QMI ist ein nationales Test- und Evaluierungszentrum, das die Kommerzialisierung von Quantentechnologien beschleunigt. Die Teams des NPL arbeiten mit Partnern aus der Industrie und dem akademischen Bereich im ganzen Land zusammen und konzentrieren sich auf verschiedene wissenschaftliche Bereiche wie Quantenuhren, Quantenkommunikation, Quantencomputer, Quantensensoren und Quantenmaterialien. Es stehen Einrichtungen für die Prüfung und Charakterisierung von Materialien, Komponenten und Systemen aus allen Technologiebereichen zur Verfügung. Das NPL bietet der Industrie Zugang zu diesen Einrichtungen und Möglichkeiten zur Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Ingenieuren des NPL, um Hindernisse für Innovation, Zuverlässigkeit und Skalierung von Quantensystemen zu beseitigen. Um diese nationalen Kapazitäten zur Unterstützung der Quantenwirtschaft zu erweitern, wurde eine neue Einrichtung - das Advanced Quantum Metrology Laboratory (AQML) - am NPL-Standort Teddington errichtet. Mit dem AQML verfügt das NPL über noch größere Kapazitäten, um das Vereinigte Königreich bei der erfolgreichen Kommerzialisierung und Einführung von Quantentechnologien zu unterstützen.¹⁵⁰

SPEQTRE (Space Photon Entanglement Quantum Technology Readiness Experiment)

Im Rahmen der 10-Mio.-£-Initiative zwischen dem Vereinigten Königreich und Singapur soll ein Teststand für die Quantenschlüsselverteilung (QKD) über Satellit gebaut und geflogen werden. Singapur und das Vereinigte Königreich werden gemeinsam einen Satelliten auf der Grundlage des CubeSat-Standards entwickeln, der die QKD-Technologie nutzen wird, um die sichere Verteilung kryptografischer Schlüssel über weltumspannende Entfernungen zu testen. SPEQTRE besteht aus einem Weltraum- und einem Bodensegment. Es umfasst einen Sender und Empfänger für verschränkte Photonen (entwickelt von Singapur) sowie eine optische Nutzlast und eine Bodenstation (entwickelt von Großbritannien). Das britische Element wird ein Missionsdesign und eine Infrastruktur liefern, die den britischen Quantentechnologien ein attraktives Risiko/Kosten-Verhältnis für die Demonstration im Weltraum bieten.¹⁵¹

Photonics Leadership Group (PLG)

Die Photonics Leadership Group sammelt und verbreitet Beiträge aus dem gesamten Spektrum der britischen Photonikindustrie, um Regierungen, Support-Agenturen, Benutzern und Entwicklern von Photonik fachkundige Anleitungen zu geben, um Möglichkeiten zur Maximierung des Wachstums und der Einführung dieser Schlüsseltechnologie aufzuzeigen. Vertreter von über 63 Organisationen engagieren sich aktiv für die PLG aus ganz Großbritannien. Die teilnehmenden Unternehmen sind direkt für mehr als 22 % des Umsatzes und der Beschäftigung in der britischen Photonikbranche verantwortlich. Das Engagement weiterer regionaler Cluster und Vereine sorgt für eine noch breitere Vertretung. Alle großen britischen Agenturen für Innovation und Unternehmensförderung sind engagiert und schätzen die Ergebnisse und Diskussionen der PLG.¹⁵²

Photonics Scotland

Photonics Scotland ist eine Community für alle Photonik- und Photonik-fähigen Organisationen in Schottland. Wir sind die zentrale Anlaufstelle für den Sektor und ein vertrauenswürdiger Partner für unsere Mitglieder, der es uns ermöglicht, ihre Ansichten gegenüber einer Reihe wichtiger Interessengruppen zu vertreten. Wir fördern auch einen kohärenten Sektor, indem wir eine Reihe von Veranstaltungen, Arbeitsgruppen und Networking-Möglichkeiten anbieten, die dazu

149 Vgl.: <https://uknqt.ukri.org/our-programme/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

150 Vgl.: <https://uknqt.ukri.org/our-programme/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

151 Vgl.: <https://uknqt.ukri.org/our-programme/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

152 Vgl.: <https://photonicsuk.org/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

beitragen, die Zusammenarbeit zwischen industriellen und akademischen Partnern voranzutreiben. Letztendlich sind unsere Ziele einfach: das Profil des Sektors zu schärfen, zum Wachstum dieses florierenden Clusters beizutragen und Innovationen in der Photonik in Schottland voranzutreiben. Photonics Scotland ist ein Netzwerk, das von Technology Scotland, dem Handelsverband für Enabling Technologies in Schottland, verwaltet wird.¹⁵³

Fraunhofer Centre for Applied Photonics, UK

Das Fraunhofer CAP ist ein weltweit führendes Zentrum auf dem Gebiet der angewandten Laserforschung und -entwicklung. Es entwickelt Laser und optische Systeme für Anwendungen wie Energie, Sicherheit, Umwelt, Sensorik, Weltraum, Biowissenschaften und Quantentechnologien. Die Kernkompetenzen des Fraunhofer CAP reichen von der angewandten Forschung und Entwicklung über Design, Test und Charakterisierung von Systemen und Modulen bis hin zum Bau von Vorserien-Prototypen. Unser Hauptziel ist es, industriegetriebene Forschung durchzuführen, um neue oder verbesserte Produkte und Prozesse für Industriepartner zu ermöglichen. Photonik und optische Technologien sind Schlüsseltechnologien, die eine Vielzahl von Märkten adressieren.¹⁵⁴

Electronics and Photonics Innovation Centre (EPIC) und Hi-Tech Cluster

Torbay und South Devon sind mit einer Ansammlung von High-Tech-Unternehmen gesegnet, die sich auf F&E, Produktdesign und Fertigung in den Bereichen Photonik und Mikroelektronik konzentrieren. Weltweit führende Technologieunternehmen wie Lumentum, Gooch & Housego, Spirent, Queensgate (Prior Scientific), Effect Photonics und II-IV Photonics haben alle ihren Sitz in Torbay. Diese Unternehmen engagieren sich für umfangreiche laufende Investitionen in der Region. Daneben gibt es andere spezialisierte Unternehmen für die Verpackung von integrierten Schaltungen (PIC) für Photonik, wie Bay Photonics und andere High-Tech-Fertigungsunternehmen. Dies hat den Ruf von Torbay als einer der wichtigsten Standorte in Großbritannien für fortgeschrittene Elektronik, insbesondere Photonik, Wissen und Expertise gefestigt. Die Ziele des Clusters sind klar, das Wachstum der Technologiebranche in der Region zu unterstützen und sicherzustellen, dass der Qualifikationsbedarf dieser Unternehmen durch die Zusammenarbeit mit diesen akademischen Partnern gedeckt wird.¹⁵⁵

Universität Exeter

Die Universität Exeter kann Unternehmen dabei helfen, innovativ zu sein, zu wachsen oder neue Märkte zu erschließen. Ihre erstklassige Forschung ermöglicht die Entwicklung neuer photonischer und mikroelektronischer Produkte und erlaubt den Zugang zu den neuesten Technologien, um dies zu unterstützen. Die Universität bietet verschiedene Förderprogramme an, die von £2.000 bis £40.000 reichen.¹⁵⁶

Universität Plymouth

Die Universität hilft Unternehmen bei der Suche nach innovativen Lösungen, indem sie an gemeinsamen F&E-Projekten mitarbeitet und Zugang zu ihren Innovationszentren und ihrem akademischen Fachwissen bietet. Das Elektronenmikroskopiezentrum bietet fachkundigen, lokalen Zugang zu Bildungs- und Analyseinstrumenten und unterstützt neue Produkttests.¹⁵⁷

UK Government - Department for Science, Innovation & Technology

Neben allgemeinen Aufgaben, die sich vor allem um Innovation drehen, sind auch folgende Verantwortlichkeiten aufgelistet:

- Positionierung des Vereinigten Königreichs an der Spitze des weltweiten wissenschaftlichen und technologischen Fortschritts
- Förderung von Innovationen, die das Leben verändern und das Wirtschaftswachstum unterstützen
- Bereitstellung von Talentprogrammen, physischer und digitaler Infrastruktur und Regulierung zur Unterstützung unserer Wirtschaft, Sicherheit und öffentlichen Dienste
- F&E-Finanzierung

153 Vgl.: <https://photonicscotland.com/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

154 Vgl.: <https://www.cap.fraunhofer.co.uk> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

155 Vgl.: <https://epic-centre.co.uk/hi-tech-cluster/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

156 Vgl.: <https://www.exeter.ac.uk/study/undergraduate/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

157 Vgl.: <https://www.plymouth.ac.uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

5.2 Messen und Media

SPIE Photonex

25.-26. Oktober 2023, Glasgow – UK

<https://spie.org/conferences-and-exhibitions/phonex>

Die Photonex ist die wichtigste Veranstaltung im britischen Photonik-Kalender, und keine andere Veranstaltung dieser Art deckt so viele Disziplinen und Branchen ab. Hier können Sie sich mit Vertretern führender Unternehmen austauschen, sich über die neuesten Produkte informieren, die auf den Markt kommen, und Ressourcen finden, die Sie bei Ihrer Arbeit unterstützen. Was die Aussteller präsentieren werden:

- Angewandte Photonik-Ausrüstung
- Komponenten und Instrumentierung
- Fachwissen und Beratungsdienste
- Faseroptik
- Bildgebung
- Laser und Lasersysteme
- Werkstoffe
- Optomechanische Geräte und Ausrüstungen
- Quantentechnologien
- Sensoren und Detektoren
- Spektroskopie
- Vakuumkomponenten und -instrumente
- Vakuum-Beschichtungssysteme
- Vakuumausrüstung und -kammern

Photon

2024 UK

<https://www.photon.org.uk/proposals-to-host-photon-2024>

Photon 2022 ist die elfte Konferenz in einer Reihe von Konferenzen über Optik und Photonik, die seit 2002 alle zwei Jahre stattfindet. Im Jahr 2022 wurde die Konferenz persönlich abgehalten, wobei die Möglichkeit bestand, die Vorträge per Live-Online-Streaming zu verfolgen. Während der Veranstaltung hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, Vorträge von führenden Experten auf diesem Gebiet zu hören und die Ausstellung zu besuchen, die die neuesten Entwicklungen in der Optik- und Photonentechnologie präsentierte. Das Programm umfasste Plenarvorträge und Vorlesungen, aber auch Beiträge und Posterkonferenzen. Es gab auch reichlich Gelegenheit, Kontakte zu knüpfen und die Zusammenarbeit mit Kollegen zu erkunden. Im Jahr 2024 wird sich die IOP-Gruppe Verbrennungsphysik anderen IOP-Gruppen anschließen, darunter Umweltpophysik, Instrumenten- und Wissenschaftstechnologie, Optik, Quantenelektronik und Photonik, Quantenoptik, Quanteninformation und -kontrolle sowie Medizinphysik, um weitere Themen zusammenzubringen. Die Organisatoren sind derzeit auf der Suche nach einem Ort im Vereinigten Königreich, an dem die nächste Photon-Konferenz im Jahr 2024 stattfinden soll. Die Konferenz wird von den IOP-Gruppen Combustion, Environmental, Optical, Quantum Electronics and Photonics, Instrument Science and Technology und Quantum Optics, Quantum Information and Quantum Control organisiert. Der bevorzugte Termin für die Konferenz ist Anfang September, aber auch Ende August wäre denkbar.

ECOC EXHIBITION 2023

2.-4. Oktober 2023, Sec Glasgow, Scotland

<https://www.ecocexhibition.com/>

Die ECOC ist eine der führenden Konferenzen im Bereich der optischen Kommunikation und zieht Wissenschaftler und Forscher aus der ganzen Welt an. Die ECOC findet in der historischen und pulsierenden Stadt Glasgow statt und präsentiert die neuesten Spitzenentwicklungen in der optischen Kommunikation sowie ein aufregendes

Rahmenprogramm, das den Teilnehmern die Möglichkeit bietet, Kontakte zu knüpfen und Ideen auszutauschen. Parallel zur wissenschaftlichen Konferenz bietet die ECOC-Ausstellung eine breite Palette von Produkten und Dienstleistungen im Bereich der optischen Kommunikation. Viele führende Namen in Wissenschaft und Technik haben eine Verbindung zu Schottland, darunter die Pioniere der Elektromagnetik und Optik James Clerk Maxwell und David Brewster sowie Lord Kelvin, Alexander Graham Bell und John Logie Baird.

9. Internationale Konferenz Polymer Replication on Nanoscale

01.06-02.06.2023 - Aachen

www.ipt.fraunhofer.de/de/termine/konferenzseminare/prn23.html

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT organisiert am 1. und 2. Juni 2023 die neunte internationale Konferenz "Polymer Replication on Nanoscale" in Aachen. Die Konferenzreihe befasst sich mit Verfahren zur effizienteren Fertigung funktioneller nanostrukturierter Oberflächen und stellt Lösungswege vor. Die Veranstaltung wird bereits seit 2014 an wechselnden Forschungsstandorten in Dänemark, der Schweiz und Deutschland ausgerichtet. Das Programm umfasst neben Plenarvorträgen auch eine Anzahl wissenschaftlicher Beiträge und Poster, die im Rahmen des Call-for-Paper-Auswahlverfahrens bestimmt werden. Eingefasst wird die zweitägige Veranstaltung durch ein Rahmenprogramm aus Führungen und einem abendlichen Networking-Event. Die Konferenz bietet Vorträge rund um die großflächige Replikation von Mikro- und Nanostrukturen in Polymerwerkstoffen.

World of Photonics Congress

25.-30. Juni 2023 - Messe München

www.photonics-congress.com/en/

World of Photonics Congress präsentiert die neuesten Anwendungen und Technologien der Photonicbranche. Dieser internationale Kongress bietet einen Überblick über die komplette Bandbreite der Photonikbranche. Darüber hinaus können sich die Besucher auf Fachkonferenzen und das Laser-Technologie-Forum freuen, das Industrie Know-how internationaler Experten bereitstellt.

LASER World of PHOTONICS

27.-30. Juni 2023 - Messe München

11.-13. Juli 2023 – Shanghai, China

13.-15. September – Bengaluru, India

www.world-of-photonics.com/de/

Auf der Laser World of Photonics kommen internationale Industrieunternehmen und Wissenschaftler zum Laser- und Photonik-Treffpunkt Nr. 1 zusammen. Konsequente Praxisorientierung macht dabei den Unterschied: Technologie wird in direkter Kombination mit industriellen Anwendungsfeldern für die verschiedensten Branchen und Einsatzgebiete präsentiert. Insgesamt begrüßten die Veranstalter an den 4 Messetagen, vom 26. Juni bis 29. April 2022, rund 906 Aussteller aus 32 Ländern und 14.938 Besucher aus 71 Ländern auf der Laser World of Photonics in München.

CHINA INTERNATIONAL OPTOELECTRONIC EXPOSITION - CIOE 2023

06.-09. September 2023, Shenzhen – China

www.cioe.cn/en/

Die CIOE findet 2023 bereits zum 24. Mal statt und wird nach einer COVID-bedingten Verschiebung in 2023 erneut im neuen Shenzhen World Convention & Exhibition Center ausgerichtet. Die CIOE gehört zu den weltweit größten Messen im Bereich der Optoelektronik. Die Nachfrage nach High-Tech-Lösungen ist in China stark gestiegen, insbesondere in den Bereichen der optischen Nachrichtenübertragung, Lasertechnologie, Infrarottechnik und für Produktionstechnik von optischen Komponenten und Systemen, so dass die Bundesrepublik Deutschland auch in diesem Jahr wieder mit einem Gemeinschaftsstand deutscher Unternehmen auf der CIOE ausstellen wird.

SPIE Photonics Europe Straßburg

07.-11.04.2024, Straßburg - Frankreich

www.spie.org/conferences-and-exhibitions/photonics-europe

Die SPIE Photonics Europe ist eine internationale Konferenz und Ausstellung, die sich den Anwendungsmöglichkeiten der Photonik widmet. Auf ihr treffen potentielle Kunden, renommierte Wissenschaftler und Fachleute der Branche auf Vertreter von Photonik-Anbietern, Regierungsbehörden und Wissenschaftsorganisationen aus aller Welt.

MEDICA 2023

13.-16. November 2023, Düsseldorf

www.medica.de

Die MEDICA ist die größte Veranstaltung für die Medizinbranche weltweit. Schon seit über 40 Jahren ist sie eine feste Größe im Kalender aller Experten. Die einmalige Stellung der MEDICA lässt sich an vielen Merkmalen messen: Zum einen ist die Veranstaltung die weltweit größte Medizinmesse überhaupt – mit mehr als 5.200 Ausstellern aus 66 Nationen in 17 Messehallen! Außerdem würdigen jedes Jahr herausragende Persönlichkeiten aus Wirtschaft, Forschung und Politik das erstklassige Event mit ihrer Anwesenheit – selbstverständlich neben zehntausenden nationalen und internationalen Experten und Entscheidern aus der Branche wie Sie als Fachbesucher. In Düsseldorf erwartet Sie neben einer allumfassenden Ausstellung auch ein anspruchsvolles Programm, welche gemeinsam das komplette Neuheitenspektrum für die ambulante und klinische Versorgung abbilden.

6. Quellenverzeichnis

Auswärtiges Amt: „*Germany and the United Kingdom: Bilateral relations*“, März 2023, vgl.: <https://www.auswaertiges-amt.de/en/aussepolitik/laenderinformationen/grossbritannien-node/united-kingdom/218892> (Zuletzt aufgerufen am 12.04.2023)

BBC: „*What impact has Brexit had on the UK economy?*“, Jan. 2023, vgl.: <https://www.bbc.com/news/business-64450882> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Auswärtiges Amt: „*Brexit: Das Handels- und Kooperations-abkommen ist am 1. Mai 2021 förmlich in Kraft getreten – was sind die Grundlagen der Beziehungen zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich?*“, vgl.: <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussepolitik/europa/erweiterung-nachbarschaft/Brexit/brexit-verhandlungen-wostehen-wir/2203744> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

BCG Analysis: „*What Happens When ‘If’ Turns to ‘When’ in Quantum Computing?*“, Juli 2021, vgl.: <https://www.bcg.com/publications/2021/building-quantum-advantage> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

BioScience Today: „*Photonics: shining a light on the future of healthcare*“, vgl.: <https://www.biosciencetoday.co.uk/photonics-shining-a-light-on-the-future-of-healthcare/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Calipsa: „*UK CCTV and crime prevention statistics: your FAQs answered*“, März 2022, vgl.: <https://www.calipsa.io/blog/cctv-statistics-in-the-uk-your-questions-answered> (Zuletzt aufgerufen am 22.04.2023)

Clarion: „*How many CCTV cameras are in London?*“, 2022, vgl.: <https://clarionuk.com/resources/how-many-cctv-cameras-are-in-london/> (Zuletzt aufgerufen am 22.04.2023)

Deloitte: „*Future of the UK Mobile and Wider Communications Value Chain*“, Febr. 2022, vgl.: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/financial-advisory/deloitte-uk-future-of-the-uk-mobile-value-chain-feb-2022.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Department for Digital, Culture, Media & Sport: „*Wireless Infrastructure Strategy: call for evidence*“, Nov. 2021, vgl.: <https://www.gov.uk/government/consultations/wireless-infrastructure-strategy-call-for-evidence/wireless-infrastructure-strategy-call-for-evidence> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Department of Health & Social Care: „*Medical Technology Strategy*“, 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1134006/medical-technology-strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 14.04.2023)

Department for Science, Innovation & Technology: „*National Quantum Strategy*“, März 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1142942/national_quantum_strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Department for International Trade: „*Trade & Investment Factsheets: Germany*“, 28. März 2023, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1098357/germany-trade-and-investment-factsheet-2022-08-19.pdf (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023; Nächstes Update erhältlich ab Ende April unter demselben Link)

Department for International Trade: „*High Potential Opportunity Photonics and Microelectronics*“, April 2019, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/wp-content/uploads/2020/03/HPO-Photonics-Proposition-v5.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Economics Observatory: „*Can the UK’s digital infrastructure continue to cope with rising demand?*“, Juni 2021, vgl.

<https://www.economicsobservatory.com/can-the-uks-digital-infrastructure-continue-to-cope-with-rising-demand>
(Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

EPIC-CENTRE UK: „*Hi-Tech Cluster*“, vgl.: <https://epic-centre.co.uk/hi-tech-cluster/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

EPIC CENTRE: „*Torbay & The South West: Photonics and Microelectronics*“, vgl.: <https://epic-centre.co.uk/wp-content/uploads/EPIC-Torbay-Hi-Tech-Cluster-2022.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Europäische Kommission: „*Das Handels- und Kooperationsabkommen zwischen der EU und dem Vereinigten Königreich*“, vgl.: https://ec.europa.eu/info/strategy/relations-non-eu-countries/relations-united-kingdom/eu-uk-trade-and-cooperation-agreement_de (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

European Commission: „*Market study on telemedicine*“, Okt. 2018, vgl.: https://health.ec.europa.eu/system/files/2019-08/2018_provision_marketstudy_telemedicine_en_0.pdf (Zuletzt aufgerufen am 14.04.2023)

Frontier Economics: „*UK Mobile Market Dynamics – A report for DCMS*“, Juli 2018, vgl.: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/728816/Frontier_report_on_Mobile_Market_Dynamics.pdf (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Future Hub: „*Rebuilding the UK telecommunications industry*“, vgl.: <https://www.photonicshubuk.org/rebuilding-the-uk-telecommunications-industry/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

GOV.UK (Speech): „*Covid and the UK Economy - Speech by Clare Lombardelli, Chief Economic Advisor, HM Treasury*“, Juni 2022, vgl.: <https://www.gov.uk/government/speeches/covid-and-the-uk-economy-speech-by-clare-lombardelli-chief-economic-advisor-hm-treasury> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

GOV.UK: „*Photonics spin-out to defend against battlefield laser threats awarded funding*“, März 2021, vgl.: <https://www.gov.uk/government/news/photonics-spin-out-to-defend-against-battlefield-laser-threats-awarded-funding>
(Zuletzt aufgerufen am 22.04.2023)

GOV.UK: „*Medical technology strategy*“, Febr. 2023, vgl.: <https://www.gov.uk/government/publications/medical-technology-strategy/medical-technology-strategy#:~:text=The%20UK%20medtech%20industry%20has,138%2C100%20UK%20jobs> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

GOV.UK: „*National statistics. MOD Departmental resources: 2022*“, Dez. 2022, vgl.: <https://www.gov.uk/government/statistics/defence-departmental-resources-2022/mod-departmental-resources-2022>
(Zuletzt aufgerufen am 23.04.2023)

Great Britain and Northern Ireland, Department for business & trade: „*Photonics in the South West*“, vgl.: <https://www.great.gov.uk/international/content/investment/opportunities/photonics-in-the-south-west/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

GTAI (Lehnfeld, Marc): „*Britischer Wirtschaftsstandort trotz Post-Brexit-Nebel attraktiv*“, Dez. 2022, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/wirtschaftsumfeld/britischer-wirtschaftsstandort-trotz-post-brexit-nebel-attraktiv-245008> (Zuletzt aufgerufen am 12.04.2023)

GTAI: „*Recht kompakt Vereinigtes Königreich*“, Okt. 2022, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/recht/recht-kompakt-vereinigtes-koenigreich-621964> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

GTAI: „*Beyond Brexit*“, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/specials/special-brexit> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

GTAI: „*Quo vadis United Kingdom?*“, März 2022, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/specials/quo-vadis-united-kingdom--780764> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

GTAI: „*Zoll und Einfuhr kompakt - Vereinigtes Königreich (Großbritannien)*“, April 2021, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/zoll/zoll-und-einfuhr-kompakt-vereinigtes-koenigreich-grossbritannien--639602> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

GTAI: „*Brexit: Wann brauchen Unternehmen eine britische EORI-Nummer?*“, Dez. 2020, vgl.: <https://www.gtai.de/de/trade/vereinigtes-koenigreich/zoll/brexit-wann-brauchen-unternehmen-eine-britische-eori-nummer--586562> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

HealthTechWorld: „*Innovation at the heart of UK medtech strategy*“, Feb. 2023, vgl.: <https://www.htworld.co.uk/news/medtech/innovation-at-the-heart-of-uk-medtech-strategy-hg22/> (Zuletzt aufgerufen am 16.04.2023)

Heart of the South West: „*Microelectronics and Photonics*“, vgl.: <https://heartofswlep.co.uk/understanding-our-economy/microelectronics-and-photonics/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Huawei: „*Research & Innovation*“, vgl.: <https://www.huawei.com/uk/corporate-information/research-development> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

IHK Schleswig-Holstein: „*Brexit: Und jetzt?*“, vgl.: <https://www.ihk.de/schleswig-holstein/international/brexit-4323162> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

LASER FOCUS WORLD: „*Photonics business roundup: August 2022*“, Sept. 2022, vgl.: <https://www.laserfocusworld.com/executive-forum/article/14282127/photonics-business-roundup-august-2022> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Novus Light: „*Laser World of Photonics 2022: Into the future of mobility with photonics*“, März 2022, vgl.: https://www.novuslight.com/laser-world-of-photonics-2022-into-the-future-of-mobility-with-photon_N12276.html (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

OECD: „*United Kingdom Economic Snapshot*“, August 2022, vgl.: <https://www.oecd.org/economy/united-kingdom-economic-snapshot/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Ofcom: „*Mobile Strategy – Terms of Reference*“, Mai 2021, vgl.: https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0021/218811/terms-of-reference-mobile-strategy.pdf (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Open Access Government: „*What has been the impact of Brexit on the UK economy?*“, März 2023, vgl.: <https://www.openaccessgovernment.org/article/impact-brexit-uk-economy-covid-19-ukraine-war/154378/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Philippsen, Susanne: „*8 Interkulturelle Tipps für die Geschäftsbeziehungen zu Großbritannien*“, Febr. 2019, vgl.: <https://www.onpulsion.de/39049/8-interkulturelle-tipps-fuer-die-geschaeftsbeziehungen-zu-grossbritannien/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Photonics²¹: „*New Horizons: Securing Europe’s technological sovereignty through Photonics*“, vgl.: <https://www.photonics21.org/download/ppp-services/photonics-downloads/Photonics-SRIA-final-version.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Photonics Leadership Group: „*UK Photonics 2035: The Vision*“, vgl.: <https://photonicsuk.org/uk-photonics-2035-the-vision> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Photonics Leadership Group: „*Future growth opportunities*“, vgl.: <https://photonicsuk.org/revolutionising-our-world/future-growth> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Photonics Leadership Group: „*UK Photonics: Future Growth Opportunity Roadmap*“, vgl.: <https://photonicsuk.org/wp-content/uploads/2015/06/uk-photonics-future-growth1.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

Photonics Scotland: „*Photonics in Scotland*“ vgl.: <https://photonicscotland.com/about-photonics-in-scotland/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Photonics Scotland: „*A vision for 2030*“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/photonics-scotland-vision-paper-now-available-to-read-download/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Photonics Scotland: „*Photonics In Scotland: A Vision for 2030*“, vgl.: <https://photonicscotland.com/wp-content/uploads/2020/07/scottishphotonics-paper-final.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

PricewaterhouseCoopers: „*UK Economic Outlook*“ (S. 12), Sept. 2022, vgl.: <https://www.pwc.co.uk/economic-services/ukeo/ukeo-september-2022.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

RCR Wireless News: „*Vodafone UK announces 5G SA trial for selected customers*“, Jan. 2023, vgl.: <https://www.rcrwireless.com/20230120/5g/vodafone-uk-announces-5g-sa-trial-selected-customers> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

SPIE.DigitalLibrary: „*Photonics for net zero*“, Jan. 2022, vgl.: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/advanced-photonics/volume-4/issue-01/010501/Photonics-for-net-zero/10.1117/1.AP4.1.010501.full?SSO=1> (Zuletzt aufgerufen am 23.04.2023)

Statista: „*Großbritannien: Gesamtbevölkerung von 1950 bis 2022 und Prognosen bis 2050*“, vgl.: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/19319/umfrage/gesamtbevoelkerung-in-grossbritannien/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Switzerland Global Enterprise: „*Fact Sheet: How to do business in the UK: A cultural guide*“, Febr. 2019 , vgl.: <https://www.s-ge.com/en/publication/fact-sheet/20184-c3-uk-cultural-guide> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

TDA: „*Delivering world changing technology*“, vgl.: <https://investintorbay.com/sectors/electronics-photonics/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Technology Scotland: „*Photonics in Scotland 2022 Report*“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/wp-content/uploads/2022/10/Photonics-Survey-2022-final-version.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 14.04.2023)

Technology Scotland: „*Photonics in Scotland 2022*“, vgl.: <https://technologyscotland.scot/photonics-scotland-annual-survey-2022-results-now-available-to-view/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

TFN: „*Quantum photonics spin-out gets backing from Innovate UK to develop world's first deployable quantum light source*“, Sept. 2022, vgl.: <https://techfundingnews.com/aegiq-developing-worlds-first-deployable-quantum-light-source-gets-backing-from-innovate-uk/> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

UK Population Data: „*Population of Glasgow 2021/2022*“, vgl.: <https://populationdata.org.uk/population-of-glasgow/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

UKRI: „*PsiQuantum opens UK R&D facility to develop quantum computing*“, März 2023, vgl.: <https://www.ukri.org/news/psiquantum-opens-uk-rd-facility-to-develop-quantum-computing/> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

World Population Review: „*Torquay Population 2023*“ vgl.: <https://worldpopulationreview.com/world-cities/torquay-population> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

World Population Review: „*Glasgow Population 2023*“ vgl.: <https://worldpopulationreview.com/world-cities/glasgow-population> (Zuletzt aufgerufen am 11.04.2023)

Zeitsprachen/Business Spotlight (Franklin, Peter): „*Brits may appear chaotic to Germans*“, Febr. 2019, vgl.: <https://www.business-spotlight.de/business-englisch-lesen/brits-may-appear-chaotic-germans> (Zuletzt aufgerufen am 13.04.2023)

