



INNOVATIONSREGION  
MITTELDEUTSCHLAND

# POTENZIALSTUDIE DIGITALISIERUNG UND DIGITALE INFRASTRUKTUR

Analyse von Innovations- und Wertschöpfungspotenzialen  
durch die Digitalisierung sowie digitale Infrastruktur  
in der Innovationsregion Mitteldeutschland

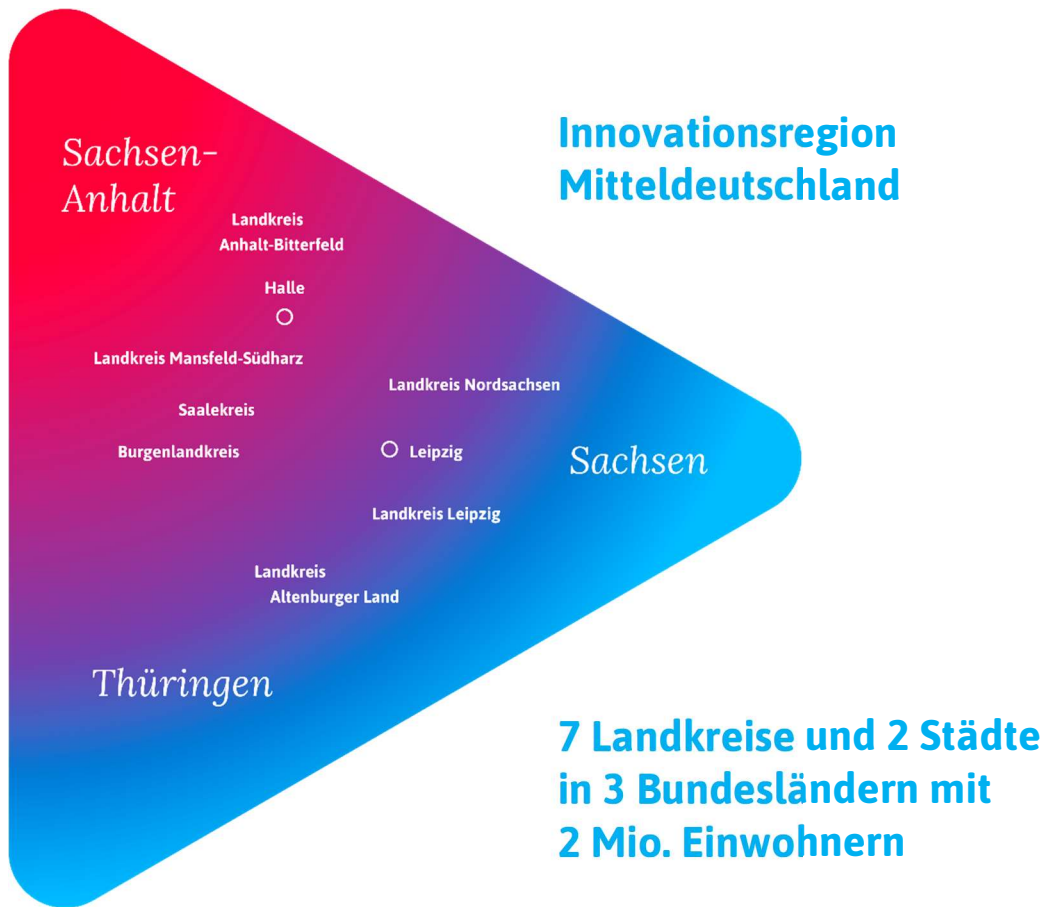
## NEUE WEGE FÜR INNOVATION UND WERTSCHÖPFUNG

Strukturwandel in der Innovationsregion Mitteldeutschland

Ein Projekt der



METROPOLREGION  
MITTELDEUTSCHLAND



Erstellt von

**mm1 prognos**

Gefördert aus Mitteln der Bundesrepublik Deutschland, des Freistaates Sachsen, des Landes Sachsen-Anhalt und des Freistaates Thüringen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe: "Verbesserung der regionalen Wirtschaftsinfrastruktur".

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

STAATSMINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT  
ARBEIT UND VERKEHR



---

## Inhalt

---

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 Ausgangssituation und Ziele der Studie</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Potenziale der Digitalisierung</b> .....	<b>4</b>
2.1 Methodik .....	4
2.2 Wachstumsbranchen.....	6
2.3 Märkte, Produkte und Dienstleistungen der Digitalisierung.....	15
2.4 Instrumentenmix in der IRMD & Best-Practice-Beispiele.....	26
2.5 Betroffenheit & Substituierbarkeit .....	34
2.6 Qualifikationsbedarfe .....	37
<b>3 Wachstumskerne der IT als Impulsgeber für die Region</b> .....	<b>41</b>
3.1 Ziele, Vorgehensweise und Methodik.....	41
3.2 IKT-Wirtschaft in der IRMD .....	42
3.3 Digitale Zukunftsfelder .....	49
3.4 Kompetenzatlas .....	65
3.5 Regionale Innovationsökosysteme als Enabler für die Digitalisierung .....	77
<b>4 Digitale Infrastruktur</b> .....	<b>80</b>
4.1 Breitbandausbau.....	80
4.2 Mobilfunkausbau 5G.....	87
4.3 Mobilfunkausbau 6G.....	98
4.4 Alternative Technologien .....	103
4.5 Rechenzentren.....	110
4.6 Abschließende Anforderungsanalyse an die digitale Infrastruktur .....	118



<b>5</b>	<b>Handlungsempfehlungen &amp; Leuchtturmprojekte.....</b>	<b>133</b>
5.1	SWOT-Analyse.....	133
5.2	Handlungsfelder für die IRMD.....	136
5.3	Leuchtturmprojekte für die IRMD.....	139
	<b>Zusammenfassende Gesamtbetrachtung.....</b>	<b>151</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>154</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>178</b>
	<b>Die Autoren.....</b>	<b>193</b>
	<b>Impressum.....</b>	<b>194</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Karte der Innovationsregion Mitteldeutschland .....	1
Abbildung 2:	Institutionen der interviewten Personen.....	5
Abbildung 3:	Beschäftigungsentwicklung von 2015 bis 2020 in der IRMD .....	7
Abbildung 4:	Entwicklung der Bruttowertschöpfung von 2019 bis 2040 in der IRMD..	8
Abbildung 5:	Digital generierter Umsatz in den Branchen.....	9
Abbildung 6:	Investitionen in Digitalisierung in den Branchen .....	10
Abbildung 7:	Anteil an Unternehmen, die KI in den nächsten 4-9 Jahren nutzen .....	11
Abbildung 8:	Steigerung der Innovationsfähigkeit durch digitale Prozesse und Anwendungen.....	11
Abbildung 9:	Übersicht zu Wachstumsbranchen im Zuge der Digitalisierung.....	12
Abbildung 10:	IKT-Gründungen .....	13
Abbildung 11:	Berufsfelder digitaler Impulsgeber .....	14
Abbildung 12:	Digitale Impulsgeber im regionalen Vergleich.....	14
Abbildung 13:	Bestandsaufnahme der digitalisierungsbezogenen Förderprogramme .	26
Abbildung 14:	Entscheidungsmatrix zur Auswahl von Vergleichsregionen .....	30
Abbildung 15:	Substituierbarkeitspotenziale in den Regionen.....	35
Abbildung 16:	Digitale Zukunftsfelder.....	50
Abbildung 17:	Universitäten und Hochschulen in Mitteldeutschland mit Lehr- und Forschungsangebot im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien (eigene Darstellung) .....	71
Abbildung 18:	Forschungseinrichtungen mit Schwerpunkt im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in der IRMD .....	72
Abbildung 19:	Übersicht zu zentralen Netzwerken, Clustern, Verbänden, Digital Hubs und Gründerzentren rund um die Digitalisierung in der IRMD und in Mitteldeutschland .....	74
Abbildung 20:	Breitbandverfügbarkeit nach Technologie, BMVI 2021a .....	81
Abbildung 21:	Zwischenschritte der Glasfaser-Netzarchitektur .....	82
Abbildung 22:	5G-Campusnetze in der Industrie .....	92
Abbildung 23:	Technische Eigenschaften von 5G & 6G im Vergleich .....	100
Abbildung 24:	Technische Eigenschaften von NB-IoT & LoRaWAN im Vergleich .....	108
Abbildung 25:	Übersicht zur Breitbandversorgung.....	112
Abbildung 26:	Identifizierte idealtypische Personas aus den drei Bereichen: Business, Consumer, Education .....	120
Abbildung 27:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Logistik 4.0 .....	121
Abbildung 28:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Start-up Gaming & XR..	122
Abbildung 29:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Aus- und Weiterbildung 4.0 .....	123
Abbildung 30:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Smart City.....	124
Abbildung 31:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Energiewirtschaft .....	125
Abbildung 32:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Pflegebetrieb 4.0 .....	126
Abbildung 33:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall IT-Unternehmen (Big Data & Analytics).....	127

Abbildung 34:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall: Industrie 4.0 .....	128
Abbildung 35:	Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Universität/ Hochschule (KI & Analytics) .....	129
Abbildung 36:	Übersicht der SWOT-Analyse .....	134
Abbildung 37:	Sechs Handlungsfelder zur Stärkung der Digitalisierung in der IRMD ..	137
Abbildung 38:	Entwicklungspfade zur Verbreitung der digitalen Zukunftsfelder KI & Maschinelles Lernen, Big Data & Analytics, Digitaler Zwilling, IoT .....	185
Abbildung 39:	Entwicklungspfade zur Verbreitung der digitalen Zukunftsfelder autonome Fahrzeuge & Drohnen, Blockchain, Cybersicherheit, digitale Plattformen .....	185
Abbildung 40:	Entwicklungspfade zur Verbreitung der digitalen Zukunftsfelder Cloud & Edge Computing, Quantum Computing, XR-Technologie, Wearables .....	186
Abbildung 41:	Entwicklungspfade zur Verbreitung der digitalen Zukunftsfelder Nanoelektronik & Photonik, Robots & Cobots, Robotic Process Automation, biointelligente Wertschöpfung .....	186

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Förderinstrumente für KMU in anderen Regionen in Deutschland.....	28
Tabelle 2:	Klassifikation der IKT-Wirtschaft nach DESTATIS .....	42
Tabelle 3:	IKT-Wirtschaft in den Stadt- und Landkreisen der IRMD (2019).....	44
Tabelle 4:	Veränderungsraten der IKT-Wirtschaft in den Stadt- und Landkreisen der IRMD (2015).....	45
Tabelle 5:	Größenstruktur der IKT-Wirtschaft in den Stadt- und Landkreisen der IRMD (2019) .....	46
Tabelle 6:	IKT-Wirtschaft in der IRMD nach Kategorien.....	47
Tabelle 7:	IKT-Wirtschaft in Deutschland nach Kategorien .....	47
Tabelle 8:	Bruttowertschöpfung und Erwerbstätige im Wirtschaftsabschnitt „Information und Kommunikation“ .....	48
Tabelle 9:	Digitale Vorreiterunternehmen in der IRMD.....	67
Tabelle 10:	Schwerpunkte der digitalen Vorreiterunternehmen in Sachsen .....	68
Tabelle 11:	Schwerpunkte der digitalen Vorreiterunternehmen in Sachsen-Anhalt ...	69
Tabelle 12:	Schwerpunkte der digitalen Vorreiterunternehmen in Thüringen .....	70
Tabelle 13:	Schwerpunkte der Hochschulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen in den digitalen Zukunftsfeldern.....	72
Tabelle 14:	Netzwerke Cluster/Verbände/Hubs in Mitteldeutschland.....	74
Tabelle 15:	Breitbandversorgung nach Bundesländern in Mitteldeutschland (in % der Haushalte).....	84
Tabelle 16:	Breitbandversorgung in den Stadt- und Landkreisen der IRMD (Verfügbarkeit von Mbit/s in % der Haushalte).....	84
Tabelle 17:	Breitbandverfügbarkeit in Deutschland nach Gemeindeprägung (in % der Haushalte).....	85
Tabelle 18:	Flächenversorgung mit Mobilfunk in Mitteldeutschland.....	90
Tabelle 19:	Öffentliches Netz für 5G und 5G-Campusnetze im Vergleich .....	91
Tabelle 20:	Ausprägungen von 5G-Campusnetzen .....	93
Tabelle 21:	Vergleich WiFi 6 mit 5G.....	94
Tabelle 22:	5G-Innovationswettbewerb des BMVI – 5G-Konzepte in Mitteldeutschland .....	96
Tabelle 23:	Vor- und Nachteile der Nutzung des öffentlichen Netzes eines Anbieters .....	106
Tabelle 24:	Vor- und Nachteile der Nutzung eines offenen Community-Netzwerks ..	107
Tabelle 25:	Vor- und Nachteile der Nutzung eines privaten Netzwerks.....	107
Tabelle 26:	NB-IoT vs. LoRaWAN-Netz im Vergleich .....	109
Tabelle 27:	Starlink-Testergebnisse Beta Phase August 2021 .....	110
Tabelle 28:	Regionale und globale Anbieter für Datenspeicherung und Datentransformation.....	111
Tabelle 29:	Exemplarische Data Center in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen	115
Tabelle 30:	Stärken und Schwächen der Region in Bezug auf die digitale Infrastruktur .....	131

Tabelle 31:	Chancen und Herausforderungen der Region in Bezug auf die digitale Infrastruktur .....	132
Tabelle 32:	Stärken- und Schwächen-Analyse der IRMD .....	134
Tabelle 33:	Chancen- und Risiken-Analyse der IRMD .....	135
Tabelle 34:	Agenda Innovationsworkshop 1, 25. Februar 2021 .....	183
Tabelle 35:	Agenda Innovationsworkshop 2, 25. März 2021.....	183
Tabelle 36:	Agenda Expertenworkshop, 22. Juni 2021.....	183
Tabelle 37:	Quellenübersicht für die Auswahl der digitalen Zukunftsfelder .....	184
Tabelle 38:	Hochschulen und Universitäten mit Lehr- und Forschungsangebot im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in Sachsen .....	187
Tabelle 39:	Hochschulen und Universitäten mit Lehr- und Forschungsangebot im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in Sachsen-Anhalt.....	188
Tabelle 40:	Hochschulen und Universitäten mit Lehr- und Forschungsangebot im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in Thüringen .....	188
Tabelle 41:	Forschungseinrichtung mit Schwerpunkt im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in der IRMD.....	189
Tabelle 42:	Netzwerke, Cluster, Verbände, Digital Hubs und Gründungs- sowie Innovationszentren im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien .....	189



---

## Abkürzungsverzeichnis

---

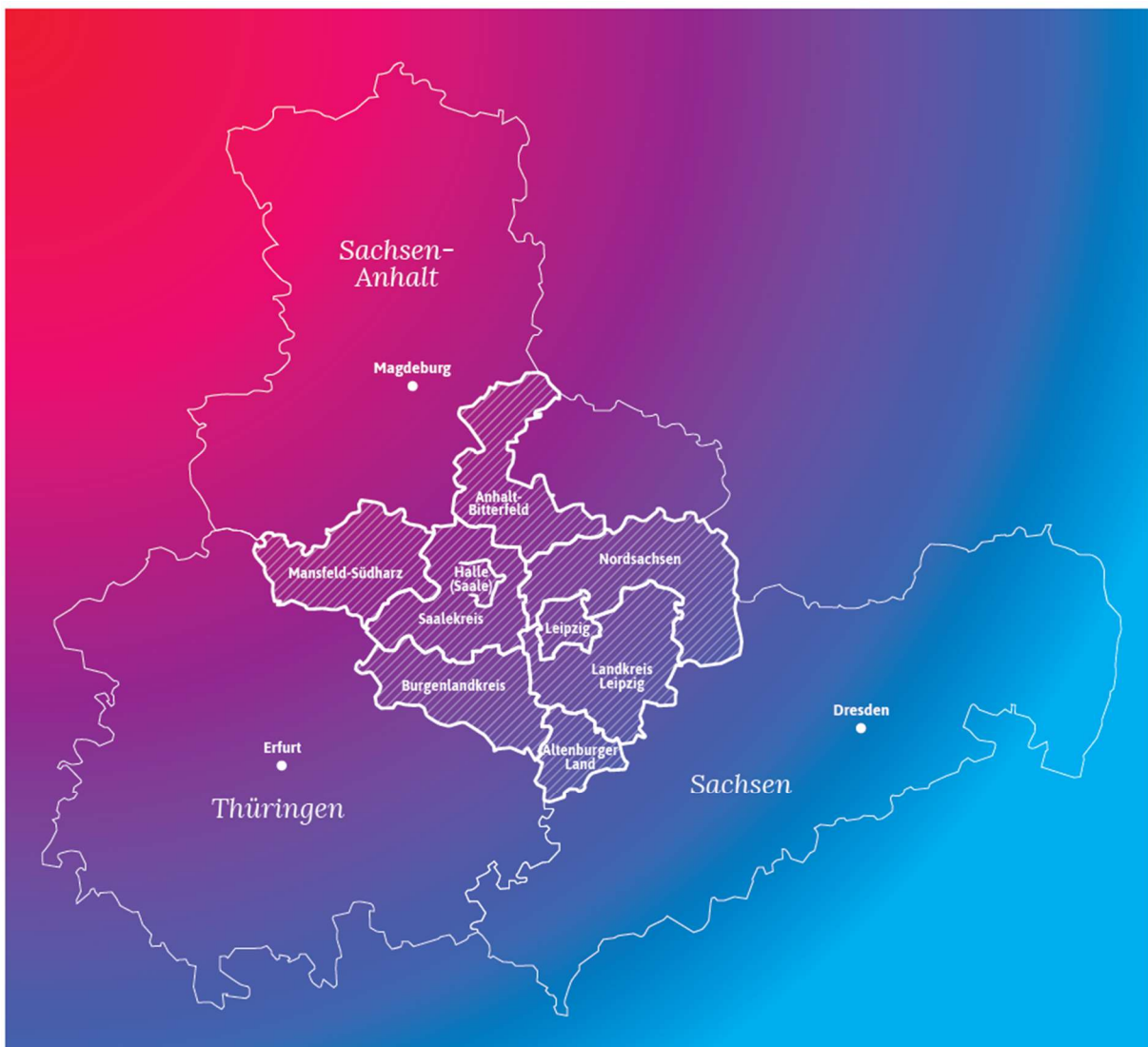
AI	Artificial Intelligence
AR	Augmented Reality
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
bspw.	beispielsweise
BWS	Bruttowertschöpfung
d.h.	das heißt
D / DE	Deutschland
i.H.v.	in Höhe von
IIoT	Industrial Internet of Things
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
InfAI	Institut für Angewandte Informatik e. V. an der Universität Leipzig
IoT	Internet of Things, Internet der Dinge
IRMD	Innovationsregion Mitteldeutschland
ISM	Industrial, Scientific and Medical Band; lizenzfreie Frequenzbereiche für Hochfrequenz-Geräte
IT	Information Technology, Informationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LPN	Low Power Network
LPWAN	Low Power Wide Area Network
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network
M2M	Machine-to-Machine
ML	Machine Learning, Maschinelles Lernen
o. J.	ohne Jahr
RPA	Robotic Process Automation
SV	Sozialversicherungspflichtig (SV-Beschäftigte)
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats



TDG	Translationsregion für digitalisierte Gesundheitsversorgung
TTN	The Things Network
u. a.	unter anderem
v. a.	vor allem
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.
VR	Virtual Reality
XR	Mixed Reality
z. B.	zum Beispiel

## 1 Ausgangssituation und Ziele der Studie

Aufgrund des bundesweit anstehenden Ausstiegs aus der Kohleverstromung befindet sich die Region des Mitteldeutschen Reviers derzeit vor einem umfassenden Strukturwandelprozess. Um diesen nachhaltig zu gestalten, haben sich die betroffenen sieben Landkreise und zwei Städte, unterstützt durch den Bund und die berührten Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen, länderübergreifend im Strukturwandelprojekt *Innovationsregion Mitteldeutschland* (IRMD) organisiert. Zu den Städten und Landkreisen in Sachsen gehören die Stadt und der Landkreis Leipzig sowie Nordsachsen, in Sachsen-Anhalt sind die Stadt Halle (Saale) sowie die Landkreise Anhalt-Bitterfeld, Mansfeld-Südharz sowie der Saalekreis und der Burgenlandkreis beteiligt und in Thüringen der Landkreis Altenburger Land.



**Abbildung 1: Karte der Innovationsregion Mitteldeutschland**

Quelle: Innovationsregion Mitteldeutschland.

In der aktuellen Phase des Strategieprozesses werden lokale und regionale Wertschöpfungspotenziale identifiziert und bewertet, die später in entsprechende Aktionspläne und einen übergeordneten Masterplan einfließen. Die Digitalisierung ist dabei einer der bereits seit Jahren weltweit prägenden Megatrends, die sich auf Wirtschaft, Gesellschaft und Verwaltung auswirkt. Als solche bietet sie Potenziale und vielfältige Optionen, die Gestaltung des Strukturwandels zu unterstützen und voranzutreiben. Sie ist jedoch auch mit Risiken verbunden und kann durch ihren teils disruptiven Charakter tradierte Geschäfts- und Lebensmodelle in Frage stellen. Schon jetzt wirkt sie sich erheblich auf verschiedenste Lebens-, Wirtschafts- und Verwaltungsbereiche aus.

Die IRMD steht am Anfang eines Strukturwandelprozesses, der durch die Ausstiegsszenarien der energetischen Kohlenutzung bis Mitte der 2030er Jahre beschleunigt wird. Der Fokus der Studie liegt daher auf den nächsten 20 Jahren, d. h. auf den Trends und Technologien von morgen und übermorgen. Untersucht wird, wie die Region sich im Spannungsfeld der Digitalisierung positionieren kann, um hiervon möglichst nachhaltig profitieren zu können.

Mit der Studie wird daher analysiert, welchen Beitrag die fortschreitende Digitalisierung zum Gelingen des Strukturwandels in der IRMD leisten kann und welche Voraussetzungen dafür vorhanden, zu stärken oder neu zu schaffen sind. Hierfür werden die unten skizzierten Ziele verfolgt.

In einem ersten Schritt erfolgt eine fundierte Skizzierung der **branchenspezifischen Potenziale der Digitalisierung in der IRMD**. Dabei werden Märkte – sowohl bei den Anbietern als auch bei den Anwendern von digitalen Produkten und Dienstleistungen – identifiziert und regionale Wertschöpfungspotenziale bewertet. Untermuert werden die Ergebnisse durch eine Analyse der künftigen Qualifizierungsbedarfe und von möglichen Förderinstrumenten (Kapitel 2).

Ebenso erfolgt eine Betrachtung des **Ist-Zustands der regionalen IKT-Wirtschaft** in Bezug auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien der Digitalisierung. Hierzu werden die IKT-Wirtschaft sowie die Forschungslandschaft auf ihre Tätigkeitsschwerpunkte in digitalen Zukunftsfeldern untersucht. Anhand der Recherchen wird ein Kompetenzatlas zu diesen digitalen Zukunftsfeldern für die IKT-Wirtschaft in der Region erarbeitet, mit dem **zentrale Handlungsfelder im Bereich der Digitalisierung** identifiziert werden, die wesentlich **zur Steigerung von Innovations- und Wertschöpfungspotenzialen der regionalen Wirtschaft beitragen können** (Kapitel 3). In der Studie werden auch ausgewählte, heute absehbare **Anforderungen an die digitale Infrastruktur der Zukunft** betrachtet, mit der künftige Bedarfe zu decken sind. Hierzu wird ein Augenmerk auf 5G, 6G sowie auf LoRaWAN als alternative Technologien zur energieeffizienten Datenübertragung im Internet der Dinge gelegt. Darüber hinaus wird das Potenzial von Rechenzentren in der Region beleuchtet (Kapitel 4).

Abschließend werden für die untersuchten Schwerpunkte **Handlungsfelder für die Region** formuliert, mit denen **Wachstums- und Innovationspotenziale** für KMU aus der IKT-Wirtschaft sowie aus den Anwendungsbranchen adressiert werden. Diese Handlungsempfehlen lassen sich in sechs Kategorien einteilen: (1) Innovation, (2) Technologietransfer und Beratung, (3) Finanzierung, (4) Aus- und Weiterbildung, (5) Innovationsöko-

systeme als unternehmensübergreifende Netzwerke sowie (6) Marketing und Kommunikation. Zudem werden sie mit **konkreten Leuchtturmaßnahmen** hinterlegt, um die Region bestmöglich aufzustellen. Die Maßnahmen mit einer kurz- bis mittelfristigen Perspektive umfassen den Aufbau einer digitalen Identität in der Region, flexible Förderinstrumente, den Ausbau der digitalen Infrastruktur, die Einrichtung eines Innovations- und Transferzentrums für Digitalisierung, eine digitale Bildungsoffensive, eine Verstärkung der Gründungsaktivitäten, u. a. im Bereich Virtual Reality und Serious Gaming. Als visionäre Programme sollte der Aufbau eines Technologieparks für Digitalisierung realisiert, eine Softwareschmiede für 6G sowie der Aufbau eines Daten-Ökosystems für das Thema Smart Mobility oder Smart Energy ermöglicht werden (Kapitel 5).

---

## 2 Potenziale der Digitalisierung

---

In diesem Kapitel werden branchenspezifische Potenziale der Digitalisierung in der IRMD skizziert. Anhand einer Branchenanalyse werden diejenigen Branchen identifiziert, von denen durch die Digitalisierung besonders hohe Wachstumsimpulse ausgehen können. Zur Abschätzung der regionalen Wertschöpfung werden sowohl die Beschäftigung und die digitalen Berufe als auch die Märkte und Ausrichtungen ausgewählter Firmen in der Region analysiert. Darüber hinaus zielt dieses Kapitel in vertiefenden Analysen auf die Ableitung der Perspektiven der Digitalisierung, der Entwicklung von spezifischen Förderinstrumenten und der Darstellung von Best-Practice-Beispielen für KMU und ländlich geprägte Teilregionen ab. Abschließend werden zielgerichtete Maßnahmen beschrieben, deren Umsetzung die Bevölkerung der IRMD zielgruppengerecht in die digitalen Transformationsprozesse einbeziehen kann.

### 2.1 Methodik

#### 2.1.1 Quantitative Analyse

Um die Struktur der regionalen Wirtschaft und insbesondere der zentralen digitalen Wirtschaftsbereiche zu verstehen, werden die **Beschäftigungsdaten der Bundesagentur für Arbeit** als Datenbasis herangezogen. Diese Datenbasis weist sowohl die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SV-Beschäftigten) nach Wirtschaftsbranchen (Wirtschaftszweige der Bundesagentur für Arbeit) als auch nach Berufen in den deutschen Regionen aus. Hiervon ausgehend werden zunächst Wirtschaftsbranchen der IRMD ermittelt, die von der Digitalisierung profitieren können. Anhand einer Dokumentenanalyse wird ermittelt, welche Branchen als Wachstumsbranchen im Zuge der Digitalisierung gelten (siehe z. B. BMWi, 2018).<sup>1</sup> Dazu werden verschiedene Kenngrößen wie bspw. die Umsätze mit digitalen Produkten und Services zwischen den Wirtschaftsbranchen verglichen. Durch eine Gegenüberstellung der digitalen Wirtschaft mit dem Bundes- und Landestrend wird die **wirtschaftliche Spezialisierung** in den identifizierten Wirtschaftsbranchen in den zwei Städten und sieben Landkreisen der Region deutlich. Hoher und überdurchschnittlicher Beschäftigungsaufbau im Zeitverlauf sind Hinweise für zentrale Wachstumsbranchen.<sup>2</sup> Aus dieser Analyse resultiert ein Überblick zu den regionalen Branchen (nach Wirtschaftszweigen) sowie SV-Beschäftigten (nach Berufen), die eine hohe Bedeutung für die IRMD besitzen und durch die Digitalisierung besonders starke Wachstumsimpulse erfahren.

Um die Regionen in Deutschland hinsichtlich ihres Digitalisierungsgrades und ihrer sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen zu klassifizieren und mit der IRMD zu vergleichen, wird darüber hinaus eine **Clusteranalyse** angewendet. Die Clusteranalyse ist ein Verfahren, mit dem Regionen anhand von vorgegebenen (sozio-ökonomischen) Kriterien

---

<sup>1</sup> BMWi 2018.

<sup>2</sup> Wachstumsbranchen werden als Branchen verstanden, die über dem Durchschnitt der IRMD wachsen (Beschäftigte, BWS, Umsatz, etc.).



gruppiert werden können. Die dadurch identifizierten Gruppen (auch Cluster genannt) enthalten dann jeweils Regionen, die sich ähnlich sind. Regionen in verschiedenen Clustern unterscheiden sich dagegen hinsichtlich der sozio-ökonomischen Kriterien. Aus den Digitalisierungsansätzen der identifizierten Best-Practice-Beispiele werden neue wirtschaftliche Perspektiven und Umsetzungsmaßnahmen für die Region abgeleitet.

Zuletzt werden die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitswelt untersucht. Dies erfolgt anhand der sog. **beruflichen Substituierbarkeitspotenziale**, d. h. der Anteile der Kerntätigkeiten in Berufen, die im Zuge der Digitalisierung ersetzt werden können. Das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) erforscht und berechnet, welche Tätigkeiten bzw. Berufe aufgrund der Digitalisierung künftig potenziell wegfallen könnten.<sup>3</sup> Auf Grundlage der Daten des IAB und der Daten der SV-Beschäftigten wird letztendlich das Substituierbarkeitspotenzial für die Branchen bzw. SV-Beschäftigten der IRMD berechnet. Dadurch wird ersichtlich, welcher Anteil der SV-Beschäftigten potenziell in gefährdeten Berufen arbeitet (auch im Verhältnis zum bundesweiten bzw. länderspezifischen Vergleich) und wo diese SV-Beschäftigten in der Region geografisch zu verorten sind.

## 2.1.2 Experteninterviews

Aufbauend auf der quantitativen Analyse mit den Daten der Bundesagentur für Arbeit wird ein übergreifendes Bild der Digitalisierungsaktivitäten im Mitteldeutschen Revier entwickelt. Dafür werden vertiefende **Experteninterviews mit verschiedenen Akteursgruppen** durchgeführt. Diese repräsentieren v. a. in der Region aktive Unternehmen. Insgesamt wurden Interviews mit 16 Expertinnen und Experten aus Unternehmen sowie kommunalen Verbänden und Netzwerken geführt (Abbildung 2)<sup>4</sup>.

Expertinnen und Experten der Potenzialstudie				
Cluster IT Mitteldeutschland e. V.	Games & XR Mitteldeutschland e. V.	Smart Infrastructure Hub Leipzig, SpinLab	Regionales Digitalisierungszentrum S.-A. Süd	Unternehmer- verband Sachsen e.V.
VDMA Ost	Univations GmbH	Teleport GmbH	brain-SCC GmbH	prefrontal cortex GbR
Flying Circus Internet Operations GmbH	Appsfactory	Gecko 1 und Gecko 2	Mercateo AG	KI-Hub Sachsen, InfAI

**Abbildung 2: Institutionen der interviewten Personen**

<sup>3</sup> Ein hohes Substituierungspotenzial signalisiert nicht zwingend nur die Gefährdung von Arbeitsplätzen, sondern weist auch auf möglicherweise realisierbare Produktivitätsreserven hin. Deren Realisierung führt zu einer höheren Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen und in der Folge zur Sicherung des Unternehmensbestandes und zur Nutzung von Wachstumspotenzialen. Vgl. IAB-Forschungsbericht 11/2015: Katharina Dengler und Britta Matthes sowie IAB-Regional 2018: Aktualisierte Substituierbarkeitspotenziale.

<sup>4</sup> Am Interview mit der *prefrontal cortex* GbR waren zwei Personen beteiligt.

Die Auswahl der Interviewpartnerinnen und -partner erfolgte in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber. Durch die Corona-Pandemie wurden alle Gespräche telefonisch bzw. per Videokonferenz-Tool anhand eines vorab mit dem Auftraggeber abgestimmten Fragebogens durchgeführt. Dieser Fragebogen umfasst die folgenden drei Kernbereiche (vgl. Anhang 1):

1. Wachstumsbranchen im Zuge der Digitalisierung.
2. Identifizierung der Märkte und Produkte der Unternehmen (Wertschöpfungspotenziale).
3. Identifizierung von neuen Kompetenzanforderungen und Qualifikationsbedarfen.

In den Experteninterviews werden die Erfahrungen und Einschätzungen zu den bestehenden Digitalisierungsaktivitäten in der IRMD diskutiert. Dadurch wird eine wichtige Ergänzung zu der quantitativen Analyse geschaffen. Ein erstes Ziel ist es, **Wachstumsbranchen im Zuge der Digitalisierung** zu identifizieren. Dabei geht es um Anbieter- und Anwendungsbranchen, die durch digitale Lösungen besonders starke Wachstumsimpulse erfahren können. Zudem werden **Best-Practice-Unternehmen** und weitere **zentrale Akteure** (Cluster, Hochschulen, Forschungseinrichtungen, etc.) in der IRMD im Kontext der Digitalisierung diskutiert. Weitere Ziele der Experteninterviews bestehen darin, die **Märkte und Produkte der Unternehmen** in der Region (Wertschöpfungspotenziale in Bezug auf Digitalisierung) zu identifizieren sowie neue Kompetenzanforderungen und Qualifikationsbedarfe der Beschäftigten mit den Expertinnen und Experten zu erörtern.

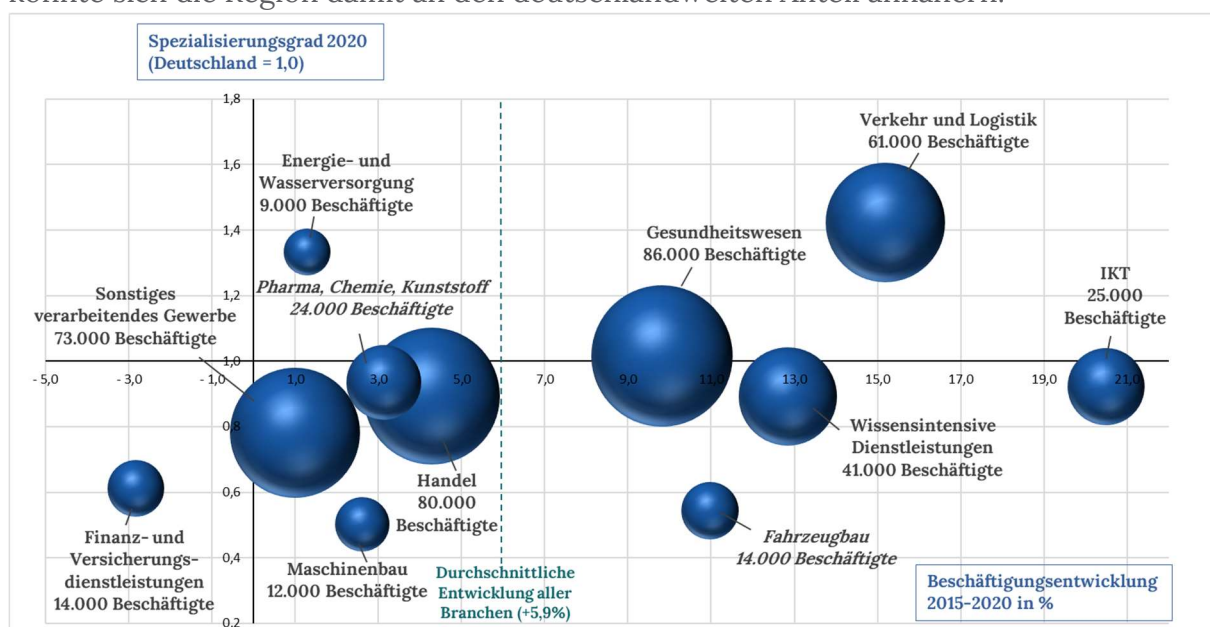
## 2.2 Wachstumsbranchen

Die Wirtschaftsstruktur der IRMD nach SV-Beschäftigten zeichnet sich im Jahr 2020 mit einem Anteil von 74,8 % v. a. durch eine starke Dienstleistungslandschaft aus. Im produzierenden Gewerbe arbeiten 24,0 % aller SV-Beschäftigten. Der Stellenwert der Landwirtschaft ist mit einem Anteil von 1,2 % an allen Beschäftigten eher gering – auch wenn im Vergleich zu Deutschland (0,8 %) überdurchschnittlich viele Beschäftigte in diesem Sektor arbeiten. Die Unternehmensstruktur ist maßgeblich durch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) geprägt. Im Jahr 2019 zählen 99,3 % zu den kleinen und mittleren Betrieben mit einer Zahl an Mitarbeitenden zwischen 1 und 250. Davon entfallen allein 95,5 % auf kleine Unternehmen mit einer SV-Beschäftigtenzahl zwischen 1 und 50.

Die SV-Beschäftigungsentwicklung fällt zwischen 2015 und 2020 mit einem Anstieg von 5,9 % positiv aus. Dennoch rangiert die Region damit merklich hinter der gesamtdeutschen Entwicklung (8,3 %). Als Grundlage der ökonomischen und beschäftigungsbezogenen Entwicklung fungiert das aktuelle Branchenportfolio der Region (vgl. Abbildung 3). So zeigt sich im analysierten Zeitraum zwischen 2015 und 2020 in zehn der elf dargestellten Branchen ein Anstieg der SV-Beschäftigten. Lediglich die Finanz- und Versicherungsdienstleistungen haben zwischen den beiden Jahren Beschäftigte verloren. Hinsichtlich



des Spezialisierungsgrades (oder auch Lokalisierungsgrades)<sup>5</sup> der abgebildeten Branchen ergibt sich, dass die Branchen Verkehr und Logistik, Energie- und Wasserversorgung sowie Gesundheitswesen in der Region stärker als im bundesweiten Durchschnitt vertreten sind. So arbeiten bspw. im Bereich Verkehr und Logistik im Jahr 2020 in der IRMD etwa 8 % aller SV-Beschäftigten. In Deutschland beträgt der Anteil knapp 6 %. Wird der Anteil der Region durch den Anteil in Deutschland geteilt, so ergibt sich ein Lokalisationsquotient von 1,4. Der deutlichste Zuwachs bei den SV-Beschäftigten zeigte sich von 2015 bis 2020 in der IKT-Branche<sup>6</sup> mit knapp 20 %. Trotz des starken Wachstums war die Branche 2020 im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt immer noch unterschiedlich lokalisiert. Auch die Wissensintensiven Dienstleistungen, der Fahrzeugbau, das Gesundheitswesen sowie Verkehr und Logistik sind im betrachteten Zeitraum überdurchschnittlich stark gewachsen. In den Wissensintensiven Dienstleistungen sowie im Fahrzeugbau konnte sich die Region damit an den deutschlandweiten Anteil annähern.



**Abbildung 3: Beschäftigungsentwicklung von 2015 bis 2020 in der IRMD**

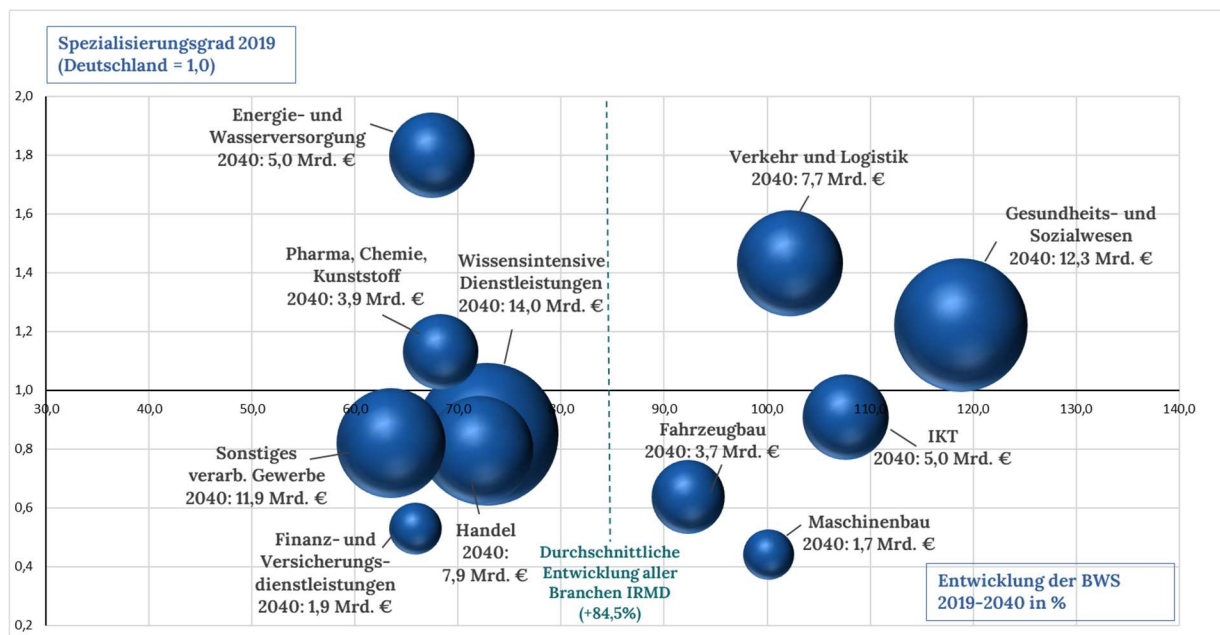
Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnung und Darstellung Prognos. Hinweis: Die IKT-Branche ist in diesem Kapitel als Wirtschaftszweig J definiert. Eine genauere Unterteilung der IKT-Branche folgt in Kapitel 3.2. Bei den Werten der Aggregate „Pharma, Chemie und Kunststoff“ sowie „Fahrzeugbau“ handelt es sich aufgrund von nicht zur Verfügung gestellten Daten aufgrund des Datenschutzes um Schätzungen.

Das abgebildete Branchenportfolio umfasst elf Branchen. Insgesamt sind in den dargestellten Branchen knapp 440 Tsd. SV-Beschäftigte tätig. Das entspricht einem Anteil von etwa 57 % an den Gesamtbeschäftigten (780 Tsd.) im Jahr 2020. Weitere wichtige Branchen umfassen bspw. das Baugewerbe (knapp 53 Tsd.), die Öffentliche Verwaltung (knapp

<sup>5</sup> Der Spezialisierungsgrad gibt an, wie stark die regionale Spezialisierung einer Branche im Vergleich zum Durchschnitt in Deutschland ist. Ein Spezialisierungsgrad von 1,0 entspricht dem bundesweiten Branchenanteil. Im Bundesvergleich überdurchschnittlich spezialisierte Branchen haben einen Lokalisationsgrad größer 1,0.

<sup>6</sup> Die Bezeichnungen IKT- und IT-Branche können in der Studie synonym verstanden werden. Die IKT-Branche wird in Kapitel 3.2 definiert.

50 Tsd.), Erziehung und Unterricht (knapp 40 Tsd.), Sozialwesen (38 Tsd.), Tourismus/Gastronomie (24 Tsd.) sowie Grundstücks- und Wohnungswesen (knapp 10 Tsd.).



**Abbildung 4: Entwicklung der Bruttowertschöpfung von 2019 bis 2040 in der IRMD**

Quelle: IRMD 2021. Durchgeführt durch die Prognos AG. Als Wissensintensive Dienstleistungen wurden für diese Abbildung die Wirtschaftsabschnitte L und M definiert. Verkehr und Logistik umfasst den Wirtschaftsabschnitt H (Verkehr und Lagerei)

Neben der Entwicklung der Beschäftigten oder Erwerbstätigen ist die Dynamik der nominalen Bruttowertschöpfung (BWS) ein wichtiger Indikator. Im Zuge der Digitalisierung und von zunehmenden Produktivitätsveränderungen entkoppelt sich die Entwicklung der nominalen BWS immer stärker von der Beschäftigtenentwicklung. Abbildung 4 verdeutlicht, welche Wachstumspotenziale die elf Branchen hinsichtlich der nominalen BWS besitzen. Dargestellt wird der **Lokalisationsquotient im Jahr 2019** (vertikale Achse), die **prognostizierte Entwicklung der nominalen BWS von 2019 bis 2040** (in %, horizontale Achse) sowie der geschätzte absolute Wert der **nominalen BWS im Jahr 2040** (Größe der Kreise). Bis 2040 wird insbesondere im Gesundheits- und Sozialwesen eine stark überdurchschnittliche Entwicklung der nominalen BWS (+ 119 %) erwartet, was zu einem Gesamtvolumen von 12,2 Mrd. € im Jahr 2040 führt. Ebenfalls überdurchschnittliche Wachstumsimpulse (die Prognose ergab einen Anstieg der nominalen BWS in der IRMD um ca. 84,5 %) erfahren nach den Prognosen u. a. die IKT-Branche, der Maschinenbau, der Bereich Verkehr und Logistik sowie Wissensintensive Dienstleistungen. Der Digitalisierung werden als Querschnittsbereich, der in alle anderen Wirtschaftsbranchen ausstrahlt,

große Wachstumspotenziale bei der Wertschöpfung zugeschrieben. Die dahinter liegende Studie „IRMD – Sozio-ökonomische Perspektive 2040“ geht gleichzeitig davon aus, dass die Erwerbstätigenzahlen in allen betrachteten Branchen bis 2040 zurückgehen.<sup>7</sup>

## 2.2.1 Wachstumsbranchen im Zuge der Digitalisierung

In einem weiteren Schritt wird untersucht, inwieweit die elf betrachteten Branchen als **digitale Wachstumsbranchen** bezeichnet werden können. Dazu werden sie mit verschiedenen Digitalisierungskennzahlen verknüpft und abschließend gegenübergestellt. Grundlage dazu bildet der Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018 des BMWi, welcher den aktuellen und künftigen Digitalisierungsgrad der deutschen gewerblichen Wirtschaft differenziert nach den elf Branchen analysiert. In einer repräsentativen Befragung wurden im Monitoring-Report insgesamt 1.061 Unternehmen befragt.

Abbildung 5 zeigt den Anteil an Unternehmen innerhalb der jeweiligen Branchen, die mehr als 60 % ihres Umsatzes digital generieren.<sup>8</sup> Die IKT-Branche sticht dabei wenig überraschend mit 76 % hervor. Einen überdurchschnittlich starken Anteil an digitalem Umsatz generieren zudem Wissensintensive Dienstleister (50 %) sowie Finanz- und Versicherungsdienstleistungen (42 %). Der Anteil der Unternehmen im Bereich Verkehr und Logistik, die mehr als 60 % ihres Umsatzes digital generieren, liegt bei knapp 22 %.

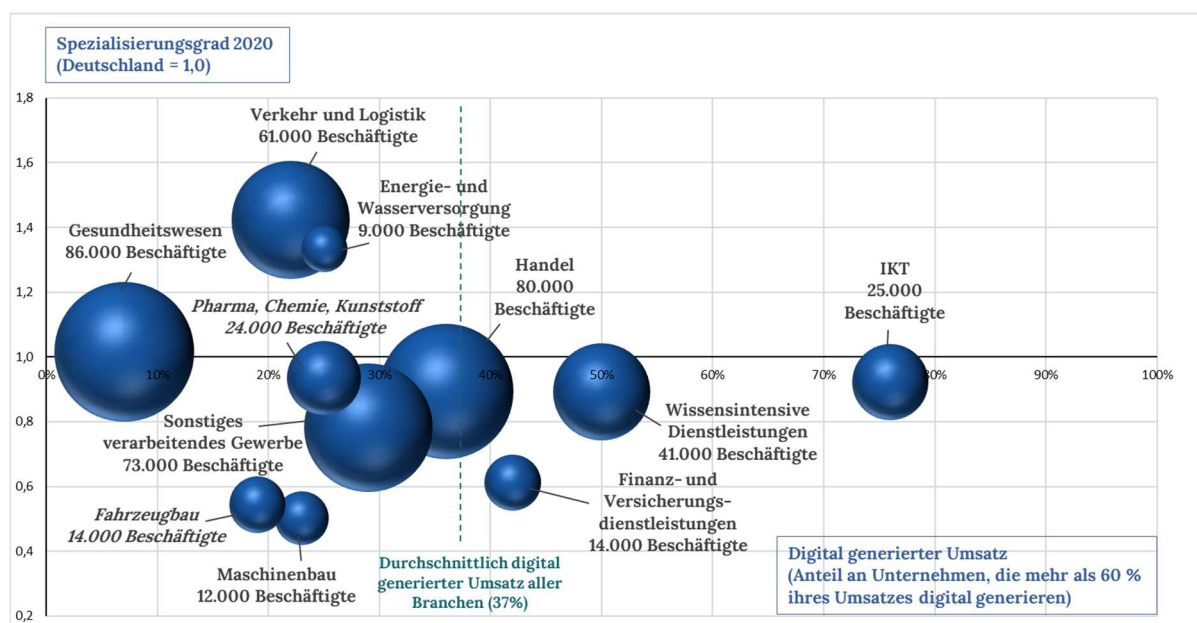


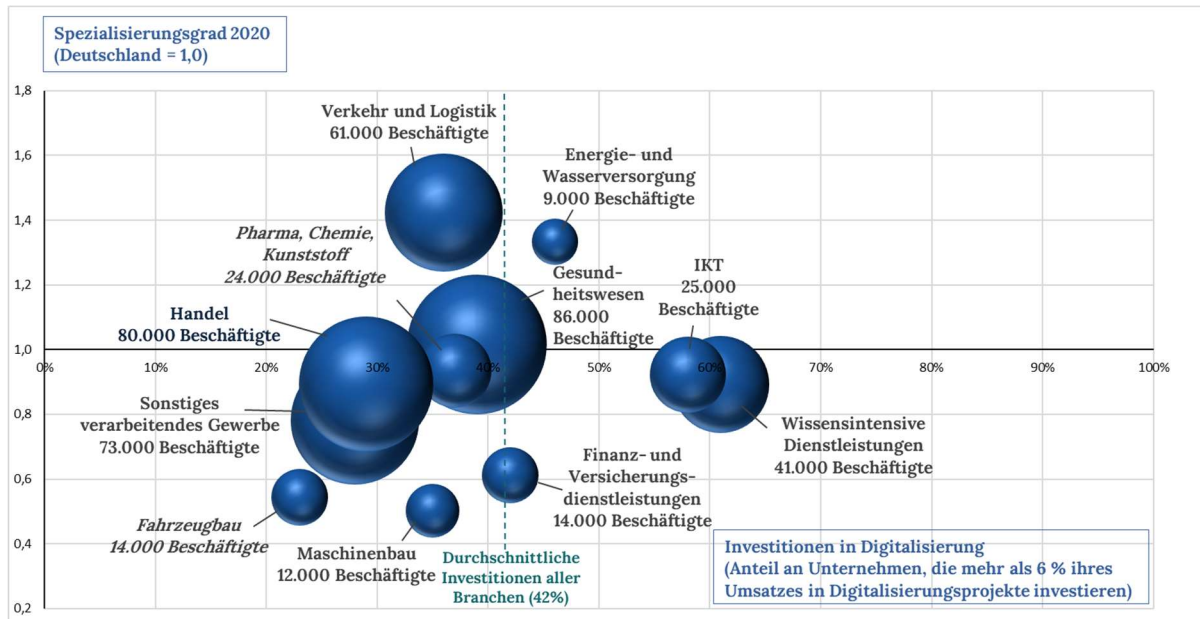
Abbildung 5: Digital generierter Umsatz in den Branchen

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnung und Darstellung Prognos

<sup>7</sup> In der IRMD-Studie „Sozio-ökonomische Perspektive 2040“ wird geschlussfolgert, dass die BWS bis ins Jahr 2040 kontinuierlich steigt – bei sinkender Erwerbstätigkeit. Dies wird z. T. durch die demographische Entwicklung beeinflusst sowie durch technologische Neuerungen, Produktivitätssteigerungen und Veränderungen in der durchschnittlichen Wochenarbeitszeit erreicht.

<sup>8</sup> Gemessen wird der Umsatzanteil mit digitalen oder digital geprägten Angeboten bzw. Services.

In Abbildung 6 wird der Anteil an Unternehmen innerhalb der jeweiligen Branchen dargestellt, die mehr als 6 % ihres Umsatzes in Digitalisierungsprojekte investieren.<sup>9</sup> Der höchste Anteil an digitalen Investitionen findet sich demnach bei den Wissensintensiven Dienstleistern (61 %) sowie der IKT-Branche (58 %). Einen überdurchschnittlich starken Anteil des Umsatzes investieren zudem Energie- und Wasserversorger (46 %) sowie Fahrzeugbau-Unternehmen (42 %) in Digitalisierungsprojekte. Im Bereich Verkehr und Logistik liegt der Anteil bei knapp 36 %.



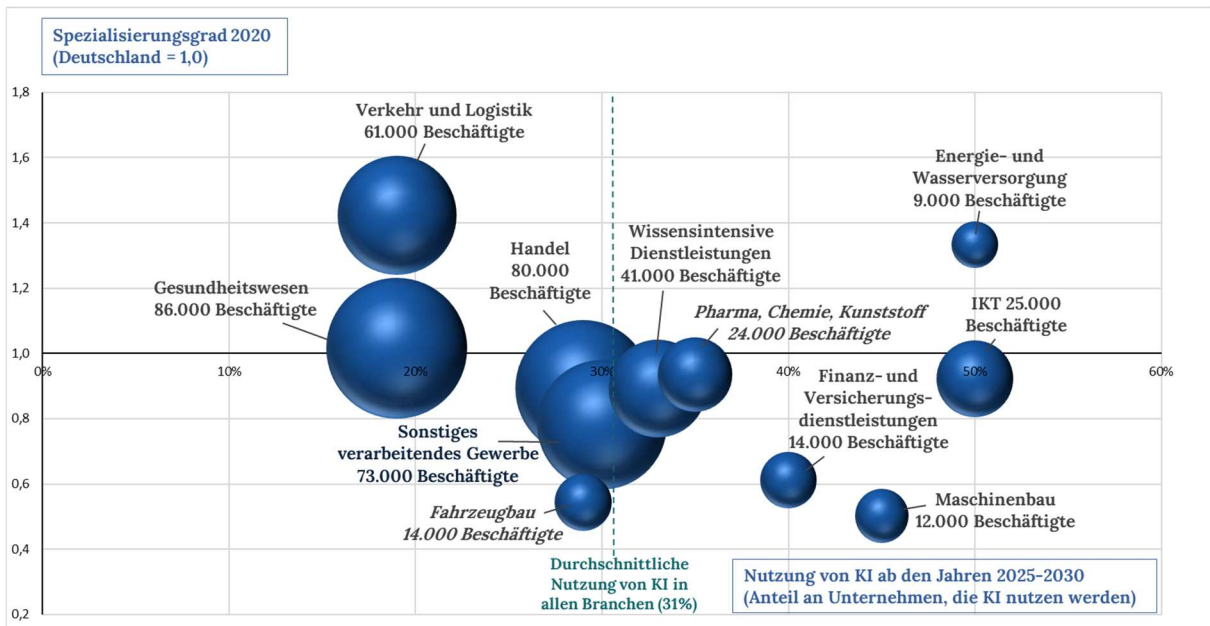
**Abbildung 6: Investitionen in Digitalisierung in den Branchen**

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnung und Darstellung Prognos

Eine weitere Wachstumsquelle bilden neue Technologien der digitalen Wirtschaft (z. B. KI, Blockchain, etc.). Ein Teil der Investitionen in Digitalisierungsprojekte kann in ebendiese neuen Technologien fließen. In Abbildung 7 wird der Anteil an Unternehmen gezeigt, die angeben, ab den Jahren 2025-2030 KI zu nutzen. Große Potenziale bei der Nutzung von KI werden v. a. in den Branchen Energie- und Wasserversorgung (50 %), IKT (50 %) sowie Maschinenbau (45 %) und Finanz- und Versicherungsdienstleistungen (40 %) gesehen. Ebenfalls überdurchschnittlich hohe Nutzungsangaben finden sich in den Branchen Pharma, Chemie und Kunststoff (35 %) sowie Wissensintensive Dienstleister (33 %). Im Bereich Verkehr und Logistik gaben knapp 20 % der Unternehmen an, ab 2025 KI zu nutzen.

<sup>9</sup> Nach dem Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018 des BMWi kann bei Investitionen von mehr als 6 % des Umsatzes von mittleren bis hohen Investitionen gesprochen werden.

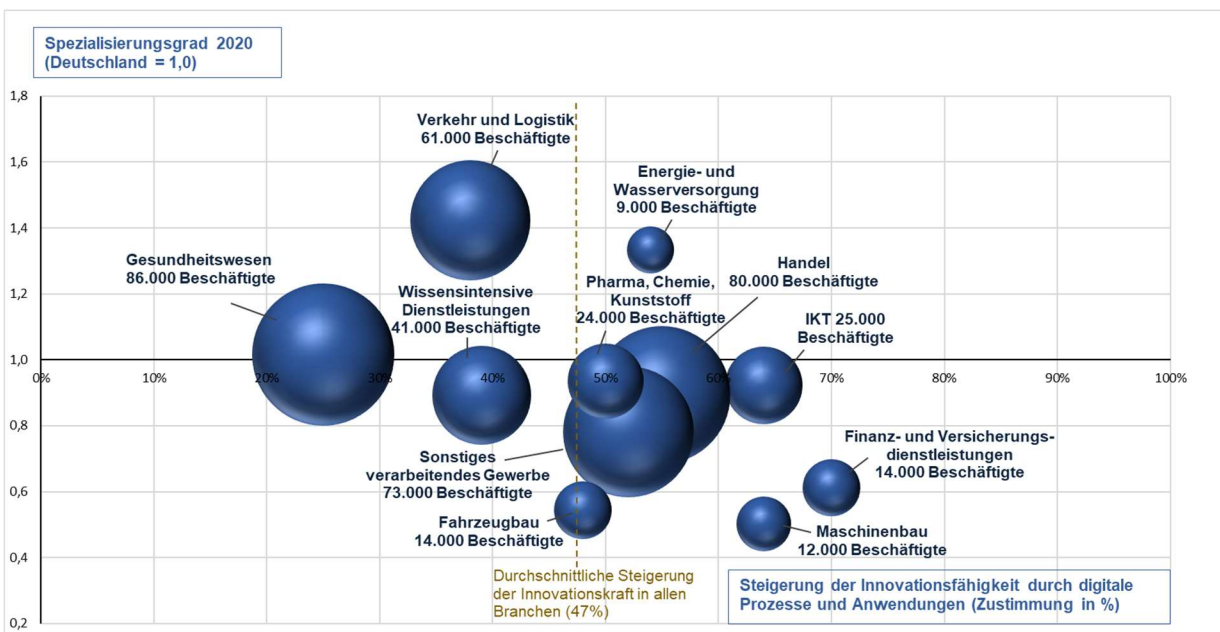




**Abbildung 7: Anteil an Unternehmen, die KI in den nächsten 4-9 Jahren nutzen**

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnung und Darstellung Prognos

Schließlich wurden die Vertretenden der Branchen gefragt, inwieweit sie in der Lage sind, durch Digitalisierung Innovationsprozesse anzukurbeln. Acht von elf Branchen gaben an, dass sie durch digitale Prozesse und Anwendungen eine überdurchschnittliche Steigerung der Innovationsfähigkeit erfahren werden (Abbildung 8). Der größte Anteil findet sich mit 70 % bei den Finanz- und Versicherungsdienstleistungen, dicht gefolgt von der IKT-Branche (64 %) sowie dem Maschinenbau (64 %).



**Abbildung 8: Steigerung der Innovationsfähigkeit durch digitale Prozesse und Anwendungen**

Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnung und Darstellung Prognos

Werden die unterschiedlichen Wachstumskennziffern zusammengeführt, fällt auf, dass Branchen, die in der IRMD überdurchschnittlich vertreten sind (Verkehr & Logistik, Energie- und Wasserversorgung), in den Digitalisierungsdimensionen schlechter abschneiden. In Branchen mit den größten Wachstumsmöglichkeiten im Zuge der Digitalisierung (IKT, wissensintensive Dienstleister sowie Finanz- und Versicherungsdienstleistungen) arbeiten in der IRMD allerdings immerhin über 80.000 Menschen. D. h. auch in diesen Branchen bestehen große Wachstumsmöglichkeiten für die Region. Dabei sollte beachtet werden, dass jede Branche die Potenziale der Digitalisierung unterschiedlich nutzen kann und auf einem regional individuellen Niveau startet. Branchenübergreifend steht sicherlich die IKT-Branche an erster Stelle. Aber auch andere Branchen wie Maschinenbau oder Chemie und Pharma können in den kommenden Jahren vermehrt digitale Tools und Prozesse (u. a. KI) einsetzen und so weitere Wachstumspotenziale generieren.<sup>10</sup> Darüber hinaus gelten diese Wachstumspotenziale für die gesamte IRMD, innerhalb der einzelnen Regionen kann sich die Bedeutung durchaus unterscheiden. So besteht bspw. in der Stadt Leipzig ein höheres Potenzial im Fahrzeugbau sowie im Saalekreis und Anhalt-Bitterfeld in der Chemiebranche.

Branche	Lokalisationsquotient (basierend auf den SVB)	Digitalisierungsgrad 2018	Digitalisierungsgrad 2023	Digital generierter Umsatzanteil	Investitionen in Digitalisierung (Anteil am Gesamtumsatz)	Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI)	Steigerung der Innovationsfähigkeit durch digitale Prozesse und Anwendungen
	1 = DE	Index bis 100	Index bis 100	> 60 %	größer 6%	In 8-10 Jahren	Zustimmung
<b>IKT</b>	0,9	74	77	76%	58%	50%	64%
<b>Wissensintensive Dienstleister</b>	0,9	63	67	50%	61%	33%	39%
<b>Finanz- und Versicherungsdienstl.</b>	0,6	61	69	42%	42%	40%	70%
<b>Handel</b>	0,9	54	54	36%	29%	29%	55%
<b>Sonstiges verarbeitendes Gewerbe</b>	0,8	43	45	29%	28%	30%	52%
<b>Chemie / Pharma / Kunststoff</b>	0,9	50	49	25%	37%	35%	50%
<b>Energie- und Wasserversorgung</b>	1,3	47	50	25%	46%	50%	54%
<b>Maschinenbau</b>	0,5	48	50	23%	35%	45%	64%
<b>Verkehr und Logistik</b>	1,4	43	48	22%	36%	19%	38%
<b>Fahrzeugbau</b>	0,5	40	42	19%	23%	29%	48%
<b>Gesundheitswesen</b>	1,0	37	42	5%	39%	19%	25%

**Abbildung 9: Übersicht zu Wachstumsbranchen im Zuge der Digitalisierung**

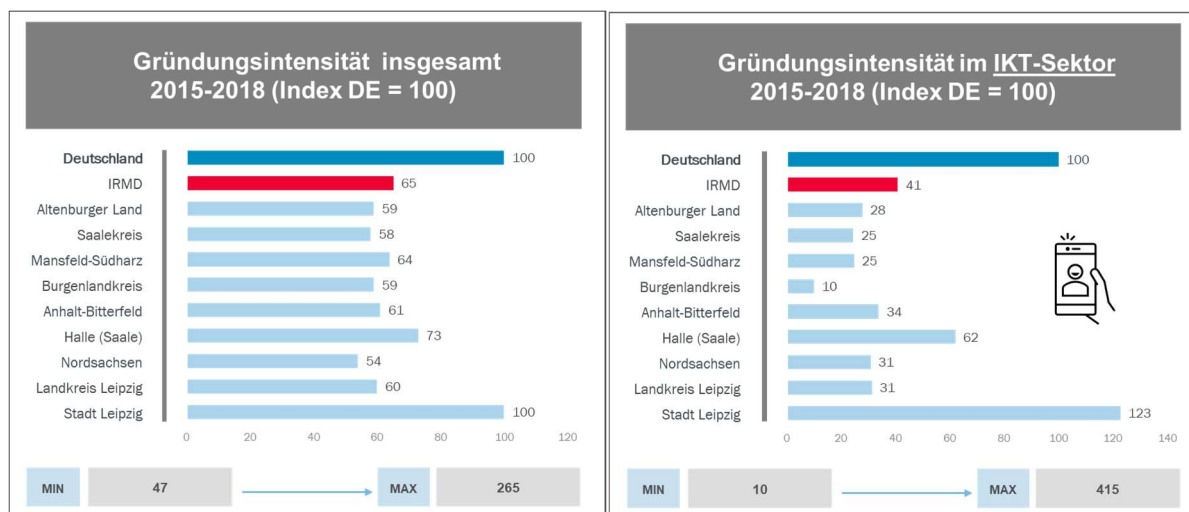
Quelle: Sonderauswertung der Bundesagentur für Arbeit, eigene Berechnung und Darstellung Prognos. Anmerkungen: Der geschätzte Anteil der Chemiebranche (ohne Pharma und Kunststoff) liegt in der IRMD über dem Anteil in Deutschland (LQ: 1,1). In der Stadt Leipzig liegt der Lokalisationsquotient im Fahrzeugbau bei 1,1.

<sup>10</sup> Ergänzende Informationen können an dieser Stelle zudem aus der Technologiefeldanalyse gezogen werden, die Digitalisierung als Querschnittsthema betrachtet (IRMD 2020. Durchgeführt von Conomic Research & Results).

## 2.2.2 Digitale Branche und digitale Berufe

Nachdem im vorherigen Arbeitsschritt Branchen mit hohen Wachstumspotenzialen im Zuge der Digitalisierung betrachtet wurden, wird an dieser Stelle ein Fokus auf die digitale Branche selbst gelegt. Dazu wird in einem ersten Schritt die digitale Branche (IKT-Branche) nach ausgewählten Unterbereichen analysiert. **Kapitel 3** gibt einen Überblick zur Lokalisation der Branche in der IRMD. Dabei zeigt sich, dass die IKT-Branche in den Stadtkreisen Leipzig und Halle (Saale) überdurchschnittlich lokalisiert ist. In den restlichen Landkreisen sind die Beschäftigten in der IKT-Branche eher unterrepräsentiert. Es zeigt sich, dass die Unterkategorie der IKT-Branche „Software & IT-Services“ in der Region am weitesten verbreitet ist.

Neben der Analyse der Bestandsunternehmen werden die Gründungsraten im IKT-Sektor analysiert. Abbildung 10 zeigt, dass die die Gründungsintensität über alle Branchen in der IRMD (mit Ausnahme der Stadt Leipzig) 2015 bis 2018 deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt lagen. Im IKT-Sektor verfestigt sich dieses Bild, wobei die Unterschiede innerhalb der Innovationsregion noch deutlicher hervortreten. Die Städte Halle und insbesondere Leipzig stechen dabei hervor und können durchaus im bundesweiten Vergleich bestehen. Insbesondere die Stadt Leipzig zeichnet eine überdurchschnittliche IKT-Gründungscommunity aus. Nur 45 Kreise bzw. kreisfreie Städte in Deutschland können mehr IKT-Gründungen je 10.000 Erwerbsfähige als die Stadt Leipzig vorweisen.



**Abbildung 10: IKT-Gründungen**

Quelle: ZEW Unternehmenspanel, eigene Berechnung und Darstellung Prognos

In einem zweiten Schritt werden Berufe, die Digitalisierung vorantreiben und umsetzen, identifiziert und lokal verortet. Die Gruppe der digitalen Impulsgeber wird von Prognos bestimmt und umfasst Berufsgruppen nach der Klassifikation der Berufe (KldB) 2010. Insgesamt 89 Berufsgruppen werden den digitalen Impulsgebern angerechnet, welche durch ihre ausgeübte berufliche Tätigkeit Digitalisierung in unterschiedlichen Wirtschaftsbereichen vorantreiben und umsetzen. Integrierte Berufsgruppen umfassen beispielsweise





## 2.3 Märkte, Produkte und Dienstleistungen der Digitalisierung

Ergänzt wird die quantitative Analyse durch eine qualitative Erfassung relevanter **digitaler Märkte und Produkte**. Die Analyse erfolgt im Rahmen von Gesprächen mit ausgewählten Vertretern aus Unternehmen und Verbänden (vgl. Anhang 1).<sup>11</sup> In diesem Abschnitt erfolgt daher neben der Identifizierung von (übergeordneten) digitalen Märkten und Produkten in Abschnitt 2.3.1 eine regions- und branchenspezifische Erfassung mit der Ableitung von Potenzialen für die IRMD (Abschnitt 2.3.2). Als Zwischenergebnis wird aufgezeigt, von welchen übergeordneten digitalen Märkten und Produkten die wirtschaftliche Entwicklung in den nächsten Jahren getrieben werden kann und in welchen Bereichen die IRMD konkrete Chancen in Bezug auf ihre Entwicklung aufweist (Ableitung von **Wertschöpfungspotenzialen**).

### 2.3.1 Qualitative Einschätzungen zu übergeordneten digitalen Märkten in den Wirtschaftsbranchen

In den Interviews wird zunächst gezielt nach den zentralen Märkten im Kontext der Digitalisierung gefragt. Der Begriff der digitalen Märkte wird dabei über digitale Zukunftsfelder in der IKT-Branche selbst sowie über mögliche Anwendungen in anderen Wirtschaftsbranchen operationalisiert. Dafür wird einerseits die **Anbieterseite** analysiert. Hierbei handelt es sich um die IKT-Branche im engeren Sinn (vgl. Definition der IKT-Branche, Abschnitt 3.2). Das Ziel ist die Identifizierung von digitalen Zukunftsfeldern (Schlüsseltechnologien) innerhalb der IKT-Branche.<sup>12</sup> Andererseits wird die **Anwenderseite** untersucht. Hierbei handelt es sich um die Identifizierung von Wirtschaftsbranchen, die in einem besonderen Maße von der Digitalisierung beeinflusst werden. Durch die Betrachtung der Anbieter- sowie Anwenderseite soll ein umfassendes Bild zu den potenziellen Märkten und Produkten der Digitalisierung gezeichnet werden.

#### 2.3.1.1 Anbieter von digitalen Produkten und Dienstleistungen

Ein technologiezentriertes Denken ist laut den befragten Expertinnen und Experten oftmals schwierig, da es schwer zu antizipieren sei, welche Themen in den kommenden 20 Jahren noch relevant sein werden. Zentrale digitale Zukunftsfelder (Schlüsseltechnologien) könnten hinsichtlich ihrer tatsächlichen Wirkkraft nur ex-post klassifiziert werden. Daher gelte es, nicht zu starr auf Themen zu fokussieren, sondern ein möglichst **flexibles Ökosystem** in der IRMD zu etablieren. Die Rahmenbedingungen sollten so ausgestaltet sein, dass die Akteure in die Lage versetzt werden, neue digitale Zukunftsfelder fortlaufend möglichst effizient zu entwickeln bzw. zu adaptieren. Gleichwohl gilt es, einige thematische Eckpfeiler für die kommenden Jahren zu definieren. Auf der **Anbieterseite** werden von den Expertinnen und Experten neben der Automatisierung von Produktionspro-

---

<sup>11</sup> Der Fragebogen befindet sich in Anhang 1.

<sup>12</sup> Eine detaillierte Analyse digitaler Zukunftsfelder erfolgt mittels Desk Research im folgenden Kapitel unter Abschnitt 3.3.

zessen sowie der Softwareentwicklung und den Softwaredienstleistungen die nachfolgend aufgelisteten digitalen Zukunftsfelder (Schlüsseltechnologien) innerhalb der IKT-Wirtschaft als besonders nennenswert hervorgehoben:<sup>13</sup>

- ▶ Big Data & Analytics (Datenflussmanagement),
- ▶ Künstliche Intelligenz (KI) & Maschinelles Lernen,
- ▶ Industrie 4.0,
- ▶ Digitale Plattformen (u. a. Internet of Things (IoT)),
- ▶ XR-Technologien (VR, AR, MR),
- ▶ Digitaler Zwilling, und
- ▶ IT- & Cybersicherheit.

Die verschiedenen Zukunftsfelder sind nicht isoliert voneinander zu betrachten, sondern stehen oftmals in starker Interaktion untereinander.<sup>14</sup> Die Grundlage für die Digitalisierung ist die Sammlung, Verarbeitung und Interpretation von großen, heterogenen Datenmengen (**Big Data**). Die immer rasanter wachsenden Datenmengen werden dabei durch IT-Lösungen analysiert, verarbeitet und in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung genutzt. Hierbei ergeben sich bspw. im Bereich des Zukunftsfeldes **Big Data & Analytics** Märkte und Chancen für IT-Unternehmen, bspw. in der Entwicklung von datengetriebenen Geschäftsmodellen und der Wertgenerierung durch Daten. Auch bei der Digitalisierung von Daten und Prozessen ergeben sich etwa bei der Entwicklung von Lösungen beim Datenflussmanagement in der öffentlichen Verwaltung (E-Government) neue Märkte und Chancen.

Als weiterer wichtiger Markt für die IKT-Branche werden in den geführten Experteninterviews die **Softwareentwicklung und -dienstleistungen** hervorgehoben. Hier bestehen enge Synergien mit dem Themenfeld Big Data und Datenflussmanagement. Ein konkreter Anwendungsfall ist u. a. die Entwicklung von digitalen Lösungen (Apps). Zielgruppen sind dabei zumeist die Endkunden. Konkrete Beispiele reichen von Kundenportalen (Verknüpfung mit Data Analytics) über eCommerce (u. a. Online-Shopping) bis zum Thema eHealth (u. a. E-Learning, Telemedizin, Gesundheitsanwendungen). In diesem Feld wird es laut den Experteninterviews auch künftig mannigfaltige Märkte und Produkte für die Software-Entwickler geben.

Die Entwicklung von **KI-Systemen und -Lösungen** ist ein weiteres zentrales Themenfeld innerhalb der IT-Wirtschaftsbranche. Für KI-Systeme gibt es keine allgemeingültige Definition. Sie können im weitesten Sinne als rechengestützte Systeme verstanden werden, die intelligentes Verhalten simulieren. Dabei wird zwischen der schwachen und starken KI unterschieden: Die schwache KI löst Anwendungsprobleme anhand von vorgegebenen

---

<sup>13</sup> Die normativen Nennungen der interviewten Expertinnen und Experten finden sich zu großen Teilen in der Technologiefeldanalyse der IRMD wieder (vgl. IRMD 2020. Durchgeführt von *Economic Research & Results*). In Abschnitt 3.3 der hier vorliegenden Studie werden die einzelnen digitalen Zukunftsfelder vertiefend vorgestellt.

<sup>14</sup> Die einzelnen Zukunftsfelder werden Kapitel 3.3. detailliert beschrieben.

mathematischen Methoden und kann sich dabei selbst optimieren. Die starke KI kann dagegen Problemstellungen lösen, deren Lösung nicht vorab von Menschen definiert werden.<sup>15</sup> Durch die Entwicklung von KI-Lösungen ergeben sich v. a. Potenziale und Märkte bei der Automatisierung und Optimierung von bislang analogen Prozessen und Produktionsschritten (z. B. **Industrie 4.0**) sowie bei der intelligenten Steuerung des Energie- und Wärmesektors (z. B. Sektorkopplung, Smart Grid). Im Mobilitätssektor spielen neben einer automatisierten Produktion zudem die Themen **Smart Mobility** und **autonomes Fahren** eine wichtige Rolle. Ein weiterer Markt innerhalb von KI-Systemen ergibt sich zudem durch die automatisierte Serviceleistungen im Maschinenbau wie bspw. **Predictive Maintenance**. Bei Predictive Maintenance werden auf Basis von Maschinen- und Prozessdaten sowie von Prognosedaten zu Ausfallwahrscheinlichkeiten Instandhaltungsvorgänge angestoßen. Die befragten Expertinnen und Experten heben insgesamt die Bedeutung von Vereinfachungen und Effizienzgewinnen durch automatisierte und digitalisierte Prozesse und Produktionsschritte hervor. Da das Feld der KI-Systeme sehr breit gefächert ist, wird die Entwicklung von konkreten KI-Use-Cases im Mitteldeutschen Revier empfohlen.

Die **digitalen Plattformen** bilden ein weiteres zentrales digitales Zukunftsfeld. Darunter fallen bspw. Netzwerkplattformen, Vergleichsportale, Sharing-Plattformen, Online-Stores oder digitale Marktplätze. Die digitalen Plattformen bündeln als Intermediäre den Zugang zu Waren, Dienstleistungen, Informationen und Daten und verändern dadurch Wirtschaft und Gesellschaft – nicht zuletzt in der Covid-19-Pandemie. Es wird daher davon ausgegangen, dass die unterschiedlichen Ausprägungen von digitalen Plattformen in Zukunft weiter massiv an Bedeutung gewinnen und ein wichtiges digitales Zukunftsthema darstellen.

Ein aktuell aufstrebendes Themenfeld sind die **XR-Technologien**. Extended Reality (XR) ist der Überbegriff für Technologien, mit denen neue Wahrnehmungsformen der Realität erlebbar werden, indem digitale Objekte (computergenerierte Umgebungen) in die physische Welt und umgekehrt projiziert werden. Darunter fallen u. a. die Technologien Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR) oder Mixed Reality (MR). Die XR-Technologien bieten vielfältige Anwendungen und Märkte – besonders im Kontext der digitalen Bildung, der Industriewartung oder im Bereich Serious Gaming.<sup>16</sup> V. a. im **Gaming-Bereich** werden XR-Lösungen stark angewendet und neue Formate angestoßen. Weiterhin werden laut der befragten Expertinnen und Experten fortlaufend neue digitale Formate entwickelt, bspw. in den Bereichen Kulturdienstleistungen, Messen oder Architektur.

Darüber hinaus nimmt der sogenannte **digitale Zwilling** eine immer wichtigere Rolle in der IKT-Branche ein. Darunter wird eine digitale Repräsentanz sämtlicher Eigenschaften eines realweltlichen Objekts oder Prozesses aus der realen in der digitalen Welt verstanden. Besonders die digitalisierte Vorplanung und Konzeption im Produktionsbereich wird in diesem Kontext immer wichtiger für Unternehmen.

Durch die zunehmende Digitalisierung von ökonomischen und gesellschaftlichen Prozessen sowie den damit verbundenen wachsenden Datenmengen steigt der Bedarf nach einem umfangreichen Schutz der IT-Systeme. Das Themenfeld **IT- und Cybersicherheit**

---

<sup>15</sup> Vgl. Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg 2019.

<sup>16</sup> In der derzeitigen Covid-19-Pandemie wurde die Anwendung und Nutzung von XR-Technologien weiter beschleunigt.

dient dem Schutz vor Gefahren bzw. Bedrohungen, der Vermeidung von wirtschaftlichen Schäden und der Minimierung von Risiken. Sie ist daher ein großes Querschnittsthema und ihr wird zukünftig eine Schlüsselrolle für die Sicherheit der soziotechnischen Systeme zukommen. Wachsende Märkte und Potenziale entstehen u. a. bei der Identifizierung interner Schwachstellen, der Entwicklung von IT-Sicherheitskonzepten und -lösungen und der Implementierung von Zertifizierungsprozessen in Unternehmen, Verwaltung und Organisationen.

### 2.3.1.2 Anwender von digitalen Produkten und Dienstleistungen

Die geführten Experteninterviews unterstreichen nachdrücklich die **Bedeutung der Digitalisierung für die Gesamtwirtschaft**. Es wird betont, dass sich keine Branche der Digitalisierung verschließen kann. Dies kann durch das Zitat „Software eats the world“ exemplarisch unterstrichen werden.<sup>17</sup> Dabei sei bei der Digitalisierung eine differenzierte Betrachtung aller Branchen angezeigt – in einer Branche gehe es um verbesserte Kundenbindung, in einer anderen Branche um die Effizienz in der Produktion (auch wenn die Kundenbindung zukünftig auch in der Industrie noch wichtiger wird). Es wird deutlich, dass digitale Produkte und Dienstleistungen durch unterschiedliche Akzente in nahezu allen Branchen neue Märkte, Chancen und Potenziale generieren können: die IKT-Branche ist ein zentraler Treiber und Enabler. Laut den befragten Expertinnen und Experten kann jedes Unternehmen, das die mannigfaltigen Möglichkeiten der Digitalisierung strukturiert erfasst und eigene Anwendungsmöglichkeiten ableitet, Wachstumspotenziale entdecken und Digitalisierungsprozesse ökonomisch verwerten. In diesem Kontext wird in den Experteninterviews besonders hervorgehoben, dass eine Anwendung digitaler Lösungen stark durch Köpfe und Personen in den Unternehmen getrieben wird (Digitale Bildung & Kultur als Impulsgeber).

Weiterhin nannten die befragten Expertinnen und Experten sowie die Teilnehmerinnen und Teilnehmer **aus dem ersten Innovationsworkshop**<sup>18</sup> – bereits mit Blick auf die IRMD – besonders für die folgenden Wirtschaftsbranchen **hohe Anwendungspotenziale**:

- ▶ Gesundheitswesen,
- ▶ Öffentliche Verwaltung,
- ▶ Energiesektor,
- ▶ Logistik, und
- ▶ das produzierende Gewerbe (Fahrzeugbau, Maschinenbau, Chemie, Pharma, Biotechnologie).

---

<sup>17</sup> Das Zitat stammt aus einem der geführten Experteninterviews. Es ist angelehnt an den Artikel „Why Software is Eating The World“ aus dem Wall Street Journal (vgl. Wall Street Journal 2011).

<sup>18</sup> Vgl. Anhang, Tabelle 34.

Darüber hinaus werden auch die Nahrungsmittelindustrie, die Kultur- und Kreativwirtschaft (einschließlich dem Tourismus<sup>19</sup>) sowie der Querschnittsbereich „Smart City“<sup>20</sup> laut den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des ersten Innovationsworkshops von der Digitalisierung profitieren.

Im **Gesundheitswesen** bieten u. a. die digitalen Zukunftsfelder KI (u. a. Diagnostik von Krankheiten, Bildgebungsverfahren, Medizintechnik, Biotechnologie, Apothekenlieferungen per Drohne), das Datenmanagement (u. a. digitale und individualisierte Medizin) oder die Softwareentwicklung (z. B. Telemedizin) große Anwendungspotenziale. Auch die digitale Pflege ist hierbei ein erfolgsversprechender Wachstums- und Anwendungsmarkt, nicht zuletzt aufgrund des zunehmenden demografischen Wandels. Im Vergleich zum deutschlandweiten Altersdurchschnitt von 44,5 Jahren (Stand Ende 2019),<sup>21</sup> ist der Altersdurchschnitt in Sachsen-Anhalt und Thüringen mit 47,9 bzw. 47,4 Jahren unter den Bundesländern am höchsten.<sup>22</sup> Daher sind Reallabore<sup>23</sup> mit Blick auf die Gesundheitswirtschaft besonders wichtig, um die Bevölkerung mitzunehmen, Akzeptanz zu schaffen und den Nutzen einer digitalen Gesundheitswirtschaft sichtbar zu machen.

Die befragten Expertinnen und Experten verweisen weiterhin auf ein hohes Anwendungspotenzial digitaler Produkte und Dienstleistungen im Bereich der **öffentlichen Verwaltung (Gov-Tech)**. Hier sind besonders die digitalen Zukunftsfelder Datenflussmanagement (Big Data), Softwareentwicklung und -dienstleistungen sowie die IT-Sicherheit zu nennen. Durch die Digitalisierung der Verwaltung zeigen sich gegenwärtig disruptive Veränderungen: das sogenannte Onlinezugangsgesetz (OZG) verpflichtet Bund, Länder und Kommunen bis Ende 2022 knapp 600 Verwaltungsleistungen in 14 übergeordneten Themenfeldern über Verwaltungsportale digital anzubieten.<sup>24</sup> Die befragten Expertinnen und Experten argumentieren, dass eine schlecht digitalisierte Verwaltung weitere Wirtschaftsbranchen ausbremst und negative Externalitäten entstehen.

Weiterhin wird betont, dass sich auch in der **Energiebranche** durch die verstärkte regenerative Energieproduktion vielfältige Anwendungsmöglichkeiten von digitalen Produkten und Dienstleistungen bieten. Dies gilt grundsätzlich für alle Regionen in Deutschland, durch den Braunkohleausstieg und die Strukturwandelprozesse jedoch in einem besonderen Maße für die IRMD. Bis ins Jahr 2030 sollen ca. 65 % des in Deutschland verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Energien kommen – aktuell sind es ca. 43 % am Bruttostromverbrauch.<sup>25</sup> Die herkömmlichen Stromnetze sind jedoch nicht für erneuerbare Energien entworfen, vielmehr sind sie auf einen gleichmäßigen Energiefluss bspw. aus Kohle- oder Atomkraftwerken ausgelegt. Die durch Sonne, Wind oder Wasser erzeugten

---

<sup>19</sup> Bisher noch geringe Ausschöpfung des Digitalisierungspotenzials, allerdings wird das Potenzial insgesamt als sehr hoch eingeschätzt (vgl. auch IRMD 2020, durchgeführt von *Conomic Research & Results*).

<sup>20</sup> Smart City-Projekte, die in der IRMD umgesetzt werden, finden sich im Kapitel „digitale Infrastruktur“ (vgl. Abschnitt 4.4.1.2).

<sup>21</sup> Statista 2021c.

<sup>22</sup> Statista 2021d.

<sup>23</sup> Unter Reallaboren versteht man einen Testraum, indem innovative Technologien unter Realbedingungen erprobt werden. Vgl. BMWi o. J.

<sup>24</sup> BMI o. J.

<sup>25</sup> Bundesregierung o. J.



erneuerbaren Strommengen richten sich dagegen nach natürlichen Gegebenheiten und nicht nach dem jeweiligen Strombedarf. Dies kann zu einer Ungleichheit zwischen Stromproduktion und -bedarf führen. Lösungsansätze sind flexible Energiespeicher oder intelligente Stromnetze (Smart Grid), d. h. Energieerzeugung, -speicherung und -verbrauch sind intelligent untereinander vernetzt. Eine Voraussetzung für das Funktionieren intelligenter Stromnetze sind sog. Smart Meter, die den Stromverbrauch registrieren und Daten verschlüsselt an die Stromproduzenten versenden. Ein weiterer zentraler Aspekt dabei ist eine automatisierte Sektorenkopplung. Hier wird der Energiesektor bspw. mit dem Wärme- und Mobilitätsbereich gekoppelt, um erneuerbare Energie bestmöglich zu nutzen.

Abschließend wird neben der **Logistik (Logistik 4.0)** von den befragten Expertinnen und Experten das **produzierende Gewerbe** als wichtiges Anwendungsbeispiel digitaler Produkte und Dienstleistungen genannt. Hier wird v. a. der Begriff Industrie 4.0 genannt. Beispielsweise sind die Innovationsaufwendungen im Maschinenbau laut der letzten Erhebung aus dem Jahr 2019 stark mit der Digitalisierung verbunden, so die Rückmeldung des Branchenverbands VDMA Ost.<sup>26</sup> Durch das Nutzen von Anwendungen aus den digitalen Zukunftsfeldern Big Data, Analytics, KI und Automatisierung steigt der Grad der Digitalisierung in der industriellen Produktion. Zudem werden Maschinen und Abläufe in der Produktion intelligent miteinander vernetzt. Dadurch ergeben sich vielfältige Möglichkeiten hinsichtlich einer Prozess- und Produktionsoptimierung (u. a. flexible Produktion, optimierte Logistik), Effizienz- bzw. Produktivitätsgewinnen (u. a. flexible Produktionsstraßen, sinkende Preise) oder der Freisetzung von zusätzlichen Potenzialen beim Arbeitsangebot. Letztere können bspw. dem Fachkräftemangel im Zuge des demografischen Wandels entgegenwirken – v. a. in den ländlichen Teilregionen der IRMD.<sup>27</sup>

### 2.3.2 Wertschöpfungspotenziale in der IRMD: Märkte, Produkte und Best-Practice-Unternehmen

Die identifizierten digitalen Märkte und Potenziale werden in diesem Kapitel auf die IRMD übertragen, indem besondere Chancen und Herausforderungen in Bezug auf die zukünftige digitale Entwicklung identifiziert werden. Zunächst werden die bestehenden Transfer- und Forschungseinrichtungen in der IRMD kurz dargestellt. Darauf aufbauend wird in den Experteninterviews u. a. gefragt, in welchen digitalen Zukunftsfeldern die IRMD hohe Chancen in Bezug auf die zukünftige digitale Entwicklung aufweist (in Form von Wertschöpfungspotenzialen) bzw. wo konkrete Herausforderungen für die Unternehmen bestehen.<sup>28</sup> Darüber hinaus werden sowohl für die digitalen Zukunftsfelder als auch für

---

<sup>26</sup> Stand Februar 2021.

<sup>27</sup> Für die ländlichen Teilräume der IRMD wird prognostiziert, dass die Zahl der Personen im erwerbsfähigen Alter bis ins Jahr 2040 kontinuierlich zurückgeht. Vgl. IRMD 2021. Durchgeführt durch die Prognos AG.

<sup>28</sup> Die befragten Expertinnen und Experten sind sich einig, dass die Wertschöpfungspotenziale im Allgemeinen und für die IRMD im Speziellen nur schwer mit genauen Zahlen zu quantifizieren sind. Es wird aber durchgehend davon ausgegangen, dass die Wertschöpfung durch die Digitalisierung nachhaltig gesteigert und der Transformationsdruck in Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung kontinuierlich zunehmen wird.

die Anwenderbranchen Best-Practice-Unternehmen bzw. -Branchen als auch weitere Innovationstreiber in der IRMD identifiziert.

### 2.3.2.1 Transfer- und Forschungseinrichtungen in der IRMD als Grundlage für die Entwicklung von digitalen Produkten und Dienstleistungen

Die Unternehmen der IKT-Branche in der IRMD werden durch verschiedene **Cluster** sowie **Transfer- und Forschungseinrichtungen** unterstützt (vgl. Abschnitt 3.4.3). Die Ziele des *Cluster IT-Mitteldeutschland* liegen in der Erhöhung der Sichtbarkeit der regionalen IKT-Wirtschaft, der Förderung des Wissenstransfers und in der Stärkung von Fachkräften.<sup>29</sup> Das *Cluster Games und XR Mitteldeutschland* unterstützt wiederum die Vernetzungs- und Weiterbildungsangebote in dem digitalen Zukunftsfeld und stärkt den Wissenstransfer mit anderen Branchen.<sup>30</sup>

Die befragten Expertinnen und Experten nennen zudem die *regionalen Digitalisierungszentren* als wichtige **Intermediäre für die Digitalisierung** in der IRMD. Diese werden aktuell in Sachsen-Anhalt aufgebaut. Davon liegen mit dem Regionalen Digitalisierungszentrum Merseburg (Saalekreis) und dem Digitalisierungszentrum Zeitz (Burgenlandkreis) zwei in der IRMD.<sup>31</sup> Das **Digitalisierungszentrum in Merseburg** erfüllt die Rolle einer regionalen Leit- und Koordinierungsstelle in der digitalen Transformation. Es bündelt Digitalisierungsprojekte und -kompetenzen, erstellt digitale Strategien und vernetzt gezielt regionale Akteure aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft. Konkrete (mittelfristige) Ziele sind die Förderung von Neuansiedlungen, Ausgründungen aus der Hochschule und die Schaffung neuer Arbeitsplätze in der Region. Das **Digitalisierungszentrum Zeitz** verfolgt die Vision, vorhandene regionale und kommunale Stärken zu identifizieren und (überregional) weiter auszubauen. Schwerpunktvorhaben sind dabei die Förderung zukunftsfähiger Branchen sowie der Aufbau und die Unterstützung digitaler Geschäftsmodelle, Kompetenzen und Verwaltung. Mit konkreten Handlungsempfehlungen für eine digitale Strategie sollen die Strukturwandelprozesse aktiv begleitet werden.<sup>32</sup> Die befragten Expertinnen und Experten sprechen sich für eine langfristige Förderung und einen Aufbau über die Bundeslandgrenzen hinweg aus. Allerdings gilt es künftig, die Digitalisierungszentren verstärkt mit unternehmerischen Netzwerken zu verbinden und v. a. Kooperationen mit der Wirtschaft gezielt auszubauen.

Weiterhin bestehen mit dem *Smart Infrastructure Hub Leipzig*, dem *SpinLab HHL Accelerator* bzw. dem *Smart Infrastructure Ventures* weitere Hubs bzw. Gründerzentren in Leipzig. Diese drei Akteure sind eng miteinander verzahnt und bilden gemeinsam ein Ökosystem zur Förderung von Innovationen und Start-ups in Leipzig. Das *Smart Infra-*

---

<sup>29</sup> Weitere Informationen unter: IT Mitteldeutschland o. J.

<sup>30</sup> Weitere Informationen unter: Games und XR Mitteldeutschland o. J.

<sup>31</sup> Das Digitalisierungszentrum in Zeitz wird vom Bund gefördert – im Gegensatz zum Digitalisierungszentrum in Merseburg (Landesförderung). Dadurch kann das Zeitzer Zentrum auch Initiativen über die Landesgrenzen hinweg anstoßen, bspw. in Kooperation mit Akteuren aus dem Altenburger Land oder in Sachsen.

<sup>32</sup> Weitere Informationen zu den Digitalisierungszentren unter: Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt (o. J.): Unterstützte Digitalisierungszentren und -projekte in Sachsen-Anhalt.

*structure Hub Leipzig* unterstützt gezielt Innovationen und die Vernetzung von Wissenschaft, Unternehmen und Start-ups in den Bereichen Energy, eHealth und Smart City.<sup>33</sup> Das *SpinLab HHL Accelerator* ist in der Digital- und Innovationsstrategie des Freistaats Sachsen verankert und wird demnächst zum European Digital Innovation Hub. Es unterstützt interdisziplinäre Teams bei der Umsetzung und dem Wachstum ihrer technologieorientierten Gründungsvorhaben.<sup>34</sup> Die *Smart Infrastructure Ventures* investiert Early Stage Risikokapital gezielt in technologieorientierte Start-ups in der Region.<sup>35</sup>

In dem Projekt *Translationsregion für digitalisierte Gesundheitsversorgung (TDG)* sollen unter Projektleitung der Universitätsmedizin Halle gemeinsam mit Bündnispartnern aus Wirtschaft, Verbänden und Verwaltung die strukturellen Voraussetzungen für die Entstehung einer nachhaltigen Innovationskultur mit Bezug zur Digitalisierung in der Pflege- und Gesundheitswirtschaft geschaffen werden. Zu den Innovationsfeldern gehören u. a. folgende Themen:<sup>36</sup>

- ▶ Digitale wohnortnahe Versorgungskonzepte
- ▶ Teilhabeförderliche digitale Wohnformen bei Pflegebedürftigkeit
- ▶ Digitale Qualifizierungskonzepte für Fachkräfte und Angehörige

Weiterhin unterstützen u. a. das *Open Government Labor* in der Gemeinde Schkopau<sup>37</sup>, der POLYKUM e. V., verschiedene *Handwerkskammern* (sowohl allein als auch im Verbund) sowie *Kommunen und Städte* als **Intermediäre, Vermittler oder Finanzierer** die Digitalisierung in der IRMD.

Im Bereich *Forschung und Lehre* werden in den Experteninterviews die folgenden Einrichtungen mit Forschungsbezug zum Thema Digitalisierung genannt:

- ▶ Universität Leipzig,
- ▶ Institut für Angewandte Informatik e. V. (InfAI)<sup>38</sup>,
- ▶ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
- ▶ Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK) Leipzig,
- ▶ Macromedia Hochschule Standort Leipzig,
- ▶ Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle,
- ▶ Hochschule Merseburg,
- ▶ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig,
- ▶ Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS.

Eine genau Betrachtung der Forschungsschwerpunkte dieser Forschungseinrichtungen erfolgt in Kapitel 3. Eine Auflistung aller Forschungseinrichtungen im Mitteldeutschen

---

<sup>33</sup> Weitere Informationen unter: Smart Infrastructure Hub Leipzig o. J.

<sup>34</sup> Weitere Informationen unter: SpinLab HHL Accelerator o. J.

<sup>35</sup> Weitere Informationen unter: Smart Infrastructure Ventures o. J.

<sup>36</sup> Weitere Informationen unter: TDG o. J.

<sup>37</sup> Weitere Informationen unter: Merseburger Innovations- und Technologiezentrum GmbH o. J.

<sup>38</sup> Das InfAI ist ein An-Institut der *Universität Leipzig*.



Revier – inkl. der nicht in den Experteninterviews genannten Einrichtungen – findet sich in Anhang 7.

### 2.3.2.2 Anbieter von digitalen Produkten und Dienstleistungen in der IRMD

Die Anbietersparte besteht in der IRMD v. a. aus Kleinstunternehmen und kleinen Unternehmen.<sup>39</sup> Diese konzentrieren sich räumlich besonders auf die beiden Städte Leipzig und Halle. Die befragten Expertinnen und Experten bestätigen die Zahlen aus Abschnitt 2.2.2: Die IKT-Branche ist in den ländlichen Regionen der IRMD unterrepräsentiert. Im Vergleich zu den ländlich geprägten Regionen der IRMD bestehen die Vorteile der städtischen Räume in der dortigen Infrastruktur (z. B. Internetversorgung und Nähe zu den Forschungseinrichtungen), den Agglomerationsvorteilen (u. a. Wegzeiten, Dichte, Netzwerke, informeller Austausch) und durch eine hohe Zahl an (IKT-)Fachkräften. Einige befragte Expertinnen und Experten verweisen auf Ansiedlungen von IKT-Unternehmen im ländlichen Raum der IRMD (z. B. in Merseburg). Mittel- und langfristig wandern laut den Experteninterviews jedoch einige dieser Firmen nach Leipzig und Halle. Daher eröffnet die Digitalisierung für die **ökonomisch schwächeren Teilregionen auf Seiten der Anbieter** nur bedingt neue wirtschaftliche Perspektiven. Ausnahmen sind einzelne ländliche Teilräume mit Hochschulen oder Technologie- und Digitalisierungszentren (z. B. Zeitz und Merseburg).

Die in den Experteninterviews genannten Best-Practice-Unternehmen der IKT-Branche in der IRMD sind u. a. in den Bereichen **Analytics & Big Data** und **Softwareentwicklung bzw. -dienstleistungen** vertreten. Hier werden stellvertretend die *Brain-SCC* oder die *exceeding solutions*<sup>40</sup> in Merseburg, die *Gisa* oder *TSA Public Service (Teleport)* in Halle sowie *memoresa* oder die *Appsfactory* in der Stadt Leipzig genannt. Ein Schwerpunkt der Unternehmen liegt dabei auf der Entwicklung von Produkten für die Modernisierung der Verwaltung. Aufgrund des demografischen Wandels verabschieden sich bspw. in der Verwaltung in den kommenden Jahren vermehrt Beschäftigte in den Ruhestand. Digitalisierungsmaßnahmen, wie digitalisierte Arbeitsabläufe mittels Robotic Process Automation (vgl. Abschnitt 3.3.13), bieten daher die Möglichkeit, die Tätigkeiten durch Produktivitätsgewinne auch zukünftig abzubilden.

Das Themenfeld **IT- und Cyber-Sicherheit** wird in der IRMD ebenfalls durch einige der bereits genannten Unternehmen – wie bspw. die *Gisa* oder *Brain-SCC* – vorangetrieben. Ein weiteres Beispiel für Kompetenzen in der IRMD in diesem digitalen Zukunftsfeld ist die *Robin Data* in Merseburg. Das Unternehmen ist eine Ausgründung der Hochschule Merseburg und bietet umfassende Lösungen im Bereich Datenschutz und Datensicherheit. Es gehört dabei zu den hundert am schnellsten wachsenden Start-ups in Deutschland.<sup>41</sup> Weiterhin ist das Unternehmen *Mercateo* mit Standorten in Leipzig und Köthen (Anhalt-Bitterfeld) Vorreiter im Bereich **Digitale Plattformen**. Das Unternehmen bietet als Netzwerkdienstleister eine digitale Beschaffungsplattform *Leipzig vernetzt* im B2B-

---

<sup>39</sup> Vgl. Tabelle 5 für die Größenübersicht und Abschnitt 3.4 zu den inhaltlichen Kompetenzen der Firmen.

<sup>40</sup> Das Unternehmen bietet sowohl Hard- und Softwareentwicklung in den Bereichen Mess- und Automatisierungstechnik und Smart Metering an.

<sup>41</sup> Robin Data o. J.

Bereich an. In dem Bereich digitale Plattformen bestehen zudem unternehmerische Kompetenzen durch *Flying Circus* in Halle. Der Fokus liegt auf der Konfiguration, Betreuung und Verwaltung von individualisierten Open-Source-Plattformen für Geschäftskunden.

Weiterhin bestehen diverse Kompetenzen im Bereich der **XR-Technologien** – speziell Gamification – und in Bezug auf den **digitalen Zwilling**. Wie bereits beschrieben werden vorhandene Kompetenzen im **Cluster Games und XR Mitteldeutschland** gebündelt und organisiert.<sup>42</sup> Mit den Unternehmen *prefrontal cortex* oder *Amuse.Vision* in Halle werden in den Experteninterviews innovative Unternehmen in der IRMD stellvertretend hervorgehoben.<sup>43</sup> Im Bereich der **digitalen Zwillinge** ist u. a. das Unternehmen *Twinner* aus Halle im Bereich digitaler Fahrzeughandel und Digitalisierung der Automobilindustrie aktiv. Ein Autoscanner erzeugt dabei von Fahrzeugen in kurzer Zeit einen digitalen Zwilling (Digital Twinn®). Dadurch können Ausstattung, Zustand und mögliche Schäden umfassend dargestellt werden. Das eröffnet u. a. neue Wege beim Remarketing und bei der Inspektion. Das Unternehmen *prefrontal cortex* verknüpft im Projekt „Digitales Miniaturmodell der Siemensstadt in Berlin“ XR-Technologien mit dem digitalen Zwilling. Hierfür wurde ein animiertes 3D-Modell erstellt, um unter Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger eine moderne Arbeits- und Lebenswelt in der Siemensstadt zu entwickeln.

Im digitalen Zukunftsfeld **KI** werden in den Experteninterviews keine Best-Practice Unternehmen aus der IRMD genannt. Wie aus dem Kompetenzatlas hervorgeht, gibt es im Bereich KI jedoch verschiedene Unternehmen und Start-ups in der IRMD. Beispielsweise *OntoChem* und *RP Solutions* in Halle, *we-do.ai* in Leipzig oder *Truck Norris* im Saalekreis. Das Themenfeld wird generell als sehr wichtig und mit hohen Wertschöpfungspotenzialen angesehen – für die IRMD gilt es in diesem Themenfeld noch weiter aufzuholen und die unternehmerischen Kompetenzen zu stärken. Gegenwärtig befindet sich die Entwicklung der KI laut den Experteninterviews noch auf einem eher theoretischen Niveau. Um international wettbewerbsfähig zu sein<sup>44</sup>, muss jedoch KI verstärkt ihren Weg in die Anwendung finden. Diese Potenziale gilt es – auch in der IRMD – weiter auszubauen. Ein wichtiger Akteur in der regionalen Forschungslandschaft der IRMD ist der *KI-Hub Sachsen* bzw. das *InfAI*. Das 2019 gegründete Institut zeichnet sich durch zahlreiche Forschungsaktivitäten, den Transfer von Know-how und die Einbettung in ein kooperatives Netzwerk mit Forschungsinstituten und Unternehmen aus. Dabei steht besonders ein hoher Anwendungsbezug und eine effizientere Nutzung der KI durch Unternehmen, Forschungsinstitutionen und die Verwaltung im Mittelpunkt. Eine weitere zentrale KI-Infrastruktur wird in den kommenden Jahren im Mitteldeutschen Revier entstehen: Leipzig hat kürzlich die Bewilligung für den Aufbau eines KI-Rechenzentrums erhalten.<sup>45</sup>

Die Best-Practice Analyse bestätigt die räumliche Konzentration von erfolgreichen Unternehmen der IKT-Branche auf die beiden Städte Leipzig und Halle sowie – mit Abstrichen – auf den Saalekreis. Künftig gilt es laut den Expertinnen und Experten **digitale Zukunftsfelder in Nischen** zu besetzen und dort Innovationen gezielt voranzutreiben. Hier

---

<sup>42</sup> Weitere Informationen unter: Games und XR Mitteldeutschland o. J...

<sup>43</sup> Ein weiteres Beispiel ist das Unternehmen *Gecko.1*. Das Unternehmen aus Leipzig fokussiert auf die Themen Filmproduktion & Videomarketing.

<sup>44</sup> Bundesregierung 2020.

<sup>45</sup> MDR 2021.

kann nach Expertenmeinung besonders die **Kombination aus verschiedenen digitalen Zukunftsfeldern Erfolg bringen (Cross-Innovation) und neue Märkte öffnen.**

### 2.3.2.3 Anwender von digitalen Produkten und Dienstleistungen in der IRMD

Auf der Anwenderseite zeigt sich ein heterogenes Bild in der IRMD. Die befragten Expertinnen und Experten schätzen den Kenntnisstand der Unternehmen in der IRMD in Bezug auf digitale Märkte und Produkte generell als ausbaufähig ein. Die Digitalisierung wird noch nicht systemisch und ganzheitlich umgesetzt. Es gibt demnach noch vielfältige Verbesserungspotenziale – besonders indem bestehende Informationsdefizite abgebaut werden. Einige der befragten Expertinnen und Experten teilen die Meinung, dass es häufig noch an einem grundsätzlichen Verständnis mangelt, welche Vorteile die Digitalisierung für das eigene Unternehmen bereithält (z. B. die Erschließung neuer Märkte und Wachstumschancen). V. a. für viele KMU ist die Digitalisierung häufig noch ein Schlagwort, welches schwer zu konkretisieren ist: aufgrund der Neuartigkeit stellt es v. a. KMU noch vor Herausforderung. Die Unternehmen haben noch Schwierigkeiten, die Wirkkraft des digitalen Wandels bzw. die sich ergebenden Chancen systematisch zu erfassen. Dies resultiert bislang zu häufig in einer inadäquaten Einschätzung, welche Bedarfe und Anforderungen das eigene Unternehmen in Zukunft prägen wird. Die Ergebnisse der Befragung verdeutlichen zudem, dass die Anwendung digitaler Produkte und Dienstleistungen stark von den handelnden Personen in den Unternehmen abhängt. Einzelne engagierte und gut informierte Personen in den Unternehmen sind aktuell oft noch die alleinigen Treiber von Digitalisierungsprozessen in nicht IKT-Unternehmen. In der Anwendung von digitalen Produkten und Dienstleistungen ergeben sich für die IRMD im Allgemeinen und für die ländlichen Teilräume im Speziellen **vielfältige neue wirtschaftliche Perspektiven** für Unternehmen.

Mit Blick auf mögliche Anwendungsbranchen werden besonders die **Gesundheitswirtschaft** (u. a. digitale Medizin, KI), die **öffentliche Verwaltung** (u. a. Big Data & Analytics), der **Energiesektor** (u. a. KI) oder die Logistik (u. a. Logistik 4.0, autonomes Fahren) in der IRMD als vielversprechend eingeschätzt. Darüber hinaus ergeben sich im verarbeitenden Gewerbe im **Maschinenbau** (in den sächsischen Kreisen, u. a. Industrie 4.0, Predictive Maintenance), **Automotive** (in der Stadt Leipzig, u. a. autonomes Fahren) oder in der **Pharma- und Chemiebranche** (in sachsen-anhaltischen Kreisen, Chemie 4.0) hohe Anwendungspotenziale von digitalen Produkten und Dienstleistungen in der IRMD.<sup>46</sup> Diese geäußerten Einschätzungen weisen eine hohe Kongruenz mit den Ergebnissen der quantitativen Analysen auf.<sup>47</sup> Mit Blick auf den digital generierten Umsatz zeigen sich in diesen Wirtschaftsbranchen erhebliche Wachstums- und Verbesserungspotenziale in der IRMD

---

<sup>46</sup> Besonders die Energie- & Chemiebranche befinden sich gegenwärtig in Transformationsprozessen, beide Branchen weisen hinsichtlich der weiteren Entwicklung ein hohes Chancen-Risiken-Verhältnis auf (vgl. IRMD 2021. Durchgeführt durch die Prognos AG). Die Digitalisierung könnte in diesen Branchen ein wichtiger Enabler sein, um das in der IRMD-Studie „Sozio-ökonomische Perspektive 2040“ skizzierte obere Szenario zu erreichen. In der Chemiebranchen ergeben sich neuartige Chancen durch die Digitalisierung bspw. in der Fein- und Spezialchemie.

<sup>47</sup> Lediglich der Bereich öffentliche Verwaltung – der nicht der zentrale Betrachtungsgegenstand der vorliegenden Studie ist – wurde nicht gesondert betrachtet, weist in der IRMD mit 6 % allerdings einen hohen Beschäftigungsanteil auf.

(vgl. u. a. Abbildung 5). Die Resultate zeigen zudem **eine hohe Überschneidung** zwischen den hier genannten Anwenderbranchen der Digitalisierung und den **definierten sieben Technologiefeldern der IRMD**<sup>48</sup> sowie den identifizierten Wachstumsbranchen der IRMD-Studie „**Sozio-ökonomische Perspektive 2040**“.<sup>49</sup>

Schließlich unterstreichen die geführten Experteninterviews die Bedeutung der KI als wichtiges digitales Zukunftsfeld – v. a. als **Querschnittsthema in nicht IKT-Branchen**. Für die Implementierung in Unternehmen braucht es jedoch zunächst bestimmte infrastrukturellen Voraussetzungen: hier ist sowohl der Ausbau der Breitbandanbindung als auch der Bau von 5G-Netzen zu nennen. Während der Breitbandausbau noch nicht zufriedenstellend abgeschlossen ist, steckt der Rollout von 5G generell noch in den Anfängen (vgl. Kapitel 4). Weiterhin zeigen die Ergebnisse die vielfältigen und durch die Digitalisierung geschaffenen wirtschaftlichen Perspektiven für Unternehmen in den ländlichen Teilräume der IRMD auf.

## 2.4 Instrumentenmix in der IRMD & Best-Practice-Beispiele

### 2.4.1 Bestehender Instrumentenmix in der IRMD

Um die Digitalisierung in der Fläche der IRMD voranzutreiben, ist der bisherige **Instrumentenmix**, der über die derzeitigen Programme von Bund und Ländern angeboten wird, zu überprüfen und bedarfsgerecht weiterzuentwickeln. Hierzu werden die Förderdatenbank des Bundes, die Sächsische Aufbaubank, die Investitionsbank Sachsen-Anhalt und die Thüringer Aufbaubank herangezogen.<sup>50</sup> Die Bestandsaufnahme der digitalisierungsbezogenen Förderprogramme ist in der Abbildung 13 systematisiert.



**Abbildung 13: Bestandsaufnahme der digitalisierungsbezogenen Förderprogramme**

Quelle: Förderdatenbank des Bundes, Sächsische Aufbaubank, Investitionsbank Sachsen-Anhalt und Thüringer Aufbaubank, Interviews Prognos

<sup>48</sup> IRMD 2020. Durchgeführt von Conomic Research & Results.

<sup>49</sup> IRMD 2021. Durchgeführt von der Prognos AG.

<sup>50</sup> Für zusätzliche Informationen zu den einzelnen Förderdatenbanken siehe folgende Links: Förderdatenbank des Bundes: <https://www.foerderdatenbank.de/FDB/DE/Home/home.html>, Sächsische Aufbaubank: <https://www.sab.sachsen.de/>, Investitionsbank Sachsen-Anhalt: <https://www.ib-sachsen-anhalt.de/> und Thüringerische Aufbaubank: <https://www.aufbaubank.de/Foerderprogramme>.



Wie aus der Abbildung hervorgeht, besteht in der IRMD ein breitgefächertes Angebot an Fördermöglichkeiten mit Bezug zur Digitalisierung, das sich sowohl aus landeseigenen als auch aus Bundesprogrammen zusammensetzt. Die Schwerpunkte der Förderaktivitäten liegen im Ausbau der **digitalen Infrastruktur**, in der **digitalen Ertüchtigung des Aus- und Weiterbildungssystems** sowie in der **Förderung von Unternehmen** im Allgemeinen und – vor dem Hintergrund der mittelständisch geprägten Wirtschaftsstruktur – von KMU im Speziellen. Bezüglich des letztgenannten Kernbereichs können zum Teil erheblich divergierende Fördermöglichkeiten auf Landesebene konstatiert werden. Während die Summe für KMU in Thüringen auf maximal 15 Tsd. Euro und in Sachsen auf maximal 50 Tsd. Euro begrenzt sind, liegt der Wert in Sachsen-Anhalt bei 70 bis 120 Tsd. Euro und damit rund fünf- bis achtmal höher als in Thüringen. Auch die Anzahl der aufgelegten Programme ist in Sachsen-Anhalt am größten.

Bezugnehmend auf die Einschätzungen der Expertinnen und Experten kann abgeleitet werden, dass die verfügbare Zahl an Förderinstrumenten mehrheitlich als ausreichend angesehen wird – sowohl mit Blick auf die finanzielle Ausstattung als auch hinsichtlich der Angebotsbandbreite. Insbesondere die Programme **Digital Creativity & Digital Innovation des Landes Sachsen-Anhalt** werden vielfach explizit als attraktive und gut ausgestaltete Programme genannt, die innerhalb der Unternehmenslandschaft auf eine rege Nachfrage treffen. Aus diesem Grund sind die zur Verfügung stehenden Fördermittel gut ausgeschöpft, weshalb eine weitergehende Finanzierung als in hohem Maße gewinnbringend erachtet wird.

Es wird jedoch auch darauf hingewiesen, dass das Angebot an **Wagniskapital** in der IRMD zu gering ist. Auch **im Bereich der KMU** (insbesondere bei Handwerksbetrieben) und Unternehmen, die nicht im IKT-Bereich angesiedelt sind, sowie bei vergleichsweise kleinen, niederschweligen Projekten mit einem kurzfristigen Zeithorizont bestehen derzeit noch **Förderlücken**. Als Abhilfe wird einhellig eine **niederschwellig konzipierte Digitalisierungsförderung** vorgeschlagen. Ein geeignetes Budget für diese Einstiegsmaßnahmen liege zwischen 6 und 10 Tsd. Euro mit einem 20- bis 30-prozentigen Eigenanteil. Neben der Förderung in der Breite gelte es aber auch, die **Eigenforschung betreibende Spitze** durch die Schaffung **regulatorischer Freiräume** und die Bereitstellung von **Anschlussfinanzierungen** adäquat zu unterstützen.

Von diesen Aspekten abgesehen wird aber grundsätzlich die Meinung vertreten, dass es insgesamt **keine flächendeckende Überarbeitung der Förderlandschaft** bedürfe, vielmehr müssten **bestehende Angebote qualitativ**, das heißt vor allem im Sinne einer **Flexibilisierung und Vereinfachung, verbessert werden**. Dabei wird v. a. angemahnt, dass die Antragstellung für viele der aktuellen Programme **zu bürokratisch, mit zu vielen Auflagen** und deshalb mit **erheblichem organisatorischem und zeitlichem Aufwand** verbunden sei. Daher ist es für KMU schwer, diesen Prozess neben der normalen unternehmerischen Tätigkeit zu bewältigen (mehr dazu in Kapitel 5).

## 2.4.2 Förderinstrumente für KMU und Best-Practice-Beispiele aus anderen deutschen Regionen

Da eine zielgerichtete Digitalisierungsstrategie neben dem Angebot flexibler Förderprogramme weitere Faktoren beinhaltet, wird zusätzlich zur vorangegangenen kritischen Bestandsaufnahme zunächst eine **allgemeine Recherche von Fördermaßnahmen für KMU** in Deutschland vorgenommen. Gerade **KMU** sind zum Teil zögerlicher, was Digitalisierungsmaßnahmen betrifft. Grund dafür ist häufig eine fehlende Nutzentransparenz, gepaart mit technischen und wirtschaftlichen Unsicherheiten. Tabelle 1 zeigt Förderinstrumente, die KMU bei der Digitalisierung befähigen können und besonders vielversprechend sind (u. a. aus Baden-Württemberg).

**Tabelle 1: Förderinstrumente für KMU in anderen Regionen in Deutschland**

Quelle: Eigene Recherche unter Nutzung der in der Tabelle und im Literaturverzeichnis genannten Quellen

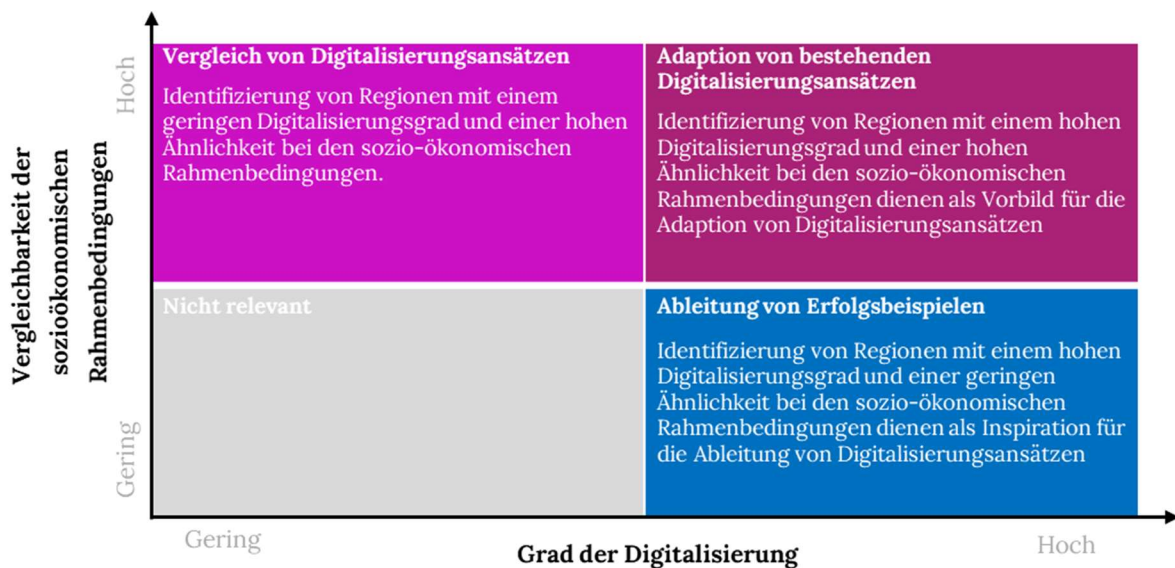
Instrument	Mögliche Effekte	Beispiele (Link)
<b>Wissens- und Technologietransfer vor Ort</b>	Mit dem <b>Wissens- und Technologietransfer</b> vor Ort wird insbesondere für KMU, die sich in der Fläche des Landes befinden, der Einstieg in Digitalisierungsthemen so einfach wie möglich gestaltet. Angebote sollten in der Fläche getragen werden. <b>Regionale KI-Labs</b> sollen erste Anlaufstelle für interessierte Unternehmen sein, in denen Informationen über konkrete Einsatzmöglichkeiten und beispielhafte Anwendungen geboten werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Das Digital Hub-Netzwerk Baden-Württemberg (<a href="https://www.wirtschaft-digital-bw.de/digital-hubs/digital-hubs">https://www.wirtschaft-digital-bw.de/digital-hubs/digital-hubs</a>)</li> <li>Regionale Labore für Künstliche Intelligenz in Baden-Württemberg (<a href="https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/regionale-ki-labs">https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/regionale-ki-labs</a>)</li> <li>AI-Circle als Netzwerk im Raum Stuttgart, um regionale Akteure im KI-Umfeld zu vernetzen (<a href="https://ai-circle.de/">https://ai-circle.de/</a>)</li> </ul>
<b>Micro-Testbeds</b>	In <b>Micro-Testbeds</b> arbeiten ca. 4-6 Unternehmen aus unterschiedlichen Domänen und Wertschöpfungsstufen in kleinen Arbeitsgruppen zusammen. Fokus liegt auf der konkreten Umsetzung von Digitalisierungs- und Vernetzungsansätzen im Unternehmen mit dem Ziel der branchenübergreifenden Zusammenarbeit, Kontaktaufbau zu Technologiepartnern, Erschließung neuer Märkte, Zugang zu internationalen Entwicklungen und größere nationale/internationale Sichtbarkeit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steinbeis Micro-Testbeds (<a href="http://steinbeis-digital.de/methodik-micro-testbeds/">http://steinbeis-digital.de/methodik-micro-testbeds/</a>)</li> </ul>
<b>Auszeichnung von Best Practices</b>	Mit Best Practices können andere Unternehmen inspiriert werden, ebenfalls die ersten oder nächsten Schritte in Bezug auf die Digitalisierung zu tätigen (wichtig: es sollte sich um vergleichbare Unternehmen handeln). Die Auszeichnung durch eine angesehene Persönlichkeit (z. B. Wirtschaftsminister) bringt eine enorme Wertschätzung. Mit der Auszeichnung (Erhalt der Urkunde, PR) wird den Unternehmen bescheinigt, dass sie zu Vorreitern der Region gehören.	<ul style="list-style-type: none"> <li>KI-Champions Baden-Württemberg (<a href="https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/wettbewerb-ki-champions-bw">https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/wettbewerb-ki-champions-bw</a>)</li> <li>100 Orte für Industrie 4.0 in Baden-Württemberg (<a href="https://www.i40-bw.de/de/100-orte/100-orte-wettbewerb/">https://www.i40-bw.de/de/100-orte/100-orte-wettbewerb/</a>)</li> <li>Best Practice Digitalisierung Niederrhein (<a href="https://www.innovationspartner-niederrhein.de/aktuelles/best-practice-digitalisierung/">https://www.innovationspartner-niederrhein.de/aktuelles/best-practice-digitalisierung/</a>)</li> </ul>
<b>Service-Katalog/ Kompetenzatlas</b>	Ein Servicekatalog/Kompetenzatlas soll Service-Angebote und bestehende Kompetenzen in einer Region transparent machen und Kooperationen unterstützen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>CloudMail Baden-Württemberg (<a href="https://cloud-mall-bw.de/cloud-mall-bw-servicekatalog/">https://cloud-mall-bw.de/cloud-mall-bw-servicekatalog/</a>)</li> <li>Kompetenzatlas Cluster it's OWL (<a href="https://www.its-owl.de/beratung-und-matching/">https://www.its-owl.de/beratung-und-matching/</a>)</li> </ul>

<b>Förderprogramme</b>	Mit der Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sollen Anreize für private Investitionen in die Digitalisierung erhöht und durch die innovative (Weiter-)Entwicklung von digitalen Zukunftsthemen (z. B. KI) die Marktreife von neuen bzw. erheblich verbesserten Produkten und Dienstleistungen beschleunigt werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KI-Innovationswettbewerb Baden-Württemberg (<a href="https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/innovationswettbewerb-ki-fuer-kmu">https://www.wirtschaft-digital-bw.de/ki-made-in-bw/innovationswettbewerb-ki-fuer-kmu</a>)</li> <li>• DigiBoost Rheinland-Pfalz (<a href="https://isb.rlp.de/foerderung/183.html">https://isb.rlp.de/foerderung/183.html</a>)</li> </ul>
<b>Beratung</b>	<p>Ausgangspunkt für jede digitale Transformation ist eine digitale Strategie. Hierzu ist die Basis eine individuelle Potenzialanalyse; eine Einordnung in ein allgemeingültiges Reifegradmodell reicht nicht aus. Mit Beratungsansätzen, wie dem <b>Industrie 4.0-Scouting</b> wird aufgezeigt, wie unternehmensindividuelle Potenziale genutzt werden können.</p> <p><b>Talente</b> unterschiedlicher Fachbereiche werden für KI fit gemacht und gezielt mit KMU zusammengebracht. KMU profitieren von frischen Ideen und Impulsen und kommen zwanglos mit potenziellen Nachwuchskräften in Kontakt.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrie 4.0-Scouting (<a href="https://www.i40-bw.de/scouting/">https://www.i40-bw.de/scouting/</a>)</li> <li>• 100 KI-Talente (<a href="https://biec.iao.fraunhofer.de/de/Transfer/100-KI-Talente.html">https://biec.iao.fraunhofer.de/de/Transfer/100-KI-Talente.html</a>)</li> </ul>

Darauf aufbauend werden **Best-Practice-Beispiele** aus anderen deutschen Städten und Landkreisen herausgearbeitet. Diese greifen z. T. die in Tabelle 1 dargestellten Förderinstrumente auf. Für die Identifizierung der Best-Practice-Beispiele werden in einem ersten Schritt alle 401 deutschen Kreise und kreisfreien Städte in 20 Cluster eingeteilt. Die Einteilung der deutschen Regionen in Cluster dient der Auswahl von Vergleichsregionen anhand des Vergleiches der sozioökonomischen Merkmale der neun Kreise und kreisfreien Städte der IRMD mit anderen deutschen Kreisen. Auf Basis des statistischen Ward-Verfahrens erfolgte die Clusterung anhand der folgenden sozioökonomischen Variablen:

- ▶ Bruttowertschöpfung,
- ▶ Bruttoinlandsprodukt,
- ▶ Unternehmensstruktur,
- ▶ Erwerbstätige und
- ▶ Bevölkerung.

Die jeweilige Zuordnung zu einem Cluster und der Digitalisierungsgrad der einzelnen Teilräume der IRMD werden in Anhang 2 (Ergebnisse des Ward-Verfahrens und Clustereinteilung) dargestellt. Ausreißer bei den sozioökonomischen Strukturen in der IRMD sind die Städte Leipzig und Halle sowie der Saalekreis. Da ein Fokus auf der Darstellung von möglichen Förderinstrumenten speziell für die strukturschwachen Gebietskörperschaften und ländlicheren Teilregionen mit ungünstigen ökonomischen Entwicklungsperspektiven in der IRMD liegt, richtet sich die Auswahl der Vergleichsregionen v. a. an der Stadt Halle und den sieben ländlichen Teilräumen der IRMD aus. Dafür wird die in Abbildung 14 dargestellte **Entscheidungsmatrix** genutzt.



**Abbildung 14: Entscheidungsmatrix zur Auswahl von Vergleichsregionen**

Quelle: Eigene Darstellung Prognos

Der Digitalisierungsgrad der jeweiligen Vergleichsregion wird auf Basis des **Digitalisierungskompass der Prognos** bestimmt.<sup>51</sup> Die Grundlage für das Ranking im Digitalisierungskompass bilden zwölf Indikatoren, die sich wiederum drei übergeordneten Kategorien zuordnen lassen:

1. Arbeitsmarkt digitaler Berufe,
2. Informations- und Kommunikationstechnik-Branche, und
3. Breitbandversorgung.

In der Summe leistet dieses Design die Voraussetzung für eine dreistufige Maßstabsanalyse, die (1) den **Vergleich** und (2) die **Adaption** von Digitalisierungsansätzen sowie (3) die **Ableitung von Erfolgsbeispielen**<sup>52</sup> ermöglicht. Die für den Vergleich herangezogenen Regionen mit einem geringen Digitalisierungsgrad und einer hohen Ähnlichkeit bei den sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen (linker oberer Quadrant in Abbildung 14) sind die Landkreise Nienburg (Weser) und Lüchow-Dannenberg. Die als Vorbild für die Adaption von Digitalisierungsansätzen fungierende Gruppe (hohe Ähnlichkeit der sozioökonomischen Strukturen und hoher Digitalisierungsgrad, rechter oberer Quadrant in Abbildung 14) setzt sich aus den Landkreisen Erlangen-Höchstadt und Leer zusammen. Die dritte Gruppe, welches als Inspiration für die Ableitung erfolgreicher Digitalisierungsansätze dient, umfasst Regionen mit einem hohen Digitalisierungsgrad und einer geringen Ähnlichkeit bei den sozio-ökonomischen Rahmenbindungen (rechter unterer Quadrant Abbildung 14). Hierzu zählen u. a. die Landkreise Offenbach und Mettmann.

<sup>51</sup> Weitere Informationen unter: <https://www.prognos.com/de/projekt/digitalisierungskompass-2018>.

<sup>52</sup> Die Best-Practice-Anregungen dieses Clusters dienen vor dem Hintergrund der sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen als Referenzpunkt für die kreisfreien Städte der IRMD und dabei in erster Linie für die Stadt Leipzig.



Im Folgenden werden für jede der drei Vergleichsgruppen jeweils **zwei identifizierte Digitalisierungsansätze** skizziert. Diese Praxisbeispiele sollen wertvolle Anregungen für die Konzeptionalisierung von konkreten Projektideen und Förderinstrumenten in der IRMD liefern.

#### 2.4.2.1 Vergleich von Digitalisierungsansätzen (Quadrant links oben)

Die aus der Recherche zur ersten Gruppe abgeleiteten Konzepte sind die **Digitalisierungsscouts** und das Vorhaben **SmartRegion Weserbergland Plus**.

Die im Landkreis Lüchow-Dannenberg bereits eingesetzten **Digitalisierungsscouts**<sup>53</sup> sind ein Projekt des RKW Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e.V. Dessen grundlegende Idee besteht darin, die vorhandenen Digitalkompetenzen von Auszubildenden zu nutzen und gegebenenfalls durch Qualifizierungsmaßnahmen zu vertiefen, damit diese mit ihrem Know-how im Ausbildungsbetrieb Digitalisierungspotenziale aufdecken und daran anknüpfende Projekte anstoßen können. Auszubildende, Ausbilderinnen und Ausbilder werden vom RKW begleitet, das ebenfalls eine elektronische Lernplattform und die nötigen Wissensbausteine sowie Tools für die Projektarbeit zur Verfügung stellt. Dieses Projekt kann sowohl für die teilnehmenden Unternehmen als auch für die zukünftigen Fachkräfte wichtige Impulse liefern. Mit Blick auf die Unternehmen kann u. a. die Identifizierung digitaler Potenziale und ein Gewinn an digitaler Reife genannt werden, auf Seiten der Auszubildenden sei exemplarisch auf die Übernahme von Verantwortung sowie E-Learning und Projektmanagement Erfahrung verwiesen. Gemäß einer aktuellen Auswertung des RKW sind die Erfahrungen mit den Digiscouts sehr positiv: Drei Viertel der bisher teilnehmenden Betriebe können durch die umgesetzten Projekte einen positiven Nutzen im Arbeitsalltag verzeichnen und bei mehr als zwei Drittel der Unternehmen wurden durch diesen Anfangsimpuls weitere Digitalisierungsmaßnahmen initiiert.<sup>54</sup>

Das interkommunale Projekt **SmartRegion Weserbergland Plus**, in dem u. a. der Landkreis Nienburg (Weser) involviert ist, ist in Kooperation mit der Hochschule Weserbergland der Frage nachgegangen, wie eine innovative digitale Verwaltung im ländlichen Raum in der Zukunft ausgestaltet werden kann. Dabei wurden unter Leitung der Hochschule Weserbergland bspw. in Reallaboren (KI-Labs) Konzepte mit digitalen Lösungsansätzen erarbeitet und erprobt, die einen Mehrwert für die interkommunale Verwaltung haben. Begleitend konnten Bürgerinnen und Bürger über eine Online-Befragung Vorschläge zur digitalen Zukunft der Verwaltung einbringen. Darüber hinaus wurden Qualifizierungsmaßnahmen für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durchgeführt.<sup>55</sup> Die Konzipierung eines vergleichbaren Projektes erscheint für die IRMD aus mehreren Gründen sehr passgenau und gewinnbringend. Zum einen ist der **interkommunale Grundgedanke** die konstitutive Basis der IRMD und zum anderen verfügt die Region über eine Vielzahl an Forschungseinrichtungen, die in den Prozess involviert werden könnten. Darüber hinaus gibt es u. a. mit der *brain-SCC* auch Unternehmen in der IRMD, die erfolgreich in diesem Markt agieren. Letztlich würde ein derartiges Projekt ebenfalls die von den Expertinnen und Experten vielfach thematisierten Potenziale einer Vorreiterrolle im Themenfeld innovative

<sup>53</sup> Weitere Informationen unter: <https://www.digiscouts.de/>.

<sup>54</sup> RKW Kompetenzzentrum 2021.

<sup>55</sup> Amt für regionale Landesentwicklung Leine-Weser o. J.

und digitale Verwaltung adressieren. Das hätte wiederum **Multiplikatoreffekte auf die Wirtschaft in der IRMD** (z. B. schnellere Verwaltungsprozesse). Bezüglich der Fördermöglichkeiten kann konstatiert werden, dass die IRMD beim Benchmarking mit dieser Gruppe ein deutlich breiteres Programmpaket anbietet.

#### 2.4.2.2 *Adaption von Digitalisierungsansätzen (Quadrant rechts oben)*

Die Impulse für die **Adaption bestehender Digitalisierungsansätze** (Quadrant rechts oben) liefern die Landkreise Leer und Erlangen-Höchstadt. Die aus der Recherche abgeleiteten Konzepte sind zum einen der **Digital Hub Ostfriesland** und zum anderen die „**Digitale Bildungsregion Erlangen-Höchstadt**“.

Obwohl der Landkreis Leer im Digitalisierungskompass 2018 der Prognos AG im Gesamt-ranking nur auf Platz 180 liegt, hat er v. a. mit Blick auf den **Anteil der IT-Auszubildenden an allen Auszubildenden** eine Spitzenposition inne (Platz 18). Daher wird er in dieser Kategorie als Landkreis mit hohem Digitalisierungsgrad eingeordnet. Seit Januar 2021 ist der Landkreis ein geförderter Digital.Hub des Landes Niedersachsen. In Kooperation mit den Landkreisen Aurich, Wittmund und Emden, der Hochschule Emden/Leer und vielfältigen Akteurinnen und Akteuren aus der Wirtschaft fungiert der **Digital Hub Ostfriesland (DHO)** in der Stadt Leer im Sinne von Vernetzung, Förderung und Austausch als ein Knotenpunkt für digitale Innovationen in Ostfriesland. Dabei liegt der Fokus neben technologischen Schwerpunkten u. a. im Bereich Industrie 4.0, Smart Region oder IT-Sicherheit v. a. auf der **Aus- und Weiterbildung von jungen IT-Talenten und -Fachkräften**. Darüber hinaus ist ein offener „Maker-Space“ Teil des Hubs, in dem vielfältigen gesellschaftlichen Stakeholdern durch praktische Anwendungserfahrungen im Dialog miteinander ein kreativer Zugang zu Digitalthemen ermöglicht werden soll.<sup>56</sup>

Unter dem Titel „**Digitale Bildungsregion**“ hat der Landkreis Erlangen-Höchstadt ein integriertes und vom Freistaat Bayern ausgezeichnetes Konzept entwickelt, das die vier Handlungsfelder „Digitalisierung gemeinsam gestalten“, „Entwicklung einer modernen IT-Landschaft“, „Vermittlung von Kompetenzen für eine digitalisierte Welt“ und „Wirtschaft 4.0 – Digitale Transformation“ beinhaltet und damit weit über eine – naturgemäß ebenfalls enthaltene – isolierte Digitalisierungsstrategie für das klassische Schul- bzw. Bildungssystem hinausgeht. Exemplarisch sei in diesem Zusammenhang ein Smartphone-Projekt angeführt, bei dem Jugendliche als „digital Natives“ älteren Menschen den Umgang mit digitalen Endgeräten näherbringen. Dies verdeutlicht, dass die fortschreitende Digitalisierung als Chance für einen generationenübergreifenden Dialog und damit für ein funktionierendes Gemeinwesen genutzt wird. Des Weiteren wurde der Aufbau einer Austausch- und Vernetzungsplattform angestoßen, die regionale Unternehmen und Bildungsinstitutionen zusammenbringt, damit Schulleitungen, Lehrkräfte und pädagogische Fachkräfte über aktuelle Herausforderungen und im Zuge des technologischen Fortschritts wichtiger werdende Qualifikationen informiert werden. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der projektbezogenen Attraktivitätssteigerung von MINT-Fächern, in etwa durch Zusammenarbeit von Schulen und Hochschulen.<sup>57</sup>

---

<sup>56</sup> Landkreis Leer o. J.

<sup>57</sup> Landkreis Erlangen-Höchstadt o. J.

### 2.4.2.3 Ableitung von Digitalisierungsansätzen (Quadrant rechts unten)

Die aus der Recherche zur dritten Gruppe abgeleiteten Digitalisierungsansätze sind zum einen der **digihub Düsseldorf/Rheinland**, dessen Partner der Landkreis Mettmann ist, und zum anderen das **Cross Innovation Netzwerk** des Landkreises Offenbach. Einleitend sei darauf hingewiesen, dass der Landkreis Mettmann im direkten Umfeld der Metropole Düsseldorf liegt und der Landkreis Offenbach Teil der Metropolregion Frankfurt/Rhein-Main ist. Damit profitieren beide Gebietskörperschaften von einer Reihe agglomerationsbedingter Spill-Over-Effekte, bspw. mit Blick auf die Ansiedlung von IKT-Unternehmen sowie die Sogwirkung auf Kreative und Innovatoren. Ferner implizieren die vorderen Platzierungen beider Landkreise im Digitalisierungsranking, dass neben den vorgestellten Leuchtturmprojekten eine ganzheitlich erfolgreiche Digitalisierungsstrategie umgesetzt wird.

Der digihub Düsseldorf/Rheinland bündelt vielfältige Kompetenzen und wirkt dabei auf die Vernetzung von Mittelstand, Start-ups, Konzernen, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Investorinnen und Investoren hin. Mit dem Ziel, eine Beschleunigung von digitalen Gründungsideen mit Wachstumspotenzial zu erreichen, umfassen die Angebote und Formate des digihubs u. a. Matchmaking-Events, einen Start-up Accelerator, Gründerstipendien oder Bootcamps. Die Einbettung in die Hub-Struktur erlaubt dem Landkreis Mettmann den Zugriff auf vielfältige Ressourcen, was positiv auf die regionale Wirtschaftsförderung einzahlen kann.<sup>58</sup>

Das im Zuge der Digitalisierung immer wichtiger werdende Motiv der Vernetzung und Kooperation greift ebenfalls das **Cross Innovation Netzwerk** des Landkreises Offenbach auf. Vor dem Hintergrund der Zusammenarbeit mit der IHK Offenbach am Main, der Frankfurt University of Applied Sciences und der Berufsakademie Rhein-Main wird eine Brücke zwischen den Themen Innovation, Digitalisierung und Personalmanagement geschlagen. Durch Veranstaltungsformate wie **Best-Practice-Unternehmensbesuche** und **Laborgespräche** können innerhalb des regionalen unternehmerischen Ökosystems lern- und kooperationsbedingte Potenziale gehoben werden.<sup>59</sup>

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich die den sechs vorgestellten Digitalisierungsansätzen zugrundeliegenden Organisations- und Kommunikationsformen ebenfalls in den normativen Einlassungen der interviewten Expertinnen und Experten wiederfinden. So wird bspw. mehrfach darauf hingewiesen, dass der **Aufbau von Netzwerkstrukturen** für die zukünftige Innovationsfähigkeit elementar sei. Konkret sollte der Aufbau eines zentralen Digi-Hub-and-Spoke-Netzwerk ins Auge gefasst werden, der neben der Generierung genuin ökonomischer Vorteile (Matching, Beratung, usw.) auch dem sehr wichtigen informellem Austausch zwischen den regionalen Stakeholdern eine Plattform böte. Auch die zeitweise Flexibilisierung regulatorischer Rahmenbedingungen solle forciert werden. Die Erprobung von Lösungsideen in **Reallaboren oder Testräumen** könne die Innovationsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der IRMD erheblich verbessern und sei neben der passgenauen Förderinfrastruktur ein zentraler Baustein für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung (diese Aspekte werden in Abschnitt 5 aufgenommen).

---

<sup>58</sup> Digital Innovation Hub Düsseldorf/Rheinland o. J.

<sup>59</sup> IHK Offenbach o. J.

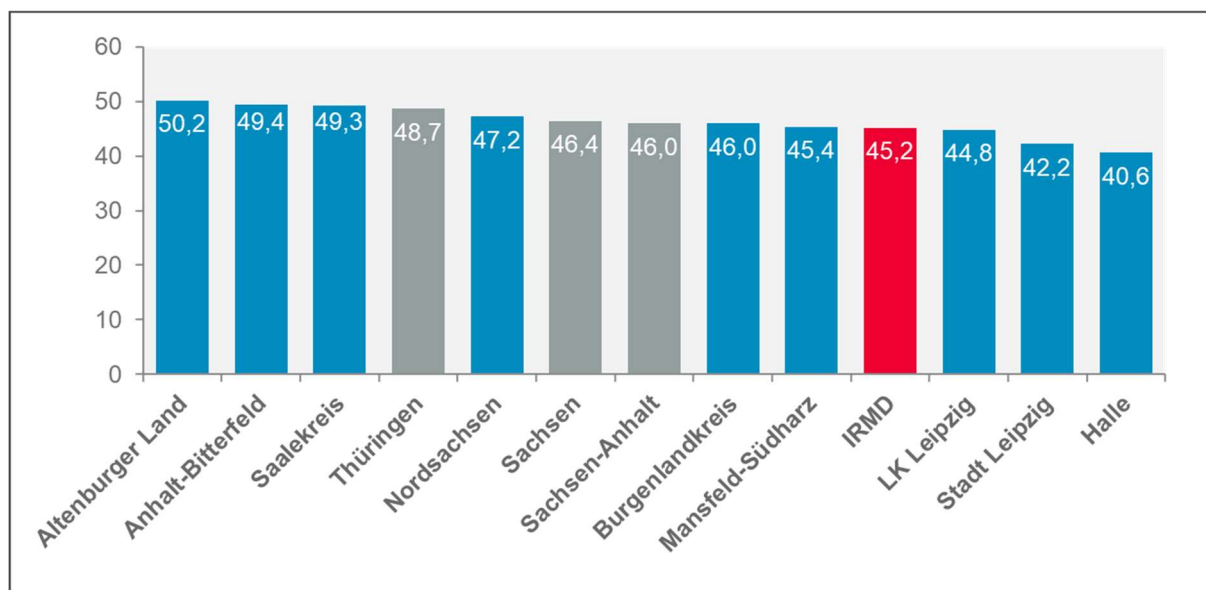
## 2.5 Betroffenheit & Substituierbarkeit

Das Substituierbarkeitspotenzial wird definiert als der Anteil der Kerntätigkeit in Berufen, die potenziell durch Computer ersetzt werden können. Die Grundlage zur Berechnung der Substituierbarkeit bilden die Substituierbarkeitspotenziale nach Berufshauptgruppen-Anforderungsniveau-Kombinationen<sup>60</sup>. Die Analyse basiert auf den 37 Berufshauptgruppen sowie ihrer Lokalisation in der IRMD.

Das Substituierbarkeitspotenzial in der IRMD zeigt, dass knapp 45 % der Jobs in der Region potenziell durch Computer oder sonstige digitale Technologien ersetzt werden können. Einige Kreise (u. a. Saalekreis, Anhalt-Bitterfeld, Altenburger Land) weisen zudem ein noch höheres Substituierbarkeitspotenzial als andere (u. a. die Städte Halle und Leipzig) auf. Diese Erkenntnisse zeigen, dass in städtischen Kreisen aufgrund der dort anzufindenden Beschäftigungsverhältnisse bzw. Berufsfelder ein weniger betroffener Arbeitsmarkt vorgefunden wird. Zunächst erscheinen Substituierbarkeitspotenziale von bis zu 50 % drastisch, da es bedeutet, dass knapp die Hälfte der Beschäftigten in Berufen arbeitet, die in Zukunft von Maschinen ausgeführt werden können. Allerdings hängt die künftige tatsächliche Ersetzung der Berufe durch Maschinen von einer Vielzahl an Faktoren ab. So spielen politische oder ethische Gründe eine wichtige Rolle, die trotz einer potenziellen Ersetzbarkeit weiterhin Menschen in den Berufen halten. Neben einer Ersetzung von Jobs durch Maschinen, kann es in Zukunft zu symbiotischen Verknüpfungen innerhalb bestimmter Berufsfelder kommen. So bietet sich bspw. im Bereich der Pflege eine Kollaboration von Mensch und Technik zur Steigerung der Gesamtqualität an. Potenziale bieten sich hierbei auf technischer Seite insbesondere durch KI, Sensorik und Robotik. In Kombination mit sozialer Kompetenz bieten diese Symbiosen große Potenziale für bestimmte Berufsfelder. Im Pflegebereich könnten so bspw. schwere Tätigkeiten roboterassistiert erledigt werden, während sich die pflegende Person auf wichtige soziale Aspekte konzentriert. An dieser Stelle bieten sich große Potenziale für die IRMD, insbesondere vor dem Hintergrund abnehmender Beschäftigtenzahlen und Fachkräfteengpässen.

---

<sup>60</sup> IAB-Forschungsbericht 11/2015 sowie IAB Regional 2018.



**Abbildung 15: Substituierbarkeitspotenziale in den Regionen**

Quelle: Eigene Berechnung Prognos basierend auf Daten der Bundesagentur für Arbeit sowie IAB Regional 2018

Das IAB geht davon aus, dass für die Jahre von 2025 bis 2035 ein leichter Negativeffekt zu erwarten ist.<sup>61</sup> Das bedeutet, dass durch den digitalen Wandel mehr Jobs wegfallen als dadurch neu geschaffen werden. Laut dem IAB entfaltet der durch die Digitalisierung bedingte Strukturwandel demnach erst nach 2020 sein größtes Potenzial. Aktuelle Untersuchungen aus dem Jahr 2021 verstärken diese Annahmen und kommen zum Ergebnis, dass die Substituierbarkeitspotenziale durch weitere (potenzielle) Einsatzmöglichkeiten neuer digitaler Technologien weiter steigen.<sup>62</sup> Auf der einen Seite sind knapp 30 Berufe sowie mehr als 200 Tätigkeiten neu entstanden. In den letzten Jahren umfasste dies bspw. Produktionstechnologen, Fachinformatikerinnen und Fachinformatiker, Daten-Analysten, Social Media Managerinnen und Manager oder Beschäftigte im Datenschutz sowohl in Ausbildungsberufen als auch Berufen mit akademischem Hintergrund. Auf der anderen Seite erhöht die technologische Entwicklung allerdings auch den Anstieg der Substituierbarkeitspotenziale. Einher mit dem Strukturwandel geht eine deutliche Verschiebung der Tätigkeitsprofile. In Zukunft werden v. a. fachliche Tätigkeiten (mindestens 2-jährige Berufsausbildung) und in geringem Maße Helfertätigkeiten (keine berufliche Ausbildung oder geregelte einjährige Berufsausbildung) vom Rückgang der Erwerbstätigenzahl betroffen sein. Komplexe Spezialistentätigkeiten (d. h. mit Meister- oder Technikerausbildung bzw. einem gleichwertigen Fachschul- oder Hochschulabschluss) und hoch komplexe Tätigkeiten (d.h. mit einem mindestens vierjährigen abgeschlossenen Hochschulstudium) werden in Zukunft hingegen stärker nachgefragt.<sup>63</sup> Das IAB kommt zu dem Er-

<sup>61</sup> IAB 2016: Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie. IAB-Forschungsbericht 13/2016.

<sup>62</sup> IAB 2021: Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt: Auch komplexere Tätigkeiten könnten zunehmend automatisiert werden. IAB-Kurzbericht, 13/2021.

<sup>63</sup> IAB 08/2013



gebnis, dass sich „die Tätigkeitsprofile der Berufe langsamer verändern als die Technologien beziehungsweise die potenziellen Einsatzmöglichkeiten von Technologien“ (vgl. IAB 2021<sup>64</sup>).

Allgemein zeigt sich, dass SV-Beschäftigte mit einer Helfertätigkeit (und auch Fachkräfte) deutlich häufiger in Berufen tätig sind, in denen ein hoher Anteil des Spektrums aus Tätigkeiten besteht, die potenziell durch computergesteuerte Maschinen ersetzt werden können. Die Anteile von Beschäftigten in Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial gehen mit steigendem Anforderungsniveau deutlich zurück. In der IRMD (60 %) gelten im Vergleich zum deutschlandweiten Durchschnitt (58 %) mehr Beschäftigte als Fachkraft, Helfertätigkeiten sind im bundesweiten Vergleich (15 %) jedoch geringer ausgeprägt (14 %). Bei den Spezialisten (12 %) und den Experten (13 %) liegt die IRMD jeweils einen Prozentpunkt unter dem deutschlandweiten Schnitt.

Zudem gibt es innerhalb der Berufsgruppen Unterschiede in der Gefährdung. Die folgende Auflistung stellt eine Auswahl an Berufsgruppen dar, die laut IAB eine hohe Gefährdung (Substituierbarkeitspotenzial >70 %) besitzen:

- ▶ Helfer im Bereich Führer bzw. Führerin in von Fahrzeug- und Transportgeräten
- ▶ Helfer/Fachkraft im Bereich Metallerzeugung, -bearbeitung sowie Metallbau
- ▶ Helfer/Fachkraft im Bereich Papier- und Druckberufe sowie technische Mediengestaltung
- ▶ Helfer / Fachkraft im Bereich Mathematik-, Biologie-, Chemie- und Physikberufe
- ▶ Helfer / Fachkraft im Bereich Textil- und Lederberufe
- ▶ Helfer im Bereich Kunststoff- und Holzherstellung sowie -verarbeitung
- ▶ Helfer / Fachkraft im Bereich Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe
- ▶ Helfer / Fachkraft im Bereich Rohstoffgewinn, Glas- und Keramikverarbeitung
- ▶ Helfer / Fachkraft im Bereich Mechatronik-, Energie- sowie Elektroberufe
- ▶ Spezialist im Bereich Mechatronik-, Energie- sowie Elektroberufe
- ▶ sowie weitere für die Region weniger relevante Berufsgruppen

Da in der IRMD ein erhöhter Anteil der Beschäftigten als Helfer bzw. Fachkraft tätig sind, haben transformatorische Anpassungsprozesse besondere Relevanz. Es gilt, diesen Berufsgruppen Perspektiven in einer veränderten, zunehmend digitalisierten Arbeitswelt zu bieten sowie in Bereichen wie Lebenslanges Lernen, Weiterbildungen und Quereinstiege gezielte und passgenaue Angebote für diese Beschäftigungsgruppen zu entwickeln.

Gleichzeitig sollten allerdings auch Berufsbilder gefördert werden, die im Zuge der Digitalisierung Wachstumspotenziale versprechen. Eine Auswahl an Berufen, die laut IAB<sup>65</sup> im Zuge der zunehmenden Digitalisierung die Zahl der Erwerbstätigen erhöhen können, stellt die folgende Liste dar:

---

<sup>64</sup> IAB-Kurzbericht, 13/2021.

<sup>65</sup> IAB-Kurzbericht 09/2018.



- ▶ Medien-, geistes- und sozialwissenschaftliche, künstlerische Berufe (bundesweit bis 2035: +9,5 %)
- ▶ Sozialberufe (bundesweit bis 2035: +7,6 %)
- ▶ IT- und naturwissenschaftliche Berufe<sup>66</sup> (bundesweit bis 2035: +5,6 %)
- ▶ Lehrende Berufe (bundesweit bis 2035: +4,6 %)
- ▶ Gastronomieberufe (bundesweit bis 2035: +2,2 %)

## 2.6 Qualifikationsbedarfe

Bildung legt den Grundstein für eine erfolgreiche digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Neben Schule, Hochschule und beruflicher Bildung stellt die Weiterbildung mit zukunftsorientierten Weiterbildungsprofilen eine Grundvoraussetzung dar, um sich den Herausforderungen der Digitalisierung erfolgreich stellen zu können. Generell müssen für die Identifizierung von neuen Kompetenzanforderungen und Qualifikationsbedarfen arbeitsnahe Bildungskonzepte entwickelt werden. Neben der Entwicklung von passenden Qualifizierungsmaßnahmen gilt es, die Bürgerinnen und Bürger der IRMD aktiv an Digitalisierungsprozessen teilhaben zu lassen.

### 2.6.1 Kompetenzanforderungen

Die Anforderungen an die Qualifikationen der Mitarbeitenden verändern sich dabei zunehmend. Eine Transformation in der betrieblichen Arbeitsorganisation, technologische Innovationen, digitalisierte Arbeitsprozesse und die wachsende Bedeutung von Wissen im Arbeitsalltag führen zu modifizierten Anforderungen an die Qualifikation (vgl. auch Abschnitt 4.6.1). Um den zukünftigen Fachkräftebedarf decken zu können, gewinnt die individuelle Förderung von Fähigkeiten an Bedeutung. Auch Bildung von der Früh- über die Schulbildung, Aus- und Weiterbildung bis hin zur Seniorenbildung und lebenslanges Lernen werden in den kommenden Jahren zunehmend zu einem entscheidenden Standortfaktor werden. Lebenslanges Lernen wird zu einer notwendigen Bedingung, wenn es um die Sicherung des Qualifikationspotenzials jedes Einzelnen und der Bevölkerung insgesamt geht sowie darum, die Qualifikationen möglichst lange in der Beschäftigung nutzbar zu halten. Dabei kommt dem Umgang mit digitalen Prozessen und Anwendungen eine bedeutende Rolle zu. Zum einen wird der Einsatz digitaler Medien in der Bildung unerlässlich. Er befähigt Menschen, in einer digitalisierten Welt zu leben und zu lernen. Bedeutender als Faktenwissen wird die Fähigkeit, sich Wissen selbstorganisiert anzueignen. Auch die Anwendung und die eigenständige Entwicklung kreativer Lösungen gewinnen an Bedeutung. Dies gilt nicht nur für den Bildungsbereich, sondern auch für die Arbeitswelt in einer Vielzahl von Jobs.<sup>67</sup>

Die im Rahmen dieser Studie befragten Expertinnen und Experten gehen davon aus, dass in Zukunft im Berufsleben grundlegende digitale Grundkenntnisse über alle Berufs- und

---

<sup>66</sup> Dort v. a. Berufe mit höherem Anforderungsniveau bzw. höherer Komplexität.

<sup>67</sup> Nähere Informationen zu diesem Thema werden in der Studie (MM-17 Fachkräfteentwicklung) beleuchtet.

Altersgruppen elementar sein werden. Dabei geht es v. a. darum, dass die Beschäftigten in allen Branchen digitale Werkzeuge und Anwendungen nutzen können. Dies erfordert demnach ein generalistisches Wissensfundament hinsichtlich von Digitalthemen und -anwendungen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter müssen beim digitalen Wandel daher gezielt mitgenommen werden, z. B. durch gezielte (berufsbegleitende) **Fort- und Weiterbildungsprogramme** (lebenslanges Lernen). Dies umfasst auch explizit die Entscheidungsträgerinnen und -träger in Politik und Verwaltung. Zudem sollten die Chancen der Digitalisierung transparent gemacht werden und Ängste hinsichtlich von Stellenrationalisierungen in Unternehmen abgebaut werden. Hierbei spielen auch die Altersgruppen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eine wichtige Rolle: Es gilt, sensibel zu kommunizieren und allen Altersgruppen eine Chance zu geben, sich digital weiterzubilden. In der IRMD existieren bereits Einrichtungen, die genau in diesem Feld Angebote unterbreiten. So bietet bspw. das Zukunftszentrum Digitale Arbeit Sachsen-Anhalt innovative Lehr- und Lernkonzepte sowie Qualifizierungsbausteine in der Zukunftswerkstatt „Weiterbildung 4.0“.<sup>68</sup> Im Fokus der Arbeit steht die Entwicklung hybrider Konzepte, die Präsenzformate mit digitalen Formaten vereinen und so Weiterbildung gestalten.

Die befragten Expertinnen und Experten betonen, dass es in Zukunft nicht zwangsläufig deutlich mehr IT- und Softwareanbieter bedarf, um die Digitalisierung voranzutreiben. Deren Kompetenzen werden künftig verstärkt und gezielt nachgefragt, es bedarf in KMU und mittelständischen Firmen verstärkt einzelner IT-Spezialisten bzw. sogenannte ‚T-Shape Personen‘.<sup>69</sup> Dabei handelt es sich um Personen mit spezifischen IT-Kompetenzen im FuE-, Management- und Vertriebsbereich. Diese Personen sind elementar, um die Chancen von digitalen Trends zu erkennen und in die jeweiligen Firmen zu tragen. Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass die künftigen Kompetenzanforderungen heterogen sind – sie unterscheiden sich je nach Beruf, Branche und Abteilung eines Unternehmens.

Der Aufbau von **digitalen Kompetenzen sollte** daher bereits im Kindesalter beginnen. Die befragten Expertinnen und Experten sprechen sich für eine nachhaltige Stärkung der **MINT-Fächer an (Hoch-)Schulen** aus. Die Zahl der Absolvierenden in diesen Fächern muss weiter gesteigert werden und wird als essenziell für die Qualität der regionalen Fachkräftepotenziale angesehen. Weiterhin sollte die digitale Ausbildung in den Curricula von Schulen fest verankert werden. Die Digitalisierung muss bereits in den Schulen vorgelebt, digitale Anwendungen müssen erprobt und angewendet werden – bspw. in Form von **Digitalwerkstätten** und **Boot-Camps**.

Bei den **Absolventinnen und Absolventen** aus der IRMD wird auf die guten Rahmenbedingungen bei der Anziehung von Studierenden hingewiesen (z. B. niedrige Lebenshaltungskosten, hohe Familienattraktivität, vielfältige Freizeitmöglichkeiten).<sup>70</sup> Diese Vorteile müssen langfristig genutzt werden, um die Absolvierenden auch nach Beendigung

---

<sup>68</sup> Zukunftszentrum Digitale Arbeit Sachsen-Anhalt o. J.

<sup>69</sup> T-Shape Personen ist ein Begriff aus dem Personalbereich. Der vertikale Balken des Buchstabens T steht für die Tiefe der Fähigkeiten in einem einzelnen Bereich, während der horizontale Balken die Fähigkeit darstellt, disziplinübergreifend mit Experten in anderen Bereichen zusammenzuarbeiten bzw. Wissen aus anderen Fachgebieten anzuwenden.

<sup>70</sup> Schnittstelle zu den Ergebnissen der IRMD-Fachkräftestudie: dort werden die Lebensbedingungen in der Region als attraktiv eingeschätzt.

einer Ausbildung oder eines Studiums in der Region zu halten. Hier wird betont, dass neben der hohen Lebensqualität und den guten Arbeitsbedingungen auch attraktive Löhne und Gehälter gezahlt werden müssen, die bundesweit wettbewerbsfähig sind. Die Akquirierung bzw. das Halten von jungen Talenten ist der zentrale Aspekt für die Entwicklungsfähigkeit der Unternehmen in der IRMD (siehe bspw. die Maßnahme „100 KI-Talente“ in Tabelle 1).

## 2.6.2 Teilhabe der Bevölkerung in der IRMD

Um die Digitalisierung in der IRMD erfolgreich gestalten und aktiv „leben“ zu können, ist es nicht ausreichend, lediglich die sich veränderten Kompetenzanforderungen der Beschäftigten zu adressieren. Eine aktive Teilhabe aller Bevölkerungsgruppen an der Digitalisierung wird künftig ebenso wichtig. Dabei handelt es sich insbesondere um Personen, die sich noch nicht im Berufsleben befinden (Kinder und Jugendliche), die bereits aus dem Berufsleben ausgetreten sind (Seniorinnen und Senioren) oder über die Unternehmen und den Arbeitsplatz nicht zu erreichen sind (u. a. Menschen in Arbeitslosigkeit). Um möglichst viele Bürgerinnen und Bürger in der IRMD in die Digitalisierungsprozesse einzubinden und aktiv teilhaben zu lassen, bedarf es der Förderung einer **breiten digitalen Affinität** in der Bevölkerung und ein **positiveres Image** der Digitalisierung.

Jüngere Bürgerinnen und Bürger sollen durch eine angepasste (früh)schulische Ausbildung verstärkt an das Thema Digitalisierung herangeführt werden – z. B. durch eine digitale Bildungsoffensive (vgl. Kapitel 5.3.2). Weiterhin beschäftigt sich diese Altersgruppe intrinsisch stärker mit der Digitalisierung, weshalb laut den Expertinnen und Experten der Aufbau einer digitalen Affinität erleichtert wird.

Auch ältere Bürgerinnen und Bürger, die bislang keine bzw. kaum Berührungspunkte zu digitalen Anwendungen oder Dienstleistungen hatten, gilt es über geeignete Maßnahmen eine Chance zu geben, sich **digital weiterzubilden**. Diesen Menschen sollten gezielt mögliche praktische Anwendungen sowie der Nutzen der Digitalisierung nähergebracht werden – bspw. über eine gesellschaftliche Bildungsoffensive, Erlebnisräume für Digitalisierung und Maker Spaces in der Fläche der IRMD (vgl. Kapitel 5).

Um in der Breite eine digitale Affinität zu fördern, müssen auch arbeitslose Menschen erreicht werden. Bei Menschen in Arbeitslosigkeit kann die Ansprache nicht über die Unternehmen, sondern gezielt über andere Einrichtungen wie bspw. Jobcenter erfolgen. Dabei bedarf es einer einfachen **zielgruppengerechten Ansprache**. Auch bei digitalen Erlebnisräumen oder mobilen Angeboten sollte diese Gruppe miteinbezogen werden, um das Ziel einer gesamtgesellschaftlichen Bildungsoffensive zu erreichen (vgl. Kapitel 5).

In allen Zielgruppen kann eine digitale Affinität besonders durch Spaß am Lernen und gezielte Anreize entstehen: Angebote, die in diese Richtung gehen, können in der IRMD bereits heute ausgemacht werden. So bietet u. a. das Merseburger Innovations- und Technologiezentrum kleine Online- und Bürgerformate, bspw. in Form von digitalen Cafés, Lern- oder Erklärvideos (vgl. Tabelle 42 für einen Überblick zu Netzwerken, Clustern und Verbänden in der IRMD). Dadurch kann die Sensibilisierung der Bevölkerung für die

Digitalisierung gestärkt werden. Auch die Digitalagentur in Thüringen adressiert das Thema der gesellschaftlichen Teilhabe.<sup>71</sup>

Ein zweiter wichtiger Aspekt für eine aktive Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger in der IRMD ist es, **Schwellenängste<sup>72</sup> vor der Digitalisierung kontinuierlich zu reduzieren** und **Digitalisierungsprozesse regional** einzubetten. Digitale Produkte und Dienstleistungen sollen dabei den Menschen der IRMD bewusst und fassbarer gemacht werden. Die befragten Expertinnen und Experten weisen darauf hin, dass die Bürgerinnen und Bürger noch zu wenig über digitale Produkte und Unternehmen aus der IRMD wissen. Daher sollte die Bevölkerung der IRMD stärker auf der emotionalen Ebene abgeholt werden – etwa indem digitale Produkte oder unternehmerische Erfolgsgeschichten aus der Region aktiv beworben werden (z. B. Label „made in Mitteldeutschland“). Hier können Unternehmen noch stärker auf den Social-Media-Plattformen, in den lokalen Medien und auf Veranstaltungen aktiv werden. In diesem Kontext erstellt das Merseburger Innovations- und Technologiezentrum bspw. einen Digitalkompass zum Thema Arbeiten, Leben, Wohnen. Ziel ist es von den Unternehmen zu erfahren, was für eine Steigerung der Attraktivität der Region getan werden kann.

---

<sup>71</sup> Digitalagentur Thüringen o. J.

<sup>72</sup> Schwellenangst kann als innere Unsicherheit gegenüber dem Unvertrauten und Neuen (hier: digitalen Produkten, Prozessen und Dienstleistungen) verstanden werden.

---

## 3 Wachstumskerne der IT als Impulsgeber für die Region

---

### 3.1 Ziele, Vorgehensweise und Methodik

Mit dem dritten Kapitel werden die folgenden drei Ziele verfolgt:

- 1) Erfassung des Ist-Zustands der IKT-Wirtschaft in der IRMD.
- 2) Vertiefung der digitalen Zukunftsfelder und Anwendungsbranchen, die durch die regional ansässige IKT-Wirtschaft nachhaltig wirtschaftlich gestärkt und zum Wachstum im Kontext des Strukturwandels werden können. Hierzu wird auf den Erkenntnissen aus den Interviews aufgebaut (vgl. Abschnitt 2.3).
- 3) Verbesserte und bedarfsorientierte Vernetzung zwischen regionalen IT-Unternehmen und der regional ansässigen Wirtschaft, insbesondere KMU.

Eine profunde Bewertung zur Möglichkeit der Erarbeitung einer nationalen bzw. internationalen Vorreiterrolle in ausgewählten digitalen Zukunftsfeldern durch eine reziproke Vernetzung von IKT-Unternehmen und Anwendungsbranchen erfolgt in den abschließenden Handlungsempfehlungen der Studie (vgl. Kapitel 5).

Um die Ziele zu erreichen, werden die folgenden Schritte sukzessive durchgeführt. Für die methodische Vorgehensweise wird dabei auf Desk Research, Aktionsforschung i. S. v. Innovationsworkshops und Expertengespräche zurückgegriffen. Insgesamt wurden zwei Innovationsworkshops und zehn Expertengespräche durchgeführt.<sup>73</sup>

- 1) In einem ersten Schritt erfolgt die Einordnung der IKT-Wirtschaft in der IRMD in den gesamtwirtschaftlichen Gesamtkontext im Vergleich zu Mitteldeutschland bzw. Deutschland.
- 2) Es werden relevante digitale Zukunftsfelder aus technologischer Perspektive identifiziert und mögliche Entwicklungspfade skizziert.
- 3) In Bezug auf die digitalen Zukunftsfelder wird ein Kompetenzatlas für die IKT-Wirtschaft erstellt. Dieser bildet den aktuellen Status quo ab. Zudem werden die Hochschul- und Forschungslandschaft sowie die wichtigsten Cluster, Verbände, Netzwerke und Hubs betrachtet und entsprechend ihrer Schwerpunkte in Bezug auf die digitalen Zukunftsfelder kategorisiert. Es erfolgt eine Bewertung der digitalen Zukunftsbereiche als Wachstumstreiber sowie eine Abschätzung der Potenziale der IKT-Wirtschaft für die Einnahme einer Vorreiterrolle im nationalen bzw. internationalen Kontext.
- 4) Abschließend werden Innovationsökosysteme als Erfolgskonzepte für den Technologie- und Wissenstransfer für die bessere Vernetzung von IT-Wirtschaft sowie Anwendungsbranchen der Digitalisierung zur Ausschöpfung von Wachstumspotenzialen betrachtet.

---

<sup>73</sup> Die Agenden zu den beiden durchgeführten Innovationsworkshops finden sich im Anhang (vgl. Tabelle 34 und Tabelle 35).



## 3.2 IKT-Wirtschaft in der IRMD

Die **Definition der IKT-Wirtschaft** erfolgt entsprechend der Einteilung, die von der OECD (Organisation für Economic Co-Operation and Development) und DESTATIS (Statistisches Bundesamt)<sup>74</sup> vorgenommen wird, um eine Vergleichbarkeit zu anderen Studien herstellen zu können.<sup>75</sup> Sie setzt sich aus den folgenden Wirtschaftszweigen zusammen, die für diese Studie in sechs verschiedene Kategorien eingeteilt werden (vgl. Tabelle 2).

**Tabelle 2: Klassifikation der IKT-Wirtschaft nach DESTATIS**

Kategorie	WZ 2008 Code	Branche
IT-Hardware	26.1	Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten
IT-Hardware	26.2	Herstellung von DV-Geräten und peripheren Geräten
TK-Hardware	26.3	Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik
Consumer Electronics	26.4	Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik
Consumer Electronics	26.8	Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern
IKT-Großhandel	46.51	Großhandel mit Datenverarbeitungsgeräten, peripheren Geräten und Software
IKT-Großhandel	46.52	Großhandel mit elektronischen Bauteilen und Telekommunikationsgeräten
Software & IT-Services	58.2	Verlegen von Software
Software & IT-Services	62	Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
TK-Dienste	61.1	Leitungsgebundene Telekommunikation
TK-Dienste	61.2	Drahtlose Telekommunikation
TK-Dienste	61.3	Satellitentelekommunikation
TK-Dienste	61.9	Sonstige Telekommunikation
TK-Dienste	63.1	Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale
TK-Dienste	95.1	Reparatur von Datenverarbeitungs- und Telekommunikationsgeräten

<sup>74</sup> DESTATIS 2016.

<sup>75</sup> Diese Definition weicht u. a. von der Kategorisierung des Ministeriums für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung in Sachsen-Anhalt und von der Stadt Leipzig ab.

Um die Bedeutung der IKT-Branche in der IRMD zu ermitteln, wird ein Vergleich zwischen den drei Bundesländern Mitteldeutschlands vorgenommen. Für den Vergleich wird sowohl der Anteil der Niederlassungen<sup>76</sup> der IKT-Branche an allen Niederlassungen der Wirtschaftsbranchen als auch der Anteil der Beschäftigten der IKT-Branche, die in den Wirtschaftsbranchen tätig sind, herangezogen. Er basiert auf den zur Verfügung gestellten Daten der Statistischen Landesämter in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen sowie von DESTATIS für den deutschlandweiten Vergleich (jeweils zum Stichtag 30.09.2020 für das Berichtsjahr 2019 bzw. zum Stichtag 31.10.2016 für das Berichtsjahr 2015).

Die Datenanalyse für das Jahr 2019 zeigt, dass in den beiden Stadtkreisen Leipzig und Halle (Saale) die Niederlassungen der IKT-Branche im Vergleich zum Anteil in den jeweiligen Bundesländern überdurchschnittlich konzentriert sind. Sie machen einen bedeutenderen Anteil aus als in den ländlichen Teilräumen der IRMD (vgl. Tabelle 3). Die Stadt Leipzig nimmt hierbei mit einem Anteil von 4,5 % der Niederlassungen eine Spitzenposition ein. Auch mit Blick auf den Anteil der Beschäftigten liegt die Stadt Leipzig mit einem Anteil von 5,3 % an allen Beschäftigten in den Unternehmen der Wirtschaftsbranchen vorne. In Halle liegt der Anteil der IKT-Niederlassungen bei 2,9 % und mindestens 2,3 % der Beschäftigten<sup>77</sup> sind in der IKT-Branche tätig. Über die IRMD hinweg liegt der Anteil der IKT-Niederlassungen bei 3 %, mindestens ebenso hoch ist der Anteil der Beschäftigten<sup>78</sup> in der IKT-Branche. Der Anteil der IKT-Niederlassungen liegt somit unter dem Durchschnitt von Deutschland, der bei 3,4 % liegt bzw. auch unter dem deutschlandweiten Anteil der Beschäftigten in der IKT-Branche von 3,8 %.

Mit Blick auf die sieben Landkreise zeichnet sich der Landkreis Leipzig mit 2,1 % zwar mit einem höheren Anteil an IKT-Niederlassungen aus, allerdings sind lediglich 0,9 % der Beschäftigten tatsächlich in der IKT-Branche beschäftigt. In den restlichen Landkreisen ist die IKT-Branche eher unterrepräsentiert, sowohl was den Anteil der Niederlassungen als auch was den Anteil der Beschäftigten betrifft.

---

<sup>76</sup> Eine Erläuterung der Einheit „Niederlassung“ gemäß DESTATIS 2020 findet sich im Anhang.

<sup>77</sup> Aus Datenschutzgründen und Gründen der statistischen Geheimhaltung werden Zahlenwerte z. T. anonymisiert und liegen nicht vor. Daher sind diese Werte als Untergrenze zu betrachten.

<sup>78</sup> Ebd.

**Tabelle 3: IKT-Wirtschaft in den Stadt- und Landkreisen der IRMD (2019)**

Quelle: DESTATIS und die Statistischen Landesämter von SN, ST und TH

Bundesland	Land-/ Stadtkreis	IKT-Niederlassungen (Anzahl)	Anteil der IKT-Niederlassungen (in %) <sup>79</sup>		Anteil Beschäftigte (in %) <sup>80</sup>
SN	Stadt Leipzig	1.221	4,5	+	5,3
D	gesamt	129.271	3,4	+	3,8
<b>IRMD</b>	<b>gesamt</b>	<b>2.177</b>	<b>3,0</b>	<b>+</b>	<b>3,0*</b>
ST	Stadt Halle (Saale)	233	2,9	+	2,3*
<b>SN</b>	<b>gesamt</b>	<b>4.943</b>	<b>2,7</b>	<b>+</b>	<b>3,5</b>
SN	Landkreis Leipzig	240	2,1	+	0,9
<b>TH</b>	<b>gesamt</b>	<b>1.919</b>	<b>2,1</b>	<b>~</b>	<b>2,2*</b>
<b>ST</b>	<b>gesamt</b>	<b>1.360</b>	<b>1,7</b>	<b>+</b>	<b>1,3</b>
ST	Saalekreis	102	1,5	~	0,3*
TH	Altenburger Land	51	1,5	+	1,3
SN	Nordsachsen	115	1,3	-	1,1
ST	Anhalt-Bitterfeld	79	1,3	+	0,7*
ST	Burgenlandkreis	80	1,2	+	0,2*
ST	Mansfeld-Südharz	56	1,1	+	0,2*

\* Aus Datenschutzgründen und Gründen der statistischen Geheimhaltung werden Zahlenwerte z. T. anonymisiert und liegen nicht vor. Daher sind diese Werte als Untergrenze zu betrachten.

Mit Blick auf die Daten von 2015 wird ersichtlich, dass es seit 2015 ein deutliches Wachstum sowohl für die gesamte IRMD als auch für fast alle Land- und Stadtkreise gab, was den Anteil der Niederlassungen für die IKT-Branche betrifft (vgl. Tabelle 4). In der gesamten IRMD ist der Anteil der IKT-Niederlassungen innerhalb von vier Jahren um 0,7 Prozentpunkte gestiegen. Der gleiche Effekt zeigt sich auch bei Betrachtung des Beschäftigungswachstums. Für Deutschland lässt sich hingegen nur ein Wachstum von 0,3 Prozentpunkten beim Anteil der Niederlassungen bzw. von 0,5 Prozentpunkten in Bezug auf den Beschäftigungsanteil in der IKT-Branche beobachten.

Hierzu trägt insbesondere das Wachstum in den städtischen Ballungsgebieten bei. Lediglich in Nordsachsen hat sich der Anteil der IKT-Niederlassungen um 0,2 Prozentpunkte reduziert. Der Anteil der Beschäftigten ist mit 1,1 % jedoch gleichgeblieben.

<sup>79</sup> Bemessen an allen Wirtschaftsbranchen (B-N, P-S insgesamt) auf die jeweils betrachtete Gebietskörperschaft. ‚+‘ zeigt ein Wachstum seit 2015, ‚-‘ einen Rückgang seit 2015, ‚~‘ keine Veränderung.

<sup>80</sup> Bemessen an allen Wirtschaftsbranchen (B-N, P-S insgesamt) auf die jeweils betrachtete Gebietskörperschaft. Nur sozialversicherungspflichtig Beschäftigte.

**Tabelle 4: Veränderungsraten der IKT-Wirtschaft in den Stadt- und Landkreisen der IRMD (2015)**

Quelle: DESTATIS und die Statistischen Landesämter von SN, ST und TH

Bundesland	Land-/ Stadtkreis	Veränderung der anteiligen IKT-Niederlassungen (in %, 2015-2019) <sup>81</sup>	Veränderung der anteiligen Beschäftigten (in %, 2015-2019) <sup>82</sup>
SN	Stadt Leipzig	+0,5	+0,5
D	gesamt	+0,3	+0,5
<b>IRMD</b>	<b>gesamt</b>	<b>+0,7</b>	<b>+0,7*</b>
ST	Stadt Halle (Saale)	+0,5	0,0*
SN	<b>gesamt</b>	<b>+0,3</b>	<b>+0,2</b>
SN	Landkreis Leipzig	+0,3	0,0
TH	<b>gesamt</b>	<b>+0,0</b>	<b>-0,3*</b>
ST	<b>gesamt</b>	<b>+0,2</b>	<b>0,0</b>
ST	Saalekreis	+0,0	0,0*
TH	Altenburger Land	+0,1	-0,1
SN	Nordsachsen	-0,2	0,0
ST	Anhalt-Bitterfeld	+0,2	-0,1*
ST	Burgenlandkreis	+0,1	-0,1*
ST	Mansfeld-Südharz	+0,1	-0,1*

\* Aus Datenschutzgründen und Gründen der statistischen Geheimhaltung werden Zahlenwerte z. T. anonymisiert und liegen nicht vor. Daher sind diese Werte als Untergrenze zu betrachten.

Der Vergleich von Tabelle 3 und Tabelle 4 verdeutlicht, dass die **IKT-Wirtschaft auf Wachstumskurs** ist. Dies bestätigt auch die BMWi-Studie für die IKT-Branche in Deutschland aus dem Jahr 2020, die insbesondere auf das kontinuierliche Umsatzwachstum über die letzten sechs Jahre hinweist. Von 2018 auf 2019 wurde ein Umsatzwachstum von 2,1 % erzielt.<sup>83</sup>

Wesentlicher Grund für das Wachstum der IKT-Branche ist laut dem IKT-Branchenbild von 2020 insbesondere der hohe Anteil an Unternehmensgründungen (vgl. Abschnitt 2.2.2). Die Gründungsrate für die IKT-Wirtschaft liegt für Gesamtdeutschland für das Jahr

<sup>81</sup> Bemessen an allen Wirtschaftsbranchen (B-N, P-S insgesamt) auf die jeweils betrachtete Gebietskörperschaft.

<sup>82</sup> Bemessen an allen Wirtschaftsbranchen (B-N, P-S insgesamt) auf die jeweils betrachtete Gebietskörperschaft. Nur sozialversicherungspflichtig Beschäftigte.

<sup>83</sup> BMWi 2020b.

2019 bei 6,1 %. Die Branche ist somit Spitzenreiter im Branchenvergleich. Gründungen erfolgen v. a. im Dienstleistungsbereich.<sup>84</sup>

Insgesamt ist die IKT-Branche v. a. durch Kleinst- und Kleinunternehmen geprägt (vgl. Tabelle 5). Im deutschlandweiten Vergleich gibt es kaum Abweichungen von der Größenstruktur-Klassifizierung, sofern der Vergleich auf Bundeslandebene erfolgt bzw. auf Ebene der IRMD. Bei Betrachtung auf Land- bzw. Stadtkreis-Ebene wird jedoch deutlich, dass die ländlichen Regionen der IRMD überwiegend keine Großunternehmen in der IKT-Branche und einen vergleichsweise hohen Anteil an Kleinstunternehmen haben. Im Burgenlandkreis sowie in Mansfeld-Südharz gibt es auch keine IKT-Unternehmen, die der Kategorie mittleres Unternehmen angehören. Die Landkreise Anhalt-Bitterfeld und Nordsachsen weisen hingegen eine ähnliche Größenstruktur wie die beiden Stadtkreise auf.

**Tabelle 5: Größenstruktur der IKT-Wirtschaft in den Stadt- und Landkreisen der IRMD (2019)**

Quelle: DESTATIS und die Statistischen Landesämter von SN, ST und TH

Bundesland	Land-/ Stadtkreis	Kleinstunternehmen (in %) <sup>85</sup>	Kleine Unternehmen (in %) <sup>86</sup>	Mittlere Unternehmen (in %) <sup>87</sup>	Große Unternehmen (in %) <sup>88</sup>
D	Gesamt	86,2	10,4	2,9	0,5
SN	Gesamt	83,3	12,6	3,7	0,5
ST	Gesamt	86,4	11,2	2,0	0,4
TH	Gesamt	83,2	12,9	3,5	0,4
IRMD	Gesamt	84,3	11,9	3,4	0,4
SN	Stadt Leipzig	81,1	13,7	4,8	0,4
SN	Landkreis Leipzig	92,1	6,7	1,3	0,0
SN	Nordsachsen	86,1	12,2	0,9	0,9
ST	Stadt Halle (Saale)	82,8	14,2	2,1	0,9
ST	Anhalt-Bitterfeld	84,8	8,9	5,1	1,3
ST	Burgenlandkreis	95,0	5,0	0,0	0,0
ST	Mansfeld-Südharz	89,3	10,7	0,0	0,0
ST	Saalekreis	89,2	8,8	2,0	0,0
TH	Altenburger Land	94,1	3,9	2,0	0,0

<sup>84</sup> BMWi 2020b.

<sup>85</sup> Niederlassungen mit 1-9 abhängig Beschäftigten.

<sup>86</sup> Niederlassungen mit 10-49 abhängig Beschäftigten.

<sup>87</sup> Niederlassungen mit 50-249 abhängig Beschäftigten.

<sup>88</sup> Niederlassungen mit mind. 250 abhängig Beschäftigten.



Mit Blick auf die sechs verschiedenen Branchenkategorien ist die Kategorie Software & IT-Services in der Region im Jahr 2019 am weitesten verbreitet (vgl. Tabelle 6).

**Tabelle 6: IKT-Wirtschaft in der IRMD nach Kategorien**

Quelle: Statistische Landesämter von SN, ST und TH

Kategorie	Anzahl Niederlassungen (2015)	Anzahl Niederlassungen (2019)	Anteil IKT-Niederlassungen (in %, 2019)
IT-Hardware	74	56	2,6
TK-Hardware	20	15	0,7
Consumer Electronics	4	5	0,2
IKT-Großhandel	84	74	3,4
Software & IT-Services	1.477	1.750	80,4
TK-Dienste	233	277	12,7
IKT-Niederlassungen gesamt	1.892	2.309	100

Im Vergleich zu 2015 gab es insbesondere im Bereich Software und IT-Services den größten Zuwachs. Im Bereich der Hardware und im IKT-Großhandel ist die Anzahl der Niederlassungen rückläufig. Im Vergleich zur IKT-Wirtschaft in Deutschland zeichnet sich ein ähnliches Bild, denn diese Effekte sind auch laut dem IKT-Branchenbild für Deutschland festzustellen (bzw. vgl. Tabelle 7).<sup>89</sup>

**Tabelle 7: IKT-Wirtschaft in Deutschland nach Kategorien**

Quelle: DESTATIS

Kategorie	Anzahl Niederlassungen (2015)	Anzahl Niederlassungen (2019)	Anteil IKT-Niederlassungen (in %, 2019)
IT-Hardware	4.309	3.772	2,9
TK-Hardware	1.232	1.011	0,8
Consumer Electronics	554	514	0,4
IKT-Großhandel	5.533	6.043	4,7
Software & IT-Services	94.526	106.128	82,1
TK-Dienste	11.018	11.803	9,1
IKT-Niederlassungen gesamt	117.172	129.271	100

<sup>89</sup> BMWi 2020b.

Auch in Bezug auf die Bruttowertschöpfung befindet sich die IKT-Branche deutschlandweit auf einem Wachstumskurs. 2019 lag die Bruttowertschöpfung bei 122 Milliarden Euro. Mit einem Anteil von 5,1 % an der gesamten Wertschöpfung über alle gewerblichen Wirtschaftszweige hinweg, kommt die IKT-Branche damit auf Platz acht.<sup>90</sup>

**Tabelle 8: Bruttowertschöpfung und Erwerbstätige im Wirtschaftsabschnitt „Information und Kommunikation“<sup>91</sup>**

Quelle: IRMD 2021. Durchgeführt von der Prognos AG.

Bundesland	Stadt-/Landkreis	BWS 2019, in %	Erwerbstätige 2019 <sup>92</sup> , in %
SN	Stadt Leipzig	8,6	5,3
ST	Stadt Halle (Saale)	5,0	4,6
D	Deutschland	4,6	2,9
SN	LK Nordsachsen	1,7	1,3
SN	LK Leipzig	1,3	0,7
ST	LK Anhalt-Bitterfeld	1,1	1,0
ST	Burgenlandkreis	0,7	0,6
TH	LK Altenburger Land	0,7	0,5
ST	LK Mansfeld-Südharz	0,6	0,5
ST	LK Saalekreis	0,5	0,5

Die Schwester-Studie „Sozio-ökonomische Perspektive 2040“ prognostiziert anhand des **regionalökonomischen Prognosemodells REGINA** der Prognos AG die Bruttowertschöpfung (BWS) und die Erwerbstätigen für den Abschnitt J „Information und Kommunikation“ (vgl. Tabelle 8).<sup>93</sup> Entsprechend kann mit diesen Indikatoren eine Annäherung an die BWS für die IKT-Wirtschaft der IRMD vorgenommen werden. Hier muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass der Wirtschaftsabschnitt J die Wirtschaftszweige (58) Verlagswesen, (59) Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos; Tonstudios und Verlegen von Musik, (60) Rundfunkveranstalter, (61) Telekommunikation, (62) Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie und (63) Informationsdienstleistungen umfasst. Der Branchenzuschnitt ist jedoch nicht deckungsgleich zur

<sup>90</sup> BMWi 2020b.

<sup>91</sup> IRMD 2021. Durchgeführt von der Prognos AG. Gemäß dem regionalökonomischen Prognosemodell REGINA der Prognos AG, welches die BWS und die Erwerbstätigen für alle Wirtschaftszweige bzw. -abschnitte (A-O) berechnet.

<sup>92</sup> Entsprechend der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung umfasst die Bezeichnung Erwerbstätige sowohl sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, geringfügig Beschäftigte und Selbstständige.

<sup>93</sup> IRMD 2021. Durchgeführt von der Prognos AG.

IKT-Wirtschaft dieser Studie, da in diesem Wirtschaftsabschnitt u. a. auch das Verlagswesen berücksichtigt wird. Zudem beinhaltet der Wirtschaftsabschnitt J einige der in Tabelle 2 der IKT-Wirtschaft zugeordneten Wirtschaftszweige nicht.<sup>94</sup>

Vorreiter in Bezug auf die Bruttowertschöpfung ist auch hier die Stadt Leipzig mit einer Bruttowertschöpfung von ca. 8,6 %. Auch die Stadt Halle liegt mit einer Bruttowertschöpfung von 5 % über dem bundesdeutschen Durchschnitt. In den ländlichen Teilräumen der IRMD ist der Beitrag des Abschnitts „Information und Kommunikation“ in Bezug auf die Bruttowertschöpfung dagegen sehr gering ausgeprägt.

### 3.3 Digitale Zukunftsfelder

Die Digitalisierung ist ein Querschnittsthema und eines der zentralen Handlungsfelder entsprechend der Technologiefeldanalyse für die IRMD.<sup>95</sup> Sie ist daher auch ein Schlüsselement, um dem Strukturwandel in der IRMD zu begegnen.

Zur Identifikation der relevanten digitalen Zukunftsfelder für die IKT- sowie für die Anwendungsbranchen wurden im Rahmen einer Desk Research Studien führender Beratungshäuser, Marktforschungsinstitute und Institutionen untersucht, die sich auf Zukunfts- und Megatrends in Bezug auf Technologien im IKT-Umfeld und insbesondere auf die Digitalisierung fokussieren. Die Analyse vertieft die Ergebnisse der Experteninterviews aus Abschnitt 2.3. Hierzu wurden die folgenden Quellen betrachtet (eine tabellarische Übersicht zu den digitalen Zukunftsfeldern inklusive der zugehörigen Quellen findet sich im Anhang 5, Tabelle 37):

- ▶ „ICT trends and forecasts as of 2020“ von RIMEDO Labs. RIMEDO Labs fasst hierbei die folgenden Quellen zusammen:
  - Gartner Hype Cycle 2020, „5 Trend Drive the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies“
  - Deloitte 2020, „Tech Trends 2020“
  - Future Today Institute 2020, „Annual Tech Trends Report“
  - Forbes 2020, „These 25 Technology Trends will Define The Next Decade“
  - IEEE Communication Society 2020, „Nine Communications Technology Trends for 2020“
  - Ericsson 2020, „Ericsson Mobility Report“
- ▶ Bitkom e.V.
  - Trendstudie Digitalisierung 2019
  - Die Hightech-Themen 2018
- ▶ Boston Consulting Group 2021, „Emerging Technologies“

---

<sup>94</sup> Dies ist bspw. ein Grund wieso sich die ausgewiesenen Zahlen für Deutschland von denen der BMWi-Studie unterscheiden.

<sup>95</sup> IRMD 2020. Durchgeführt von Conomic Research & Results.

- ▶ Nationale Kontaktstelle Digitale und Industrielle Technologien (NKS DIT) des BMBF, „Digitale Schlüsseltechnologien“
- ▶ IRMD 2020, „Technologiefeldanalyse“<sup>96</sup>

Davon ausgehend wurde eine Kompetenzmatrix mit den in den Quellen am häufigsten genannten digitalen Zukunftsfeldern aufgebaut (vgl. Anhang 5, Tabelle 37). Insgesamt werden 16 verschiedene digitale Zukunftsfelder aus Technologieperspektive betrachtet (vgl. Abbildung 16). Die in der Abbildung in blau aufgeführten Technologien sind bereits im Unternehmensumfeld im Einsatz. Bei den pink markierten Technologien handelt es sich um Technologien, die bislang nur im Forschungsumfeld angewandt werden, für die jedoch zukünftig eine Anwendung im Unternehmensumfeld erwartet wird.



**Abbildung 16: Digitale Zukunftsfelder**

Quelle: Eigene Darstellung

Die digitalen Zukunftsfelder werden im Folgenden in alphabetischer Reihenfolge kurz beschrieben. Sie sind dabei nicht losgelöst voneinander zu betrachten, sondern stehen in starker Interaktion untereinander.

Darüber werden die perspektivischen Entwicklungspfade skizziert, die im Rahmen des ersten Innovationsworkshops mit Expertinnen und Experten aus der IRMD, die im Digitalisierungsumfeld tätig sind, erarbeitet wurden (vgl. Anhang 4, Tabelle 34). Die Verbreitung von Technologien ist jedoch von verschiedensten Faktoren abhängig, beispielsweise vom verfügbaren Kapital und möglicher Förderung, von möglichen Use Cases sowie von der Technologieakzeptanz. Daher können über einen Zeitraum von 20 Jahren verschiedenste Szenarien eintreten.

In einem nächsten Schritt wird auf Basis dieser digitalen Zukunftsfelder ein Kompetenzatlas für die IRMD zur IKT-Wirtschaft, den Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie zu den Clustern, Verbänden und Netzwerken erstellt (vgl. Abschnitt 3.4).

<sup>96</sup> IRMD 2020. Durchgeführt von Conomic Research & Results.

### 3.3.1 Autonome Fahrzeuge und Drohnen

#### *Beschreibung*

Die Mobilität der Zukunft wird derzeit stark mit den Begriffen autonomes Fahren und Drohnen verbunden. Autonomes Fahren stellt die Weiterentwicklung bereits bestehender automatisierter Fahrzeuge dar, bei denen einzelne Fahrfunktionen (bspw. Beschleunigen, Bremsen, Lenken) in bestimmten Fahrsituationen (bspw. Autobahnfahrt) durch das Fahrzeug übernommen werden können. Der wesentliche Unterschied zwischen automatisiertem und autonomem Fahren liegt darin, dass beim automatisierten Fahren immer eine Person die Steuerung des Fahrzeugs übernehmen können muss. Ein autonomes Fahrzeug kann entsprechend in allen Fahrsituationen alle Fahrfunktionen eigenständig ausführen.<sup>97</sup>

Autonome Drohnen eröffnen zudem die Möglichkeit, Mobilität in eine dritte Dimension zu verlagern. Bei autonomen Drohnen werden äquivalent zum autonomen Fahren Flugfunktionen so weit automatisiert, dass die Drohne eigenständig und unbemannt am Flugverkehr teilnehmen kann.<sup>98</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Mit dem Gesetz zum autonomen Fahren, das am 28. Juli 2021 verabschiedet wurde, geht Deutschland als erster Staat weltweit den Schritt, das autonome Fahren im öffentlichen Straßenverkehr als zulässig zu erklären – sofern es in festgelegten Bereichen erfolgt.<sup>99</sup> In der IRMD gibt es aktuell verschiedene Projekte zum autonomen Fahren. Beispielsweise soll im Rahmen des Forschungsprojekts ABSOLUT des BMWi im *Industriepark Leipzig Nord* ein autonom fahrender on-demand Shuttle-Verkehr aufgebaut werden.<sup>100</sup> Ein weiteres Pilotprojekt gibt es im Landkreis Nordsachsen: Mit FLASH sollen ab 2022 Fahrgäste transportiert werden.<sup>101</sup> Darüber hinaus fährt in Stolberg (Landkreis Mansfeld-Südharz) seit dem 27. Juni 2021 der autonome Shuttlebus *Thyra Floh*. Hierbei handelt es sich um ein Projekt der *Otto-von-Guericke-Universität* in Magdeburg.<sup>102</sup>

Ein weiträumiger kommerzieller Einsatz außerhalb von Pilotprojekten wird ab 2025 erwartet.<sup>103</sup> Studien von Statista weisen darauf hin, dass im Jahr 2030 weltweit bereits 10 % der Fahrzeuge autonom fahren werden. Diese Verbreitung ist jedoch vom Konsumverhalten abhängig, d. h. inwiefern Verbraucher diese neue Technologie nachfragen und von der Skalierbarkeit in der Produktion durch die Hersteller.<sup>104</sup> Dem autonomen Fahren wird laut der durchgeführten Technologiefeldanalyse für die IRMD ein hohes Potenzial bescheinigt, allerdings erst weit nach 2030.<sup>105</sup>

---

<sup>97</sup> Scheffels & Gelowicz 2018.

<sup>98</sup> European Cockpit Association 2020.

<sup>99</sup> BMVI 2021c.

<sup>100</sup> LVB o. J.

<sup>101</sup> Leipziger Neuseenland 2021. Dieses Projekt baut auf dem Modellvorhaben „Unternehmen Revier“ auf (IRMD o. J.).

<sup>102</sup> SAIN 2021.

<sup>103</sup> MHP 2019.

<sup>104</sup> Statista 2020.

<sup>105</sup> IRMD 2020. Durchgeführt von Conomic Research & Results.



Die Verbreitung von Drohnen wurde im Rahmen der *Bitkom Research Trendstudie 2020*, durchgeführt von *Tata Consultancy Services*, untersucht. 22 % der befragten Unternehmen in Deutschland setzen bereits Drohnen als Technologie ein.<sup>106</sup> Um unbemannte Luftfahrtsysteme weiter zu erforschen, wurde im März 2021 am Flughafen Cochstedt (ST)<sup>107</sup> ein Drohnen-Testzentrum eröffnet, welches durch das DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) betrieben wird. Ebenso soll am Flugplatz Altenburg-Nobitz (TH) ein Testgelände für Drohnen eingerichtet werden. Bereits 2019 wurde hierfür der *Verein Europäisches Drohnenzentrum* ins Leben gerufen.<sup>108</sup> Darüber hinaus wird aktuell im Rahmen des Programms der TDG<sup>109</sup> (vgl. Abschnitt 2.3.2.1) mit dem Projekt *ADApp* untersucht, inwiefern für eine flächendeckende Medikamentenversorgung in der IRMD Drohnen zum Einsatz kommen können.<sup>110</sup>

Der Entwicklungspfad für autonomes Fahren und Drohnen über die kommenden 20 Jahre wurde im Rahmen des ersten durchgeführten Innovationsworkshops von den teilnehmenden Expertinnen und Experten eingeschätzt. Es wird davon ausgegangen, dass autonome Fahrzeuge und Drohnen bis 2040 in großem Umfang verbreitet sein werden (vgl. Anhang 6, Abbildung 39).

### 3.3.2 Big Data & Analytics

#### *Beschreibung*

Big Data & Analytics beschreibt die Gewinnung und Nutzung entscheidungsrelevanter Erkenntnisse aus einer großen Menge unterschiedlichster Daten, die in einer hohen Geschwindigkeit anfallen. Prognosen gehen davon aus, dass sich das Volumen von Daten alle zwei Jahre weltweit verdoppelt. Big Data stellt Konzepte, Methoden, Technologien, IT-Architekturen sowie Tools zur Verfügung, um den wachsenden Volumina vielfältiger Informationen begegnen zu können. Unternehmen versprechen sich durch die Nutzung von Big Data, schneller fundiertere Entscheidungen treffen zu können, um hierdurch Innovations- und Wettbewerbsvorteile zu realisieren.<sup>111</sup> Für die Datenerfassung kommt im industriellen Umfeld Sensorik zum Einsatz, für die Weiterverarbeitung beispielsweise KI-basierte Automatisierung. Ziel ist meist die Steigerung der Produktivität einer Firma.<sup>112</sup> Weitere gängige Beispiele für Big Data sind Meta-Daten von Surfverhalten auf Webseiten, geografische Daten oder Wetter-Daten, welche abhängig vom Use Case ausgewertet werden.<sup>113</sup>

---

<sup>106</sup> Bitkom 2020: n=955, diese Studie ist jedoch nicht repräsentativ, da nur Unternehmen mit mindestens 100 Mitarbeitenden befragt wurden.

<sup>107</sup> Tasler 2021. Förderung im Rahmen des mitteldeutschen Reviers (BMWi 2020d), auch wenn Cochstedt (Salzlandkreis) geografisch außerhalb der IRMD liegt.

<sup>108</sup> Wirtschaft + Markt 2020.

<sup>109</sup> TDG = Translationsregion für digitalisierte Gesundheitsversorgung.

<sup>110</sup> TDG o. J.b

<sup>111</sup> Bitkom o. J., Fraunhofer 2021

<sup>112</sup> Fraunhofer IIS 2021.

<sup>113</sup> Epic Insights 2021.

### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Daten – Rohstoff der Zukunft? Datenströme und damit auch Datenmengen werden zukünftig weiter zunehmen und damit auch die Möglichkeit, datengetriebene Geschäftsmodelle zu etablieren. Eben diese datengetriebenen Geschäftsmodelle werden daher als ein wesentlicher Hebel zukünftiger Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit für die verschiedensten Branchen gesehen. Data Analytics ist sozusagen ein Innovationsbeschleuniger.<sup>114</sup> Darüber hinaus ist Big Data & Analytics eine wesentliche Voraussetzung für maschinelles Lernen bzw. KI. Mit dem ScaDS.AI (Center for Scalable Data Analytics and Artificial Intelligence) an den Standorten in Leipzig und Dresden existiert seit 2014 ein nationales Kompetenzzentrum für dieses Zukunftsthema in der Region.

Im Rahmen der durchgeführten Interviews wurde dem Thema Big Data & Analytics eine hohe Relevanz beigemessen (vgl. Abschnitt 2.3.1.1). Eine IKT-Trendstudie von Bitkom Research aus dem Jahr 2020 geht davon aus, dass Big Data und Analytics bereits von 48 % der Unternehmen genutzt werden. Mit Blick auf die IKT-Branche sind es sogar 63 %.<sup>115</sup> Die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshops schätzen die Verbreitung von Data Analytics in 20 Jahren als hoch ein (vgl. Anhang 6, Abbildung 38).

### **3.3.3 Biointelligente Wertschöpfung**

#### *Beschreibung*

Biointelligente Wertschöpfung wird oftmals als biologische und nachhaltige Transformation der industriellen Wertschöpfung bezeichnet. Grundgedanke ist es, in Anlehnung an Prozesse der Natur aus einer linearen eine zirkuläre Wertschöpfungskette zu machen. Hierbei sollen bei der Erzeugung, Erschließung und Nutzung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen verstärkt Ressourcen (Materialien oder Organismen), Prozesse und Systeme der Natur zum Einsatz kommen.<sup>116</sup>

Durch das Verschmelzen von technischen, informatorischen und biologischen Systemen entstehen biointelligente Wertschöpfungssysteme. Hierbei werden neue Produktionstechnologien und -strukturen geschaffen. Beispiele hierfür sind u. a. Biosensoren, biointelligente Materialien, wie Halbleiter aus Pflanzenextrakten, oder Neurorobotik, d. h. die Kopplung von menschlichen Nervenzellen mit technischen Komponenten.<sup>117</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Biointelligente Wertschöpfung wird als Zukunftsthema verstanden und ist noch nicht im industriellen Einsatz. In Bezug auf Biotechnologie und Informationstechnik befinden sich laut der Fraunhofer-Studie BIOTRAIN Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Deutschland in einer aussichtsreichen Position. Im Erfolgsszenario dieser Studie wird davon ausgegangen, dass bis 2030 im Zukunftsfeld biointelligente Wertschöpfung erste er-

---

<sup>114</sup> Azkan et al. 2020, Bechtold 2021, Fraunhofer IIS 2021.

<sup>115</sup> Bitkom 2020: n=955, diese Studie ist jedoch nicht repräsentativ, da nur Unternehmen mit mindestens 100 Mitarbeitenden befragt wurden.

<sup>116</sup> Fraunhofer IGB 2021, Fraunhofer 2019

<sup>117</sup> Fraunhofer 2019

folgreiche technische Lösungen als „made in Germany“ entwickelt und weltweit vermarktet werden.<sup>118</sup> Die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshops schätzen das Verbreitungspotenzial erst in 20 Jahren als relevant und hoch ein (vgl. Anhang 6, Abbildung 41).

In Leipzig gibt es mit *Kapelan Bio-Imaging* ein Unternehmen, das im Bereich der Bioinformatik angesiedelt ist mit Schwerpunkt auf der digitalen Bildauswertung. Zudem wird an der *Universität Leipzig* in den nächsten vier Jahren ein *Transfer-Zentrum für biohybride Funktionsmaterialien* eingerichtet.<sup>119</sup> Mit dem Verband *Biosaxony*, dem Innovationscluster *Sensa* (Sensorik Sachsen), dem Technologie- und Gründerzentrum *Bio City Leipzig* und dem *BioEconomy Cluster* mit Sitz in Halle sind in der IRMD starke Akteure vorhanden, um dieses Zukunftsthema in der Region zu verankern (vgl. Abschnitt 3.4).

### 3.3.4 Distributed Ledger Technologien & Blockchain

#### *Beschreibung*

Eine spezielle Form von Datenbanken stellt die Distributed Ledger Technologie dar. Es handelt sich dabei um eine dezentrale Datenbank, welche den Teilnehmern eines Netzwerkes eine gemeinsame Schreib- und Leseberechtigung erlaubt. Hierdurch entfällt eine zentrale Instanz, welche neue Einträge in der Datenbank vornehmen muss. Nach einer Aktualisierung der Datenbank durch einen Nutzer muss diese jedoch dann mit allen Teilnehmern geteilt werden, damit alle über den aktuellen Stand der Datenbank verfügen.<sup>120</sup>

Eine Blockchain ist eine spezielle Form dieser Distributed Ledger Technologie. Die Inhalte der Datenbank werden in Form einer vollständigen Kopie der Blockchain bei jedem Nutzer gespeichert. Neue Inhalte werden in neuen Blocks abgelegt, welche linear der Blockchain hinzugefügt werden. Um die neuen Blocks verifizieren zu können bei Veröffentlichung, erhält jeder neue Block die Historie der Blockchain in Form einer Prüfsumme als eindeutigen Fingerabdruck. Dies sorgt dafür, dass die Blockchain-Technologie besonders fälschungssicher ist.<sup>121</sup> Die Vertrauensbildung erfolgt hierbei über dezentrale Strukturen.<sup>122</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

IoT-Anwendungen können von den dezentralen Strukturen der Blockchain profitieren. Darüber hinaus kann die Blockchain für die eindeutige Rückverfolgbarkeit, insbesondere für Anwendungen der Supply Chain, eingesetzt werden, beispielsweise für kritische Ressourcen, Nahrungsmittel oder Impfstoffe. Ebenso kommt die Blockchain im Finanzsektor sowie in der Energiewirtschaft zum Einsatz.<sup>123</sup> Ein weiteres Anwendungsfeld sind soge-

---

<sup>118</sup> Fraunhofer 2019

<sup>119</sup> Universität Leipzig 2021.

<sup>120</sup> Metzger 2018.

<sup>121</sup> Cloer 2016, Cancom 2019.

<sup>122</sup> Kompetenzzentrum Öffentliche IT 2021.

<sup>123</sup> Godfrey 2021.

nannte „non-fungible Tokens“ (deutsch: nicht-ersetzbare Zertifikate), mit denen beispielsweise Assets im Bereich der digitalen Kunst sowie im Gaming als einzigartig und nicht-kopierbar definiert werden können.<sup>124</sup>

Aufgrund der hohen Energieverbräuche wird die Blockchain vermutlich erst im Zusammenspiel mit Quantencomputing interessant, so die Rückmeldung aus den Expertengesprächen. Bis dahin werde die Blockchain vermutlich eher eine Nischentechnologie bleiben. Mit dem Competence Center für Blockchain in Mittweida gibt es eine Institution in Mitteldeutschland, mit der Leuchttürme für dieses digitale Zukunftsfeld entwickelt werden sollen. Eines der dort bearbeiteten Themen ist die Entwicklung einer zukunftsfähigen Mobilität für den ländlichen Raum mit dem Projekt *Mobility 4All*.<sup>125</sup>

Auch die IKT-Trendstudie von Bitkom Research bewertet Blockchain aktuell als Nischenthema. 7 % der dort befragten Unternehmen setzen aktuell diese Zukunftstechnologie ein, im IKT-Bereich sind es 10 %.<sup>126</sup> Ein ähnliches Bild beschreiben die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshops: Sie schätzen die bisherige Verbreitung als sehr gering ein. Als Herausforderungen werden auch das unzureichende Vorhandensein von Entwicklern bzw. rechtliche Unklarheiten benannt. Die Experten und Expertinnen gehen jedoch von einem großen Potenzial im IoT-Umfeld aus und rechnen mit einer hohen Verbreitung in 20 Jahren (vgl. Anhang 6, Abbildung 39).

### 3.3.5 Cloud & Edge Computing

#### *Beschreibung*

Cloud Computing ist mittlerweile eine etablierte Technologie und beschreibt die Bereitstellung und Nutzung von IT-Ressourcen mittels einer Netzwerkverbindung, oftmals dem Internet. Von einem Cloud-Server werden beispielsweise Rechenleistung, Speicherkapazität und Anwendungen bereitgestellt oder betrieben (vgl. Abschnitt 4.5). Die Interaktion mit dem Nutzer erfolgt dadurch, dass dieser über das Netzwerk auf die IT-Ressourcen zugreift.<sup>127</sup> Unter dem Begriff „XaaS“ (Anything-as-a-Service) können Services über die Cloud zur Verfügung gestellt werden, beispielsweise Software-as-a-Service, Platform-as-a-Service oder Infrastructure-as-a-Service.<sup>128</sup>

Edge Computing ist eine ergänzende Technologie zu Cloud Computing. Mit dieser aufstrebenden Technologie werden die Daten möglichst nahe am Ort ihrer Entstehung gespeichert, analysiert und verarbeitet. Die hierzu notwendigen dezentralen Rechenressourcen befinden sich hierzu entweder in einem Gerät selbst oder in der Nähe (Meist in Form von Micro-Rechenzentren). Ziel dieser Technologie ist es, Latenzzeiten zu verkürzt und Netzwerküberlastungen zu verhindern.<sup>129</sup>

---

<sup>124</sup> Herrnberger 2021, Cryptopedia 2021.

<sup>125</sup> Blockchain-Schaufensterregion Mittweida 2020.

<sup>126</sup> Bitkom 2020: n=955, diese Studie ist jedoch nicht repräsentativ, da nur Unternehmen mit mindestens 100 Mitarbeitenden befragt wurden.

<sup>127</sup> Schonschek & Karlstetter 2019.

<sup>128</sup> Luber & Karlstetter 2017.

<sup>129</sup> Schonschek & Karlstetter 2019; Gill 2020b.

### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Laut dem Trendradar von Bitkom Research nutzen bereits 84 % der befragten Unternehmen in Deutschland Cloud-Computing, in der IKT-Branche bereits 91 %. Cloud Computing kann daher als Standardtechnologie beschrieben werden.<sup>130</sup> Auch die Nutzung von Edge Computing nimmt Fahrt auf. Grund für dieses Wachstum ist die steigende Verfügbarkeit von Daten sowie der kontinuierlich zunehmende Bedarf an Analysen in Echtzeit.<sup>131</sup> Die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshops schätzen ebenfalls ein, dass die Verbreitung von Cloud und Edge Computing in 20 Jahre sehr hoch sein wird (vgl. Anhang 6, Abbildung 40).

### **3.3.6 Cybersicherheit**

#### *Beschreibung*

Mit dem Begriff Cybersicherheit werden Methoden, Prozesse und Tools zusammengefasst, mit denen IT-Assets gegen unbefugte Zugriffe geschützt werden.<sup>132</sup> Teilgebiete, die sich hinter dem Begriff Cybersicherheit verbergen, sind beispielsweise die Themen Netzwerksicherheit, Programmsicherheit, Informationssicherheit oder Betriebssicherheit.<sup>133</sup> Das Identitäts- und Berechtigungsmanagement ist eines der IT-Grundschatzziele, die vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) definiert wurden. Mit dem IT-Grundschatz verfolgt das BSI das Ziel, „Unternehmen, Behörden und anderen Institutionen eine pauschalisierte Vorgehensweise für den Schutz ihrer Informationstechnik an die Hand zu geben“.<sup>134</sup> Der BSI IT-Grundschatz beinhaltet Standards, in welchen die Grundlagen für die Erstellung eines Informationssicherheitsmanagementsystem beschrieben sind und Kataloge, die die konkreten Anforderungen definieren.<sup>135</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Die Bedeutung von Cybersicherheit nimmt kontinuierlich zu. Laut einer Studie von PwC von 2020 hat sich die Berücksichtigung von Cybersicherheit im Vergleich zum Vorjahr verdoppelt. Cybersicherheit ist gleichzeitig wichtiger denn je. Denn mit einem steigenden Grad an Digitalisierung steigt auch die Gefahr von Cyberattacken.<sup>136</sup> Lösungsangebote im Bereich Cyber-Sicherheit können auch dazu beitragen, die Digitalisierung noch weiter in die Breite zu tragen – auch in den Anwendungsbranchen. Denn häufig werden Gefahren in diesen Bereichen als Hemmnis für die Investition in digitale Zukunftstechnologien genannt.<sup>137</sup>

In der IRMD ist seit August 2020 die neu gegründete *Bundescyberagentur (Agentur für Innovation in der Cybersicherheit)* beheimatet mit Sitz in Halle. Perspektivisch soll diese

---

<sup>130</sup> Bitkom 2020: n=955, diese Studie ist jedoch nicht repräsentativ, da nur Unternehmen mit mindestens 100 Mitarbeitenden befragt wurden.

<sup>131</sup> Costello 2021, Pratt 2020.

<sup>132</sup> Kaspersky 2021.

<sup>133</sup> Kaspersky 2021.

<sup>134</sup> Nikolaisen 2021.

<sup>135</sup> Nikolaisen 2021.

<sup>136</sup> PwC 2020a.

<sup>137</sup> Bitkom 2020.



am Flughafen Halle-Leipzig ihren Standort finden. Ihr Auftrag ist es, Innovationen im Bereich Cybersicherheit sowie zu den dazugehörigen Schlüsseltechnologien anzuschließen.<sup>138</sup> Darüber hinaus gibt es mit dem *CyberSecurity Verbund Sachsen-Anhalt*, ein Forschungsprojekt der *Hochschule Harz*, der *Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* (MLU) sowie der *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*, einen weiteren Kompetenzschwerpunkt in der Region. Ebenso gibt es verschiedene Gründungen im Bereich Cybersicherheitsumfeld, wie beispielsweise die *Rhebo GmbH* aus Leipzig, die ihren Fokus auf Cybersicherheit legen, oder die *Robin Data GmbH* aus Merseburg mit Schwerpunkt auf dem Thema Datenschutz.

Dem Thema Cybersicherheit wird für die Region – entsprechend der durchgeführten Interviews und Expertengespräche – eine hohe Relevanz beigemessen (vgl. auch Abschnitt 2.3.1.1). Gerade aus Datenschutz-Gesichtspunkten ist ein „made in Germany/EU“ von Vorteil für Cybersicherheitslösungen. Je mehr in Cybersicherheit investiert wird, umso größer ist auch die Wertschöpfung, die erzielt werden kann. Gleichzeitig gehen Fortschritte im Bereich Cybersicherheit Hand in Hand mit Entwicklungen in anderen Domänen, beispielsweise im Bereich eHealth. Die Expertinnen und Experten gehen davon aus, dass die Verbreitung in 20 Jahren eher hoch sein wird (vgl. Anhang 6, Abbildung 39).

### 3.3.7 Digitale Plattformen

#### *Beschreibung*

Digitale Plattformen dienen der Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinweg. Sie sind für eine Vielzahl von Unternehmen die Basis, um Produkte, Dienstleistungen oder Technologien anzubieten, die auch komplementär zueinander sein können. Bei digitalen Plattformen wird generell zwischen dem Plattform-Betreiber (stellt die technische Infrastruktur zur Verfügung), dem Applikations-Entwickler (entwickelt auf Basis des Betriebssystems eine Anwendung oder Dienstleistung) und dem Endnutzer (bezieht über die technische Infrastruktur die Applikation und nutzt diese) unterschieden. Plattformen gewinnen immer mehr an Relevanz, da Märkte zunehmend zwei- oder mehrseitig funktionieren. Dies bedeutet konkret, dass die Nachfrage einer Kundengruppe stark davon abhängt, wie groß die Nachfrage einer anderen Kundengruppe ist.<sup>139</sup> Beispielsweise werden über Cloudplattformen digitale Services angeboten (vgl. Abschnitt 3.3.5).<sup>140</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Digitale Plattformen sind gerade im IoT-Umfeld von großer Bedeutung. Sind jedoch, laut den Expertengesprächen, eher als Standardlösungen zu klassifizieren. Nichtsdestotrotz kommt ihnen, insbesondere mit Blick auf die Anwendungsbranchen, eine wichtige Bedeutung zu, da mit Ihnen digitale Marktplätze im eCommerce gestaltet werden können. Beispiele hierfür sind u. a. die Plattform *Leipzig vernetzt*<sup>141</sup>, die von der Wirtschaftsförderung der Stadt Leipzig in Kooperation mit der *Mercateo AG* in 2020 initiiert wurde und über die

<sup>138</sup> Klaus 2020, BMI 2019, Cyberagentur 2021.

<sup>139</sup> Baums 2015.

<sup>140</sup> Gartner 2021.

<sup>141</sup> *Leipzig vernetzt*, o. J.: eCommerce-Plattform für regionale B2B-Unternehmen, initiiert durch die Stadt Leipzig, wird sukzessive auf Sachsen ausgeweitet.

Stadt Leipzig hinaus in die umliegenden Landkreise ausgerollt werden soll oder die in Halle gegründete Telemedizin-Plattform *iMedCom*<sup>142</sup> für die Patientenversorgung, insbesondere im ländlichen Raum. Mit dem *Logistics Living Lab* an der *Universität Leipzig* wird zudem im Rahmen des Projekts *DE4L* ein intelligentes Ökosystem mit einer Plattform für den Datenaustausch in der Logistikbranche aufgebaut.<sup>143</sup> Wie die zuvor genannten Beispiele zeigen, können solche Plattformen somit auch einen Beitrag zur Regionalentwicklung leisten.

Laut einer Studie von IoT Analytics wird für IIoT-Plattformen (Plattformen für das Industrial Internet of Things) weltweit von einem Wachstum von 40 % über die Jahre 2018 bis 2024 ausgegangen.<sup>144</sup> Die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshop schätzen die aktuelle Verbreitung von Plattformen eher als gering ein. In 20 Jahren wird von einer hohen Verbreitung ausgegangen (vgl. Anhang 6, Abbildung 39).

### 3.3.8 Digitaler Zwilling

#### *Beschreibung*

Der digitale Zwilling ist das digitale Abbild eines materiellen (oder immateriellen) Objekts und verbindet somit reale und virtuelle Welt. Neben den modellierten Produkteigenschaften (Geometrie-, Kinematik- und Logikdaten) verwenden digitale Zwillinge aber auch reale Daten aus Sensoren. Die umfassende digitale Modellierung ermöglicht die Nutzung des digitalen Zwillings als Vorhersagemodell, um Abhängigkeitsanalysen und automatisierte Entscheidungsfindung durchführen zu können. Im industriellen Kontext werden bereits heute digitale Zwillinge genutzt, um beispielsweise passgenauer Updates bereitzustellen oder Fertigungsprozesse aus Kosten-, Produktivitäts- oder Ressourcenverbrauchssicht zu optimieren.<sup>145</sup> Mit dem digitalen Zwilling können solche Optimierungen auch automatisiert, beispielsweise mittels KI erfolgen.<sup>146</sup> Darüber hinaus wird der digitale Zwilling als Basis für die additive Fertigung benötigt.<sup>147</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Bis 2030 wird die Bedeutung des digitalen Zwillings immens ansteigen. Voraussichtlich eine wachsende Vielzahl von Produkten werden in Kombination mit einem digitalen Zwilling angeboten werden.<sup>148</sup> Hierbei sind insbesondere das IoT sowie vorhandene Datenmodelle wesentliche Treiber bzw. Voraussetzung für die steigende Verbreitung des digitalen Zwillings.<sup>149</sup> Ein Erfolgsbeispiel aus der IRMD im Zukunftsfeld digitaler Zwilling ist die *Twinmer GmbH*, ein Start-up aus Halle (vgl. Abschnitt 2.3.2.2). Die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshops gehen von einer hohen Verbreitung des digitalen Zwillings in 20 Jahren aus (vgl. Anhang 6, Abbildung 38).

---

<sup>142</sup> iMedCom o. J.

<sup>143</sup> Logistics Living Lab o. J.

<sup>144</sup> Lueth 2019.

<sup>145</sup> Fraunhofer IESE 2021.

<sup>146</sup> Bechtold 2021.

<sup>147</sup> Vollmer & Wunner 2020.

<sup>148</sup> Siemens 2020.

<sup>149</sup> Pütter 2019.

### 3.3.9 Internet of Things

#### Beschreibung

Das Internet der Dinge (Englisch: Internet of Things, IoT) ist eine Bezeichnung für ein Netzwerk aus Geräten, welche mit dem Internet verbunden sind. Hierbei können Gegenstände in Kommunikation treten und Geräte Daten untereinander austauschen, welche sie über Sensoren, Software oder andere Technologien erzeugen. Im Regelfall erfolgt dieser Austausch über das Internet, ein Datenaustausch kann aber auch beispielsweise mittels Bluetooth vorgenommen werden. Die Auswahl der geeigneten Funktechnologie ist dabei vom Anwendungsfall abhängig.<sup>150</sup> Die Anwendungsfälle von IoT reichen von alltäglichen Gegenständen wie Mobiltelefone über Waschmaschinen bis hin zu Flugzeugen.<sup>151</sup> IoT-Technologien kommen sowohl für Anwendungen, die vom Endverbraucher genutzt werden, beispielsweise im Bereich Smart Home, im Bereich Smart Building sowie Smart City, als auch im Kontext Industrie 4.0 zum Einsatz. Das IoT ist somit ein wesentlicher Bestandteil der Automatisierung.

#### Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD

Insgesamt gibt es derzeit etwa 27 Milliarden vernetzte IoT Geräte. Laut Experten wird diese Zahl bis zum Jahr 2025 auf etwa 70 Milliarden Geräte ansteigen.<sup>152</sup> Hierzu wird der Anteil der Sensoren immens ansteigen.

In der Trendstudie von Bitkom Research wird dargelegt, dass 28 % der befragten Unternehmen bereits über IoT-Anwendungen verfügen. Mit Blick auf den Maschinen- und Anlagenbau sowie Chemie und Pharma liegt die Quote jeweils bei 22 %.<sup>153</sup> Um die Verbreitung von IoT-Technologien zu erhöhen, bieten die Mittelstand-4.0-Kompetenzzentren, die sich in jedem Bundesland von Mitteldeutschland befinden, gezielt Praxisworkshops an (vgl. Kapitel 2). Erfolgreiche Gründungen im Bereich IoT sind beispielsweise die *Appsfactory GmbH* in Leipzig sowie die *Twelve Solutions UG* in Merseburg.

Die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshops schätzen die Verbreitung von IoT-Technologien bis 2040 auf ein mittleres Niveau (vgl. Anhang 6, Abbildung 38). Trendstudien, wie beispielsweise von *Infineon*, gehen bereits im Jahr 2030 von einer sehr hohen Verbreitung aus.<sup>154</sup>

### 3.3.10 Maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz

#### Beschreibung

Maschinelles Lernen ist ein Teilgebiet der künstlichen Intelligenz (KI). Durch iteratives Durchführen einer Aufgabe und Feedback, ob die Durchführung erfolgreich war, erlernt ein Algorithmus das Auffinden von Mustern und Korrelationen in Datenmengen. Auf Basis

---

<sup>150</sup> mm1 2021a, Tutanch 2017.

<sup>151</sup> Microsoft 2020.

<sup>152</sup> Kroker 2019.

<sup>153</sup> Bitkom 2020: n=955, diese Studie ist jedoch nicht repräsentativ, da nur Unternehmen mit mindestens 100 Mitarbeitenden befragt wurden.

<sup>154</sup> Infineon o. J.

dieser Grundlage trifft er Entscheidungen und Vorhersagen für die selbstständige Durchführung von Aufgaben.<sup>155</sup> Der Maschine oder dem Computer werden über Gütekriterien Rahmenbedingungen gegeben, mittels derer diese sich eigenständig einen Lösungsweg modelliert. So kann ein Roboter beispielsweise selbst erlernen, ein Objekt zu greifen und von A nach B zu transportieren. Die Vorgabe, von wo nach wo ein Objekt transportiert werden soll, wird programmiert, wie der Roboter das Objekt optimal greift, erlernt er selbst durch wiederholtes Ausprobieren und anhand des Feedbacks, ob die Strecke erfolgreich zurückgelegt wurde. Notwendige Voraussetzung für dieses digitale Zukunftsfeld sind große Datenmengen und hohe Rechenleistungen.<sup>156</sup>

### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Laut der Trendstudie von Bitkom Research nutzen bereits 13 % der befragten Unternehmen in Deutschland KI. Mit Blick auf ausgewählte Branchen sind es in der IKT-Branche bereits 20 %, in der Automobilindustrie 17 %, in Unternehmen aus dem Bereich Chemie und Pharma 14 % und im Maschinen- und Anlagenbau 13 %.<sup>157</sup> Ziel der EU-Kommission ist es, dass bis 2030 75 % aller Unternehmen KI anwenden.<sup>158</sup> KI trägt auch zum wirtschaftlichen Wachstum bei. Eine Studie von PwC geht davon aus, dass das BIP in Deutschland um bis zu 11,3 % durch KI-basierte Innovationen zunehmen kann.<sup>159</sup>

Aktuell werde das Potenzial von KI, insbesondere in den Anwenderbranchen, noch nicht erkannt, so die Rückmeldung aus Expertengesprächen (vgl. Kapitel 2.3.2.2). Die Experten aus der IRMD gehen jedoch davon aus, dass für KI ein starkes Wachstum in den nächsten Jahren zu erwarten ist. Grund hierfür ist die verbesserte Datenbasis, die in etwa fünf Jahren erwartet wird. Aktuell solle der Schwerpunkt auf kompetenzbildende Maßnahmen gelegt werden, damit zukünftig KI-basierte Anwendungen erfolgreich eingesetzt sowie Strategien und Visionen entwickelt werden können. Die Annahme ist, dass in 20 Jahren KI eine etablierte Standardtechnologie sein wird. Die Expertinnen und Experten schätzen die Verbreitung in 20 Jahre auf ein mittleres bis hohes Niveau ein (vgl. Anhang 6, Abbildung 38).

Rund um das Thema KI wurden in der IRMD verschiedene Initiativen gestartet, mit denen das Ökosystem bereichert wird. Mitte 2019 wurde in Leipzig der *AI-Monday*<sup>160</sup> ins Leben gerufen. Der *AI-Monday* ist ein Meetup-Format, das ursprünglich 2017 in Helsinki zum ersten Mal initiiert wurde, um ein Diskussionsformat rund um das Thema KI zu schaffen. Dieses Meetup-Format hat sich erfolgreich in der Region etabliert. Es soll Inspiration bieten, Wissen und Kontakte vermitteln, sowie Tipps zu Changemanagement und Führung. In Sachsen wurden mit dem *KI-Hub als auch mit dem ScaDS.AI* in Leipzig weitere Institutionen geschaffen, um Kompetenzen in der Region zu bündeln (vgl. Abschnitt 3.4). Darüber hinaus hat die Universität Leipzig im August 2021 eine Bewilligung i. H. v. 46 Mio. Euro für den Aufbau eines KI-Rechenzentrums erhalten, dass 2026 in Betrieb genommen werden

---

<sup>155</sup> SAP o. J.

<sup>156</sup> Fraunhofer IKS 2021.

<sup>157</sup> Bitkom 2020. Diese Studie ist nicht repräsentativ, da nur Unternehmen mit mindestens 100 Mitarbeitenden befragt wurden.

<sup>158</sup> EU-Kommission 2021c

<sup>159</sup> PwC 2019.

<sup>160</sup> AI-Monday Leipzig o. J.: Mitbegründer ist ein Mitarbeiter der *Appsfactory GmbH* aus Leipzig.

soll. Ziel dieses KI-Rechenzentrums ist es, Methodenkompetenz in der Region auf- und auszubauen und die Verknüpfung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft weiter voranzutreiben.<sup>161</sup>

### 3.3.11 Nanotechnologie & Photonik

#### *Beschreibung*

Unter Nanotechnologie wird die gezielte Herstellung oder Manipulation von Nanostrukturen verstanden, um damit chemische und physikalische Eigenschaften bestimmter Phänomene zu nutzen. Die Nanotechnologie ermöglicht es, Oberflächen-, Grenz- und quantenphysikalische Eigenschaften nutzbar zu machen. Anwendung findet diese Technologie beispielsweise in der Chipindustrie oder der Medizintechnik.<sup>162</sup>

Entscheidend für die Weiterentwicklung und industrielle Anwendung der Nanotechnologie, ist die Weiterentwicklung optischer Technologien (Photonik). Die Photonik umfasst Bereiche wie Mikroskopie, Lasertechnik, Machine Vision oder Sensorik und Analytik. Die Technologie ist entsprechend für viele Anwendungsfelder eine relevante Hilfstechologie. Beim autonomen Fahren kommt Photonik beispielsweise in Form eines LIDARs zum Einsatz.<sup>163</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Nanotechnologie und Photonik sind wesentliche Grundlage für die Mikroelektronik, wie beispielsweise die Weiterentwicklung und Herstellung von Sensoren sowie Mikrochips aber auch im Bereich der Quantentechnologie. Diese Bedarfe werden in den nächsten Jahren immens zunehmen. In Mitteldeutschland sind verschiedene Akteure angesiedelt: insbesondere in der Region rund um Dresden, dem Zentrum des Clusters *Silicon Saxony*, sind zahlreiche Forschungseinrichtungen und Unternehmen im Bereich Mikroelektronik beheimatet. Die Halbleiterfabriken von *Globalfoundries Management Services LLC & Co. KG*, *Infineon Technologies AG* und der *Robert Bosch GmbH* befinden sich dort. Dies ist der größte Standort in Europa für die Mikroelektronik.<sup>164</sup> In Thüringen sind verschiedenste Cluster, Hubs und Forschungseinrichtungen zur Photonik angesiedelt. Beispielsweise umfasst das Netzwerk *OptoNet* über 100 Akteure aus dem Photonikbereich in Thüringen (vgl. Abschnitt 3.4). Die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshops gehen davon aus, dass die Verbreitung von Nanotechnologie und Photonik auch in 20 Jahren einen hohen bis sehr hohen Grad haben wird (vgl. Anhang 6, Abbildung 38). Allerdings sind die relevanten Unternehmen, Forschungsreinrichtungen und Netzwerke aus Mitteldeutschland bisher außerhalb der IRMD angesiedelt (vgl. Abschnitt 3.4).

---

<sup>161</sup> MDR 2021.

<sup>162</sup> Badenschier 2021.

<sup>163</sup> BMBF 2021a.

<sup>164</sup> Silicon Saxony o. J.



### 3.3.12 Quantum Computing

#### *Beschreibung*

Quantencomputer versprechen, die IT-Welt zu revolutionieren. Sie können großen Datenmengen schneller, effizienter und leistungsstärker ausgewertet und interpretieren. Technologische Grundlage hierfür ist die Quantenphysik. Im Vergleich zu herkömmlichen Computern arbeiten Quantencomputer nicht mit einem binären System aus 0 und 1, sondern mit drei Zuständen. Der dritte Zustand ist die sogenannte Superposition und ist gleichzeitig 0 und 1. Dies sorgt dafür, dass für dieselben Informationen weniger Ressourcen benötigt werden und Berechnungen damit in einem Bruchteil der Zeit erfolgen können.<sup>165</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Die ersten Quantencomputer für Forschungszwecke wurde in Deutschland im Juni 2021 eingeweiht.<sup>166</sup> Bis zum Jahr 2030 sollen erste Quantencomputer entwickelt werden, die für den praktischen Einsatz gedacht sind, so das Ziel von Google LLC, der IBM Deutschland GmbH und auch der Forschungsinitiative in Deutschland.<sup>167</sup>

Mit den Standorten der Atos SE und der IBM Deutschland GmbH in Leipzig, beides Unternehmen, die im Bereich der Quantencomputer aktiv sind, gibt es auch in der IRMD Anknüpfungspunkte, die den Technologietransfer in die Region zukünftig begünstigen können.

Die Expertinnen und Experten des Innovationsworkshops gehen davon aus, Quantencomputer in 20 Jahren in geringem bis mittleren Umfang verbreitet sein werden (vgl. Anhang 6, Abbildung 40).

### 3.3.13 Robotic Process Automation

#### *Beschreibung*

Bei Robotic Process Automation (kurz RPA) handelt es sich um einen digitalen Software-Roboter, welcher automatisiert strukturierte Geschäftsprozesse erledigt. RPAs haben insbesondere dann Vorteile, wenn sie eindeutig strukturierte, wiederholende und regelbasierende Prozesse und Aufgaben, welche zuvor durch Menschen ausgeführt wurde, übernehmen. Da die Software-Roboter auf der grafischen Benutzeroberfläche arbeiten, ist die Implementierung von RPAs ohne zusätzlichen Aufwand durch Prozessänderungen oder zusätzliche Schnittstellen möglich. Der Software-Roboter ahmt im übertragenen Sinne die menschliche Interaktion mit der Benutzerschnittstelle nach. Zukünftige Entwicklungen gehen in Richtung kognitiver RPAs um auch hoch komplexe und dynamische Regelwerke abbilden zu können. KI ist die Schlüsseltechnologie für kognitive Prozessautomatisierung. Diese werden mit dem Begriff RPA 2.0 bezeichnet.<sup>168</sup>

---

<sup>165</sup> Finsterbusch 2021.

<sup>166</sup> Bundesregierung 2021.

<sup>167</sup> Förster 2021.

<sup>168</sup> Bingler et al. 2020, Safer 2021.

### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Der weltweite RPA-Markt wurde 2019 auf einen Wert von 1,4 Milliarden US-Dollar geschätzt. Bis 2030 wird von einer jährlichen Wachstumsrate i. H. v. 36 % ausgegangen. Wachstumstreiber sind zukünftig v. a. KMU.<sup>169</sup> Eine Studie von PwC zeigt, dass etwas mehr als 50 % der befragten Unternehmen in der DACH-Region RPA bereits nutzen.<sup>170</sup> Auch Gartner geht von einem hohen Verbreitungsgrad aus mit einer Nutzungsrate von 85 % durch größere Betriebe bis Ende 2022.<sup>171</sup>

Der Fokus wird dabei zukünftig insbesondere auf RPA 2.0 Lösungen liegen, d. h. auf den Softwarebots, die selbstständig komplexe Prozesse umsetzen, so die Rückmeldung aus den Expertengesprächen. Klassische RPA-Anwendungen werden hingegen zurückgehen. Insgesamt gehen die Teilnehmenden des Innovationsworkshops davon aus, dass RPA-Anwendungen in 20 Jahren in sehr weiten Umfang verbreitet sein werden (vgl. Anhang 6, Abbildung 41).

### **3.3.14 Robots & Cobots**

#### *Beschreibung*

Roboter sind als universell programmierbare Maschinen zur Handhabung, Montage oder Bearbeitung von Werkstücken. Sie sind in den vergangenen Jahren zu einem gewohnten Anblick in der Industrie geworden. Bei der zukünftigen Entwicklung von Robotern steht die Integration dieser in den menschlichen Arbeitsraum im Vordergrund. Roboter, die für die Kollaboration mit Menschen ohne trennende Schutzeinrichtung konzipiert werden, werden Cobots genannt.<sup>172</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Laut der Trendstudie von Bitkom Research werden aktuell in 20 % der Unternehmen Robotik-Anwendungen eingesetzt. Im industriellen Umfeld ist der Anteil von Robotik bereits relativ hoch: In der Automobilindustrie kommt in 53 % der Unternehmen Robotik zum Einsatz, im Maschinenbau sind es 47 %, in der Chemie- und Pharma-Branche liegt die Quote bei 45 %. Im Handel liegt der Anteil hingegen bei lediglich 7 %.<sup>173</sup>

Zukünftig bestehen insbesondere große Potenziale für Robotikanwendungen im Bereich der Pflege. Für eine Verbreitung in weitem Umfang muss jedoch die Akzeptanz für diese Technologie gesteigert werden.<sup>174</sup> Im Rahmen der Expertengespräche wurde erläutert, dass insbesondere im Bereich selbstlernender Robotik vielversprechende Potenziale gesehen werden. Als Beispiel wurde das Start-up *Wandelbots* aus Dresden aufgeführt. Mit

---

<sup>169</sup> P&S Intelligence 2020.

<sup>170</sup> PwC 2020b: Diese Studie ist nicht repräsentativ.

<sup>171</sup> Safer 2021.

<sup>172</sup> Automationspraxis o. J.

<sup>173</sup> Bitkom 2020: n=955, diese Studie ist jedoch nicht repräsentativ, da nur Unternehmen mit mindestens 100 Mitarbeitenden befragt wurden.

<sup>174</sup> Haddadin 2020.

Blick in die Zukunft in 20 Jahren wurde im Rahmen des Innovationsworkshops das Verbreitungspotenzial von Robots und Cobots auf einen mittleren bis hohen Umfang geschätzt (vgl. Anhang 6, Abbildung 41).

### 3.3.15 Wearables/Wearable Computing

#### *Beschreibung*

Die Entwicklung und Umsetzung von tragbaren Computersystemen wird Wearable Computing genannt. Ein Entwicklungsschwerpunkt ist dabei, den Wearable Computer in anderen Objekten (bspw. Kleidung) oder am Körper des Nutzers zu befestigen. Ursprünglich wurde das Konzept im Gesundheitsbereich für Hörgeräte oder Herzschrittmacher angewandt. Durch eine zunehmende Kostenreduktion und Miniaturisierung der Technologie finden sich mittlerweile breite Anwendungsfelder.<sup>175</sup>

#### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

In Deutschland wurden im Jahr 2020 fast 7 Millionen Wearables abgesetzt, mehr als 3-mal so viele wie noch 2015.<sup>176</sup> Weltweit wird für Wearables über die nächsten 10 Jahre von einem immensen Wachstum ausgegangen. Laut einer Studie von *Research and Markets* wird im Jahr 2030 von einem weltweiten Marktvolumen für Wearables in Höhe von 137,15 Milliarden US-Dollar ausgegangen mit einer jährlichen Wachstumsquote von 14,7 %. Die Nachfrage zeigt sich sowohl im Konsumentenbereich, beispielsweise für Unterhaltung und Gesundheit, als auch im industriellen Umfeld.<sup>177</sup>

Ein Beispiel für die Anwendung von Wearables in der IRMD ist das Forschungsprojekt *SmartHands* an der Universitätsklinik in Halle, das den Einsatz von Wearables in der medizinischen Ausbildung untersucht.<sup>178</sup> Im Rahmen des Innovationsworkshops haben die Teilnehmenden das Verbreitungspotenzial in 20 Jahren auf mittel bis hoch eingeschätzt (vgl. Anhang 6, Abbildung 40).

### 3.3.16 XR-Technologien

#### *Beschreibung*

Extended Reality (kurz XR) ist ein Sammelbegriff für Technologien, die computergenerierte Umgebungen und Objekte erstellen und darstellen. Die XR-Technologien lassen sich nach ihrem Verhältnis von realen und virtuellen Anteilen bei der Darstellung einteilen. Bei Augmented Reality werden dem Nutzer ergänzend zu einer mehrheitlich realen Umgebung einzelne virtuelle Elemente mit eingeblendet. Auf der anderen Seite des Spektrums werden bei Virtual Reality ausschließlich virtuelle Elemente in einer virtuellen Umgebung abgebildet. Ergänzt wird die visuelle Darstellung um akustische und haptische

---

<sup>175</sup> Bergler 2018.

<sup>176</sup> Statista 2021a.

<sup>177</sup> Research and Markets 2021.

<sup>178</sup> Ärzteblatt Sachsen-Anhalt 2020.

Inhalte, damit für den Nutzer der Übergang zwischen realer und virtueller Welt verschwimmt und damit ein hoher Immersionsgrad erreicht wird.<sup>179</sup> XR ist eng verknüpft mit dem Gaming Bereich. Hierbei ist insbesondere das Game Design als Basis für XR zu verstehen.<sup>180</sup>

### *Aktuelle Relevanz und zukünftige Bedeutung in der IRMD*

Bereits seit 2005 werden XR-Technologien im Gartner Hype Cycle betrachtet und haben 2017-2018 ihr Produktivitätsplateau erreicht. Mit der erlangten Reife sind XR-Technologien bereits in der Anwendung angekommen, allerdings in erster Linie im Kontext von Pilotanwendungen. Laut einer Studie von PwC wird für Virtual Reality-Anwendungen bis 2025 weltweit ein jährliches Wachstum i. H. v. 30 % erwartet. XR kommt dabei nicht nur im Gaming-Bereich zum Einsatz, sondern auch im geschäftlichen Umfeld entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Beispielsweise im Bereich der Aus- und Weiterbildung, für Simulationen, beispielsweise im Kontext der Fabrikplanung sowie im Vertrieb sowie im Service, beispielsweise zur virtuellen Inbetriebnahme bzw. für Fernwartungszwecke. . Darüber hinaus kommen XR-Technologien auch für Design Reviews von 3D-Modellen oder für kollaborative Zwecke, wie virtuelle Workshops als Alternative zu Präsenzterminen. Im Unternehmensumfeld wird ein Marktdurchbruch bis 2026 erwartet.<sup>181</sup>

Eine wichtige Säule für XR-Technologien in der Region ist der Verband Games und XR. Zudem entsteht gerade ein *Gaming House* in Leipzig, dessen Fokus u. a. auf dem Bereich Gamification sowie (Serious) Games liegen wird. In diesem Zuge werden auch XR-Technologien dort präsentiert werden. Auch in den Interviews werden **XR-Technologien als Schlüsselindustrie für die IRMD** gesehen (vgl. Abschnitt 2.3.1.1). Im Rahmen des TDG-Projekts *Rehatranshome* wird die Anwendung von XR-Technologien in der Pflege untersucht. Mittels XR-Technologie wird die Rückkehr der zu pflegenden Person in die eigenen vier Wände trainiert.<sup>182</sup> Mit Blick auf die Relevanz in 20 Jahren gehen die Expertinnen und Experten davon aus, dass die Technologie in hohem bis sehr hohen Umfang zum Einsatz kommen wird (vgl. Anhang 6, Abbildung 40).

## 3.4 Kompetenzatlas

In einem nächsten Schritt wurde untersucht, inwiefern die im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen digitalen Zukunftsfelder in der IKT-Wirtschaft sowie in der Forschungslandschaft der IRMD verankert sind. Ebenso wird betrachtet, inwiefern die digitalen Zukunftsfelder von Clustern, Netzwerken und Verbänden adressiert werden.<sup>183</sup>

---

<sup>179</sup> Hyve 2021.

<sup>180</sup> Eichenseer 2018.

<sup>181</sup> mm1 2021c, PwC 2021, VDC o. J.

<sup>182</sup> TDG o. J.c

<sup>183</sup> Sowohl für die Forschungseinrichtungen als auch für die Cluster, Netzwerke und Hubs wird Mitteldeutschland herangezogen, da diese Akteure überregional tätig sind.

### 3.4.1 Kompetenzatlas für die IKT-Wirtschaft

Für die Betrachtung der Kompetenzen der IKT-Wirtschaft in der IRMD wurde die Kategorisierung der IKT-Branche gemäß des Monitoring-Reports Wirtschaft DIGITAL 2018 herangezogen.<sup>184</sup>

Als Quellen für die Zusammenstellung der Unternehmen wurden die folgenden Datenbanken genutzt<sup>185</sup>:

- ▶ IHK Ostthüringen zu Gera
- ▶ die Sächsischen IHKen
- ▶ Firmendatenbank Sachsen
- ▶ Implisense
- ▶ Kreativwirtschaft Leipzig
- ▶ Silicon Saxony
- ▶ Cluster IT Mitteldeutschland
- ▶ Smart Infrastructure Hub Leipzig
- ▶ SpinLab Leipzig
- ▶ Kreativwirtschaft ST
- ▶ SaltLabs workplace + coffee
- ▶ BIC Leipzig

Insgesamt wurden über diese Datenbankrecherche **1.333 Unternehmen** identifiziert. Anschließend erfolgte die Zuordnung zu den digitalen Zukunftsfeldern anhand der verfügbaren Informationen auf den Unternehmenswebseiten. Tabelle 9 bildet den aktuellen Status quo ab, indem sie einen Überblick über die Verortung der digitalen Vorreiter in der IRMD gibt. Im Durchschnitt sind 27 % der IKT-Unternehmen als digitale Vorreiter zu klassifizieren. Die meisten digitalen Vorreiterunternehmen befinden sich in den beiden Städten Halle (Anteil von 33 %) und Leipzig (Anteil von 29 %). Insgesamt gibt es deutlich weniger digitale Vorreiter in ländlichen Regionen – abgesehen vom Landkreis Nordsachsen. Der geringste Anteil an digitalen Vorreiterunternehmen befindet sich in den beiden Landkreisen Burgenlandkreis mit 11 % und im Altenburger Land mit 5 %.

---

<sup>184</sup> BMWi 2018. Für den Zuschnitt der IKT-Branche werden die Wirtschaftszweige 26.1, 26.2, 26.3, 26.4, 26.8 für die IKT-Hardware und die Wirtschaftszweige 58.2, 61, 62, 63.1 für die IKT-Dienstleister inkl. Software betrachtet. Der IKT-Großhandel (WZ 46.5) sowie der Bereich Reparatur von Datenverarbeitungs- und Telekommunikationsgeräten (WZ 95.1) wurde nicht betrachtet, da Untersuchungsgegenstand die Nutzung der digitalen Zukunftstechnologien ist.

<sup>185</sup> Unternehmen, die in diesen Datenbanken nicht erscheinen, aber dennoch in der IRMD ansässig sind, konnten nicht betrachtet werden, daher die Abweichung zu Tabelle 3.



**Tabelle 9: Digitale Vorreiterunternehmen in der IRMD**

Quelle: Eigene Recherche

Region	Anzahl IKT-Unternehmen	Anzahl digitaler Vorreiter	Anteil digitaler Vorreiter im LK/SK
IRMD	1.333	360	27 %
IRMD in SN*	954	272	29 %
Stadt Leipzig	785	231	29 %
LK Leipzig	102	18	18 %
Nordsachsen	67	23	34 %
IRMD in ST*	336	86	26 %
Halle (Saale)	150	49	33 %
Anhalt-Bitterfeld	40	8	20 %
Burgenlandkreis	45	5	11 %
Mansfeld-Südharz	31	7	23 %
Saalekreis	70	17	24 %
IRMD in TH*	43	2	5 %
Altenburger Land	43	2	5 %

\* In den jeweiligen Bundesländern wurden lediglich die Landkreise der IRMD betrachtet. Dementsprechend ist Thüringen äquivalent zum Altenburger Land.

In den folgenden Abschnitten werden die jeweiligen Gebietskörperschaften der IRMD auf ihre konkreten Schwerpunkte in Bezug auf die digitalen Zukunftstechnologien untersucht.

### 3.4.1.1 Sachsen: digitale Zukunftsfelder in der IKT-Wirtschaft

In den drei Stadt- und Landkreisen in Sachsen liegen die Schwerpunkte der IKT-Wirtschaft insbesondere auf den digitalen Zukunftsfeldern Big Data & Analytics, Cybersicherheit, Cloud & Edge Computing. Gerade Leipzig ist eine Stadt, in der die IKT-Wirtschaft pulsiert und viele digitale Vorreiter zuhause sind. Dort hat sich eine starke Start-up-Community im Bereich Künstliche Intelligenz entwickelt. Darüber hinaus gibt es dort zahlreiche weitere Unternehmen, die sich im Bereich KI spezialisiert haben (vgl. Tabelle 10).

Im Bereich biointelligente Wertschöpfung und Quantum Computing gibt es erste Wachstumskerne in Leipzig, die den Technologietransfer in die Region zukünftig begünstigen können.

**Tabelle 10: Schwerpunkte der digitalen Vorreiterunternehmen in Sachsen**

Quelle: Eigene Recherche, Anteil der Unternehmen je digitalem Zukunftsfeld gemessen an den digitalen Vorreitern je Gebietskörperschaft

<b>Digitales Zukunftsfeld</b>	<b>Stadt Leipzig (in %)</b>	<b>Landkreis Leipzig (in %)</b>	<b>Landkreis Nordsachsen (in %)</b>
Autonome Fahrzeuge & Drohnen	2,2	-	-
<b>Big Data &amp; Analytics</b>	<b>45,5</b>	<b>38,9</b>	<b>47,8</b>
Blockchain & DLT	1,3	5,6	-
<b>Cloud &amp; Edge Computing</b>	20,3	<b>38,9</b>	17,4
<b>Cybersicherheit</b>	19,0	<b>33,3</b>	<b>43,5</b>
<b>Digitale Plattformen</b>	<b>39,0</b>	16,7	<b>21,7</b>
Digitaler Zwilling	0,9	-	-
IoT	14,3	-	-
<b>KI &amp; ML</b>	<b>25,1</b>	11,1	-
Nanoelektronik & Photonik	-	-	-
RPA			
Robots & Cobots	3,0	11,1	-
Wearables/Wearable Computing	0,9	-	-
XR-Technologie	6,9	-	4,3
Biointelligente Wertschöpfung	0,9	-	-
Quantum Computing	0,9	-	-

### 3.4.1.2 Sachsen-Anhalt: digitale Zukunftsfelder in der IKT-Wirtschaft

In den fünf Stadt- und Landkreisen in Sachsen-Anhalt lässt sich ebenfalls ein Schwerpunkt im Bereich Cybersicherheit feststellen (vgl. Tabelle 11). Darüber hinaus gibt es zahlreiche IKT-Unternehmen, die im Bereich digitale Plattformen sowie Cloud und Edge Computing tätig sind. In der Stadt Halle gibt es zudem viele Unternehmen mit Expertise

im Bereich Big Data & Analytics. KI-Expertise findet sich insbesondere in den Unternehmen in Halle.

**Tabelle 11: Schwerpunkte der digitalen Vorreiterunternehmen in Sachsen-Anhalt**

Quelle: Eigene Recherche, Anteil der Unternehmen je digitalem Zukunftsfeld gemessen an den digitalen Vorreitern je Gebietskörperschaft<sup>186</sup>

Digitales Zukunftsfeld	Halle (in %)	SK (in %)	ABI (in %)	MSH (in %)	BLK (in %)
<b>Autonome Fahrzeuge &amp; Drohnen</b>	-	-	-	-	-
Big Data & Analytics	<b>32,7</b>	11,8	12,5	<b>42,9</b>	20,0
<b>Blockchain &amp; DLT</b>	-	-	-	-	-
Cloud & Edge Computing	<b>24,5</b>	-	<b>25,0</b>	-	-
Cybersicherheit	<b>24,5</b>	<b>47,1</b>	<b>50,0</b>	<b>42,9</b>	20,0
Digitale Plattformen	<b>28,6</b>	<b>23,5</b>	<b>37,5</b>	<b>28,6</b>	<b>60,0</b>
<b>Digitaler Zwilling</b>	4,1	-	12,5	-	-
<b>IoT</b>	8,2	5,9	<b>25,0</b>	-	20,0
<b>KI &amp; ML</b>	<b>20,4</b>	17,6	-	-	20,0
<b>Nanoelektronik &amp; Photonik</b>	2,0	-	-	-	-
<b>RPA</b>	6,1	-	12,5	-	-
<b>Robots &amp; Cobots</b>	2,0	5,9	-	-	-
<b>Wearables/Wearable Computing</b>	-	-	-	-	-
<b>XR-Technologie</b>	12,2	-	-	-	-
<b>Biointelligente Wertschöpfung</b>	-	-	-	-	-
<b>Quantum Computing</b>	-	-	-	-	-

<sup>186</sup> SK = Saalekreis, ABI = Anhalt-Bitterfeld, MSH = Mansfeld-Südharz, BLK = Burgenlandkreis.

### 3.4.1.3 Thüringen: digitale Zukunftsfelder in der IKT-Wirtschaft

Im Altenburger Land befinden sich zwei Unternehmen, die als digitale Vorreiter klassifiziert werden können mit Expertise im Bereich Cloud und Edge Computing bzw. im Bereich KI (vgl. Tabelle 12).

**Tabelle 12: Schwerpunkte der digitalen Vorreiterunternehmen in Thüringen**

Quelle: Eigene Recherche, Anteil der Unternehmen je digitalem Zukunftsfeld gemessen an den digitalen Vorreitern je Gebietskörperschaft

Digitales Zukunftsfeld	LK Altenburger Land (in %)
Autonome Fahrzeuge & Drohnen	-
Big Data & Analytics	-
Blockchain & DLT	-
<b>Cloud &amp; Edge Computing</b>	<b>50,0</b>
Cybersicherheit	-
Digitale Plattformen	-
Digitaler Zwilling	-
IoT	-
<b>KI &amp; ML</b>	<b>50,0</b>
Nanoelektronik & Photonik	-
RPA	-
Robots & Cobots	-
Wearables/Wearable Computing	-
XR-Technologie	-
Biointelligente Wertschöpfung	-
Quantum Computing	-

### 3.4.2 Kompetenzatlas für Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Universitäten und Hochschulen sind einer der Orte, an denen Fachkräfte der Zukunft ausgebildet werden. Darüber hinaus tragen Sie dazu bei, zukünftige Technologien und Standards für die Unternehmenswelt zu erforschen.



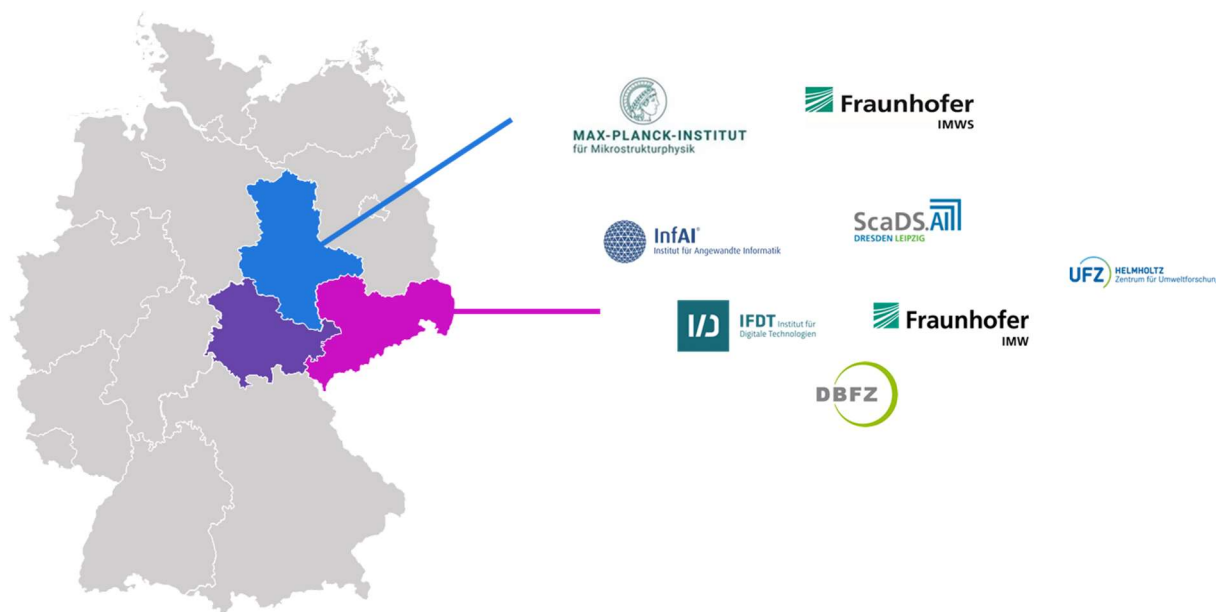
**Abbildung 17: Universitäten und Hochschulen in Mitteldeutschland mit Lehr- und Forschungsangebot im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien (eigene Darstellung)**

Quelle: Eigene Darstellung

Daher wurde untersucht, welche Schwerpunkte die Universitäten und Hochschulen in Mitteldeutschland in Bezug auf die digitalen Zukunftsfelder haben (vgl. Abbildung 17 sowie Anhang 7: Tabelle 38, Tabelle 39, Tabelle 40). Da Schwerpunkte von Hochschulen und Universitäten durch die jeweiligen Landesministerien vergeben werden, wurde in diesem Falle Mitteldeutschland betrachtet und nicht der Zuschnitt der IRMD.



Ebenso wurden die Schwerpunkte der Forschungseinrichtungen in der IRMD in Bezug auf die digitalen Zukunftsfelder als Nukleus für das Entstehen von Projekten, als Impulsgeber für den Wissens- und Technologietransfer und als Kern für Ausgründungen analysiert (vgl. Abbildung 18 sowie Anhang 7, Tabelle 41).



**Abbildung 18: Forschungseinrichtungen mit Schwerpunkt im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in der IRMD**

Quelle: Eigene Darstellung

Von den insgesamt 38 Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen, die im IKT-Umfeld Lehre bzw. Forschung betreiben, haben 31 Einrichtungen eine ausgewiesene Expertise in den digitalen Zukunftsfeldern. In allen drei Bundesländern liegt ein Schwerpunkt auf den Bereichen Big Data & Analytics sowie KI. Die Einrichtungen in Sachsen-Anhalt zeichnen sich darüber hinaus durch ihre Tätigkeiten im Themenfeld Cybersicherheit aus (vgl. Tabelle 13).

**Tabelle 13: Schwerpunkte der Hochschulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen in den digitalen Zukunftsfeldern**

Quelle: Eigene Recherche, Anteil der Einrichtungen je digitalem Zukunftsfeld gemessen an allen Einrichtungen je Bundesland

<b>Digitales Zukunftsfeld</b>	<b>Thüringen (in %)</b>	<b>Sachsen (in %)</b>	<b>Sachsen-Anhalt (in %)</b>	
Autonome Fahrzeuge & Drohnen		13	-	22
<b>Big Data &amp; Analytics</b>		<b>63</b>	<b>60</b>	<b>44</b>
Blockchain & DLT		-	10	-

Cloud & Edge Computing	13	10	22
Cybersicherheit	13	10	44
Digitale Plattformen	-	5	-
Digitaler Zwilling	-	15	-
IoT	-	15	33
<b>KI &amp; ML</b>	<b>75</b>	<b>70</b>	<b>78</b>
Nanoelektronik & Photonik	38	10	44
RPA	-	-	11
Robots & Cobots	13	15	11
Wearables/Wearable Computing	-	-	-
XR-Technologie	25	35	22
Biointelligente Wertschöpfung	38	14	11
Quantum Computing	-	5	-

### 3.4.3 Kompetenzatlas für Netzwerke, Cluster, Verbände, Digital Hubs und Gründerzentren

Neben den Unternehmen, Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen, sind auch Cluster, Netzwerke, Verbände, Digital Hubs sowie Gründungszentren dazu da, mittels Maßnahmen des Wissens- und Technologietransfers Innovationen in die Breite der Unternehmen zu tragen. Ziel ist es dabei, vor allem die Wettbewerbsfähigkeit von KMU zu stärken, indem Zugänge zu Innovationspartnern und neuen Technologien geschaffen und Forschungsergebnisse in die industrielle Anwendung überführt werden. Darüber hinaus unterstützen diese Institutionen bei Gründungen, damit aus Ideen erfolgreiche junge Unternehmen werden und verbreiten Pioniergeist für die Etablierung einer Entrepreneurship-Kultur. Diese Akteure können sozusagen als „Spinne im Netz“ beschrieben werden, da sie die jeweiligen Innovationspartner zusammenbringen.



Cloud & Edge Computing	8	6	7	-
Cybersicherheit	15	11	7	<b>50</b>
Digitale Plattformen	8	6	7	-
Digitaler Zwilling	-	6	7	-
IoT	8	11	7	-
<b>KI &amp; ML</b>	<b>69</b>	<b>72</b>	<b>67</b>	<b>50</b>
Nanoelektronik & Photonik	<b>23</b>	11	-	-
RPA	-	-	-	-
Robots & Cobots	15	11	7	-
Wearables/Wearable Computing	-	-	-	-
XR-Technologie	<b>23</b>	6	<b>20</b>	<b>50</b>
Biointelligente Wertschöpfung	-	11	7	-
Quantum Computing	-	-	-	-

### 3.4.4 Zentrale Handlungsfelder im Bereich der Digitalisierung zur Steigerung der regionalen Innovations- und Wertschöpfungspotenziale

Über alle drei Akteursgruppen hinweg zeigt sich ein ähnliches Bild für die Innovationsregion: Eine starke Kompetenzfokussierung sowohl in der IKT-Branche als auch im Bereich der Forschung auf den Bereich **Data Analytics**. Dies ist wesentlicher Grundstein, um KI in die Anwendung zu bringen. Begünstigt wird dies durch die Forschungsschwerpunkte im KI-Umfeld in der Region. Im Sinne von „Stärken stärken“ und aufgrund der hohen Wertschöpfungspotenziale, die im Kontext der Datenökonomie zu erzielen sind, wird für die IRMD empfohlen, den Bereich Big Data & Analytics zukünftig weiter auszubauen. Gerade Anwendungsbranchen können von dieser Expertise profitieren. Auch für **KI**, eine digitale Zukunftstechnologie, die in der Forschung bereits gut verankert ist, aber in den Anbieter- und Anwenderbranchen noch in den Kinderschuhen steckt, bieten sich perspektivisch gute Innovations- und Wertschöpfungspotenziale für die Region. Gestärkt

wird diese Expertise durch die Schwerpunkte im Bereich des Cloud und Edge Computings. Gerade das Edge Computing trägt aufgrund der Nähe zum Datenentstehungsort dazu bei, dass Daten in Echtzeit mit äußerst geringen Latenzzeiten zur Verfügung gestellt werden können.

Darüber hinaus sind insbesondere im ländlichen Raum zahlreiche IKT-Unternehmen beheimatet, die als digitale Vorreiter im Bereich **Cybersicherheit** klassifiziert werden können. Ergänzend dazu findet sich diese Spezialisierungen an verschiedenen Universitäten und Hochschulen in Sachsen-Anhalt. Zusätzlich befindet sich die Cyberagentur des Bundes in Halle (vgl. Abschnitt 3.3.6). Der Bedarf für Cybersicherheit wird in den kommenden Jahren aufgrund der zunehmenden Vernetzung und Digitalisierung weiter steigen. Daher sollte auch dieses digitale Zukunftsfeld in der IRMD weiter gestärkt werden, da es wesentlich zur Wertschöpfung beitragen kann.

Die Stärken im Bereich Data Analytics, künstliche Intelligenz und Cybersicherheit sollten in der IRMD weiter ausgebaut werden, um den Grundstein für eine Vorreiterrolle zu legen, auch wenn andere Regionen innerhalb Deutschlands und Europa ebenfalls in diese drei digitalen Zukunftsfelder investieren.<sup>188</sup> Beispielsweise fördert das Land Baden-Württemberg in Heilbronn einen *Innovationspark Künstliche Intelligenz* im Umfang von 50 Mio. Euro.<sup>189</sup> Darüber hinaus befindet sich mit dem *Cyber Valley* in Tübingen, das größte europäische KI-Forschungskonsortium, ein weiteres starkes Netzwerk in Baden-Württemberg.<sup>190</sup> Das Bayerische Staatsministerium für Digitales legt ebenfalls einen Fokus auf KI und unterstützt Aktivitäten in diesem digitalen Zukunftsfeld im Umfang von 360 Mio. Euro. So wurde u. a. als Leuchtturmaßnahme die *Munich School of Robotics and Machine Intelligence* ins Leben gerufen.<sup>191</sup> Innerhalb von Europa sind die Top 3 Zentren für KI die Städte Stockholm, London und Amsterdam.<sup>192</sup> In Bezug auf die Bedeutung von Cybersicherheit wird eine Studie des BMI zur Cybersicherheit in Deutschland herangezogen. Laut dieser Studie verfügen die Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz sowie die Länder in Mitteldeutschland über die geringste Dichte an Akteuren und Initiativen im Bereich Cybersicherheit (Einrichtungen gewichtet nach Einwohnern). Die höchste Dichte findet sich im Stadtstaat Berlin. Bei den Flächenländern sind es Hessen und Bayern.<sup>193</sup>

Für die Wettbewerbsfähigkeit der Region ist es jedoch entscheidend, dass die Kräfte in diesen digitalen Zukunftsfeldern innerhalb von Deutschland und Europa gebündelt werden, denn der Wettbewerb und die vorhandene Innovationskraft aus Fernost im Bereich künstliche Intelligenz ist nicht zu unterschätzen. Daher ist es wesentlich, dass die bisherigen Potenziale weiter ausgeschöpft werden. Dabei sollten die Potenziale und Chancen für Anwendungsbranchen stets mit im Fokus stehen, insbesondere im Bereich Medizin, Energie und Chemie. Handlungsempfehlungen hierfür finden sich in Kapitel 5.

---

<sup>188</sup> Data Analytics ist wesentliche Voraussetzung für KI und wird daher nicht gesondert betrachtet.

<sup>189</sup> Staatsministerium Baden-Württemberg 2021.

<sup>190</sup> Cyber Valley o. J.

<sup>191</sup> STMD Bayern o. J.

<sup>192</sup> Netimperative 2018.

<sup>193</sup> BMI 2020.



Eine weitere Konzentration ist im Bereich digitaler Plattformen festzustellen, wovon beispielsweise der Handel, Stichwort eCommerce, profitieren kann (bspw. Bündelung von Akteuren über die Plattform *Leipzig vernetzt*). Weitere Beispiele sind Sharing-Plattformen in der Region (z. B. die Mobilitätsplattform *teilauto.net* der *Mobility Center GmbH* aus Leipzig). Digitale Plattformen sind in den nächsten Jahren insbesondere als wesentliche Grundlage für die Zukunftsfähigkeit der Anwenderbranchen in der Region zu verstehen.

Das digitale Zukunftsfeld der **XR-Technologien** ist aktuell **insbesondere** in den **Städten verortet, noch mit einem relativ geringen Anteil**. Allerdings befindet sich auch diese Technologie noch in den Kinderschuhen – es kann davon ausgegangen werden, dass dieser Bereich zukünftig an Bedeutung gewinnen wird. Potenziale werden insbesondere für Gamification im Bereich der Aus- und Weiterbildung gesehen, da hierdurch neue Anreize für das Erlernen und das Erzielen einer noch besseren Leistung geschaffen werden. Mit Serious Games können beispielsweise Trainings im digitalen Gesundheitswesen absolviert werden.

Perspektivisch gibt es für Mitteldeutschland auch Potenzial für das digitale Zukunftsfeld der **biointelligenten Wertschöpfung**, beispielsweise über die Innovationscluster *Sensa* und *biosaxony* in Sachsen sowie die Schwerpunkte der Universitäten in Thüringen. Diese vielversprechenden Potenziale könnten auch im Gebiet der IRMD ausgeschöpft werden.

Die Digitalisierung als Querschnittsthema bietet auch für die verschiedensten Anwendungsbranchen Innovations- und Wertschöpfungspotenziale, wie unter Abschnitt 2.1.1 detailliert erläutert. In einem ersten Schritt werden insbesondere Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe, der Logistik und aus dem Energiesektor profitieren, da diese Unternehmen stark umsatzgetrieben sind und Effizienzgewinne angestrebt werden. Perspektivisch wird die Digitalisierung auch in anderen Anwendungsbranchen verstärkt Einzug halten, wie im Bereich der Pflege oder im Kulturbereich. Damit jedoch die Potenziale digitaler Zukunftstechnologien in den Anwendungsbranchen erkannt werden, braucht es Unterstützung und Integrationspartner. Viele Anwender wissen nicht, welche Potenziale gehoben werden können, darüber hinaus sind viele digitale Lösungen komplex. Im Rahmen von Innovationsökosystemen können solche Herausforderungen adressiert werden, damit der Spillover von digitalen Zukunftstechnologien in die Anwendungsbranchen gelingt.

### 3.5 Regionale Innovationsökosysteme als Enabler für die Digitalisierung

Regionale Innovationsökosysteme können dazu beitragen, Potenzialträger der IKT-Wirtschaft zielführend und bedarfsorientiert mit Anwendungsbranchen zu vernetzen, insbesondere KMU. Zum einen, um den Wissens- und Technologietransfer von den Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Unternehmen sicherzustellen. Zum anderen, um Themen branchenübergreifend zu adressieren – eine wesentliche Grundlage für das Querschnittsthema Digitalisierung. Sie sind daher ein wichtiger wirtschaftlicher Katalysator für Regionen, da sie zur Steigerung der Innovations- und Wertschöpfungspotenziale und zur Verbreitung digitaler Lösungen beitragen können.

Ein Innovationsökosystem zielt darauf ab, durch alternative Blickwinkel anderer Interessensgruppen, gebündelte Kompetenzen und sich daraus ergebende Synergien Innovationspotenziale auszuschöpfen und gemeinsam innovative Produkte und Lösungen zu gestalten. Des Weiteren helfen derartige Ökosysteme Unternehmen wie auch Forschungseinrichtungen dabei, geeignete Lösungspartner zu identifizieren, um so Risiken und Investitionen zu reduzieren und gleichzeitig die Innovationsgeschwindigkeit zu erhöhen.<sup>194</sup>

Ein Innovationsökosystem kann alle wirtschaftlichen, wissenschaftlichen, politischen und anderen sozial-gesellschaftlichen Institutionen umfassen, die sich auf die Innovationsfähigkeit auswirken (z. B. das Finanzsystem, das Bildungssystem, Intermediäre, etc.). D. h. neben Anbieter- und Anwenderunternehmen müssen Forschungseinrichtungen, Vertreter aus der Politik und Verwaltung, Vertreter aus dem Bereich Infrastruktur und Intermediäre am Ökosystem beteiligt werden, damit die vielfältigen Anforderungen bedient werden können. Ein regionales Innovationsökosystem ist daher von zahlreichen Interaktionen geprägt, vom Talentpool zu Investoren, Start-ups und innovativen Wachstumsunternehmen.

Innovationsökosysteme können über den ganzen Innovationsprozess hinweg angesiedelt sein: Angefangen bei der Sensibilisierung für bestimmte Themen – in diesem Falle die Digitalisierung, dem Initiieren von Innovationsprojekten bis hin zur Markteinführung digitaler Lösungen. Darüber hinaus tragen sie zur frühzeitigen Einbindung der Zielmärkte bei.

Entscheidend für den Erfolg eines Innovationsökosystems ist, dass alle Partner nachhaltig auf ein gemeinsames Ziel hinarbeiten. Sowohl eine klare Rollenverteilung als auch die Schaffung eines Vertrauensraums sind für den Aufbau des Netzwerks förderlich (beispielsweise in Hinblick auf Datensouveränität). Zusätzlich können gemeinsame Wertschöpfungsprojekte und eine gemeinsame Innovationskultur entscheidend zum Erfolg eines Innovationsökosystems beitragen.<sup>195</sup>

Im Rahmen des zweiten Innovationsworkshops<sup>196</sup> wurden genau diese Erfolgsfaktoren durch die Teilnehmenden bestätigt. Um Technologie- und Wissenstransfer im Bereich der Digitalisierung für KMU im ländlichen Raum zu gestalten, werden neben den Strukturen zur Vernetzung und zum Aufbau von Vertrauen eine finanzielle Förderung innovativer Projekte benötigt (beispielsweise Förderprogramme, Drittmittelprojekte oder Venture Capital). Zentrale Partner in der IRMD für die Vernetzung sind beispielsweise die Wirtschaftsförderungen oder Netzwerke wie das *Logistics Living Lab* an der *Universität Leipzig*. Sie tragen dazu bei, dass sich die Akteure in der Region besser kennen lernen können. Um erfolgreiche Innovationsökosysteme im Themenfeld der Digitalisierung in der IRMD zu gestalten, sind folgende Punkte zu beachten:

- ▶ Eine dauerhafte Teilnahme am Ökosystem durch unterschiedliche Interessensgruppen wird vereinbart,
- ▶ die Vielfalt im System wird sichergestellt,
- ▶ es wird ein offenes System gestaltet,

---

<sup>194</sup> Carayannis und Campbell 2009.

<sup>195</sup> Carayannis und Campbell 2009.

<sup>196</sup> Vgl. Anhang, Tabelle 35.

- ▶ Ziele und eine Vision werden geteilt bzw. zusammen erstellt.
- ▶ es wird ein Wohlfühlfaktor für die Teilnehmenden geschaffen,
- ▶ Ressourcen werden als Basis zur Verfügung gestellt,
- ▶ es erfolgt eine Selbstorganisation über den Zeitverlauf,
- ▶ es gibt eine Abgrenzung zu alten Strukturen und
- ▶ es werden Mehrwerte gegenüber den Stakeholdern angeboten.

Für das Entstehen von Innovationsökosystemen gibt es zwei verschiedene Wege: Entweder wird ein Innovationsökosystem initiiert, da eine Region ein spezifisches Ziel verfolgt. Oder es entsteht auf Initiative einer Branche, die damit gezielt Know-how im Bereich der Digitalisierung aufbauen möchte.

Beispiele für erfolgreiche Innovationsökosysteme in der IRMD<sup>197</sup>:

- ▶ *Logistics Living Lab* an der Universität Leipzig – ein offener Raum für Innovation, Demonstration und Kollaboration rund um das Thema Zukunft der Logistik
- ▶ *Translationsregion für digitalisierte Gesundheitsversorgung (TDG)* – Vertrauensraum von Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zur Gestaltung von innovativen Digitalisierungslösungen im Bereich der Pflege
- ▶ *SpinLab* – mit der alten Spinnerei in Leipzig wurde ein Nukleus für ein pulsierendes Start-up-Ökosystem geschaffen

Neben den vorher genannten Nutzevorteilen sind Innovationsökosysteme somit ein wesentlicher Enabler, um die Sichtbarkeit einer Region oder Branche zu erhöhen und können dazu beitragen, dass die IRMD im Bereich der Digitalisierung eine Vorreiterrolle einnimmt (vgl. auch Kapitel 5).

---

<sup>197</sup> Beispiel aus Mitteldeutschland, jedoch außerhalb der IRMD: Das *Blockchain Cluster* in Mittweida realisiert den Austausch rund um Blockchain zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Wirtschaft. Die *Hochschule Mittweida* hat hier die Rolle des Multiplikators inne. Hieraus ist u. a. das Start-up *Blockchain LLC* ohne öffentliche Förderung entstanden.

---

## 4 Digitale Infrastruktur

---

Das Ziel dieses Kapitels ist es, zukünftige Anforderungen an digitale Infrastrukturen der IRMD und deren Treiber einzuschätzen. Hierzu werden im Folgenden die Themen Breitbandausbau, Mobilfunkausbau für 5G und 6G sowie Campuslösungen skizziert und für die IRMD analysiert. Zudem werden die Potenziale von LoRaWAN, NB-IoT und Starlink näher betrachtet, die als alternative Technologien bezeichnet werden können. Zum Abschluss dieser Grundlagenbetrachtung werden die Potenziale für Speicher- und Rechenkapazität in der IRMD beleuchtet. Es werden erste regionale Anknüpfungspunkte identifiziert, die eine Einbindung relevanter Akteure in die Entwicklung bzw. sukzessive Etablierung zukünftiger Netzwerk- bzw. Infrastrukturtechnologien ermöglichen können.<sup>198</sup>

Mit Blick auf die voraussichtlichen regionalen Bedarfe an digitalen Infrastrukturen in den kommenden 20 Jahren werden die Entwicklungspfade der digitalen Zukunftsfelder aus dem vorhergehenden Kapitel 3<sup>199</sup> sowie Megatrends herangezogen und Anforderungen an die digitale Infrastruktur mittels der Personas-Methode abgeleitet.

Das Kapitel schließt mit einer Abschätzung zu Investitionen und Impulsen für die regionale Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit. Hierzu werden mit einer detaillierten SWOT-Analyse die Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen der IRMD in Bezug auf die digitale Infrastruktur veranschaulicht.

### 4.1 Breitbandausbau

In der zukünftigen Breitband-Infrastruktur wird die Glasfasertechnologie eine immer größere Rolle spielen. Eine gut ausgebaute Glasfaserinfrastruktur ist die Grundlage für Innovation, Zukunftsfähigkeit und digitale Zukunftstechnologien wie intelligente Fabriken der Industrie 4.0, Big Data, Smart City, die digitale Verwaltung, aber auch Gaming, Videostreaming und Smart Home für Privatanutzer.<sup>200</sup> Neben der Download-Geschwindigkeit wird zunehmend auch die Upload-Geschwindigkeit wichtig, was im Rahmen der Coronapandemie und der Homeoffice-Regelung deutlich wurde. Um beispielsweise in Echtzeit per Videoanwendung miteinander zu kommunizieren, steigt vor allem im Sendebereich, d.h. für den Upload, der Bedarf an Bandbreite<sup>201, 202</sup>.

Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung ist der Glasfaserausbau fest verankert mit dem Ziel, jede Region und jede Gemeinde mit Glasfaser zu versorgen, und zwar möglichst bis zum Haus. Dieses Ziel soll bis 2025 erreicht werden. Aktuell verfügen laut der Bundes-

---

<sup>198</sup> Eine abschließende Empfehlung erfolgt im Rahmen der Handlungsempfehlungen in Kapitel 5.

<sup>199</sup> Die Verbreitung von Technologien ist jedoch von verschiedensten Faktoren abhängig, beispielsweise vom verfügbaren Kapital und möglicher Förderung, von möglichen Use Cases sowie von der Technologieakzeptanz. Daher können über einen Zeitraum von 20 Jahren verschiedenste Szenarien eintreten.

<sup>200</sup> BMVI & DIHK 2021.

<sup>201</sup> Die Bandbreite umfasst den Frequenzbereich, in welchem ein Signal übertragen wird.

<sup>202</sup> NETHINKS GmbH 2020.

netzagentur etwa 14,5 % der deutschen Haushalte über einen Glasfaseranschluss mit einer Versorgung von ca. 1.000 Mbit/s (Stand Ende 2020).<sup>203</sup> Im EU-Durchschnitt sind es 33,5 %.<sup>204</sup> Abbildung 20 bildet die Breitbandverfügbarkeit in Deutschland nach Technologie ab. Die meisten Haushalte in Deutschland sind nach wie vor über Telefonleitungen (Kupferkabel) oder Fernsehkabel angeschlossen, wodurch die Übertragungsraten begrenzt sind. Häufig bestehen die letzten Meter (auch: „letzte Meile“) in die Häuser oftmals noch aus veralteten Kupferkabeln.<sup>205</sup>

## Breitbandverfügbarkeit in Deutschland

Je Bandbreitenklasse nach leitungsgebundenen Technologien

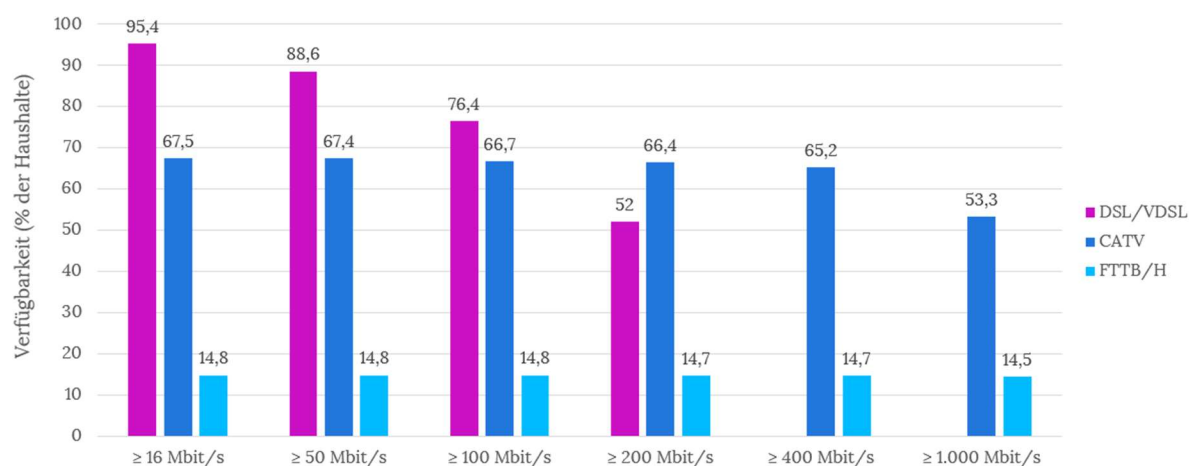


Abbildung 20: Breitbandverfügbarkeit nach Technologie, BMVI 2021a

Quelle: BMVI 2021a

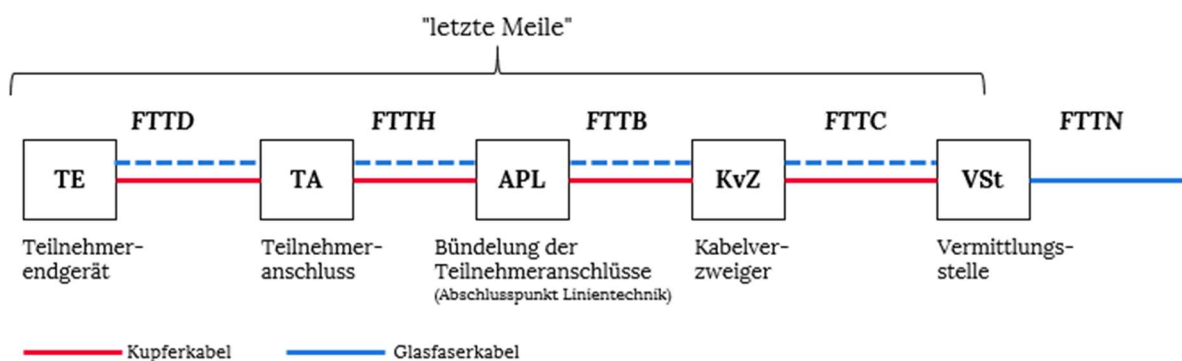
### 4.1.1 Ausprägungen des Glasfaserausbau

Um jedoch eine hohe Bandbreite bei den Teilnehmeranschlüssen zu erreichen, muss die „letzte Meile“ im Festnetz von der reinen Kupferverkabelung auf Glasfaserverkabelung umgebaut werden. Die „letzten Meile“ bezeichnet die Strecke der Leitung von der Vermittlungsstelle bis zum Teilnehmeranschluss.

<sup>203</sup> BMVI 2021a.

<sup>204</sup> Donath et al. 2021.

<sup>205</sup> Donath et al. 2021.



**Abbildung 21: Zwischenschritte der Glasfaser-Netzarchitektur**

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Karcher 2019, *Elektronik Kompendium o. J.*, Neuhetzki o. J.

Bis das Ziel der „vollständigen Verglasung“ erreicht wird, gibt es mehrere Zwischenschritte, bei denen die Entfernungen mit entsprechenden Kombinationen aus Glasfaser- und Kupferkabel überbrückt werden (vgl. Abbildung 21).<sup>206</sup>

- ▶ **FTTN** – Fiber-to-the-Node: Die Glasfaser führt bis zur Vermittlungsstelle der Telekom (klassisches Festnetz).
- ▶ **FTTC** – Fibre-to-the-Curb bedeutet „Glasfaser bis zum Bordstein/Straßenrand“. Eine typische FTTC-Installation ist die VDSL-Infrastruktur der Deutschen Telekom. Hier endet das Glasfaserkabel im Kabelverzweiger am Straßenrand.
- ▶ **FTTB** – Fibre-to-the-Building/ Fibre-to-the-Basement bedeutet „Glasfaser bis zum Gebäude“. Das Glasfaserkabel endet meist am APL (Abschlusspunkt Linientechnik), der sich meistens im Keller eines Gebäudes befindet.
- ▶ **FTTH** – Fibre-to-the-Home bedeutet „Glasfaser bis in die Wohnung“ und lässt das Glasfaserkabel am Teilnehmeranschluss in den Wohnungen enden. In der Regel ist dies eine Anschlussdose in der Wand, die sich an einer zentralen Stelle in der Wohnung befindet.
- ▶ **FTTD** – Fibre-to-the-Desk bedeutet „Glasfaser bis zum Schreibtisch“, wodurch es sich hierbei um die sogenannte „vollständige Verglasung“ handelt. Die gesamte Übertragungsstrecke von der Vermittlungsstelle bis zum Schreibtisch besteht aus Glasfaserkabel. In produzierenden Unternehmen ist im Sinne der Vollverglasung auch **FTTM** (Fibre-to-the-Machine) von Relevanz.

Als Vermittlungsstellen (VSt) werden die zentralen Knotenpunkte im Festnetz bezeichnet, diese sind bereits per Glasfaser miteinander verbunden. Der Verlauf von den lokalen Vermittlungsstellen (VSt) führt über Leitungen zu einem Kabelverzweiger (KVz), dem Abschlusspunkt Linientechnik (APL), an dem die Teilnehmeranschlüsse (TA) gebündelt werden, hin zu dem Teilnehmerendgerät (TE), das der Anschlussinhaber somit betreiben kann.<sup>207</sup>

<sup>206</sup> Karcher 2019, *Elektronik Kompendium o. J.*

<sup>207</sup> Neuhetzki o. J.



### *Ist 5G die neue Glasfaser für die letzte Meile?*

Derzeit funktionieren die Internet-Infrastrukturen auf der sogenannten „letzten Meile“ immer in Form einer physischen Verkabelung mit Glasfaser, Kupfer oder Coax. 5G-Breitband (oder 5G Fixed Wireless Access/FWA) kann auf der physischen letzten Meile in Form einer kabellosen Netzwerkverbindung eingesetzt werden.<sup>208</sup> Der 5G-Mobilfunkausbau wird in Abschnitt 4.2 detaillierter betrachtet.

**+** Die Vorteile von 5G-Breitband oder 5G-FWA gegenüber Glasfaserbreitband liegen neben den relativ geringen Baukosten auch in der Geschwindigkeit. Es muss keine physische Verkabelung im Boden installiert werden, lediglich die 5G-Antennen müssen an das Glasfasernetz angeschlossen werden. Die 5G-Lösung ist Plug-and-Play: sie funktioniert wie die Verbindung zu einem WLAN-Router.

**—** Ein Nachteil sind die Betriebskosten. Es wird geschätzt, dass die Betriebskosten von 5G-Breitband bis zu fünf Mal höher sind als die von Glasfaser. Zudem wird bei 5G Hochfrequenz verwendet – Hochfrequenzwellen haben eine kürzere Reichweite, bieten jedoch ein schnelleres Internet. Kurze Wellen können leichter gehindert werden, was die Reichweite der Radiowellen begrenzt (v. a. in Neubauten) – eine Außenantenne kann in diesem Fall eine Lösung sein.

### *Kann 5G Glasfaser auf der letzten Meile ersetzen?*

Zusammenfassend wird 5G nicht als Ersatz einer Glasfaserverbindung für die letzte Meile betrachtet, sondern als gute Alternative. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass kurzfristig, d. h. innerhalb der nächsten fünf Jahre, mit 5G noch keine Geschwindigkeiten erreicht werden können, die mit Glasfaser vergleichbar wären. Erst ab einer Frequenz höher als 3.500 MHz werden Geschwindigkeiten erreicht, die gleich oder höher sind als Glasfaser.<sup>209</sup> Darüber hinaus müssen auch die 5G-Antennen mit Glasfaser verbunden sein.

## **4.1.2 Breitbandverfügbarkeiten in Deutschland und Mitteldeutschland**

Der Breitbandatlas des *Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur* (BMVI) ist das zentrale Informationsmedium der Bundesregierung, das die Breitbandverfügbarkeit in Deutschland in einer Rasterübersicht visualisiert. Zudem werden Ausbauprojekte im Bundesförderprogramm für den Breitbandausbau dargestellt. Die *atene KOM GmbH* ist im Auftrag des BMVI für die Erstellung des Breitbandatlas verantwortlich.

Die Ergebnisse zum Stand Ende Dezember 2020 basieren auf freiwilligen Datenlieferungen von Breitbandanbietern. Die Angaben zu den Bandbreiten beziehen sich immer auf die technisch verfügbare Mindestbandbreite im Download, nicht auf „bis zu“-Angaben im Rahmen der Vermarktung von Endkundenprodukten.<sup>210</sup>

Die Übersicht in Tabelle 15 aus dem Breitbandatlas gibt einen Einblick in die aktuelle Breitbandversorgung in Mitteldeutschland. Sie verdeutlicht, dass alle drei Bundesländer in Mitteldeutschland unter dem Durchschnitt für Deutschland liegen.

---

<sup>208</sup> Hersbach 2019.

<sup>209</sup> Hersbach 2019, Schiemann 2020.

<sup>210</sup> BMVI 2021a.

**Tabelle 15: Breitbandversorgung nach Bundesländern in Mitteldeutschland (in % der Haushalte)**

Quelle: BMVI 2021a

Bundesland	≥16 Mbit/s	≥30 Mbit/s	≥50 Mbit/s	≥100 Mbit/s	≥200 Mbit/s	≥400 Mbit/s	≥1.000 Mbit/s
<b>Deutschland</b>	98,2	95,5	94,5	88,5	78,5	69,6	59,2
<b>Sachsen</b>	96,7	91,1	90,2	84,0	68,4	55,3	44,9
<b>Sachsen-Anhalt</b>	95,9	88,8	87,5	81,2	60,6	39,0	19,1
<b>Thüringen</b>	97	93,2	92,2	83,2	63,7	43,2	27,5

Um besser zu verstehen, wie die Versorgung in der IRMD aussieht, wird in Tabelle 16 die Breitbandversorgung für die relevanten Stadt- und Landkreise abgebildet. Diese Tabelle zeigt, dass die Stadt Leipzig gut versorgt ist. Der dortige Breitbandausbau liegt etwas über dem durchschnittlichen Breitbandausbau in städtischen Gebieten. 80 % der Haushalte sind dort mit einer Versorgung von mindestens 1.000 Mbit/s ausgestattet. In Halle, als weitere größere Stadt in der IRMD, verfügen hingegen lediglich 39 % der Haushalte über einen Zugang zu 1.000 Mbit/s.

Mit Blick auf die anderen beiden Landkreise in Sachsen wird deutlich, dass der Landkreis Nordsachsen und der Landkreis Leipzig noch vergleichsweise gut ausgebaut sind. Dies trifft ebenso für Gesamt-Sachsen zu. In halbstädtischen Gebieten von Deutschland sind 68,9 % der Haushalte mit mindestens 200 Mbit/s versorgt. Für Gesamt-Sachsen liegt die Versorgung bei 68,4 %, unabhängig von der Bevölkerungsdichte. Auch die Versorgung mit mindestens 1.000 Mbit/s liegt in Gesamt-Sachsen über dem Wert für Deutschlands halbstädtische Gebiete mit 44,9 % statt 42,1 % (vgl. Tabelle 16).

**Tabelle 16: Breitbandversorgung in den Stadt- und Landkreisen der IRMD (Verfügbarkeit von Mbit/s in % der Haushalte)**

Quelle: BMVI 2021b

Mbit/s	10	16	30	50	100	200	1.000
<b>Deutschland</b>	100	98	96	95	89	79	59
<b>LK Altenburger Land</b>	100	92	87	86	76	60	9
<b>Stadt Leipzig</b>	100	99	99	98	97	94	80
<b>LK Nordsachsen</b>	100	92	83	82	77	56	37
<b>LK Leipzig</b>	100	95	89	87	77	53	24
<b>Stadt Halle (Saale)</b>	100	98	94	94	89	82	39
<b>LK Burgenlandkreis</b>	100	94	86	85	78	56	26

LK Saalekreis	100	97	86	84	74	50	11
LK Anhalt-Bitterfeld	100	96	89	88	83	60	7
LK Mansfeld-Südharz	100	95	88	87	82	56	4

Tabelle 15 als auch Tabelle 16 zeigen jedoch auch, dass die Gebietskörperschaften in Thüringen und in Sachsen-Anhalt unterdurchschnittlich versorgt sind, vor allem mit Blick auf die Versorgung mit höherer Datenraten<sup>211</sup>. Im ländlichen Raum liegt für Gesamt-Deutschland eine Versorgung mit mindestens 1.000 Mbit/s für 20,2 % der Haushalte vor.

**Tabelle 17: Breitbandverfügbarkeit in Deutschland nach Gemeindeprägung (in % der Haushalte)**

Quelle: BMVI 2021a

Bundesland	≥16 Mbit/s	≥30 Mbit/s	≥50 Mbit/s	≥100 Mbit/s	≥200 Mbit/s	≥400 Mbit/s	≥1.000 Mbit/s
Städtisch	99,4	98,5	98,1	95,9	91,4	86,3	76,7
Halbstädtisch	97,7	94,0	92,6	83,2	68,9	55,8	42,1
Ländlich	92,8	84,0	80,9	65,7	40,3	24,3	20,2

In Sachsen-Anhalt liegt die Versorgung im Landesschnitt bei 19,1 %, in Thüringen bei 27,5 % (d. h. inklusive der städtischen Gebiete). Ein weiterer Ausbau ist dort dringend empfohlen. Denn eine gute Breitbandversorgung ist wesentliche Voraussetzung für die Digitalisierung und die damit verbundene Erzielung von Wertschöpfungspotenzialen. Die Empfehlung für den weiteren Ausbau mit höheren Datenraten gilt gleichwohl für Sachsen, auch wenn das Bundesland bereits besser versorgt ist.

#### 4.1.3 Glasfaser und 5G Mobilfunk sind Enabler für digitale Zukunftstechnologien

Digitale Zukunftstechnologien mit Anwendungsfällen wie autonomes Fahren, XR-Technologien oder das Internet der Dinge erfordern neben höheren Bandbreiten auch niedrige Latenzzeiten und eine hohe Zuverlässigkeit der Verbindungen. Auch wenn sich einige dieser Anwendungen heute noch in einem frühen Stadium befinden, wird ihr Einsatz in den kommenden Jahren zunehmen (vgl. Abschnitt 3.3).

Neben Glasfaser wird auch die nächste Mobilfunkgeneration 5G als Enabler für diese Anwendungsfälle bzw. diese digitalen Zukunftstechnologien betrachtet. Die zunehmenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Konnektivität und die daraus resultierende Einführung höherer Frequenzbänder erfordern eine Verdichtung des Mobilfunknetzes.

<sup>211</sup> Die Geschwindigkeit bzw. die Datenmenge, die über einen bestimmten Zeitraum übertragen werden kann, wird durch die Datenrate ausgedrückt. Die maximale „Payload“ spiegelt den möglichen Umfang der Nutzdaten wider.

Daher wird der Einsatz von Small Cells und damit von neuinstallierten Antennenstandorten deutlich zunehmen.<sup>212</sup> Die Telekommunikationsindustrie verwendet bei den Sendemasten für drahtlose Datenübertragung bereits seit Jahren Fiber-to-the-Antenna (FTTA).<sup>213</sup>

Für andere Anwendungsfälle, wie z. B. Videoüberwachung oder WiFi-Zugangspunkte eignet sich eine Verbindung über Mobilfunk aufgrund zusätzlicher Anforderungen weniger. Diese Anwendungsfälle werden eher auf eine Glasfaserverbindung setzen.<sup>214</sup>

Hieraus ist zu folgern, dass einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren für heutige und zukünftige Anwendungsfälle eine moderne Glasfasernetzinfrastruktur bzw. Konvergenz von Fest- und Mobilfunknetzen ist, die auf einer gemeinsamen Glasfaserinfrastruktur basieren. Um gezielt die Bedarfe besser abschätzen zu können, werden in Abschnitt 4.6 im Hinblick auf die digitalen Zukunftstechnologien die Anforderungen an die digitale Infrastruktur mittels der Persona-Methode erarbeitet. Hierfür werden idealtypische Personas für die IRMD erstellt und deren Anforderungen an die digitale Infrastruktur detailliert betrachtet.

#### **4.1.4 Internationale Vorreiter im Glasfaserausbau ländlicher Regionen & Key Take-aways**

Im europäischen Raum gelten unter anderem Schweden und Finnland als Vorreiter im Glasfaserausbau ländlicher Regionen. In beiden Ländern wird der Breitbandausbau mit Fokus auf Glasfaser innerhalb der Politik hoch priorisiert und in klare Ziele und Umsetzungsstrategien übersetzt.<sup>215</sup>

In Finnland forcieren insbesondere die nationale Breitbandstrategie und die Strategie für digitale Infrastruktur den Ausbau von Glasfasernetz in Regionen, in denen kein direkter wirtschaftlicher Anreiz zum Ausbau von Hochgeschwindigkeitsnetz gegeben ist. Bis 2025 wird der Zugang zu mindestens 100 Mbit/s-Anschlüssen für alle finnischen Haushalte realisiert, wobei die Geschwindigkeit auf bis zu 1 Gbit/s ermöglicht werden soll.<sup>216</sup> Um ländliche Regionen an eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur anzubinden, wird ein sogenanntes „Middle-Mile-Network“ ausgebaut, das Netzzugangspunkte bis maximal 2 km Entfernung zu Haushalten und Unternehmen gewährleistet.<sup>217</sup> In der Umsetzung der Strategien setzt die finnische Regierung auf eine enge Zusammenarbeit mit den jeweiligen Kommunen. Hierbei werden Möglichkeiten durch Joint Ventures mehrerer Kommunen oder Partnerschaften mit privaten Betreibern eruiert.<sup>218</sup> Die notwendigen Investitionen werden vom Staat, den Kommunen und EU-Fonds getragen.<sup>219</sup>

---

<sup>212</sup> Salihbegovic 2021.

<sup>213</sup> Rosenberger o. J.

<sup>214</sup> Rosenberger o. J.

<sup>215</sup> EU-Kommission 2021a; EU-Kommission 2021b.

<sup>216</sup> EU-Kommission 2021a.

<sup>217</sup> BMVI 2016.

<sup>218</sup> EU-Kommission 2021a.

<sup>219</sup> EU-Kommission 2021a; BMVI 2016.

Eine ähnliche Herangehensweise für den flächendeckenden Glasfaserausbau wird in Schweden praktiziert. Bis 2025 soll ein „komplett vernetztes Schweden“ aufgebaut werden. Die schwedische Regierung setzt dabei primär auf zwei Hauptziele.<sup>220</sup> Erstens soll der Zugang zu Hochgeschwindigkeits-Breitband landesweit gewährleistet werden. Dabei wird bis 2025 der Zugang zu Breitband mit einer Mindestkapazität von 1 Gbit/s für alle Haushalte und Unternehmen ermöglicht.<sup>221</sup> Bereits im Jahr 2020 waren in Schweden 75 % der stationären Breitbandanschlüsse Glasfaseranschlüsse. Zum Vergleich: im identischen Jahr waren es in Deutschland lediglich 5,4 %.<sup>222</sup> Zweitens soll bis 2023 der flächendeckende Zugang zu zuverlässigen mobilen Diensten (u. a. 5G) generiert werden. Zusätzlich dazu haben sich die nordischen Ministerpräsidenten in der „declaration of 5G“ dazu verpflichtet, gemeinsam die erste und stärkste 5G Region der Welt zu werden und fördern so die grenzübergreifende Zusammenarbeit zur Erreichung gemeinsamer Ziele.<sup>223</sup>

Um den flächendeckenden Glasfaserausbau im eigenen Land und international zu fördern, wurde die schwedische Glasfaser-Allianz vom schwedischen Breitbandverband gegründet. Dieser Verbund umfasst notwendige Unternehmen und Kompetenzen, die für den Ausbau von Glasfaser notwendig sind.<sup>224</sup>

Aus der finnischen und schwedischen Vorgehensweise im Glasfaserausbau lassen sich verschiedene Erfolgsfaktoren ableiten. Diese umfassen u. a.:

1. Eine hohe Priorisierung des Breitbandausbaus (Fokus: Glasfaser) innerhalb der Politik führt zu konkreten Zielen und klaren Umsetzungsstrategien.
2. Der Finanzierungsaufwand der Ausbauprojekte wird durch mehrere Fonds getragen, z. B. Staat, EU, regionale Gemeinden und Kommunen.
3. Die Zusammenarbeit über die Landesgrenzen hinaus ermöglicht eine effizientere Umsetzung und stärkere internationale Positionierung.
4. Unternehmensübergreifende Kooperationscluster für den Ausbau ermöglichen Kompetenz- & Ressourcensynergien sowie klar definierte Stakeholderrollen.
5. Die Förderung regionaler Ausbauprojekte bindet lokale Unternehmen ein und stärkt den Standort.

## 4.2 Mobilfunkausbau 5G

Mit 5G wird der neue technische Standard für Mobilfunknetze der fünften Generation bezeichnet. Er ist die Weiterentwicklung der früheren Standards (1G, 2G (GSM), 3G (UMTS) und 4G (LTE)) und ist eine Grundvoraussetzung für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.<sup>225</sup> Darüber hinaus ist der Ausbau von 5G ein wesentlicher Enabler für die weitere Verbreitung der digitalen Zukunftstechnologien.

---

<sup>220</sup> EU-Kommission 2021b.

<sup>221</sup> EU-Kommission 2021b.

<sup>222</sup> Statista 2021e.

<sup>223</sup> EU-Kommission 2021b.

<sup>224</sup> Svenska Stadsnätöföreningen 2020.

<sup>225</sup> BMU 2020.

#### 4.2.1 Chancen und Herausforderungen von 5G

Die neue Mobilfunkgeneration 5G soll erzielbare Datenraten von bis zu 20 Gbit pro Sekunde erreichen können, bei einer Latenz (Verzögerungszeit)<sup>226</sup> von 1-2 Millisekunden. Somit soll eine bis zu 10-fach höhere Datenübertragung möglich sein als mit 4G/LTE. 5G macht dadurch eine nahezu Echtzeit-Übertragung möglich, wodurch sich zukünftig neue Anwendungsfelder eröffnen werden, sowohl in privaten, industriellen als auch städtischen Bereichen. Beispielsweise schnelleres mobiles Internet für Kommunikation und multimediale Anwendung wie Gaming oder XR, vernetzte Mobilitätsangebote, Industrie 4.0 oder Smart Metering.<sup>227</sup>

Zudem ermöglicht die fünfte Generation des Mobilfunkstandards die Vernetzung von bis zu einer Million Endgeräten/km<sup>2</sup>. Darüber hinaus erlaubt die 5G-Technologie höchste Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit.<sup>228</sup> Auch die Energieeffizienz, in diesem Zusammenhang die Anzahl der Informations-Bits, die pro Energieeinheit gesendet oder empfangen werden, soll sich bei 5G um den Faktor 100 verbessern (verglichen mit 4G). Dies führt dazu, dass die Akkus der Geräte länger halten.<sup>229</sup>

Für den 5G-Ausbau werden neben den bisher genutzten Frequenzen (Frequenzbereich 2 GHz) andere und wesentlich höhere Frequenzbereiche (3,4 bis 3,7 GHz) benötigt, da nur in diesen Frequenzbereichen die erforderlichen großen Bandbreiten vorhanden sind. Seit Juli 2019 wird die nächste Generation 5G bereits in einigen Standorten in Deutschland angeboten.<sup>230</sup>

Großes Potenzial für die deutsche Industrie sehen Experten bei der Integration von 5G in bestimmte Anwendungen wie beispielsweise die Fahrzeugtechnik, und bei der Entwicklung von 5G-Produkten. Erfolgskritisch ist hierbei jedoch, dass die deutschen Anbieter in diesen Bereichen von Beginn an schnell agieren.<sup>231</sup>

Während ein flächendeckendes Angebot von 5G-Technologien als eher nachrangig betrachtet wird, da die vorhandenen 4G-Technologien Anwendungen wie das vernetzte Fahren oder Smart Farming bereits gut unterstützen können, ist die lokale 5G-Abdeckung für Anwendungen im industriellen Bereich bzw. in Industrieanlagen entscheidend. Campuslösungen können hier Möglichkeiten für Industrieunternehmen bieten. Diese Thematik wird in Abschnitt 4.2.3 aufgegriffen und detailliert beleuchtet.<sup>232</sup>

Berechnungen der „Global Mobile Suppliers Association (GSA)“ ergeben, dass bereits im Jahr 2020 412 Netzbetreiber in über 60 Ländern und Regionen in 5G investiert und bis Ende 2020 mehr als 140 Netzbetreiber 5G-Dienste eingeführt haben. Prognosen schätzen,

---

<sup>226</sup> Die Latenzzeit beschreibt die Dauer, die eine Datenmenge von Gerät zum Server und wieder zurück benötigt. Je höher die Latenz, desto höher ist demnach die Verzögerungszeit. Insbesondere für Anwendungen in Echt-Zeit ist die Latenz eine relevante Kennzahl.

<sup>227</sup> Verbraucherzentrale 2020.

<sup>228</sup> BMWi 2020c; mm1 2021a.

<sup>229</sup> Evcenko 2020.

<sup>230</sup> Verbraucherzentrale 2020.

<sup>231</sup> VDE 2019.

<sup>232</sup> VDE 2019.



dass bis 2025 weltweit 1,8 Milliarden Menschen 5G-Dienste nutzen, was 20 % aller globalen Verbindungen ausmacht.<sup>233</sup> In diesem Zusammenhang prognostizieren die Marktforschungsunternehmen IHS Markit und Omdia, dass die globale 5G-Wertschöpfungskette bis 2035 jährlich 200 Milliarden US-Dollar zur Weltwirtschaft beiträgt und ca. 23 Millionen neuer Jobs generiert.<sup>234</sup>

#### 4.2.2 Status Quo Netzausbau 5G in Deutschland und der IRMD

Im März 2019 startete die Versteigerung der Mobilfunkfrequenzen (2,0 und 3,4 bis 3,7 Gigahertz), die zum Einsatz von 5G genutzt werden können. Neben der *Deutschen Telekom AG* nahmen die *Vodafone GmbH*, die *Telefónica S.A.* und die *1&1 AG* an der Versteigerung der Frequenzen teil.<sup>235</sup>

Aktuell funken bei der *Telekom* bereits mehr als 50.000 Antennen mit dem 5G-Standard. Das Netz erreicht bisher die Wohnungen von über 80 % der Bevölkerung und somit mehr als 66 Millionen Menschen. Bis Ende 2021 wird eine Abdeckung von 90 % der Bevölkerung angestrebt.<sup>236</sup> Bei *Vodafone* funken derzeit knapp 8.500 Antennen mit 5G und erreichen damit die Wohnungen von mehr als 20 Millionen Menschen. Bis Ende 2021 will der Konzern weitere 10 Millionen Menschen mit 5G versorgen. *Telefónica* will bis Jahresende 30 % der Bevölkerung mit 5G versorgen. Als viertes Unternehmen hatte sich *1&1* 5G-Frequenzen gesichert. Allerdings wird es noch einige Jahre dauern, ein eigenes Mobilfunknetz großflächig auszubauen. Wann das Unternehmen sein Netz startet, ist derzeit noch nicht absehbar.<sup>237</sup> Eine flächendeckende Versorgung für ganz Deutschland will die Bundesregierung bis 2025 erreichen, bis Ende 2021 sollen bereits alle deutschen Großstädte versorgt sein.<sup>238</sup>

Die Bundesregierung arbeitet seit 2020 an einem Mobilfunkförderprogramm<sup>239</sup>, das im Mai 2021 von der Europäischen Kommission genehmigt wurde. Insgesamt können nun 1,1 Milliarden Euro Fördermittel des Bundes für den Ausbau von bis zu 5.000 Mobilfunkstandorten (insbesondere in ländlichen Regionen) eingesetzt werden, um die Erschließung der weißen Flecken voranzubringen. Im Rahmen der Förderung will die Bundesregierung sicherstellen, dass immer mindestens ein Mobilfunknetzbetreiber eine leistungsfähige Sprach- und Datenversorgung mit mindestens 4G auf den geförderten Infrastrukturen anbietet.<sup>240</sup>

Unterstützt wird das Förderprogramm von der neu gegründeten Mobilfunkinfrastrukturgesellschaft mbH in Naumburg in Sachsen-Anhalt, vor allem bei der Suche nach Standorten für neue Mobilfunkmasten in bislang un- oder unterversorgten Gebieten.<sup>241</sup>

---

<sup>233</sup> GSA 2021; Huawei 2020.

<sup>234</sup> IHS Markit & Omdia 2020.

<sup>235</sup> Verbraucherzentrale 2020.

<sup>236</sup> Handelsblatt 2021.

<sup>237</sup> Weidner 2021.

<sup>238</sup> Rzepka 2021.

<sup>239</sup> Bundesregierung 2021.

<sup>240</sup> Thomas 2021.

<sup>241</sup> BMVI 2020.

### Überblick: Flächenversorgung mit Mobilfunk in Mitteldeutschland

Um sich einen Überblick über die aktuelle Flächenversorgung mit Mobilfunk in Deutschland und der IRMD zu schaffen, wird auf das Mobilfunk Monitoring der Bundesnetzagentur zurückgegriffen (vgl. Tabelle 18).<sup>242</sup>

Summiert über alle Mobilfunknetzbetreiber sind aktuell **96 % der Fläche des Bundesgebietes mit LTE (4G) versorgt**. Aktuell veröffentlicht die Bundesnetzagentur noch keine Informationen zum 5G-Ausbau. Zukünftig ist jedoch geplant, auch die 5G-Versorgung in geeigneter Form abzubilden. Die Kartengrundlage soll vierteljährlich aktualisiert werden.

**Tabelle 18: Flächenversorgung mit Mobilfunk in Mitteldeutschland**

Quelle: Bundesnetzagentur 2021a

Flächenversorgung mit Mobilfunk in Mitteldeutschland (in %)						
Bundesland	2G	3G	4G	Funkloch	Weißer Flecken	Graue Flecken
<b>Deutschland</b>	<b>99,7</b>	<b>82,6</b>	<b>96,0</b>	<b>0,3</b>	<b>3,5</b>	<b>7,2</b>
<b>Sachsen</b>	<b>99,9</b>	<b>82,5</b>	<b>97,1</b>	<b>0,1</b>	<b>2,6</b>	<b>6,1</b>
<b>Sachsen-Anhalt</b>	<b>99,9</b>	<b>79,3</b>	<b>96,4</b>	<b>0,1</b>	<b>3,4</b>	<b>5,9</b>
<b>Thüringen</b>	<b>99,7</b>	<b>73,6</b>	<b>95,5</b>	<b>0,3</b>	<b>4,2</b>	<b>7,8</b>

**Anmerkung:** Tabelle 18 enthält Angaben zur Flächenversorgung mit Mobilfunk für unterschiedliche Technologien. Außerdem sind Angaben zu Funklöchern (mit keiner Technologie versorgte Flächen), weißen Flecken (weder mit 3G, noch mit 4G versorgte Flächen) und grauen Flecken (von genau einem Netzbetreiber mit 4G versorgte Flächen) enthalten. Die Spalte „Anteil versorgter Fläche“ beschreibt für 2G, 3G und 4G jeweils die Versorgung durch mindestens einen Netzbetreiber. Sämtliche Angaben basieren auf Daten der Mobilfunknetzbetreiber (Stand April 2021). In der Zwischenzeit wurde zum 30. Juni 2021 das 3G Netz in Deutschland abgeschaltet. Die dadurch freigewordenen Frequenzen werden sowohl für 4G als auch 5G genutzt.

### Exkurs: 5G in China

Im internationalen Vergleich ist neben Südkorea und den Vereinigten Arabischen Emiraten China Vorreiter im flächendeckenden Ausbau von 5G. Die Konsumenten nutzen mehr Daten und der Netzausbau ging in den letzten Jahren schnell voran. Diese Entwicklungen sind unter anderem auf politische Initiativen, wie „Made in China 2025“ zurückzuführen.

<sup>242</sup> Bundesnetzagentur 2021, letzte Aktualisierung im April 2021.

China will bis 2025 unabhängiger Technologieführer werden, weswegen auch 5G priorisiert wird.<sup>243</sup>

Des Weiteren ist die Netzinfrastruktur im Vergleich zu Deutschland dichter ausgebaut. Genehmigungs- und Errichtungsprozesse laufen in China deutlich schneller ab als in Deutschland. Zudem werden in China Synergien durch die gemeinsame Nutzung von Mobilfunkstandorten zwischen den Telekommunikationsanbietern erreicht.<sup>244</sup>

Kulturelle Aspekte, wie beispielsweise die höhere Technologieakzeptanz durch die chinesische Bevölkerung, geben der Verbreitung zusätzlichen Aufwind. Insbesondere 5G-Anwendungen wie VR und Gaming erfreuen sich in China großer Beliebtheit.<sup>245</sup>

### 4.2.3 Campusbösungen und WIFI 6

Im vorhergehenden Abschnitt 4.2.2 wurde bereits erläutert, dass die lokale 5G-Abdeckung für Anwendungen im industriellen Bereich bzw. Industrieanlagen zukünftig entscheidend sein wird.<sup>246</sup> Campusbösungen können hier beispielsweise Möglichkeiten für Industrie- oder Logistikunternehmen bieten.

Ein 5G-Campusnetz ist geografisch begrenzt und lokal ausgerichtet. Die 5G-Technologie ist für besondere Anforderungen geeignet, beispielsweise wenn höchste Datenraten benötigt werden, da kurze Latenzzeiten ermöglicht werden (vgl. Abschnitt 4.2.1). Dies ist insbesondere im industriellen Umfeld einer „Smart Factory“ bzw. von „Smart Manufacturing“ der Fall, wenn XR-Technologien zum Einsatz kommen oder für die M2M-Kommunikation (Maschine-to-Maschine) des IoT, wenn eine schnelle Reaktionsfähigkeit benötigt wird. Neben Use Cases aus dem Bereich Industrie 4.0 finden sich weitere im Bereich der Land- und Forstwirtschaft.<sup>247</sup> Unternehmen können beim Aufbau und Betrieb von 5G-Netzen zwischen zwei Möglichkeiten wählen: Der eigene Aufbau und Betrieb von 5G-Mobilfunknetzen oder Planung, Aufbau und Betrieb über die öffentlichen Netzbetreiber und die Netzausrüsterindustrie laufen zu lassen.<sup>248</sup> Tabelle 19 bildet den Vergleich zwischen öffentlichen 5G-Netzen und Campusnetzen für 5G ab.

**Tabelle 19: Öffentliches Netz für 5G und 5G-Campusnetze im Vergleich**

Quelle: mm1 2021b

Öffentliches Netz	Campusnetz
Verwaltet von Telekommunikations-Anbietern	Verwaltet von Nutzern, Equipment-Herstellern oder Telekommunikations-Anbietern

<sup>243</sup> mm1 2020.

<sup>244</sup> mm1 2020.

<sup>245</sup> mm1 2020.

<sup>246</sup> VDE 2019.

<sup>247</sup> BMWi 2020c; mm1 2021a.

<sup>248</sup> VCI et al. 2020.

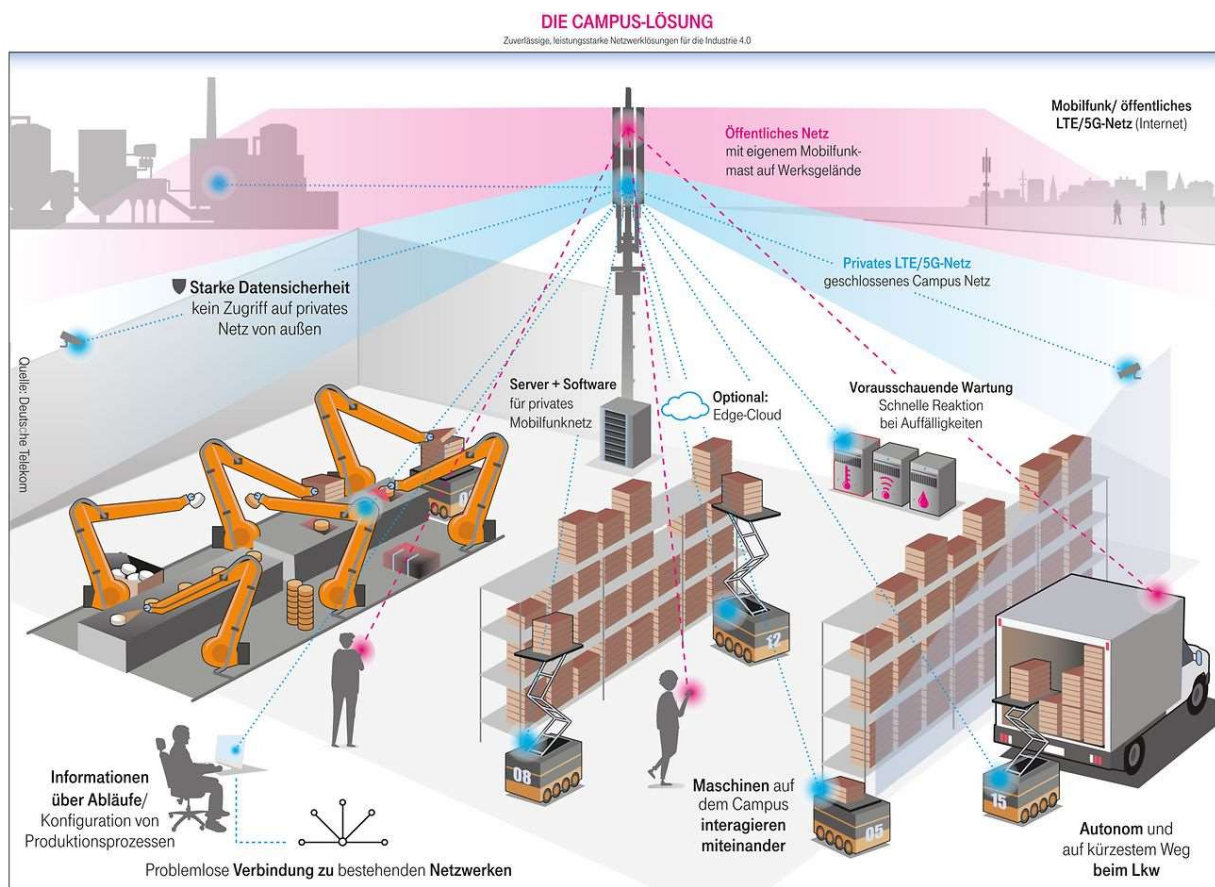
Verwendete Ausrüstung wird mit allen Nutzern geteilt

Exklusive Mobilfunknetze für definierten lokalen Standort (lokale Verwaltung & Abdeckung, optimiert für lokale Dienste)

Flächendeckende Abdeckung mit generischen Sprach-/Datendiensten

Abgestimmt auf die individuellen Bedürfnisse & Anforderungen der Anwender bzw. Industrieunternehmen mit Industrie 4.0-Anwendungsfällen

Geografisch definierte Campusnetze sind somit an die besonderen Anforderungen der Nutzer angepasste Mobilfunknetze, wie beispielsweise für die industrielle Kommunikation (Abbildung 22 verdeutlicht die verschiedenen Anwendungsfälle). Durch den Einsatz lokaler Campusnetze behalten Unternehmen die vollständige Kontrolle über die eigenen Daten und eine Netzwerk-Implementierung kann unabhängig von bestehenden Netzwerken wie beispielsweise WLAN durchgeführt werden. Zudem kann das Firmengelände mit einem eigenen 5G-Campusnetz passgenau abgedeckt werden.<sup>249</sup>



**Abbildung 22: 5G-Campusnetze in der Industrie**

Quelle: Deutsche Telekom o. J.a.

<sup>249</sup> VCI et al. 2020.

Der Zugriff vom öffentlichen Netz auf das Campusnetz ist nicht möglich – umgekehrt ist das private Funknetz jedoch an das normale Mobilfunknetz angebunden, damit Firmen mit Externen kommunizieren können. Diese Kombination aus privatem und öffentlichem Netz nennt sich „Dual Slice Lösung“.<sup>250</sup> Entsprechend den unterschiedlichen Anwendungsfällen sind verschiedene Ausprägungen eines Campusnetzes realisierbar (vgl. Tabelle 20). Diese reichen von einem virtuell privaten Netz (Network Slicing) bis hin zu einem physisch privaten Netz (Exklusives Campusnetz).

**Tabelle 20: Ausprägungen von 5G-Campusnetzen**

Quelle: mm1 2021b

<b>Network Slicing</b>	<b>Hybrides Campusnetz</b>	<b>Exklusives Campusnetz</b>
<p>Network Slicing ermöglicht Netzbetreibern einen parallelen Betrieb von mehreren virtuellen Netzen auf einer physischen Infrastruktur. Die virtuellen Netze können unterschiedliche Leistungsmerkmale haben (Datenrate, Latenz, Verbindungsdichte).</p> <p>Dadurch können mehrere Netze mit unterschiedlichen Anforderungen gleichzeitig und zielgenau bedient werden.</p>	<p>Um ein hybrides Netz zu ermöglichen können Netzbetreiber eine Kombination aus bestehenden Netzwerkzentralfunktionen und verschiedenen privaten Netzwerkelementen vor Ort nutzen.</p> <p>Die Ausprägung der Technologie vor Ort kann hierbei individuell auf den Kunden abgestimmt werden.</p>	<p>Ein exklusives Campusnetz wird vollständig durch private Netzwerkelemente des Kunden vor Ort gestellt und ist unabhängig vom öffentlichen Netz.</p> <p>Je nach Use Case kann der Kunde sein Netz individuell anpassen und sich auf die für ihn relevanten und erfolgskritischen Merkmale fokussieren.</p>

Im November 2019 startete das Antragsverfahren für die Vergabe von lokalen 5G-Campusnetzen im Frequenzbereich von 3,7 bis 3,8 GHz. Zum Stichtag 16. Juli 2021 sind durch die Bundesnetzagentur 139 Zuteilungen für 5G-Campusnetze erfolgt. Von 78 namentlich genannten Antragsstellern befinden sich sechs in Mitteldeutschland, davon zwei in der IRMD.<sup>251</sup>

- ▶ **Helios Park-Klinikum Leipzig GmbH, Leipzig**
- ▶ *Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden*
- ▶ *MUGLER AG, Landkreis Zwickau*
- ▶ **Netz Leipzig GmbH, Leipzig**

<sup>250</sup> Telekom o. J.a.

<sup>251</sup> Bundesnetzagentur 2021b (Stand 16. Juli 2021): Die Frequenzzuteilung ist nicht veröffentlichungspflichtig und kann durch den Antragsstellenden als Betriebs- bzw. Geschäftsgeheimnis klassifiziert werden. Dementsprechend werden nur diejenigen Adressen veröffentlicht, für die eine Zustimmung vorliegt.



- ▶ Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg
- ▶ SETUP Protokolltester GmbH, Vogtlandkreis

### WiFi 6 und 5G im Vergleich

Neben 5G als neueste Technologie im Mobilfunk, nimmt auch die Performance von WLAN durch WiFi 6 zu. Dieser Standard wurde Ende 2019 eingeführt und funkt wie die vorhergehenden Standards auf den Frequenzbereichen 2,4 und 5 Gigahertz. Um der exponentiell wachsenden Anzahl an drahtlosen, IoT-fähigen Geräten und den immer datenintensiveren Anwendungen gerecht zu werden, wird WiFi 6 auch über den 6 Gigahertz-Frequenzbereich kommunizieren. Zudem ermöglicht diese Anpassung höhere Datenübertragungsgeschwindigkeiten. Tabelle 21 erläutert die Unterschiede zwischen 5G und WiFi 6.<sup>252</sup>

**Tabelle 21: Vergleich WiFi 6 mit 5G**

Quelle: FS Community 2020

Kriterium	WiFi 6	5G
<b>Abdeckung von Innen- und Außenbereichen</b>	Als lizenzfreie und kostengünstige Querschnittstechnologie eignet sich WLAN grundsätzlich für alle kabellosen Anwendungen, die in einem räumlich klar begrenzten Gebiet realisiert werden. Typischerweise wird WiFi 6 im Freien hauptsächlich verwendet, um Benutzer in einigen Szenarien mit hoher Dichte wie Parks und Spielplätzen zu versorgen.	5G ist hingegen besser geeignet, um eine großflächigere Abdeckung im Freien zu ermöglichen. 5G-Makro-Basisstationen für den Außenbereich übertreffen WiFi 6 sowohl bei der Reichweite als auch beim Roaming. Daher ist 5G jetzt die optimale Wahl für die Unterstützung von autonomen Autos, Drohnen und einigen IoT-Geräten (wie z. B. intelligente Straßenlampen) in intelligenten Städten – ist jedoch kostenintensiver als der Einsatz von WiFi 6.
<b>Eignung für Massive IoT</b>	Potenzial bietet die neue WLAN-Generation auch für Use Cases in Fertigung und Logistik. So profitieren beispielsweise IoT-Anwendungen, bei denen nicht selten Hunderte vernetzte Sensoren und Steuerungsgeräte in einer Produktionsumgebung kontinuierlich Daten austauschen, ganz erheblich von der effizienteren Bandbreitennut-	In Anwendungsfällen, in denen Latenzempfindlichkeit eine große Rolle spielt wie beispielsweise bei VR-Anwendungen oder kollaborativen Robotern ist eine Datenübertragung über 5G empfehlenswerter als über WiFi-Netzwerke.

<sup>252</sup> IT Magazine 2020, FS Community 2020.



---

zung durch WiFi 6 und dem damit verbundenen Kapazitätsgewinn.

---

Sowohl für WiFi 6 als auch 5G gibt es jeweils geeignete Szenarien, bei denen keines das andere ersetzen kann. Die Kombination von 5G mit WiFi 6 ist aufgrund ihrer komplementären Rollen ein unvermeidlicher Trend für öffentliche und private Netzwerke in der vorhersehbaren Zukunft.<sup>253</sup>

#### 4.2.4 5G-Förderprogramme, Testfelder und Campusnetze in der IRMD

Das BMVI hat mit dem 5G-Innovationsprogramm eine Möglichkeit geschaffen, 5G-Anwendungen unter realen Bedingungen zu erproben. Durch das 5G-Innovationsprogramm sollen Nachfrager und Anbieter von innovativen 5G-Mobilfunklösungen zusammengeführt und Potentiale sichtbar gemacht werden. Das Programm gliedert sich in drei Stufen und soll dazu beitragen, Deutschland zu einem Leitmarkt für 5G zu entwickeln.<sup>254</sup>

##### *BMVI: 5G-Innovationsprogramm und Forschungsregionen*

###### **Stufe I: Die 5G-Forschungsregionen**

Das in Sachsen und Brandenburg verortete **5G Lab Germany Forschungsfeld Lausitz – TU Dresden** wird im Rahmen des 5G-Innovationsprogramms mit einem Volumen i. H. v. 6,9 Mio. EUR durch das BMVI gefördert und ist eines von sechs 5G-Forschungsregionen. Schwerpunkt liegt auf den Fokusfeldern Bau und Mobilität sowie dem Einsatz von Drohnen und Flugtaxi. Alle Untersuchungen und Erprobungen erfolgen an den Standorten Hoyerswerda (Sachsen) und Welzow (Brandenburg).<sup>255</sup>

###### **Stufe II: 5G-Innovationswettbewerb**

Neben den 5G-Forschungsregionen werden im Kontext der zweiten Stufe der Förderung gezielt Kommunen und Unternehmen angesprochen, um deren Innovationspotenziale zu aktivieren. Hierzu steht die Entwicklung von Projektideen im Vordergrund, mit denen die Erprobung und Erforschung von 5G-Anwendungen adressiert wird. Von den insgesamt 67 Städten, Regionen und Zweckverbänden befinden sich 9 Projekte in Mitteldeutschland, 5 davon in der IRMD (vgl. Tabelle 22, Standorte in der IRMD sind hervorgehoben):<sup>256</sup>

---

<sup>253</sup> FS Community 2020.

<sup>254</sup> BMVI o. J.a.

<sup>255</sup> BMVI o. J.a., Forschungsfeld Lausitz, o. J.

<sup>256</sup> BMVI o. J.a.

**Tabelle 22: 5G-Innovationswettbewerb des BMVI – 5G-Konzepte in Mitteldeutschland**

Quelle: BMVI o. J.b

<b>Sachsen</b>	<b>Sachsen-Anhalt</b>	<b>Thüringen</b>
<b>Stadt Leipzig (IRMD):</b> Trimodale 5G Pionierregion Leipziger Nordraum <b>LOGISTIK-IT-AUTOMOTIVE</b> (Projekt „Tri5G“)	Gemeinde Barleben: 5G Industrial Working & Co-working für den Mittelstand	Stadt Eisenach: 5G – Energie Effizienz Eisenach
Landkreis Görlitz: 5G Modellvorhaben Innovationsprogramm für den Landkreis Görlitz	<b>Burgenlandkreis (IRMD):</b> Industrie 4.0 im Burgenlandkreis (Projekt „Industrie4-0“)	Stadt Ilmenau: Pionierregion: Mobilitätslösungen im suburbanen Raum vernetzen
<b>Landkreis Nordsachsen (IRMD):</b> Leitstelle zur Fernüberwachung und -steuerung von automatisierten Fahrzeugen im öffentlichen Personennahverkehr mittels 5G-Funknetzwerken (Projekt „DiSpoGo“)	<b>Landkreis Saalekreis (IRMD):</b> Konzeption eines 5G Kompetenz- und Testzentrums im Bereich der Hochschule Merseburg (Projekt „5G-Campus_Merseburg“)	
	<b>Stadt Halle (Saale) (IRMD):</b> Präzise Organisieren und Smart Transportieren (Projekt „POUST“)	

### Stufe III: 5G-Umsetzungsförderung

Im Rahmen der dritten Stufe des 5G-Innovationswettbewerbs wurde die Umsetzungsförderung thematisiert. Hierzu haben insgesamt 71 Städte und Regionen verschiedene innovative Konzepte für 5G-Anwendungen und Geschäftsmodelle entwickelt, von denen bis zu 60 Projekte finanzielle Mittel für eine Umsetzungsförderung bekommen können.<sup>257</sup> Von den ersten zehn Projekten, die im Dezember 2020 die Umsetzungsförderung erhalten haben, befinden sich zwei im Mitteldeutschland (Standorte Jena und Barleben).<sup>258</sup> Ebenfalls sind die Projekte der Stadt Leipzig, des Landkreises Nordsachsen und der Stadt Halle (Saale) in der IRMD für eine Anschlussförderung zur Umsetzung der Projekte aufgefordert (Stand Juli 2021).

<sup>257</sup> BMVI o. J.b.

<sup>258</sup> BMVI o. J.b.

### Weitere ausgewählte 5G Testfelder und Campus-Netze in Mitteldeutschland

Neben den vom Bund geförderten 5G-Projekten gibt es zudem bereits eine Vielzahl an weiteren 5G-Testfeldern und 5G-Campusnetzen in der Industrie oder an den Universitäten in Mitteldeutschland. Für die Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen werden relevante Beispiele für die Region kurz vorgestellt, Standorte in der IRMD werden hervorgehoben.

#### Sachsen:

- ▶ In Sachsen wurde das bisher größte europäische Testbed für 5G im Bereich Smart Farming zur Erforschung von 5G-Technologien für die Landwirtschaft aufgebaut. Hier sollen der Nutzen und die Vorteile von schnellen Datenverbindungen für die digitale Landwirtschaft und den ländlichen Raum erforscht werden. Das Test- und Demonstrationsfeld wird auf einer Fläche von 2.000 Quadratkilometern zwischen **Köllitsch** (Landkreis Nordsachsen) und Nossen (Landkreis Meißen) ausgebaut.<sup>259</sup>
- ▶ An der TU Dresden wird im „National 5G Energy Lab“ in Kooperation mit der RWTH Aachen und der Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson Software und Hardware entwickelt, welche die Kommunikation mittels 5G von energetischen Anwendungen hin zu übergeordneten Systemkomponenten ermöglichen.<sup>260</sup>
- ▶ An der TU Dresden entsteht zudem eine 5G-Baustelle zur Erforschung der „Baustelle der Zukunft“ mit automatisierten Baumaschinen, einer Baustellen-Cloud und intelligenter Logistik.<sup>261</sup>
- ▶ An der TU Dresden wurde ebenso ein transportables Netzwerk als Auftakt für firmeneigene 5G-Campusnetze entwickelt, mit anschließender Ausgründung als *CampusGenius GmbH*.<sup>262</sup> Eine Verwendung für das **Drohmentestfeld in Nobitz** (Landkreis Altenburger Land, TH) ist aktuell in Prüfung, so die Rückmeldung aus den Expertengesprächen.
- ▶ Das **BMW-Werk in Leipzig** wird von der Deutschen Telekom AG und Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson mit einer Dual-Slice Lösung basierend auf LTE und perspektivischen Ausbau zu einem 5G-Campusnetz ausgestattet.<sup>263</sup>
- ▶ Unter Nutzung der 5G-Technologie werden im Forschungs- und Flugerprobungszentrum für autonomes und elektrisches Fliegen auf dem Verkehrslandeplatz Kamenz Tests mit und an autonomen Fluggeräten durchgeführt.<sup>264</sup>

#### Sachsen-Anhalt:

- ▶ Das Wissenschaftsministerium Sachsen-Anhalt fördert die *Universität Magdeburg* beim Aufbau des *Galileo-Testfelds Sachsen-Anhalt* mit einer Förderung von zu-

---

<sup>259</sup> Wirtschaftsförderung Sachsen 2019.

<sup>260</sup> N5GEH Projekt 2021.

<sup>261</sup> TU Dresden 2019.

<sup>262</sup> Weckbrodt 2020.

<sup>263</sup> Industrie.de 2020.

<sup>264</sup> Aef.aero o. J.

nächst 500.000 Euro. Langfristig ist ein digitaler 5G-Korridor bis hin zum Universitäts-Campus sowie eine Zusammenarbeit mit der Hochschule Magdeburg-Stendal geplant.<sup>265</sup>

- ▶ Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) baut das Nationale Erprobungszentrum für Unbemannte Luftfahrtsysteme (UAS) auf und führte bereits erste Flugtests am Flughafen Cochstedt durch.<sup>266</sup>
- ▶ In **Merseburg** wird mit dem MerInnoCampus ein Innovationscampus gebaut, der über ein 5G-Testfeld verfügen soll, um die interdisziplinäre angewandte Forschung zu intensivieren und Erprobungen in Reallaboren zu ermöglichen.<sup>267</sup>

#### Thüringen:

- ▶ Der **Flughafen Altenburg-Nobitz** wird als *Europäisches Drohnen Zentrum (EDZ)* perspektivisch mit einem 5G-Netz ausgebaut.<sup>268</sup>
- ▶ Die Stadt Jena erhält als eine der 5G-Modellregionen<sup>269</sup> eine Umsetzungsförderung (Stufe III des 5G-Innovationsprogramms) für das Projekt „5G zwischen Kernstadt und suburbanen Bereichen“, um die Verkehrsströme in der Stadt Jena zu optimieren.<sup>270</sup>

Während der Ausbau des Mobilfunkstandards 5G startet, wird gleichzeitig auch schon am nächsten Mobilfunkstandard 6G geforscht. Im folgenden Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die internationalen Vorreiter der 6G-Forschung gegeben und auf den Status Quo der 6G-Forschung in Deutschland, Mitteldeutschland und die Relevanz der Stadt Dresden eingegangen.

### 4.3 Mobilfunkausbau 6G

Die Relevanz mobiler Kommunikation ist bereits zum heutigen Zeitpunkt sehr hoch, wird jedoch in Zukunft nochmals drastisch zunehmen. Im Umkehrschluss werden die Anforderungen an Mobilfunktechnologien gleichermaßen erweitert und umfassen nicht mehr nur das Bedürfnis eines schnellen mobilen Internetzugangs. 6G soll diesen Anforderungen gerecht werden

Für die flächendeckende Einführung und Nutzung von 6G ist eine globale Skalierbarkeit der Funktechnologie grundlegend.<sup>271</sup> Es wird davon ausgegangen, dass erste Pilotanwen-

---

<sup>265</sup> Landeshauptstadt Magdeburg o. J.

<sup>266</sup> TRT deutsch 2021. Cochstedt ist zwar regional nicht in der IRMD verortet, wird jedoch über das Programm für das mitteldeutsche Revier gefördert.

<sup>267</sup> MerInnoCampus o. J.

<sup>268</sup> Leipzig-Altenburg Airport 2021.

<sup>269</sup> Stadt Jena 2020.

<sup>270</sup> BMVI 2021d.

<sup>271</sup> The 5G Infrastructure Association 2021.

dungen mit 6G ab 2028 verfügbar sind und Geschwindigkeiten von bis zu 1 Tbit/s ermöglichen. Ab voraussichtlich 2030 soll 6G für eine breitere Zielgruppe zur Verfügung stehen.<sup>272</sup>

Um den Weg für 6G zu ebnen, sind unterschiedliche Voraussetzungen notwendig. Sowohl öffentliche als auch private Investitionen in Forschung und Entwicklung müssen Schlüsseltechnologien für 6G umfassen, wie z. B. Software, Photonik und Mikroelektronik. Des Weiteren sollten in diesem Bereich Unternehmertum und Neugründungen finanziell und steuerlich gefördert werden. Zudem erfordert die lückenlose und effiziente Funktionsweise und Anwendbarkeit von 6G Interoperabilität durch globale Standards und Zertifizierungsprozesse. Hierdurch wird die 6G-Implementierung erschwinglicher und skalierbar.<sup>273</sup> Um zukünftig Wertschöpfung in diesem Bereich aufzubauen, wird empfohlen, dass sich die Region frühzeitig in diesem neuen Wachstumsfeld platziert (vgl. Leuchtturmmaßnahmen in Kapitel 5). Gleichzeitig kann die Region von der regionalen Nähe zu Dresden und den dortigen 6G-Aktivitäten profitieren (vgl. Abschnitt 4.3.4).

Für eine globale Wettbewerbsfähigkeit sollten zudem 6G-Kompetenzpools mit notwendigen Fähigkeiten und Kenntnissen aus Forschung und Wirtschaft forciert werden. Derartige Kompetenzen umfassen unterschiedliche Bereiche, wie z. B. Kommunikationsprotokolle und Software, Virtualisierung und Cloud, Cybersicherheit sowie Photonik. Nicht zuletzt trägt das Zusammenspiel aus unterschiedlichen Wissensbereichen zur Stärkung der Innovationsfähigkeit bei.<sup>274</sup>

### 4.3.1 Technischer Vergleich: 5G und 6G

Um die Mobilfunkstandards 5G und 6G vergleichen zu können, werden in Abbildung 23 wichtige Leistungsmerkmale und Eigenschaften gegenübergestellt.

Darauf basierend lässt sich ableiten, dass 6G im Vergleich zu 5G nochmal eine deutliche Leistungssteigerung mit sich bringt. Zusammenfassend ist 6G somit leistungsstärker, zuverlässiger, schneller und energieeffizienter als vorherige Generationen der Mobilfunktechnologie.<sup>275</sup>

---

<sup>272</sup> La Rocco 2020

<sup>273</sup> The 5G Infrastructure Association 2021.

<sup>274</sup> Ebd.

<sup>275</sup> Chowdhury et al. 2020; OLED Association 2020.

	5G	6G
Max. Datenrate (Gbit/s)	10-20	1.000
Latenz (ms)	1-2	0.1
Vernetzungsdichte (Geräte/km <sup>2</sup> )	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>
Maximale Frequenz (GHz)	90	10.000
Satelliten Integration	Nein	Ja
Zuverlässigkeit (Wahrsch. data error)	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-7</sup>
Energieeffizienz	+	++

Abbildung 23: Technische Eigenschaften von 5G & 6G im Vergleich

Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an Ndip & Putsykina 2021, Chowdhury et al. 2020 und OLED Association 2020.

### 4.3.2 Ein Blick auf die 6G-Forschung weltweit

Während der Mobilfunkausbau für 5G anläuft, wird an der nächsten, noch leistungsfähigeren Mobilfunkgeneration 6G weltweit bereits intensiv geforscht. Einige Länder haben bereits Vorreiterrollen bei der 6G-Forschung eingenommen:

- ▶ **China:** Peking ist die erste Stadt in China, die die 6G-Forschung in ihre industrielle Entwicklungspolitik einbezieht – unter anderem wurden 6G und Quantenkommunikation im November 2020 im Pekinger 5-Jahre-Aktionsplan für die intelligente Stadtentwicklung veröffentlicht. Zuvor hat die *Tsinghua Universität* bereits Ende 2019 mit 6G-Forschung begonnen. Folgende Unternehmen sind in China außerdem bereits in die 6G-Forschung involviert: *Huawei Technologies Co., Ltd.*, *ZTE Corporation* und *China Unicom Ltd.*, *China Telecom Ltd.*, *China Mobile Ltd.*, *Unisoc Inc.*, *vivo Institut für Kommunikationsforschung*, *China Electronics Information Industry Development Institute*.<sup>276</sup>
- ▶ **Finnland:** In Oulu läuft für die nächsten acht Jahre das mit 251 Millionen Euro dotierte 6Genesis-Projekt, bei dem Technologien für den neuen 6G-Standard entwickelt werden sollen. Finnland hat zwei aufeinanderfolgende Global 6G-Summits veranstaltet und das weltweit erste 6G-White Paper veröffentlicht, das einen Ausblick auf die Vision und Anwendung von 6G gibt.<sup>277</sup>

<sup>276</sup> Gao 2020.

<sup>277</sup> Gao 2020.



- ▶ **Japan:** Japan hat eine umfassende Strategie entwickelt, um „Post-5G“ (6G) bis 2030 zu etablieren. Insgesamt wurden bereits 220 Milliarden Yen (ca. 1,66 Mrd. EUR) investiert, um die 6G-Forschung und -Entwicklung zu starten.<sup>278</sup>
- ▶ **Südkorea:** Südkorea plant, ab 2021 über fünf Jahre 200 Milliarden Won (ca. 146,97 Mio. EUR) in die 6G Forschung zu investieren – mit dem Ziel, nach 5G das erste kommerzielle 6G-Land der Welt zu werden. Die *Samsung Group* hat bereits 2019 in Seoul ein neues Forschungszentrum zur Entwicklung von 6G-Technologien eröffnet.<sup>279</sup>
- ▶ **USA:** In den Vereinigten Staaten wurde das 95GHz- bis 3THz-Band als Testspektrum geöffnet, um offiziell die Forschung und Entwicklung der 6G-Technologie zu starten. Zudem gründete die US-Regierung die *U.S. International Development Finance Corporation*, um die Entwicklung der 6G-Technologie zu unterstützen.<sup>280</sup>

### 4.3.3 6G-Forschung in Deutschland

Auch in Deutschland wurden erste Schritte im Bereich der 6G-Forschung unternommen. Das *Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)* veröffentlichte im März 2021 eine Ausschreibung zur Förderung von Forschungsvorhaben zum Thema **6G-Forschungs-Hubs – Plattformen für zukünftige Kommunikationstechnologien und 6G**.<sup>281</sup> Mit diesem Programm wird das 6G-Forschungsvorhaben *6G-life* an der *TU Dresden* und der *TU München* in den nächsten vier Jahren mit 70 Millionen Euro gefördert.<sup>282</sup> Ebenso wurde vom BMBF im April 2021 angekündigt, dass bis 2025 in Deutschland insgesamt rund 700 Millionen Euro für die 6G-Forschung bereitgestellt werden sollen.<sup>283</sup>

Darüber hinaus wurden drei weitere Initiativen zur 6G-Forschung in Deutschland bzw. mit Beteiligung aus Deutschland initiiert:

- ▶ Anfang 2021 wurde die europäische Initiative **Hexa-X** ins Leben gerufen, um den Mobilfunkstandard der Zukunft gemeinsam zu gestalten. Neben Spitzenreitern der Mobilfunkindustrie wie die *Nokia Corporation* oder die *Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson* arbeitet auch die *TU Dresden* zusammen mit einem Konsortium aus europäischen Partnern an der 6G-Grundlagenforschung. Das Projekt hat eine geplante Laufzeit von zweieinhalb Jahren.<sup>284</sup>
- ▶ Im Projekt **6G SENTINEL** entwickeln fünf Fraunhofer-Institute Schlüsseltechnologien für den kommenden 6G-Mobilfunkstandard. Dabei verzeichnete Deutschland bereits letztes Jahr einen ersten Durchbruch bei der Datenübertragung im

<sup>278</sup> Gao 2020.

<sup>279</sup> Gao 2020.

<sup>280</sup> Gao 2020.

<sup>281</sup> BMBF 2021b.

<sup>282</sup> TU Dresden 2021. Im nachfolgenden Abschnitt 4.3.4 wird diese Förderung mit Bezug auf Mitteldeutschland detaillierter betrachtet.

<sup>283</sup> Gillmann 2021.

<sup>284</sup> 5G Lab 2020.

Terahertz-Bereich: Am *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)* erreichten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen Datenübertragungsraten von 115 Gbit/s.<sup>285</sup>

- ▶ Im Rahmen einer Kooperation des *Heinrich-Hertz-Instituts (HHI)*, des *Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF* und der *Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG* wird an der Entwicklung eines drahtlosen Übertragungssystems im Terahertz-Frequenzbereich geforscht, das zwischen 270 und 320 GHz arbeitet. Die Signalverarbeitung, die Synchronisierung zwischen Sender und Empfänger sowie die Systemintegration liegen im Aufgabengebiet des HHI.<sup>286</sup>

#### 4.3.4 6G-Forschung in Mitteldeutschland

Vor allem in und um Dresden werden zurzeit die Weichen gelegt, damit Deutschland eine Vorreiterrolle in der 6G-Forschung einnehmen kann. Aufgrund der regionalen Nähe kann und sollte die Region des Mitteldeutschen Reviers von diesen Forschungsaktivitäten profitieren, indem Anknüpfungspunkte geschaffen werden, beispielsweise durch den perspektivischen Aufbau von Reallaboren für die Entwicklung von 6G-fähiger Software (vgl. Abschnitt 5.3.3). Bisher wurden die folgenden Maßnahmen in der Region Dresdens ergriffen:

- ▶ Die **Vodafone GmbH** verkündete Ende Mai 2021 die Errichtung eines neuen Kompetenzzentrums für die Entwicklung von Zukunftstechnologien, wie den Mobilfunkstandards 5G und 6G in Dresden. Bisher sind die Mobilfunk-Entwicklungseinheiten von *Vodafone* an verschiedenen Standorten in Europa verteilt. Der neue Dresdner Standort soll jedoch eine konzerninterne Schlüsselfunktion für 6G in ganz Europa bekommen.<sup>287</sup> Im Fokus stehen hier vor allem die Anwendung der 5G- und 6G-Technologie in den Bereichen autonomes Fahren, vernetzte Landwirtschaft, Chemie und Bau. *Vodafone* rechnet damit, dass durch das neue Kompetenzzentrum in den kommenden Jahren mehr als 200 neue hochqualifizierte Arbeitsplätze entstehen.<sup>288</sup>
- ▶ Mit dem Aufbau des 6G-Forschungshubs an der **TU Dresden** (Federführung) im Zusammenspiel mit der *TU München* wird die starke Position in der Mobilfunk-Forschung weiter ausgebaut. Die *TU Dresden* hat dabei die Federführung inne. . .<sup>289</sup> In dieses Projekt sind rund 40 Lehrstühle der beiden Universitäten involviert. Zudem sollen insgesamt 120 Mitarbeitende für dieses Thema an den beiden Universitäten eingestellt werden. Das Verbundprojekt wird von Prof. Frank Fitzek, *Deutsche Telekom Lehrstuhl für Kommunikationsnetze* an der *TU Dresden*, koordiniert.<sup>290</sup> Durch die 5G-Forschung und dem dort ansässige *5G Lab Germany* hat die *TU Dresden* in den letzten Jahren bereits Standards gesetzt.<sup>291</sup>

---

<sup>285</sup> Fraunhofer IAF 2021.

<sup>286</sup> 5G.NRW Competence Center o. J.

<sup>287</sup> MDR Sachsen 2021.

<sup>288</sup> MDR Sachsen 2021.

<sup>289</sup> TU Dresden 2021.

<sup>290</sup> TU Dresden 2021

<sup>291</sup> Weckbrodt 2021

- ▶ Zudem hat die **Robert Bosch GmbH** mit der *Chipfabrik der Zukunft* die erste vollständig digitalisierte und hoch vernetzte Halbleiterfabrik in Europa im Juni 2021 in Dresden in Betrieb genommen. Die dort zu fertigenden Chips sollen im IoT-Bereich und der Automobilindustrie zum Einsatz kommen. Ziel ist es, Mitte 2022 mit dem ersten Verkauf der Chips zu starten. Langfristig sollen rund 700 neue Arbeitsplätze entstehen. Für die Fabrik wurde eine Förderung i. H. v. 140 Millionen Euro durch den Bund zur Verfügung gestellt. Das Unternehmen selbst hat etwa eine Milliarde Euro in den Neubau investiert. Dies ist die bislang größte Einzelinvestition seit Firmengründung. Dresden ist einer der wichtigsten Halbleiterstandorte in Europa, da ebenfalls die *Infineon Technologies AG* und *Globalfoundries Inc.* ansässig sind.<sup>292</sup>
- ▶ Auch die **Infineon Technologies AG** kommunizierte zuletzt geplante Investitionen zwischen 1,1 und 2,4 Milliarden Euro in den Standort Dresden, wobei etwa 100 zusätzlichen Arbeitsplätzen bis Ende 2021 entstehen sollen.<sup>293</sup>

## 4.4 Alternative Technologien

Neben dem Breitband- und dem Mobilfunkausbau werden in dieser Studie auch alternative Technologien betrachtet und entsprechende Anwendungsbeispiele vorgestellt. Zum einen LoRaWAN als kostengünstigere Option für das IoT, wenn datenärmere Informationen übermittelt werden sollen. Als Vergleich wird auch NB IoT herangezogen. Zum anderen wird die Internetversorgung über Satelliten am Beispiel Starlink beleuchtet. Internet über Satelliten bietet sich als Alternative für entlegene Regionen an, in denen der Glasfaserausbau in naher Zukunft nicht realisiert werden kann, beispielsweise aus Kostengründen.

### 4.4.1 LoRaWAN – Eigenschaften, Betriebsmodi und ausgewählte Projekte in Mitteldeutschland

In diesem Abschnitt werden die Eigenschaften von LoRaWAN, Use Cases sowie die drei möglichen Betriebsmodi vorgestellt und ein Vergleich zu NB-IoT hergestellt.

#### 4.4.1.1 Einordnung: LPWAN und LoRaWAN

Im Folgenden werden zum weiteren Verständnis die Technologien LPN, LPWAN, LoRa und LoRaWAN erläutert.

Unter **Low Power Network (LPN) bzw. Low Power Wide Area Network (LPWAN)** werden Vernetzungskonzepte verstanden, deren zentralen Charakteristika eine hohe Netzabdeckung und ein geringer Energieverbrauch beim Betrieb eines Funknetzwerks sind. Zudem sind Low-Power-Funknetze kennzeichnend dafür, eine große Anzahl an Teilnehmern in ein Netz einzubinden. Die Kommunikation in einem solchen Netz ist dabei nur für einfache Anwendungen ausgelegt, die mit einer niedrigen Bandbreite und einer hohen Latenz zurechtkommen. In einem LPWAN ist alles darauf ausgerichtet, möglichst wenig Energie

---

<sup>292</sup> Schräer 2021.

<sup>293</sup> Large 2021.

zu verbrauchen. Funkmodule mit herkömmlichen Batterien sollen dadurch rund 10 Jahre lang betrieben werden können.<sup>294</sup>

Unter **LoRa** versteht sich ein offener Funkstandard für ein LPWAN (Low Power Wide Area Network). Zu beachten ist hierbei, dass in allen LoRa-Sendern und -Empfängern ausschließlich Chips von der *Semtech Corporation* verwendet werden, wodurch eine starke Herstellerabhängigkeit entsteht. Da es sich bei LoRa um einen offenen Funkstandard handelt, kann LoRaWAN von jedermann als IoT- oder M2M-Netzwerk aufgebaut oder auf eine community-basierte Lösung zurückgegriffen werden.<sup>295</sup>

Mit dem Begriff **Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)** wird ein Funknetzwerk bezeichnet, das auf Basis von LoRa Frequenzbänder aus den lizenzfreien ISM-Bändern<sup>296</sup> nutzt. Dadurch kann LoRaWAN eine Alternative oder eine Ergänzung zum klassischen Mobilfunknetz mit einem zentralen Netzbetreiber sein und wird aus diesem Grund auch als OG-Netz bezeichnet.<sup>297</sup>

LoRaWAN ermöglicht ein energieeffizientes Senden von Daten über lange Strecken. Dadurch können innerhalb eines Netzwerks Sensoren bis zu 10 Jahre lang betrieben werden, wodurch der Wartungsaufwand erheblich minimiert wird. LoRaWAN wurde speziell für das Internet of Things (IoT) bzw. Industrial Internet of Things (IIoT) entwickelt.<sup>298</sup>

Grundsätzlich kann jeder ein LoRaWAN-Netz mit eigenen Gateways und Servern betreiben. Wird jedoch ein weitflächigeres Funknetz benötigt, so besteht die Möglichkeit einer Beteiligung an der Community-basierten Lösung von „The Things Network (TTN)“. In diesem Fall wird ein eigenes Gateway betrieben, das via Internet mit den TTN-Servern verbunden ist.

#### 4.4.1.2 Beispiele für Use Cases für und Einsatzfelder von LoRaWAN

In einem ersten Schritt werden Use Cases für LoRaWAN skizziert, in einem zweiten Schritt exemplarisch das flächendeckende LoRaWAN-Netz der Netze BW GmbH als Best Practice Beispiel erläutert sowie abschließend LoRaWAN-Projekte aus der IRMD aufgeführt.

##### *Use Cases für LoRaWAN:*

Die LoRaWAN-Technologie kann insbesondere im Bereich Smart City, Smart Building, in der Landwirtschaft, aber auch im Bereich Infrastruktur (Energie-, Wasser-, Abfallwirtschaft) genutzt werden.<sup>299</sup> Der Einsatz von LoRaWAN kann daher einen entscheidenden Beitrag zu Nachhaltigkeitsprogrammen liefern: Use Cases umfassen beispielsweise Möglichkeiten der Routenoptimierung für die Abfallwirtschaft, eine optimierte Parkplatzsuche, Messungen von Besucherströmen, Erfassungen von Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Bodenfeuchte für eine intelligente Bewässerung oder die Messung von Luftqualität.

---

<sup>294</sup> Elektronik Kompendium o. J.b.

<sup>295</sup> M2M = Machine-to-Machine.

<sup>296</sup> ISM = Industrial, Scientific and Medical Band; lizenzfreie Frequenzbereiche für Hochfrequenz-Geräte.

<sup>297</sup> Elektronik Kompendium o. J.c.

<sup>298</sup> LineMetrics o. J.

<sup>299</sup> Swisscom o. J.b

Ebenso zählt hierzu die Lokalisierung von Gegenständen.<sup>300</sup> Beispielsweise wurde im Landkreis Eichsfeld in Thüringen in der Gemeinde Schirmberg das Projekt SMARTinfeld als Leuchtturmprojekt im ländlichen Raum initiiert. Dieses hat zum Ziel, verschiedenste IoT-Anwendungen im Smart City-Kontext umzusetzen. So wurden u. a. eine intelligente Straßenbeleuchtung realisiert, es werden Wetter-, Temperatur- und Umweltdaten erfasst sowie die Wasserqualität gemessen.<sup>301</sup>

#### *Best Practice Beispiel: flächendeckendes LoRaWAN-Netz der Netze BW*

Nach der Realisierung von zwei Pilotprojekten in Wendlingen (ca. 16.000 Einwohner, Landkreis Esslingen) und Magstadt (ca. 9.000 Einwohner, Landkreis Böblingen), baut die Netze BW GmbH bis Ende 2022 ein weitgehend flächendeckendes LoRaWAN-Netz mit 3.000 Gateways als Angebot für die Kommunen des Landes Baden-Württemberg auf. Die erfassten Daten laufen im Rechenzentrum der EnBW AG zusammen und können anschließend über IoT-Plattformen für IoT-Anwendungen von den Kommunen genutzt werden. Bereits zu Beginn des Projekts Anfang 2020 waren 20 Städte und Gemeinden involviert.<sup>302</sup>

#### *(Geplante) Smart City und LoRaWAN Projekte in der IRMD:*

Exemplarisch werden im Folgenden zwei Smart City Konzepte aus dem Altenburger Land und dem Burgenlandkreis aus der IRMD vorgestellt, die auf der LoRaWAN-Technologie basieren.<sup>303</sup>

Im Altenburger Land wird das Projekt „LoRaWAN“ über den zweiten Ideenwettbewerb des Strukturwandelprojekts „Innovationsregion Mitteldeutschland“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.<sup>304</sup> Das Projekt zielt auf den Aufbau einer Daten- und Kommunikations-Infrastruktur für digitale Anwendungen mittels eines LoRaWAN-Funknetzes im Landkreis ab. Beteiligt am Projektvorhaben sind neben dem Cluster IT Mitteldeutschland e.V. auch die Teleport GmbH, die Energie- und Wasserversorgung Altenburg GmbH, sowie die Städtische Wohnungsbaugesellschaft Altenburg mbH.<sup>305</sup>

Zudem entsteht in der Stadt Zeitz ein Smart City Projekt in Kooperation mit TTN Mitteldeutschland, der HTWK Leipzig, der Dualen HS Gera-Eisenach sowie mit der GISA GmbH.<sup>306</sup> Das Projekt gliedert sich in zwei Umsetzungsstufen. In einem ersten Schritt liegt der Fokus auf Smart Energy Anwendungen, in einem zweiten Schritt soll die Smart City Strategie für Zeitz realisiert werden. Hierzu wird im Schlosspark Moritzburg ein LoRa-Park mit verschiedenen Anwendungsfällen, u. a. Feuchtigkeits- und CO<sub>2</sub>-Messungen sowie Erfassungen von Besucherzahlen, realisiert.<sup>307</sup>

---

<sup>300</sup> Diese Beispiel-Nennungen erfolgten im Rahmen von Expertengesprächen.

<sup>301</sup> Smartinfeld o. J.

<sup>302</sup> Netze BW 2020.

<sup>303</sup> Weitere Smart City Projekte in Mitteldeutschland gemäß dem BITKOM Smart City Atlas: Chemnitz, Dresden, Jena, Leipzig und, Magdeburg. Bitkom & Fraunhofer IESE 2019.

<sup>304</sup> ABG-Info 2021.

<sup>305</sup> ABG-Info 2021.

<sup>306</sup> Grau 2021.

<sup>307</sup> Kuhaupt 2021.



#### 4.4.1.3 Betriebsmodi von LoRaWAN

Bei LoRaWAN kann der Nutzende zwischen drei Betriebsmodi entscheiden. Entweder wird auf die Möglichkeit eines öffentlichen Netzes eines Anbieters zurückgegriffen oder auf ein offenes Community-Netzwerk. Als dritte Option kann ein privates Netz lokal aufgebaut werden.<sup>308</sup> Jeder Betriebsmodus bringt Vor- und Nachteile mit sich, die im Folgenden erläutert werden.

##### Öffentliche Netze eines Anbieters

Ein Best Practice Beispiel für diesen Betriebsmodus ist das Netz der **Swisscom AG**, die in der Schweiz ein flächendeckendes LoRaWAN-Netzwerk anbietet. Mit der aktuellen Netzabdeckung werden 97,2 % der Schweizer Bevölkerung erreicht. Die energieeffiziente Funktechnologie erlaubt u. a. interessante Geschäftsmodelle sowie automatisierte Prozesse im kommunalen Bereich sowie in der Landwirtschaft (vgl. Abschnitt 4.4.1.2 für weitere Use Cases), für die geringere Latenzzeiten ausreichend sind.

Der Netzausbau wurde insbesondere durch die Kooperationen mit der SBB AG, der Schweizerischen Post AG und der NeoVac Gruppe<sup>309</sup> vorangetrieben.<sup>310</sup> Weitere Beispiele für den flächendeckenden LoRaWAN-Ausbau sind die öffentlichen Netze der KPN B. V. in den Niederlanden oder der Digita Oy in Finnland. In Tabelle 23 werden die Vor- und Nachteile dieses Betriebsmodus zusammengefasst.

**Tabelle 23: Vor- und Nachteile der Nutzung des öffentlichen Netzes eines Anbieters**

Quelle: Telekom 2021

Vorteile	Nachteile
Keine Investitionen in eigene Netzinfrastruktur erforderlich	Laufende Gebühren für die Netznutzung
Keine laufenden Betriebs- und Wartungskosten	Unter Umständen unvollständige landesweite Netzabdeckung
	Zu viele Nutzer führen unter Umständen zu Qualitätseinbußen

##### Offene Community-Netzwerke

Bei einem offenen Community-Netzwerk wird ein freier Zugang zum Community-Netzwerk ermöglicht, gleichzeitig wird aber Dritten Zugang zum eigenen Netzwerk gewährt. **The Things Network (TTN)** ist eine Community-basierte Initiative zur Errichtung eines globalen IoT-Funknetzwerks auf Basis von LoRa.<sup>311</sup> Die Bereitstellung, Errichtung und Betreuung der Gateways liegen dabei in den Händen Freiwilliger bzw. der Teilnehmenden des Netzwerks. Wer ein eigenes LoRaWAN-Projekt plant und ein TTN-Gateway betreibt,

<sup>308</sup> Telekom 2021.

<sup>309</sup> Schweizer Wärmemessunternehmen.

<sup>310</sup> Swisscom o. J.a

<sup>311</sup> The Things Network o. J., The Things Network 2021 (Webinar vom 4. Juni 2021).



versorgt immer auch seine Umgebung. Die TTN-Organisation betreibt dabei den Netzwerk- und Anwendungsserver. Tabelle 24 fasst die Vor- und Nachteile eines offenen Community-Netzwerks zusammen.

In Mitteldeutschland befindet sich die Community **TTN Mitteldeutschland**. Als überregionales Cluster verbindet *TTN Mitteldeutschland* zwölf regionale TTN-Communities in Chemnitz, Dresden, Eberswalde, Eichsfeld, Erfurt, Erzgebirge, Halle-Saalekreis, Leipzig, Magdeburg, Mittelsachsen und die Regionen Osterland und Westsachsen.

**Tabelle 24: Vor- und Nachteile der Nutzung eines offenen Community-Netzwerks**

Quelle: Telekom 2021

Vorteile	Nachteile
Geringe Investitionen in eigene Gateways	Laufende Betriebs- und Wartungskosten
Entwickler-Community bietet Support	Begrenztes Datenvolumen (mit Fair Use Policy wie bei The Things Network)
	Zu viele Nutzer führen unter Umständen zu Qualitätseinbußen
	Keine landesweite Netzabdeckung
	Möglicherweise Sicherheits- und Datenschutzrisiken

### Private Netzwerke

Private Netzwerke bestehen aus eigenen Gateways und Servern und werden in der Regel lokal betrieben. Auch der Zugang zu diesem Netzwerk funktioniert nur mit eigenen Geräten. Die Vor- und Nachteile dieses Betriebsmodus werden in Tabelle 25 abgebildet.



**Tabelle 25: Vor- und Nachteile der Nutzung eines privaten Netzwerks**

Quelle: Telekom 2021

Vorteile	Nachteile
Kann überall bedarfsgerecht installiert werden	Beschaffungs- und Installationskosten für LoRaWAN-Gateways und -Server (oder Kapazitätserhöhung für steigende Anzahl an Endgeräten)
Eigenständige Kontrolle von Netzkapazität und -qualität	Laufende Betriebs- und Wartungskosten sowie Kosten für Support
Alle Daten bleiben im eigenen Netzwerk	Know-how im Netzwerkmanagement erforderlich

#### 4.4.1.4 NB-IoT und LoRaWAN im Vergleich

LoRaWAN ist eine proprietäre, von Einzelunternehmen entwickelte Technologie, ähnlich wie Sigfox. NB-IoT hingegen ist ein offener, globaler LTE-basierter Industriestandard, der dementsprechend von allen Netzbetreibern, Telekommunikationsnetzausrüstern sowie Geräte- und Chiphersteller unterstützt wird.<sup>312</sup> Um die beiden Technologien NB-IoT und LoRaWAN technologisch miteinander vergleichen zu können, werden in Abbildung 24 relevante Leistungsmerkmale gegenübergestellt.<sup>313</sup>

	 <b>NB-IoT</b>	 <b>LoRaWAN</b> <sup>®</sup>
<b>Bandbreite (kHz)</b>	200	125 & 250
<b>Datenrate (kB/s)</b>	200	50
<b>Max. Payload (bytes)</b>	1.600	243
<b>Latenz</b>	<10 s	geräteabhängig
<b>Frequenz</b>	Lizenzierte LTE Frequenzbänder	Lizenzfreie ISM Bänder
<b>Reichweite (städtisch/ländlich)</b>	1 km/10 km	5 km/20 km
<b>Spitzen- Energieverbrauch</b>	120 mA	32 mA
<b>Kosteneffizienz (Gerät &amp; Netzwerk)</b>	mittel	hoch

**Abbildung 24: Technische Eigenschaften von NB-IoT & LoRaWAN im Vergleich**

Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an ABI Research 2019, Günes 2020, Smart City Solutions 2020

Der Frequenzbereich ist grundlegend, um die Datenübertragung technisch zu realisieren und kann auf lizenzfreien und lizenzierten Frequenzbändern basieren. Weitere relevante Kenngrößen umfassen die Reichweite, den Spitzenenergieverbrauch sowie die Kosteneffizienz, die hauptsächlich durch Kosten der Geräteinstallation und Netzwerkgebühren beeinflusst wird. Auch wenn sich die Technologien im technischen Vergleich geringfügig unterscheiden, bieten NB-IoT und LoRaWAN grundlegende Voraussetzungen für IoT-Anwendungen. Beide Technologien ermöglichen eine hohe Reichweite und gehen mit relativ geringen Kosten, einer hohen Energieeffizienz und der Möglichkeit einer hohen Geräteabdeckung einher.<sup>314</sup>

<sup>312</sup> Telekom 2021.

<sup>313</sup> ABI Research 2019; Smart City Solutions 2020

<sup>314</sup> ABI Research 2019.

In Tabelle 26 werden die Anforderungskriterien und Eigenschaften für die beiden Technologien zusammenfassend beleuchtet, um ein besseres Verständnis zur Eignung der Technologien für verschiedene Anwendungsfälle zu schaffen.

**Tabelle 26: NB-IoT vs. LoRaWAN-Netz im Vergleich**

Quelle: Telekom 2021, LineMetrics o. J., ABI Research 2019

NB-IoT	LoRaWAN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• landesweite oder internationale Abdeckung erforderlich</li> <li>• Geräte an mehreren Standorten verteilt</li> <li>• zuverlässige Qualität benötigt (d. h. kein Datenverlust bei der Übertragung),</li> <li>• höhere Durchsatzraten</li> <li>• moderate Latenz von bis zu 10 Sekunden</li> <li>• Datenübertragungen über verschiedene Netzbetreiber akzeptabel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vorteilhaft, wenn lokal kein bzw. kein stabiles Mobilfunknetz vorhanden ist</li> <li>• ausreichende Anzahl von Geräten an einem Standort, mit denen der Betrieb eigener Gateway(s) wirtschaftlich ist</li> <li>• gelegentliche Datenverluste bei der Datenübertragung sowie geringere Durchsatzraten (bis 1,6 kB/Tag)</li> <li>• höhere Latenzzeit</li> <li>• Daten sollten/dürfen das eigene Netz nicht verlassen</li> </ul>

#### 4.4.2 Alternative Lösung im Aufbau: Breitband via Satellit mit Starlink

*Starlink* ist ein in der Beta-Testphase befindliches Satellitennetzwerk des US-Raumfahrtunternehmens *SpaceX*, das künftig weltweiten Internetzugang bieten soll. Mit 1.657 *Starlink*-Satelliten im Erdorbit (Stand Juli 2021)<sup>315</sup> ist *SpaceX* der mit Abstand größte Satellitenbetreiber weltweit.

Insgesamt soll das System im Zielzustand aus bis zu 42.000 Satelliten<sup>316</sup> bestehen. Die *Starlink*-Satelliten kreisen in nahem Abstand in einer Höhe von nur rund 550 km und damit deutlich unter der geostationären Umlaufbahn. Anfang August 2021 lag die Anzahl der Kunden bei 90.000 aus 12 Staaten.<sup>317</sup>

Seit Anfang Mai 2021 nimmt *mm1* als einer der deutschlandweit ersten Tester an der *Starlink* Beta-Testphase teil. Tabelle 27 gibt einen Einblick in derzeitige Testergebnisse zur Performance (Stand August 2021).

<sup>315</sup> Statista 2021b.

<sup>316</sup> ESA Earth Observation Portal 2021.

<sup>317</sup> Holland 2021.

**Tabelle 27: Starlink-Testergebnisse Beta Phase August 2021**

Quelle: mm1

	<b>Download (Megabits)</b>	<b>Upload (Megabits)</b>	<b>Latenz (ms)</b>
<b>Mittelwert</b>	182	26	40
<b>Maximum</b>	279	46	53
<b>Minimum</b>	122	7	23

Internet via Satelliten kann beispielsweise für sehr entlegene Unternehmen oder Haushalte besonders attraktiv sein, für die die Kosten einer Glasfaseranbindung sehr hoch sind. Allerdings sind die Kosten für Starlink aufgrund der hohen Energiebedarfe auch relativ hoch - und zwar um Faktor fünf bis zehn. Auch die Erstinstallationskosten für die notwendige Hardware, wie die Satellitenschüssel für Starlink und den dafür notwendigen WLAN-Router, sind vergleichsweise teurer als ein Anschluss über Kabel.

## 4.5 Rechenzentren

Digitale Zukunftstechnologien und zukünftige Megatrends bringen einen zunehmenden Bedarf an Rechenleistung und Datenspeicherungsvolumen mit sich. Aus diesem Grund werden auch die Bedarfe an Rechenzentren und deren Kapazität im Rahmen dieser Studie betrachtet und die Rechenzentrumslandschaft in Deutschland und Mitteldeutschland erörtert.

### 4.5.1 Betrachtete Infrastrukturbereiche

Bei der Betrachtung von Rechenzentren kann die relevante Infrastruktur in drei Bereiche strukturiert werden:<sup>318</sup>

- ▶ **Datenspeicherung** (Speichervolumen): Technologien zum flüchtigen oder dauerhaften Vorhalten von Daten in heterogenen Formaten
- ▶ **Datentransformation** (Rechenleistung): Technologien zum Verändern von Daten, z. B. Verkleinerung/Reduzierung von Videoqualität; Bilden der Schnittmenge von Kundendaten
- ▶ **Datentransfer**: z. B. Übertragen der Videodaten ins Internet (out of scope)

Im Rahmen dieser Studie wird der Fokus auf die Datenspeicherung und Datentransformation gelegt. Der Bereich Datentransfer wird nicht betrachtet, da er für die weiteren Untersuchungen in dieser Potenzialstudie nicht relevant ist.

Die beiden relevanten Infrastrukturbereiche von Rechenzentren können anhand drei verschiedener Kriterien beschrieben werden. Mögliche Anwendungsfälle für die Datenspeicherung können beispielsweise das Vorhalten von Videodaten (z. B. Vorlesung), aber auch

<sup>318</sup> Ionos 2020.

das Speichern von AR/VR-Inhalten sein. Bei der Datentransformation ist ein möglicher Anwendungsfall die Echtzeitverfügbarkeit von Daten oder auch das High-Performance Computing von Analysen.

Für beide Infrastrukturbereiche gibt es sowohl regionale wie auch globale Anbieter (vgl. Tabelle 28).

**Tabelle 28: Regionale und globale Anbieter für Datenspeicherung und Datentransformation**

Quelle: Eigene Darstellung, Hinweis: Data Center = Rechenzentrum

	Datenspeicherung (Speichervolumen)	Datentransformation (Rechenleistung)
<b>Regionale Anbieter (Beispiele)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloud Speicher der <i>Lecos GmbH</i> in Leipzig</li> <li>• Secure Cloud+ der <i>Stadtwerke Halle</i> (Saale)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Infrastructure as a Service“-Lösungen von <i>Pjyr Business Data Center</i> der <i>Tele Columbus AG</i> (Leipzig)</li> </ul>
<b>Globale Anbieter (Beispiele)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Amazon S3</i> (sog. Simple Storage Service) oder</li> <li>• <i>Amazon RDS/Microsoft Azure</i> (sog. Relational Database Service)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Amazon ECs</i> (sog. Elastic Compute Cloud) oder</li> <li>• <i>Google Compute Engine</i> (GCE)</li> </ul>

Rechenzentren bieten die Möglichkeit zur Datenspeicherung und Datentransformation. Hierbei ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für den Betrieb bzw. die Bewirtschaftung:

- ▶ **On Premise**  
(Betrieb von Infrastruktur lokal vor Ort im Unternehmen, der Verwaltung etc.)
- ▶ **Cloud**  
(Rechenzentren jenseits der eigenen Organisation)
  - **Private Cloud:** wird nur für eine Organisation/ein Unternehmen betrieben
  - **Hybride Cloud:** bietet Zugang zu privaten & öffentlichen Clouds
  - **Öffentliche Cloud:** bietet abstrahierte IT-Infrastrukturen über das Internet

Generell kann zwischen fünf Arten von Rechenzentren unterschieden werden:<sup>319</sup>

- ▶ **Colocation-Rechenzentrum:** Vermietung von Serverraum-Kapazitäten
- ▶ **Enterprise-Rechenzentrum:** IT-Infrastruktur für ein Unternehmen

<sup>319</sup> CBRE 2020.

- ▶ **Hyperscale-Rechenzentrum:** Großrechenzentren, hauptsächlich für Cloud-Anwendungen
- ▶ **Telekom-Rechenzentrum:** Telekommunikationsinfrastruktur
- ▶ **Edge-Rechenzentrum:** Kleinrechenzentren, um einen lokalen Bedarf zu decken und kurze Wege sowie eine hohe Ausfallsicherheit zu garantieren

#### 4.5.2 Die deutsche Rechenzentrumslandschaft

Das Zentrum der deutschen Rechenzentrumslandschaft befindet sich in Frankfurt/ Main. Es stellt den mit Abstand wichtigsten Markt bei Rechenzentren im Bereich Colocation und Cloud dar.<sup>320</sup>



Abbildung 25: Übersicht zur Breitbandversorgung

Quelle: DE-CIX 2020

<sup>320</sup> CBRE 2020.



In und um Frankfurt hat sich das zweitgrößte europäische Rechenzentrums-Cluster nach London entwickelt – zudem zeichnet sich die Stadt durch den weltweit höchsten Datenverkehr am Internetknoten DE-CIX aus. Gründe hierfür sind beispielsweise die sehr guten Verkehrs- und Glasfaseranbindung an internationale Trassen (Abbildung 25 zeigt das existierende sowie das in Planung befindliche Backbone-Netzwerk für Deutschland). Darüber hinaus waren die Verfügbarkeit an Fachkräften in der Region, sowie die Internationalität des Standortes und geographische Lage im Zentrum Deutschlands und Europas ausschlaggebend.<sup>321</sup>

Limitierende Faktoren wie die Stromversorgung, der begrenzte Fachkräftemarkt oder das Angebot an Flächen entwickeln sich jedoch zunehmend zu einer Herausforderung.<sup>322</sup> Während sich die Colocation-Rechenzentren zunächst um die Internet-Knotenpunkte ansiedelten, erweitern die flächenintensiven Hyperscale-Rechenzentren zunehmend ihre Ansiedlungen ins Frankfurter Umland.<sup>323</sup>

Es ist davon auszugehen, dass sich die Hyperscaler im deutschen Markt auch weiterhin vorzugsweise im Frankfurter Umland ansiedeln werden.<sup>324</sup> Ansonsten wird in Zukunft jedoch mit einer Dezentralisierung der Standorte gerechnet, wobei die Rechenzentrumslandschaft in Berlin zurzeit besonders stark wächst.<sup>325</sup>

Zudem ist eine zunehmende Entstehung von Edge-Rechenzentren zu beobachten – ein neuer Typ von Datacenter-Betreibern. Edge-Rechenzentren sind aufgrund der lokalen Verortung für neue Technologien wie 5G und Autonomes Fahren interessant. Es wird davon ausgegangen, dass sich eine flächendeckende Infrastruktur aus vielen kleinen Edge-Rechenzentren in Bestandsgebäuden und Containern bilden wird.<sup>326</sup>

### 4.5.3 Standortanforderungen für Rechenzentren

Die Standortanforderungen für Rechenzentren variieren je nach Art und Zweck der Betreiber. Da Rechenzentren Teil der kritischen Infrastruktur sind, ist ein störungsfreier Betrieb von höchster Relevanz – Umgebungsrisiken wie beispielsweise Einflugschneisen, Überflutungs- oder Erdbebengebiete sowie Tankstellen und Güterverkehr sollten aus diesem Grund gemieden werden.<sup>327</sup> Neben den Umgebungsrisiken sollten zudem auch planerische Risiken wie angrenzende Wohngebiete oder Standorte mit hohem Publikumsverkehr (bspw. Schulen oder Einzelhandel) gemieden werden. Zudem hat der Betrieb eines Rechenzentrums spezielle Anforderungen an die infrastrukturelle Anbindung und Versorgung.<sup>328</sup> Die Nähe zu einem Internetknoten DE-CIX (vgl. Abschnitt 4.5.2) ist von Vorteil, da so die Distanz möglichst geringgehalten werden kann, die die Informationen

---

<sup>321</sup> Lauer 2019.

<sup>322</sup> Lauer 2019.

<sup>323</sup> CBRE 2020.

<sup>324</sup> Lauer 2019.

<sup>325</sup> Rüdiger 2021.

<sup>326</sup> CBRE 2020, Rüdiger 2021.

<sup>327</sup> CBRE 2020.

<sup>328</sup> CBRE 2020.

über Glasfaserleitungen zwischen Ursprungs- und Empfängerpunkt überwinden müssen.<sup>329</sup> Neben Internetanschluss und Latenz ist die Stromversorgung ein weiterer wesentlicher Standortfaktor für Rechenzentren – sowohl hinsichtlich der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit als auch hinsichtlich der Stromkosten.<sup>330</sup> Zwei weitere relevante Standortfaktoren für Rechenzentrumsbetreiber sind Datenschutz und Rechtssicherheit.<sup>331</sup>

#### 4.5.4 Zukünftige Entwicklungen: Relevanz von nachhaltigen Rechenzentren

Mit der zunehmenden Digitalisierung über alle Wirtschaftsbereiche hinweg, wird der Bedarf an Rechenzentren als „Herzkammer der Datenverwaltung“ immer größer – mit dem Betrieb von Rechenzentren geht jedoch gleichzeitig ein hoher Energieverbrauch einher.<sup>332</sup> Um Rechenzentren nachhaltig und energieeffizient aufzubauen und zu bewirtschaften, wurde z. B. vom Land Baden-Württemberg ein Leitfaden mit einem Kriterienkatalog entwickelt. Neben ökonomischen Indikatoren, wie beispielweise Hardwareauslastung, Infrastruktureffizienz & -management, Strompreise, Steuern und Breitbandverfügbarkeit, werden auch ökologische Indikatoren, wie der Anteil erneuerbare Energien, der Abwärmennutzung bzw. des Recyclings sowie Temperatur, Wärmeabnehmer und Wärmesenken betrachtet. Darüber hinaus spielen auch soziale Indikatoren eine Rolle. Hierzu zählen u. a. Ausbildungsplätze, Mitarbeiter-Zufriedenheit, sowie die Beschaffung konfliktfreier Rohstoffe.<sup>333</sup>

Auch wenn deutsche Rechenzentren im internationalen Vergleich bereits zu den energieeffizientesten der Welt gehören – obwohl die klimatischen Bedingungen in vielen anderen Ländern günstiger sind – liegt der Energieverbrauch in Deutschland bei ca. 12,4 TWh jährlich. Bis 2025 wird der Verbrauch Prognosen zufolge auf 16,3 TWh steigen. Die identifizierten ökologischen Optimierungspotenziale müssen zukünftig erschlossen werden, um die Vorbildfunktion des deutschen Rechenzentrummarktes in den Bereichen Energieeffizienz und Nachhaltigkeit behalten zu können.<sup>334</sup>

Laut der Schwester-Studie<sup>335</sup> zum „Energiekonzept – Bestandsaufnahme, Potenziale, Szenarien bis 2040 für die Innovationsregion Mitteldeutschland“ existieren in der IRMD bislang nur in den beiden Städten Halle und Leipzig Abwärmekonzepte im Kontext der jeweiligen Klimaschutzstrategie. Für den zukünftigen Aufbau von Rechenzentren in der Region wird daher die Aufnahme in die Abwärmekataster der Landesenergieagenden empfohlen.

---

<sup>329</sup> Lünendonk 2021: Die Rechenzentren von Cloud-Dienstleistern wie Amazon Web Services oder Google sollten sich in räumlicher Nähe zu DE-CIX befinden, um notwendige kritische Latenzzeiten realisieren zu können.

<sup>330</sup> Lünendonk 2021.

<sup>331</sup> Hintemann 2017.

<sup>332</sup> Nachhaltige Rechenzentren BW o. J.

<sup>333</sup> Nachhaltige Rechenzentren BW 2020.

<sup>334</sup> Nachhaltige Rechenzentren BW 2020.

<sup>335</sup> Aktuell durchgeführt vom Leipziger Institut für Energie GmbH.

#### 4.5.5 Rechenzentrumslandschaft in Mitteldeutschland

Die Rechenzentrumslandschaft in Mitteldeutschland beschränkt sich bis auf das Data Center in Falkenstein (Sachsen) auf die größeren Städte und Ballungsräume um Leipzig, Dresden, Halle, Erfurt, Jena und Magdeburg. Tabelle 29 bildet exemplarisch Data Center in Mitteldeutschland ab.<sup>336</sup>

**Tabelle 29: Exemplarische Data Center in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen**

Sachsen	Sachsen-Anhalt	Thüringen
<p><b>Chemnitz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datacenter Chemnitz der <i>envia TEL GmbH</i></li> </ul>	<p><b>Halle (Saale):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data Center der <i>HL komm Telekommunikations GmbH</i></li> <li>• Betrieb eines mehrfach BSI-zertifizierten Rechenzentrumsverbundes der <i>GISA GmbH</i></li> </ul>	<p><b>Erfurt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>euNetworks Colocation Erfurt</i> der <i>euNetworks GmbH</i></li> <li>• <i>Keyweb Data Center</i> der <i>Keyweb AG</i></li> <li>• <i>Rechenzentrum Mitteldeutschland</i> der <i>NT Neue Technologie AG</i></li> </ul>
<p><b>Dresden:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Data Center der <i>internet24 GmbH</i></li> <li>• <i>TeliaSonera DRES</i> der <i>Telia Company AB</i></li> <li>• <i>euNetworks Colocation Dresden</i> der <i>euNetworks GmbH</i></li> <li>• <i>Comarch Data Center Dresden</i> der <i>Comarch Software und Beratung AG</i></li> </ul>	<p><b>Magdeburg:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Rechenzentrum Biere</i> der <i>Deutschen Telekom AG</i></li> </ul>	<p><b>Jena:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>ISPpro RZJ1-B</i> der <i>ISPpro Internet KG</i></li> </ul>
<p><b>Leipzig:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datacenter Leipzig 2 (Taucha)</i> der <i>envia TEL GmbH</i></li> <li>• <i>Interoute Leipzig</i> der <i>Interoute Communications Ltd</i></li> <li>• <i>euNetworks Colocation Leipzig</i> der <i>euNetworks GmbH</i></li> </ul>		

<sup>336</sup> Rechenzentrum Datacenter 2021

- *Data Center 1, 2 und 3 der HL komm Telekom-munikations GmbH*

**Falkenstein:**

- *Datacenterpark der Hetzner Online GmbH*

In Falkenstein (Landkreis Vogtland in Sachsen) befindet sich das potenziell größte Data-Center in Deutschland. Es wurde 2009 in Betrieb genommen und wird seitdem sukzessive weiter ausgebaut. Insgesamt ist ein Ausbaupotenzial von 100.000 m<sup>2</sup> vorhanden.<sup>337</sup>

#### 4.5.6 Potenziale für Rechenzentren in der IRMD

Im Folgenden erfolgt eine Standortbewertung und Empfehlung für die IRMD zum weiteren Aufbau von Rechenzentren. Einleitend dazu werden die Beispiele der Machbarkeitsstudie im Rheinischen Revier sowie die Angebote für den Mittelstand in Kombination mit den Leistungen des Höchstleistungsrechenzentrums in Stuttgart beleuchtet.

##### *Beispiel Machbarkeitsstudie zu Rechenzentren im Rheinisches Revier*

In der Machbarkeitsstudie für das Rheinische Revier wurden die Voraussetzungen und Potenziale zur Errichtung von Dateninfrastrukturen betrachtet. Das Rheinische Revier liegt geostrategisch ideal zwischen den beiden Internetknoten in Frankfurt und Amsterdam. Darüber hinaus zeichnet sich die Region durch eine hohe Bevölkerungsdichte aus: insgesamt leben dort im Radius von ca. 250 km etwa 60 Millionen Personen. Als Ergebnis wurde der Aufbau eines Hyperscale-Rechenzentrums mit „Datendrehkreuz“ empfohlen, dessen Stromversorgung über erneuerbare Energien erfolgen soll. Darüber hinaus soll in einem Umkreis von bis zu 30 Kilometern eine Gewerbefläche als Digitalpark aufgebaut werden. Dieser Ort ist für die Ansiedlung von Unternehmen mit digitalen Geschäftsmodellen und Anwendungen mit Echtzeit-Kommunikation gedacht, die von den schnellen Übertragungsgeschwindigkeiten profitieren können.<sup>338</sup>

##### *Beispiel: Angebote für den Mittelstand am Höchstleistungsrechenzentrum in Stuttgart*

Das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) der Universität Stuttgart wurde bereits 1995 gegründet. Das Ziel war es damals bereits, ein akademisches und industrienahes Cluster um das HLRS aufzubauen. Neben der dort betriebenen Forschung auf dem Gebiet des Hochleistungsrechnens werden über das HLRS u. a. High-Performance-Computing-Plattformen, Technologien und Dienstleistungen zur Verfügung gestellt.<sup>339</sup>

2011 wurde die SICOS BW GmbH gegründet<sup>340</sup> und am HLRS verankert. Ihr Auftrag ist es, KMU in den Bereichen Simulation und Höchstleistungsrechnen, aber auch Big und Smart

<sup>337</sup> Petereit 2018.

<sup>338</sup> Simon & Frese 2021.

<sup>339</sup> HLRS o. J.

<sup>340</sup> Die Gründung erfolgte durch das Karlsruher Institut für Technologie und die Universität Stuttgart.

Data mit Hilfe von High Performance und Data Intensive Computing zu unterstützen.<sup>341</sup> Hierzu wurde explizit das Format einer GmbH mit einem Geschäftsführer, der Berufserfahrung in den relevanten Branchen aufweisen kann, und kein Institut an einer der beiden Universitäten gewählt. Somit soll gewährleistet werden, dass die Zielgruppe der KMU sich bestmöglich adressiert fühlt, so die Rückmeldung aus den Expertengesprächen.

### *Bewertung der Potenziale für die IRMD*

Die Studie für das Rheinische Revier zeigt vielversprechende Potenziale für den Aufbau weiterer Rechenzentren in Gebieten des Strukturwandels. Dieses Potenzial wird vor allem durch die immense Zunahme an vernetzten Devices und die digitalen Zukunftsfelder bedingt, die in den kommenden Jahren immer mehr in den Unternehmen Verbreitung finden, aber auch in den Privathaushalten zum Alltag gehören werden. Daher wird der Bedarf an zukünftigen Rechenzentrumskapazitäten deutlich steigen. Darüber hinaus benötigen insbesondere weniger digital affine KMU geeignete Strukturen, die sie in die „Datenökonomie“ begleiten und zusätzlich Vertrauen schaffen in Bezug auf den Datenspeicherungs-ort.

Werden diese Erkenntnisse auf die IRMD übertragen, so bietet sich für die Region Leipzig-Halle aufgrund der geografischen Verortung ebenfalls Potenzial für den Aufbau weiterer Rechenzentren für die regionale Versorgung mit Datenspeicherkapazitäten. Der Ballungsraum um Leipzig und Halle (Saale) liegt auf der Datentrasse Frankfurt-Prag-Warschau mit den Internetknoten DE-CIX, NIX.CZ und PLIX. Gerade privatwirtschaftliche Rechenzentren können hier zur regionalen Versorgung beitragen und mit Argumenten wie regionale Nähe zum Vertrauensaufbau sowie mit nachhaltigen Lösungen punkten.

Da diese Region jedoch im Vergleich zum Rheinischen Revier mit den umliegenden Ballungsräumen deutlich dünner besiedelt ist, sind die Bedarfe jedoch deutlich geringer einzuschätzen. Darüber hinaus ist der Großraum Berlin ein wachstumsintensiver Markt für Rechenzentren (vgl. Abschnitt 4.5.2) und gleichzeitig in der Nähe der IRMD angesiedelt. Ebenso ist Osteuropa ein aufstrebender Markt für Rechenzentren, allen voran Polen.<sup>342</sup> Zudem ist die TU Dresden mit dem Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen seit Januar 2021 eines der acht Zentren für Nationales Hochleistungsrechnen in Deutschland.<sup>343</sup>

Mit Blick auf den Tenor des durchgeführten Expertenworkshops (vgl. Tabelle 36) wird eine Förderung zum Aufbau eines Hochleistungsrechenzentrums in der IRMD aus wirtschaftlichen Gründen nicht empfohlen. Stattdessen kann auf die verfügbaren Ressourcen in nächster Nähe zurückgegriffen werden. Mit der Einrichtung des KI-Rechenzentrum in Leipzig<sup>344</sup> wird darüber hinaus ein wichtiger Schritt gegangen, um Methodenkompetenz in der Region weiter auszubauen. Dieses geht Hand-in-Hand mit der vorgeschlagenen Bereitstellung von Transferangeboten sowie Unterstützungs- und Beratungsleistungen

---

<sup>341</sup> SICOS o. J. Die Finanzierung erfolgt über die Gesellschafter der SICOS BW GmbH (Karlsruher Institut für Technologie, Universität Stuttgart, Steinbuch Centre for Computing, HLRS) sowie über das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg.

<sup>342</sup> Beyond.pl 2021.

<sup>343</sup> Geschäftsstelle für NHR 2021, ZIH (TU Dresden) 2020.

<sup>344</sup> MDR 2021.

für KMU im Rahmen eines Digitalparks, der als Leuchtturmmaßnahme in Kapitel 5 erläutert wird.

## 4.6 Abschließende Anforderungsanalyse an die digitale Infrastruktur

In den nächsten Schritten erfolgt eine abschließende Analyse zu den zukünftigen Anforderungen an die digitale Infrastruktur im Mitteldeutschen Revier. Neben den digitalen Zukunftsfeldern, die im vorhergehenden Kapitel 3 beleuchtet wurden, sollen diese Anforderungen insbesondere Megatrends mitbetrachten und sicherstellen, dass neben der Schaffung von Wachstum und Arbeitsplätzen sowie der Steigerung von Wertschöpfungspotenzialen gute Rahmenbedingungen für die Bevölkerung gewährleistet werden.

### 4.6.1 Zukünftige Entwicklungen

Die Welt befindet sich in stetigem Wandel. Neben den digitalen Zukunftstechnologien (vgl. Abschnitt 3.3), die bereits heute und vor allem auch zukünftig einen wichtigen Beitrag zur Steigerung von Wertschöpfungspotenzialen leisten, beeinflussen auch Megatrends unser Handeln. Megatrends beeinflussen alle Lebensbereiche unserer heutigen sowie zukünftigen Gesellschaft und erstrecken sich über mehrere Jahrzehnte. Globale Megatrends stellen somit maßgebliche Treiber und Navigationshilfen für politische und wirtschaftliche Entscheidungen dar.<sup>345</sup> Um die Bedarfe an digitaler Infrastruktur in den kommenden Jahren besser abschätzen zu können, ist ein Blick auf die Megatrends der kommenden Jahrzehnte hilfreich. Sie fließen daher in die im folgenden Abschnitt definierten Personas mit ein.

Das Zukunftsinstitut nennt zwölf Megatrends, die unsere Gesellschaft in den kommenden Jahrzehnten prägen werden.<sup>346</sup>

- ▶ Die **Globalisierung** bezeichnet die zunehmende internationale Verflechtung von Wirtschaft, Kultur und Wissen über Landesgrenzen hinaus.
- ▶ Immer mehr Menschen entscheiden sich dazu, in Städten zu leben. Die **Urbanisierung** umfasst diesen weltweit stattfindenden Verstädterungsprozess. Demnach zählen Städte zu den wichtigsten Lebensräumen der Zukunft.
- ▶ Im Zuge des Klimawandels gewinnt Nachhaltigkeit zunehmend an Relevanz. Der Megatrend **Neo-Ökologie** umfasst den Veränderungsprozess hin zu einer ressourceneffizienten und nachhaltigen Wirtschaft und Gesellschaft.
- ▶ Der Megatrend **Mobilität** bezeichnet die Entwicklung hin zu einer vollständig mobilen Gesellschaft. Im Sinne einer nachhaltigen und flexiblen Mobilität werden verschiedenste Verkehrsmittel genutzt und nahtlos kombiniert.
- ▶ Die Grundlage für die digitale Gesellschaft des 21. Jahrhunderts besteht in der **Konnektivität**. Die Vernetzung wird durch digitale Infrastruktur und Kommunikationstechnologien ermöglicht.

---

<sup>345</sup> Zukunftsinstitut 2021.

<sup>346</sup> Zukunftsinstitut 2021.



- ▶ **New Work** steht für den Wandel der heutigen Arbeitswelt. Im Vordergrund werden zukünftig innovative und flexible Arbeitsansätze stehen, in welchen nicht mehr die Karriere, sondern der eigentliche Sinn und Zweck fokussiert wird.
- ▶ Ein weiterer Megatrend umfasst die **Individualisierung** und damit den gesellschaftlichen Wunsch zur Selbstverwirklichung und -bestimmung.
- ▶ Die Auswirkungen einer zunehmenden alternden Gesellschaft werden unter der **Silver Society** subsummiert. Der demographische Wandel geht mit neuen Anforderungen und Lebensstilen im Alter einher.
- ▶ Traditionelle Geschlechterrollen werden zunehmend aufgebrochen und verlieren an Bedeutung. Dieser **Gender Shift** verändert die heutige Gesellschaft und fordert eine offene, tolerante und respektvolle Kultur.
- ▶ Durch die Digitalisierung wird Bildung zugänglicher. Hierdurch entsteht eine **Wissenskultur**, in welcher der globale Bildungsstand zunehmend wächst.
- ▶ Als weiterer Megatrend wird die **Gesundheit** als zentraler Aspekt einer hohen Lebensqualität auch in Zukunft alle Bereiche der Gesellschaft beeinflussen.
- ▶ In einer digitalisierten und dynamischen Welt wird auch in Zukunft **Sicherheit** in allen Lebensbereichen grundlegend. Hierbei werden insbesondere Themen, wie z. B. Bedeutung und Verantwortung von Sicherheit sowie Resilienz relevant.

## 4.6.2 Personas

Um den Bedarf an digitaler Infrastruktur perspektivisch für unterschiedliche Branchen und Stakeholder der IRMD idealtypisch zu beleuchten, wird der Persona-Ansatz gewählt. Hierzu wird in einem ersten Schritt die Methode erläutert. In einem zweiten Schritt werden relevante Unternehmenstypen und Einrichtungen der IRMD mit ihren jeweiligen Bedürfnissen an digitaler Infrastruktur über die kommenden Jahre detailliert dargestellt.

### 4.6.2.1 Erläuterung der Methode

Die Persona-Methode entstammt ursprünglich aus der Welt der IT-Systementwicklungen und wird genutzt, um die Nutzerperspektive systematisch in den Entwicklungsprozess miteinzubeziehen.<sup>347</sup> Mittlerweile hat sich diese Methode in vielen anderen Kontexten etabliert, wie z. B. in der Produktentwicklung, im Marketing sowie im Service-Design.<sup>348</sup>

Personas können als fiktive und gleichzeitig realitätsnahe Profile von „Kunden, Nutzern und anderen Zielgruppen“ verstanden werden.<sup>349</sup> Im Fokus stehen dabei Motivation und Bedürfnisse der jeweiligen Persona stellvertretend für die gewünschte Zielgruppe, um diese besser verstehen und abbilden zu können.<sup>350</sup> Für die Entwicklung von Personas werden unterschiedliche Merkmale einer Zielgruppe betrachtet. Typischerweise werden z. B. demografische und psychografische Merkmale sowie individuelle Bedürfnisse und weitere Eigenschaften miteinbezogen, um ein möglichst genaues Abbild der Realität bzw. der Person zu schaffen.<sup>351</sup> Die Persona-Methode umfasst zahlreiche Einsatzbereiche. Das Ziel

---

<sup>347</sup> Mager 2008; & Nielsen 2013.

<sup>348</sup> Nielsen 2013.

<sup>349</sup> Kirchem & Waack 2021.

<sup>350</sup> Kirchem & Waack 2021; Mager 2008.

<sup>351</sup> Kirchem & Waack 2021; Mager 2008.

dabei ist jedoch in den meisten Fällen identisch. Demnach geht es darum, individuelle Zielgruppen besser zu verstehen, um Aktivitäten so auszurichten, dass Bedürfnisse bestmöglich adressiert werden.<sup>352</sup>

#### 4.6.2.2 Idealtypische Personas zur Identifizierung zukünftiger Anforderungen an die digitale Infrastruktur in der IRMD

Für die Erstellung relevanter Personas werden drei übergreifende Bereiche, namentlich *Business*, *Consumer* und *Education* betrachtet. Als Resultat wurden neun verschiedene Personas zur Identifizierung zukünftiger Anforderungen an die digitale Infrastruktur der IRMD abgeleitet, die in Abbildung 26 zusammenfassend dargestellt werden.



**Abbildung 26: Identifizierte idealtypische Personas aus den drei Bereichen: Business, Consumer, Education**

Quelle: Eigene Darstellung

Der Aufbau der resultierenden neun Persona-Steckbriefe ist identisch. Zunächst werden die Personas auf unterschiedliche Kriterien klassifiziert:

- ▶ Rolle bzgl. digitaler Zukunftstechnologie (Anbieter, Anwender)
- ▶ typologische Einordnung (Business, Consumer, Education)
- ▶ typischer Standort innerhalb der IRMD (Leipzig/Halle, Ballungsraum, Kleinstadt, ländlicher Raum)
- ▶ typische Unternehmensgröße (klein, mittel, groß)

Um die Persona greifbarer und möglichst realitätsnahe abzubilden, wurden für die Personas exemplarische Unternehmen und deren typischen Tätigkeitsfelder aufgezeigt. Anschließend wurden beispielhaft zukünftige Use-Cases hinsichtlich digitaler Zukunftstechnologien je Persona ergänzt. In einem abschließenden Schritt wurden anhand der Use-Cases Bedürfnisse an digitale Zukunftstechnologien, zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur und der Bedarf an Speicher- und Rechenkapazität abgeleitet. Falls auf die Persona anwendbar, wurden zudem exemplarische Anbieter der notwendigen digitalen Zukunftstechnologien ergänzt. Die Steckbriefe zu den neun idealtypischen Personas werden in den Abbildung 27 bis Abbildung 35 präsentiert.

<sup>352</sup> Kirchem & Waack 2021.

Klassifikation			
Rolle:	Anbieter	Consumer	Education
Typologie:	Business	Ballungsraum zw. Leipzig & Halle	Kleinstadt
Standort:	Gebiet Leipzig/Halle	klein	groß
U.-Größe:	klein	mittel	Ländlicher Raum



### Zukünftige Use-Cases (exemplarisch) (Logistik 4.0)

- Vollautomatisierte und intelligente Logistikprozesse (z.B. mittels Künstlicher Intelligenz, Machine Learning)
- Volldigitalisierte Supply Chain (z.B. digitaler Zwilling)
- Intelligente Tourenplanung & Transportmanagementsystem (z.B. mittels Künstlicher Intelligenz)
- Vernetzte Maschinen und Fahrzeuge (z.B. IoT)
- Fahrerlose Transportsysteme/Autonome Fahrzeuge (z.B. autonome Fahrzeuge & Drohnen)

### Zeithorizont

Anwendung von Logistik 4.0 Use Cases bereits im Einsatz und kontinuierliche Verbreitung in den nächsten Jahren erwartet



### Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur

#### Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:

niedrig 
hoch

#### Bedarf an digitaler Infrastruktur



exemplarisch

### Logistikdienstleister

Beispiele in der IRMD; Größe

Steden Logistics (LK Nordsachsen); klein  
DHL Hub (SK Leipzig); groß

Tätigkeitsfeld

Transport, Intralogistik,  
Kontraktlogistik, Lagerung

Fiktives Unternehmensprofil

Branche: Logistik  
Mitarbeiter: ~80  
Standort: Ballungsraum  
Zielgruppe: Industrie,  
Großhandel

Anbieter dig. Zukunftstechnologien

z.B. für Intralogistik, Fabmetrics  
GmbH (Systemautomatisierung & -  
vernetzung)

Abbildung 27: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Logistik 4.0

Klassifikation	
Rolle:	Anbieter
Typologie:	Business
Standort:	Gebiet Leipzig/Halle
U.-Größe:	klein
	Ballungsraum zw. Leipzig & Halle
	Consumer
	Education
	Kleinstadt
	groß
	Ländlicher Raum



### Zukünftige Use-Cases (exemplarisch)

- Produktentwicklungen in der Industrie (z.B. mittels XR-Technologien und Wearables)
- Reha-Anwendungen im Gesundheitswesen (z.B. mittels XR-Technologien und Wearables)
- (Zeit-)Reisen oder Reisen in fremde bzw. unerreichbare Welten als Kultur- & Tourismus-Angebot (z.B. mittels XR-Technologien und Wearables)
- Events im Film- oder Sportbereich in XR (z.B. XR-Technologien und Wearables)
- „KI als Spielgegner“ - intelligente XR-Anwendungen in Echt-Zeit (z.B. mittels KI, XR-Technologien, Wearables)

Zeithorizont

Aktuell noch Nischenthema; größere Verbreitung in mehr als 5 Jahren erwartet



### Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur

Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:

niedrig

hoch

Bedarf an digitaler Infrastruktur

LoRaWAN/  
NB-IoT

Klassisches  
Festnetz

Campusnetze

5G

gering

mittel

hoch

Bedarf an Rechen- & Speicherkapazität

Glasfaser

Ausblick: 6G

exemplarisch

### Start-up Gaming & XR

Beispiele in der IRMD; Größe

Frontal Cortex (SK Halle); klein  
LeFx (SK Leipzig); klein  
Rehago (SK Leipzig); klein

Tätigkeitsfeld

Softwareentwicklung & -  
programmierung, XR- & Gaming  
Anwendungen

Fiktives Unternehmensprofil

Branche: Tech-Startup  
Mitarbeiter: ~ 15  
Standort: städtisch  
Zielgruppe: Early Adopter,  
Expeditive, alle  
Branchen

Anbieter dig. Zukunftstechnologien

Nicht zutreffend, da bereits Anbieter

Abbildung 28: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Start-up Gaming & XR

Klassifikation	
Rolle:	Anbieter
Typologie:	Business
Standort:	Gebiet Leipzig/Halle
U.-Größe:	klein
	Consumer
	Ballungsraum zw. Leipzig & Halle
	Education
	Kleinstadt
	groß
	Ländlicher Raum



### Zukünftige Use-Cases (exemplarisch)

- Softwareentwicklung & Programmierung (z.B. für KI, Cloud etc.)
- IT-Sicherheit (z.B. Cybersicherheit)
- Additive Fertigungsprozesse & 3D-Druckverfahren
- Automatisierungstechnologien & -prozesse (z.B. mittels Big Data & Analytics)
- Digitale Lernplattformen (z.B. mittels digitaler Plattformen)

### Zeithorizont

Bereits in der Anwendung und weitere Verbreitung erwartet



### Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur

#### Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:

niedrig

hoch

#### Bedarf an digitaler Infrastruktur

LoRaWAN/  
NB-IoT

Klassisches  
Festnetz

Campusnetze

5G

gering

mittel

hoch

#### Bedarf an Rechen- & Speicherkapazität

Ausblick: 6G

gering

mittel

hoch

exemplarisch

### Weiterbildungszentren (Quereinsteiger)

Beispiele in der IRMD; Größe

Haba Digitalwerkstatt (SK Leipzig); groß  
AWA e.v. (LK Altenburger Land); klein

Tätigkeitsfeld

Bildungs- & Umschulungsprogramme für digitale Kompetenzen der Zukunft

Fiktives Unternehmensprofil

Branche: Bildungseinrichtung

Mitglieder: ~200

Standort: Kleinstadt

Zielgruppe: Middle Age,

Kinder, Teenager

Expeditiv

Anbieter dig. Zukunftstechnologien

Verschiedene Anbieter digitaler Zukunftstechnologien, z.B. aus dem XR- und Robotik-Bereich

Abbildung 29: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Aus- und Weiterbildung 4.0

Klassifikation			
Rolle:	Anbieter	Anwender	
Typologie:	Business	Consumer	Education
Standort:	Gebiet Leipzig/Halle	Ballungsraum zw. Leipzig & Halle	Kleinstadt Ländlicher Raum
U.-Größe:	klein	mittel	groß

### Smart City

Beispiel in der IRMD; Größe

Smart City Zeitz (und weitere: Jena, Leipzig, Halle)  
EWA Altenburg (LK Altenburger Land);  
Leipziger Gruppe (SK Leipzig); groß

Tätigkeitsfeld

Versorgung von Gewerben und Haushalten mit Strom, Gas, Wasser, Wärme

Fiktives Unternehmensprofil

Branche: Energieversorgung  
Mitarbeiter: 50-250  
Standort: Kleinstadt  
Zielgruppe: Gewerbe, Haushalte

Anbieter dig. Zukunftstechnologien

Anbieter für Smart City Technologien & Lösungen, z.B. GISA GmbH

exemplarisch



### Zukünftige Use-Cases (exemplarisch)

- zentrale „Urban Data Plattform“ für Digitalisierungsprojekte (z.B. mittels Big Data & Analytics)
- Smarte Wohnquartiere (z.B. mittels digitaler Plattform)
- Besucherstrom-Messung & Parkplatzmanagement (z.B. mittels Sensorik und digitaler Plattform)
- Auslesen von Strom-, Gas- und Wasserzählern (Sensorik)
- Tourenplanung Abfallwirtschaft (Sensorik)
- Bauwerksinstandhaltung (z.B. Sensoren messen in Brücken frühzeitig den Eintritt von Wasser)
- ÖPNV

Zeithorizont

Aktuell kleinere Use Cases bereits im Einsatz (z.B. Besucherstrommessung) - kontinuierliche Zunahme von Smart City Anwendungen in den nächsten Jahren erwartet



### Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur

Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:



Bedarf an digitaler Infrastruktur



Abbildung 30: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Smart City



**Klassifikation**

<b>Rolle:</b>	<b>Anbieter</b>	<b>Anwender</b>	
<b>Typologie:</b>	<b>Business</b>	<b>Consumer</b>	<b>Education</b>
<b>Standort:</b>	<b>Gebiet Leipzig/Halle</b>	<b>Ballungsraum zw. Leipzig &amp; Halle</b>	<b>Kleinstadt</b>
<b>U.-Größe:</b>	<b>klein</b>	<b>mittel</b>	<b>groß</b>
			<b>Ländlicher Raum</b>



**Zukünftige Use-Cases (exemplarisch)**

- Intelligente Stromnetze / Smart Grid (z.B. mittels Big Data & Analytics und KI)
- Sektorenkopplungen (z.B. mittels IoT und KI)
- Energieeffizienz durch intelligente und individuelle Versorgung (z.B. mittels KI und digitaler Plattformen)
- Erneuerbare Energien
- Power-to-X

**Zeithorizont**

Aktuell kleinere Use Cases im Einsatz, kontinuierliche Verbreitung in den nächsten Jahren erwartet



**Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur**

**Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:**



**Bedarf an digitaler Infrastruktur**



**Bedarf an Rechen- & Speicherkapazität**



exemplarisch

**Energiewirtschaft**

- Beispiel in der IRMD; Größe**  
EWA Altenburg (LK Altenburger Land); mittel  
Leipziger Gruppe (SK Leipzig); groß
- Tätigkeitsfeld**  
Versorgung von Gewerben und Haushalten mit Strom, Gas, Wasser, Wärme
- Fiktives Unternehmensprofil**  
Branche: Energieversorgung  
Mitarbeiter: 50-250  
Standort: Kleinstadt  
Zielgruppe: Gewerbe, Haushalte
- Anbieter dig. Zukunftstechnologien**  
z.B. Denkweit, Arvato

Abbildung 31: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Energiewirtschaft

**Klassifikation**

Rolle:	Anbieter	Anwender
Typologie:	Business	Consumer
Standort:	Gebiet Leipzig/Halle	Ballungsraum zw. Leipzig & Halle
U.-Größe:	klein	mittel
		Education
		Kleinstadt
		groß
		Ländlicher Raum

exemplarisch

### Pflegebetrieb 4.0

Beispiele in der IRMD; Größe

AWO häuslicher Pflegedienst  
(LK Altenburger Land); groß  
Ambulantes Rehasentrum Leipzig  
(SK Leipzig); mittel

Tätigkeitsfeld

Beratung bei pflegerischen  
Fragestellungen und pflegerische  
Betreuungsmaßnahmen (z.B.  
ambulante häusliche Krankenpflege)

Fiktives Unternehmensprofil

Branche: Gesundheitswesen  
Mitarbeiter: ~25  
Standort: ländlich  
Zielgruppe: Silber Society,  
OfflinerInnen

Anbieter dig. Zukunftstechnologien

Tediro GmbH (Leipzig); klein  
eCcovery GmbH (Leipzig); klein  
IoCare/RICA (Leipzig); klein  
Rehago (Leipzig); klein



### Zukünftige Use-Cases (exemplarisch)

- XR-Anwendungen in Rehasentren (z.B. mittels XR-Technologien)
  - Intelligentes Tracking der Gesundheitsdaten und Bewegungsmuster im häuslichen Umfeld (z.B. mittels KI und Sensorik)
  - Intelligente Health-Gadgets für portable Anwendungen in Privathaushalten (z.B. intelligente Wearables)
  - Individualisierte intelligente Assistenzsysteme für die häusliche Pflege (z.B. mittels Roboter & Drohnen)
- Weitere Anwendungsfälle aus dem Bereich der Gesundheitswirtschaft:
- eHealth durch Telemedizin vereinfacht Kommunikation von zu Hause (z.B. mittels digitaler Plattformen)

Aktuell noch geringe Verbreitung, aber über den Zeitraum von 20 Jahren sehr großes  
**Zeithorizont**  
Potenzial



### Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur

Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:

niedrig

hoch

Bedarf an digitaler Infrastruktur

LoRaWAN/  
NB-IoT

Klassisches  
Festnetz

Campusnetze

5G

gering

mittel

hoch

Bedarf an Rechen- & Speicherkapazität

Ausblick: 6G

Glasfaser

Abbildung 32: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Pflegebetrieb 4.0

Klassifikation			
Rolle:	Anbieter	Anwender	
Typologie:	Business	Consumer	Education
Standort:	Gebiet Leipzig/Halle	Ballungsraum zw. Leipzig & Halle	Kleinstadt
U.-Größe:	klein	mittel	groß
			Ländlicher Raum



### Zukünftige Use-Cases (exemplarisch)

- Digitale Sicherheit (z.B. mittels Cybersecurity)
- Intelligente & automatisierte Unternehmenssoftware (z.B. durch KI, Big Data & Analytics)
- Software-as-a-service & Cloud (z.B. mittels Cloud Computing)
- Intelligente Assistenzsysteme (z.B. mittels KI)
- (Predictive-) Analytics (z.B. mittels KI, Big Data & Analytics)
- IoT-Soft- & Hardware

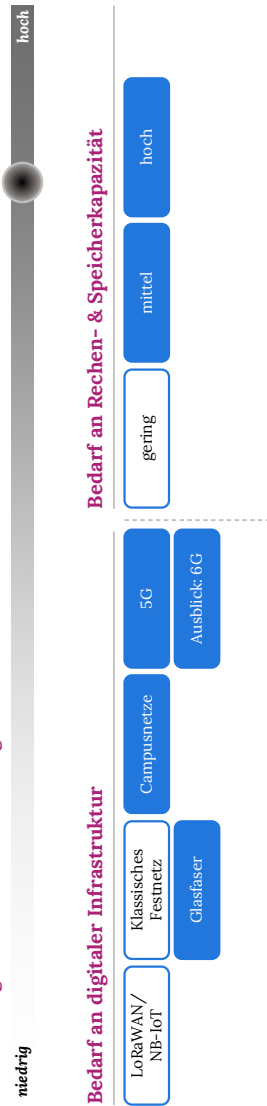
### Zeithorizont

Bereits in der Breite im Einsatz, kontinuierliche Spezialisierung/Fokussierung von IT-Unternehmen erwartet



### Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur

#### Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:



exemplarisch

## IT-Unternehmen

Beispiel in der IRMD; Größe  
eQ IT Solutions (LK Mansfeld-Südharz); klein  
Dexor Technology (LK Anhalt Bitterfeld); klein  
We-do.ai (SK Leipzig); klein

### Tätigkeitsfeld

IT-Lösungen in den Bereichen: Sicherheit, Infrastruktur, Software, Management, Support, Analyse, Integration

### Fiktives Unternehmensprofil

Branche: IT  
Mitarbeiter: ~50  
Standort: Kleinstadt  
Zielgruppe: Wirtschaft & Industrie

### Anbieter dig. Zukunftstechnologien

Nicht zutreffend, da bereits Anbieter

Abbildung 33: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall IT-Unternehmen (Big Data & Analytics)



Klassifikation			
Rolle:	Anbieter	Anwender	
Typologie:	Business	Consumer	Education
Standort:	Gebiet Leipzig/Halle	Ballungsraum zw. Leipzig & Halle	Kleinstadt
U.-Größe:	klein	mittel	groß
			Ländlicher Raum



### Zukünftige Use-Cases (exemplarisch)

- Automatisierte Prozesse entlang der Wertschöpfungskette (z.B. durch Big Data & Analytics und KI)
- M2M Maschinenvernetzung (z.B. mittels IoT)
- Virtuelle Assistenzsysteme (z.B. mittels XR-Technologien und digitalem Zwilling)
- Intelligente Assistenzsysteme (z.B. mittels Robots & Cobots)
- Smart, Connected Products (z.B. mittels Sensorik, IoT und KI)
- Smart Factory (z.B. durch IoT, digitalen Zwilling und KI)

Zeithorizont

Vereinzelte Use Cases bereits im Einsatz und kontinuierliche Verbreitung in den nächsten Jahren erwartet



### Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur

Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:

niedrig

hoch

Bedarf an digitaler Infrastruktur

LoRaWAN/  
NB-IoT

Klassisches  
Festnetz

Campusnetze

5G

gering

mittel

hoch

Bedarf an Rechen- & Speicherkapazität

Ausblick: 6G

exemplarisch

### Industrie 4.0

Beispiele in der IRMD; Größe

MBL Maschinenbau (SK Leipzig);  
mittel

Porsche Werk Leipzig (SK Leipzig);  
groß

Tätigkeitsfeld

Entwicklung und Produktion von  
Maschinen, Geräten, Anlagen aller  
Art innerhalb der industriellen  
Herstellung von Gütern

Fiktives Unternehmensprofil

Branche: Maschinenbau

Mitarbeiter: 50-250

Standort: Ballungsraum

Zielgruppe: Wirtschaft &  
Industrie

Anbieter dig. Zukunftstechnologien

twelve Solutions UG

Abbildung 34: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall:  
Industrie 4.0

Klassifikation	
Rolle:	Anbieter
Typologie:	Business
Standort:	Gebiet Leipzig/Halle
U.-Größe:	klein
	Consumer
	Ballungsraum zw. Leipzig & Halle
	Education
	Kleinstadt
	mittel
	groß
	Ländlicher Raum



### Zukünftige Use-Cases (exemplarisch)

- Zunehmender Forschungs- & Lehrbedarf in allen Bereichen der digitalen Zukunftsfelder, um Know-How für Anwendungsbereiche aufzubauen und zu vermitteln
- Zunehmendes Angebot an derartigen Studien- & Fachrichtungen an Unis und Hochschulen
- Notwendige Felder und Voraussetzungen umfassen z.B. Big Data & Analytics, KI & Maschinelles Lernen, Nanoelektronik & Photonik, Quanten Computing, Blockchain

### Zeithorizont

Bereits in der Breite im Einsatz; kontinuierliche Spezialisierung/Fokussierung von IT-Unternehmen erwartet; sowohl Grundlagenforschung als auch Technologietransfer



### Bedürfnisse & zukünftige Anforderungen an digitale Infrastruktur

#### Relevanz digitaler Zukunftstechnologien:

niedrig

hoch

#### Bedarf an digitaler Infrastruktur

LoRaWAN/  
NB-IoT

Klassisches  
Festnetz

Campusnetze

5G

gering

mittel

hoch

#### Bedarf an Rechen- & Speicherkapazität

Ausblick: 6G

hoch

exemplarisch

## Uni/HS: KI & Analytics

Beispiele in der IRMD; Größe

Anhalt Center of Data Science der Hochschule Anhalt (LK Anhalt-Bitterfeld); mittel  
Data Science Zentrum Uni Leipzig (SK Leipzig); mittel

Tätigkeitsfeld

Wissensvermittlung für Studierende & Forschung in den Bereichen KI & Analytics

Fiktives Hochschulprofil

Branche: Bildungswesen  
Lehrstuhl: KI & Analytics

Studierende  
des Lehrstuhls: ~ 20

Standort: ländlicher Raum  
Zielgruppe: Studierende, AbsolventInnen, Quereinsteiger

Anbieter dig. Zukunftstechnologien

Nicht zutreffend, da bereits Anbieter

Abbildung 35: Exemplarische Persona zum Anwendungsfall Universität/Hochschule (KI & Analytics)

### 4.6.3 Zusammenfassung der Anforderungen an die digitale Infrastruktur/Fazit

Anhand der Trends und der Personas lassen sich die folgenden Punkte mit Impulsen zur Kostenabschätzung ableiten.

- ▶ Die Digitalisierung wird alle Branchen in den nächsten Jahren in der Breite durchdringen. Kurz- bis mittelfristig vor allem im Bereich Logistik, Produktion, Automobilindustrie, bis mittel- bzw. langfristigen auch in den Bereichen der Pflege.
- ▶ Die Schnelligkeit der Durchdringung hängt von der verfügbaren digitalen Infrastruktur ab. Ohne digitale Infrastruktur können digitale Zukunftstechnologien nicht angewendet werden. Der flächendeckende Breitbandausbau mit Glasfaser muss daher schon heute durchgeführt werden, um die nächsten digitalen Evolutionsstufe zu ermöglichen, so die Rückmeldung aus dem Expertenworkshop (vgl. Tabelle 36).
- ▶ Eine geeignete digitale Infrastruktur ist die Infrastruktur der Zukunft. Sie gehört zur Grundversorgung der Bevölkerung (Gigabit-Gesellschaft), trägt zur regionalen Wertschöpfung bei, ist wesentliche Voraussetzung für die internationale Wettbewerbsfähigkeit, schafft Innovation, Unternehmertum und zusätzliche Arbeitsplätze, insbesondere im ländlichen Raum. Beispielsweise befähigt die hohe Priorisierung des Glasfaserausbaus in den nordischen Ländern die gezielte Umsetzung.
- ▶ Um Unternehmen im Bereich der Digitalisierung – sowohl in den Anbieter- als auch in den Anwenderbranchen – im ländlichen Raum anzusiedeln, muss in eine ausreichend gute Infrastruktur investiert werden (vgl. die rahmenbildenden Maßnahmen in Kapitel 5). Bedarfe müssen daher vom Zielbild her ausgerichtet sein und nicht auf den bisherigen Unternehmensstrukturen basieren. Mit Blick auf den kostenintensiven Ausbau für 5G und perspektivisch 6G: in einem ersten Schritt wird 4G als flächendeckende Alternative für normale Use Cases ausreichend sein. 5G wird insbesondere für datenintensive Use Cases auf Basis von Echtzeit-Daten benötigt und kann durch 5G-Campusnetze für spezifische Regionen, wie beispielsweise Gewerbegebiete, ausgerollt werden. In fünf bis zehn Jahren wird jedoch auch 5G flächendeckend benötigt. Es wird erwartet, dass die Kosten im Laufe der Zeit abnehmen werden, so die Rückmeldung aus den Expertengesprächen.
- ▶ Die Attraktivität eines Wohnsitzes im ländlichen Raum wird durch Möglichkeiten des Home Offices gesteigert – auch hier ist die Voraussetzung das Vorhandensein einer ausreichend guten Infrastruktur (vgl. die rahmenbildenden Maßnahmen in Kapitel 5).
- ▶ Beispiele aus den nordischen Ländern zeigen, dass die Förderung von regionalen Ausbauprojekten unter gleichzeitiger Einbindung von lokalen Unternehmen zur Stärkung des Standorts beiträgt.
- ▶ Im Smart City Bereich können aktuell nutzenstiftende Use Cases auf Basis von LoRaWAN realisiert werden, beispielsweise über den TTN-Open-Community-Ansatz. Von Vorteil ist der kostengünstige Ausbau hierfür, da keine Lizenzkosten da-



für anfallen. NB-IoT als Alternative ist die teurere Alternative, da hierfür zusätzliche Lizenzkosten anfallen (über 500 Mio. Euro/Mhz), ebenso sind die Sensorkosten höher (mindestens um Faktor vier bis sieben).<sup>353</sup>

- ▶ Internet über Satelliten (bspw. Starlink) ist für sehr abgelegene Regionen eine interessante Alternative, allerdings aufgrund des hohen Stromverbrauchs sehr kostenintensiv.

Untenstehend werden die Stärken und Schwächen als auch die Chancen und Risiken der Region in Bezug auf die digitale Infrastruktur zusammenfassend tabellarisch abgebildet (vgl. Tabelle 30 und Tabelle 31). Eine Empfehlung zur Bereitstellung digitaler Infrastruktur findet sich im abschließenden Kapitel 5.

### Tabelle 30: Stärken und Schwächen der Region in Bezug auf die digitale Infrastruktur

Quelle: Eigene Darstellung

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gut <b>angebunden</b> über das <b>Daten-Backbone</b> (insb. Region Halle Leipzig)</li> <li>• <b>Region</b> rund um <b>Leipzig</b> sehr gut mit <b>5G</b> durch die Telekom <b>ausgebaut</b> → <b>digitale Infrastruktur</b> ist generell in Regionen <b>besser ausgebaut</b>, wo sich <b>Autobahnen</b> und <b>Hochgeschwindigkeitsnetze der Bahn</b> befinden</li> <li>• <b>5G-Umsetzungsprojekte</b> (Leipzig, Halle, Nordsachsen)</li> <li>• <b>TTN-Netzwerk Mitteldeutschland</b> (LoRaWAN), <b>Pilotprojekte zu LoRaWAN</b> (z. B. in Zeitz, Altenburger Land)</li> <li>• <b>Nähe</b> zu <b>Dresden</b> (6G Hub) und der dort ansässigen <b>Forschungslandschaft</b></li> <li>• <b>atene KOM</b> in Leipzig ansässig als wichtiger <b>Akteur für den Infrastrukturausbau</b>, insb. im <b>ländlichen Raum</b> in Zusammenarbeit mit Kommunen, Landkreisen und Unternehmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Investitionsvorteile</b> aufgrund von <b>Technologien</b>, die erst <b>kurzfristig</b> in der Region vorhanden sind, <b>nicht</b> zwangsläufig <b>gegeben</b> (Beispiel Höchstleistungsrechenzentrum, LoRaWAN)</li> <li>• <b>Technologieanbieter</b> (u. a. für Use Cases im 5G-Bereich) häufig <b>nicht</b> in der Region <b>ansässig</b> (eher in Berlin)</li> <li>• <b>Geringe Anzahl</b> an <b>Großunternehmen</b>; <b>5G-Campusnetze</b> werden jedoch <b>häufig</b> von <b>Großunternehmen</b> eigenständig <b>aufgebaut</b> (und in diesem Zuge auch Zulieferer/Partner mit eingebunden)</li> <li>• <b>Unzureichender Netzausbau im ländlichen Raum</b></li> <li>• <b>Standort</b> befindet sich <b>außerhalb</b> der <b>wirtschaftsstarken Region in Europa</b> („blauen Banane“)</li> </ul>

<sup>353</sup> Smart City Solutions 2020.

**Tabelle 31: Chancen und Herausforderungen der Region in Bezug auf die digitale Infrastruktur**

Quelle: Eigene Darstellung

Chancen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ausbau der TTN-Community als Open Community für ein IoT-Netzwerk auf Basis von LoRaWAN</b>, um weitere <b>Akteure</b> sowie <b>insbesondere Anwender</b> mit <b>einzu- binden</b></li> <li>• <b>Drohentestzentren</b> in Nobitz und Cochstedt als <b>Hubs</b>, um <b>Testzentren</b> wei- ter auf- und <b>auszubauen</b></li> <li>• <b>Förderung des Bundes</b> zu den <b>weißen und grauen Flecken</b> als wesentlicher <b>Treiber</b> für den weiteren <b>Ausbau des (Mobilfunk)-Netzes</b></li> <li>• <b>Rechenzentrum im Vogtland</b> (in nächster Nähe zur IRMD) ist flächenmäßig das <b>größte Rechenzentrum</b> in DE und bietet <b>Potenziale</b> für den <b>Ausbau</b></li> <li>• <b>Starke Clusterlandschaft im Bereich Photonik in Thüringen</b></li> <li>• <b>Beteiligung am 6G Hub in Dresden</b> (u. a. im Bereich Technologieentwicklung); ggf. auch <b>perspektivische Ansiedlung</b> der <b>Softwareindustrie</b> (als Spillover-Effekt der Region Dresden) → <b>Chance</b>, sich als <b>6G-Vorreiterregion in der Anwendung zu etablieren</b>, wenn <b>heute</b> bereits in die <b>Technologie investiert</b> wird</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Weitläufigkeit</b> in der <b>Fläche</b> (gerade in den ländlichen Regionen), um die <b>IRMD mit digitaler Infrastruktur zu versorgen</b></li> <li>• <b>Ländlicher Raum</b> ist für die <b>Telko-Anbie- ter weniger attraktiv</b> für den Ausbau des Netzes</li> <li>• <b>Nähe zu Berlin: Ballungsraum</b> für <b>Re- chenzentren</b> (aufgrund der guten Back- bone-Anbindung &amp; der Größe der Stadt)</li> <li>• <b>Gefahr</b>, dass <b>Ausbau der digitalen Infra- struktur anhand der vorhandenen Be- darfe beurteilt</b> wird und <b>nicht anhand der möglichen Potenziale</b>, die die Region bieten kann</li> <li>• <b>Risiko der Abwanderung</b> von <b>Fachkräf- ten/Absolventen</b> und <b>Unternehmen</b> (insb. Start-ups)</li> <li>• <b>Altersdurchschnitt</b> in der <b>Bevölkerung</b> relativ <b>hoch</b> (Anteil der Offliner und Off- linerinnen überdurchschnittlich hoch)</li> </ul>

---

## 5 Handlungsempfehlungen & Leuchtturmprojekte

---

In diesem Kapitel wird zunächst eine übergreifende SWOT-Analyse über die drei vorhergehenden Kapitel durchgeführt. Auf Basis dieser zusammengefassten und gebündelten Ergebnisse und Erkenntnisse werden anschließend zentrale Handlungsempfehlungen für die IRMD ermittelt. Die Handlungsempfehlungen werden so aufgebaut, dass sich vielfältige Synergien innerhalb der IRMD ergeben und Potenziale, die im Zuge der Digitalisierung entstehen, genutzt werden können. In einem dritten Schritt werden **Leuchtturmprojekte** vorgeschlagen. Im Fokus stehen länderübergreifende Empfehlungen, die die gesamte Region voranbringen.

### 5.1 SWOT-Analyse

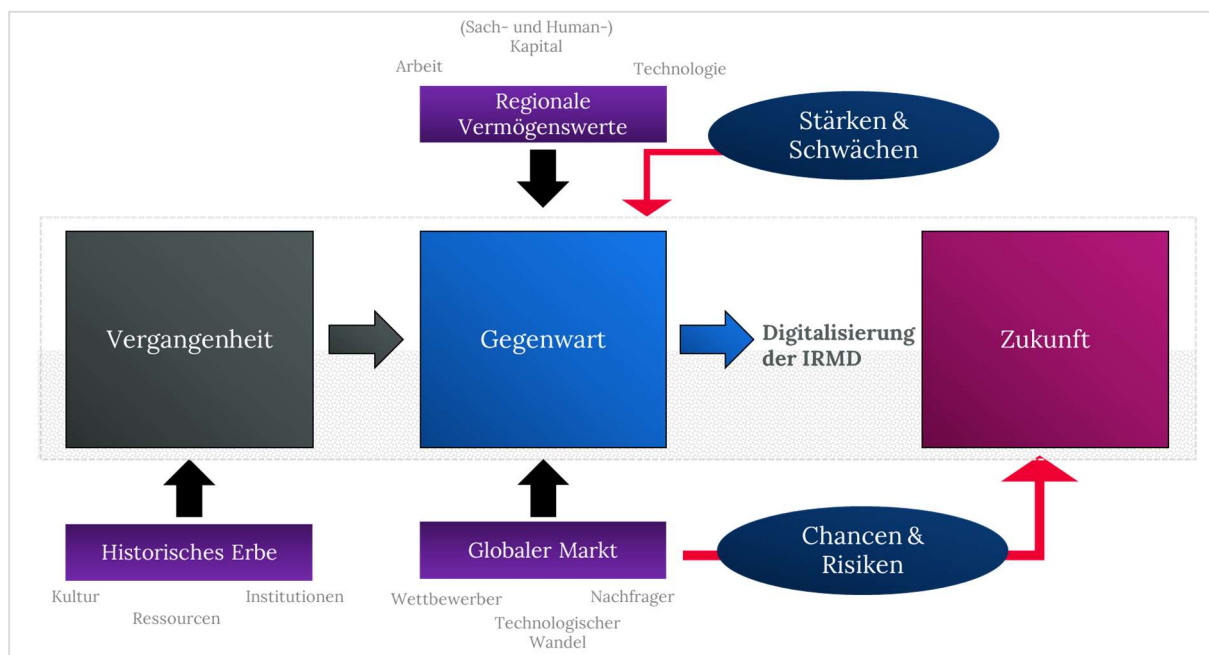
Die detaillierte Analyse der Ausgangssituation am Innovationsstandort IRMD und der zentralen Komponenten des dortigen Wirtschafts- und Innovationsökosystems bildet die Grundlage dafür, regionale Bedürfnisse der Region zur Stärkung der Digitalisierung zu ermitteln. Die darauf aufbauende Analyse der **Stärken-Schwächen und Chancen-Risiken (SWOT-Analyse)** dient dazu, zentrale Handlungsbedarfe in der IRMD herauszuarbeiten mit dem Ziel „Stärken stärken und Schwächen ausgleichen“ und Wachstumfelder zu erkennen.<sup>354</sup> Sie basiert auf den vorhergehenden drei inhaltlichen Kapiteln und schließt die Erkenntnisse aus der SWOT-Analyse zur digitalen Infrastruktur mit ein.

Mit der hier durchgeführten SWOT-Analyse wird eine wichtige Grundlage zur Auswahl von **strategischen Handlungsfeldern** und **Investitionsprioritäten**, sogenannte Leuchtturmprojekte geschaffen, die im Rahmen von gezielten Fördermaßnahmen umgesetzt werden sollen.

Nach dem vorliegenden Methodenverständnis sollen die Ergebnisse der Analyse der Ausgangssituation und der SWOT dabei helfen, aus wissenschaftlicher Sicht wesentliche Potenzialfaktoren wie auch Defizite abzuleiten. Dabei hilft die Identifizierung und Bewertung der internen Stärken und Schwächen der IRMD (vgl. Kapitel 2 bis 4), welche in Kombination mit externen, d. h. primär global wirkenden, Chancen und Risiken die zentralen Handlungsfelder begründen (vgl. Abbildung 36).

---

<sup>354</sup> Die vier Buchstaben „SWOT“ stehen für: S = Strengths (Stärken), W = Weaknesses (Schwächen), O = Opportunities (Möglichkeiten) und T = Threats (Gefahren, Risiken).



**Abbildung 36: Übersicht der SWOT-Analyse**

Quelle: Eigene Darstellung, Prognos AG

Die Stärken und Schwächen wurden auf Basis der Erkenntnisse der vorliegenden Studie abgeleitet. Hierzu wurden Regionaldatenanalysen um qualitative Aspekte ergänzt. Die SWOT-Analyse ist ein zentrales Analyseinstrument im Rahmen von Strategieprozessen. In der Regionalentwicklung dient die SWOT-Analyse der systematischen Betrachtung des Entwicklungsstandes einer Region und der extern einwirkenden Rahmenbedingungen, um Handlungs- und Entwicklungsstrategien zur Erhaltung und Steigerung der Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit des Standortes abzuleiten. Tabelle 32 bildet zentrale Stärken und Schwächen, Tabelle 33 zentrale Chancen und Risiken ab.

**Tabelle 32: Stärken- und Schwächen-Analyse der IRMD**

Quelle: Eigene Darstellung

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Digitale Zukunftstechnologien in der IRMD – Kompetenzschwerpunkte der IKT-Wirtschaft und Forschungseinrichtungen: <b>Big Data &amp; Analytics, KI, Cybersicherheit, Cloud &amp; Edge Computing, Digitale Plattformen</b></li> <li><b>Zukunftsthema XR über den Verband Games &amp; XR in der Region erfolgreich verankert:</b> Weitere relevante Akteure sind die Hochschule Macromedia Leipzig, die Wirtschaftsförderung Leipzig, die Mitteldeutsche Medienförderung und die Metropolregion Mitteldeutschland mit dem Programm Unternehmen Revier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Fachkräftemangel:</b> Es fehlt an Beschäftigten mit IT-Kenntnissen, die Treiber für eine weitere Digitalisierung sind</li> <li><b>IKT-Wirtschaft im ländlichen Raum unterrepräsentiert:</b> 65 % aller digitaler Vorreiterunternehmen der IRMD befinden sich in Leipzig, 14 % sind in Halle ansässig</li> <li><b>z. T. Abwanderungen von erfolgreichen Gründungen</b> – aufgrund von mangelnder VC-Förderung &amp; Community sowie fehlender Realisierungsmöglichkeiten von Scale-ups</li> <li>Angebote für den <b>Wissens- und Technologietransfer für die Digitalisierung</b> scheinen <b>nicht ausreichend bekannt</b> oder <b>passfähig zu sein</b></li> </ul>

- Gute Forschungs- und Universitätslandschaft für die digitalen Zukunftstechnologien in der Region (Leipzig, Halle, Merseburg, Köthen) **umgeben von einer breiten Hochschul- und Universitätslandschaft u. a. in Magdeburg, Dresden, Chemnitz, Ilmenau**
- **Ausgeprägte Gründungskultur im Digitalisierungsbereich in den Städten:** SpinLab, Digital Space, HHL (Leipzig), Weinberg Campus, Univations (Halle) sowie an den Hochschulen Merseburg (Gründercampus HoMe) & Anhalt (z. B. FOUND IT!). Insbesondere Leipzig zeichnet sich durch eine überdurchschnittliche IKT-Gründungscommunity aus
- Sehr gutes Stipendien-Programm für Existenzgründungen in ST: **z. B. ego.-Existenzgründungsöffensive & ego.-Wissen**
- Schlüsselbranchen<sup>355</sup> profitieren als Anwender durch digitale Zukunftstechnologien: **z. B. Gesundheitswirtschaft, Verkehr & Logistik, Automotive, wissensintensive Dienstleistungen und mit Einschränkungen Chemie sowie der Energiesektor**
- Verfügbarkeit von Einrichtungen/Angeboten zur Digitalisierung (teilweise im Aufbau): **z. B. Digitalisierungszentrum Merseburg, Smart City Zeitz, Flugplatz Nobitz, KI Hub Leipzig**
- Angebote für Wissens- und Technologietransfer: **z. B. Digi Hubs, Sachsen-Anhalt Digital Innovation, Zuschüsse für Digitalisierungsvorhaben in Unternehmen, Wettbewerb „digitale Erfolgsgeschichten Sachsen-Anhalt“, Wettbewerb „IQ Innovationspreis Mitteldeutschland“**
- Technologie-Hubs & Communities: **z. B. Halle mit Kreativ-Zentrum, Mittweida mit Blockchain-Cluster, AI Monday in Leipzig**
- **Digitalkultur in den Anwendungsbranchen teilweise noch schwach ausgeprägt:** Beispielsweise im Bereich Gesundheitswirtschaft/Pflege
- **Kleinteiligkeit der Wirtschaft & fehlende Ressourcen:** wenig Zeit, um Digitalisierungsthemen zu verfolgen, fehlende technische/personelle Ressourcen für Ausbildungsstrukturen und zukunftsorientierte Kompetenzvermittlung; kleinere Arbeitgeber in der Region sind wenig sichtbar
- **Digitale Arbeitsmodelle & Bildung:** Unternehmen öffnen sich nur langsam für moderne und digitale Arbeits- und Organisationsmodelle; Attraktivitätsdefizite regionaler Ausbildungsberufe sowie Informationsdefizite junger Menschen bzgl. dualer Ausbildungsmöglichkeiten
- **Heterogene Infrastruktursituation:** Ausbaufähige ÖPNV-Anbindung, Berufsschul-Netze sowie Breitbandanbindungen, insbesondere im ländlichen Raum

**Tabelle 33: Chancen- und Risiken-Analyse der IRMD**

Quelle: Eigene Darstellung

Chancen	Risiken
<p><b>Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiterer Ausbau der Kompetenzschwerpunkte der IKT-Wirtschaft und Forschungseinrichtungen, um <b>Stärken weiter zu stärken: Sehr gute Ausgangsposition, um Datenökonomie in der Region zu verfestigen; (z. B. im Bereich KI &amp; Cybersecurity)</b></li> <li>• Wachstumspotenziale in Kompetenzfeldern heben und vorantreiben: <b>Open Government, Automatisierungs- und KI-Lösungen in regionalen Branchen, (Serious) Gaming/Gamification perspektivisch als Innovationsmotor und Treiber für Cross-Innovation</b></li> <li>• Frühzeitige Investition in neue digitale Technologien: <b>Schafft Lerneffekte, von denen zukünftig profitiert werden kann</b></li> <li>• Digitalisierungs-Know-how für Entscheiderinnen und Entscheider in Politik und Wirtschaft <b>ist wesentlicher Hebeleffekt für Digitalisierung, damit</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Schleppender flächendeckender Glasfaserausbau:</b> Grundvoraussetzung, um digitale Zukunftstechnologien zu realisieren und in die Breite zu tragen</li> <li>• <b>Zunehmender Fachkräftemangel im IKT-Bereich:</b> In Leipzig und Halle starke IKT-Landschaft mit vielen Beschäftigten (und Jobgesuchen) im digitalen Bereich. Zudem Gehaltsgefälle zwischen ost- und westdeutschen Bundesländern, was zur weiteren Abwanderung beitragen kann. Im Umland wenig Beschäftigte sowie Job-Angebote</li> <li>• <b>Erschwerter Zugang zu VC Kapital in der Region:</b> Netzwerkstrukturen im ländlichen Raum sind im Vergleich zu den Städten weniger ausgeprägt (VC's investieren meist unabhängig von den Standorten, allerdings fehlt den neuen Gründern im ländlichen Raum häufig der Zugang zu passendem Netzwerk)</li> <li>• <b>Ängste in der Bevölkerung abbauen, um Akzeptanz für Zukunftstechnologien zu schaffen</b></li> </ul>

<sup>355</sup> Sowohl der Energiesektor als auch die Chemiebranche befinden sich im Transformationsprozess, daher volatile Chancen-/Risikosituation.

die strategische Verankerung erfolgt und notwendige Ressourcen bereitgestellt werden

z. B. in Bezug auf 5G, KI (erfordert kontinuierliches informieren und kommunizieren)

#### Netzwerke/Ökosysteme

- Innovationsnetzwerke: **Wesentlicher Hebel für Digitalisierung in Anwendungsbranchen (bspw. Translationsregion für die digitalisierte Gesundheitsversorgung)**
- Stadt Leipzig als pulsierender Ort für Gründungen: **Beispielsweise über SpinLab**

#### Gründung & Finanzierung

- Angebote für Risikokapital/VC in der Region ausbauen/erhöhen: **Regionale Finanzierung verbessern durch den Auf- und Ausbau von Fachexpertise bei Finanz- und Fördermittelgebern, Branchen-Know-how über Experten bei Investitionsentscheidungen einbinden (z. B. Innovationsgrad)**
- Bürokratieaufwand für Gründungsförderung vereinfachen: **z. B. Wege zu Gründungen erleichtern, um Gründungen zu intensivieren**

#### Attraktivitätssteigerung des ländlichen Raums

- Sehr gute Anbindung an Zentren in Deutschland (z. B. ICE-Strecke München-Berlin, Zwischenstopps in Leipzig bzw. Halle und Bitterfeld)
- Möglichkeiten des Home Offices **bei gleichzeitiger Versorgung der ländlichen Regionen mit digitaler Infrastruktur**
- Aufwertung der Region durch verbesserte (Nah-)Verkehrsanbindung an Zentren (z. B. **digitale On-Demand-Dienste für die letzte Meile (Beispiel: ABSOLUT, FLASH)**)
- Möglichkeiten durch die Nutzung freier Flächen im ländlichen Raum (z. B. **Co-Working Spaces/Gründungszentren/Tech-Hubs, Testfelder**)

#### Aus- & Weiterbildung

- Verbreitung neuer Arbeits- und Organisationsmodelle im Bereich digitalen Arbeitens (**durch Corona-Pandemie beschleunigt**)
- Praktischen Bezug zwischen Universitäten und regionalem Arbeitsmarkt verbessern (**insb. auch im digitalen Bereich**)

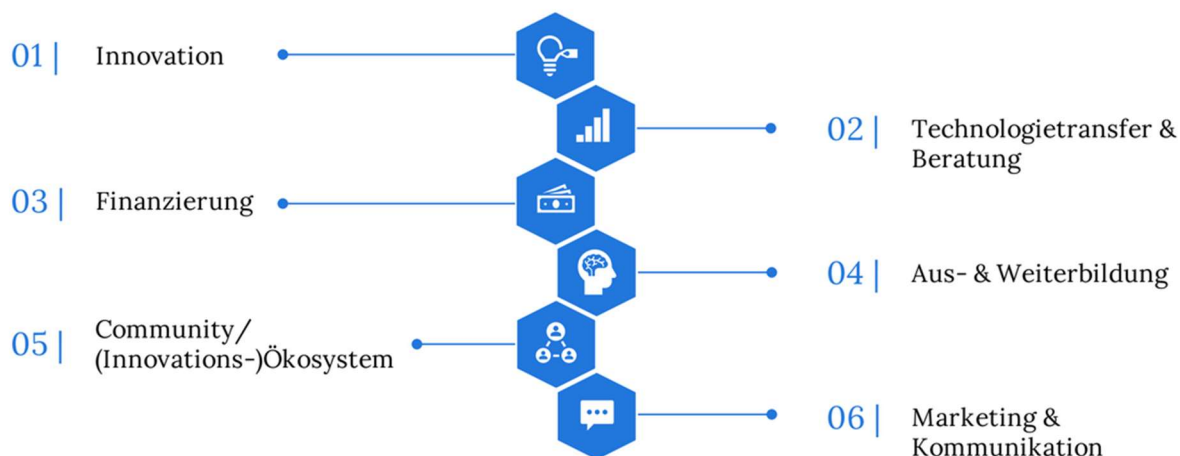
## 5.2 Handlungsfelder für die IRMD

Basierend auf den zuvor geschilderten Erkenntnissen der Dokumentenanalyse, den Experteninterviews, den Workshops und der SWOT-Analyse werden im Folgenden zentrale Handlungsfelder für die IRMD ermittelt und in einem letzten Schritt mit konkreten Leuchtturmprojekten untermauert. Die IRMD begibt sich somit auf den Weg, ihre Position als **Innovations-, Wissenschafts- und Digitalisierungsstandort** weiter zu stärken.

Die einzelnen Teilregionen der IRMD sollen auf ihrem bereits erreichten Weg abgeholt und ihnen die für die nächste Etappe erforderlichen Werkzeuge an die Hand gegeben werden. Entsprechend vielschichtig gestalten sich die Handlungsempfehlungen. Für den Weg der IRMD zu einer dynamischen, innovativen und digitalen Region werden sechs spezifische Handlungsfelder definiert (vgl.



Abbildung 37). Diese können als übergeordnete Zielformulierung für die Stärkung und Umsetzung der Digitalisierung in besonders bedeutsamen Bereichen interpretiert werden. Sie leiten gleichermaßen hin zu den Leuchtturmprojekten innerhalb der sechs Handlungsfelder, welche insbesondere zur Weiterentwicklung der digitalen Wirtschaft und der Anwenderbranchen in der IRMD beitragen sollen.



**Abbildung 37: Sechs Handlungsfelder zur Stärkung der Digitalisierung in der IRMD**

Quelle: Eigene Darstellung

Nachfolgend werden die **Zielbilder** der sechs Handlungsfelder dargestellt.

### 1. Innovation

**Zukunftsfähigkeit durch Innovationen** – selten wie zuvor ist eine Modernisierung der regionalen Innovationsagenda bedeutsamer als heute. Die weltweit dynamische Ausbreitung von Covid-19 hat die Wirtschaft in Deutschland und der IRMD schwer getroffen. Gleichzeitig gibt es gegenwärtig dynamische Transformationsprozesse in der Produktion (z. B. Smart Production, Automatisierung, Industrie 4.0), der Energieversorgung, der Mobilitätskonzepte und der allumfassenden Digitalisierung aller Lebensbereiche.

Innovationen besitzen eine enorme volkswirtschaftliche Bedeutung, denn sie ermöglichen eine wirtschaftliche Erneuerung und Transformation, schaffen hochwertige Arbeitsplätze, tragen zum sozialen Fortschritt und zur Verbesserung der Lebensbedingungen bei. Innovationen, neue Technologien und Geschäftsmodelle sind somit ein zentraler Schlüssel für wirtschaftliches Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit im globalen Markt. Daher sind Investitionen in zukunftsorientierte Themenfelder für die Entwicklung der IRMD von zentraler Bedeutung. Vielfältige Innovationspotenziale ergeben sich dabei zunehmend an den Schnittstellen von Branchen und Technologien. Der interdisziplinäre Austausch (z. B. Cross-Clustering) und **Cross-Innovationen** werden zunehmend wichtiger, besonders an der Schnittstelle zwischen IKT-Unternehmen und Anwenderbranchen (IKT-Branche ist eine Querschnittsbranche). Das **Ziel des Handlungsfeldes Innovation** ist es, beste Bedingungen für Unternehmen, Zukunftsdenker und Start-ups (First Mover) mit hoher Technologieaffinität im Bereich Digitalisierung zu schaffen und **unternehmerische**

**Innovationen in der digitalen Wirtschaft** gezielt voranzutreiben (auch über innovative Unternehmensgründungen, vgl. Abschnitt 3.2).

## 2. Technologietransfer & Beratung

Entlang von Innovations- und Wertschöpfungsprozessen verfügen Unternehmen über unterschiedliche Kompetenzen. Die Analyse macht deutlich, dass die digitale Kompetenz in potenziellen Anwenderunternehmen in der IRMD ausbaufähig ist. Das **Ziel des Handlungsfeldes „Technologietransfer & Beratung“** ist es daher, Angebote für „digitale Follower“ weiter auszubauen und Anwendungsmöglichkeiten transparenter zu machen. Es erfolgt eine Ausgestaltung der Rahmenbedingungen in der Art, dass Akteure (insb. aus der Anwendungsbranche) in die Lage versetzt werden, neue digitale Zukunftsfelder fortlaufend möglichst effizient zu adaptieren und zu integrieren. Hierbei sind die Effekte der Digitalisierungsmaßnahmen zu beachten: Neben der Hebung von Effizienzpotenzialen, kann auch eine verbesserte Kundenbindung erzielt werden. Schwerpunkt des Felds Technologietransfer & Beratung sind Themen, die kurz- bis mittelfristig von Relevanz sind (und tatsächlich greifbar in Unternehmen der IRMD eingesetzt werden können). Dafür bedarf es u. a. der stärkeren Vernetzung zwischen den Anbietern und Anwendern von digitalen Produkten und Dienstleistungen in der IRMD (vgl. Handlungsfeld 5).

## 3. Finanzierung

Die Finanzierung von Digitalisierungsvorhaben – v. a. in der Entwicklung (Innovationsvorhaben) aber auch bei der Anwendung von digitalen Produkten und Dienstleistungen – erfolgt in Unternehmen häufig über Fremd- bzw. öffentliches Kapital (u. a. Wagniskapital, Bankdarlehen, Förderungen, etc.). Laut den befragten Expertinnen und Experten bestehen gegenwärtig noch Verbesserungspotenziale bei den (niederschweligen) Finanzierungsangeboten in der IRMD – sowohl bei der Finanzierung von Digitalisierungsvorhaben in KMU als auch bei der Verfügbarkeit von Wagniskapital. Das **Handlungsfeld „Finanzierung“** adressiert die bestehenden Schwächen und zielt auf die folgenden Instrumente ab:

- ▶ Stärkere Ausrichtung der Förderinstrumente an die Bedarfe der Unternehmen (KMU) in der IRMD: Bereitstellung von niederschweligen, schnellen und flexiblen Förderinstrumenten entlang der gesamten Angebotskette.
- ▶ Nachhaltige Stärkung der Wagniskapital-Investitionen in der IRMD.
- ▶ Stärkere Einbindung von Digitalexperten bei Finanzierungsentscheidungen.

## 4. Aus- und Weiterbildung

Die Digitalisierung wird alle Teile des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Alltags verändern. In Zukunft bedarf es daher grundlegender digitaler Grundkenntnisse – in allen Lebens- und Arbeitsphasen. Das Handlungsfeld umfasst sowohl die schulische, die betriebliche und die akademische Ausbildung als auch die Weiterbildung von Beschäftigten. Gerade Letztere müssen für ein sich veränderndes Arbeitsumfeld mit entsprechenden Qualifizierungsmaßnahmen geschult werden. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die Weiterbildung von Entscheidungsträgerinnen und -trägern, sowohl in Unternehmen

als auch in Politik und Verwaltung, damit Ziele und Strategien entsprechend erstellt und verfolgt sowie die notwendigen Ressourcen dafür zur Verfügung gestellt werden. Das **Handlungsfeld „Aus- und Weiterbildung“** widmet sich diesem Thema, indem die Bevölkerung der IRMD mit einer **digitalen Bildungsoffensive** auf die Zukunft vorbereitet wird. Ebenso werden Trainings- und Weiterbildungsangebote über das Digi-Hub-and-Spoke-Netzwerk angeboten.

#### 5. Community/Innovations- & Digitalisierungsökosystem

Die Bedeutung von funktionierenden Innovations- & Digitalisierungsökosystemen wurde in Abschnitt 3.5 dargestellt. Regionale Ökosysteme bestehen aus unterschiedlichen Elementen (wirtschaftliche, wissenschaftliche, gesellschaftliche und politische Akteure). Die einzelnen Elemente gilt es gezielt und nachhaltig zu vernetzen und eine gemeinsame regionale Identität und Kultur aufzubauen. In dem Handlungsfeld ist es das **Ziel der IRMD**, den Community-Aufbau nachhaltig weiterzuentwickeln und somit das Innovations- und Digitalisierungsökosystem in der Region nachhaltig zu stärken. Dies beinhaltet v. a. eine stärkere informelle Vernetzung der Akteure – bspw. durch Aufbau von branchenübergreifenden lokalen Netzwerken, auch in ländlichen Teilräumen der IRMD. Zudem sollen junge Communities, die gerade im Entstehen sind (z. B. in den Bereichen Kultur- und Medienwirtschaft oder (Serious) Gaming/XR-Technologien), gezielt gefördert und unterstützt werden.

#### 6. Marketing & Kommunikation

Durch gezielte Marketing- und Kommunikationskampagnen sollen die **Sichtbarkeit der digitalen Wirtschaft** und von deren Produkten und Dienstleistungen erhöht und die **Sensibilisierung** der Bevölkerung für die Digitalisierung gesteigert werden. Ziel sollte es sein, die Breite der Bevölkerung in der IRMD zu adressieren. Über Erfolgsgeschichten und FAQs<sup>356</sup> (grundsätzliche und verständliche Fakten werden übersichtlich zusammengetragen und für die Gesellschaft aufbereitet) können Ängste und Bedenken in der Bevölkerung in Bezug auf Zukunftstechnologien (KI, 5G, 6G) abgebaut werden. Wesentliche Grundlage ist das Informieren und eine kontinuierliche Kommunikation mit der Bevölkerung in der IRMD.

### 5.3 Leuchtturmprojekte für die IRMD

Die angesetzten Leuchtturmprojekte sollen für die IRMD eine Signalwirkung für kommende Vorhaben entwickeln. Die Leuchtturmprojekte untermauern die zentralen Handlungsfelder und werden aus den Gegebenheiten vor Ort abgeleitet. Zur Erkennung passender Ansatzpunkte und Wachstumsfelder dient u. a. die SWOT-Analyse im ersten Teil dieses Kapitels. Die Maßnahmenvorschläge werden in drei Kategorien dargestellt:

- ▶ **Rahmenbildende Maßnahmen:** Übergreifende Initiativen, die in mehrere Handlungsfelder der IRMD einwirken und Ausgangspunkt bzw. Rahmen für weitere spezifischere Leuchtturmprojekte darstellen.

---

<sup>356</sup> FAQ = Frequently asked questions.

- ▶ **Kurz- bis mittelfristige Leuchtturmprojekte:** In diesem Feld werden spezifische Leuchtturmprojekte dargestellt, die unmittelbar bzw. mittelfristig im Gebiet der IRMD umzusetzen sind und einen direkten Einfluss auf bestimmte Bereiche (bspw. Gründungen) ausüben und so Wachstumsfelder erschließen.
- ▶ **Mittel- bis langfristige sowie visionäre Leuchtturmprojekte:** Diese Kategorie umfasst Leuchtturmprojekte, die mittel- bis langfristig in der Region implementiert werden sollten. Eine frühzeitige Positionierung bzw. Anbahnung in den dargestellten Feldern verspricht jedoch große Wachstumspotenziale.

Im Folgenden werden in jeder der drei Kategorien wesentliche Maßnahmen abgeleitet. Die Maßnahmen sollen die gesamte Region voranbringen und Potenziale, die im Zuge der Digitalisierung entstehen, nutzen.

### 5.3.1 Rahmenbildende Maßnahmen

#### *Schrittweiser Aufbau einer digitalen Identität in der IRMD über Erlebnisräume für Digitalisierung in der Fläche der Region im Sinne einer gesellschaftlichen Bildungsoffensive*

Die Entwicklung einer **digitalen Identität** in der Region ist ein wesentlicher Hebel zur **Implementierung und Akzeptanz** weiterer Maßnahmen im Bereich der Digitalisierung. Um die digitale Identität in der Region zu stärken, sollen in neu entstehenden Innovationsorten<sup>357</sup> in der Fläche der IRMD digitale Erlebnisräume geschaffen und genutzt werden. Diese werden mit Angeboten sowohl für Schülerinnen und Schüler als auch für die breite Bevölkerung (u. a. auch Senioren und Seniorinnen) bestückt. Darüber hinaus können diese Erlebnisräume auch in Kultur- und Tourismusangebote integriert werden (vergleichbar zur MS Wissenschaft<sup>358</sup>, dem Boot Make Science Halle<sup>359</sup> oder dem Fabmobil<sup>360</sup>). Hiermit kann die Sichtbarkeit der IRMD in ausgewählten digitalen Zukunftsfeldern, wie beispielsweise Cybersicherheit, hervorgehoben und die Technologieaffinität der Region betont werden. Die angestrebten Mehrfachnutzungen versprechen eine entsprechende Auslastung der Angebote.

Um die Angebote in die Fläche zu tragen, sollen darüber hinaus mobile Angebote mit dem Ziel in der IRMD gefördert werden, eine kreative, digitale Community aufzubauen und ihr Zugang zu Maschinen, Werkzeugen und Software zu bieten. Beispiele hierfür können digitale Baukästen für Kinder ab Grundschulalter, Lern- & Erklärvideos, digitale Cafés für Seniorinnen und Senioren oder Maker Spaces darstellen. Des Weiteren wird empfohlen, über Veranstaltungsformate wie Erfahrungsaustausche und Workshops regionale Erfolgsbeispiele aus der IRMD zu verbreiten. Im Kern stehen daher Formate und Lerninhalte, die die digitalen Kompetenzen von Bürgerinnen und Bürgern stärken und digitale

---

<sup>357</sup> Vgl. hierzu IRMD-Studie Kooperations- und Innovationsorte – Potenzialanalyse und Entwicklung eines Konzepts für Kooperationsorte in Ortszentren sowie regionale Innovationsorte in der Innovationsregion (in Erstellung).

<sup>358</sup> MS Wissenschaft o. J.

<sup>359</sup> science2public – Gesellschaft für Wissenschaftskommunikation e.V. o. J.

<sup>360</sup> Constitute e.V. 2017.

Souveränität gewährleisten. Um Angebote bekannt zu machen und die Reichweite zu erhöhen, stellen Veranstaltungen und Events unerlässliche Bestandteile dieser rahmenbildenden Maßnahme dar.

### *Flexible Förderinstrumente für KMU, um die Digitalisierung in IT-Unternehmen und Anwendungsbranchen weiter voranzutreiben*

Der Schwerpunkt **Innovations- und Digitalisierungsförderung** adressiert das Handlungsfeld „Finanzierung“. In den Expertengesprächen wurde deutlich, dass die Digitalisierungsförderung für die Unternehmen (v. a. für KMU) in der IRMD noch stringenter und strukturierter angeboten werden muss. Daher sollen künftig verstärkt niederschwellige, schnelle und flexible Förderinstrumente angeboten werden. Um ein möglichst breites Spektrum abzudecken, umfassen die Finanzierungsmöglichkeiten für **bestehende Unternehmen** drei Komponenten:

- ▶ Der **DigiCredit.IRMD** ist ein klassischer Investitionszuschuss und soll KMU niederschweligen und schnellen Zugang zu Fremdkapital bei Digitalisierungsvorhaben geben. Dies kann u. a. Zuschüsse für neue digitale Anwendungen, Produkte oder Prozesse in einem Unternehmen umfassen.<sup>361</sup>
- ▶ Der **DigiScheck.IRMD** unterstützt KMU bei der Finanzierung von externen Digitalexpertinnen sowie -experten. Diese sollen bei den Unternehmen den jeweiligen Digitalisierungsstand ermitteln und darüber hinaus Aufschluss über Weiterentwicklungspotenziale in den Unternehmen geben. Ziel ist es, mit geringem Aufwand Unternehmen sowohl Zugang zum Thema Digitalisierung als auch zu einem digitalen Expertennetzwerk zu gewähren (vgl. auch Leuchtturm 1).<sup>362</sup>
- ▶ Die dritte Komponente **DigiConnect.IRMD** fördert gezielt den Aufbau des IT-Netzwerks in der IRMD – u. a. mittels Veranstaltungen wie IT-Slams, IT-Lunchs oder IT-Weekends. Im Fokus stehen die Vernetzung und das Matching von digitalen Start-ups, Innovationsunternehmen aus dem IT-Mittelstand und dem traditionellen Mittelstand der Industrie. Mit dem Instrument soll einerseits der traditionale Mittelstand durch den Austausch mit den Start-ups und den IT-Unternehmen verstärkt mit digitalen Themen in Kontakt kommen (Digitalisierung des Mittelstands). Andererseits sollen die Start-ups und der IT-Mittelstand wiederum von den Markterfahrungen der etablierten Unternehmen profitieren bzw. Zugang zu möglichen Kundengruppen erhalten. Nicht zuletzt tragen diese Networking-Angebote dazu bei, dass sich die richtigen Innovationspartner finden.

Ein weiteres Resultat der Analyse ist der Hinweis auf fehlendes Risikokapital für Start-ups und junge Unternehmen<sup>363</sup> sowie die oftmals fehlende digitale Expertise seitens regionaler Geldgeber. Dadurch kann es zu Verzerrungen bei der Bewertung von digitalen Ideen

---

<sup>361</sup> In einem vergleichbaren Förderangebot im Rhein Kreis Neuss beträgt der Digitalisierungszuschuss bspw. max. 20.000 €. Vgl. Rhein Kreis Neuss o. J.: Förderprogramm INNO.RKN.

<sup>362</sup> Ein vergleichbares Förderangebot gib es in der Region Ruhr. Vgl. Region Ruhr o. J.: InnoScheck.RUHR - Finanzielle Hilfe für externe Digitalexperten.

<sup>363</sup> Die Wagniskapital-Finanzierung für Gründungen wird in *Leuchtturm 4: Digitale Gründungsregion Mitteldeutschland* in Abschnitt 5.3 beschrieben.



und Investitionsanfragen kommen. Daher soll über das Förderinstrument **DigiExperts.IRMD** eine Stärkung der digitalen Fachexpertise im Bereich Financing vorangetrieben werden. Dies kann bspw. durch den Einbezug von Fach- und Marktexperten aus der digitalen Wirtschaft (z. B. von GISA, Appsfactory, Arvato, Gecko.1/2) sowie von Hochschulen & Universitäten bei Investitionsentscheidungen gewährleistet werden.

#### *Bereitstellung digitaler Infrastruktur*

Diese rahmenbildende Maßnahme adressiert den Ausbau der notwendigen digitalen Infrastruktur in Bezug auf Breitband, Glasfaser, 5G und alternative Technologien (vgl. Kapitel 4).

Auf Basis der Erkenntnisse der Studie sollten kurzfristig folgende Technologien in der Fläche implementiert werden:

- ▶ Breitbandverfügbarkeit von mindestens 100 Mbit/s für Privathaushalte, für Unternehmen mindestens 200 Mbit/s
- ▶ Initiativen starten, um gezielt den Glasfaserausbau an Schlüsselpositionen zügig voranzutreiben, insbesondere zur Anbindung von Industriegebieten mit zentralen Branchen sowie von Schulen. Hierzu bieten sich Partnering-Ansätze an
- ▶ Zügiger Mobilfunkausbau mit 5G<sup>364</sup>
- ▶ Ausbau von LoRaWAN-Infrastruktur in ländlichen Gebieten für Anwendungen im Bereich der Land- und Forstwirtschaft sowie im Kontext Smart City bzw. Smart Region

Mittel- bis langfristig (2025-2030) sollten diese Technologien weiter ausgebaut werden und die Bandbreiten entsprechend erhöht werden:

- ▶ Ausbau der flächendeckenden Breitbandverfügbarkeit auf 1 Gbit/s
- ▶ Vorbereitung auf neue Mobilfunkstandards (6G-Einführung ab 2028)

### **5.3.2 Kurz- bis mittelfristige Leuchtturmprojekte**

Die dargestellten sechs zentralen Handlungsfelder für die IRMD werden zudem mit Hilfe von konkreten Leuchtturmprojekten untermauert. Diese operationalisieren die Handlungsfelder und setzen sie miteinander in Verbindung. Die folgenden Leuchtturmprojekte sollen kurz- bis mittelfristig angegangen bzw. angebahnt werden.

#### *Leuchtturm 1: Digi-Hub-and-Spoke-Netzwerk – Aufbau eines Innovations- und Transferzentrums für Digitalisierung*

Die Akteure der IRMD möchten den Aufbau eines **Wissens- und Transferhubs** zur Umsetzung der digitalen Transformation aktiv vorantreiben. Inhaltliche Schwerpunktthemen sind dabei Data Analytics, KI, datenbasierte Geschäftsmodelle und die Cybersicherheit.

---

<sup>364</sup> Aktuell erfolgt der Ausbau vor allem an Industriestandorten sowie entlang wichtiger Verkehrsadern (Straße und Schiene). Perspektivisches Ziel der Telekom ist es, bis zum Ende des Jahres 2025 99 % der Bevölkerung sowie 90 % der Fläche mit 5G auszustatten. Telekom o. J.b.



Das Digi-Hub-and-Spoke-Netzwerk soll ein Zentrum für IT-Unternehmen sowie digitale Anwenderinnen und Anwender aus Industrie und Wissenschaft bilden.

Es ist dabei ein zentrales Anliegen, bestehende Strukturen optimal zu nutzen, einzubinden und diese zu einem **Hub-and-Spoke-Netzwerk** weiterzuentwickeln. Aus der Analyse geht hervor, dass eine breite Erschließung des ländlichen Raums aufgrund der fehlenden kritischen Masse nicht realisierbar ist. Daher wird eine stadtnahe Strategie mit zwei Hubs in Leipzig und Halle sowie weiteren Satelliten entwickelt – bspw. an den Hochschulen in Merseburg und in Köthen (*Hochschule Anhalt*) sowie in den Mittelzentren des Mitteldeutschen Reviers (z. B. Zeitz, Grimma). Diese werden mit mobilen Angeboten für den ländlichen Raum ergänzt, die beispielsweise in den Erlebnisräumen<sup>365</sup> im ländlichen Raum verankert werden können. Die Autorinnen und Autoren der Studie schlagen vor, den Hauptstandort in Leipzig mit Fokus auf Data Analytics & KI (Verortung am *ScaDS.AI/Center for Scalable Data Analytics and Artificial Intelligence* an der *Universität Leipzig*) und den Nebenstandort an der *Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg* mit Fokus auf Cybersecurity (Expertise ist bspw. durch das Verbundvorhaben *CyberSecurity Verbund Sachsen-Anhalt* bereits vorhanden) zu errichten.

Der **inhaltliche Schwerpunkt** des Digi-Hub-and-Spoke-Netzwerks ist die Stärkung des **Wissens- und Technologietransfers** im Mittelstand (Industrie) und damit einhergehend die Stärkung von **Cross-Innovation**. Die Unterstützungsangebote sollen daher einerseits gezielt digitales Know-how, Produkte und Dienstleistungen in den traditionellen Mittelstand und in die Industrie transferieren. Andererseits sollen durch den reziproken Wissens- und Technologietransfer Cross-Innovationen vorangetrieben werden. Hierzu werden die folgenden Instrumente – sowohl an den beiden physischen Standorten als auch mobil an den Erlebnisräumen in der Fläche der IRMD – vorgeschlagen:

- ▶ **Veranstaltungsformate**, um interessierte KMU aus dem Mittelstand und der Industrie (aus den Anwenderbranchen) in die digitalen Zukunftstechnologien einzuführen und mit den IKT-Unternehmen aus der IRMD in Kontakt zu bringen.
- ▶ Aufbau eines **Show-Rooms** mit Demonstratoren an den Standorten Leipzig und Halle. Bereitstellung eines mobilen Angebots, das in die Erlebnisräume in die Fläche der IRMD gebracht werden kann.
- ▶ Unterstützung beim Match-Making zwischen IT- und Anwendungsbranchen sowie Bereitstellung von **Testräumen** zur gemeinsamen Nutzung.
- ▶ **Trainingsangebote**, um die Beschäftigten aus dem Mittelstand und der Industrie rund um die Schwerpunktthemen Data Analytics, datenbasierte Geschäftsmodelle, KI und Cybersicherheit fit zu machen. Die Förderung hierzu kann mit dem Instrument **DigiScheck.IRMD** verknüpft werden (vgl. rahmenbildende Maßnahmen). Neben einer technologiespezifischen Erstberatung für KMU sowie einer Beratung zu Förderprogrammen (jeweils 30-minütige Beratungsgespräche für Einzelunternehmen) sollen explizite Coaching-Angebote durch Experten abgebildet werden,

---

<sup>365</sup> Vgl. hierzu IRMD-Studie *Kooperations- und Innovationsorte – Potenzialanalyse und Entwicklung eines Konzepts für Kooperationsorte in Ortszentren sowie regionale Innovationsorte in der Innovationsregion (in Erstellung)*.

mit denen im Rahmen von zweitägigen Workshops in Einzelunternehmen vor Ort gemeinsam Potenziale identifiziert werden können.

### *Leuchtturm 2: Bildungsoffensive digital*

Durch die **Bildungsoffensive digital** sollen die Beschäftigten sowie die Bevölkerung in der IRMD bei der Auseinandersetzung mit den transformativen Auswirkungen der Digitalisierung unterstützt werden. Die IRMD startet dabei eine Offensive, mit der digitale Bildung sowie Medienkompetenz nachhaltig gefördert wird und die Menschen in der Region bei einem sicheren Bewegen in der digitalen Arbeitswelt sowie im gesellschaftlichen und politischen Leben unterstützt werden.<sup>366</sup>

Die einzelnen Maßnahmenschritte der Bildungsoffensive digital sprechen verschiedene Zielgruppen an und reichen dabei von Maßnahmen im schulischen Bereich, über Auszubildende und Studierende bis hin zu Beschäftigten und Quereinsteigenden. Folgende Maßnahmen werden vorgeschlagen:

- ▶ Aufbau eines **Bildungszentrums/Bildungs-Lab mit Reallabor/Lernfabrik 4.0** für die berufliche Bildung. Über dieses Bildungszentrum erfolgt Lernen in einem experimentellen Umfeld in Themen wie KI sowie VR/AR. Ziel der Einrichtung ist es, Nachwuchskräfte bzw. Fachkräfte auf die Anforderungen der Digitalisierung vorzubereiten. Die Einrichtung kann einem Labor gleichen, welches Grundlagen für digitale anwendungsnahe Prozesse vermittelt. Inhaltlich kann es zudem um Themen wie digitales Networking, virtuelle Bildung, Aus- und Weiterbildung sowie Modellklassenzimmer gehen. Über ein Bildungszentrum wird eine Bildungs- und Qualifizierungsoffensive in der IRMD angestrebt.
- ▶ Aufbau von **Digitalwerkstätten & Boot-Camps** für Schülerinnen und Schüler. Diese können direkt in Unternehmen stattfinden, z. B. in der HABA *Digitalwerkstatt in Leipzig*<sup>367</sup>. Eine weitere Möglichkeit stellen KI-Camps an Schulen dar. Dabei geben Studierende mit Expertise im Bereich Data Analytics oder KI in einwöchigen Schnuppercamps ihre Expertise an Schülerinnen und Schüler weiter. Auch eine „Kinder-Uni“, in der komplexe Themen für Schülerinnen und Schüler verständlich aufbereitet werden, ist denkbar. Mit den Code & Design Camps in Altenburg sind schon erste Ansätze in diesem Bereich in der IRMD zu finden. Jugendliche können dort spannende Hard- und Software-Projekte unter Anleitung von professionellen Coaches bearbeiten und so neue Technologien kennenlernen bzw. ihre Fähigkeiten weiterentwickeln.
- ▶ Unterstützung der **Berufsorientierung** durch gezielte Ansprache sowie gezieltes Bedienen der Themen der Jugendlichen. Die Ansprache soll sowohl für die duale, berufliche Ausbildung als auch die akademische Ausbildung gelten.<sup>368</sup> Eine zielgruppengerechte Ansprache umfasst bspw. Influencer-Marketing, Video-Formate

---

<sup>366</sup> Bei diesem Leuchtturm besteht eine klare Schnittstelle zur IRMD-Fachkräftestudie.

<sup>367</sup> Die HABA *Digitalwerkstatt* ist ein kreativer Bildungs- und Erfahrungsraum: <https://digitalwerkstatt.de/>.

<sup>368</sup> Hierzu kann beispielsweise auch die Initiative *TechTeens* genutzt werden, die zukünftige Fachkräfte für die IT-Branche begeistern möchte: <https://tech-teens.de/informationen-zum-projekt/>.

oder Gamification-Ansätze<sup>369</sup>. Bei der themenspezifischen Ansprache gilt es, digitale Berufsfelder und Ausbildungsmöglichkeiten in der Region hervorzuheben, die bspw. in für Jugendliche wichtigen Bereichen wie Klimaschutz und Energiewende angesiedelt sind.

- ▶ Über entsprechende **Matching-Programme** sollen Studierende (mit einem Fokus auf digitalen Zukunftstechnologien) mit regionalen Unternehmen zusammengebracht werden. Hierzu werden Kooperationen zwischen Unternehmen und Studierenden<sup>370</sup> ausgebaut. Diese Kooperationen können bspw. in Form von Werkstudententätigkeiten, Praktika, Abschlussarbeiten oder dualen Promotionen in Unternehmen erfolgen, die sich im Bereich der Digitalisierung weiter entwickeln wollen. Davon profitieren beide Seiten, da Studierende interessante Arbeitgeber aus der Region kennenlernen und sie die Möglichkeit haben, direkt ein Projekt zu begleiten. Die Unternehmen wiederum profitieren von der speziellen Expertise der Studierenden (bspw. im Bereich KI). Da Fachhochschulen in der Regel in der Wirtschaft gut vernetzt sind, können Matching-Programme insbesondere mit Universitäten ausgebaut werden.
- ▶ Programm zur Unterstützung von **Quereinsteigern und Quereinsteigerinnen in die Unternehmen**. Dabei sollen Maßnahmen aufgesetzt werden, die gezielt IT-Talente finden und fördern. „On-the-job-Trainingsprogramme“ bieten hierfür eine gute Möglichkeit. Ein gelungenes Beispiel für eine solche Initiative ist *IT-rockt!* aus St. Gallen.

Vor dem Hintergrund einer immer größer werdenden Nachfrage nach Absolvierenden in IT- und naturwissenschaftlicher Fächer von Seiten der Wirtschaft, sollte ein Fokus darauf liegen, junge Menschen für eben diese Studiengänge zu begeistern und die vorhandenen Angebote in der Region zu bewerben. In den Interviews wurde deutlich, dass in der IRMD ein entsprechender Markt vorhanden ist, der diese Menschen absorbiert. Dieser wird in Zukunft voraussichtlich weiter ansteigen. Wichtig ist an dieser Stelle, neben großen Unternehmen gezielt KMU mit digitalaffinen Menschen zusammenzubringen.

### *Leuchtturm 3: Digitale Gründungsregion Mitteldeutschland*

Das **regionale Gründungsgeschehen**, v. a. in forschungs- und wissensintensiven Branchen, hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Transfer- und Innovationsleistung einer Region. Oftmals werden Gründungen daher auch als „Frischzellen“ für das bestehende Wirtschafts- und Innovationsökosystem gesehen. Dies trifft im besonderen Maße im Kontext der gegenwärtigen digitalen Transformation zu: Digitale Gründungen sind hier maßgebliche Impulsgeber für Innovationen und Digitalisierung in Anwenderbranchen. Die IRMD möchte daher die Gründungsintensität in der digitalen Wirtschaft nachhaltig weiterentwickeln und sich auf den Weg zur **digitalen Gründungsregion Mitteldeutschland** machen. Dabei stehen eine nachhaltige Etablierung der Themen Selbstständigkeit und Entrepreneurship sowie der Aufbau einer Gründungskultur in der IRMD auf der

---

<sup>369</sup> Best Practice Beispiel aus der Region ist das Start-up *Heartucate* UG aus Leipzig.

<sup>370</sup> Dieses Matching-Programm ist generell für MINT- und ingenieurwissenschaftliche Studiengänge geeignet. Ebenso für Studierende aus dem Bereich der Psychologie, um Change-Prozesse im Zuge der Digitalisierung anzustoßen.

Agenda. Um eine möglichst breite Wirkung zu entfachen, umfassen die einzelnen Instrumente eine breite Zielgruppe: Schülerinnen und Schüler, Studierende und Beschäftigte. Die einzelnen Instrumente sind:

- ▶ Etablierung von **Gründungsieber-Wochen** als Teil des schulischen Curriculums für Schüler und Schülerinnen an weiterführenden Schulen (Realschulen & Gymnasien). Das Ziel ist es, diese jungen Menschen frühzeitig für Tech- Start-ups zu begeistern – etwa durch den Besuch oder Workshops in Hubs, bei Start-ups oder Inkubatoren in der IRMD (z. B. *SpinLab*, *we-do.ai GmbH* oder *Staffbase GmbH*<sup>371</sup>). Zudem sollen verstärkt Projektwochen an Schulen zu den Themen Gründungen und Entrepreneurship angeboten werden. Ein erster Ansatz hierzu ist der Wettbewerb *Futurego*<sup>372</sup> in Sachsen-Anhalt, an den angeknüpft werden kann.
- ▶ Aufbau eines **Entrepreneurship-Studiengangs** an der *HHL Leipzig Graduate School of Management* in Leipzig. Hierzu kann an die bereits vorhandene Expertise der HHL mit dem dort ansässigen *Center for Entrepreneurial and Innovative Management (CEIM)* angeknüpft und in Kooperation mit der *Universität Leipzig* ein entsprechender interdisziplinärer Studiengang etabliert werden. Ein Beispiel für einen entsprechenden Studiengang, bei dem Technologie mit Entrepreneurship und Management verknüpft wird, ist das *CDTM (Center for Digital Technology and Management)* der TU und LMU in München.
- ▶ Um Gründungen im ländlichen Raum voranzutreiben, braucht es innovative Formate, wie **neue Wohn- und Arbeitskonzepte**. Co-Working-Spaces im ländlichen Raum<sup>373</sup> können ein attraktives Konzept sein, um Gründerinnen und Gründer für den ländlichen Raum zu begeistern und Innovation dort entstehen zu lassen.<sup>374</sup> Für die Errichtung von Co-Working-Spaces bieten sich bestehende Einrichtungen, wie z. B. alte Gutshäuser an. In Zeitz entsteht derzeit ein Kreativort in der ehemaligen Nudelfabrik<sup>375</sup>, der aktuell als VR-Trainingszentrum für die Feuerwehr und Rettungskräfte genutzt wird.<sup>376</sup>
- ▶ Für eine weitere Stärkung von digitalen und technologieorientierten Gründungen in der IRMD bedarf es einer Verbesserung der finanziellen Förderung von (potenziellen) Gründungen (vgl. Handlungsfeld Finanzierung). Mit einer nachhaltigen

---

<sup>371</sup> Die *Staffbase GmbH* ist mit Sitz in Chemnitz nicht Teil der IRMD, aber in Anbetracht des beachtlichen Unternehmenswachstums und der Unternehmensbewertung ein Leuchtturm-Start-up in Mitteldeutschland (Stand August 2021).

<sup>372</sup> Weitere Informationen unter <https://futurego.de/>.

<sup>373</sup> Die Selbstorganisation *CoWorkLand* unterstützt die Initiierung und die Vermarktung von Co-Working-Spaces im ländlichen Raum (<https://coworkland.de/de>). Ein weiteres Best Practice Beispiel ist die Initiative *Smart Doerp* aus Mecklenburg-Vorpommern (<https://smart-doerp.de/>).

<sup>374</sup> Vgl. hierzu die Schnittstellen zur IRMD-Studie *Kooperations- und Innovationsorte – Potenzialanalyse und Entwicklung eines Konzepts für Kooperationsorte in Ortszentren sowie regionale Innovationsorte in der Innovationsregion (in Erstellung)*. Eine Vernetzung der beiden Studien sollte bei diesem Thema angestrebt werden.

<sup>375</sup> Kreativstandort Mitteldeutschland o. J.

<sup>376</sup> Weitere Informationen unter <https://imagine-fire.de/>.



Stärkung von **Wagniskapital-Initiativen** unterstützt die IRMD den Erfolg von vielversprechenden, innovativen, technologieorientierten Gründungen und jungen Unternehmen. Mit dem VC-Geber **Smart Infrastructure Ventures** gibt es bereits einen starken Partner in der IRMD. Allerdings weisen die Experteninterviews darauf hin, dass es in der Region nach wie vor zu wenig Angebote an Risikokapital (Venture Capital und Business Angels) gibt. Die beiden Förderinstrumente **InvestVC.IRMD** und **IT-License.IRMD** sollen diese Lücke in der IRMD kontinuierlich reduzieren und das Gründungspotenzial weiterentwickeln. Das Instrument InvestVC.IRMD soll private Risikokapitalinvestitionen bezuschussen und gezielt Anreize bei privaten Geldgebern setzen, um verstärkt in der IRMD zu investieren. Erfolgreiche Gründungen, die später veräußert werden, erzielen zudem Rückflüsse, die zudem zum wirtschaftlichen Erfolg der Region beitragen. Weiterhin wird die **Pre-Start-up-Phase** gezielt durch das Instrument IT-License.IRMD unterstützt. IT-License.IRMD prämiert besonders innovative Ideen von potenziellen digitalen Gründern und Gründerinnen aus der IRMD (etwa von Hochschulen, Technologiezentren oder anderen Inkubatoren). Die potenziellen Gründer und Gründerinnen bekommen zur Weiterentwicklung ihrer Idee ein einjähriges Coaching und eine gezielte Beratung. Das umfasst u. a. die Unterstützung bei der Entwicklung eines Geschäftsmodells, die Erhöhung der Sichtbarkeit (z. B. für Risikokapitalgeber) und Zugang zu Netzwerken und Workshops mit Investorinnen und Investoren, digitalen Unternehmen und Changemakern.

#### *Leuchtturm 4: Start-up-Event im Bereich XR/VR & Serious Gaming*

Unternehmen der Kreativwirtschaft sind häufig innovative Impulsgeber für andere Wirtschaftsbranchen. Mittels **Cross-Innovation** kann die Branche zu neuen Produkten, Vertriebs- und Geschäftsmodellen beitragen. Dies gilt besonders für die XR- und Games-Branche: deren Spieltechnologien oder Anwendungen („Serious Gaming“) kommen in vielfältigen Branchen zur Anwendung (u. a. Medizin, Automobil, Chemie, Bildungsbereich). Durch das Cluster *Games und XR Mitteldeutschland* bestehen in diesem Bereich bereits vielfältige Kompetenzen im Mitteldeutschen Revier (vgl. Kapitel 2.3.2). Diese sollen durch eine Start-up-Messe im Bereich XR/VR & Serious Gaming weiter gefördert und ausgebaut werden. Beispielsweise könnte hier an das Format des Programms *XR Hub Bavaria* angeknüpft werden.<sup>377</sup>

Der Leuchtturm operationalisiert dabei drei verschiedene Handlungsfelder: Community/Innovations- und Digitalisierungsökosystem sowie Marketing und Technologietransfer. Als Durchführungsorte bieten sich z. B. das geplante *Gaming House*<sup>378</sup> in Leipzig oder das MMZ in Halle an, an denen das Event im Wechsel durchgeführt werden kann. Neben dem Community-Aufbau innerhalb der Bereiche XR und Serious Gaming liegt ein weiterer Fokus auf der Einbindung von Anwenderbranchen. Diese können sich auf der

---

<sup>377</sup> Laut Information eines Lenkungsgruppenmitglieds dieser Studie könnte dieses Programm an den Standorten in Leipzig und Zeitz durchgeführt werden. Sowohl der Verband Games & XR, die Medienförderung Mitteldeutschland als auch die Wirtschaftsförderung Leipzig haben bereits eine Interessensbekundung und Finanzierungsmöglichkeiten hierfür in Aussicht gestellt.

<sup>378</sup> Stadt Leipzig 2019.

Start-up-Messe über die wichtigsten Neuerungen informieren, Impulse für eigene Anwendungen mitnehmen und optimalerweise auch zukünftige Kooperationspartner finden. Zielgruppe dieses Leuchtturms sind sowohl die Aussteller (Gründer und Gründerinnen) und mögliche Anwender. Eine Kooperation mit anderen Aktivitäten in Deutschland ist denkbar und sinnvoll (z. B. mit der XR-Expo in Stuttgart).

### 5.3.3 Mittel- bis langfristige sowie visionäre Leuchtturmprojekte

Damit die IRMD auch langfristig wettbewerbsfähig und innovativ bleibt, sollen neben den unmittelbaren Leuchtturmprojekten, mittel- bis langfristige sowie visionäre Maßnahmen aufgesetzt und möglichst frühzeitig angebahnt werden. Nur so können neu entstehende Wachstumspotenziale genutzt und Standortvorteile gegenüber anderen Regionen erreicht werden. Im Gegensatz zu den kurz- bis mittelfristigen Leuchtturmprojekten liegt eine Anbahnung bzw. erste Umsetzungsschritte weiter in der Zukunft (bzw. benötigen entsprechende Vorlaufzeiten).

#### *Zukunftsleuchtturm 1: Aufbau eines Technologieparks für Digitalisierung in Industrie und Wirtschaft in der Region Halle-Leipzig zur Ansiedlung von weiteren digitalaffinen Unternehmen*

Dieses Leuchtturmprojekt umfasst die explizite Ausweisung eines Digitalisierungs-High-Tech-Unternehmensparks mit Fokus auf Data Analytics, künstliche Intelligenz und Cybersicherheit, um die gezielte Ansiedlung von Digitalisierungsunternehmen und Start-ups zu fördern.<sup>379</sup> Ein möglicher Standort wäre bspw. im Leipziger Norden im Einzugsgebiet des 5G-Projekts Tri5G. Dieser Leuchtturm kann mit seiner Strahlkraft überregional und auch im internationalen Raum Sichtbarkeit für die Region erzeugen. Darüber hinaus trägt er positiv zur wirtschaftlichen Entwicklung der Region bei.

Der Technologiepark soll mit bester digitaler Infrastruktur, wie 5G Infrastruktur, ausgestattet werden. Um die Ansiedlung von Unternehmen in diesem Park zu fördern, sollen gezielt Finanzierungsvorteile beworben werden. Dies können z. B. kostenfreie Räumlichkeiten für die ersten ein bis zwei Jahre sein, die Start-ups und KMU angeboten werden. Zudem ist eine Verpflichtung zum Verbleib von mindestens drei bis fünf Jahren in der Region bzw. im Kreis für diese begünstigten Unternehmen denkbar, um mittelfristige Effekte auf die Zahl der Arbeitsplätze in der IRMD zu erzielen. Des Weiteren sollen digitale Programme bzw. Formate angeboten werden, um Hürden für ausländische Fachkräfte bei der Jobsuche in der Region verringern.

Weitere **Places.IRMD** können Innovationszentren bzw. Hubs umfassen, die Anwendungen in den Schwerpunktbranchen bzw. -themen der Anwendungsbranchen (z. B. Chem-Lab in Bitterfeld, EnergyLab im Burgenlandkreis oder XR-Lab in Halle). Themenschwerpunkte bilden dabei XR, Cybersecurity, KI, Data Analytics oder Robotik.<sup>380</sup>

---

<sup>379</sup> Best Practice Beispiele sind: (1) *Industriepark RTUnlimited* – The collaboration park for smart production in Reutlingen (Reutlingen o. J.), (2) *Dubai Internet City*: Gründung im Jahr 2000, die Ansiedlung von innovativen Unternehmen erfolgte durch massive Steuervorteile (Dubai Internet City o. J.).

<sup>380</sup> Der *Merinnocampus* ist ein vergleichbares Angebot in der IRMD (<https://www.merinnocampus.de/>).



### *Zukunftsleuchtturm 2: Softwareschmiede für 6G*

Dieser Leuchtturm zielt darauf ab, künftige Wachstumspotenziale frühzeitig zu erschließen. Dabei wird davon ausgegangen, dass ab 2026 Programme im Feld 6G aufgeföhren werden sollten. 6G kann dabei neue Zukunftsperspektiven eröffnen, die zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht überschaubar sind (vgl. Abschnitt 4.3). Es soll ein Wettbewerb aufgebaut bzw. initiiert werden, der das Ziel verfolgt, in der IRMD 6G-fähige Software zu entwickeln. Dies kann bspw. in den Zukunftsfeldern KI, autonomes Fahren bzw. Drohnen, Cybersicherheit oder Edge Computing ablaufen. Vielversprechende Ansätze werden insbesondere für digitale Gesundheitsanwendungen, in der Medizin und im Energiebereich erwartet.

Die Maßnahme umfasst des Weiteren den Aufbau eines Reallabors, um künftige Anwendungen zu testen. Anknüpfungspunkte bestehen dabei in Dresden, wo künftige Kooperationen mit den dortigen Aktivitäten denkbar werden. In Dresden wird ein 6G Hub aufgebaut, es entsteht ein neuer Standort der *Vodafone GmbH* mit Fokus auf 6G-Forschung sowie eine neue Fabrik der *Robert Bosch GmbH* speziell für Micro-Chips (vgl. Abschnitt 4.3.4).

Diese Ansätze können dazu führen, dass sich das Mitteldeutsche Revier frühzeitig in einem neuen Wachstumsfeld platziert und so die Zukunftsfähigkeit des Standorts sichert.

### *Zukunftsleuchtturm 3: Aufbau eines Daten-Ökosystems für das Thema Smart Mobility oder Smart Energy*

Die Digitalisierung und besonders die produzierten **Datenmengen** eröffnen Kommunen und Regionen vielfältige, neue Möglichkeiten. Die Daten werden dabei in einem ersten Schritt aus unterschiedlichen Handlungsfeldern – wie z. B. den Bereichen Energie, Mobilität, Verwaltung, Gesundheitswirtschaft oder Tourismus – erhoben und gesammelt. Die gesammelten Daten können in einem nächsten Schritt so aufbereitet werden, dass sie nicht nur einzelne Bereiche betrachten, sondern untereinander kombinierbar sind.<sup>381</sup> Mit den aufbereiteten Daten können wiederum Simulationen und Entscheidungshilfen zu verschiedenen Fragestellungen entwickelt werden:

- ▶ Wie gelingt der schnellste Weg zum Arbeitsplatz?
- ▶ Zu welchen Uhrzeiten werden Angebote des ÖPNV in ländlichen Gebieten benötigt?
- ▶ Wie können Arzttermine besser koordiniert und die Wartezeiten verkürzt werden?
- ▶ Wann wird wo wie viel Strom benötigt?

Durch die starken Stadt-Umland-Bezüge in der IRMD und die direkte Betroffenheit der Energiewende bieten sich besonders hohe regionsspezifische Potenziale. Die IRMD macht

---

<sup>381</sup> Ein vergleichbares Beispiel zum durchgängigen Datenaustausch wird mit Catena-X verfolgt, Catena-X o. J.



sich daher auf den Weg, um bestmögliche Rahmenbedingungen für den **Aufbau eines Daten-Netzwerks** vorzugeben. Dafür müssen möglichst viele regionale Stakeholder aktiv einbezogen und Anreize gesetzt werden, damit diese ihre Daten zur Verfügung stellen.

---

## Zusammenfassende Gesamtbetrachtung

---

Die IRMD steht am Anfang eines Strukturwandelprozesses, der durch die Ausstiegsszenarien der energetischen Kohlenutzung bis Mitte der 2030er Jahre beschleunigt wird. Die fortschreitende Digitalisierung kann bei proaktiver Gestaltung wesentlich zum Gelingen des Strukturwandels in der Region beitragen. Die Studie beleuchtet daher, wie die Region sich im Spannungsfeld der Digitalisierung bereits heute und über die kommenden 20 Jahre positionieren kann, um hiervon möglichst nachhaltig zu profitieren. Es wird untersucht, welche Voraussetzungen dafür vorhanden, zu stärken oder neu zu schaffen sind. Darüber hinaus werden die Potenziale, Möglichkeiten und Herausforderungen über den Zeitverlauf bis 2040 identifiziert, analysiert und bewertet.

### **IKT-Wirtschaft in der IRMD stark gewachsen – hohe Anwendungspotenziale in weiteren Branchen**

Die Digitalisierung ist einer der bereits seit Jahren weltweit prägenden Megatrends und wirkt sich auf Wirtschaft, Gesellschaft und Verwaltung aus. Die Studie betrachtet daher die branchenspezifischen Potenziale der Digitalisierung in der IRMD. Neben der IKT-Branche, die von 2015 bis 2020 in der Region überdurchschnittlich stark gewachsen ist, werden auf der Anwenderseite insbesondere für das Gesundheitswesen, die öffentliche Verwaltung, den Energie- und Logistiksektor sowie wissensintensive Dienstleister große Wachstumschancen im Zuge der Digitalisierung erwartet. Aber auch im Bereich Industrie 4.0 sowie in der Chemie- und Pharmaindustrie können durch den vermehrten Einsatz von digitalen Tools und Prozessen weitere Wachstumspotenziale generiert werden. Die Resultate zeigen zudem eine hohe Überschneidung zwischen den möglichen zentralen Anwenderbranchen der Digitalisierung und den definierten sieben Technologiefeldern der IRMD.

### **Bestehende Kompetenzen in den Bereichen Big Data & Analytics, KI, XR-Technologien und der Cybersicherheit sind weiter zu stärken, um neue Arbeitsplätze in der Region zu schaffen und Wertschöpfungspotenziale auszuschöpfen**

Die IKT-Wirtschaft sowie die regional ansässige Forschungslandschaft wurden anhand von 16 digitalen Zukunftsfeldern analysiert. Die Stärken der Region liegen u. a. in den Bereichen Big Data & Analytics, KI, XR-Technologien und der Cybersicherheit. Damit die Region ihre Stärken weiter ausbauen und in den Anwendungsbranchen verankern kann, ist das Konzept der Innovationsökosysteme weiter auszurollen.

### **Instrumentenmix in der IRMD wird niederschwelliger, schneller und flexibler**

In den Expertengesprächen wurde deutlich, dass die Digitalisierungsförderung für die Unternehmen (v. a. für KMU) in der IRMD noch stringenter und strukturierter angeboten werden muss. Daher sollen künftig verstärkt niederschwellige, schnelle und flexible Förderinstrumente angeboten werden. Eine weitergehende Finanzierung – v. a. für die KMU – wird als in hohem Maße gewinnbringend erachtet. Ein weiteres Ziel ist die Verbesserung der finanziellen Förderung von (potenziellen) Gründungen. Mit einer nachhaltigen Stärkung von Wagniskapital-Initiativen kann die IRMD das Angebot für innovative, technologieorientierten Gründungen und junge Unternehmen weiter ausbauen.

### **Zentrale Voraussetzung – Gezielter Ausbau der digitalen Infrastruktur**

Die Digitalisierung wird alle Branchen in den nächsten Jahren in der Breite durchdringen. Die Schnelligkeit dieser Durchdringung hängt von der verfügbaren digitalen Infrastruktur ab. Ein zielgerichteter Ausbau ist daher unerlässlich für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Region. Er trägt zur Innovationsfähigkeit bei und schafft zusätzliche Arbeitsplätze. Neben dem Rollout von Glasfaser und 5G können z. B. auch mit IoT-Netzwerken auf Basis von LoRaWAN zügig und energieeffizient nutzenstiftende Use Cases, beispielsweise im Bereich Smart City realisiert werden. Entlegene Regionen können via Internet über Satelliten angebunden werden.

### **Sieben Leuchtturmprojekte für das Vorantreiben der digitalen Transformation in der IRMD**

Für einen weiteren Erfolgskurs der IRMD und die Ausschöpfung von Innovations- und Wertschöpfungspotenzialen werden gezielt rahmenbildende Maßnahmen, kurz- bis mittelfristige sowie visionäre Leuchtturmprojekte vorgeschlagen. Die angesetzten Leuchtturmprojekte sollen für die IRMD eine Signalwirkung für kommende Vorhaben entwickeln. Sie untermauern die zentralen Handlungsfelder und wurden aus dem Status-Quo vor Ort abgeleitet.

Die rahmenbildenden Maßnahmen sind:

1. Schrittweiser Aufbau einer digitalen Identität in der IRMD über Erlebnisräume für Digitalisierung in der Fläche der Region im Sinne einer gesellschaftlichen Bildungsoffensive.
2. Flexible Förderinstrumente für KMU, um die Digitalisierung in IT-Unternehmen und Anwendungsbranchen weiter voranzutreiben.
3. Bereitstellung digitaler Infrastruktur.

Die folgenden Leuchtturmprojekte sollen kurz- bis mittelfristig angegangen bzw. angebahnt werden:

1. Digi-Hub-and-Spoke-Netzwerk – Aufbau eines Innovations- und Transferzentrums für Digitalisierung.
2. Bildungsoffensive digital.
3. Digitale Gründungsregion Mitteldeutschland.
4. Start-up-Event im Bereich XR/VR & Serious Gaming.

Neben den rahmenbildenden und kurz- bis mittelfristigen Leuchtturmprojekten wurden abschließend weitere drei visionäre Leuchtturmprojekte definiert. Im Gegensatz zu den kurz- bis mittelfristigen Leuchtturmprojekten liegt eine Anbahnung weiter in der Zukunft (bzw. benötigen entsprechende Vorlaufzeiten). Ziel ist es, die IRMD auch langfristig wettbewerbsfähig und innovativ zu machen. Nur durch eine möglichst frühzeitige Anbahnung solcher visionären Leuchtturmprojekte können neu entstehende Wachstumspotenziale genutzt und Standortvorteile gegenüber anderen Regionen erreicht werden.



1. Aufbau eines Technologieparks für Digitalisierung in Industrie und Wirtschaft in der Region Halle-Leipzig zur Ansiedlung von weiteren digitalaffinen Unternehmen.
2. Softwareschmiede für 6G.
3. Aufbau eines Daten-Ökosystems für das Thema Smart Mobility oder Smart Energy.

## Literaturverzeichnis

- ABI Research 2020      ABI Research: „LoRaWAN and NB-IoT: Competitors or complementary?. [https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/cr-lora-102\\_lorawanr\\_and\\_nb-iot.pdf](https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/cr-lora-102_lorawanr_and_nb-iot.pdf) (Zugriff: 29.07.2021)
- Aef.aero o. J.      Aef.aero: Unternehmenswebsite. <https://www.aef.aero/> (Zugriff: 09.08.2021)
- ABG-Info 2021      ABG-Info: „Grünes Licht für zwölf Strukturwandel-Projekte im mitteldeutschen Revier“. <http://www.abg-info.de/aktuelles-aus-politik-und-wirtschaft/gruenes-licht-fuer-zwoelf-strukturwandel-projekte-im-mitteldeutschen-revier/> (Zugriff: 10.08.2021)
- AI-Monday Leipzig o. J.      „AI Monday Leipzig“. <https://ai-monday.de/leipzig> (Zugriff 01.02.2021)
- Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg 2019      Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg: „Einsatzfelder von Künstlicher Intelligenz im Produktionsumfeld.“ Kurzstudie im Rahmen von „100 Orte für Industrie 4.0 in Baden-Württemberg“. URL: <https://www.i40-bw.de/wp-content/uploads/2020/09/Studie-Einsatzfelder-KI-im-Produktionsumfeld.pdf> (Zugriff: 08.08.2021)
- Amt für regionale Landesentwicklung Leine-Weser o. J.      Die Region Weserbergland erhält weitere Fördergelder für Smart Region REK. URL: [https://www.arl-lw.niedersachsen.de/neues\\_aus\\_der\\_region/die-region-weserbergland-erhalt-weitere-fordergelder-fur-smart-region-rek-183368.html](https://www.arl-lw.niedersachsen.de/neues_aus_der_region/die-region-weserbergland-erhalt-weitere-fordergelder-fur-smart-region-rek-183368.html).
- Ärzteblatt Sachsen-Anhalt 2020      Ärzteblatt Sachsen-Anhalt: „Forschungsprojekt „SmartHands“ – Manuelle Medizin digital lehren und lernen“. <https://www.aerzteblatt-sachsen-anhalt.de/ausgabe/neues-aus-dem-kammerbereich/632-neues-aus-dem-kammerbereich-0708-2020/3171-forschungsprojekt-smarthands.html> (Zugriff: 31.07.2021)
- Automationspraxis o. J.      Automationspraxis.de: „Cobot: Grundlagen und Wissenswertes rund um kollaborative Robotik“. <https://automationspraxis.industrie.de/cobot/> (Zugriff: 22.07.2021)
- Azkan, C., Goecke, H., Spiekermann, M. 2020      Wirtschaftsdienst.eu: „Forschungsbereiche der Datenökonomie“. <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2020/heft/2/beitrag/forschungsbereiche-der-datenoekonomie.html> (Zugriff: 09.08.2021)
- Badenschier 2021      Planet-wissen.de: „Nanotechnologie“. <https://www.planet-wissen.de/natur/forschung/nanotechnologie/index.html>; (Zugriff: 22.07.2021)



- Baums 2015 Baums, Al.: „Analyse – Was sind digitale Plattformen?“. <http://plattform-maerkte.de/wp-content/uploads/2015/10/Kompodium-I40-Analyserahmen.pdf> (Zugriff: 13.07.2021)
- STMD Bayern o. J. Bayerisches Staatsministerium für Digitalisierung: „Künstliche Intelligenz“. <https://www.stmd.bayern.de/themen/kuenstliche-intelligenz/> (Zugriff: 13.09.2021)
- BCG 2021 Boston Consulting Group: „Emerging Technologies“. <https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/emerging-technologies> (Zugriff: 26.07.2021)
- Bechtold 2021 Capgemini: „Intelligent Industry – drei Vorhersagen für die Produktion 2030“. <https://www.capgemini.com/de-de/2021/01/intelligent-industry-produktion-2030/> (Zugriff: 09.08.2021)
- Bergler 2018 IT-business.de: „Was ist ein Wearable?“. <https://www.it-business.de/was-ist-ein-wearable-a-784744/> (Zugriff: 22.07.2021)
- Beyond.pl 2021 Presse-blog.com: „Der Rechenzentrums-campus von Beyond.pl ist weltweit über Megaport-Konnektivitätsdienste erreichbar“. <https://www.presse-blog.com/2021/08/05/der-rechenzentrumscampus-von-beyond-pl-ist-weltweit-ueber-megaport-konnektivitaetsdienste-erreichbar/> (Zugriff: 10.08.2021)
- Bingler et al. 2020 Bingler, D., Finkler, M., Gode, A., Löschner, O., Nadel, H.P., Naujoks, F., Nitsche, M., Sontow, K., Tröger, K.: „ERP und Robotic Process Automation (RPA) – Eine Einordnung“. Bitkom, Berlin, 2020; [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-04/200415\\_lf\\_rpa-und-erp.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-04/200415_lf_rpa-und-erp.pdf) (Zugriff: 22.07.2021)
- Bitkom 2020 Bitkom Research GmbH: „Trendstudie Digitalisierung 2020. Deutschland lernt KI. Wie Unternehmen digitale Technologien einsetzen.“ Durchgeführt von Tata Consultancy Services. Berlin, 2020; [https://downloads.studie-digitalisierung.de/2020/de/Trendstudie\\_TCS\\_2020\\_Bericht\\_DE.pdf](https://downloads.studie-digitalisierung.de/2020/de/Trendstudie_TCS_2020_Bericht_DE.pdf) (Zugriff: 27.07.2021)
- Bitkom 2019 Bitkom: „Trendstudie Digitalisierung 2019“. Berlin, 2019; <https://www.bitkom-research.de/de/Trendstudie-Digitalisierung-19> (Zugriff: 26.07.2021)
- Bitkom & Fraunhofer IESE 2019 Bitkom & Fraunhofer IESE: „Smart-City-Atlas – Die kommunale digitale Transformation in Deutschland“. Berlin, 2019; <https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-03/190318-Smart-City-Atlas.pdf> (Zugriff: 10.08.2021)
- Bitkom 2018 Bitkom: „Die Hightech-Themen 2018“. Berlin, 2018; <https://www.bitkom-research.de/de/pressemitteilung/blockchain-wird-zu-einem-top-thema-der-digitalwirtschaft> (Zugriff: 26.07.2021)

- Bitkom o. J. Bitkom: „Arbeitskreis Big Data & Advanced Analytics“. Berlin, o.J.; <https://www.bitkom.org/Bitkom/Organisation/Gremien/Big-Data-und-Advanced-Analytics.html> (Zugriff: 09.08.2021)
- Blockchain-Schaufensterregion Mittweida 2020 Blockchain-Schaufensterregion Mittweida: „Projekt Mobility 4All“. <https://blockchain-mittweida.com/mobility4all/> (Zugriff: 31.07.2021)
- BMBF 2021a Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): „Photonik: Eine Schlüsseltechnologie der Digitalisierung“. [https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/forschung-fuer-arbeit/photonik-eine-schluesseltechnologie-der-digitalisierung/photonik-eine-schluesseltechnologie-der-digitalisierung\\_node.html](https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/forschung-fuer-arbeit/photonik-eine-schluesseltechnologie-der-digitalisierung/photonik-eine-schluesseltechnologie-der-digitalisierung_node.html) (Zugriff: 22.07.2021)
- BMBF 2021b Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). [https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/04/3528\\_bekanntmachung](https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/04/3528_bekanntmachung) (Zugriff: 09.08.2021)
- BMI 2019 Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI). „Cyberagentur des Bundes nach Halle/Saale und Leipzig“. Berlin, 2019; <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2019/07/20190703-cyberagentur.html> (Zugriff: 09.08.2021)
- BMI 2020 Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI): „Online Kompendium Cybersicherheit in Deutschland“. Berlin, 2020; <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2020/11/online-kompendium-cybersicherheit-in-deutschland.html> (Zugriff: 13.09.2021)
- BMI o. J. Onlinezugangsgesetz (OZG). URL: <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/moderne-verwaltung/verwaltungsmodernisierung/onlinezugangsgesetz/onlinezugangsgesetz-node.html> (Zugriff: 22.07.2021).
- BMU 2020 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): „Was ist 5G und wie unterscheidet sich 5G von den bisherigen Mobilfunkstandards?“. Berlin, 2020; <https://www.bmu.de/faq/was-ist-5g-und-wie-unterscheidet-sich-5g-von-den-bisherigen-mobilfunkstandards/> (Zugriff: 10.07.2021)
- BMVI 2021a Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): „Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand: Ende 2020)“. Berlin, 2021 (veröffentlicht am 10.05.2021); <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitband-verfuegbarkeit-ende-2020.html> (Zugriff: 21.07.2021)

- BMVI 2021b Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): „Der Breitbandatlas“. <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Breitbandatlas-Karte/start.html> (Zugriff: 13.07.2021)
- BMVI 2021c Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): „Gesetz zum autonomen Fahren tritt in Kraft“. Berlin, 2021; <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html> (Zugriff: 09.08.2021)
- BMVI 2021d Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): „5G-Innovationswettbewerb – Geförderte Umsetzungsprojekte (erste Runde)“. Berlin, 2021; <https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Artikel/DG/5g-innovationswettbewerb-tabelle-stufe-3.html> (Zugriff: 26.07.2021)
- BMVI & DIHK 2021 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) & Deutscher Industrie- und Handelskammertag (DIHK): „Initiative Fachkräfte für den Glasfaserausbau – Warum Glasfaser?“. Berlin, 2020; <https://www.glasfaserausbau.org/warum-glasfaser/> (Zugriff: 05.07.2021)
- BMVI 2020 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): „Sitz der neuen Mobilfunkinfrastrukturgesellschaft wird Naumburg - starkes Signal für die neuen Länder“. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2020/077-scheuer-mobilfunkinfrastrukturgesellschaft.html> (Zugriff: 22.07.2021)
- BMVI 2016 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): „Schnelles Internet in ländlichen Räumen im internationalen Vergleich“. Berlin, 2016; <https://d-nb.info/1119081947/34> (Zugriff: 21.07.2021)
- BMVI o. J.a Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): „5G-Innovationsprogramm“. Berlin, o.J.; <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Frequenzen-Mobilfunk-und-Digitalradio/5G/5g.html> (Zugriff: 09.08.2021)
- BMVI o. J.b Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): „5G-Innovationswettbewerb – Projekte und Beschreibung“. Berlin, o.J.; <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/5g-innovationswettbewerb-tabelle.html> (Zugriff: 26.07.2021)
- BMWi 2020b Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): „IKT-Branchenbild. Volkswirtschaftliche Kennzahlen, Innovations- und Gründungsgeschehen 2020“. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/ikt-branchenbild.html> (Zugriff: 22.07.2021).

BMW 2020c	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): „Leitfaden 5G-Campusnetze – Orientierungshilfe für kleine und mittelständische Unternehmen“. Berlin, 2020; <a href="https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/leitfaden-5G-campusnetze-orientierungshilfe-fuer-kleine-und-mittelstaendische-unternehmen.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=6">https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/leitfaden-5G-campusnetze-orientierungshilfe-fuer-kleine-und-mittelstaendische-unternehmen.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=6</a> (Zugriff: 22.07.2021)
BMW 2020d	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): „Altmaier begrüßt den Aufbau von vier DLR-Einrichtungen in den Braunkohlerevierern (03.07.2020)“. <a href="https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/20200703-altmaier-begruesst-den-aufbau-von-vier-dlr-einrichtungen-in-den-braunkohlerevierern.html">https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/20200703-altmaier-begruesst-den-aufbau-von-vier-dlr-einrichtungen-in-den-braunkohlerevierern.html</a> (Zugriff: 27.07.2021)
BMW 2018	Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018. URL: <a href="https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/monitoring-report-wirtschaft-digital-2018-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4">https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/monitoring-report-wirtschaft-digital-2018-langfassung.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4</a> (Zugriff: 08.04.2021).
BMW o. J.	Reallabore – Testräume für Innovation und Regulierung. URL: <a href="https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html">https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html</a> .
Bundesnetzagentur 2021a	Bundesnetzagentur: „Mobilfunk Monitoring der Bundesnetzagentur“ (Stand April 2021). <a href="https://www.breitband-monitor.de/mobilfunk-monitoring">https://www.breitband-monitor.de/mobilfunk-monitoring</a> (Zugriff: 26.07.2021)
Bundesnetzagentur 2021b	Bundesnetzagentur: „Übersicht der Zuteilungsinhaber für Frequenzzuteilungen für lokale Frequenznutzungen im Frequenzbereich 3.700-3.800 MHz“. Berlin, 2021; <a href="https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Offentliche-Netze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber3,7GHz.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=11">https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Offentliche-Netze/LokaleNetze/Zuteilungsinhaber3,7GHz.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=11</a> (Zugriff 22.07.2021)
Bundesregierung 2021	Bundesregierung: „Deutschlands erster Quantencomputer in Betrieb“. Berlin, 2021; <a href="https://www.heise.de/news/Google-will-Quantencomputer-fuer-den-Praxiseinsatz-bis-2030-bauen-6050495.html">https://www.heise.de/news/Google-will-Quantencomputer-fuer-den-Praxiseinsatz-bis-2030-bauen-6050495.html</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Bundesregierung 2020	Bundesregierung: „Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung“. Berlin, 2020; <a href="https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/strategie-kuenstliche-intelligenz-fortschreibung-2020.html">https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/strategie-kuenstliche-intelligenz-fortschreibung-2020.html</a> (Zugriff: 06.08.2021)
Bundesregierung o. J.	Ein neues Zeitalter hat begonnen. URL: <a href="https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/energie-erzeugen/erneuerbare-energien-317608">https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/energie-erzeugen/erneuerbare-energien-317608</a> (Zugriff: 22.07.2021).

- Cancom 2019      Cancom: „Blockchain: Was ist das überhaupt?“. <https://www.cancom.info/2019/01/blockchain-was-ist-das-ueberhaupt/> (Zugriff: 28.07.2021)
- Carayannis & Campbell 2009      Carayannis, Elias G.; Campbell, David F.J.: „'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21<sup>st</sup> century fractal innovation ecosystem". Int. J. Technology Management, Vol. 46, Nos. 3/4, 2009, [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3572572/mod\\_resource/content/1/8-carayannis2009.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3572572/mod_resource/content/1/8-carayannis2009.pdf) (Zugriff: 23.03.2021)
- Catena-X o. J.      Catena-X: „Allianz für sicheren und standardisierten Datenaustausch“. <https://catena-x.net/de/> (Zugriff: 15.07.2021)
- CBRE 2020      CBRE: „Deutschland Data Center 2020“. <https://www.cbre.de/de-de/research/Deutschland-Data-Center-2020> (Zugriff: 10.08.2021)
- Chowdhury et al. 2020      Chowdhury, M., Shahjalal, M., Ahmed, S., Min Yang, Y.: „6G Wireless Communication Systems: Applications, Requirements, Technologies, Challenges, and Research Directions". Journal of the Communication Society, 2020; DOI: 10.1109/OJCOMS.2020.3010270 (Zugriff: 11.07.2021)
- Cloer 2016      Cloer, Thomas: „Was ist Blockchain – und was ist so spannend an Blockchain?“. <https://www.retarus.com/blog/de/was-ist-blockchain-und-was-ist-so-spannend-an-blockchain/> (Zugriff: 22.07.2021)
- Constitute e.V. 2017.      Das Fabmobil ist da. URL: <https://fabmobil.org/the-mobil/> (Zugriff: 07.09.2021)
- Costello 2021      Gartner: „Gartner predicts the future of cloud and edge infrastructure“. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-predicts-the-future-of-cloud-and-edge-infrastructure/> (Zugriff: 29.07.2021)
- Cryptopedia 2021      Cryptopedia: „Gaming and Non-Fungible Tokens“. <https://www.gemini.com/cryptopedia/nft-blockchain-gaming-industry> (Zugriff: 31.07.2021)
- Cyberagentur 2021      Cyberagentur: „Über uns“. <https://cyberagentur.connectoor.de/> (Zugriff: 09.08.2021)
- Cyber Valley o. J.      Cyber Valley: „Europas größtes KI-Forschungskonsortium“. <https://cyber-valley.de/de> (Zugriff: 13.09.2021)
- Data Center Journal 2020      Data Center Journal: „Summary of Germany's Data Centers“. <https://www.datacenterjournal.com/data-centers/germany/> (Zugriff: 30.07.2021)
- DE-CIX 2020      DE-CIX: „Keeping the pioneering spirit alive“. <https://withoutyou.de-cix.net/the-pioneering-spirit/> (Zugriff: 26.07.2021)



- Deloitte 2020 Tech Trends 2020, S Buchholz, B. Briggs. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends/2020/executive-summary.html> (Zugriff: 22.07.2021)
- DESTATIS 2016 IKT in Unternehmen, IKT-Branche; <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Unternehmen/IKT-in-Unternehmen-IKT-Branche/Tabellen/iktb-03-unternehmen-te-tige-umsatz-investitionen.html;jsessionid=E25175A94B32180620344ACBD7D82A64.internet742> (Zugriff: 27.04.2021).
- DESTATIS 2020 Qualitätsbericht – Unternehmensregister-System. Wiesbaden, 2020; <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Qualitaet/Qualitaetsberichte/Unternehmen/unternehmensregister.html> (Zugriff: 21.07.2021)
- Deutsche Telekom o. J. Deutsche Telekom: „5G Technologie in industriellen Campus-Netzen“. <https://www.telekom.com/de/konzern/details/5g-technologie-in-campus-netzen-556690> (Zugriff 23.07.2021)
- Digitalagentur Thüringen o. J. Digitale Gesellschaft. URL: <https://www.digitalagentur-thueringen.de/digitale-gesellschaft/>.
- Digital Innovation Hub Düsseldorf/Rheinland o. J. Über uns. URL: <https://www.digihub.de/ueber-uns>.
- Donath et al. 2021 Donath, D., Gill, C., Noffke, O. (Tagesschau): „Glasfaserausbau in Deutschland – Ziele kaum noch zu erreichen (Stand: 26.02.2021)“. <https://www.tagesschau.de/investigativ/kontraste/breitbandausbau-103.html> (Zugriff: 10.07.2021)
- Dubai Internet City o. J. Dubai Internet City: „About us“. <https://dic.ae/discover/about-us> (Zugriff: 11.07.2021)
- Eichenseer 2018 Eichenseer, Michael; <https://mikenseer.medium.com/game-design-is-the-backbone-of-xr-d93f398b796c> (Zugriff: 05.10.2021)
- Elektronik Kompendium o. J.a Elektronik Kompendium: „Glasfaser-Netzarchitektur“. <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/1403191.html> (Zugriff: 09.07.2021)
- Elektronik Kompendium o. J.b Elektronik Kompendium: „LPWAN - Low Power Wide Area Network“. <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/2207181.htm> (Zugriff: 10.08.2021)
- Elektronik Kompendium o. J.c Elektronik Kompendium: „LoRa / LoRaWAN - Long Range Wide Area Network“. <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/2203171.htm> (Zugriff: 10.08.2021)
- Epic Insights 2021 Epic-Insights.com: „Big Data Analytics für Ihr digitales Business“. <https://epic-insights.com/big-data-analytics/> (Zugriff: 20.07.2021)



Ericsson 2020	Ericsson: „Ericsson Mobility Report“. <a href="https://www.ericsson.com/49da93/assets/local/mobility-report/documents/2020/june2020-ericsson-mobility-report.pdf">https://www.ericsson.com/49da93/assets/local/mobility-report/documents/2020/june2020-ericsson-mobility-report.pdf</a> (Zugriff: 26.07.2021)
ESA Earth Observation Portal 2021	ESA Earth Observation Portal: „Starlink Satellite Constellation of SpaceX“. <a href="https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/starlink">https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/starlink</a> (Zugriff: 10.08.2021)
EU-Kommission 2021a	EU-Kommission: „Shaping Europes digital future - Country information - Finland“. <a href="https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/country-information-finland">https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/country-information-finland</a> (Zugriff: 15.07.2021)
EU-Kommission 2021b	EU-Kommission: „Shaping Europes digital future - Country information - Sweden“. <a href="https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/country-information-sweden">https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/country-information-sweden</a> (Zugriff: 15.07.2021)
EU-Kommission 2021c	EU-Kommission: „EU-Kommission legt Digitalziele für 2030 vor“. <a href="https://ec.europa.eu/germany/news/2021-03-09-digitalziele-2030_de">https://ec.europa.eu/germany/news/2021-03-09-digitalziele-2030_de</a> (Zugriff: 09.08.2021)
European Cockpit Association 2020	European Cockpit Association: „Unmanned Aircraft Systems and the concepts of Automation and Autonomy“. <a href="https://www.eurocockpit.be/sites/default/files/2020-04/Automation_Autonomy_ECA_Briefing_Paper_20_0423_F_1.pdf">https://www.eurocockpit.be/sites/default/files/2020-04/Automation_Autonomy_ECA_Briefing_Paper_20_0423_F_1.pdf</a> (Zugriff: 12.07.2021)
Evcenko, D. 2020	Fraunhofer IAO: „5G-Mobilfunk: Ist der Hype gerechtfertigt?“. <a href="https://blog.iao.fraunhofer.de/5g-mobilfunk-ist-der-hype-gerechtfertigt/">https://blog.iao.fraunhofer.de/5g-mobilfunk-ist-der-hype-gerechtfertigt/</a> (Zugriff: 13.07.2021)
Finsterbusch, S. 2021	Faz.de: „Quantencomputer in Deutschland - In fünf Jahren wollen wir einen wettbewerbsfähigen Rechner“. <a href="https://m-faz-net.cdn.ampproject.org/c/s/m.faz.net/aktuell/wirtschaft/zweimilliarden-euro-fuer-konkurrenzfaehigen-quantencomputer-17155600.amp.html">https://m-faz-net.cdn.ampproject.org/c/s/m.faz.net/aktuell/wirtschaft/zweimilliarden-euro-fuer-konkurrenzfaehigen-quantencomputer-17155600.amp.html</a> (Zugriff: 22.07.2021)
Förster 2021	Heise online: „Google will Quantencomputer für den Praxiseinsatz bis 2030 bauen“. <a href="https://www.heise.de/news/Google-will-Quantencomputer-fuer-den-Praxiseinsatz-bis-2030-bauen-6050495.html">https://www.heise.de/news/Google-will-Quantencomputer-fuer-den-Praxiseinsatz-bis-2030-bauen-6050495.html</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Forbes 2020	Forbes: „These 25 Technology Trends Will Define The Next Decade“. <a href="https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2020/04/20/these-25-technology-trends-will-define-the-next-decade/#396c555529e3">https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2020/04/20/these-25-technology-trends-will-define-the-next-decade/#396c555529e3</a> (Zugriff: 23.07.2021)
Forschungsfeld Lausitz o. J.	Forschungsfeld Lausitz: „Erprobungsschwerpunkte“. <a href="https://forschungsfeld-lausitz.de/projekt/">https://forschungsfeld-lausitz.de/projekt/</a> (Zugriff: 09.08.2021)

- Fraunhofer 2019 Fraunhofer: „Biointelligenz – Eine neue Perspektive für nachhaltig industrielle Wertschöpfung“. Stuttgart, 2019; <http://publica.fraunhofer.de/starweb/servlet.starweb?path=urn.web&se-arch=urn:nbn:de:0011-n-5412052> (Zugriff: 09.08.2021)
- Fraunhofer o. J. Fraunhofer: „Fraunhofer-Allianz Big Data und Künstliche Intelligenz BIG DATA AI“. <https://www.fraunhofer.de/de/institute/institute-einrichtungen-deutschland/fraunhofer-allianzen/big-data-and-artificial-intelligence.html> (Zugriff: 30.07.2021)
- Fraunhofer IAS 2021 Fraunhofer IAS: „Fraunhofer startet Leitprojekt zur Entwicklung von Technologien für 6G-Mobilfunk“. <https://www.iaf.fraunhofer.de/de/medien/pressemitteilungen/start-leitprojekt-sentinel.html> (Zugriff: 09.08.2021)
- Fraunhofer IESE 2021 Fraunhofer IESE: „Digitaler Zwilling – die Technologie der Zukunft“. [https://www.iese.fraunhofer.de/de/innovation\\_trends/digitaler-zwilling.html](https://www.iese.fraunhofer.de/de/innovation_trends/digitaler-zwilling.html) (Zugriff: 14.07.2021)
- Fraunhofer IGB 2021 Fraunhofer IGB: „Biologische Transformation“. <https://www.igb.fraunhofer.de/de/leitthemen/biologische-transformation.html> (Zugriff: 13.07.2021)
- Fraunhofer IIS 2021 Fraunhofer IIS: „Data Analytics Methoden“. <https://www.scs.fraunhofer.de/de/vision/data-analytics.html> (Zugriff: 09.08.2021)
- Fraunhofer IKS 2021 Fraunhofer IKS: „Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen“. <https://www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz.html> (Zugriff: 22.07.2021)
- FS Community 2020 FS Community: „Wi-Fi 6 vs. 5G: Technik und Anwendungen“. <https://community.fs.com/de/blog/wifi-6-vs-5g.html> (Zugriff: 22.07.2021)
- Future Today Institute 2021 Future Today Institute: „Tech Trends Report 2021“. New York, 2021. <https://futuretodayinstitute.com/trends/> (Zugriff: 22.07.2021).
- Games und XR Mitteldeutschland o. J. „Über den Verband“. URL: <https://www.games-und-xr.de> (Zugriff: 05.08.2021).
- Gao 2020 Communication Industry Network: „Eine Zusammenfassung der Etappen zu 6G“. <http://www.ccidcom.com/yaowen/20201201/5nA6gOf-VrSNml7I9Y17y4v5vr049c.html> (Zugriff: 11.08.2021)
- Geschäftsstelle für NHR 2021 Geschäftsstelle für Nationales Hochleistungsrechnen (NHR): „NHR-Zentren“. Berlin, 2021; <https://www.nhr-gs.de/ueber-uns/nhr-zentren> (Zugriff: 10.08.2021)
- Gill 2020 Gartner: „2021 Strategic Roadmap for Edge Computing“. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2586TMA2&ct=210216&st=sb> (Zugriff: 29.07.2021)

- Gillmann 2021 Handelsblatt: „Bund investiert 700 Millionen Euro in 6G-Netz“. <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/kommunikationstechnologie-bund-investiert-700-millionen-euro-in-6g-netz-/27081042.html?ticket=ST-3660277-LIQobvB9lTxCGxiOQCV6-ap3> (Zugriff: 09.08.2021)
- Global mobile Suppliers Association (GSA) 2021 GSA: „5G Commercial Networks Are Now Live In More Than 60 Countries“. <https://gsacom.com/press-release/5g-commercial-networks-are-now-live-in-more-than-60-countries/> (Zugriff: 22.07.2021)
- Godfrey 2021 Godfrey, Benjamin (iMi Blockchain): „Gartner Blockchain Hype Cycle 2021: Wo stehen wir & wie weiter“. <https://imiblockchain.com/de/der-gartner-blockchain-hype-cycle/> (Zugriff: 31.07.2021)
- Grau 2021 The Things Network (TTN): „7. Community-Treffen“. <https://www.thethingsnetwork.org/community/mitteldeutschland/post/7-community-treffen> (Zugriff: 10.08.2021)
- Günes, Ü. 2020 Telekom: „Die 5 größten Missverständnisse rund um NB-IoT“. <https://iot.telekom.com/de/blog/die-5-groessten-missverstaendnisse-rund-um-nb-iot> (Zugriff: 12.08.2021)
- Haddadin 2020 Bosch: „Zukunft der Robotik: Das Zeitalter von Mensch und Maschine“. <https://www.bosch.com/de/stories/zukunft-der-robotik/> (Zugriff: 30.07.2021)
- Handelsblatt 2021 Handelsblatt: „Deutsche Telekom meldet große Fortschritte beim 5G-Ausbau“. Bonn, 2021; <https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/mobilfunk-deutsche-telekom-meldet-grosse-fortschritte-beim-5g-ausbau/27041228.html?ticket=ST-12203862-J1Wb2ajm7fWYRkbQc1Fx-ap3> (Zugriff: 20.07.2021)
- Herrnberger 2021 Blockchainwelt.de: „NFTs, Non fungible Token erobern die Kunst!“. <https://blockchainwelt.de/blockchain-trends-nft-erobern-kunst/> (Zugriff: 30.07.2021)
- Hersbach 2019 BNS Data Logistics: „Ist 5G die neue Glasfaser?“. <https://www.bns.de/nieuws/ist-5g-die-neue-glasfaser/> (Zugriff: 10.07.2021)
- Hintemann 2017 Borderstep Institut: „Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation“. Berlin, 2017; <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/Kurzstudie-RZ-Markt-Bitkom-final-20-11-2017.pdf> (Zugriff: 10.08.2021)
- HLRS o. J. HLRS: Unternehmenswebsite. <https://www.hlrs.de/home/> (Zugriff: 10.08.2021)

Holland 2021	Heise online: „Satelliteninternet Starlink hat jetzt 90.000 Kunden in 12 Staaten“. <a href="https://www.heise.de/news/Satelliteninternet-Starlink-Schon-rund-90-000-Kunden-in-12-Staaten-6154949.html?wt_mc=nl.red.ho.ho-nl-daily.2021-08-05.link.link">https://www.heise.de/news/Satelliteninternet-Starlink-Schon-rund-90-000-Kunden-in-12-Staaten-6154949.html?wt_mc=nl.red.ho.ho-nl-daily.2021-08-05.link.link</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Huawei 2020	Huawei: „2020 Annual Report“. Shenzhen, 2020; <a href="https://www-file.huawei.com/minisite/media/annual_report/annual_report_2020_en.pdf">https://www-file.huawei.com/minisite/media/annual_report/annual_report_2020_en.pdf</a> (Zugriff: 22.07.2021)
Hyve 2021	Hyve.de: „XR, AR, VR, MR – hinter Abkürzungen verbergen sich Welten“. <a href="https://www.hyve.net/de/blog/all-about-virtual-reality/">https://www.hyve.net/de/blog/all-about-virtual-reality/</a> (Zugriff: 22.07.2021)
IAB 08/2013	FDZ-Methodenreport – Methodische Aspekte zu Arbeitsmarktdaten: <a href="http://doku.iab.de/fdz/reporte/2013/MR_08-13.pdf">http://doku.iab.de/fdz/reporte/2013/MR_08-13.pdf</a> (Zugriff: 12.08.2021)
IAB Regional 2018	IAB, Aktualisierte Substituierbarkeitspotenziale Sachsen-Anhalt (IAB Regional 1/2018): <a href="http://doku.iab.de/regional/S/2018/regional_s_0418.pdf">http://doku.iab.de/regional/S/2018/regional_s_0418.pdf</a> (Zugriff: 05.08.2021) Thüringen (IAB Regional 2/2018): <a href="http://doku.iab.de/regional/SAT/2018/regional_sat_0218.pdf">http://doku.iab.de/regional/SAT/2018/regional_sat_0218.pdf</a> (Zugriff: 05.08.2021) Sachsen (IAB Regional 4/2018): <a href="http://doku.iab.de/regional/S/2018/regional_s_0418.pdf">http://doku.iab.de/regional/S/2018/regional_s_0418.pdf</a> (Zugriff: 05.08.2021)
IAB-Forschungsbericht 13/2016	IAB: „Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie“. <a href="http://doku.iab.de/forschungsbericht/2016/fb1316.pdf">http://doku.iab.de/forschungsbericht/2016/fb1316.pdf</a> (Zugriff: 05.08.2021)
IAB-Kurzbericht 09/2018	Arbeitsmarkteffekte der Digitalisierung bis 2035: Regionale Branchenstruktur spielt eine wichtige Rolle: <a href="http://doku.iab.de/kurzber/2018/kb0918.pdf">http://doku.iab.de/kurzber/2018/kb0918.pdf</a> (Zugriff: 12.08.2021)
IAB-Kurzbericht 13/2021	IAB: „Folgen des technologischen Wandels für den Arbeitsmarkt: Auch komplexere Tätigkeiten könnten zunehmend automatisiert werden“. <a href="http://doku.iab.de/kurzber/2021/kb2021-13.pdf">http://doku.iab.de/kurzber/2021/kb2021-13.pdf</a> (Zugriff: 05.08.2021)
IEEE Communication Society 2020	IEEE Communications Society: „Nine Communications Technology Trends for 2020“. <a href="https://www.comsoc.org/publications/ctn/nine-communications-technology-trends-2020">https://www.comsoc.org/publications/ctn/nine-communications-technology-trends-2020</a> (Zugriff: 23.07.2021)
IHK Offenbach o. J.	Cross Innovation Netzwerk. URL: <a href="https://www.offenbach.ihk.de/innovation-umwelt/cross-innovation-netzwerk/">https://www.offenbach.ihk.de/innovation-umwelt/cross-innovation-netzwerk/</a> .
IHS Markit & Omdia 2020	IHS Markit & Omdia: „The 5G Economy in a Post-COVID-19 Era – The role of 5G in a post-pandemic world economy“.

- <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/the-5g-economy-in-a-post-covid-19-era-report.pdf> (Zugriff: 22.07.2021)
- iMedCom o. J. iMedCom: „Unternehmen“. <https://imedcom.net/> (Zugriff: 09.08.2021)
- Industrie.de 2020 Industrie.de: „Telekom und Ericsson statten BMW-Werk mit Campus-Netz aus“. <https://industrie.de/5g-mobilfunkstandard/telekom-und-ericsson-statten-bmw-werk-mit-campus-netz-aus/> (Zugriff: 09.08.2021)
- Ionos 2020 Ionos: „Was ist ein Rechenzentrum?“. <https://www.ionos.de/digitalguide/server/knowhow/was-ist-ein-rechenzentrum/> (Zugriff: 10.08.2021)
- IRMD 2020. Durchgeführt von Conomic Research & Results Technologiefeldanalyse Innovationsregion Mitteldeutschland – Zentrale Ergebnisse. Durchgeführt von Conomic Research & Results. URL: [https://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2020/09/C1929X11\\_Technologiefeldanalyse\\_IRMD\\_zentrale-Ergebnisse.pdf](https://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2020/09/C1929X11_Technologiefeldanalyse_IRMD_zentrale-Ergebnisse.pdf) (Zugriff: 22.07.2021).
- IRMD 2021. Durchgeführt von der Prognos AG Sozio-ökonomische Perspektive 2040 – Analyse und Bewertung der demografischen und wirtschaftlichen Perspektive 2040 für die Innovationsregion Mitteldeutschland. URL: [https://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2021/06/210629\\_Perspektive-2040.pdf](https://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2021/06/210629_Perspektive-2040.pdf)
- IRMD o. J. IRMD: „Geförderte Projekte (Modellvorhaben „Unternehmen Revier“)“. <https://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/projekte/> (Zugriff: 27.07.2021)
- IT Magazine 2020 IT Magazine: „WiFi 6 & 5G: Zweifach-Boost für Unternehmensnetze“. [https://www.itmagazine.ch/artikel/seite/73383/2/WiFi\\_6\\_\\_5G\\_Zweifach-Boost\\_fuer\\_Unternehmensnetze.html](https://www.itmagazine.ch/artikel/seite/73383/2/WiFi_6__5G_Zweifach-Boost_fuer_Unternehmensnetze.html) (Zugriff: 20.07.2021)
- IT Mitteldeutschland o. J. Über uns. URL: <https://it-mitteldeutschland.de/ueber-uns/> (Zugriff: 22.07.2021).
- Kaspersky 2021 Kaspersky: „Was ist Cybersicherheit?“. <https://www.kaspersky.de/resource-center/definitions/what-is-cyber-security> (Zugriff: 22.07.2021)
- Karcher 2019 Mittelstandswiki: „Kostspielig, aber zukunftsfähig“. [https://www.mittelstandswiki.de/wissen/Glasfaser,\\_Teil\\_1](https://www.mittelstandswiki.de/wissen/Glasfaser,_Teil_1) (Zugriff: 05.07.2021)
- Kirchem & Waack 2021 Personas entwickeln für Marketing, Vertrieb und Kommunikation: Grundlagen, Konzept und praktische Umsetzung. Springer Gabler, Wiesbaden: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33088-0>



Klaus 2020	IT-Service.Network: „Cyberagentur der Regierung gegründet“. <a href="https://it-service.network/blog/2020/08/18/cyberagentur/">https://it-service.network/blog/2020/08/18/cyberagentur/</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Kompetenz- zentrum Öffentliche IT 2021	Kompetenzzentrum Öffentliche IT: „Blockchain“. <a href="https://www.oefentliche-it.de/-/blockchain">https://www.oefentliche-it.de/-/blockchain</a> (Zugriff: 30.07.2021)
Kreativstandort Mitteldeutsch- land o. J.	Nudelfabrik, Zeitz. URL: <a href="https://www.kreativorte-mitteldeutschland.de/orte/nudelfabrik-zeitz/">https://www.kreativorte-mitteldeutschland.de/orte/nudelfabrik-zeitz/</a> .
Kroker 2019	Wiwo.de: „Internet of Things: Knapp 27 Milliarden vernetzte Geräte – oder 3 IoT-Gadgets je Mensch“. <a href="https://blog.wiwo.de/look-at-it/2019/09/09/internet-of-things-knapp-27-milliarden-vernetzte-geraete-oder-3-iot-gadgets-je-mensch/">https://blog.wiwo.de/look-at-it/2019/09/09/internet-of-things-knapp-27-milliarden-vernetzte-geraete-oder-3-iot-gadgets-je-mensch/</a> (Zugriff: 19.07.2021)
Kuhaupt 2021	The Things Network Mitteldeutschland (TTN): „Vorstellung eines Smart City Projekts in Zeitz“. <a href="https://drive.google.com/file/d/1c4wJJMLPSTsy-HaWeH-JKm7fGX9d6rRkr/view">https://drive.google.com/file/d/1c4wJJMLPSTsy-HaWeH-JKm7fGX9d6rRkr/view</a> (Zugriff 18.05.2021)
Landeshaupt- stadt Magdeburg o. J.	Landeshauptstadt Magdeburg: „Ministerium fördert 5G-Campus an Uni Magdeburg“. <a href="https://www.magdeburg.de/index.php?ModID=7&amp;FID=37.20472.1&amp;object=tx%7C37.20472.1">https://www.magdeburg.de/index.php?ModID=7&amp;FID=37.20472.1&amp;object=tx%7C37.20472.1</a> (Zugriff: 27.07.2021)
Landkreis Erlan- gen-Höchstadt o. J.	Bewerbung des Landkreises Erlangen-Höchstadt um das Qualitäts-siegel „Digitale Bildungsregion in Bayern“. URL: <a href="https://www.erlangen-hoechstadt.de/media/6601/bewerbungskonzept-digitale-bildungsregion-erlangen-hoechstadt.pdf">https://www.erlangen-hoechstadt.de/media/6601/bewerbungskonzept-digitale-bildungsregion-erlangen-hoechstadt.pdf</a> .
Landkreis Leer o. J.	Digital Hub Ostfriesland. URL: <a href="https://www.landkreis-leer.de/Wirtschaft-Bauen/Digital-Hub-Ostfriesland/">https://www.landkreis-leer.de/Wirtschaft-Bauen/Digital-Hub-Ostfriesland/</a> .
Large 2021	All-electronics.de: „Infineon plant milliardenschwere Investitionen in Dresden“. <a href="https://www.all-electronics.de/markt/infineon-plant-milliardenschweren-investitionen-in-dresden.html">https://www.all-electronics.de/markt/infineon-plant-milliardenschweren-investitionen-in-dresden.html</a> (Zugriff: 11.08.2021)
La Rocco 2020	Computerbase: „6G: 1 Tbit/s für die Hologramm-Projektion im Jahr 2028“. <a href="https://www.computerbase.de/2020-07/samsung-6g-terabit-2028/">https://www.computerbase.de/2020-07/samsung-6g-terabit-2028/</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Lauer 2019	Funkschau.de: „Die Genese der Rechenzentren“. <a href="https://www.funkschau.de/datacenter-netzwerke/die-genese-der-rechenzentren.166388.html">https://www.funkschau.de/datacenter-netzwerke/die-genese-der-rechenzentren.166388.html</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Leipzig-Alten- burg Airport 2021	Leipzig-Altenburg Airport: „Europäisches Drohnen-Zentrum (EDZ)“. Leipzig, 2021.; <a href="https://www.leipzig-altenburg-airport.de/fuer-unternehmen/europaeisches-drohnen-zentrum-edz">https://www.leipzig-altenburg-airport.de/fuer-unternehmen/europaeisches-drohnen-zentrum-edz</a> (Zugriff: 09.08.2021)



- Leipziger Neu-  
seenland 2021      Leipziger Neuseeland: „Pilotprojekt FLASH (Fahrerloses Automati-  
siertes Shuttle) im Landkreis Nord Sachsen“. [https://leipziger-neu-  
seenland.org/blog/details/projekt-autonomes-fahren-im-land-  
kreis-nord-sachsen-nimmt-fahrt-auf](https://leipziger-neu-<br/>seenland.org/blog/details/projekt-autonomes-fahren-im-land-<br/>kreis-nord-sachsen-nimmt-fahrt-auf) (Zugriff: 27.07.2021)
- Leipzig vernetzt  
o. J.      Leipzig vernetzt: „Die regionale Wirtschaftsinitiative“. <https://www.leipzig-vernetzt.de/> (Zugriff: 29.07.2021)
- LineMetrics o. J.      LineMetrics: „Endlich verständlich: LoRa (und LoRaWAN) einfach er-  
klärt!“. [https://www.linemetrics.com/de/lora-und-lorawan-ein-  
fach-erklart](https://www.linemetrics.com/de/lora-und-lorawan-ein-<br/>fach-erklart) (Zugriff: 10.08.2021)
- Logistics Living  
Lab o. J.      Logistics Living Lab: „DE4L – Data Economy 4 Advanced Logistics“. <https://logistics-living-lab.de/projekte/> (Zugriff: 09.08.2021)
- Luber & Karls-  
tetter 2017      Cloudcomputing Insider: „Definition: XaaS (Anything as a Service) –  
Was ist XaaS? „Anything as a Service““. [https://www.cloudcompu-  
ting-insider.de/was-ist-xaas-anything-as-a-service-a-670272/](https://www.cloudcompu-<br/>ting-insider.de/was-ist-xaas-anything-as-a-service-a-670272/)  
(Zugriff: 09.08.2021)
- Lünendonk 2021      Lünendonk & Hossenfelder GmbH: „Quo vadis, Rechenzentrum?  
Zwischen Wachstum und Regulierung“. [https://www.cbre.de/de-  
de/ueber-cbre/unsere-unternehmen](https://www.cbre.de/de-<br/>de/ueber-cbre/unsere-unternehmen) (Zugriff: 15.07.2021)
- Lueth 2019      IoT-Analytics.com: „IoT Platform Companies Landscape 2019/2020:  
620 IoT Platforms globally“. [https://iot-analytics.com/iot-plat-  
form-companies-landscape-2020/](https://iot-analytics.com/iot-plat-<br/>form-companies-landscape-2020/) (Zugriff: 09.08.2021)
- LVB o. J.      Leipziger Verkehrsbetriebe: „Absolut-Project“. [https://www.abso-  
lut-project.com/](https://www.abso-<br/>lut-project.com/) (Zugriff: 27.07.2021)
- Mager 2008      Persona. In: Erlhoff, M., Marshall, T. (eds). Design Dictionary. Board  
of International Research in Design. Birkhäuser Verlag, Basel:  
[https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8140-0\\_198](https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8140-0_198)
- MDR 2021      MDR: „Leipzig: Mega-KI-Rechenleistung made in Sachsen“. [https://www.mdr.de/wissen/leipzig-superrechner-ki-zentrum-  
100.html](https://www.mdr.de/wissen/leipzig-superrechner-ki-zentrum-<br/>100.html) (Zugriff: 12.09.2021)
- MDR Sachsen  
2021      MDR Sachsen: „Vodafone errichtet in Dresden 5G-Technologiezent-  
rum mit 200 Arbeitsplätzen“. [https://www.mdr.de/nachrich-  
ten/sachsen/dresden/vodafone-zweihundert-arbeitsplaetze-mo-  
bilfunk-kompetenzzentrum-100.html](https://www.mdr.de/nachrich-<br/>ten/sachsen/dresden/vodafone-zweihundert-arbeitsplaetze-mo-<br/>bilfunk-kompetenzzentrum-100.html) (Zugriff: 09.08.2021)
- MerInnoCampus  
o. J.      MerInnoCampus: „Glück auf! Voran mit off’nem Blick!“. Merseburg,  
o. J.; [https://www.merinnocampus.de/de/startseite-merinnocam-  
pus.html](https://www.merinnocampus.de/de/startseite-merinnocam-<br/>pus.html) (Zugriff: 09.08.2021)
- Merseburger  
Innovations-  
und      Schkopau geht digitale Wege. URL: [https://www.regdigi-merse-  
burg.de/de/aktuelle-news-regdigi/schkopau-geht-digitale-  
wege.html](https://www.regdigi-merse-<br/>burg.de/de/aktuelle-news-regdigi/schkopau-geht-digitale-<br/>wege.html) (Zugriff: 22.07.2021).

Technologie-  
zentrum GmbH  
o. J.

- Metzger 2018 Gabler Wirtschaftslexikon: „Distributed Ledger Technologie (DLT)“. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/distributed-ledger-technologie-dlt-54410/version-277444> (Zugriff: 19.07.2021)
- MHP 2019 MHP: „Autonomes Fahren – Und die digitale Transformation der Automobilbranche – Worauf kommt es jetzt an?“ Stuttgart, 2019. [https://www.mhp.com/fileadmin/www.mhp.com/assets/pdf/MHP\\_Autonomes-Fahren\\_2019.pdf](https://www.mhp.com/fileadmin/www.mhp.com/assets/pdf/MHP_Autonomes-Fahren_2019.pdf) (Zugriff: 09.08.2021)
- Microsoft 2020 Microsoft: „Microsoft erklärt: Was ist das Internet of Things? Definition & Funktionen von IoT“. <https://news.microsoft.com/de-at/microsoft-erklart-was-ist-das-internet-of-things-definition-funktionen-von-iot/> (Zugriff: 22.07.2021)
- Ministerium für  
Wirtschaft,  
Wissenschaft  
und  
Digitalisierung  
des  
Landes Sach-  
sen-Anhalt o. J. Unterstützte Digitalisierungszentren und -projekte in Sachsen-Anhalt. URL: <https://mw.sachsen-anhalt.de/themen/digitalisierung/digitalisierungsfoerderung/> (Zugriff: 22.07.2021).
- mm1 2020 mm1 Consulting & Management PartG: „[Studie] mm1 Marktbericht: 5G in D/A/CH“. Stuttgart, 2020; <https://mm1.com/ch/ueberuns/aktuelle-publikationen/recycle/studie-mm1-marktbericht-5g-in-dach/> (Zugriff: 22.07.2021)
- mm1 2021a mm1 Consulting & Management PartG: „Welche Funktechnologie ist für welchen Anwendungsfall geeignet?“ Stuttgart, 2021; <https://mm1.com/index.php?id=1147> (Zugriff: 15.07.2021)
- mm1 2021b mm1 Consulting & Management PartG: „Campusnetze Studie 2021 – Maßgeschneiderte Mobilfunknetze für die deutsche Industrie“. Stuttgart, 2021; <https://mm1.com/de/Campusnetze-Studie-2021/> (Zugriff: 22.07.2021)
- mm1 2021c mm1 Consulting & Management PartG: „Die Chancen für XR-Technologie und XR-Collaboration in der geschäftlichen Anwendung“. Stuttgart, 2021; [https://mm1.de/fileadmin/user\\_upload/Landing\\_Pages/XR-Meetings\\_2021/mm1-Studie\\_XR-Collaboration\\_\\_Preview\\_Version\\_\\_V15f.pdf](https://mm1.de/fileadmin/user_upload/Landing_Pages/XR-Meetings_2021/mm1-Studie_XR-Collaboration__Preview_Version__V15f.pdf) (Zugriff: 05.07.2021)
- MS Wissen-  
schaft o. J. MS-Wissenschaft.de: „Bioökonomie“. <https://ms-wissenschaft.de/de/> (Zugriff: 10.08.2021)

N5GEH 2021	N5GEH: „Einführung zukunftsfähiger Kommunikationsstrukturen in der Energietechnik“. <a href="https://n5geh.de/">https://n5geh.de/</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Nachhaltige Rechenzentren BW 2020	Nachhaltige Rechenzentren BW: „Nachhaltige Rechenzentren Leitfa- den“. Stuttgart, 2020; <a href="https://www.nachhaltige-rechenzen- tren.de/wp-content/uploads/2020/06/2020-06_Nachhaltige-Re- chenzentren_Leitfaden_BF.pdf">https://www.nachhaltige-rechenzen- tren.de/wp-content/uploads/2020/06/2020-06_Nachhaltige-Re- chenzentren_Leitfaden_BF.pdf</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Nachhaltige Rechenztren BW o. J.	Nachhaltige Rechenzentren BW: „Forschungsvorhaben nachhaltige Rechenzentren“. Stuttgart, o. J.; <a href="https://www.nachhaltige-rechen- zentren.de/">https://www.nachhaltige-rechen- zentren.de/</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Ndip & Put- sykina 2020	Innovations Report: „6G kommt, um die Erwartungen zu erfüllen, die 5G geweckt hat“. <a href="https://www.innovations-report.de/fachge- biete/informationstechnologie/6g-kommt-um-die-erwartungen- zu-erfuellen-die-5g-geweckt-hat/">https://www.innovations-report.de/fachge- biete/informationstechnologie/6g-kommt-um-die-erwartungen- zu-erfuellen-die-5g-geweckt-hat/</a> (Zugriff: 11.08.2021)
NETHINKS GmbH 2020	NETHINKS GmbH: „Das A und O ist die ausreichende Bandbreite - Wie Home Office und Digitalisierung mit der richtigen Planung gel- ingt“. Fulda, 2020; <a href="https://digital-futuremag.de/blog/inter- views/das-a-und-o-ist-die-ausreichende-bandbreite-wie-home- office-und-digitalisierung-mit-der-richtigen-planung-gelingt.html">https://digital-futuremag.de/blog/inter- views/das-a-und-o-ist-die-ausreichende-bandbreite-wie-home- office-und-digitalisierung-mit-der-richtigen-planung-gelingt.html</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Netimperative 2018	Netimperative: „Top 10 European cities for AI development“. 2018, <a href="https://www.netimperative.com/2018/11/16/top-10-european-ci- ties-for-ai-development/">https://www.netimperative.com/2018/11/16/top-10-european-ci- ties-for-ai-development/</a> (Zugriff: 04.09.2021)
Netze BW 2020	Netze BW: „Kommunen den Weg zum „Internet der Dinge“ frei ma- chen“. <a href="https://www.netze-bw.de/News/kommunen-weg-zum-in- ternet-der-dinge">https://www.netze-bw.de/News/kommunen-weg-zum-in- ternet-der-dinge</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Neuhetzki. o. J.	Teletarif.de: „So funktioniert eine Vermittlungsstelle“. <a href="https://www.teltarif.de/festnetz/vollanschluss/vermittlungs- stelle.html?page=all">https://www.teltarif.de/festnetz/vollanschluss/vermittlungs- stelle.html?page=all</a> (Zugriff: 11.07.2021)
Nielsen 2013	Personas - User Focused Design. Springer Verlag, London: <a href="https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4084-9">https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4084-9</a>
Nikolaisen 2021	Tenfold-Security.com: „BSI IT Grundschutz: Pflichten für Behörden & Unternehmen“. <a href="https://www.tenfold-security.com/bsi-it-grund- schutz/#tenfold-toc-anchor-23">https://www.tenfold-security.com/bsi-it-grund- schutz/#tenfold-toc-anchor-23</a> (Zugriff: 10.08.2021)
NKS DIT o. J.	Nationale Kontaktstelle Digitale und Industrielle Technologien des BMBF: „Digitale Schlüsseltechnologien“. <a href="https://www.nks- dit.de/digitale-und-industrielle-technologien/digitech">https://www.nks- dit.de/digitale-und-industrielle-technologien/digitech</a> (Zugriff: 26.07.2021)
OLED Associa- tion 2020	OLED Association: „With 5G Rolling Out Slowly, Samsung Starts De- signing 6G“. <a href="https://www.oled-a.org/with-5g-rolling-out-slowly- samsung-starts-designing-6g_71920.html">https://www.oled-a.org/with-5g-rolling-out-slowly- samsung-starts-designing-6g_71920.html</a> (Zugriff: 12.07.2021)

P&S 2020	Prescient & Strategic Intelligence Private Limited: “Robotic Process Automation Market Overview” 2020. <a href="https://www.psmarket-research.com/market-analysis/robotic-process-automation-market">https://www.psmarket-research.com/market-analysis/robotic-process-automation-market</a> (Zugriff: 30.07.2021)
Panetta 2020	„5 Trends Drive the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2020”. <a href="https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-drive-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2020/">https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-drive-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2020/</a> (Zugriff: 22.07.2021).
Pratt 2020	ComputerWeekly.de: Diese vier Einsatzszenarien für Edge Computing lohnen sich”. <a href="https://www.computerweekly.com/de/ratgeber/Diese-vier-Einsatzszenarien-fuer-Edge-Computing-lohnen-sich">https://www.computerweekly.com/de/ratgeber/Diese-vier-Einsatzszenarien-fuer-Edge-Computing-lohnen-sich</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Petereit 2018	DrWeb.de: „Data-Center-Riesen 2018: Die größten Rechenzentren Deutschlands“. <a href="https://www.drweb.de/10-groessten-rechenzentren-deutschlands/">https://www.drweb.de/10-groessten-rechenzentren-deutschlands/</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Pütter 2019	Cio.de: „Der Digital Twin drängt in die Unternehmen“. <a href="https://www.cio.de/a/der-digital-twin-draengt-in-die-unternehmen,3596619">https://www.cio.de/a/der-digital-twin-draengt-in-die-unternehmen,3596619</a> (Zugriff: 09.08.2021)
PwC 2021	PricewaterhouseCoopers (PwC): „Global Entertainment & Media Outlook 2021–2025”. 2021. <a href="https://www.pwc.com/gx/en/industries/tmt/media/outlook.html">https://www.pwc.com/gx/en/industries/tmt/media/outlook.html</a> (Zugriff: 31.07.2021)
PwC 2020a	PricewaterhouseCoopers (PwC): „Unternehmen investieren in Cybersicherheit“. <a href="https://der-maschinenbau.de/mechanik/unternehmen-investieren-in-cybersicherheit/">https://der-maschinenbau.de/mechanik/unternehmen-investieren-in-cybersicherheit/</a> (Zugriff: 22.07.2021)
PwC 2020b	PricewaterhouseCoopers (PwC): „Robotic Process Automation (RPA) in der DACH-Region”. <a href="https://www.pwc.de/de/rechnungslegung/robotic-process-automation-rpa-in-der-dach-region.pdf">https://www.pwc.de/de/rechnungslegung/robotic-process-automation-rpa-in-der-dach-region.pdf</a> (Zugriff: 30.07.2021)
PwC 2019	PricewaterhouseCoopers (PwC): „Künstliche Intelligenz in Unternehmen“. <a href="https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/kuenstliche-intelligenz/studie-kuenstliche-intelligenz-in-unternehmen.pdf">https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/kuenstliche-intelligenz/studie-kuenstliche-intelligenz-in-unternehmen.pdf</a> (Zugriff: 30.07.2021)
Rechenzentrum Datacenter 2021	Rechenzentrum-datacenter.de: „Rechenzentren in Deutschland“. <a href="http://www.rechenzentrum-datacenter.de/">http://www.rechenzentrum-datacenter.de/</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Research & Markets 2021	Research and Markets: „Global Smart Wearable Devices Market 2020-2030 by Product Type (Smartwatch, HMD, Health & Fitness Trackers, Hearables), Connectivity, Industry Vertical, Distribution Channel, and Region: Trend Forecast and Growth Opportunity”. Dublin, 2021; <a href="https://www.researchandmarkets.com/about-us">https://www.researchandmarkets.com/about-us</a> (31.07.2021)

- Reutlingen o. J. Reutlingen: „Industriepark RTunlimited“. [https://www.reutlingen.de/de/Wirtschaft/Wirtschaftsstandort/RT\\_unlimited=](https://www.reutlingen.de/de/Wirtschaft/Wirtschaftsstandort/RT_unlimited=) (Zugriff: 11.07.2021)
- Rimedo 2020 ICT trends and forecasts as of 2020. <https://www.rimedolabs.com/blog/trends-predictions-forecasts-for-ict-in-2020/> (Zugriff: 22.07.2021).
- RKW Kompetenz-zentrum 2021 Befragung der ehemaligen Digiscouts – Resümee ziehen. URL: <https://www.rkw-kompetenzzentrum.de/fachkraefte-blog/befragung-der-ehemaligen-digiscouts-resuemee-ziehen/> (Zugriff: 22.07.2021).
- Robin Data o. J. Über uns. URL: <https://www.robin-data.io/ueber-uns> (Zugriff: 15.07.2021)
- Rosenberger o. J. Rosenberger: „Ohne echtzeitfähige Glasfaser-Infrastruktur keine IT-Megatrends – Glasfaserverkabelung macht die Zukunft möglich“. <https://osi.rosenberger.com/de/news-media/echtzeitfaehige-glasfaser-infrastruktur-fuer-it-megatrends/> (Zugriff: 14.07.2021)
- Rüdiger 2021 Datacenter Insider: „Kein Ende des Datacenter-Booms in Sicht“. <https://www.datacenter-insider.de/kein-ende-des-datacenter-booms-in-sicht-a-1001868/> (Zugriff: 10.08.2021)
- Rzepka 2021 ZDF heute: „Mobilfunknetz in Deutschland – 5G kommt, aber 3G wird abgeschaltet“. <https://www.zdf.de/nachrichten/digitales/5g-kommt-3g-geht-100.html> (Zugriff: 11.08.2021)
- Safar 2021 Computerwoche: „Was Sie schon immer über RPA wissen wollten“. <https://www.computerwoche.de/a/was-sie-schon-immer-ueber-rpa-wissen-wollten,3546127> (Zugriff: 30.07.2021)
- SAIN 2021 Sachsen-Anhalt im Netz: „Thyra Floh ist unterwegs: autonomer Shuttlebus fährt durch Stolberg im Harz“. <http://sain.de/2021/06/thyra-floh-ist-unterwegs-autonomer-shuttlebus-faehrt-durch-stolberg-im-harz/> (Zugriff: 06.09.2021)
- Salihbegovic 2021 Detecon Consulting: „Enabler der Konvergenz: Die Trends des künftigen Glasfasernetz-Designs“. <https://www.detecon.com/de/journal/enabler-der-konvergenz-die-trends-des-kuenftigen-glasfasernetz-designs> (Zugriff: 20.07.2021)
- SAP o. J. SAP: „Was ist maschinelles Lernen?“. <https://www.sap.com/germany/insights/what-is-machine-learning.html> (Zugriff: 22.07.2021)
- Scheffels & Gelowicz 2018 Autonomes Fahren: Definition, Level & Grundlagen. <https://www.automobil-industrie.vogel.de/autonomes-fahren-definition-level-grundlagen-a-786184/> (Zugriff: 13.07.2021)
- Schiemann 2020 GTT Communications: „Vernunft statt Hype: 5G ist kein Ersatz für Glasfaser – sondern die perfekte Ergänzung“. <https://www.gtt.net/de-de/media-centre/blog/vernunft-statt->



- hype-5g-ist-kein-ersatz-fuer-glasfaser-sondern-die-perfekte-ergaenzung (Zugriff: 15.07.2021)
- Schonschek & Karlstetter 2019 Cloudcomputing-insider.de: „Edge Computing oder Cloud Computing?“ <https://www.cloudcomputing-insider.de/edge-computing-oder-cloud-computing-a-889077/> (Zugriff: 22.07.2021)
- science2public – Gesellschaft für Wissenschaftskommunikation e.V. o. J. Komm an Bord! URL: <https://ms-halle.science/> (Zugriff: 07.09.2021)
- Schräer 2021 Heise online: „Bosch eröffnet Halbleiterfabrik in Dresden - mit Millionenförderung vom Bund“. <https://www.heise.de/news/Bosch-eroeffnet-Halbleiterfabrik-in-Dresden-mit-Millionenfoerderung-vom-Bund-6063279.html> (Zugriff: 10.08.2021)
- SICOS o. J. SICOS: Unternehmenswebsite. <https://www.sicos-bw.de/unternehmen/> (Zugriff: 10.08.2021)
- Siemens 2020 Siemens. „Simulation & Digital Twin: A 10-Year Technology Outlook“. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ce77eef2-3ae4-4910-9d88-e57697aa0196/SimulationDigitalTwinOutlook2030.pdf> (Zugriff: 29.07.2021)
- Simon & Frese 2021 DE-CX: Zukunft regional-digital: Das Rheinische Revier – Machbarkeitsstudie Dateninfrastrukturen im Rheinischen Revier“. Düsseldorf, 2019; [https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/machbarkeitsstudie\\_dateninfrastrukturen\\_kurz\\_de\\_1.pdf](https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/asset/document/machbarkeitsstudie_dateninfrastrukturen_kurz_de_1.pdf) (Zugriff: 10.08.2021)
- Silicon Saxony o. J. Über uns. <https://www.silicon-saxony.de/ueber-uns/> (Zugriff: 30.07.2021)
- Smart City Solutions 2020 Smart City Solutions: „Technologievergleich – LoRaWAN & NB-IoT & Sigfox“. <https://www.smart-city-solutions.de/technologievergleich-lorawan-nb-iot-sigfox/> (Zugriff: 29.07.2021)
- Smartinfeld o. J. Smartinfeld: „Eine Gemeinde auf dem Weg in die smarte Zukunft“. <https://smartinfeld.de/> (Zugriff: 10.08.2021)
- Smart Infrastructure Hub Leipzig o. J. Smart Infrastructure Hub Leipzig – We push innovation in the fields of Energy, eHealty, and Smart City. URL: <https://www.smartinfrastructurehub.com/> (Zugriff: 22.07.2021)
- Smart Infrastructure Ventures o. J. Our Focus. URL: [https://www.smartinfrastructurehub.com/ventures\\_](https://www.smartinfrastructurehub.com/ventures_) (Zugriff: 22.07.2021)
- SpinLab HHL Accerlerator o. J. About us. URL: [https://www.spinlab.co/what-we-do\\_](https://www.spinlab.co/what-we-do_) (Zugriff: 22.07.2021)



Staatsministerium Baden-Württemberg 2021	Staatsministerium Baden-Württemberg: „Innovationspark Künstliche Intelligenz kommt nach Heilbronn“. <a href="https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/innovationspark-kuenstliche-intelligenz-kommt-nach-heilbronn/">https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemitteilung/pid/innovationspark-kuenstliche-intelligenz-kommt-nach-heilbronn/</a> (Zugriff: 04.09.2021)
Stadt Jena 2020	Stadt Jena: „Jena wird 5G Modellregion“. Jena, 2020; <a href="https://rat-haus.jena.de/de/jena-wird-5g-modellregion">https://rat-haus.jena.de/de/jena-wird-5g-modellregion</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Stadt Leipzig 2019	Stadt Leipzig: „Games-Wirtschaft Leipzig: Eine Branche im Aufbruch“. Leipzig, 2019; <a href="https://www.leipzig.de/news/news/games-wirtschaft-leipzig-eine-branche-im-aufbruch/">https://www.leipzig.de/news/news/games-wirtschaft-leipzig-eine-branche-im-aufbruch/</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Statista 2021a	Statista: „Absatz von Wearables in Deutschland in den Jahren 2015 bis 2020 (Stand: März 2021)“. <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/551366/umfrage/absatz-von-wearables-in-deutschland/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/551366/umfrage/absatz-von-wearables-in-deutschland/</a> (Zugriff: 22.07.2021)
Statista 2021b	Statista: „Anzahl der Starlink-Satelliten vom Raumfahrtunternehmen SpaceX im All im Zeitraum vom Mai 2019 bis Juli 2021“. <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1248552/umfrage/anzahl-der-starlink-satelliten-im-all/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1248552/umfrage/anzahl-der-starlink-satelliten-im-all/</a> (Zugriff: 10.08.2021)
Statista 2021c	Statista: „Durchschnittsalter der Bevölkerung in Deutschland bis 2019“. <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1084430/umfrage/durchschnittsalter-der-bevoelkerung-in-deutschland/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1084430/umfrage/durchschnittsalter-der-bevoelkerung-in-deutschland/</a> (Zugriff: 07.08.2021)
Statista 2021d	Statista: „Durchschnittsalter der Bevölkerung in Deutschland nach Bundesländern im Jahr 2019“ <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1084430/umfrage/durchschnittsalter-der-bevoelkerung-in-deutschland/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1084430/umfrage/durchschnittsalter-der-bevoelkerung-in-deutschland/</a> (Zugriff: 07.08.2021)
Statista 2021e	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD): „Anteil von Glasfaseranschlüssen an allen stationären Breitbandanschlüssen in den Ländern der OECD im Juni 2020“ (Stand Juni 2020). <a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/415799/umfrage/anteil-von-glasfaseranschluesen-an-allen-breitbandanschluesen-in-oecd-staaten/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/415799/umfrage/anteil-von-glasfaseranschluesen-an-allen-breitbandanschluesen-in-oecd-staaten/</a> (Zugriff: 21.07.2021)
Statista 2020	Statista: „Jedes zehnte Fahrzeug fährt bis 2030 autonom (Stand: Februar 2020)“. <a href="https://de.statista.com/presse/p/autonomes_fahren_2020/">https://de.statista.com/presse/p/autonomes_fahren_2020/</a> (Zugriff: 27.07.2021)
Svenska Stadsnätöföreningen 2020	Svenska Stadsnätöföreningen (Schwedische Glasfaserallianz): „Glasfaserausbau in Deutschland: Weniger Kosten, mehr Effizienz durch die schwedische Glasfaserallianz“. <a href="https://www.ssnf.org/in-english/schwedischeglasfaserallianz/">https://www.ssnf.org/in-english/schwedischeglasfaserallianz/</a> (Zugriff: 10.07.2021)

- Swisscom o. J.a Swisscom: „Low Power Network (LPN) LoRaWAN“. [https://www.swisscom.ch/de/business/enterprise/angebot/iot/lpn.html?campId\\_SC\\_lpn](https://www.swisscom.ch/de/business/enterprise/angebot/iot/lpn.html?campId_SC_lpn) (Zugriff: 10.08.2021)
- Swisscom o. J.b Swisscom: „Low Power Network (LoRaWAN) Ein hoch effizientes und dediziertes Netz für das Internet der Dinge basierend auf der offenen LoRaWAN Spezifikation.“. [https://documents.swisscom.com/product/files-tore/lib/84eb9c67-84fa-4e05-b5b0-c54c4baeeca7/fs\\_lpn-de.pdf](https://documents.swisscom.com/product/files-tore/lib/84eb9c67-84fa-4e05-b5b0-c54c4baeeca7/fs_lpn-de.pdf) (Zugriff: 10.08.2021)
- Tasler 2021 MDR: „Drohnen-Testzentrum am Flughafen Cochstedt eröffnet (31.03.2021)“. <https://www.mdr.de/nachrichten/sachsen-anhalt/magdeburg/salzland/flughafen-cochstedt-drohnen-testzentrum-eroeffnet-100.html> (Zugriff: 27.07.2021)
- TDG o. J.a Translationsregion für digitalisierte Gesundheitsversorgung: „Was ist TDG?“. <https://inno-tdg.de/> (Zugriff: 22.07.2021).
- TDG o. J.b Translationsregion für digitalisierte Gesundheitsversorgung: „ADAPP“. <https://inno-tdg.de/projekte/adapp/> (Zugriff: 09.08.2021)
- TDG o. J.c Translationsregion für digitalisierte Gesundheitsversorgung: „Rehatranshome“. <https://inno-tdg.de/projekte/rehatranshome/> (Zugriff: 09.08.2021)
- Telekom 2021 Telekom: „NB-IoT, LoRaWAN, Sigfox: ein aktueller Vergleich“. Bonn, 2021; <https://iot.telekom.com/resource/blob/data/570954/0ddb2c4808e68427035d415001fc645d/mobile-iot-netzwerk-vergleich-nb-iot-lorawan-sigfox.pdf> (Zugriff: 19.07.2021)
- Telekom o. J.a Telekom: „5G Technologie in industriellen Campus-Netzen“. <https://www.telekom.com/de/konzern/details/5g-technologie-in-campus-netzen-556690> (Zugriff: 22.07.2021)
- Telekom o. J.b Telekom: „5G – Die neue Innovation im Mobilfunk“. <https://www.telekom.de/hilfe/mobilfunk-mobiles-internet/lte-5g/5g-ratgeber?samChecked=true> (Zugriff: 10.08.2021)
- The 5G Infrastructure Association 2021 The 5G Infrastructure Association: „European Vision for the 6G Network Ecosystem“. <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2021/06/WhitePaper-6G-Europe.pdf> (Zugriff: 15.07.2021)
- The Things Network o. J. The Things Network: Unternehmenswebsite. <https://www.thingsnetwork.org/> (Zugriff: 10.08.2021)
- The Things Network 2021 The Things Network: „Smart City Deutschland: Was kann LoRaWAN leisten und wie gelingt der Einstieg“ (Webinar vom 4. Juni 2021). <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=gEyJfwCpsqw> (Zugriff: 10.08.2021)

Thomas 2021	FinanzNachrichten.de: „Europäische Kommission genehmigt deutsche Mobilfunkförderung“. Brüssel/Berlin, 2021; <a href="https://www.finanznachrichten.de/nachrichten-2021-05/52967341-europaeische-kommission-genehmigt-deutsche-mobilfunkfoerderung-015.htm">https://www.finanznachrichten.de/nachrichten-2021-05/52967341-europaeische-kommission-genehmigt-deutsche-mobilfunkfoerderung-015.htm</a> (Zugriff: 17.07.2021)
TRT deutsch 2021	TRT deutsch: „Drohnen-Testzentrum am Flughafen Cochstedt entsteht“. <a href="https://www.trtdeutsch.com/wissenschaft/drohnen-testzentrum-am-flughafen-cochstedt-entsteht-2034761">https://www.trtdeutsch.com/wissenschaft/drohnen-testzentrum-am-flughafen-cochstedt-entsteht-2034761</a> (Zugriff: 09.08.2021)
TU Dresden 2021	TU Dresden: „6G-Life – BMBMF funds 6G research hub in Dresden and Munich with 70 million euros“. Dresden 2021; <a href="https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/news/6g-life-bmbf-foerdert-6g-forschungs-hub-in-dresden-und-muenchen-mit-70-millionen-euro?set_language=en">https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/news/6g-life-bmbf-foerdert-6g-forschungs-hub-in-dresden-und-muenchen-mit-70-millionen-euro?set_language=en</a> (Zugriff: 09.08.2021)
TU Dresden 2019	TU Dresden: „TU Dresden errichtet erste 5G-Baustelle Deutschlands“. Dresden, 2019; <a href="https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/die-fakultaet/news/tu-dresden-errichtet-erste-5g-baustelle-deutschlands-ingenieurwissenschaftler-koordinieren-9-mio-euro-verbundprojekt-zur-zukunft-des-bauens">https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/die-fakultaet/news/tu-dresden-errichtet-erste-5g-baustelle-deutschlands-ingenieurwissenschaftler-koordinieren-9-mio-euro-verbundprojekt-zur-zukunft-des-bauens</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Tutanch 2017	Industryofthings.de: „Definition IoT – Was ist das Internet of Things?“. <a href="https://www.industry-of-things.de/was-ist-das-internet-of-things-a-591721/">https://www.industry-of-things.de/was-ist-das-internet-of-things-a-591721/</a> (Zugriff: 09.08.2021)
Universität Leipzig 2021	Universität Leipzig: „Millionenförderung für Transfer-Zentrum für biohy-bridge Funktionsmaterialien“. <a href="https://www.uni-leipzig.de/newsdetail/artikel/millionenfoerderung-fuer-transferzentrum-fuer-biohybride-funktionsmaterialien-2021-06-30/">https://www.uni-leipzig.de/newsdetail/artikel/millionenfoerderung-fuer-transferzentrum-fuer-biohybride-funktionsmaterialien-2021-06-30/</a> (Zugriff: 07.09.2021)
VCI, VDA, VDMA, ZVEI 2020	VCI, VDA, VDMA, ZVEI: „Hohe Nachfrage nach industriellen 5G-Campusnetzen“. Frankfurt am Main, 2020; <a href="https://www.vci.de/langfassungen/langfassungen-pdf/2020-11-23-5g-hohe-nachfrage-nach-industriellen-5g-campusnetzen.pdf">https://www.vci.de/langfassungen/langfassungen-pdf/2020-11-23-5g-hohe-nachfrage-nach-industriellen-5g-campusnetzen.pdf</a> (Zugriff: 22.07.2021)
VDC o. J.	Virtual Dimension Center: „Anwendungsfelder“. <a href="https://www.vdc-fellbach.de/wissen/anwendungsfelder/">https://www.vdc-fellbach.de/wissen/anwendungsfelder/</a> (Zugriff: 13.09.2021)
VDE 2019	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE): „Faktencheck 5G“. <a href="https://www.vde.com/resource/blob/1877380/6d8f4a4d6b68f205739f18ed21327881/faktencheck-5g-data.pdf">https://www.vde.com/resource/blob/1877380/6d8f4a4d6b68f205739f18ed21327881/faktencheck-5g-data.pdf</a> (Zugriff: 13.07.2021)
Verbraucherzentrale 2020	Verbraucherzentrale: „Was ist 5G? Vorteile und Risiken der 5. Generation Mobilfunk“ (Stand: 22.10.2021). <a href="https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/digitale-welt/mobilfunk-und-festnetz/was-">https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/digitale-welt/mobilfunk-und-festnetz/was-</a>

- ist-5g-vorteile-und-risiken-der-5-generation-mobilfunk-52004  
(Zugriff: 12.07.2021)
- Vollmer & Wun- MaschinenMarkt: „Ohne Digitalisierung keine additive Fertigung“.  
ner 2020 <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/ohne-digitalisierung-keine-additive-fertigung-a-963876/> (Zugriff: 09.08.2021)
- Wall Street Why Software Is Eating The World. URL: [https://www.wsj.com/ar-  
Journal 2011 ticles/SB10001424053111903480904576512250915629460](https://www.wsj.com/articles/SB10001424053111903480904576512250915629460).
- Weckbrodt 2021 Oiger.de: „Uni will Dresden zu führenden 6G-Mobilfunk-Standort  
machen“. <https://oiger.de/2021/05/07/uni-will-dresden-zu-fuehrenden-6g-mobilfunk-standort-machen/178972> (Zugriff: 09.08.2021)
- Weckbrodt 2020 Oiger.de: „Ceti Dresden gründet Firma für 5G-Campusnetze“.  
<https://oiger.de/2020/08/17/ceti-dresden-gruendet-firma-fuer-5g-campusnetze/175838> (Zugriff: 09.08.2021)
- Weidner 2021 Teletarif.de: „So sieht's aus: 5G-Ausbau von Telekom, Vodafone und  
o2“. <https://www.teltarif.de/5g-netz-ausbau/news/83849.html?page=all> (Zugriff: 20.07.2021)
- Wirtschaft + „Cluster forciert Testgelände für Drohnentechnik in Nobitz  
Markt 2020 (11.05.2020)“. <https://wirtschaft-markt.de/2020/05/11/cluster-forciert-testgelaende-fuer-drohnentechnik-in-nobitz/?cn-reloaded=1> (Zugriff: 27.07.2021)
- Wirtschaftsför- Wirtschaftsförderung Sachsen: „Sachsen startet 5G-Testfeld in der  
derung Sachsen Landwirtschaft“. <https://standort-sachsen.de/de/investoren/info-center/nachrichten/76246-sachsen-startet-testfeld-fuer-5g-in-der-landwirtschaft> (Zugriff: 09.08.2021)  
2019
- ZIH (TU Dres- Center for Information Services and high Performance Computing  
den) 2020 (ZIH): „Nationales Hochleistungsrechnen an der TU Dresden – Su-  
percomputing von, in und mit Dresden für die Forschung in ganz  
Deutschland“. Dresden, 2020; <https://tu-dresden.de/zih/die-einrichtung/news/nhr-am-zih-der-tud> (Zugriff: 10.08.2021)
- Zukunftsinstitut Zukunftsinstitut: „Die Megatrends“. Frankfurt am Main, 2021;  
2021 <https://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrends/>  
(Zugriff: 10.08.2021)
- Zukunftszent- Zukunftswerkstatt. URL: [https://www.zukunftszentrum-sachsen-  
rum anhalt.de/zukunftswerkstatt](https://www.zukunftszentrum-sachsen-anhalt.de/zukunftswerkstatt).  
Digitale Arbeit  
Sachsen-Anhalt  
o. J.
- 1&1 2020 1&1: „Von 1G bis 5G: Die Entwicklung des Mobilfunks in Deutsch-  
land“. <https://blog.1und1.de/2019/05/17/vom-a-netz-bis-5g-die-entwicklung-des-mobilfunks-in-deutschland/> (Zugriff: 12.07.2021)



- 5G Lab 2020      5G Lab: „TU Dresden joins the European Commission’s 6G flagship initiative for research into the next generation of wireless networks“. Dresden, 2020; <https://5glab.de/wp-content/uploads/5G-Lab-Press-Release-Hexa-X.pdf> (Zugriff: 09.08.2021)
- 5G.NRW Com-      5G.NRW Competence Center: „6G: Forschung an drahtlosem Über-  
petence Center      tragungssystem im Terahertz-Frequenzbereich“.  
o. J.      <https://5g.nrw/6g-forschung-an-drahtlosem-uebertragungssystem-im-terahertz-frequenzbereich/> (Zugriff: 09.08.2021)

---

## Anhang

---

### Anhang 1: Fragebogen der Interviews

#### 1. Einstieg

- ▶ Beschreiben Sie kurz Ihre **Tätigkeit**.
  - Wie sind Sie (bzw. Ihr Unternehmen/Ihre Institution) in die **Innovationsregion Mitteldeutschland** eingebettet?
  - Welche **Berührungspunkte** haben Sie zu der Studie „Potenziale der Digitalisierung in der Innovationsregion Mitteldeutschland“?

#### 2. Wachstumsbranchen im Zuge der Digitalisierung

- ▶ Welche **Wirtschaftszweige/Branchen** werden Ihrer Meinung nach durch die Digitalisierung besonders starke Wachstumsimpulse erfahren? D.h. wo werden innovative digitale Lösungen entwickelt? Bzw. wo werden digitale Lösungen verstärkt angewendet?
- ▶ In welchem Umfang sind diese Wirtschaftszweige/Branchen **in der Region** vorhanden?
  - Können Sie „**Best-Practice-Unternehmen**“ nennen, die sich durch Digitalisierungsmaßnahmen besonders auszeichnen?
  - Welche **Produkte** stellen diese her bzw. welche **Dienstleistungen** bieten diese an? Bzw. in welcher Form nutzen diese Unternehmen **digitale Produkte**?
  - Wie sind diese Unternehmen in der Innovationsregion **räumlich** verteilt?
- ▶ Welche **Akteure** treiben in der Region die Digitalisierung voran? (bspw. Cluster IT Mitteldeutschland, Innovationsregion Mitteldeutschland, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Uni Leipzig, HTWK Leipzig, Regionales Digitalisierungszentrum Sachsen-Anhalt Süd, konkrete Unternehmen, etc.)

#### 3. Identifizierung der Märkte und Produkte der Unternehmen (Wertschöpfungspotenziale)

- ▶ Wie schätzen Sie allgemein den **Kenntnisstand** der Unternehmen in der Region in Bezug auf digitale Märkte und Produkte ein?
- ▶ Inwiefern profitieren die Unternehmen der Region von **digitalen Märkten und Produkten**?
  - In welchen **Themenfeldern** ergeben sich besondere **Chancen/Potenziale** in Bezug auf die zukünftige digitale Entwicklung? (bspw. Anwendungen, Techno-



logien, Trends wie Industrie 4.0 oder auch biointelligente Wertschöpfung). *Anmerkung: Dabei sind sowohl kleine als auch große Bereiche/Leitbranchen von Interesse.*

- Welche regionale **Wertschöpfung** ist mit ihnen heute bzw. in Zukunft verbunden?
- In welchen Themenfeldern sehen Sie für Unternehmen **Herausforderungen** in Bezug auf die zukünftige digitale Entwicklung?
- ▶ Welche **Instrumente** werden (über die derzeitigen Programme von Bund und Ländern und über die Arbeitsspektren der ersten Digitalisierungszentren hinaus) benötigt, um die stark von kleinen und kleineren mittelständischen Unternehmen geprägte Wirtschaft an den Potenzialen digitalisierter Prozesse und innovativer digitaler Lösungen nachhaltig teilhaben zu lassen? (bspw. Implementierung von Governance-Strukturen)
  - Welche **Anwendungsfelder** ergeben sich perspektivisch speziell für die **KMU** in der Region? (für Virtuelle Techniken, Big Data und Künstliche Intelligenz/Maschinelles Lernen, insbesondere im Produzierenden Gewerbe)
  - Kennen Sie **Best-Practice-Beispiele** für unterstützende Instrumente und Infrastrukturen (zur digitalen Transformation bzw. Innovation), die auf die Innovationsregion Mitteldeutschland übertragbar wären?
  - Für welche gesellschaftlichen Herausforderungen kann die Region selbst **innovative Antworten** geben? D. h. in welchen Bereichen kann die Innovationsregion Mitteldeutschland **Modellregion** werden? (bspw. Telemedizin, Mobilität im ländlichen Raum)

#### 4. Identifizierung von neuen Kompetenzanforderungen und Qualifikationsbedarfen

- ▶ Welche **neuen Kompetenzanforderungen und Qualifikationsbedarfe** sehen Sie?
  - Unterscheiden sich diese Anforderungen je nach Abteilung in Ihrem Unternehmen/in Ihrer Institution?
  - Für wen gelten diese Anforderungen? (bspw. Beschäftigte allgemein, bestimmte Berufsgruppen, Altersgruppen)
  - Werden sich diese Anforderungen in Zukunft ändern?
- ▶ Wie kann die **Bevölkerung/Beschäftigte** in der Innovationsregion Mitteldeutschland in diesem Prozess mitgenommen werden?
  - Was sind geeignete **Maßnahmen**? (bspw. flankierende Weiterbildung oder Entwicklung einer stärkeren digitalen Affinität)
  - Haben Sie konkrete Maßnahmenvorschläge zur Erhöhung der Kompetenzen bzw. Qualifikationen **bestimmter Gruppen**? (bspw. Bildungskonzepte zur Schaffung einer digitalen Affinität bereits im Kindesalter)

## 5. Sonstiges/Abschluss

- ▶ Bestehen weitere Punkte im Kontext „Potenziale der Digitalisierung in der Innovationsregion Mitteldeutschland“, die Sie gerne ansprechen möchten?
- ▶ Dürfen wir Sie im Bericht namentlich als Interviewpartner/In erwähnen? Rückschlüsse auf Antworten einzelner Interviewpartnerinnen und -partner werden nicht ersichtlich sein.

## Anhang 2: Ergebnisse des Ward-Verfahrens und Clustereinteilung

Bundes- land	Kreis	Rang Digikompass der Prognos AG	Clusterzuordnung anhand soz.ök. Strukturen
SN	Stadt Leipzig	38	13
ST	Stadt Halle (Saale)	121	4
TH	Altenburger Land	349	3
SN	Landkreis Leipzig	356	5
SN	Nordsachsen	361	3
ST	Anhalt-Bitterfeld	362	5
ST	Saalekreis	363	2
ST	Burgenlandkreis	385	3
Vergleichsregionen mit einer hohen Ähnlichkeit bei den sozioökonomischen Strukturen und mit geringem Digitalisierungsgrad (Vergleich)			
NI	Lüchow-Dannenberg: Digitalisierungsscouts	392	3
NI	Nienburg (Weser): SmartRegion Weserbergland Plus	340	4
Vergleichsregionen mit einer hohen Ähnlichkeit bei den sozioökonomischen Strukturen und mit hohem Digitalisierungsgrad (Adaption)			
NI	Leer: Digital Hub Ostfriesland	180	3
BY	Erlangen-Höchstadt: Digitale Bildungsregion	23	2
Vergleichsregionen mit einer geringen Ähnlichkeit bei den sozioökonomischen Strukturen und mit hohem Digitalisierungsgrad (Ableitung)			
NRW	Düsseldorf: digihub Düsseldorf	19	15
NRW	Mettmann: digihub Düsseldorf	50	13
HE	Landkreis Offenbach: Cross Innovation Netzwerk	25	9

## Anhang 3: Destatis-Definitionen

*Definitionen laut Destatis (vollständig zitiert):*<sup>382</sup>

**Niederlassung:** Eine Niederlassung ist eine örtlich abgegrenzte Einheit, die einer Rechtlichen Einheit zugeordnet ist. Sie ist rechtlich unselbstständig.

**Rechtliche Einheit:** Eine Rechtliche Einheit wird in der deutschen amtlichen Statistik als kleinste rechtlich selbstständige Einheit definiert, die aus handels- bzw. steuerrechtlichen Gründen Bücher führt. Ferner muss die Rechtliche Einheit eine jährliche Feststellung des Vermögensbestandes bzw. des Erfolgs der wirtschaftlichen Tätigkeit vornehmen. Hierzu zählt auch die Ausübung einer freiberuflichen Tätigkeit. Eine Rechtliche Einheit ist demnach eine natürliche Person, die wirtschaftlich tätig ist, eine juristische Person oder eine Personenvereinigung. Betrachtet werden also beispielsweise eine Aktiengesellschaft, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Offene Handelsgesellschaft oder Einzelunternehmer.

**Unternehmen (EU-Definition):** Das Unternehmen entspricht der kleinsten Kombination Rechtlicher Einheiten, die eine organisatorische Einheit zur Erzeugung von Waren und Dienstleistungen bildet und insbesondere in Bezug auf die Verwendung der ihr zufließenden laufenden Mittel über eine gewisse Entscheidungsfreiheit verfügt. Ein Unternehmen übt eine Tätigkeit oder mehrere Tätigkeiten an einem Standort oder an mehreren Standorten aus. Ein Unternehmen kann einer einzigen Rechtlichen Einheit entsprechen oder aus mehreren Rechtlichen Einheiten bestehen.

**Abhängig Beschäftigte:** Die abhängig Beschäftigten umfassen die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sowie die ausschließlich geringfügig entlohnt Beschäftigten. Kurzfristig Beschäftigte werden nicht nachgewiesen.

**Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte:** Zu den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten zählen alle Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer einschließlich der zu ihrer Berufsausbildung Beschäftigten, die kranken-, renten-, pflegeversicherungspflichtig oder beitragspflichtig nach dem Recht der Arbeitsförderung sind oder für die von Arbeitgebern Beitragsanteile nach dem Recht der Arbeitsförderung zu entrichten sind und die von der Bundesagentur für Arbeit aus dem Kontext der Beschäftigungsstatistik übermittelt wurden.

**Geringfügig entlohnt Beschäftigte:** Eine geringfügig entlohnte Beschäftigung liegt nach § 8 Abs. 1 Nr. 1 SGB IV vor, wenn das Arbeitsentgelt aus dieser Beschäftigung (§ 14 SGB IV) regelmäßig im Monat 450 Euro nicht überschreitet. Geringfügig entlohnt Beschäftigte im Nebenjob (neben einer sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung) sind bei Auswertungen aus dem Unternehmensregister nicht enthalten.

---

<sup>382</sup> DESTATIS 2020.

## Anhang 4: Agenden der Workshops

**Tabelle 34: Agenda Innovationsworkshop 1, 25. Februar 2021**

Zeit	TOP	Format
13:00	Begrüßung	
13:15	Vorstellungsrunde	
13:45	<b>Status quo:</b> IKT-Wirtschaft in der IRMD & digitale Zukunftsbereiche, Vorstellung & Reflektion	Impuls & gemeinsame SWOT-Analyse
14:15	Pause	
14:25	<b>Interaktion I:</b> Entwicklungspfade der digitalen Zukunftsbereiche bis 2040, Breakout-Sessions	Breakout-Session
15:15	<b>Interaktion II:</b> Mapping IKT-Wirtschaft der IRMD, Breakout-Sessions	Breakout-Session
16:00	Pause	
16:10	<b>Interaktion III:</b> Wie können Anwendungsbranchen von den digitalen Zukunftsbereichen profitieren? Breakout-Sessions	Breakout-Session
17:00	<b>Interaktion IV:</b> Was wäre der Traumzustand 2040? Breakout-Sessions	Breakout-Session
17:40	Closing	
17:45	Ende der Veranstaltung	

**Tabelle 35: Agenda Innovationsworkshop 2, 25. März 2021**

Zeit	TOP	Format
13:00	Begrüßung	
13:15	Vorstellungsrunde: „Welche Motive verfolgen Sie in Bezug auf Innovationsökosysteme für die Digitalisierung?“	Vorstellungsrunde
13:45	<b>Ergebnisse zu Workshop #1 – Digitale Zukunftsbereiche &amp; Zusammenspiel IKT-Wirtschaft mit Anwenderbranchen, Forschungspartnern und Intermediären<sup>1</sup></b>	Vorstellung & Reflektion
14:15	<b>Impuls:</b> Wie können Innovationsökosysteme erfolgreich ausgestaltet werden – ein Erfahrungsbericht von Dr. Jens Lehnen	Impulsvortrag
14:45	Pause	
15:00	<b>Interaktion zur Zukunftsgestaltung der IRMD als Vorreiterregion für digitale Zukunftsbereiche, Erarbeitung in Breakout-Sessions</b> a) Was zeichnet einen erfolgreichen Technologie- und Wissenstransfer aus? b) Wie gelingt die Reise zu zukünftigen Innovationsökosystemen? Wie müssen wir den Wandel gestalten? c) Wie können erfolgreiche Innovationsökosysteme in der IRMD zukünftig ausgestaltet sein?	Breakout-Session via Microsoft Teams
16:00	<b>Ihr „Tweet“ für die Politik</b> – Welche Anregungen möchten Sie der Politik mitgeben, damit der Strukturwandel mit neuen Wachstumspfaden im IKT-Umfeld gelingt?	Brainstorming im virtuellen Board
16:20	Closing & Retro	
16:30	Ende der Veranstaltung	

**Tabelle 36: Agenda Expertenworkshop, 22. Juni 2021**

Zeit	TOP	Format
09:30	Begrüßung	
09:40	Vorstellungsrunde: „Welche Ziele verfolgen Sie in Bezug auf den Ausbau der digitalen Infrastruktur in den kommenden drei Jahren?“	Vorstellungsrunde
10:00	<b>Entwicklungsdynamik digitaler Infrastruktur &amp; Implikationen für die IRMD</b> ▪ 5G ▪ 6G ▪ LoRaWAN ▪ Rechenzentren <b>Zukünftige Anforderungen an digitale Infrastrukturen &amp; Positionierung</b>	Vorstellung & Reflektion durch die Teilnehmer
11:15	<b>Impulsbeitrag: Höchstleistungsrechenzentren – Wie können KMU profitieren?</b> Dr.-Ing. Andreas Wierse, SICOS BW GmbH	Impulsvortrag & Diskussionsrunde
11:40	<b>Ihr „Tweet“ für die Region</b> – An welchen Stellschrauben müssen wir arbeiten, damit die Rahmenbedingungen bestmöglich für unsere Region ausgestaltet werden?	Brainstorming im virtuellen Board
11:50	Closing & Retro	
12:00	Ende der Veranstaltung	

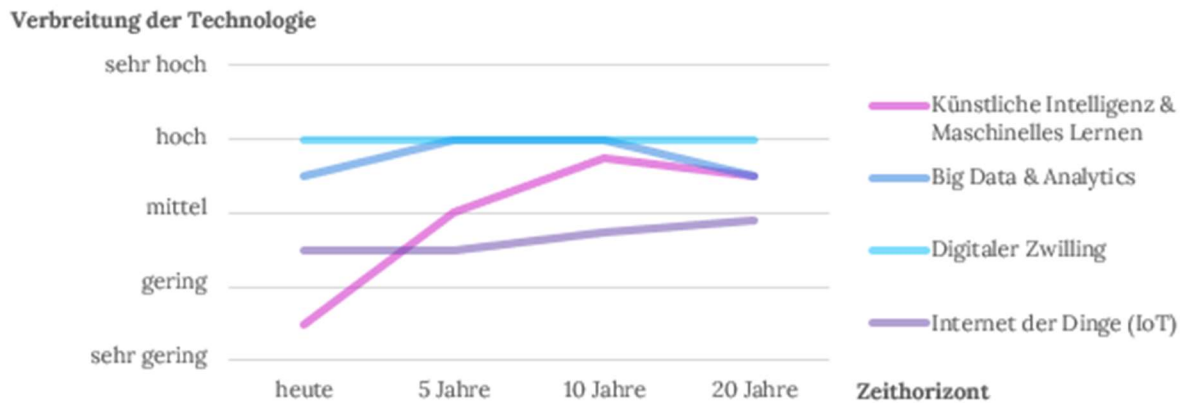
## Anhang 5: Digitale Zukunftsfelder

Tabelle 37: Quellenübersicht für die Auswahl der digitalen Zukunftsfelder

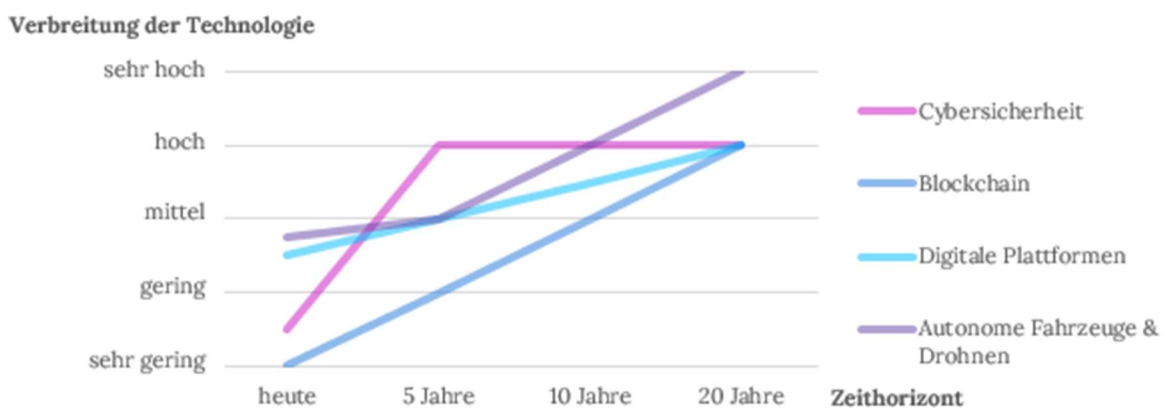
digitales Zukunftsfeld	Quelle										Techno- giefeld- analyse / Conomic GmbH (2020)	
	ICT trends and forecasts as of 2020: Rrimedo Labs (H. Bogucka)											
	Gartner (2020)	Deloitte (2020)	FTI (2020)	BMCo/ Forbes (2020)	IEEE ComSoc (2020)	Ericsson (2020)	Bitkom 2019	Bitkom 2018	BCG (2021)	EU / NKS IKT (2020)		
Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen	x	x	x	x	x						x	x
Internet der Dinge / Internet of Things (IoT)			x	x	x						x	x
Blockchain & Distributed Ledger Technologien	x	x	x	x							x	x
Robots & Cobots		x	x	x							x	x
Cloud und Edge Computing		x	x	x	x						x	
Autonome Fahrzeuge & Drohnen			x	x	x						x	x
Big Data & Analytics		x	x	x							x	x
Quantum Computing	x		x	x							x	
XR-Technologie (VR/AR/MR)		x	x	x							x	x
Digitaler Zwilling	x	x	x	x							x	
Cybersicherheit				x								x
Digitale Plattformen		x		x							x	
Robotic Process Automation (RPA)			x	x							x	
Wearables / Wearable Computing				x							x	
Nanoelektronik & Photonik				(x)								x
Biointelligente Wertschöpfung											x	



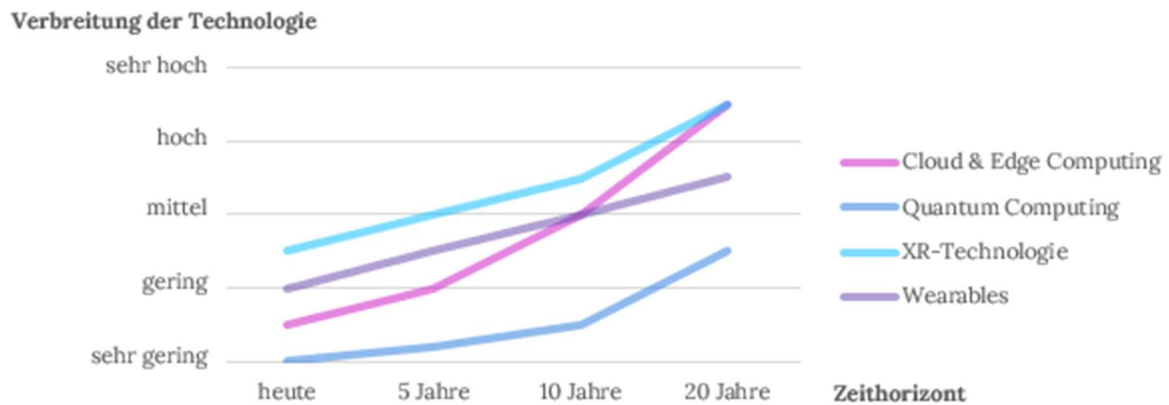
## Anhang 6: Ergebnisse des ersten Innovationsworkshops – Entwicklungspfade zur Verbreitung digitaler Zukunftsfelder



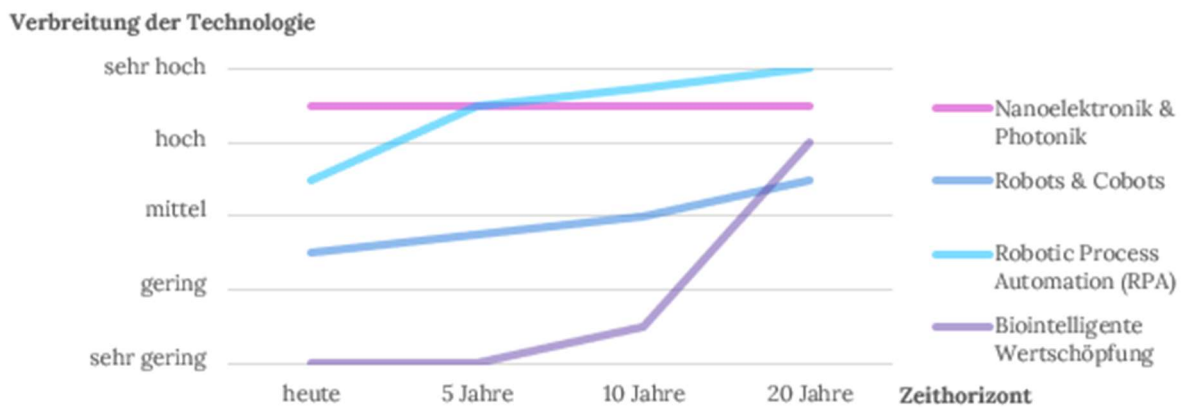
**Abbildung 38:** Entwicklungspfade zur Verbreitung der digitalen Zukunftsfelder KI & Maschinelles Lernen, Big Data & Analytics, Digitaler Zwilling, IoT



**Abbildung 39:** Entwicklungspfade zur Verbreitung der digitalen Zukunftsfelder autonome Fahrzeuge & Drohnen, Blockchain, Cybersicherheit, digitale Plattformen



**Abbildung 40: Entwicklungspfade zur Verbreitung der digitalen Zukunftsfelder Cloud & Edge Computing, Quantum Computing, XR-Technologie, Wearables**



**Abbildung 41: Entwicklungspfade zur Verbreitung der digitalen Zukunftsfelder Nano-elektronik & Photonik, Robots & Cobots, Robotic Process Automation, bio-intelligente Wertschöpfung**

## Anhang 7: Blick in den Kompetenzatlas

**Tabelle 38: Hochschulen und Universitäten mit Lehr- und Forschungsangebot im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in Sachsen**

Hochschule/ Universität	Ort	IRMD-Standort
Berufsakademie Sachsen	Bautzen, Breitenbrunn, Dresden, Glauchau, Leipzig, Plauen, Riesa	teilweise
FOM Hochschule Leipzig	Leipzig	ja
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (HTWK)	Leipzig	ja
Hochschule Macromedia – Faculty of Creative Arts	Leipzig	ja
Hochschule für Telekommunikation Leipzig	Leipzig	ja
Universität Leipzig	Leipzig	ja
HHL – Leipzig Graduate School of Management	Leipzig	ja
Hochschule Mittweida	Mittweida	nein
Hochschule Zittau/Görlitz	Zittau, Görlitz	nein
Westfälische Hochschule Zwickau	Zwickau	nein
Technische Universität Chemnitz	Chemnitz	nein
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden	Dresden	nein
Fachhochschule Dresden - Private FH	Dresden	nein
Technische Universität Dresden	Dresden	nein
Technische Universität Bergakademie Freiberg	Freiberg	nein

**Tabelle 39: Hochschulen und Universitäten mit Lehr- und Forschungsangebot im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in Sachsen-Anhalt**

Hochschule/ Universität	Ort	IRMD-Standort
Hochschule Anhalt	Bernburg, Köthen, Dessau	teilweise
Hochschule Harz	Wernigerode, Halberstadt	nein
Hochschule Merseburg	Merseburg	ja
Burg Giebichenstein Kunst- hochschule Halle	Halle	ja
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	Halle	ja
Hochschule Magdeburg-Stendal	Magdeburg, Stendal	nein
Otto-von-Guericke- Universität Magdeburg	Magdeburg	nein

**Tabelle 40: Hochschulen und Universitäten mit Lehr- und Forschungsangebot im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in Thüringen**

Hochschule/ Universität	Ort	IRMD-Standort
Fachhochschule Erfurt	Erfurt	nein
Duale Hochschule Gera-Eisenach	Gera, Eisenach	nein
Technische Universität Ilmenau	Ilmenau	nein
Ernst-Abbe-Hochschule Jena	Jena	nein
Friedrich-Schiller-Universität Jena	Jena	nein
Hochschule Nordhausen	Nordhausen	nein
Fachhochschule Schmalkalden	Schmalkalden	nein
Bauhaus-Universität Weimar	Weimar	nein

**Tabelle 41: Forschungseinrichtung mit Schwerpunkt im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien in der IRMD**

<b>Forschungseinrichtung</b>	<b>Ort</b>	<b>Bundesland</b>
Institut für Digitale Technologien	Leipzig	SN
InfAI - An-Institut der Universität Leipzig	Leipzig	SN
Fraunhofer-Zentrum für Internationales Management und Wissensökonomie IMW: Digitale Projekteinheit Data Mining und Wertschöpfung	Leipzig	SN
Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ) Leipzig	Leipzig	SN
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH	Leipzig	SN
ScaDS.AI (Center for Scalable Data Analytics and Artificial Intelligence)	Leipzig, Dresden	SN
Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik	Halle	ST
Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS + Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP	Halle	ST

**Tabelle 42: Netzwerke, Cluster, Verbände, Digital Hubs und Gründungs- sowie Innovationszentren im IKT-Bereich bzw. für digitale Zukunftstechnologien**

Hinweis: Aufgeführt werden Institutionen in der IRMD sowie in weiteren Gebietskörperschaften Mitteldeutschlands, sofern mit Strahlkraft auf bzw. Angebot für die IRMD

<b>Institution</b>	<b>Ort</b>	<b>Bundesland</b>
Cluster IT Mitteldeutschland e. V.	Leipzig	Mitteldeutschland
Games & XR Mitteldeutschland e. V.	Leipzig	Mitteldeutschland
SpinLab – The HHL Accelerator	Leipzig	SN
Smart Infrastructure Hub Leipzig	Leipzig	SN

Smart Infrastructure Ventures Leipzig	Leipzig	SN
BIO CITY LEIPZIG	Leipzig	SN
BIC - Business & Innovation Centre Leipzig	Leipzig	SN
Basislager Coworking Leipzig	Leipzig	SN
SPRIN-D (Bundesagentur für Sprunginnovationen)	Leipzig	SN
Social Impact Lab Leipzig	Leipzig	SN
Impact Hub Leipzig	Leipzig	SN
Cluster IT, Medien, Kreativwirtschaft in Leipzig	Leipzig	SN
KI Hub Sachsen	Leipzig	SN
2b AHEAD Ventures	Leipzig	SN
Leipziger Stiftung für Innovation und Technologietransfer	Leipzig	SN
Silicon Saxony	Dresden	SN
SenSa (Sensorik Sachsen)	Dresden	SN
futureSAX	Dresden	SN
Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Chemnitz	Chemnitz	SN
Blockchain Competence Center Mittweida	Mittweida	SN
Cyberagentur des Bundes	Halle (perspektivisch am Flughafen Leipzig-Halle)	ST
univations	Halle	ST
SaltLabs workplaces + coffee GmbH	Halle	ST
KWSA - Kreativwirtschaft Sachsen-Anhalt, Taskforce Digitalisierung	Halle, Magdeburg	ST
BioEconomy Cluster	Halle	ST
TGZ Halle Technologie- und Gründerzentrum Halle (Technologiapark Weinberg Campus)	Halle	ST



MMZ Mitteldeutsches Multimedia-zentrum	Halle	ST
Partnernetzwerk Wirtschaft 4.0: Regionale Digitalisierungszentren Sachsen-Anhalt	verschiedene Standorte in ST	ST
Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Magdeburg	Magdeburg	ST
Fördergemeinschaft für Polymerentwicklung und Kunststofftechnik in Mitteldeutschland (POLYKUM)	Merseburg	ST
TGZ Technologie- und Gründerzentrum Bitterfeld-Wolfen	Bitterfeld-Wolfen	ST
Digitalisierungszentrum Zeitz	Zeitz	ST
Merseburger Innovations- und Technologiezentrum (MITZ)	Merseburg	ST
Kompetenznetzwerk für Angewandte und Transferorientierte Forschung (KAT)	Anhalt, Harz, Magdeburg-Stendal, Merseburg	ST
DLR Drohnen-Testzentrum Cochstedt	Cochstedt	ST
ITnet Thüringen	Erfurt	TH
OptoNet - Photoniknetzwerk Thüringen	Jena	TH
Thüringer Kompetenzzentrum Wirtschaft 4.0, ThEx Thüringen	Erfurt	TH
Thüringer Zentrum für Lernende Systeme und Robotik	Ilmenau	TH
THAK Thüringen	Erfurt	TH
Digital Innovation Hub Photonics	Jena	TH
Digitalagentur Thüringen	Erfurt	TH
Thüringer ClusterManagement (ThCM)	Erfurt	TH
ICC spectronet Photonics & Machine Vision	Jena	TH



Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrum Ilmenau	Ilmenau	TH
medways	Jena	TH
Technologie- und Gründerzentrum Gera	Gera	TH
Europäisches Drohnen-Zentrum (EDZ) am Leipzig-Altenburg Airport	Nobitz/Altenburger Land	TH

---

## Die Autoren

---

### mm1

mm1 ist die führende Unternehmensberatung für Connected Business und wurde wiederholt als beste Beratung im Bereich „Innovation & Wachstum“ sowie „Technologie & Telekommunikation“ ausgezeichnet. Mit rund 100 Beratern unterstützt mm1 führende Unternehmen bei der Gestaltung der digitalen und vernetzten Welt. Geleitet von dem Anspruch „We make digital innovation happen!“ verwirklicht mm1 dabei zeitgemäße Geschäftsmodelle, Produkte und Prozesse. Renommierete Unternehmen aus den Branchen Telekommunikation, Finanzdienstleistung, Automobil und Industrie zählen zum Kundenkreis von mm1. Das Unternehmen wurde 1997 gegründet und hat seinen Hauptsitz in Stuttgart sowie weitere Büros in Wien und Zürich. Mehr Informationen unter [www.mm1.de](http://www.mm1.de).

### Prognos

Wer heute die richtigen Entscheidungen für morgen treffen will, benötigt gesicherte Grundlagen. Prognos – eines der ältesten Wirtschaftsforschungsunternehmen Europas – liefert sie Ihnen. Seit über 60 Jahren unterstützen wir private Unternehmen, Verbände, Stiftungen und öffentliche Auftraggeber dabei, tragfähige Strategien für ihre Zukunft zu entwickeln – durch Analysen, Beratung und Begleitung. Unsere Datenbanken, Atlanten und Reports haben sich auf nationaler wie internationaler Ebene als zuverlässige Informationsquellen für Entscheiderinnen und Entscheider aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft etabliert.

Prognos arbeitet konsequent interdisziplinär. In unseren Projektteams forschen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus den Bereichen Ökonomie und Geografie, Ingenieurwesen, Mathematik, Soziologie oder Verkehrswissenschaften Hand in Hand für Sie. Unsere Teams stehen im engen Austausch miteinander, unsere Themenfelder denken wir ganzheitlich. Dabei verfügt Prognos über belastbare und stetig wachsende ökonomische Modelle. Sie ermöglichen es uns, komplexe Szenarien zu entwerfen und für Sie in die Zukunft zu blicken. In detaillierten Analysen loten wir konkrete Handlungsspielräume aus. Unser Ziel ist stets das eine: Ihnen einen Vorsprung zu verschaffen – im Wissen, im Wettbewerb, in der Zeit. Mehr Informationen unter [www.prognos.com](http://www.prognos.com).

---

## Impressum

---

POTENZIALSTUDIE DIGITALISIERUNG UND DIGITALE INFRASTRUKTUR

Analyse von Innovations- und Wertschöpfungspotenzialen durch die Digitalisierung sowie digitale Infrastruktur in der Innovationsregion Mitteldeutschland

### Im Auftrag der

#### **Innovationsregion Mitteldeutschland**

c/o Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH

Schillerstraße 5

04109 Leipzig

[innovationsregion@mitteldeutschland.com](mailto:innovationsregion@mitteldeutschland.com)

[www.innovationsregion-mitteldeutschland.com](http://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com)

### Bearbeitung

## mm1

#### **mm1 Consulting & Management PartG**

Ansprechpartner:

Dr. Katharina Mattes, Dr. Michael Eble, Vanessa Malter

Bolzstraße 6

70173 Stuttgart

[office@mm1.de](mailto:office@mm1.de)

[www.mm1.de](http://www.mm1.de)

In Kooperation mit der



#### **Prognos AG**

Goethestraße 85

10623 Berlin

[info@prognos.com](mailto:info@prognos.com)

[www.prognos.com](http://www.prognos.com)

[twitter.com/prognos\\_ag](https://twitter.com/prognos_ag)

Dr. Olaf Arndt

Dr. Jonathan Eberle

Bernhard Wankmüller



INNOVATIONSREGION  
MITTELDEUTSCHLAND

## **Kontakt**

Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH  
Schillerstraße 5  
04105 Leipzig  
0341 / 600 16 – 262  
mayer@mitteldeutschland.com

[www.mitteldeutschland.com](http://www.mitteldeutschland.com)  
[www.innovationsregion-mitteldeutschland.com](http://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com)

Ein Projekt der



METROPOLREGION  
MITTELDEUTSCHLAND