



## DIGITALES MÜNSTERLAND

Eine Zukunfts-Analyse zu ausgewählten Technologie-Trends vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung in Zusammenarbeit mit den Münsterland Denkfabriken

06/2022

# INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung .....	2
2	KI-Entscheidungsunterstützung .....	3
3	Bildgebungsverfahren und Auswertung .....	5
4	Explainable Artificial Intelligence (XAI) .....	7
5	Edge Computing .....	8
6	KI für Materialentwicklung .....	9
7	Cybersecurity und Datenschutz .....	10
8	Zugang zu sensiblen Daten .....	11
9	Civic Technology .....	12
10	Additive Fertigungsverfahren .....	13
11	KI in der Industrie .....	15
12	Small Data Algorithms – Few-shot learning .....	18
13	Nachhaltige Bauplanung mit Building Information Modeling BIM. ....	20
14	Materialsparende Bauweise .....	22
15	Bewertung für das Münsterland. ....	24
16	Literaturverzeichnis .....	26

→ **VERTIEFUNGSBERICHT** ..... 27

→ **VERTIEFUNGSBERICHT** ..... 37

→ **VERTIEFUNGSBERICHT** ..... 45

## Anhang:

Vertiefungsbericht KI-Entscheidungsunterstützung  
 Vertiefungsbericht Explainable Artificial Intelligence (XAI)  
 Vertiefungsbericht Edge Computing



# 1 EINLEITUNG

Digitalisierung ist eines der ganz großen Themen unserer Zeit und wird dies auf absehbare Zeit auch bleiben. Es ist vor allem ein Querschnittsthema und findet in vielen unternehmerischen Bereichen und Branchen Anwendung. Hier im Fokus stehen die Entwicklungen, die in naher Zukunft auch für mittelständische Betriebe interessant werden können. Bei den hier ausgewählten 13 Zukunftsthemen handelt es sich also nicht um abstrakte Forschungsergebnisse, sondern um Technologien, die in vielen Fällen bereits heute oder aber in nächster Zukunft in der Praxis eingesetzt werden. Durch die vorliegenden Beschreibungen soll erläutert werden, in welchen Bereichen sich neue Möglichkeiten, aber auch Herausforderungen ergeben werden. Die Einsatzfelder umfassen dabei Bau, Materialforschung, den Gesundheitssektor, die Industrie, aber auch branchenübergreifende Themen wie Algorithmen, Cybersecurity und Datenschutz werden adressiert, die in allen Anwendungsfeldern eine Rolle spielen.

Bei der Auswahl der Zukunftsthemen wurde betrachtet, ob sich ein Technologie-Trend besonders dynamisch entwickelt und ob erwartet wird, dass er zukünftig bedeutende Auswirkungen auf die Bereiche Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft haben wird.

Für alle Zukunftsthemen wird neben einer Kurzbeschreibung jeweils diskutiert, wie die Dynamik der Entwicklung zu bewerten ist, welches die wichtigsten Treiber dieser Entwicklung sind und welche Zukunftsperspektiven gesehen werden. Zur graphischen Veranschaulichung der Dynamik ist für alle Themen eine Auswertung der weltweiten wissenschaftlichen Publikationen auf Basis der Dimensions-Datenbank dargestellt. Ergänzend werden für alle Themen Beispiele für aktuelle Entwicklungen beschrieben. Die Grafiken im Abschnitt „Zukunftspotenzial“ vermitteln eine grobe Einschätzung der Relevanz des jeweiligen Themas für die Bereiche Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft.

Die Technologie-Trends wurden im Rahmen des Enabling Networks Münsterland Projektes in unternehmerischen Denkfabriken vorgestellt und im Anschluss von den Teilnehmenden hinsichtlich ihrer Relevanz für die Region und des Aufwands für die Erschließung des Themas bewertet. Zudem wurden sogenannte „Vertiefungs-Themen“ ausgewählt, die Sie im Inhaltsverzeichnis finden können. Diese Themen wurden als für die Region und die bestehenden Innovationskompetenzen des Münsterlandes als besonders interessant bezeichnet und daher tiefergehend analysiert.

**ANSPRECHPARTNER:INNEN  
FRAUNHOFER ISI:**

**Elna Schirrmeister,  
Dr. Philine Warnke und  
Jan Rörden**

<sup>1</sup> → <https://app.dimensions.ai/discover/publication>

## 2 KI-ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG

### KURZBESCHREIBUNG

Künstliche Intelligenz (KI) und Machine Learning (ML) können in der Medizin in vielen Bereichen verwendet werden. Beispiele sind massive Zeitersparnisse bei gleichzeitiger verbesserter Analyse in der Radiologie (Entlastung bei Routineaufgaben), besserer Zugang zu komplizierter Technik (Bereitstellung von Spezialwissen) oder das kontinuierliche Monitoring von Patientendaten (Labor). Der Fokus liegt hier auf dem Einsatz zur Lösung konkreter, klar definierter Fragestellungen und der Entscheidungsfindung.

KI ist besonders dann gut, wenn es um die Ermittlung spezifischer Klassifikationen geht. Bei zu vielen Möglichkeiten (bspw. Dermatologie, 2.000–3.000 definierbare Krankheitsbilder) ist sie ohne Einschränkung der Datenbasis weniger effektiv. Es gibt prinzipiell 3 inhaltliche Problemstellungen:

- die robuste Vorhersage,
- die Abdeckung der Krankheitsfälle der Entscheidungsunterstützung und
- die Nachvollziehbarkeit.

### DYNAMIK

Obwohl KI- und ML-Systeme teilweise deutlich zuverlässiger und schneller als Spezialisten arbeiten, gibt es dennoch Herausforderungen in Bezug auf neue Krankheiten. So zeigt sich vor allem bei Covid-19, dass (zumindest in der Anfangsphase der Pandemie) KI und ML zwar nur selten direkt in der Patientenfürsorge eingesetzt, über Umwege (z.B. Analyse der publizierten Literatur) aber dennoch genutzt wurden.

Künstliche Intelligenz gewinnt in Unternehmen, dem täglichen Leben und in der Medizin rasant an Bedeutung und es zeichnet sich eine enorme Dynamik ab. Grundlage des Er-

folgs sind Innovationen in der Prozessor- und Speichertechnologie, im Cloud Computing, der Sensorik, dem Internet der Dinge und der Robotik. Die größte Herausforderung für die Gesellschaft ist vermutlich darin zu sehen, dass sich mit der breiten Nutzung von Big Data und KI auch in der Medizin die Entscheidungsprozesse und -routinen neu justieren – inklusive der vorbereitenden, begleitenden oder kommentierenden Information und Kommunikation. Gewohnte Routinen werden sich verändern oder in einen neuen Bedeutungsrahmen eingefügt werden. Dies hat Auswirkungen auf die inhärente Qualität von Entscheidungsprozessen, auf die Verantwortung für das Ergebnis von Entscheidungsprozessen, aber auch auf die durch Entscheidungsverfahren erzeugte Legitimität.

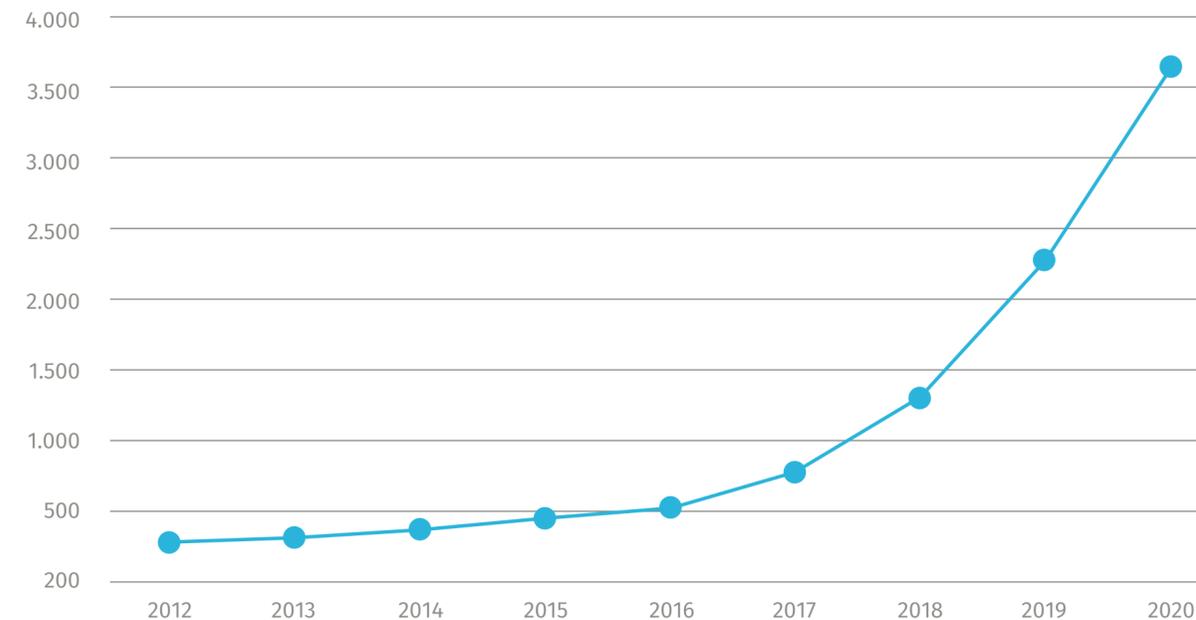


Abbildung 3: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu KI-Entscheidungsunterstützung<sup>4</sup>

<sup>4</sup> search\_text = ((„artificial intelligence“) OR („AI“) OR („künstliche Intelligenz“) OR („KI“) OR („machine learning“) OR („maschinelles lernen“)) AND ((„decision support“) OR („decision making“) OR („decision“) OR („entscheidung\*“) OR („zeitersparnis“) OR (time saving)) AND ((„medicine“) OR („medizin“) OR („health“) OR („gesundheit“) OR („diagnostic“) OR („radiology“) OR („radiologie“) OR („labor“) OR („lab“) OR („patient“) OR („diagnose“) OR („illness“) OR („krankheit“) OR („care“) OR („pflege“) OR („therapy“) OR („therapie“))



## AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

Konkrete Anwendungen, in denen KI/ML eingesetzt werden kann, sind zum Beispiel:

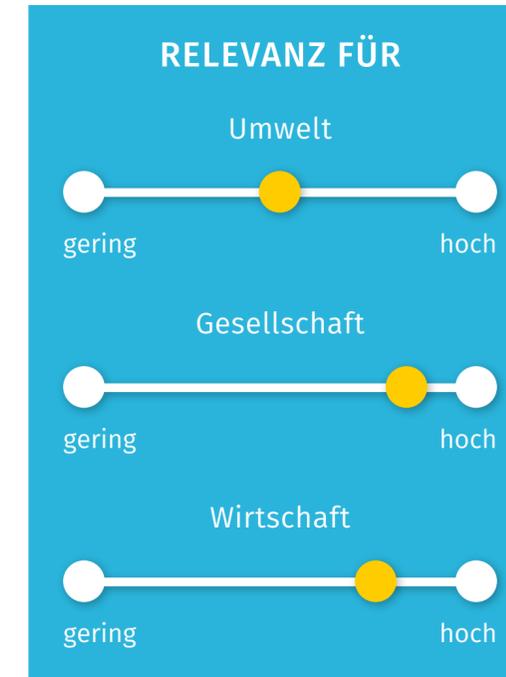
- **Patientennahe diagnostische Anwendungen:** KI-Systeme machen medizinisches Wissen für Patientinnen und Patienten besser zugänglich. KI-gestützte Diagnosehilfen wie Ada Health oder Babylon Health können die Aufmerksamkeit für Gesundheitsprobleme schärfen und – zum Beispiel im Kontext seltener Erkrankungen – dazu beitragen, dass Betroffene früher erkannt und entsprechend besser medizinisch versorgt werden. KI kann auch zu einer Optimierung des patientennahen Vitalwerte-Monitorings beitragen. So hat das Unternehmen Valencell eine KI-basierte Technologie entwickelt, die es erlaubt, den Blutdruck über In-Ohr-Kopfhörer manschettenfrei und sehr zuverlässig zu messen.
- **Optimierung der radiologischen Bildanalytik:** In der Radiologie werden KI-Algorithmen Radiologen künftig vielfältig unterstützen, ohne sie zu ersetzen. Radiologen werden von Routineaufgaben entlastet und können sich mehr jenen Patient:innen widmen, bei denen menschliche Expertise wirklich gefragt ist. Ein Beispiel für die Richtung, in die es geht, liefert das Universitätsklinikum Essen, wo KI-Algorithmen den **Zeitaufwand** für eine Leber volumetrie auf Basis von CT-Daten von 30 auf eine Minute **reduziert** haben. Auch bei der Ermittlung der Läsionslast bei Multipler Sklerose und bei der Bestimmung des Knochenalters sparen Algorithmen den Essener Radiologen relevant Zeit ein.

- **Leichter Zugang zu komplizierter Technik:** KI-Algorithmen können dazu beitragen, diagnostische Techniken, die Spezial-Knowhow erfordern, breiter zugänglich zu machen. So hat die FDA Anfang des Jahres die KI-gestützte Software Caption Guidance zugelassen, die medizinisches Personal bei der Erstellung von Echokardiographien unterstützt – unter anderem bei der Platzierung und Ausrichtung der Sonde. Sie generiert auch automatisch Bilder bzw. Ultraschallfilme, sobald die Zielregion im Schallkegel sichtbar ist.
- **Entscheidungsunterstützung:** Künftig werden klinische Informationssysteme oder Praxis-IT-Systeme den Ärztinnen und Ärzten und/oder den Pflegekräften in immer mehr Situationen KI-Tools anbieten, die sie bei medizinischen oder pflegerischen Entscheidungen unterstützen. Das können Warnungen vor drohenden Verschlechterungen auf Basis von Monitoring- und Labordaten sein, aber auch patientenindividuelle Vorschläge bezüglich der nächsten diagnostischen oder therapeutischen Schritte.

## ZUKUNFTSPOTENZIAL

Zukunftspotenziale haben Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen zum Beispiel beim Zugang zu Diagnose- und Therapiemöglichkeiten ohne Spezialwissen (Home Care oder bei Ärzt:innen). Dadurch, dass mehr Zeit für Mensch-zu-Mensch Interaktionen bleibt, kann die Therapie verbessert werden.

Durch die Unterstützung bei der Datenanalyse können Pflege und Behandlung in Anbetracht des demografischen Wandels bei gleichbleibend wenig Personal und mehr Patient:innen verbessert werden.



## ZUM NACHLESEN

- Bitkom e.V.: Artificial Intelligence: Entscheidungsunterstützung mit Künstlicher Intelligenz
- Zentrale Ethikkommission (ZEKO): Entscheidungsunterstützung ärztlicher Tätigkeit durch Künstliche Intelligenz
- DMEA: Künstliche Intelligenz durchdringt das Gesundheitswesen



→ **ZUM VERTIEFUNGSBERICHT  
KI-ENTSCHEIDUNGS-  
UNTERSTÜTZUNG**



## 3 BILDGEBUNGSVERFAHREN UND AUSWERTUNG

### KURZBESCHREIBUNG

3D-Kamerasysteme und technische Fortschritte bei Mikroskopen, Sensoren der Signalverarbeitung sowie bei der Nachbearbeitung und Auswertung von Aufnahmen bildgebender Verfahren ermöglichen neue Einsatzmöglichkeiten und Erkenntnisse sowohl im Bereich technischer Systeme als auch auf biologischen und medizinischen Gebieten. So können lebende Zellen und Organismen in nahezu Echtzeit in verschiedenen Tiefen und auf größeren Flächen beobachtet werden, komplexe Molekülstrukturen schneller und einfacher erfasst und immer mehr Stoffe und Materialien von Mikroskopen und Kamerasystemen erkannt werden. Auch im Bereich Augmented Reality und autonomes Fahren tragen neue Bildgebungsverfahren zu enormen Entwicklungspotenzialen bei.

### DYNAMIK

Um Bildgebungsverfahren für die oben genannten Zwecke einzusetzen, sollte die auf den Bildern enthaltene Information optimal genutzt und verstanden werden. Allerdings werden über Segmentierung und dreidimensionale Darstellung hinausgehende Bildanalyseverfahren bisher nur in spezialisierten Zentren eingesetzt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass durch intelligente Merkmalsextraktion, Mustererkennungsverfahren und systembiologische Betrachtung der Bildinformation in Zusammenschau mit histologischer Pathologie, OMIC S-Daten und entsprechender Modellierung eine weit detailliertere und pathomechanistische Diagnostik gelingen kann.

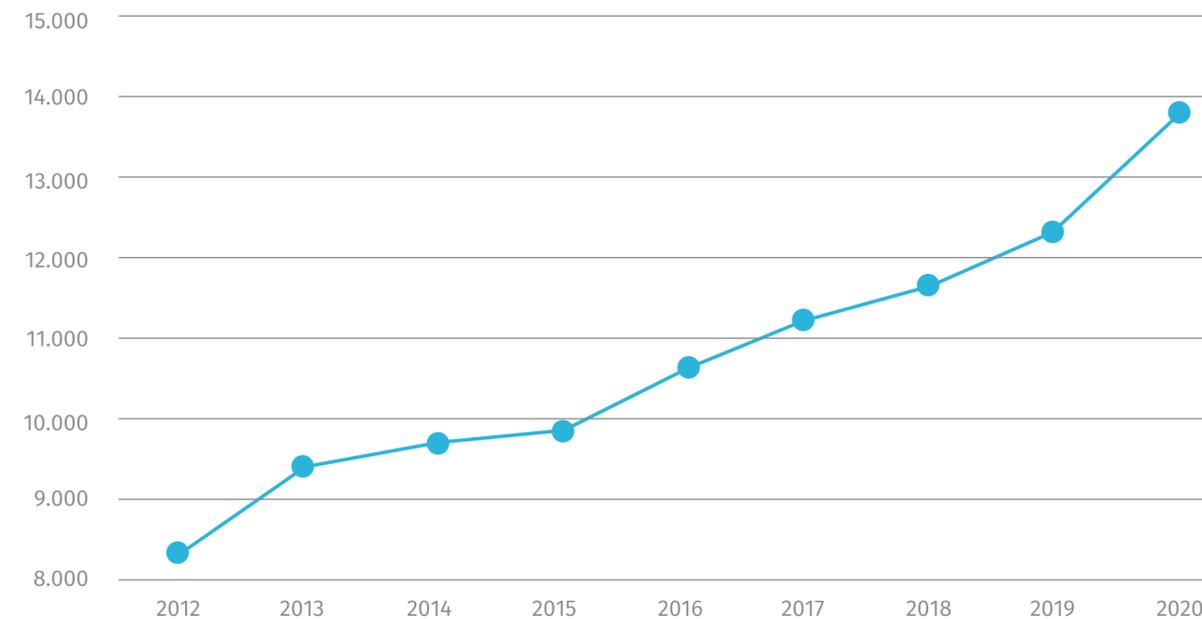


Abbildung 4: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu Bildgebungsverfahren<sup>5</sup>

<sup>5</sup> search\_text= (bildgebungsverfahren) OR (imaging processes) OR (imaging methods) OR (bildgebungsmodalitäten) OR (bildgebende verfahren) OR (imaging modalities) OR (imaging techniques) OR (imaging procedures)



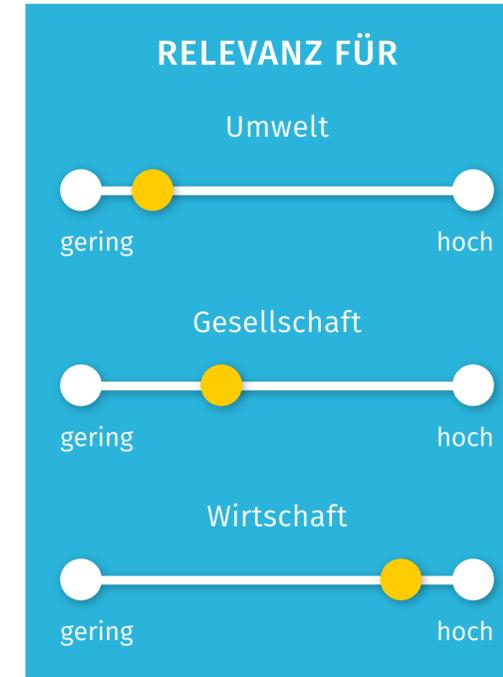
## AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

- Die Entwicklung eines Farbkamerasystems in Kombination mit Bildern einer Tiefenkamera ermöglicht erstmalig das zuverlässige Erkennen transparenter und reflektierender Objekte. Dazu werden Tiefenkamerabilder von undurchsichtigen Objekten kombiniert mit Farbbildern der gleichen Objekte verwendet. Tiefenkameras selbst ist das Erkennen von Formen nicht möglich, da deren Infrarotlicht durch klare Objekte hindurchgeht und von reflektierenden Oberflächen gestreut wird. Das neue Farbkamerasystem kann nicht nur einzelne transparente und reflektierende Objekte erfassen, sondern auch solche Objekte in unübersichtlichen Stapeln. Das System verwendet eine kommerzielle RGB-D-Kamera, die sowohl Farbbilder (RGB) als auch Tiefenbilder (D) aufnehmen und beispielsweise von Küchenrobotern genutzt werden kann oder auch, um Wertstoffe oder andere Sammlungen von Objekten verschiedener Beschaffenheit zu sortieren.
- Forscher haben die erste Megapixel-Photon-Counting-Kamera entwickelt, die auf einer neuen Generation von Bildsensoren basiert, die Single-Photon Avalanche Dioden (SPADs) verwenden. Die neue Kamera kann einzelne Lichtphotonen mit bisher unerreichter Geschwindigkeit erfassen, eine Fähigkeit, die Anwendungen vorantreiben könnte, die eine schnelle Erfassung von 3D-Bildern erfordern, wie z. B. Augmented Reality und LiDAR-Systeme für autonome Fahrzeuge. Dank der hohen Auflösung und der Fähigkeit zur Tiefenmessung könnte diese Kamera die virtuelle Realität realistischer machen und eine nahtlosere Interaktion mit Augmented Reality-Informationen ermöglichen. In einer etwas fernerer Zukunft könnten Quantenkommunikation, Sensorik und Computing von photonenzählenden Kameras mit Multi-Megapixel-Auflösung profitieren

## ZUKUNFTSPOTENZIAL

Die Kombination bzw. Fusion unterschiedlicher Bildgebungsmodalitäten wird in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen, da dadurch die Vorteile verschiedener Verfahren wie bspw. hohe räumliche Auflösung und hohe zeitliche Auflösung genutzt werden können. Hochleistungsberechnungen könnten in Zukunft eine visuelle Übertragung und vor allem Verarbeitung der Aufnahmen von Mikroskopen in Echtzeit ermöglichen, was die Qualität der Aufnahmen enorm verbessern würde. Dies könnte zur Lösung eines Zielkonflikts beitragen, der sich daraus ergibt, dass die Erfassung von Bildern mit hoher Auflösung größere Datenmengen erzeugt, was wiederum zu längeren Übertragungszeiten führt und damit die Bildgebungsgeschwindigkeit beeinträchtigt. Hochgeschwindigkeitsereignisse können daher bisher nur sehr schwer mit hoher Auflösung erfasst werden.

Eine Herausforderung ergibt sich aus den Kosten der Verfahren, die zukünftig noch stärker gesenkt werden müssen. Auch muss die Anwendbarkeit verbessert werden. Am wichtigsten ist es jedoch, den klinischen Nutzen kritischer zu diskutieren und in einem interdisziplinären Team ständig zu hinterfragen und zu optimieren. Die Entwicklung von Bildgebungsgeräten, Diagnostika und Therapeutika sollte hierbei eng verknüpft sein. Auch sollten Bildgebungsbiomarker in Zusammenschau mit serologischer Analytik, OMIC S, fortschrittlicher Bildanalyse und systembiologischen Betrachtungen erhoben werden. Hieraus ergeben sich dann auch Indikationen für die Entwicklung neuer Companion Diagnostika und Theranostika. Auch interventionelle optische, photoakustische sowie Ultraschallverfahren sind in diesem Zusammenhang zu nennen. Für alle genannten Aspekte einer translational ausgerichteten Forschung ist zudem die enge Interaktion zwischen Akademie und Industrie unabdingbar.



## ZUM NACHLESEN

- Helmholtz Zentrum München: Neue Lösungen für die medizinische Bildgebung könnten Diagnostik und Behandlung verbessern – Helmholtz Zentrum München
- Medica Magazin: KI in der Bildgebung: wie Maschinen unsere Datenberge bezwingen
- Nature Photonics: Megapixel single-photon camera



## 4 EXPLAINABLE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (XAI)

### KURZBESCHREIBUNG

Explainable Artificial Intelligence (XAI) soll die Ergebnisse von Systemen, die durch Machine Learning (ML) – dies schließt auch neuronale Netze mit ein – also dynamisch und nicht linear zu ihren Ergebnissen kommen, nachvollziehbar machen. In vielen Bereichen (z.B. Medizin, Finanzwirtschaft, oder wenn es um gerichtsfeste Entscheidungen geht) sind zum Beispiel nicht binäre Klassifikationen gefordert, sondern detaillierte, informationsreiche Auskünfte. Interpretierbarkeit erhöht die Fairness und die Robustheit von ML-Modellen und stellt sicher, dass zugrundeliegende Kausalitäten korrekt abgebildet werden.

Bedingt vor allem durch die Verfügbarkeit von Daten und einem größeren wirtschaftlichen Interesse sind vor allem Anwendungen in der Industrie im Fokus, wo es darum geht potenziell kostspielige Design- oder Wartungsentscheidungen von ML-Systemen treffen zu lassen. Gleichzeitig steigen aber auch vor allem durch die DSGVO in anderen Bereichen die Anforderungen an ML-Systeme, wenn diese mit personenbezogenen Daten arbeiten und auf dieser Grundlage Entscheidungen getroffen werden.

### DYNAMIK

Das Thema XAI hat erst in den letzten Jahren stark an Aufmerksamkeit gewonnen, was vermutlich stark mit der steigenden Verfügbarkeit von ML-Technologien sowohl durch leistungsstärkere Hardware als auch durch frei verfügbare Software sowie einem allgemein steigenden Interesse an der Erklärbarkeit zusammenhängt. Durch weitere Verbreitung entsprechender Technologien in den nächsten Jahren ist davon auszugehen, dass XAI in zukünftigen (Produkt-)Entwicklungen eine immer größere Rolle spielen wird.

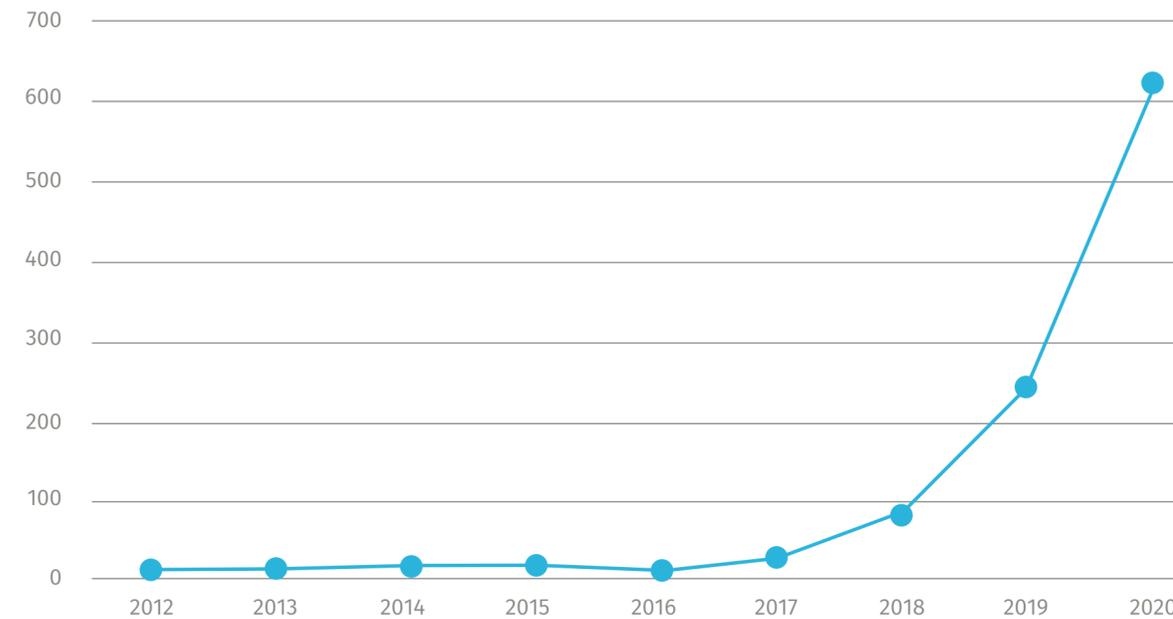
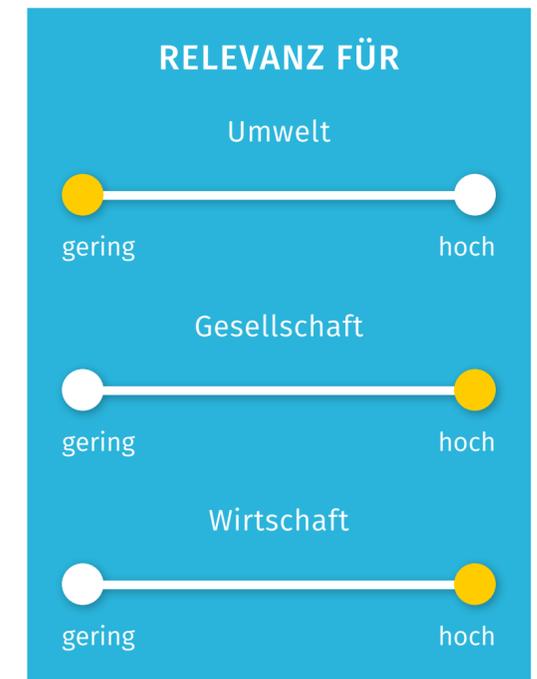


Abbildung 5: Anzahl der Publikationen zu Explainable AI<sup>6</sup>

### ZUKUNFTSPOTENZIAL

Die Erklärbarkeit von bisher opaken Algorithmen ist essenziell für eine gesellschaftlich breitere Akzeptanz komplexer Systeme (andere Anforderungen an menschliche und maschinelle Entscheidungen), sowie deren Etablierung in kritischen Bereichen, in denen differenzierte Entscheidungen gefragt sind – unabhängig von der Performanz der eingesetzten Systeme. Außerdem ist sie unbedingt notwendig für technische Fortschritte, um korrekte Schlüsse aus den Ergebnissen ML-basierter Systeme zu ziehen. Auch regulatorische Einflüsse, also gesetzliche Anforderungen an die Erklärbarkeit verwendeter Systeme, sind zu erwarten. Etablierte Anbieter von Cloud-Dienstleistungen bieten bereits heute die Möglichkeit, XAI in die eigenen Projekte zu integrieren (siehe bspw. → <https://cloud.google.com/explainable-ai>).



### ZUM NACHLESEN

- ERCIM Ausgabe zum Thema „Transparency in Algorithmic Decision Making“
- Gesellschaft für Informatik e.V. – „Explainable AI“



→ **ZUM VERTIEFUNGSBERICHT XAI**

<sup>6</sup> search\_text = (explainable AI) OR (explainable artificial intelligence) OR (XAI) OR (erklärbare KI) OR (erklärbare künstliche intelligenz)

## 5 EDGE COMPUTING

### KURZBESCHREIBUNG

Edge Computing bezeichnet die Bereitstellung von Rechenkapazitäten, die nicht mehr zentral in der Cloud, sondern verteilt (am „Rand“) vorgehalten werden. Die Verarbeitung von Daten erfolgt dort, wo diese entstehen oder aufgezeichnet werden. Dies ermöglicht kürzere Latenzzeiten (vor allem im Vergleich zu weit entfernten Rechenzentren, <100km im Millisekundenbereich) und geringere Auslastung der verfügbaren Bandbreiten (Daten werden vor Ort gefiltert, und nur relevantes an das Rechenzentrum geschickt).

### DYNAMIK

Mit steigender Verbreitung datenintensiver Anwendungen, verbunden mit technisch immer besseren Anbindungen (Glasfaser, 5G) sind sowohl der Bedarf als auch die technischen Anforderungen für Edge Computing in immer mehr Anwendungsbereichen sowohl technisch als auch wirtschaftlich gegeben. IoT, autonomous driving und Konzepte wie smart city oder smart living, aber auch zukunftsichere Anwendungen im Bereich von Landwirtschaft oder Gesundheitsversorgung werden immer stärker entwickelt und beforscht. Dieser Trend ist auch eindeutig in der rasch ansteigenden Zahl der Publikationen in den letzten Jahren zu erkennen.

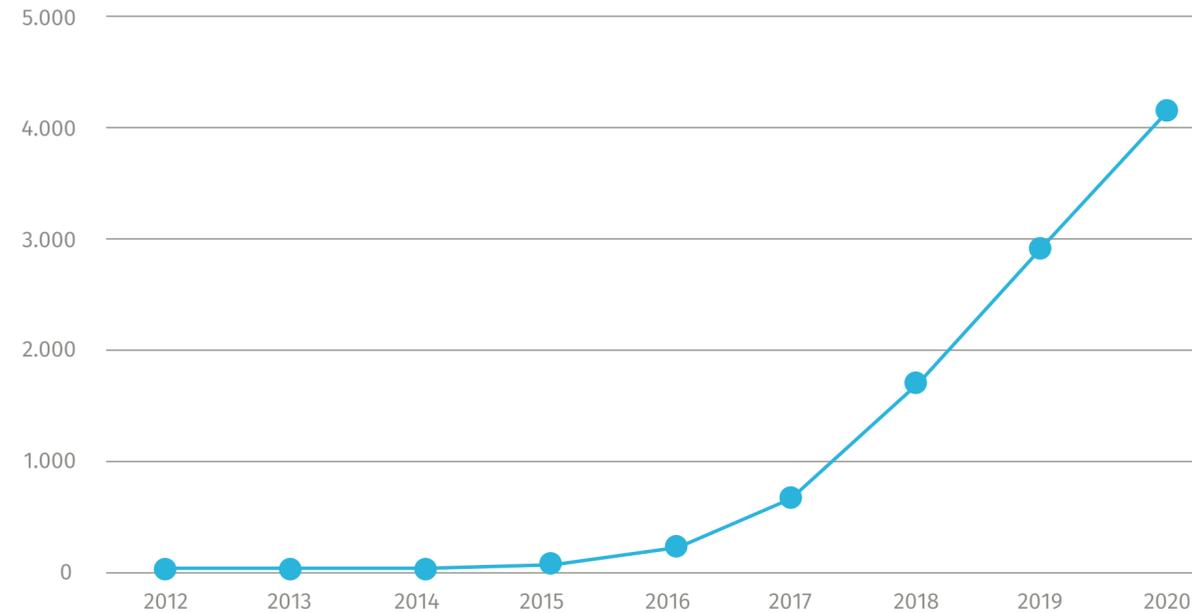
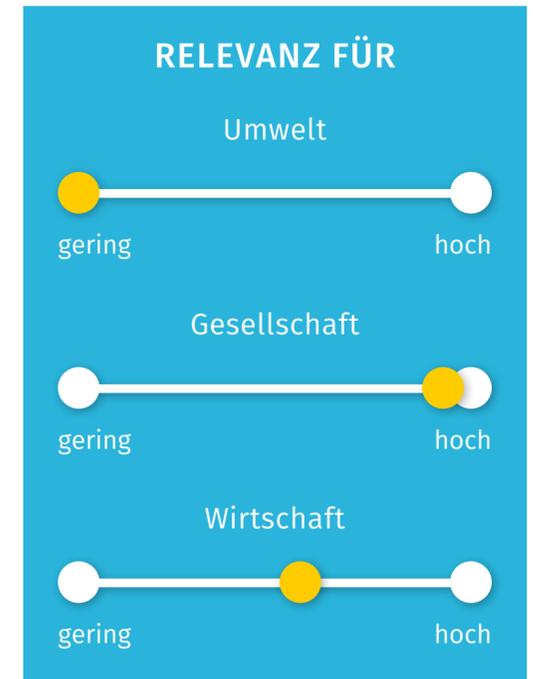


Abbildung 6: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu Edge Computing<sup>7</sup>

### ZUKUNFTSPOTENZIAL

Durch das immer weiter steigende Datenaufkommen, erhöhte Anforderungen an Latenzzeiten, Datenschutz und Datensicherheit, gepaart mit steigender Leistungsfähigkeit von Endgeräten, wird das Thema Edge Computing stark an Bedeutung gewinnen. Aktuell ist es bereits das beherrschende Thema auf anwenderorientierten Machine Learning-Konferenzen, und wird Eingang in alle Bereiche finden.



### ZUM NACHLESEN

→ [The Verge \(2018\), „What is edge computing?“](#)



→ **ZUM VERTIEFUNGSBERICHT  
EDGE COMPUTING**

<sup>7</sup> search\_text = (edge computing)

## 6 KI FÜR MATERIALENTWICKLUNG

### KURZBESCHREIBUNG

Machine Learning und KI gelten als das nächste wissenschaftliche Paradigma in der Materialentwicklung und -optimierung. Aktuelle geht es um die Lösung konkreter Probleme und weniger um Grundlagenforschung (vorwiegend Black-Box-Optimierung, Einschränkung von KI durch Knappheit vieler Materialdaten). Neben den Materialdaten müssen auch die Prozessbedingungen bei der Herstellung erfasst werden.

### DYNAMIK

Auch hier zeigt sich eine in den letzten Jahren stark steigende Anzahl der Publikationen, die sich mit KI in der Materialentwicklung beschäftigen. Begünstigt durch leistungsfähigere Technologien (sowohl Hard- als auch Softwareseitig) bei gleichzeitig steigender Nachfrage und Interesse fließen mehr Gelder in die Erforschung neuer Ansätze in der Materialforschung.

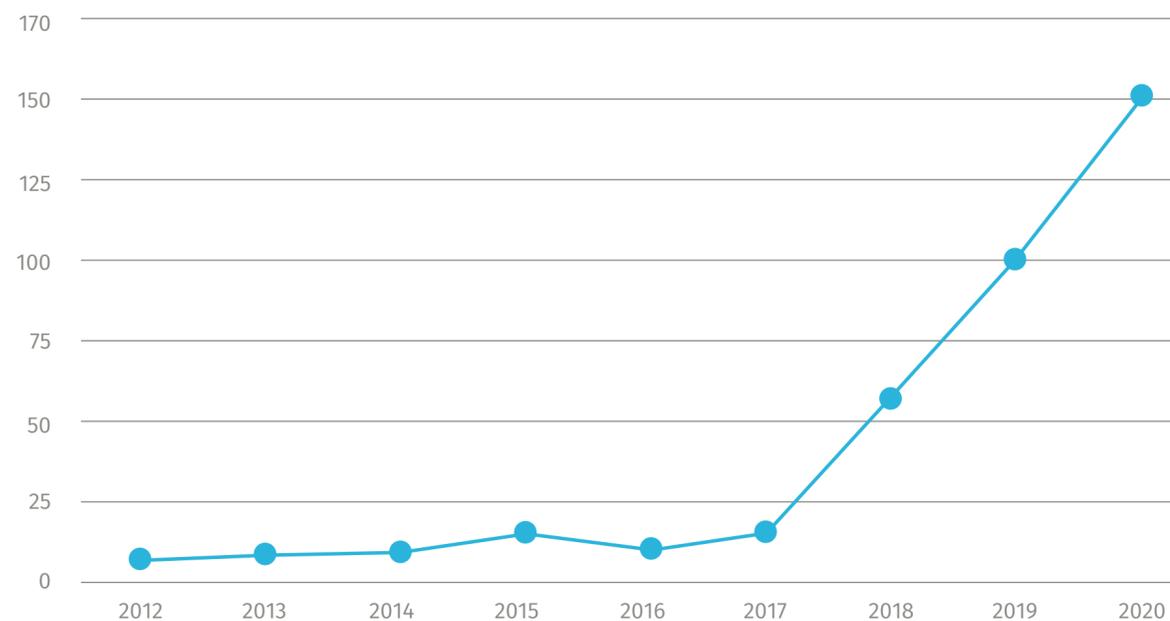


Abbildung 7: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu KI für Materialentwicklung<sup>8</sup>

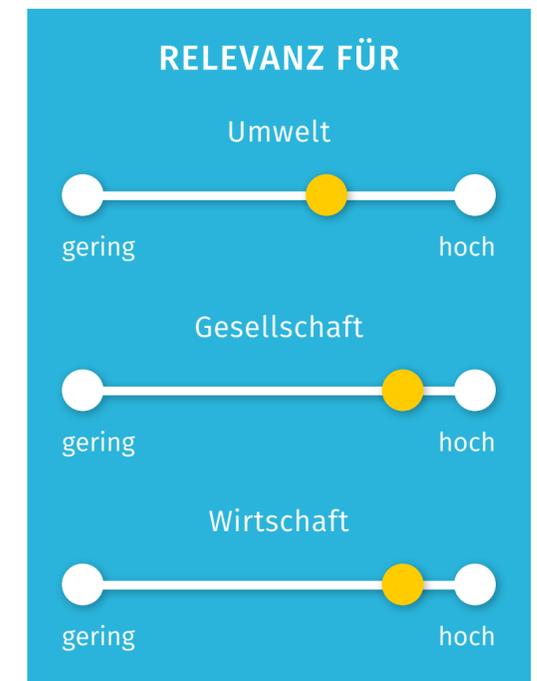
<sup>8</sup> search\_text = ((KI OR künstliche intelligenz OR machine learning) AND (materialentwicklung OR materialoptimierung OR materialmikroskopie OR werkstoffe)) OR ((AI OR artificial intelligence OR machine learning) AND (material development OR development of material OR material optimization OR optimization of material OR material microscopy OR construction material OR raw material))

### AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

ML in der Materialmikroskopie ermöglicht die Auswertung von Datenmengen in Form von Bildern, Proben und Bauteilen. Durch KI soll die Bandbreite der 3D-Druck-Materialien erweitert werden, insbesondere Materialien in Pulverform. Crystallography Companion Agent (XCA) an der Uni Bochum: KI-Agent unterstützt die Identifizierung neuer Werkstoffe und simuliert dabei eine Expertendiskussion.

### ZUKUNFTSPOTENZIAL

Automatisiert erstellte, autonome Datenbanken und cyber-physikalische Infrastrukturen werden eine neue Dimension der KI für die Materialentwicklung erschließen. Global verteilte, vernetzte und automatisierte Hochdurchsatzexperimente werden eine Hebelwirkung entfalten und dazu beitragen physikalische Mechanismen besser zu verstehen und Hypothesen weiterzuentwickeln.



### ZUM NACHLESEN

- Springer Professional (2020), Mit Künstlicher Intelligenz zum optimalen Werkstoff
- Springer Professional (2021), Wie Künstliche Intelligenz die Materialentwicklung beschleunigt

# 7 CYBERSECURITY UND DATENSCHUTZ

## KURZBESCHREIBUNG

Cybersecurity und Datenschutz betrifft alle Bereiche der Digitalisierung, und hat vor allem durch die Corona-Pandemie und weitere Vorfälle in den letzten Jahren noch einmal mehr Aufmerksamkeit bekommen. Spektakuläre Hackerangriffe fallen darunter, genauso wie versehentlich veröffentlichte Datenbanken oder erfolgreiches social engineering. Die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Kosten können immens sein.

## DYNAMIK

Die Zahl der Publikationen im Bereich Cybersecurity steigt seit mehreren Jahren deutlich an, was nicht nur auf größeres Forschungsinteresse, sondern auch auf eine gleichzeitig ansteigende wirtschaftliche Bedeutung hinweist. Dies erstreckt sich nicht nur auf den öffentlichen oder unternehmerischen Bereich, sondern auch auf den Privatsektor. So ist neben Angriffen auf kritische Infrastrukturen beispielsweise „Sextortion“ – also Erpressung in Verbindung mit schambehafteten Aspekten des Privatlebens – ein lohnendes Feld, da hier oftmals darauf verzichtet wird, die Behörden einzuschalten.<sup>9</sup>

## AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

- Ransomware Angriffe, begünstigt durch vermeintliche Anonymität.  
→ [www.zeit.de/politik/ausland/2021-06/hackerangriff-usa-pipeline-colonial-loesegeld-fbi-ermittler-bitcoin](http://www.zeit.de/politik/ausland/2021-06/hackerangriff-usa-pipeline-colonial-loesegeld-fbi-ermittler-bitcoin)
- Mirai Botnet, Angriffe auf Krankenhäuser usw.
- Auch böartige Apps – Smartphone-Entwickler wollen gegensteuern (differential privacy)
- → Kryptowährungen und Sextortion

<sup>9</sup> → <https://www.netzwelt.de/betrugswarnungen/162586-sexortion-vorsicht-neuen-porno-erpressungsmails.html>

<sup>10</sup> search\_text = (cybersecurity) OR (datenschutz) OR (data protection) OR (data privacy) OR (social engineering) OR (informationssicherheit) OR (information security) OR (sicherheitstechnologien) OR (information security) OR (cyberkriminalität) OR (cybercrime) OR (cyber crime)

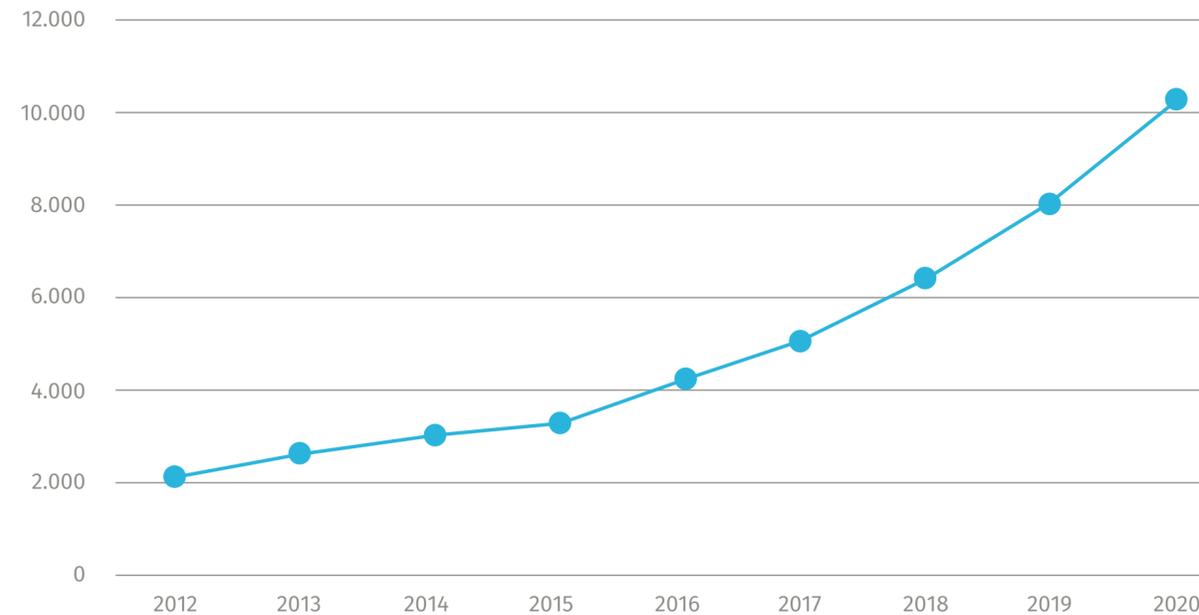
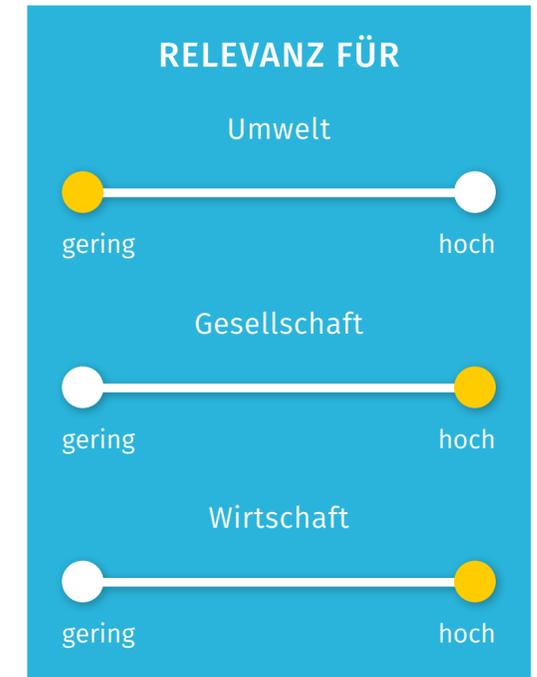


Abbildung 8: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu Cybersecurity und Datenschutz<sup>10</sup>

## ZUKUNFTSPOTENZIAL

Durch die stark steigende Vernetzung aller Geräte des alltäglichen und professionellen Lebens steigt die Gefahr die durch Cyberkriminalität ausgeht. Schlechte Implementierung, Wartung oder fehlende Sensibilisierung sind auch wirtschaftliche Risiken. Mitigation von Risiken und Behebung von Schäden wird in Zukunft immer wichtiger – auch, weil zurzeit eine wirksame Abschreckung fehlt – so ist die grenzüberschreitende Strafverfolgung immer wieder ein Problem.



## ZUM NACHLESEN

- [Deloitte Cyber Security Report 2021](#)
- [Gartner Cybersecurity Predictions 2021–22](#)

## 8 ZUGANG ZU SENSIBLEN DATEN

### KURZBESCHREIBUNG

Der Zugang zu sensiblen Daten und Netzwerken ist in vielen Unternehmen durch eine klare Verteilung von Zugriffsrechten geregelt. Sobald allerdings Dienstleister ins Spiel kommen, die Zugriff auf viele sensible, interne Daten zur Erstellung von ML-Modellen benötigen (bspw. Maschinendaten), oder die strafrechtlich relevantes Material bearbeiten, greifen diese Maßnahmen zu kurz – hier soll Zugang ermöglicht, nicht verhindert werden.

### DYNAMIK

Im Verbund mit einem generellen Anstieg von Technologien und Methoden, die auf große Datenmengen setzen und sich auch auf sensible Anwendungsfelder – wie Gesundheitsdaten, Finanzinformationen, polizeiliche Ermittlungen, Maschinendaten – erstrecken, steigen auch Anforderungen an die Sicherheit. Forschungsansätze, bei denen ML-Modelle trainiert werden können, ohne dass die beteiligten Experten Kenntnis der Daten haben, werden seit einigen Jahren stark vorangetrieben.

### AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

- Privacy-preserving machine learning (PPML): training, input und output muss geschützt sein – geht über das eigentliche Modell hinaus!
- Vor allem dort relevant, wo hoch sensible Daten verarbeitet werden – beispielsweise in der Medizin oder in der Strafverfolgung

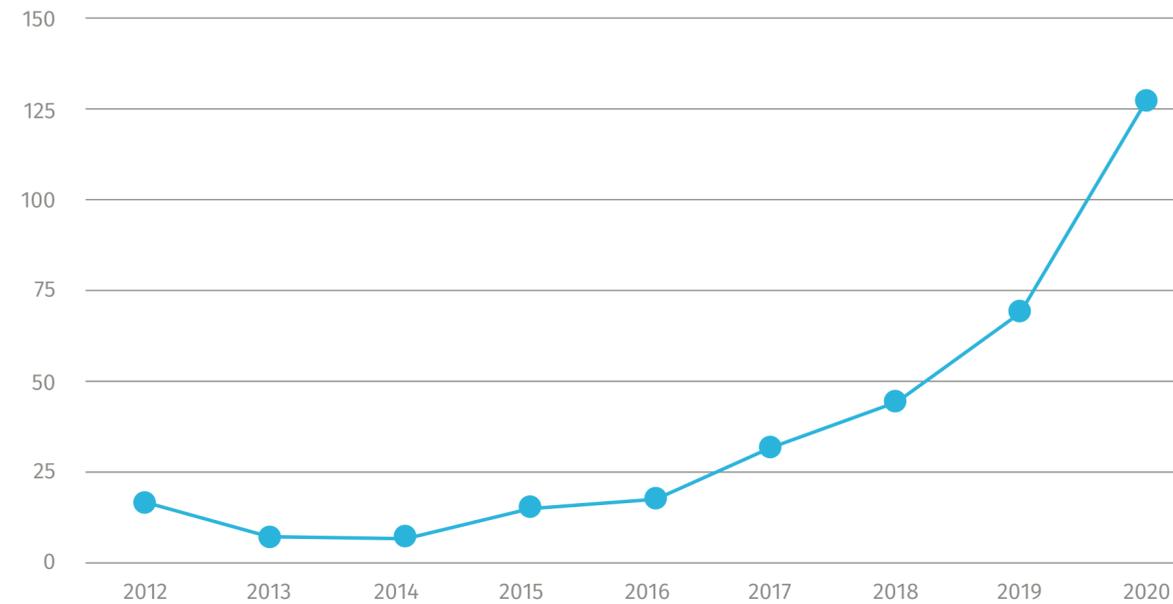
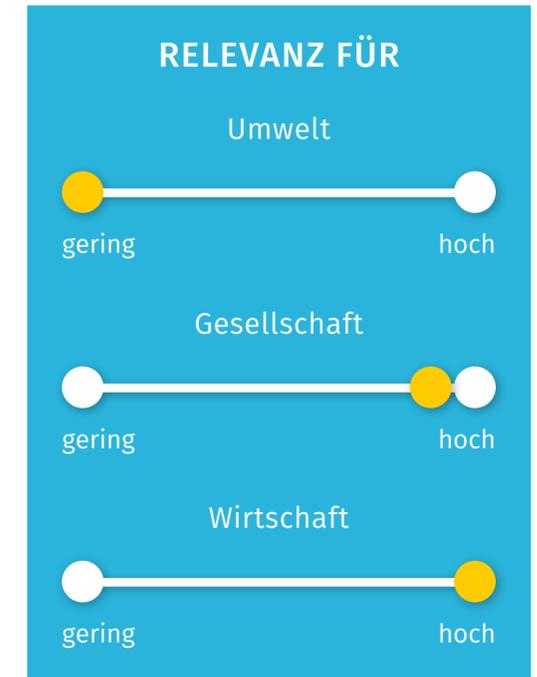


Abbildung 9: Anzahl der Publikationen pro Jahr zum Zugang zu sensiblen Daten<sup>11</sup>

### ZUKUNFTSPOTENZIAL

In Zukunft wird, aufbauend auf der Datenschutz-Grundverordnung, PPML für den privaten und öffentlichen Sektor immer wichtiger werden. Geht man davon aus, dass es gleichzeitig steigende Anforderungen an die Transparenz der Algorithmen gibt, stehen wir vor einer großen technischen und regulatorischen Herausforderung.



### ZUM NACHLESEN

- nature machine intelligence (2020): Secure, privacy-preserving and federated machine learning in medical imaging
- Perfectly Privacy-Preserving AI: What is it, and how do we achieve it? (2020)

<sup>11</sup> search\_text = (access to private data) OR (access to sensitive data) OR (zugang zu sensiblen daten) OR (zugang zu privaten daten) OR (access to private networks) OR (access to sensitive networks) OR (zugang zu privaten netzwerken) OR (privacy-preserving machine learning)

## 9 CIVIC TECHNOLOGY

### KURZBESCHREIBUNG

Technologie von der Zivilgesellschaft für die Gesellschaft auf der Basis von offenen Daten. Durch freie und offene Software können Tools von der Öffentlichkeit genutzt und weiterentwickelt werden. Es besteht eine enge Verbindung zu Open Government, da die Partizipation von Bürger:innen unterstützt wird. Themen sind z.B. Umweltschutz, Menschenrechte, Gesundheit, Mobilität, Kultur. Wichtigste Plattformen sind „Code for All“ und deren Mitglieder inkl. „Code for Germany“ und den 34 regionalen OK Labs in Deutschland.

### DYNAMIK

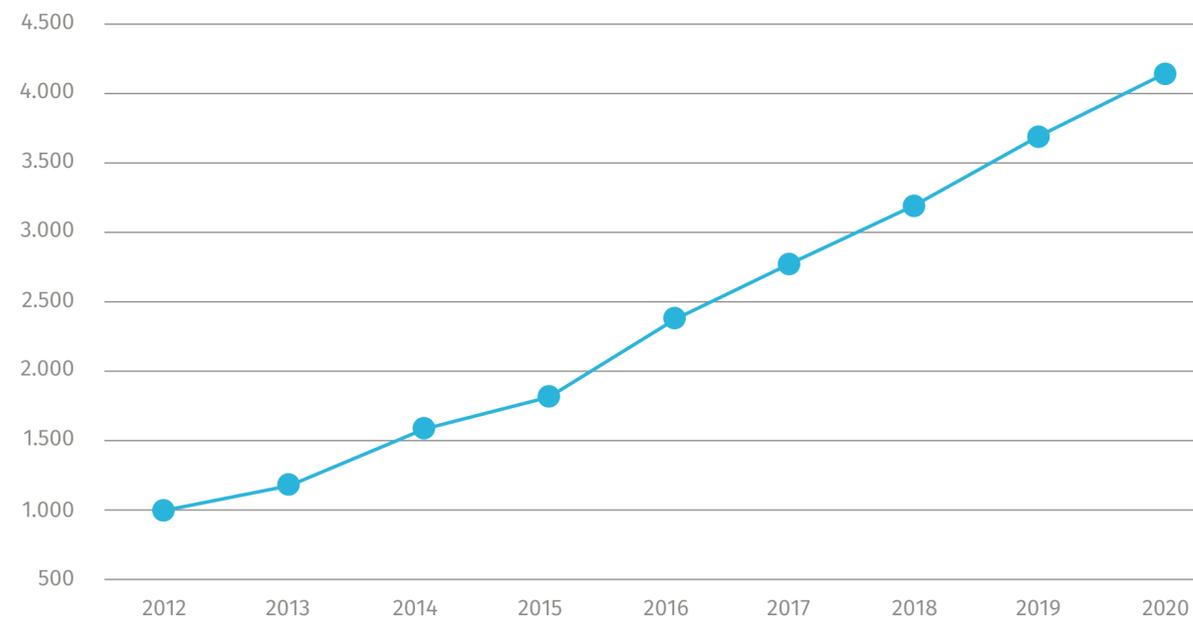


Abbildung 10: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu Civic Technology<sup>12</sup>

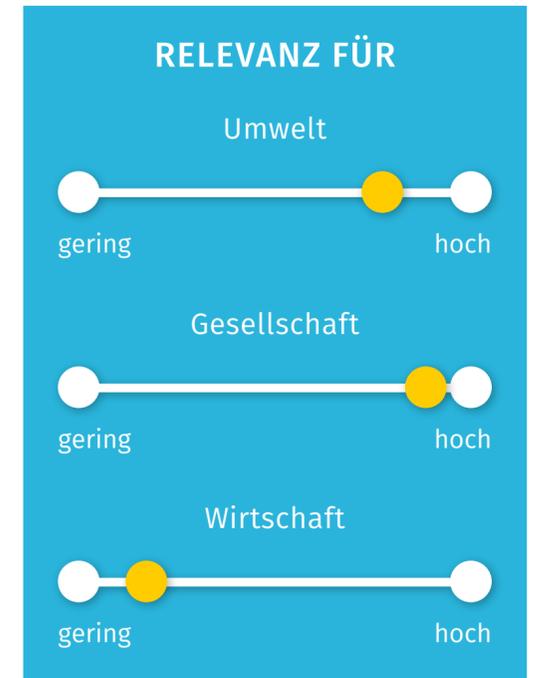
<sup>5</sup> search\_text = (civic technology) OR (technologie von der gesellschaft für die gesellschaft) OR (offene daten) OR (freie software) OR (offene software) OR (open government) OR ((open access) AND (data)) OR (code for all) OR (code for germany) OR (technology from society for society) OR (open data) OR (free data) OR (open software) OR ((transparency) AND (open) AND (data))

### AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

- #WirVsVirus, der weltweit größte Hackaton wurde u.a. von „Code for Germany“ organisiert.
- „Code for Münster“ hat Karten z.B. im Bereich Verkehr, Klima, Einkommensverteilung, soziale Einrichtungen entwickelt.
- Die Städte Münster und Bonn haben gemeinsam Formulierungen für ein → „Musterlastenheft kommunale Datensouveränität“ entwickelt.
- → <https://opendataland.de/landkarte> (inkl. GIZ-Portal des Kreises Coesfeld)

### ZUKUNFTSPOTENZIAL

Bisher wird civic technology überwiegend in Städten genutzt, aber zukünftig wird auch der ländliche Raum erschlossen werden und Unternehmen werden Daten über API-Schnittstellen zur Verfügung stellen. Die Kombination der neuen Datenquellen und die internationale Vernetzung kann zu einer enormen Dynamik führen.



### ZUM NACHLESEN

- Civic Tech: Mit offenen Daten Kommunen stärken
- Civic Tech and GovTech

# 10 ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN

## KURZBESCHREIBUNG

Additive Fertigungsverfahren, auch als 3D-Druck bezeichnet, basieren auf der schichtweisen Herstellung von Werkstücken und ersetzen dabei Verfahren, bei denen Material abgetragen wird. Vorteile bestehen nicht nur in der Materialeinsparung, sondern ergeben sich insbesondere durch die Formfreiheit und durch den Verzicht auf Werkzeuge, die aufwendig hergestellt werden müssen, wie z. B. Gussformen. Mittlerweile wird eine Vielzahl an Verfahren für ganz unterschiedliche Materialien und Baugrößen in der Einzelteil- und Kleinserienfertigung genutzt. Darüber hinaus können Werkstoffe kombiniert werden und einzelne Bereiche eines Werkstücks spezifisch bereits während der Herstellung beeinflusst werden.

Die Materialentwicklung spielt eine große Rolle bei der Weiterentwicklung der Technologien, da Fertigungsprozess und Material jeweils genau aufeinander abgestimmt werden müssen. Für Metalle und Kunststoffe werden überwiegend laserbasierte Verfahren eingesetzt, bei denen Pulver punktuell erhitzt wird, während für Keramiken und Photopolymer überwiegend 3D-Druckverfahren eingesetzt werden, bei denen der Werkstoff schichtweise aufgetragen wird.

## DYNAMIK

Das auf den 3D-Druck spezialisierte Beratungsunternehmen AMPPOWER erwartet bis 2025 ein Marktwachstum von jährlich knapp 30% bei der Metallverarbeitung. Vor allem amerikanische Raketenerbauer und Start-ups setzen mittlerweile intensiv die Technologie in der Triebwerks-Herstellung ein. Umsatzeinbrüche im Bereich der Luftfahrt konnten durch die verstärkten Aktivitäten in der Raumfahrt ausgeglichen werden. Für den Polymerbereich wird eine Wachstumsrate von ca. 15% erwartet. Beide Bereiche zusammen könnten 2025 demnach bei einem Marktvolumen von 17 Mrd. € liegen. Der Wohlers-Report zum 3D-Druck-Markt hat für die letzten 10 Jahre ein jährliches Wachstum von ca. 28% ausgewiesen (Ausnahme 2020 auf Grund der Pandemie).

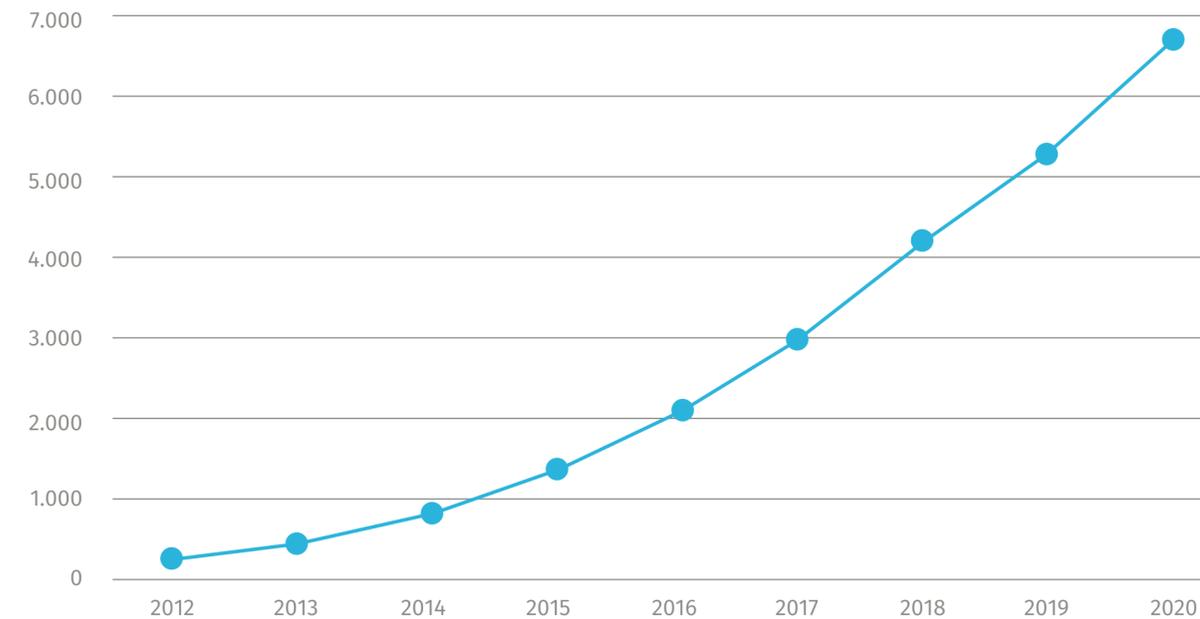
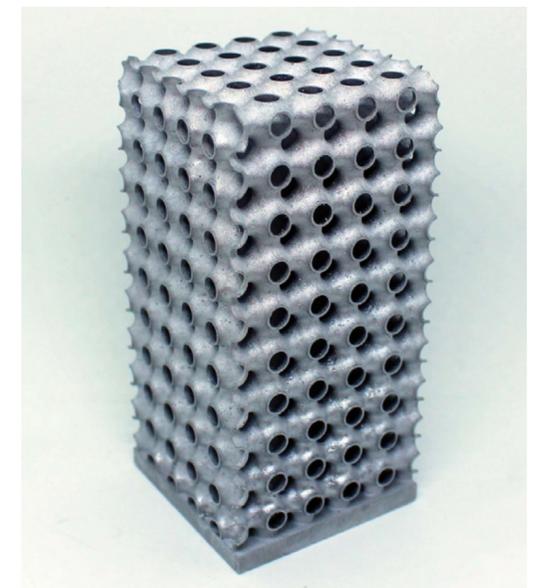
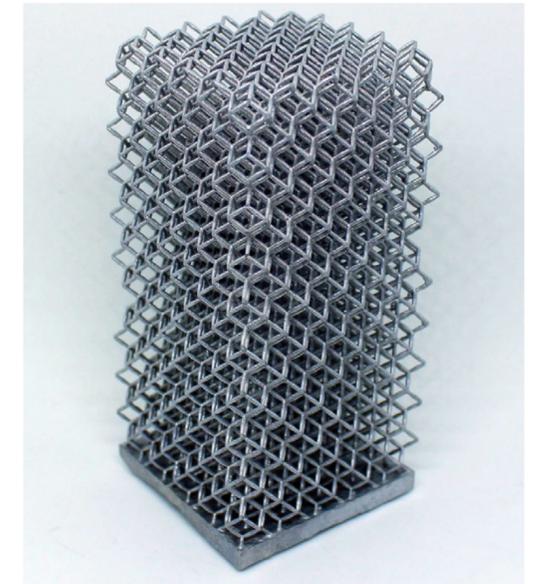


Abbildung 11: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu additiven Fertigungsverfahren<sup>13</sup>



Quelle: Fraunhofer IWU

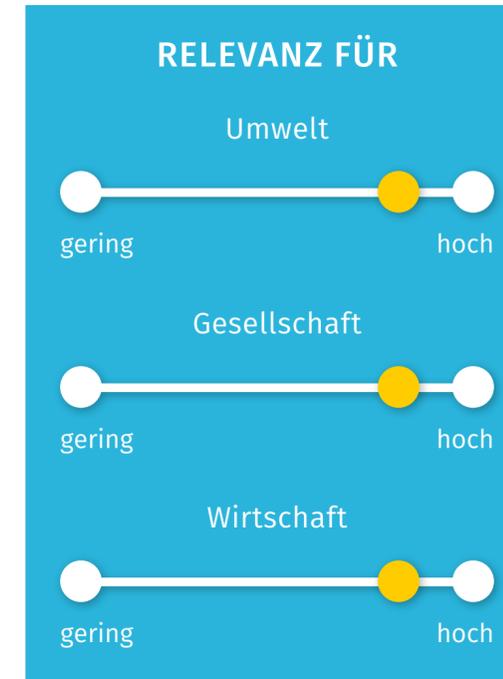
<sup>13</sup> search\_text = (additive fertigungsverfahren) OR (3-d-druck) OR (3-D-Druck) OR (3D-Druck) OR (3D Druck) OR (3-D Druck) OR (3D print) OR (3-D print) OR (additive manufacturing) OR (additive manufacturing processes) OR (additive manufacturing methods)

## AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

- Die Implantatherstellung auf Basis additiver Verfahren gewinnt aufgrund der fast uneingeschränkten geometrischen Freiheit bei Konstruktion und Fertigung und in Kombination mit neuen Werkstoffen immer mehr an Bedeutung. Exemplarisch für die wachsende Werkstoffpalette stehen bewährte, biokompatible Leichtmetalllegierungen auf Titanbasis (Ti6Al4V), genauso wie bekannte CoCr-basierte Werkstoffe. In Verbindung mit neuen Konstruktionsphilosophien und Simulationstechniken entstehen so neue Ansätze für Produkte – beispielsweise Implantate mit integrierten Reservoiren für eine Langzeitmedikation. (Fraunhofer IWU)
- Die Herstellung von Bauteilen mit Gitterstrukturen durch Laser-Strahlschmelzen kombiniert eine Gewichtsreduktion des Bauteils mit Zeit- und Kosteneinsparungen bei der Fertigung. Die für die Auslegung ihres mechanischen Verhaltens durch Simulation benötigten Kennwerte werden experimentell ermittelt. Durch die Automatisierung und Integration der mechanischen Auslegung in die CAD-Umgebung wird die Verwendung von Gitterstrukturen für den Nutzer vereinfacht.

## ZUKUNFTSPOTENZIAL

Dr. Maximilian Munsch, Co-Autor und Partner bei AMPOWER: „Pulverbett-Systeme machen sowohl in Metall als auch in Kunststoff nach wie vor den größten Teil der 3D-Druck Anlagen im industriellen Bereich aus. Für 2025 erwarten wir einen Rückgang dieses Anteils und eine erhebliche Absatzsteigerung alternativer additiver Technologien wie Binder Jetting (BJT) in Metall und Area wise Vat Polymerization (DLP) in Kunststoff.“ 3D-Druck-Verfahren werden deutlich stärker wachsen als herkömmliche Fertigungstechnologien.



## ZUM NACHLESEN

- Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV: Additive Fertigung
- Institut für Integrierte Produktion Hannover: Additive Fertigung als zukunftsweisendes Fertigungsverfahren: Grundlagen und Potenziale
- additive, Magazin für generative Fertigung: Industrie 4.0: Der Vormarsch der additiven Fertigung



# 11 KI IN DER INDUSTRIE

## KURZBESCHREIBUNG

Künstliche Intelligenz (KI/AI) basiert auf den Kernfähigkeiten: Wahrnehmen, Verstehen, Handeln und Lernen. Während „schwache KI“ auf bestimmte Bereiche der Mustererkennung spezialisiert ist, ist „starke KI“ auf die allgemeine Problemlösung ausgerichtet. Anwendungen der „schwachen KI“ sind bereits weit verbreitet (Spamfilter, Kaufempfehlung, Übersetzungssoftware etc.). Neu ist das Lernen in der Trainingsphase und im laufenden Betrieb aus Fehlern und Feedback. KI gilt als Schlüsseltechnologie für die Digitalisierung und Nutzung von autonomen Systemen. Aktuell finden sich viele Einsatzfelder und Entwicklungsprojekte in den Bereichen Kommunikation, Überwachung, Mobilität und Entscheidungsunterstützung. Bisher benötigen neuronale Netze große Rechnerparks in der Cloud, die überwiegend von Digitalkonzernen betrieben werden und von der Verfügbarkeit großer Datenmengen abhängen. Maschinelles Lernen (ML) bezeichnet Verfahren, bei denen Algorithmen lernen, aus Daten Muster zu erkennen ohne dass jeder Einzelfall explizit programmiert wurde. Machine Learning mit großen, künstlichen neuronalen Netzen wird als Deep Learning (DL) bezeichnet. Durch DL konnte die KI ihre Durchbrüche bei Spielen sowie Bild- und Sprachverstehen erzielen. Große Digitalkonzerne bieten ihre KI-Plattformen zunehmend quelloffen (Open Source) an – im Austausch gegen Nutzerdaten.

Informationen zu erfassen, zu sammeln, auszuwerten und daraus zu lernen ist ein erster Nutzen, den die KI in industriellen Applikationen bietet. Mit den Ergebnissen zu arbeiten und autonom Vorgänge zu bearbeiten, ist ein entscheidender nächster Schritt. KI ermöglicht es, automatisiert Semantiken zu verbinden. Selbstlernende Systeme können Modelle erstellen, welche explizite Semantiken vielschichtig erweitern. Das sind Fähigkeiten, die für kommende Geschäftsmodelle Potenziale eröffnen. Beispiel- und Lerndaten müssen sicher zwischen Wertschöpfungspartnern ausgetauscht werden können, um die Potenziale von KI in industriellen Applikationen ausschöpfen zu können. KI-Algorithmen müssen standardisierbar sein, um in möglichst viele Applikationen validierbare Ergebnisse zu liefern.

## DYNAMIK

Eines der größten Hemmnisse für den Einsatz von KI-Technologien in Industrieprozessen besteht neben rechtlichen und sicherheitstechnischen Fragestellungen in der Datenknappheit in industriellen Anwendungen. Diese Datenknappheit kann nicht einfach durch Generierung und Speicherung von mehr Daten beantwortet werden, sondern muss von Seiten der algorithmischen Verfahren adressiert werden. Grund dafür ist, dass die für die industriellen Anwendungen relevanten Ereignisse in der Regel selten sind: Fehler an Geräten, Störungen im Produktionsprozess, Qualitätsprobleme oder Gefahrensituationen. Empirisch zeigt sich, dass klassische Deep-Learning-Verfahren erst ab einer Mindestanzahl von Beispieldatensätzen ihre volle Kraft zum Einsatz bringen können.

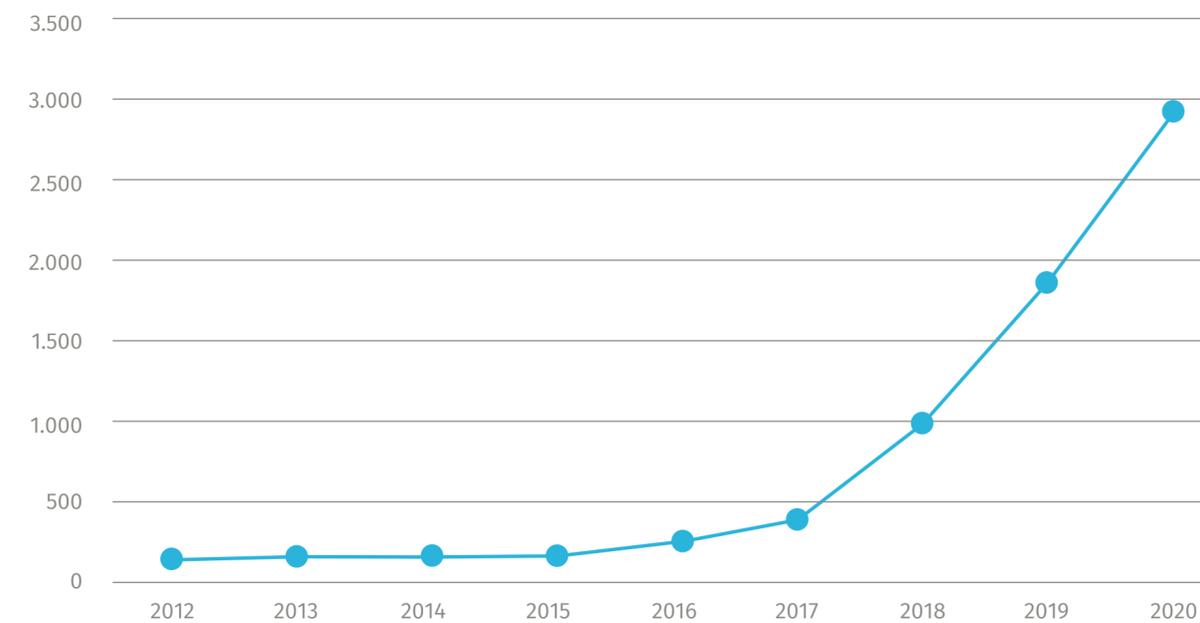
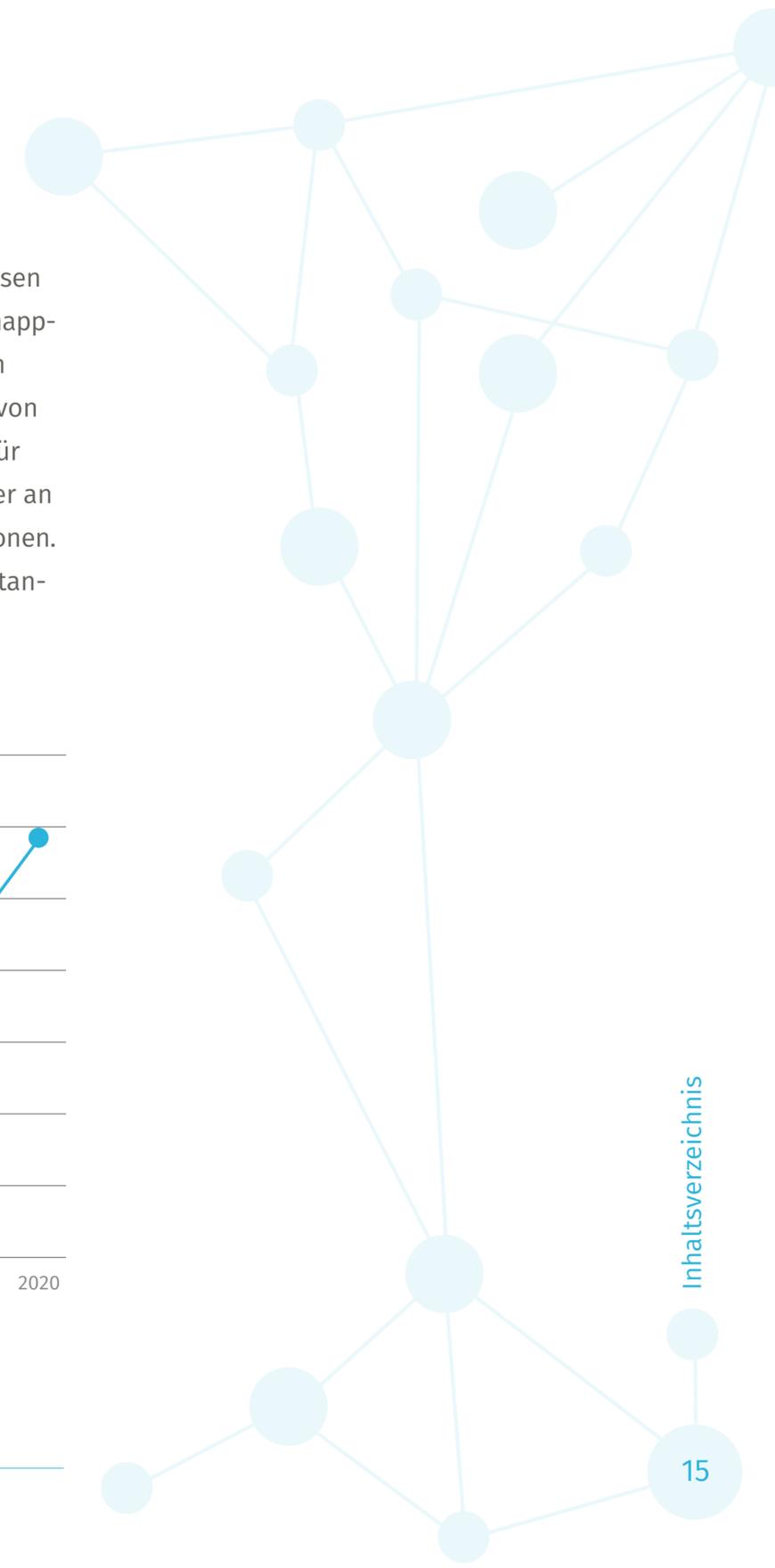


Abbildung 12: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu KI in der Industrie<sup>14</sup>

<sup>14</sup> search\_text = (Künstliche Intelligenz AND Industrie) OR (KI AND Industrie) OR (artificial intelligence AND industry) OR (AI AND industry) OR (AI AND industrial sector) OR (AI AND manufacture)



Auch die erforderliche Genauigkeit und Leistungsfähigkeit der Verfahren für industrielle Anwendungen ist eine Herausforderung. Jedes Empfehlungssystem im Consumer-Bereich, das mehr als 10% Genauigkeit erreicht, ist bereits ausreichend. Doch selbst in einfachen industriellen Anwendungen wie der optischen Qualitätskontrolle oder der prädiktiven Wartung sind Vorhersage- oder Detektionsgenauigkeiten von weit über 90% erforderlich.

Heute erfolgreiche KI-Methoden sind häufig Black-Box-Verfahren, deren Verhalten und Entscheidungen nur sehr schwierig vorhergesagt oder auch nur analysiert werden können. Einerseits muss die Erklär- und Nachvollziehbarkeit der KI-Methoden verbessert werden, andererseits müssen Sicherheitskonzepte für den Einsatz von KI in sicherheitskritischen Systemen erarbeitet werden.

Für die Weiterentwicklung von künstlicher Intelligenz im Industrieumfeld besteht Forschungsbedarf in den Bereichen Erklär- und Nachvollziehbarkeit der verwendeten Methoden, Umgang mit fehlenden Daten oder zu kleinen Datenmengen, Entwicklung von Methoden mit sehr geringer Fehlerquote sowie von Methoden mit geringem Konfigurations- und Engineeringaufwand.

### AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

- START-UP Your AI – Das IPA veranstaltet regelmäßig einen Austausch zwischen Industriefirmen und KI-Start-ups.
- Das Projekt AI Marketplace etabliert eine digitale Plattform für künstliche Intelligenz (KI) in der Produktentwicklung. Die Plattform bringt KI-Experten, Lösungsanbieter und produzierende Unternehmen gleichermaßen zusammen, fördert gemeinsame Innovationen und baut auf einer bestehenden Infrastruktur auf. Den Nutzern werden wesentliche Werkzeuge für die Entwicklung innovativer KI-Lösungen zur Verfügung gestellt.

Zu den Funktionen gehören eine intelligente Partneragentur für KI-Anwendungsfälle in der Produktion, ein Datenraum für die Produktion und ein Baukasten für die KI-Entwicklung. Grundlage für den Erfolg des KI-Marktplatzes ist eine IT-Architektur, die auf selbstbestimmten Datenaustausch setzt. Sie basiert auf dem IDS Reference Architecture Model (IDS-RAM) der International Data Spaces Association, das Datenhoheit und faire Transaktionsmechanismen sicherstellt. Herausforderungen ergeben sich insbesondere im Hinblick auf den Datenaustausch und die Interoperation. Die Identität der Teilnehmer und die Datenhoheit zwischen ihnen spielen aufgrund der Zugriffs- und Nutzungsrechte eine zentrale Rolle. Eine weitere Herausforderung ist die Semantik für die Organisation des Datenaustauschs und der Informationsgehalt der ausgetauschten Daten. Schließlich ist es wichtig, eine über den reinen Datenaustausch hinausgehende Verbindung zu Anwendungen für KI-Dienste anzubieten. Die Entwicklung des KI-Marktplatzes erfolgt in vier Entwicklungsstufen, die konsistente Bündel von Plattformdiensten und zugehörigen Datenbankstrukturen darstellen.

- In der ersten Stufe wird der Intelligent Matchmaking Service implementiert, der produzierende Unternehmen und KI-Experten zusammenbringt, um gemeinsam an KI-Anwendungen für die Produktion zu arbeiten.
- Im nächsten Schritt wird ein geschützter Datenraum für Entwicklungs- und Testdaten zur Verfügung gestellt, um die KI-Anwendungen kontinuierlich zu verbessern und an die Kundenbedürfnisse anzupassen.
- Im dritten Schritt wird der App-Store für KI-Anwendungen als zentraler Austauschpunkt gestartet, um die vielfältigen Angebote für die Nutzer zugänglich zu machen.
- Schließlich wird ein KI-Baukasten geschaffen, der standardisierte KI-Bausteine bietet, die je nach Bedarf kombiniert und für die Entwicklung neuer Lösungen genutzt werden können.



- Jedes siebte Unternehmen setzt auf KI in der Fabrik und 79 % der Deutschen Unternehmen sehen KI als sehr erfolgskritisch an. Deutsche Unternehmen setzen stark auf externe Kompetenzen, 55% der Unternehmen kaufen KI vollständig oder überwiegend zu.
- Drahtlose Kommunikationsverifizierung mit KI: Cisco Systems befasst sich mit dem Autonomen Fahren und der Integration einer Car2X-Infrastruktur. Zur sicheren und drahtlosen Kommunikationsverifizierung wird KI in Verbindung mit einer Distributed Ledger Technologie genutzt. Durch diese Verbindung wird die Netzwerksicherheit erhöht und die Integrität der Kommunikation der teilnehmenden Objekte gewährleistet einen AI-as-a-Service (AlaaS)-Ansatz.

## ZUKUNFTSPOTENZIAL

Einen sehr großen Einfluss wird die KI auf die Konzepte der Smart Service Welt haben. Die Grundidee der Smart Service Welt ist, dass Firmen (z.B. des produzierenden Gewerbes) ihre Daten selektiv für Dienstleister sichtbar machen können. Die Dienstleister bieten ihrerseits Services an, welche die Daten zu tiefer greifenden Erkenntnissen veredeln. Zum Beispiel könnten aus Maschinendaten Wartungsanleitungen oder optimierte Rüstpläne abgeleitet werden.

Kritisch diskutiert werden die fehlende Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen von KI-Systemen („Blackbox“) und Einschränkungen der Selbstbestimmung von Menschen. Mit technischen Ansätzen sollen Systeme starker KI unter Kontrolle gehalten werden. „Boxing-Ansätze“ zielen auf die Begrenzung, während andere Ansätze auf die Vordefinition von technischen Motivationsstrukturen setzen.



## ZUM NACHLESEN

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): BMWi – Potenziale der Künstlichen Intelligenz im produzierenden Gewerbe in Deutschland
- Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI): Anwendungsfelder und Potenziale von KI in der Wirtschaft (bdi.eu)
- Fraunhofer-Allianz Big Data und Künstliche Intelligenz: Potenzialanalyse „Künstliche Intelligenz“ (fraunhofer.de)
- KI – ALLIANZ Industrie 4.0 Baden Württemberg | Industrie 4.0 (i40-bw.de)



## 12 SMALL DATA ALGORITHMS – FEW-SHOT LEARNING

### KURZBESCHREIBUNG

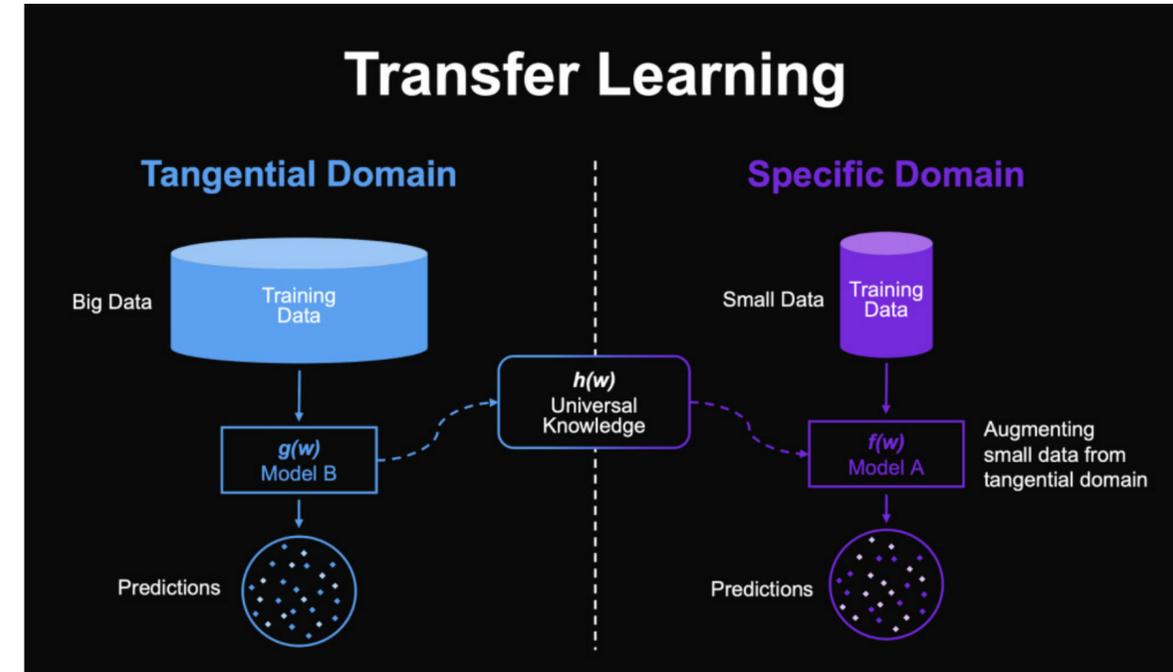
In der industriellen Anwendung zeigt sich, dass der Einsatz von KI auf der Basis von Machine Learning mit Big Data nicht immer realisierbar ist, weil es sich oftmals um seltene Ereignisse handelt, so dass es keine ausreichenden Trainingsdaten gibt. Das menschliche Gehirn nutzt bei der Interpretation von kleinen Datenmengen die Übertragung von Lernerfahrungen aus anderen Bereichen. Dies könnte auch bei KI eine zukünftige Möglichkeit sein. Ziel dabei ist es, KI-Systemen allgemeines Wissen über die menschliche Welt zu vermitteln. Die Technik wird als „Transfer Learning“ bezeichnet und ermöglicht es, dass in einem Datensatz gelernte Wissen zu übertragen und auf einen anderen Datensatz anzuwenden. Deep Neural Networks sind im Vergleich zu den meisten anderen Techniken des maschinellen Lernens extrem flexibel. Dies hat zu allen möglichen neuartigen Situationen geführt, in denen Transfer Learning angewendet werden kann.

### DYNAMIK

Das Open-Source-ML-Modell BERT wurde ursprünglich entwickelt, um Sprache zu verstehen und kann nun für Transfer-Learning genutzt werden.

Die Praxis, ein ML-Modell mit einer sehr kleinen und sehr spezifischen Auswahl an Trainingsdaten zu füttern, wird als „few-shot learning“ bezeichnet. Einige der leistungsstärksten ML-Modelle – wie das GPT-3-Modell mit seinen 175 Milliarden Parametern, das nicht quelloffen ist, was um Größenordnungen mehr ist als BERT – haben enorme Möglichkeiten für das Erlernen neuartiger Aufgaben mit nur wenigen Trainingsbeispielen

bewiesen. GPT-3 nimmt im Wesentlichen das gesamte Internet als „tangentiale Domäne“ und wird schnell kompetent in neuartigen Aufgaben, indem es auf einer mächtigen Wissensgrundlage aufbaut. Und obwohl GPT-3 nicht quelloffen ist, wird die Anwendung ähnlicher „few-shot“-Lerntechniken neue ML-Anwendungsfälle in Unternehmen ermöglichen – solche, für die es fast keine Trainingsdaten gibt.



Above: Transfer learning uses knowledge from a related area – usually one with a larger supply of training data – to augment the small data of a particular ML use case. | Image Credit: Moveworks



ZUKUNFTSPOTENZIAL

Wenn immer mehr Unternehmen die Anwendungspotenziale großer Datensätze ausgenutzt haben, wird in einer nächsten Phase die Automatisierung mit kleinen Datensätzen im Zentrum stehen. Potenziale für die Industrie werden insbesondere dort gesehen, wo Daten nur in kleinem Umfang zur Verfügung stehen, wie z.B. die Ausfalldaten während der Produktion. Wenn eine Skalierung der Daten kaum möglich ist, können diese neueren Ansätze wichtig werden.

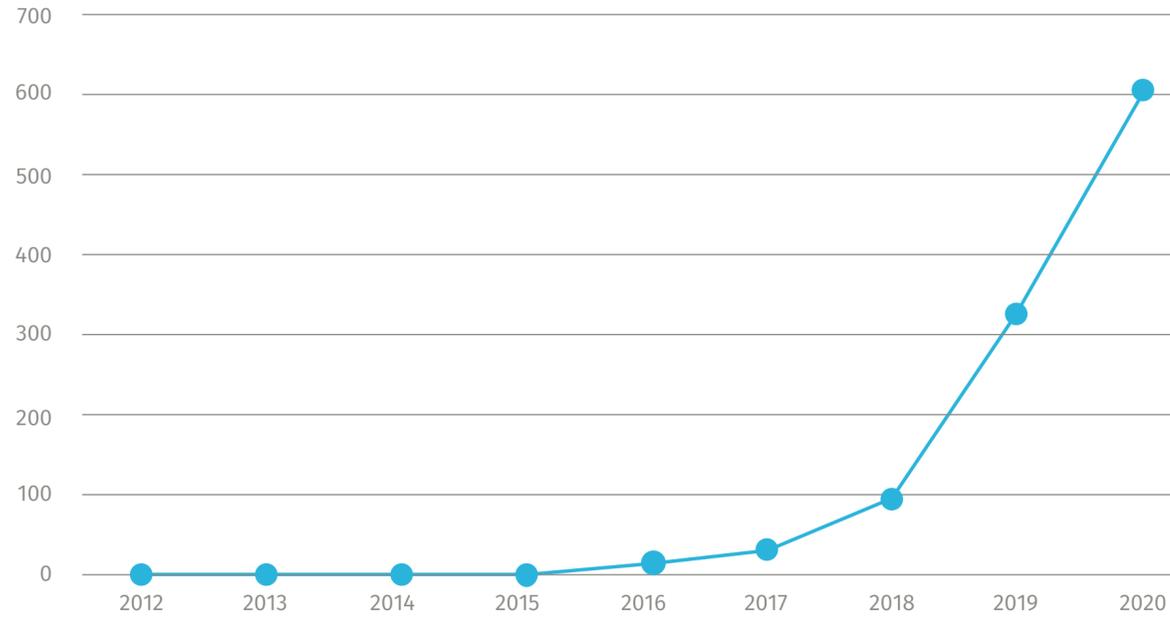
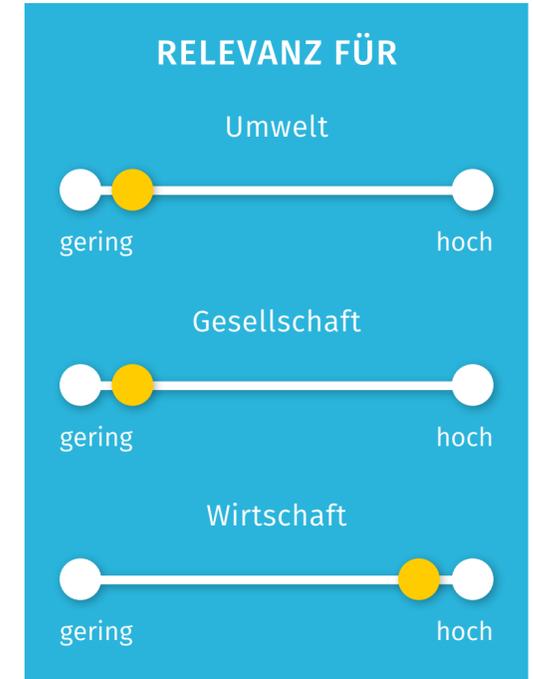


Abbildung 13: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu Small Data Algorithms<sup>15</sup>



ZUM NACHLESEN

- VentureBeat: The secrets of small data: How machine learning finally reached the enterprise
- AI Multiple: Few-Shot Learning (FSL): What it is & its Applications

Inhaltsverzeichnis

<sup>15</sup> search\_text = (small data algorithms) OR ((transfer learning) AND (algorithms) OR (machine learning) OR („deep learning)) OR ((small data) AND (artificial intelligence) OR (AI)) OR ((kleine datenmengen) AND (künstliche intelligenz) OR (KI)) OR ((kleine datenmengen) AND (algorithmen)) OR (few-shot learning) OR (few-shot lern Techniken) OR (deep neural networks)

# 13 NACHHALTIGE BAUPLANUNG MIT BUILDING INFORMATION MODELING BIM

## KURZBESCHREIBUNG

Um nachhaltig zu sein, müssen bauliche Maßnahmen konsequent auf Energieeinsparung und die Langlebigkeit von Gebäuden ausgerichtet sein. Umweltbelastungen entstehen nicht nur während des Baus, sondern auch während der Nutzung und beim Abbruch von Bauwerken (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2016). Demzufolge muss neben den Baustoffen auch der gesamte Lebenszyklus von Gebäuden bereits bei der Planung mitgedacht und optimiert werden. Durch die Nutzung von Building Information Modeling (BIM) ergeben sich diesbezüglich ganz neue Potenziale (Borrmann et al. 2015) und es wird auch von einer Transformation des AEC-Sektors (Architecture, Engineering, Construction) gesprochen (Kovacic et al. 2020). Diese Transformation beinhaltet einen durchgängigen Wechsel auf 3D-Daten, die virtuelle Kooperation aller Akteure über den gesamten Lebenszyklus über Plattformen, die Integration von 3D-Gebäudeinformationen in 3D Geographic Information Systems (GIS), die zunehmende Nutzung von modularen Elementen und die Modellierung des gesamten Lebenszyklus (Guy et al. 2006). Allgemein bietet die Transformation eines Sektors die Möglichkeit, Nachhaltigkeitsaspekte einzubringen. Die spezifischen Vorteile für eine Kreislaufwirtschaft ergeben sich durch die neuen Interaktionsmöglichkeiten über den gesamten Lebenszyklus.

## DYNAMIK

Eine Studie zur Diffusion von nachhaltigen Belüftungskonzepten hat gezeigt, dass die aktuellen BIM-Plattformen nicht optimal ausgestaltet sind, um nachhaltige Produkte zu fördern. Effekte Plattformstrategien, Zertifizierungsschemata im BIM-Objekte und -Erstellungsprozesse könnten die Optimierung des Produktlebenszyklus verbessern. Es wird erwartet, dass die nächste Generation der Architekt:innen, Ingenieur:innen und Stadtplaner:innen in deutlich größerem Umfang die Potenziale über die virtuelle Kooperation erschließen wird.

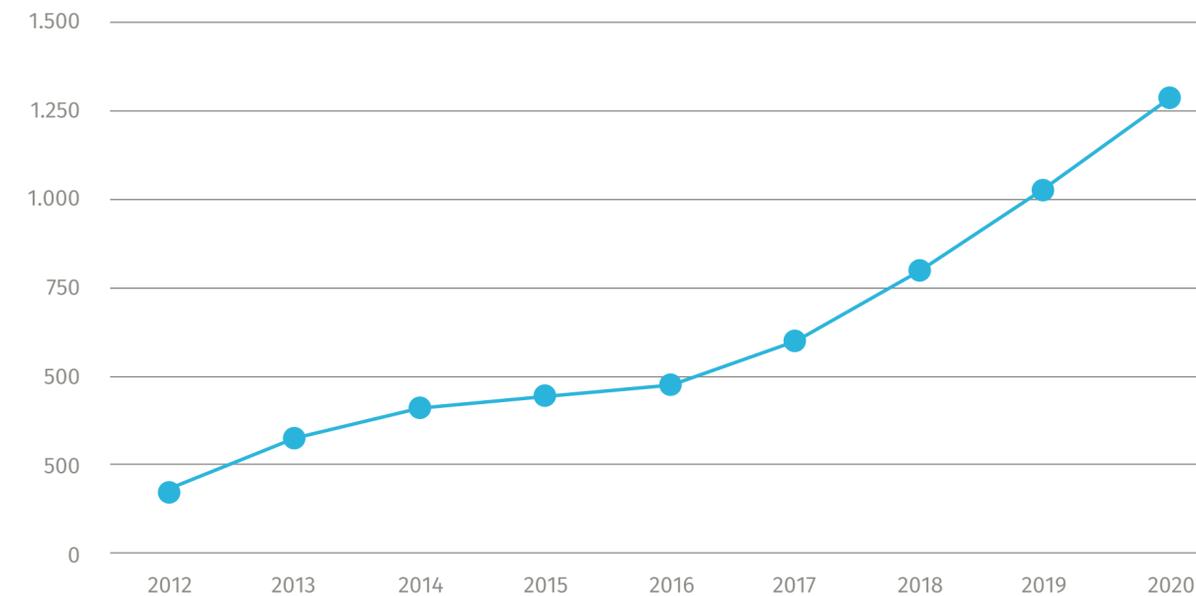


Abbildung 1: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu nachhaltiger Bauplanung mit BIM<sup>2</sup>

<sup>2</sup> search\_text = "Building Information Modeling"

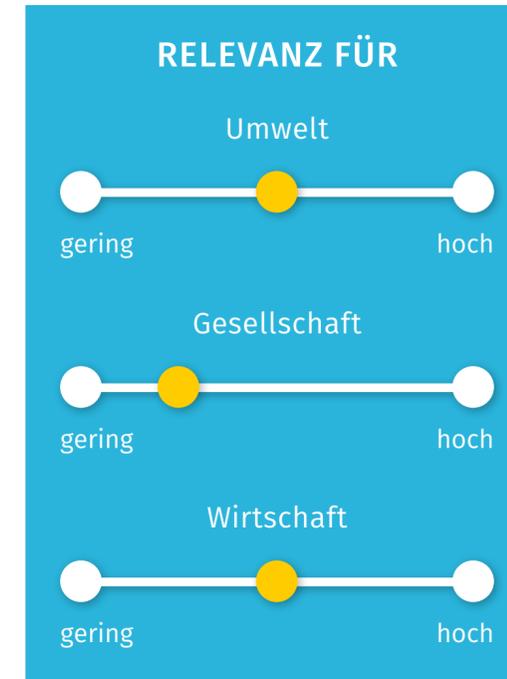
## AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

- Der Datenzugriff, die Standardisierung und offene Schnittstellen sind erforderlich, sowie die Datenintegration entlang der Wertschöpfungskette. Es fehlen noch Plattformen, die auf eine Zusammenarbeit zur kollektiven Wertschöpfung und zum Wissensmanagement entlang der Wertschöpfungskette in der AEC abzielen.
- Die Erfassung der Geometrie mittels Laserscanning und die Erfassung der Materialzusammensetzung über Ground Penetrating Radar (GPR) kombiniert mit Algorithmen für die halbautomatische Erzeugung einer „as-built“ BIM-Modellgeometrie wird entwickelt. Dabei werden die BIM-Daten durch die vom GPR bewerteten Materialinformationen angereichert und können für die Energiemodellierung und Energiesimulation verwendet werden.
- Linked Data (LD) ist eine Technologie zur Unterstützung der Veröffentlichung strukturierter Daten im Web, damit diese miteinander verknüpft werden können. LD kann daher einen besseren Zugriff und eine semantisch nützlichere Abfrage von BIM-Daten bieten. Die Integration von BIM in die Geodomäne liefert dringend benötigte Kontextinformationen über das Gebäude und seine Umgebung.

## ZUKUNFTSPOTENZIAL

Mit dem rasanten globalen Wachstum der städtischen Ballungsräume und der damit verbundenen zunehmenden Bautätigkeit wird die Ressourcenknappheit sowie die Entstehung von Abfällen zu einem dringenden Problem für die Bauindustrie. Dadurch wird die Umsetzung der Ziele der Kreislaufwirtschaft im Baugewerbe, das als einer der Hauptverbraucher materieller Ressourcen sowie als Urheber fester Abfälle gilt, immer wichtiger und dringlicher innerhalb der Politik der Europäischen Union.

In den USA steigt die Verwendung des building information modeling seit Mitte der 2000er Jahre. Modellprojekte in Norwegen führten dazu, dass das building information modeling ab 2010 verpflichtend wurde. Durch BIM wird das design for deconstruction erleichtert, da sich nachträgliche Änderungen am Bau technisch einfacher lösen lassen. Allerdings stellt sich die Frage, wie mit bestehenden Gebäuden umgegangen werden kann, die nicht auf Demontage ausgelegt sind oder wesentliche Komponenten besitzt, die nicht für den Rückbau geeignet sind oder gefährliche Materialien wie Asbest oder PCB enthalten. Recyclingfirmen bräuchten geeignete Maschinen, während die Entsorgungskosten für Abbruchabfälle oft keinen finanziellen Nachteil bieten. Ein Rückbau erfordert oft zusätzliche Zeit. Bauvorschriften und Materialstandards in Deutschland erschweren oft das „design for deconstruction“ (Kuehlen et al. 2014).



## ZUM NACHLESEN

- Baubranche goes digital: „Grüne“ Gebäude mit BIM und EPDs (umweltdialog.de)
- BIM, Nachhaltigkeit und Zertifizierung – DGNB Blog
- Was bringt die Digitalisierung für nachhaltige Gebäude? – BIM World MUNICH (bim-world.de)



# 14 MATERIALSPARENDE BAUWEISE

## KURZBESCHREIBUNG

Neben der Entwicklung von neuen Werkstoffen, hat auch die Bauweise einen großen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die beim Bau und bei der Nutzung von Gebäuden entstehen. Oftmals ergänzen sich neue Bauweisen und neue Materialien. Die Einsparung von mineralischen Baustoffen ist neben der Wiederverwendung und dem Ersatz eine der wichtigsten Maßnahmen zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks der Bauwirtschaft. Verschiedene Ansätze werden verfolgt (Streck 2018).

## DYNAMIK

Die Publikationen im Bereich der Materialeinsparung steigen kontinuierlich. Nicht nur wegen neuer Technologien im Bereich des 3D-Druck, sondern auch durch die verschiedenen Leichtbaumethoden. Neben der Verwendung von Holz als Baumaterial werden durch Methoden wie der Baubionik viele Materialien eingespart.

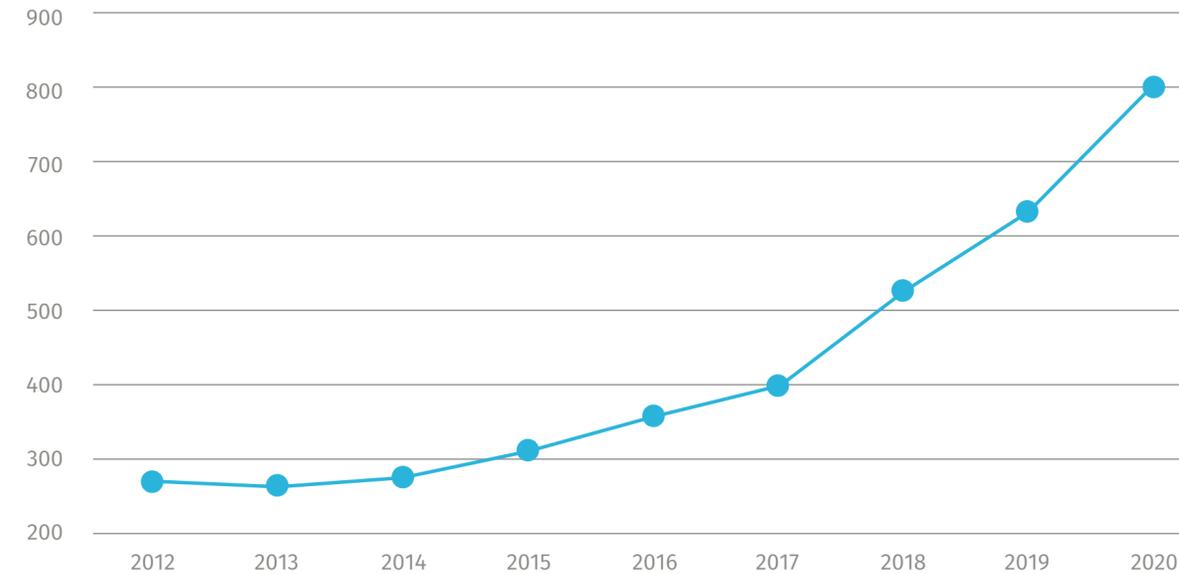


Abbildung 2: Anzahl der Publikationen pro Jahr zu materialsparender Bauweise<sup>3</sup>

<sup>3</sup> search\_text = (material-savings) AND („construction“ OR „building“)

## AUSGEWÄHLTE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

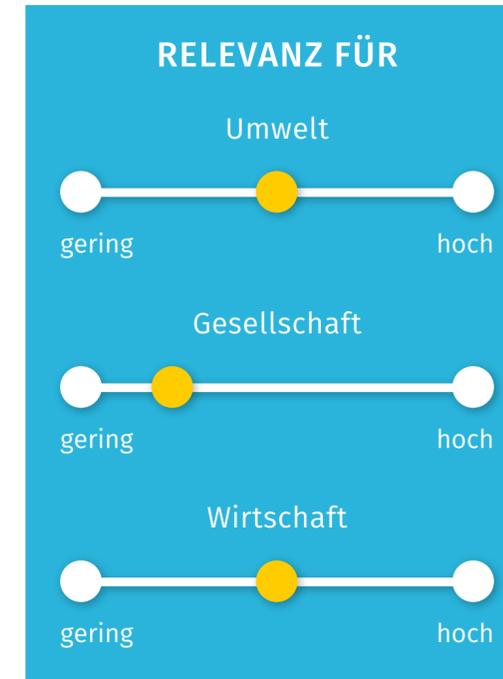
- **Gradientenbeton und Leichtbau:** Durch den Einsatz von Leichtbaumethoden und durch die Reduzierung von Überdimensionierung bei Betonteilen können Effizienzgewinne erzielt werden. Im Gradientenbeton wird die Betonzusammensetzung über den Querschnitt eines Bauteils variiert. Bei der Nutzung von Gradientenbeton in Geschosdecken ergibt sich bspw. eine Masseneinsparung von rund 30% gegenüber der konventionellen Betondecke. In Szenarien, die die gängige Bauweise mit einer Umstellung auf Holzleichtbauweisen ersetzen, wurde berechnet, dass die Massenströme an Baumaterial um bis zu 50% reduziert werden können. Mit hochfesten und ultrahochfesten Betonen lassen sich zudem schlanke Bauteile herstellen, die hohen Beanspruchungen standhalten. In Zukunft könnten sogar völlig neue Konstruktionsprinzipien entwickelt werden, wenn man mit baubionischen Strukturen den Prinzipien der Natur folgt (Verein Deutscher Zementwerke 2020; Wörner et al. 2016; Beckmann et al. 2021).
- **Flach- und Hohldecken:** Mit vorgespannten Flach- bzw. Hohldecken besteht zum Beispiel bereits heute die Möglichkeit, den Materialeinsatz zu optimieren. Laut VDZ benötigen Spannbetonfertigtecken im Vergleich zu anderen Betondeckensystemen bei vergleichbaren statischen Anforderungen an die Decke bis zu 50% weniger Beton und bis zu 75% weniger Stahl. Diese Möglichkeit wird in der Planung noch nicht ausreichend berücksichtigt (Curbach).

- **Additive Fertigungstechnologien:** 3D-Drucktechnologien bieten neue Möglichkeiten für die Realisierung geometrischer Komplexität. Ein Vorteil ist die hohe Materialeffizienz und die Möglichkeit materialsparende Formen anzuwenden. Die Nachhaltigkeit hängt allerdings auch vom Werkstoff ab. Viele 3D-Druck Bauprojekte werden aktuell mit natürlichen Materialien wie Biopolymeren oder Recyclingmaterialien durchgeführt (Hager et al. 2016).

## ZUKUNFTSPOTENZIAL

Besonderes Potenzial liegt in der Kombination von 3D-Druck und Leichtbau zur Materialeinsparung zur Realisierung avancierter materialsparender Designs sowie in der Integration nachwachsender Rohstoffe.

Den additiven Verfahren des 3D-Drucks werden v. a. im Leichtbau ein hohes RE-Potenzial zugesprochen. Dies befindet sich allerdings erst in einem sehr frühen Entwicklungsstadium (Jacob et al. 2021).



## ZUM NACHLESEN

- Ultraleichtbau mit adaptiven Tragwerkselementen – Ökonomisch, ökologisch und sicher Bauen (tlb.de)
- Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Deutschland (umweltbundesamt.de)
- DFG Förderprogramm SPP 1542: Leicht Bauen mit Beton – Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien



# 15 BEWERTUNG FÜR DAS MÜNSTERLAND

## KURZBESCHREIBUNG

Nach der Vorstellung aller Themen in einer Denkfabrik wurden die Teilnehmenden jeweils gebeten einzuschätzen, wie das Thema zu den eigenen Interessen, Entwicklungs- und Forschungsschwerpunkten passt, wie sie die Passfähigkeit zu den wirtschaftlichen Stärken des Münsterlandes bewerten und mit welchem Aufwand die Erschließung des Themas verbunden sein könnte. Alle Themen wurden auf einer Skala von 1 (gering) bis 5 (hoch) bewertet. Es haben sich jeweils ca. 12 Teilnehmende an der Befragung beteiligt.

## #5 EXPLAINABLE AI

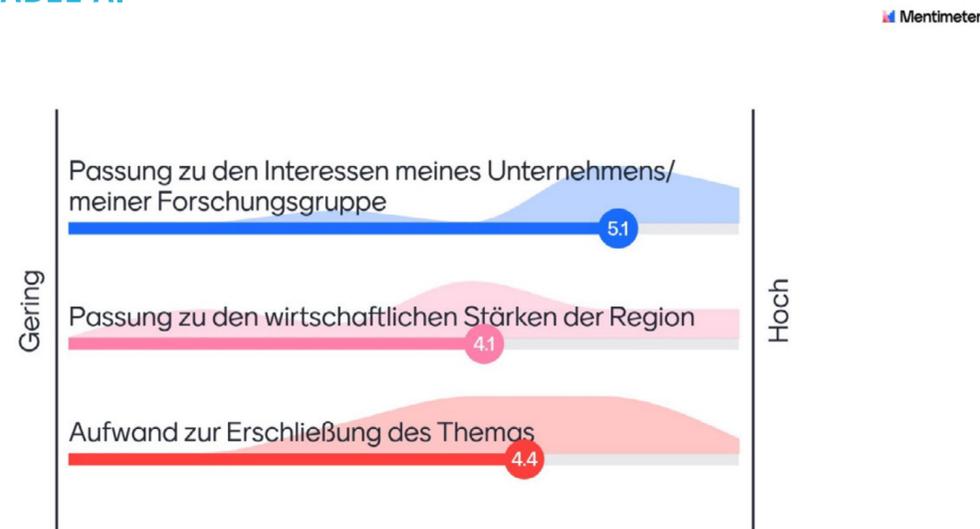


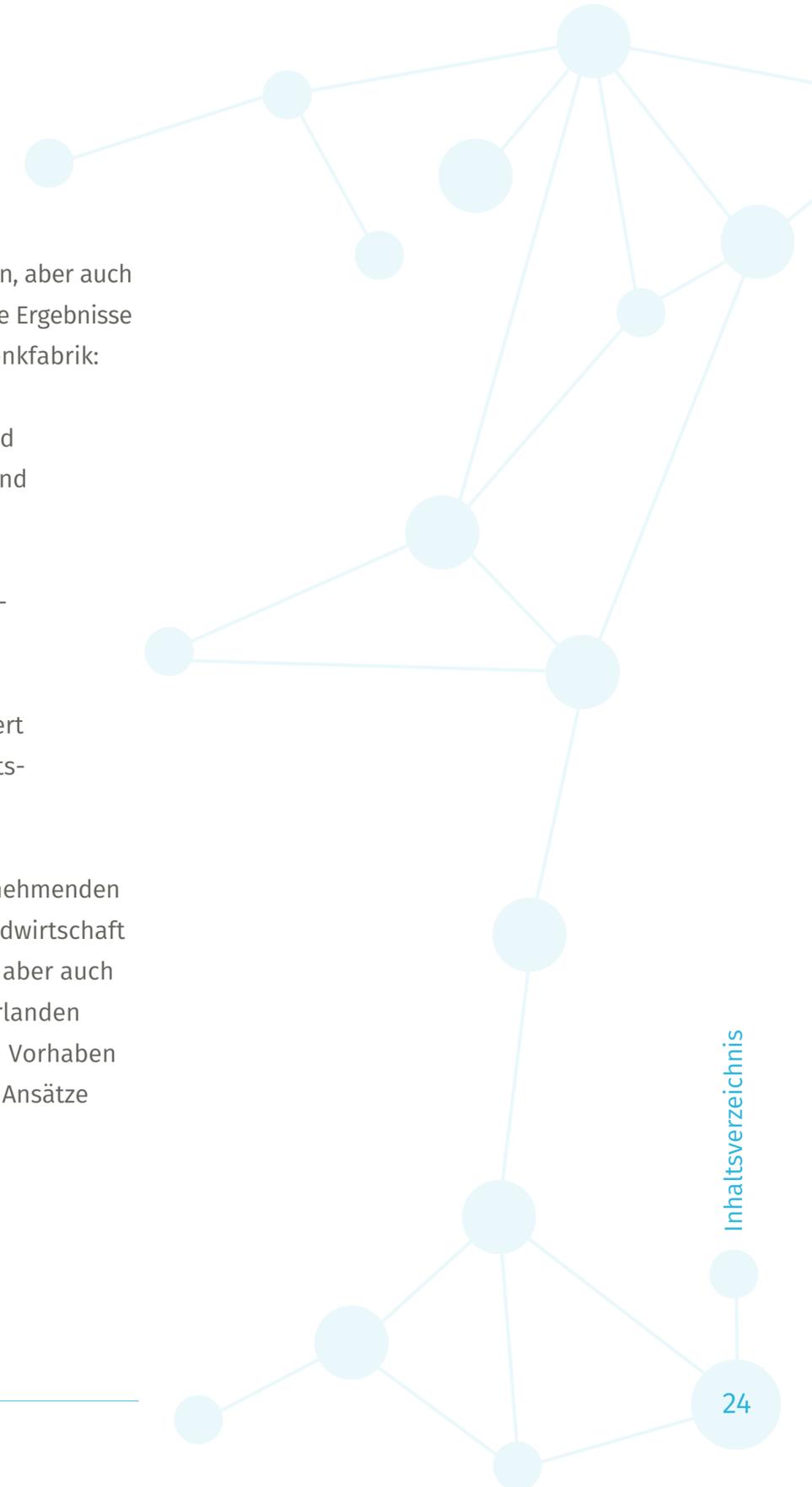
Abbildung 14: Beispiel für die Bewertung mit Mentimeter durch die Teilnehmenden

Das wichtigste Kriterium war jeweils die Passfähigkeit zu den Stärken der Region, aber auch der Aufwand für die Erschließung eines Themas sollte berücksichtigt werden. Die Ergebnisse der Befragung dienten als Ausgangspunkt für die Diskussion während der Denkfabrik:

- Als wichtigste Themen sahen die Teilnehmenden unabhängig vom Aufwand und Potenzial für das Münsterland „KI in der Industrie“, „Explainable AI“ und „Zugang zu sensiblen Daten“ zusammen mit „Edge Computing“
- Ebenso wurden rechtliche Grundlagen thematisiert, sowohl für Entwickler- als auch für die Anwenderseite
- Generell wurde der Austausch mit anderen Denkfabriken als erstrebenswert beurteilt, da es sich bei den hier vorgestellten Themen oft um Querschnittsthemen handelt, die in vielen Bereichen Anwendung finden können.

Im Verlaufe der Diskussion wurde ebenfalls deutlich, dass von Seiten der Teilnehmenden zusätzlich zu Verbindungen in die anderen Denkfabriken hinein auch die Landwirtschaft als Anwendungsbereich gesehen wird. Vor allem für das Münsterland selbst, aber auch durch die Nähe zu tierhaltenden Betrieben in Niedersachsen und den Niederlanden besteht unternehmerisches Potenzial. Als Idee wurde hier beispielsweise ein Vorhaben von McDonalds genannt, welche das Tierwohl mittels neuer technologischer Ansätze überprüfen und sicherstellen wollen.<sup>16</sup>

<sup>16</sup> → [www.thepoultrysite.com/news/2020/09/animal-agtech-innovation-summit-collaboration-to-create-innovative-welfare-technologies-with-mcdonalds](http://www.thepoultrysite.com/news/2020/09/animal-agtech-innovation-summit-collaboration-to-create-innovative-welfare-technologies-with-mcdonalds)



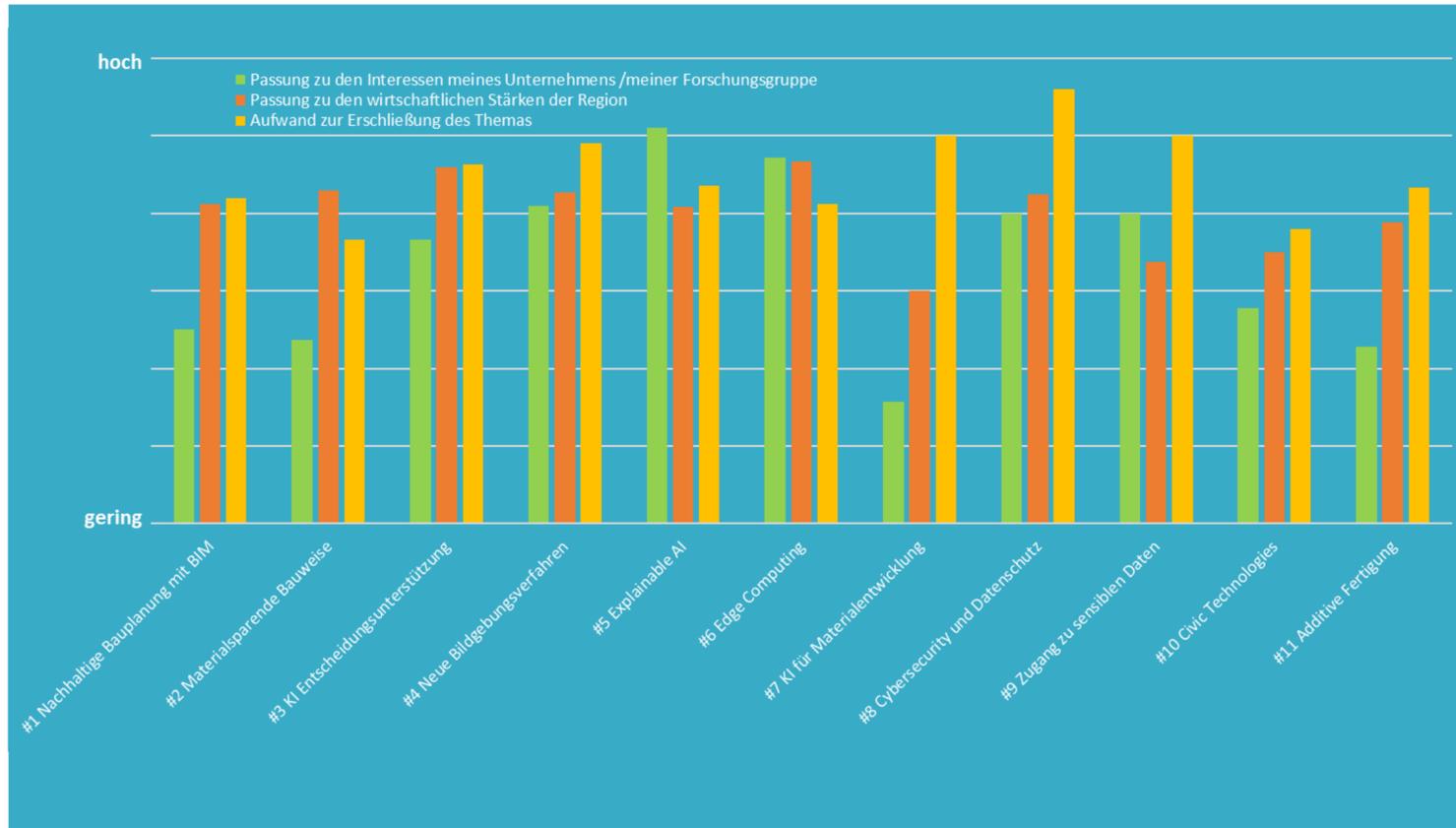


Abbildung 15: Bewertung der Zukunftsthemen

Generell stand für die Teilnehmenden fest, dass die Anwendung neuer Technologien in Zukunft sowohl unabdingbar ist, durch die Konstellationen im Münsterland – fortschrittliche Unternehmen, Nähe zu Hochschulen – aber auch große Chancen bietet.

Als Vertiefungsthemen wurden auf Grundlage der Diskussion während der Denkfabrik die Themen Edge Computing, KI-Entscheidungsunterstützung und Explainable AI ausgewählt.



Abbildung 16: Potenzial und Aufwand für die Erschließung der Zukunftsthemen



## 16 LITERATURVERZEICHNIS

Beckmann, Birgit; Bielak, Jan; Scheerer, Silke; Schmidt, Christopher; Hegger, Josef; Curbach, Manfred (2021): Standortübergreifende Forschung zu Carbonbetonstrukturen im SFB/TRR 280. In: *Bautechnik* 98 (3), S. 232–242. DOI: 10.1002/bate.202000116.

Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (Hg.) (2015): *Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Wiesbaden: Springer Vieweg (VDI-Buch).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hg.) (2016): *Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden*. 2. Aufl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Berlin. Online verfügbar unter → [https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden\\_2015/LFNB\\_D\\_final-barrierefrei.pdf](https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2015/LFNB_D_final-barrierefrei.pdf), zuletzt geprüft am 28.04.2021.

Curbach, Manfred: SPP 1542: Leicht Bauen mit Beton – Grundlagen für das Bauen der Zukunft mit bionischen und mathematischen Entwurfsprinzipien. Hg. v. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Online verfügbar unter → <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/172438440?context=projekt&task=showDetail&id=172438440&>, zuletzt geprüft am 29.04.2021.

Guy, Bradley; Shell, Scott; Homsey, Esherick (2006): Design for deconstruction and materials reuse. In: *Proceedings of the CIB Task Group 39* (4), S. 189–209. Online verfügbar unter → <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.624.9494&rep=rep1&type=pdf> zuletzt geprüft am 14.04.2021.

Hager, Izabela; Golonka, Anna; Putanowicz, Roman (2016): 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? 151, S. 292–299. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.357.

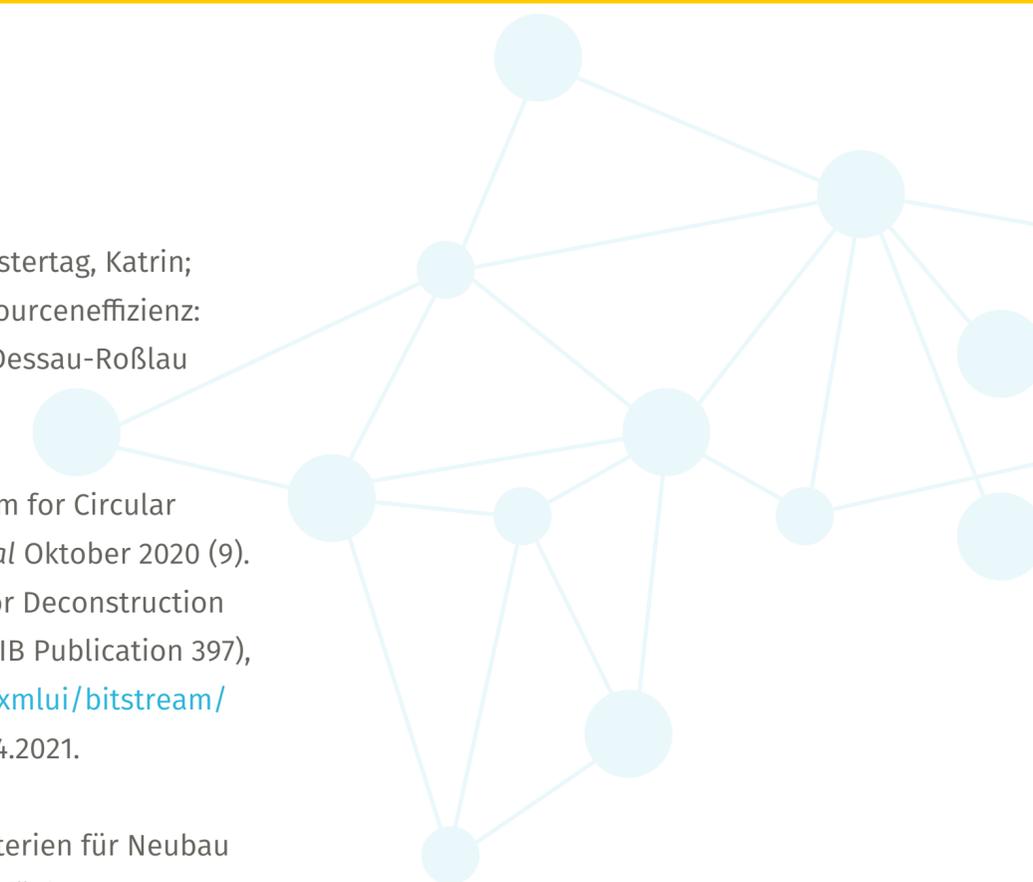
Jacob, Klaus; Postpischil, Rafael; Graaf, Lisa; Ramezani, Maximilian; Ostertag, Katrin; Pfaff, Matthias et al. (2021): Handlungsfelder zur Steigerung der Ressourceneffizienz: Potenziale, Hemmnisse und Maßnahmen. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (UBA Texte, 32/2021).

Kovacic, Iva; Honic, Meliha; Sreckovic, Marijana (2020): Digital Platform for Circular Economy in AEC Industry. In: *Engineering Project Organization Journal* Oktober 2020 (9). Kuehlen, Anna; Thompson, Neil; Schultmann, Frank (2014): Barriers for Deconstruction and Reuse/Recycling of Construction Materials in Germany. In: *cib* (CIB Publication 397), S. 38–50. Online verfügbar unter → [https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2393174/cib\\_w115pub\\_397.pdf](https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2393174/cib_w115pub_397.pdf), zuletzt geprüft am 28.04.2021.

Streck, Stefanie (2018): *Nachhaltiges Planen, Bauen und Wohnen. Kriterien für Neubau und Bauen im Bestand*. 2. Auflage. Berlin: Springer Vieweg. Online verfügbar unter → [www.springer.com](http://www.springer.com)

Verein Deutscher Zementwerke, V. D.Z. (2020): Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Online verfügbar unter → [www.vdz-online.de/dekarbonisierung](http://www.vdz-online.de/dekarbonisierung), zuletzt geprüft am 17.04.2021.

Wörner, Mark; Schmeer, Daniel; Schuler, Benjamin; Pfänder, Julian; Garrecht, Harald; Sawodny, Oliver; Sobek, Werner (2016): Gradientenbetontechnologie. In: *Beton- und Stahlbetonbau* 111 (12), S. 794–805. DOI: 10.1002/best.201600056.



# KI-Entscheidungs- unterstützung

## DIGITALES MÜNSTERLAND

Eine Zukunfts-Analyse zu ausgewählten Technologie-Trends vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung in Zusammenarbeit mit den Münsterland Denkfabriken

06/2022

# INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	29
2	Innovationslandschaft.....	30
2.1	Wissenschaft.....	30
2.2	Wirtschaft.....	31
3	Leuchtturm-Beispiele.....	33
3.1	EP-KI.....	33
3.2	Eucon.....	33
3.3	Storemoods GmbH & Co. KG.....	34
3.4	Westphalia DataLab für Entscheidungsunterstützung in der Industrie.....	34
4	Ausblick für das Münsterland.....	35
5	Quellen und weitere Studien.....	36



# 1 EINLEITUNG

Die Nutzung von Künstlicher Intelligenz zur Unterstützung menschlicher Entscheidungsfindung beruht vor allem auf der Erkenntnis, dass zahlreiche spezifische Aufgaben mittlerweile deutlich besser durch Algorithmen gelöst werden können, als dies Menschen möglich ist. Diese Diskrepanz wird vor allem dort deutlich, wo weniger kreative oder empathische Antworten gefragt werden als vielmehr die Beantwortung klar umrissener Fragestellungen, die womöglich auch repetitiver Natur sind.

Vor allem in der Medizin ist der Einsatz von KI-Entscheidungsunterstützung erprobt, wird dort aber auch im Hinblick auf ethische Fragestellungen diskutiert (Giordano et al. 2021). Die möglichen Einsatzgebiete sind dabei vielfältig, beispielsweise massive Zeitersparnisse bei gleichzeitiger verbesserter Analyse in der Radiologie (Entlastung bei Routineaufgaben), besserer Zugang zu komplizierter Technik (Bereitstellung von Spezialwissen) oder dem kontinuierlichen Monitoring von Patientendaten (Labor).

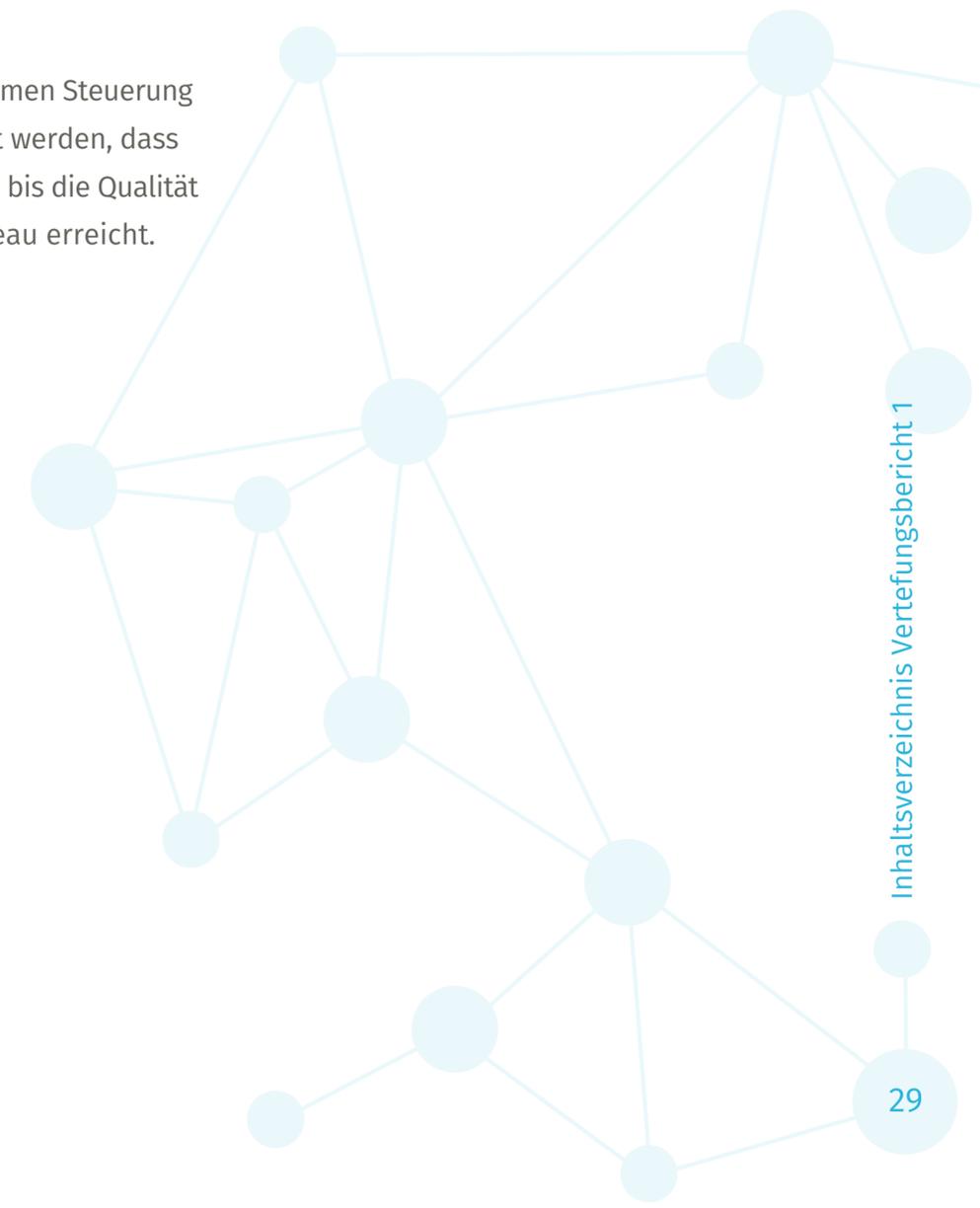
Auch in anderen Anwendungsbereichen, in denen es auf die parallele Auswertung extrem großer Datenströme in Echtzeit ankommt, ermöglicht KI eine bislang unerreichte Qualität der Entscheidungsunterstützung. Möglich wird dies auch durch neue Forschung in den Bereichen der Text- und Bildverarbeitung; hier wurden in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt, die quasi umgehend Eingang in Produktivsysteme gefunden haben. Vor allem durch die Einbeziehung von Hintergrundinformationen, oder Weltwissen, sind hier deutliche Verbesserungen in Qualität und Schnelligkeit der Ergebnisse erreicht worden.

Trotz aller Fortschritte ist es natürlich wünschenswert und in vielen Bereichen auch unbedingt erforderlich, dass Ergebnisse – z.B. Berechnungen, Prognosen und daraus resultierende Folgeprozesse bzw. Entscheidungen – von IT-Systemen grundsätzlich transparent und nachvollziehbar sind. Diese Anforderung gilt insbesondere für KI-basierende Systeme, die vielfach noch als Black Box erscheinen. Mit einer Dokumentation, die Ziele, Methoden, Daten, Test- und Freigabeprozesse umfasst, soll eine höchstmögliche Transparenz und Qualitätssicherung sichergestellt werden.

Besonders verantwortungsvolle Entscheidungsprozesse – z. B. in der autonomen Steuerung von Fahrzeugen oder in der medizinischen Diagnostik – sollten so gestaltet werden, dass die letzte Entscheidungskompetenz bei verantwortlichen Akteuren verbleibt, bis die Qualität und Nachvollziehbarkeit der KI ein von allen Beteiligten akzeptiertes Niveau erreicht.

## ANSPRECHPARTNER:INNEN FRAUNHOFER ISI:

**Elna Schirrmeister,  
Dr. Philine Warnke und  
Jan Rörden**



## 2 INNOVATIONSLANDSCHAFT

### 2.1 WISSENSCHAFT

Die Zahl der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich KI-Entscheidungsunterstützung hat seit 2018 stark zugenommen. Die überwiegende Zahl der Publikationen stammt von Wissenschaftler:innen, die an Universitäten in den USA lehren und forschen.

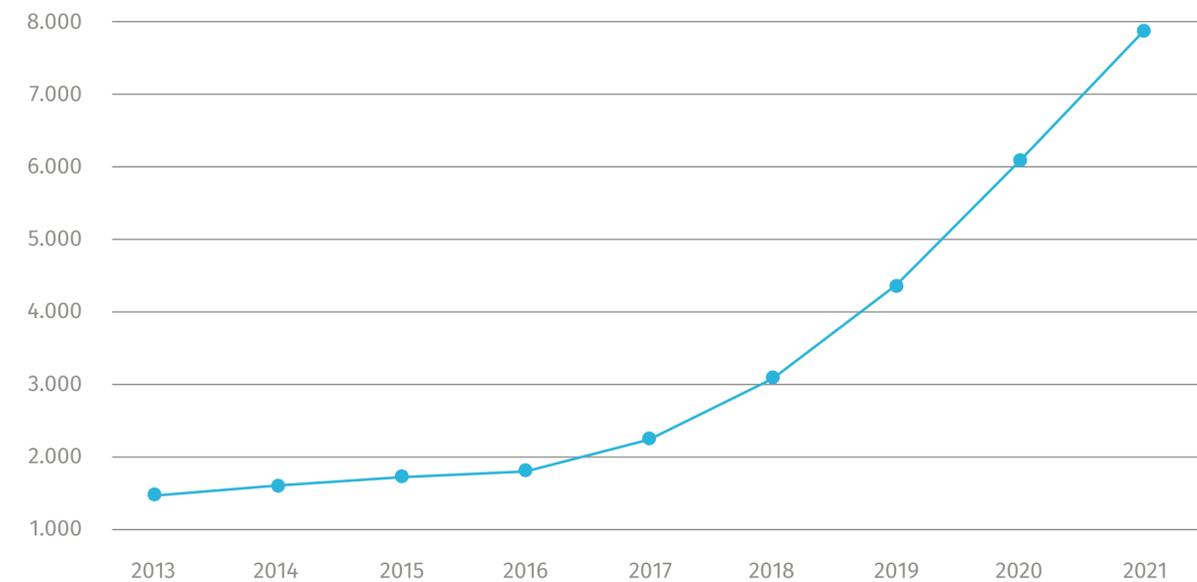


Abbildung 1: Anzahl der weltweiten Publikationen pro Jahr zu KI-Entscheidungsunterstützung<sup>1</sup>

FORSCHUNGSEINRICHTUNG	LAND	ANZAHL PUBLIKATIONEN
Harvard Universität	USA	283
Universität Stanford	USA	237
Universität Toronto	Kanada	145
Institut für Technologie Massachusetts	USA	141
Massachusetts General Hospital	USA	137
Universität Michigan	USA	131
Universität Oxford	England	122
Universität Columbia	USA	113
Imperial College London	England	109
Universität Los Angeles	USA	108

Tabelle 1: Forschungseinrichtungen weltweit mit Publikationen im Bereich KI-Entscheidungsunterstützung (2013–2021)

<sup>1</sup> Suchstring ((artificial intelligence) OR (AI) OR (künstliche intelligenz) OR (KI) OR (machine learning) OR (deep learning) OR (maschinelles lernen)) AND ((decision support) OR (decision making) OR (entscheidung) OR (decision help)) in Titel und Abstrakt



## 2.2 WIRTSCHAFT

Die meisten Patente in diesem Bereich werden zurzeit von Accenture gehalten, einem der weltweit größten Dienstleister im Bereich Strategie- und Technologieberatung. Mit Siemens findet sich auch ein deutsches Unternehmen unter den Großen Patenthaltern, mit Philips immerhin ein weiteres aus Europa.

Die Diskrepanz zum geographischen Schwerpunkt der akademischen Forschung lässt sich auch dadurch erklären, dass Softwarepatente, vor allem auf Algorithmen im Bereich Machine Learning, nicht üblich sind. Die grundlegenden Softwarebibliotheken sind Open Source, und nur wenige Modelle proprietär. Dennoch steigt die Zahl der Patente in diesem Bereich sehr stark an.

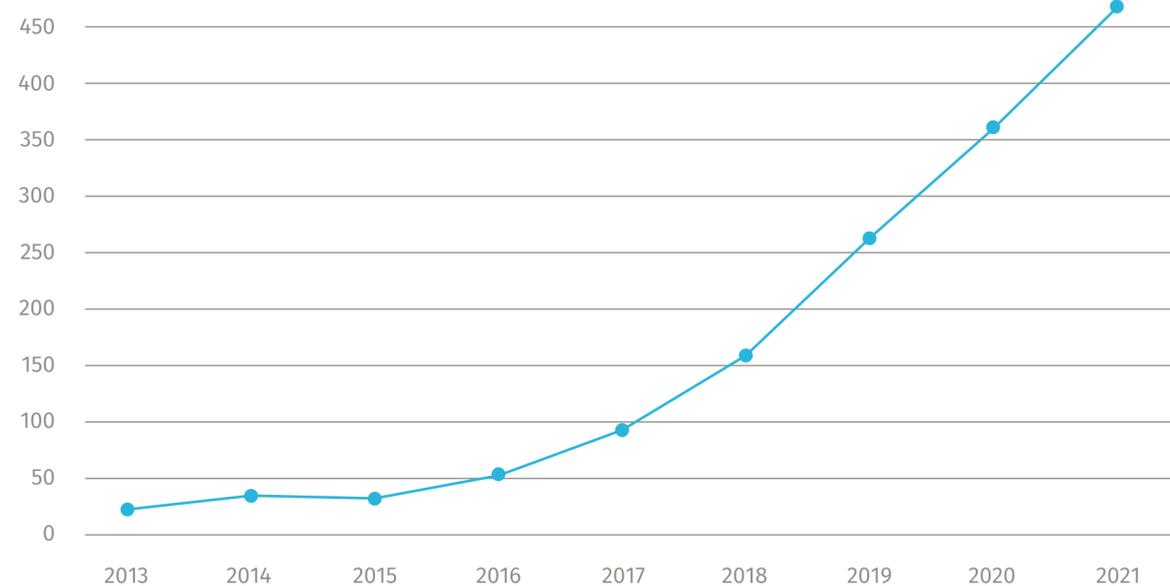


Abbildung 2: Anzahl der weltweiten Patente pro Jahr zu KI-Entscheidungsunterstützung<sup>2</sup>

FORSCHUNGSEINRICHTUNG	LAND	ANZAHL PATENTE
Accenture	Irland	53
Samsung	Südkorea	22
Iteris	USA	21
Siemens	Deutschland	21
IBM	USA	20
<b>Siemens</b>	<b>USA</b>	<b>20</b>
University of Michigan	USA	17
Fanuc	Japan	16
Philips	Niederlande	15
State Grid Corporation Chinas	China	15

Tabelle 2: Einrichtungen weltweit mit Patenten im Bereich KI-Entscheidungsunterstützung (weltweit)

Im Zuge dieser Vertiefungsstudie wurden zahlreiche Marktstudien ausgewertet. Im Folgenden sind hier Kernaussagen wiedergegeben, die deren wesentliche Aussagen zusammenfassen. Aussagen zu Marktvolumina sind in diesem Kontext kaum möglich, da die Integration der KI-basierten Entscheidungsunterstützung in Maschinen und Prozesse sich kaum von den Maschinen getrennt ausweisen lässt.

Schon in wenigen Jahren werden viele Produkte und Services, die die Stellung der deutschen Unternehmen in der Weltwirtschaft ausmachen, mit Maschinenintelligenz ausgestattet oder sogar von ihr geprägt sind. Deutschland verfügt über günstige Standortvoraussetzungen, um in diesem Rennen in der Spitzengruppe zu landen. Je komplexer die Entscheidungssituationen sind, desto stärker müssen qualitative Evaluationen mit menschlicher Urteilskraft in den Entscheidungsprozess eingebaut werden.

<sup>2</sup> Suchstring ((artificial intelligence) OR (AI) OR (künstliche intelligenz) OR (KI) OR (machine learning) OR (deep learning) OR (maschinelles lernen)) AND ((decision support) OR (decision making) OR (entscheidung) OR (decision help)) in Titel und Abstrakt

Im Zuge dieser Vertiefungsstudie wurden zahlreiche Marktstudien ausgewertet. Im Folgenden sind hier Kernaussagen wiedergegeben, die deren wesentliche Aussagen zusammenfassen. Aussagen zu Marktvolumina sind in diesem Kontext kaum möglich, da die Integration der KI-basierten Entscheidungsunterstützung in Maschinen und Prozesse sich kaum von den Maschinen getrennt ausweisen lässt.

Schon in wenigen Jahren werden viele Produkte und Services, die die Stellung der deutschen Unternehmen in der Weltwirtschaft ausmachen, mit Maschinenintelligenz ausgestattet oder sogar von ihr geprägt sind. Deutschland verfügt über günstige Standortvoraussetzungen, um in diesem Rennen in der Spitzengruppe zu landen. Je komplexer die Entscheidungssituationen sind, desto stärker müssen qualitative Evaluationen mit menschlicher Urteilskraft in den Entscheidungsprozess eingebaut werden.

Zur langfristigen Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit gilt es für die deutsche Wirtschaft, diese Technologien aktiv mitzubestimmen und das vorhandene KI-Potenzial zu mobilisieren. Das bedeutet, Weichen in Richtung KI zu stellen und fördernde Rahmenbedingungen sowie ein stimulierendes Ökosystem für dieses Technologiebündel zu gestalten:

- Dazu ist ein gesellschaftlicher Konsens hilfreich, der durch einen informierten öffentlichen Dialog herbeigeführt werden kann.
- Fundamentale Organisationsstrukturänderungen und Kompetenzentwicklungen bei den Mitarbeitern sind notwendig, um das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine zu einem Erfolg zu machen.
- Die Verlagerung des kognitiven Anteils an Entscheidungsprozessen in die KI erfordert eine bewusste Gestaltung, aber auch Lernprozesse für Mensch und Maschine.

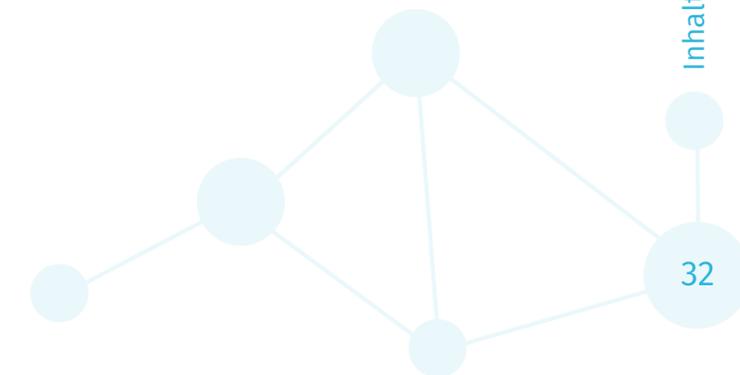
KI wird dazu führen, dass zahlreiche Tätigkeiten – vor allem Routinetätigkeiten – nicht mehr auf den Arbeitsmärkten nachgefragt werden. Gleichzeitig wird erwartet, dass mit der Welle der intelligenten Automatisierung zahlreiche neue Berufe entstehen und Berufsgruppen in Bereichen wie sozialen Dienstleistungen, Kunst und Kultur, Unterhaltung, Freizeitgestaltung, Ausbildung und Umwelt eine Aufwertung erfahren. Kreative Arbeit wird voraussichtlich gestärkt werden. Alle mit dieser gesellschaftlichen Transformation in Verbindung stehenden Prozesse müssen von der Politik aktiv vorangetrieben und auf eine stabile finanzielle Basis gestellt werden.

Eine aktuelle Befragung deutscher Betriebe zeigte, dass Künstliche Intelligenz ein Top-Thema in deutschen Unternehmen ist:

- 75% der Betriebe gaben an, sich derzeit mit Fragestellungen zu Künstlicher Intelligenz zu beschäftigen, 16% der Unternehmen haben bereits praktische Anwendungen im Einsatz.
- Unternehmen erwarten von Künstlicher Intelligenz in erster Linie einen Beitrag zur Produktivitätssteigerung. Künstliche Intelligenz wird überwiegend dazu eingesetzt, Daten zu analysieren und Prozesse zu automatisieren.
- Kleine und mittlere Unternehmen hinken hinterher. Als wichtige Ursachen gelten die mangelnde Verfügbarkeit ausreichender Daten für das Trainieren von KI-Systemen, aber auch fehlende finanzielle und personelle Mittel.
- Unternehmen nutzen bisher keine völlig autonom agierenden und eigenständig entscheidenden KI-Systeme.

- Hindernisse sehen die Betriebe im Datenschutz und bei der Datensicherheit, dem Fehlen maßgeschneiderter Lösungen und den hohen Kosten zur Einführung. Faktoren wie fehlende Anwendungsmöglichkeiten oder ein Vertrauensverlust bei Kunden und Mitarbeitenden werden kaum genannt.
- Sämtliche befragten Unternehmen, die bereits über praktische Erfahrungen mit Künstlicher Intelligenz verfügen, bescheinigen ihren jeweiligen Anwendungen einen hohen Nutzen.
- Unternehmen sehen einen großen Bedarf an Spezialistinnen und Spezialisten zum Trainieren, Erklären und Nutzen von KI-Systemen.

Künstliche Intelligenz ist eines der wichtigsten Zukunftsthemen für Unternehmen. Betriebe aller Größenordnungen sind gefordert, sich den Herausforderungen zu stellen. Dabei kommt es darauf an, die Potenziale für den Einsatz Künstlicher Intelligenz systematisch zu ermitteln, tragfähige Lösungen zu entwickeln und die Anwendungen unter enger Einbeziehung der Mitarbeitenden umzusetzen.



## 3 LEUCHTTURM-BEISPIELE

### 3.1 EP-KI

Die Nachwuchsgruppe »EP-KI: Entscheidungsunterstützung für betriebswirtschaftliche Prozesse mit Hilfe neuer KI-Methoden« des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM arbeitet an der Schnittstelle Betriebswirtschaft und Künstliche Intelligenz (KI) und fokussiert sich bei der Forschung auf die zukunftsorientierten Fragestellungen und deren Lösung durch anwenderfreundliche Verfahren. Gefördert wird das Projekt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Die Forschungsgruppe konzentriert sich auf Methoden in den Bereichen der Zeitreihen, Auffälligkeitsdetektion sowie Erklärbarkeit.

→ [EP-KI: Entscheidungsunterstützung für betriebswirtschaftliche Prozesse mit Hilfe neuer KI-Methoden – Fraunhofer ITWM](#)

### 3.2 EUCON

Das Unternehmen Eucon aus Münster hat eine Anwendung entwickelt, die KI-Komponenten in Smart Inbox und Claims Prediction als zentrale Bausteine in der Versicherungsbranche für ein optimiertes und zukunftsfähiges Kundenerlebnis im Schadenfall einsetzt. Die Technologie trägt in jedem Schritt des Schadenprozesses dazu bei, die Qualität und Effizienz der Bearbeitung nachhaltig zu verbessern. Ziel ist dabei mithilfe intelligenter Abläufe eine Echtzeit-Schadenbearbeitung zu ermöglichen.

Durch Claims Prediction und Smart Inbox werden Schadenfälle zielgerichteter gesteuert und unnötige Prozessschritte vermieden. Die Module greifen, wenn Kunden nach einem Schaden Kostenvoranschläge zu Reparaturen oder Rechnungen einreichen. Durch Einsatz von Regression, Neuronalen Netzen und Klassifikatoren wird automatisch entschieden, ob ein Beleg durch Experten manuell geprüft werden muss oder automatisiert freigegeben und reguliert werden kann. Eingehende Dokumente werden außerdem automatisch klassifiziert und mit weiteren Datenpunkten angereichert, sodass der Dokumentenfluss im Schadenprozess optimiert und Regulierungsentscheidungen erleichtert werden.

Eucon bezeichnet sich als digitalen Pionier der Daten- und Prozessintelligenz und als Wegbereiter für den digitalen Wandel, der seit mehr als 20 Jahren Unternehmen in den Branchen Automotive, Versicherungen und Real Estate dabei unterstützt, ihre Prozesse zu digitalisieren, Datenschätze gewinnbringend zu nutzen und digitale Geschäftsmodelle umzusetzen.

→ [Driven by Data. Guided by Experts – Eucon](#)



### 3.3 STOREMOODS GMBH & CO. KG

Das Start-up „Storemoods“ aus Münster hat ein intelligentes Programm entwickelt, das standortspezifische Daten wie beispielsweise Umsatzdaten aus dem Kassensystem nutzt, um gezielt Hintergrundmusik am Verkaufs- und Präsentationsort im Geschäft individuell anbieten zu können. So kann die optimale Hintergrundmusik für verschiedene Situationen automatisch zusammengestellt und somit der Umsatz gesteigert werden. Wissenschaftsbasiert und mithilfe Künstlicher Intelligenz wird das am besten passende Musikprogramm definiert und produktspezifische Audiospots entwickelt, was dafür sorgt, dass Musik und Werbung exakt auf das aktuelle Kundenklientel abgestimmt werden.

→ [www.storemoods.com](http://www.storemoods.com)

### 3.4 WESTPHALIA DATALAB FÜR ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG IN DER INDUSTRIE

Westphalia Datalab ist ein Industrie-Start-up, das von Reiner Kurzhals, Professor an der FH Münster, gegründet wurde und bei dem sich die Großspedition Fiege Logistik beteiligt hat. Die Daten der Fiege Großspedition wurden genutzt, um KI-basiert vorzuberechnen, wie ein Lkw beladen werden muss, welche Fahrzeuggröße benötigt wird und welche Route gefahren werden sollte.

Westphalia DataLab arbeitet für zahlreiche weitere Kunden und wurde im März 2021 vom Center Smart Services ausgezeichnet in einer internationalen Benchmarking Studie. Für VORWERK wurden Gerätedaten und Kundenfeedback auf Trends analysiert, so dass das Unternehmen nun frühzeitig reagieren kann.

→ [www.welt.de/wirtschaft/article218899160/KI-Preis-Westphalia-Datalab-verbindet-Start-up-und-Industrie.html](http://www.welt.de/wirtschaft/article218899160/KI-Preis-Westphalia-Datalab-verbindet-Start-up-und-Industrie.html)

→ [www.westphalia-datalab.com/erfolgreiche-ki-software-fuer-vorwerk-westphalia-datalab-gewinnt-preis-fuer-customer-insights-software](http://www.westphalia-datalab.com/erfolgreiche-ki-software-fuer-vorwerk-westphalia-datalab-gewinnt-preis-fuer-customer-insights-software)



## 4 AUSBLICK FÜR DAS MÜNSTERLAND

Betrachtet man die Entwicklung der letzten Jahre im Bereich Machine Learning (ML) im Allgemeinen, oder in der Künstlichen Intelligenz (KI) im Besonderen, so ist zweifelsfrei zu erkennen, dass in immer mehr Bereichen des Alltags und im professionellen Kontext neue Anwendungsfelder für diese Technologien erschlossen oder geschaffen werden. Dennoch ist es wichtig, für den eigenen Bedarf klar zu evaluieren ob – und wenn ja in welcher Form – KI eine Hilfe sein kann. Klar umrissene Probleme sind einfacher zu lösen als große Narrative; eine große, hochqualitative Datengrundlage ist wichtig; Unschärfen nehmen zu, je weiter ein Modell in die Zukunft blicken soll. Auch wird es wichtig sein, Prozesse nicht einfach zu kopieren, sondern teilweise komplett neu zu denken, um Synergien zu nutzen. Je nach Anwendungsfeld sind zudem mitunter komplexe ethische oder rechtliche Fragestellungen zu bearbeiten, die sich auf den gesamten Prozess beziehen können – von der Sammlung der Daten, deren Verarbeitung, über die Modellarchitektur bis hin zur Verwendung der Ergebnisse.

Schlussendlich zeigt ein Blick in die aktuelle Forschung, dass mit weiteren Fortschritten zu rechnen ist. Auch wenn die in einigen Zirkeln besprochene „Singularität“ – also der Punkt, an dem eine echte „starke“ KI gleichzeitig in vielen oder allen Bereichen dem Menschen überlegen ist – vielleicht nie eintritt, so sollte man doch davon ausgehen, dass viele starke Werkzeuge im Entstehen begriffen sind. Diese „industrielle Revolution“ des 21. Jahrhunderts wird viele Bereiche unseres Lebens stark verändern; die Grundlagen dafür werden heute gelegt, sowohl in der Gesamtgesellschaft, als auch in zahlreichen großen und kleinen Wirtschaftsunternehmen.

Im Münsterland gibt es viele Ansatzpunkte, um KI-Entscheidungsunterstützung zu nutzen, da es sich um eine Technologie handelt, die in fast allen Branchen genutzt werden kann. Die Start-up-Szene im Bereich KI entwickelt sich in NRW allgemein sehr dynamisch und gerade im Münsterland gibt es zahlreiche Start-ups die zu dieser Entwicklung beitragen

können. Die Kooperation mit der Forschungslandschaft (z.B. mit der FH Münster) bietet hier Möglichkeiten für Ausgründungen, die auch schon in der Vergangenheit erfolgreich waren (siehe z.B. Westphalia DataLab). Insgesamt sind die Unternehmen im Münsterland einer digitalen Transformation gegenüber sehr positiv eingestellt.<sup>3</sup>

### ZUKUNFTSSZENARIO



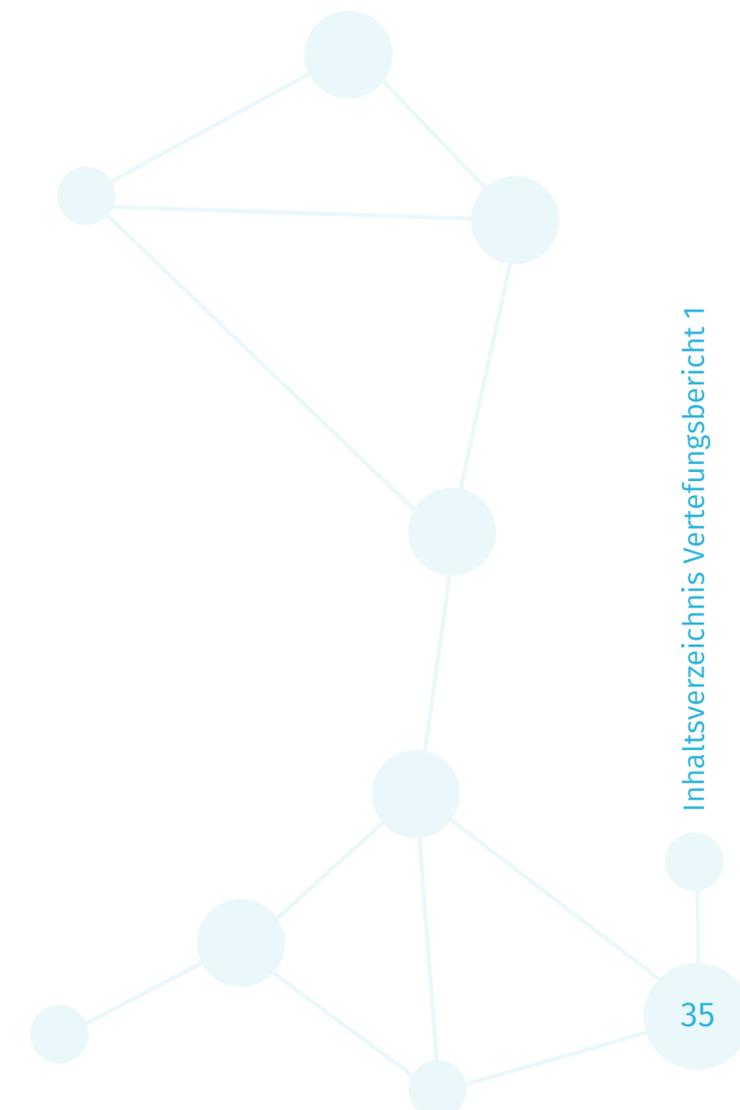
#### KALENDERBLATT MÜNSTERLAND 05.08.2028

##### KI-basierte Rechtsberatung für Start-ups

Rechtliche Fragen spielen für digitale Start-ups eine wichtige Rolle. Das gilt nicht nur für den Datenschutz. Da Start-ups in der frühen Phase nur begrenzte finanzielle Mittel zur Verfügung haben, wurde nach Standardisierungsmöglichkeiten gesucht. Diese wurden nun im Rahmen eines Hochschulkooperationsprojektes gefunden. Die Kooperation mit einem Start-up, das Entscheidungsunterstützung in der Pflege anbot, erwies sich als fruchtbar. Die KI-Kompetenz wurde mit der Rechts-Kompetenz der Hochschule verknüpft und es entstand ein selbstlernendes Tool zur Entscheidungsunterstützung bei Rechtsfragen.

Mittlerweile muss der Nutzer kaum noch Fragen beantworten; er lädt sein Pitch-Deck hoch und bekommt umfangreiche Hinweise zu unterschiedlichen rechtlichen Aspekten, die zu berücksichtigen sind. Best und worst case Beispiele werden automatisiert zusammengestellt und das System empfiehlt ggf. einen ersten persönlichen Austausch mit einem passenden Rechtsanwalt. Mit einem Klick bucht man das Online- oder Offline-Treffen, ganz nach Präferenz.

<sup>3</sup> DigiTrans-Umfrage | Digitalradar münsterLAND (→ [digitalradar-muensterland.de](https://digitalradar-muensterland.de))



## 5 QUELLEN UND WEITERE STUDIEN

Bauer, Wilhelm; Ganz, Walter; Hämmerle, Moritz; Renner, Thomas; Dukino, Claudia; Friedrich, Michaela et al. (Hg.) (2019): Künstliche Intelligenz in der Unternehmenspraxis. Studie zu Auswirkungen auf Dienstleistung und Produktion. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation; Fraunhofer IRB-Verlag. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.  
Online verfügbar unter → <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0011-n-5724647>

Giordano, Chris; Brennan, Meghan; Mohamed, Basma; Rashidi, Parisa; Modave, François; Tighe, Patrick (2021): Accessing Artificial Intelligence for Clinical Decision-Making. In: Frontiers in digital health 3, S. 645232. DOI: 10.3389/fdgth.2021.645232.  
Online verfügbar unter → [www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2021.645232/full](http://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2021.645232/full)

Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. und Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (2017): Entscheidungsunterstützung mit Künstlicher Intelligenz. Wirtschaftliche Bedeutung, gesellschaftliche Herausforderungen, menschliche Verantwortung. Online Verfügbar unter:  
→ [www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Entscheidungsunterstuetzung-mit-Kuenstlicher-Intelligenz-Wirtschaftliche-Bedeutung-gesellschaftliche-Herausforderungen-menschliche-Verantwortung.html](http://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Entscheidungsunterstuetzung-mit-Kuenstlicher-Intelligenz-Wirtschaftliche-Bedeutung-gesellschaftliche-Herausforderungen-menschliche-Verantwortung.html)



# Explainable Artificial Intelligence (XAI)

## DIGITALES MÜNSTERLAND

Eine Zukunfts-Analyse zu ausgewählten Technologie-Trends vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung in Zusammenarbeit mit den Münsterland Denkfabriken

06/2022

# INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung .....	39
2	Innovationslandschaft .....	40
2.1	Wissenschaft .....	40
2.2	Wirtschaft .....	41
3	Ausblick für das Münsterland .....	43
4	Quellen und weitere Studien .....	44



# 1 EINLEITUNG

Inzwischen finden Verfahren aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz (KI) in immer mehr Anwendungsfeldern Verwendung, z. B. zum Erkennen von Objekten auf Bildern oder zur Verarbeitung von Sprache. Dabei übertreffen sie teilweise bereits die Leistungsfähigkeit von Menschen. Die Ergebnisse von gegenwärtig eingesetzten KI-Systemen sind allerdings häufig nicht nachvollziehbar, bspw. warum auf einem Bild ein bestimmtes Objekt erkannt wurde. Dies stellt insbesondere in sicherheitskritischen Anwendungsfeldern, wie z. B. bei autonomen Fahrzeugen oder im medizinischen Bereich, einen erheblichen Nachteil dar und schränkt eine weitere Verbreitung von KI-Systemen entsprechend ein.

Im Rahmen von Explainable Artificial Intelligence (XAI) beschäftigt man sich deshalb damit, die Ergebnisse von KI-Systemen in einer für Menschen verständlichen Form zu erklären. Diese Fähigkeit ist eine wichtige Voraussetzung, um das Vertrauen eines Benutzers in das KI-System zu steigern. Außerdem erlaubt sie es, die Stärken und Schwächen des Systems besser einschätzen zu können (Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT).

Explainable Artificial Intelligence (XAI) bezeichnet somit das Bestreben, durch Machine Learning (ML) (dies schließt auch neuronale Netze mit ein) gewonnene Erkenntnisse und Vorhersagen erklär- und überprüfbar zu machen. Im Zuge der Digitalisierung ist XAI ein wichtiger Baustein zur Öffnung der viel beschriebenen „black box“, um sowohl die Qualität in der Fertigung zu verbessern, als auch das Vertrauen der Nutzer und Kunden in KI-basierte Entscheidungsfindung zu gewinnen.<sup>1</sup> Darüber hinaus enthält auch die GDPR (General Data Protection Regulation, deutsch: DSGVO) der EU Vorschriften, die den Einsatz von XAI notwendig machen könnten, sobald personenbezogene Daten verarbeitet werden.<sup>2</sup>

Anwendungen von XAI im industriellen Kontext sind beispielsweise getrieben von notwendigem Vertrauen – in dem Sinne, dass kostspielige Entscheidungen von einem ML-Modell getroffen werden sollen – und dem Bedürfnis, bestimmte Phänomene besser zu verstehen, z. B. Ausfälle von Maschinen vorhersagen und durch entsprechende Daten diese dann verbessern.<sup>3</sup>

Bedingt durch das Einsatzgebiet fokussieren viele ML-Modelle auf Bild- oder Sensordaten, da diese Informationen relativ leicht zu gewinnen sind oder bereits gesammelt werden. Jüngere Forschungen zeigen, dass es möglich ist, Sensordaten komplexer Fertigungsanlagen als Trainingsdaten zu nutzen. Die daraus entstehenden Modelle sind in der Lage, i) Time-to-Failure (TTF), ii) Zustand des Equipments, sowie iii) TTF-Intervalle besser vorherzusagen oder zu erkennen als menschliche Experten (Jalali et al. 2019 ).

Im Bereich der Bildverarbeitung gibt es bereits seit längerer Zeit entsprechende Forschung die darauf abzielt, die Bildbereiche zu identifizieren die seitens eines ML-Modells zur Klassifikation herangezogen werden. Ribeiro et al. 2016 ist hier eine der grundlegenden Arbeiten; die Autoren stellen auch ein Open Source-Tool zur Verfügung, das allerdings nach eigenen Angaben für Text- oder Tabellen-Daten gemacht ist.<sup>4</sup>

Explainable AI unterscheidet sich somit von den traditionellen Techniken des maschinellen Lernens, bei denen die Entwickler oft nicht verstehen können, warum das System zu einer bestimmten Entscheidung gekommen ist.<sup>5</sup>

## ANSPRECHPARTNER:INNEN FRAUNHOFER ISI:

Elna Schirrmeister,  
Dr. Philine Warnke und  
Jan Rörden

<sup>1</sup> Vgl.: → [www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/02/22/why-explainability-is-the-next-step-for-ai-in-manufacturing/?sh=70e798761517](https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/02/22/why-explainability-is-the-next-step-for-ai-in-manufacturing/?sh=70e798761517), abgerufen 31.8.2021; und [www.pwc.co.uk/services/risk/insights/explainable-ai.html](https://www.pwc.co.uk/services/risk/insights/explainable-ai.html), abgerufen am 1.9.2021

<sup>2</sup> → [www.dsgvo-portal.de/gdpr\\_recital\\_71.php](https://www.dsgvo-portal.de/gdpr_recital_71.php), abgerufen am 1.9.2021

<sup>3</sup> → <https://ercim-news.ercim.eu/en116/r-i/understandable-deep-neural-networks-for-predictive-maintenance-in-the-manufacturing-industry>, abgerufen am 1.9.2021

<sup>4</sup> → <https://github.com/marcotcr/lime>, abgerufen am 1.9.2021

<sup>5</sup> → [www.nextmsc.com/report/explainable-ai-market](https://www.nextmsc.com/report/explainable-ai-market), abgerufen am 05.10.2021.

## 2 INNOVATIONSLANDSCHAFT

### 2.1 WISSENSCHAFT

Die Forschungslandschaft im Bereich XAI stellt sich, gemessen an den Publikationen, sehr divers da, wobei die Publikationen erst seit 2019 merklich ansteigen und sich insgesamt auf einem noch eher niedrigen Niveau befinden. Dies kann als ein Hinweis darauf gesehen werden, dass XAI noch als Nischenthema gesehen wird, wobei eine starke Zunahme der Publikationen zu erwarten ist.

Die Universität Augsburg ist hier vertreten, sowie in relativer Nähe zum Münsterland auch die Delft University of Technology. Im europäischen Ausland sind Graz (Österreich), Dublin (Irland), Essex (Großbritannien), sowie Granada (Spanien) mit Publikationen im niedrigen zweistelligen Bereich zu sehen.

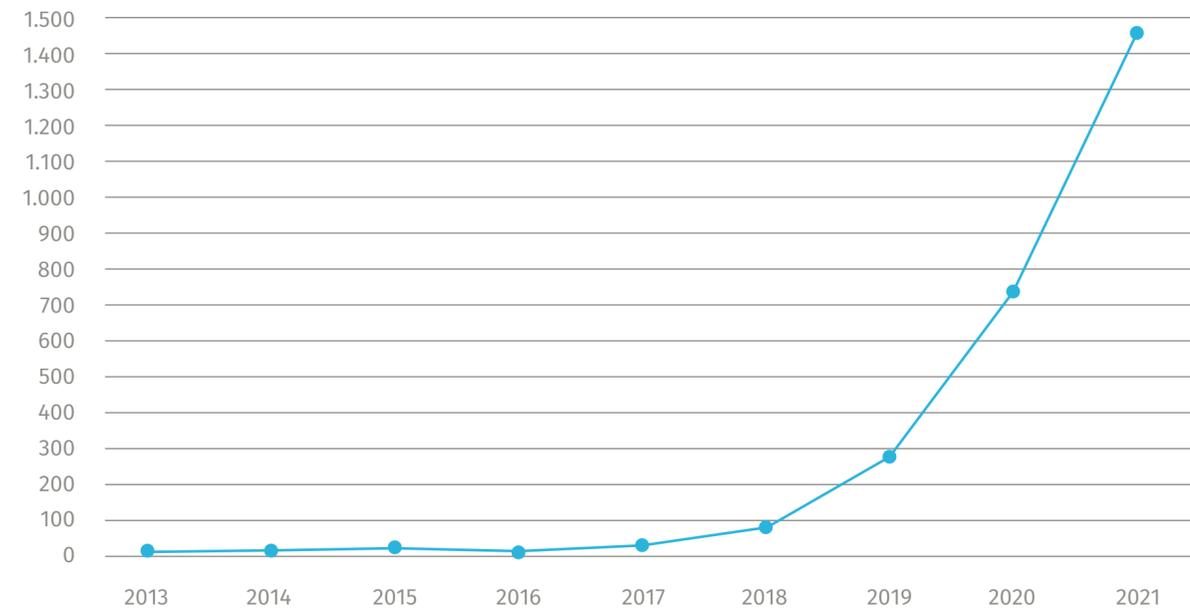


Abbildung 1: Anzahl der weltweiten Publikationen pro Jahr zu XAI<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Suchstring (explainable AI) OR (explainable artificial intelligence) OR (XAI) OR (erklärbare KI) OR (erklärbare künstliche Intelligenz) in Titel und Abstrakt

FORSCHUNGSEINRICHTUNG	SITZ	ANZAHL PUBLIKATIONEN
Technische Universität Delft	Niederlande	18
IBM Forschung	USA	18
Medizinische Universität Graz	Österreich	17
Universitätskollegium Dublin	Irland	14
Universität Augsburg	Deutschland	13
Universität Missouri	USA	13

Tabelle 1: Forschungseinrichtungen weltweit mit Publikationen im Bereich XAI



2.2 WIRTSCHAFT

Auch bei den Wirtschaftsakteuren zeigt sich gemessen an den Patenten ein ähnliches Bild. Die Zahl der Patente ist sehr niedrig und gewinnt erst seit 2019 überhaupt an Dynamik, so dass eine Interpretation nur sehr eingeschränkt möglich ist. Geographisch lässt sich eine große Diversität feststellen, was auf weltweite Aktivitäten hinweist; mit Siemens ist ein einziges deutsches Unternehmen vertreten. Interessant ist, dass viele dieser Unternehmen im Medizinbereich tätig sind; einem Feld, in dem wie bereits eingangs beschrieben die Erklärbarkeit von KI in Zukunft noch stärker an Bedeutung gewinnen wird.

FORSCHUNGSEINRICHTUNG	SITZ	ANZAHL PATENTE
Takeda Pharmaceutical Company Limited	Japan	8
Solvay	Frankreich	8
SRI International	USA	6
Intel	USA	4
SK Gruppe	Südkorea	3
NTT	Japan	2
Pfizer	Schweden	2
Wipro	Indien	2
Foxconn	Taiwan	2
Siemens	Deutschland	2
Hitachi	Japan	1

Tabelle 2: Einrichtungen mit Patenten im Bereich XAI weltweit

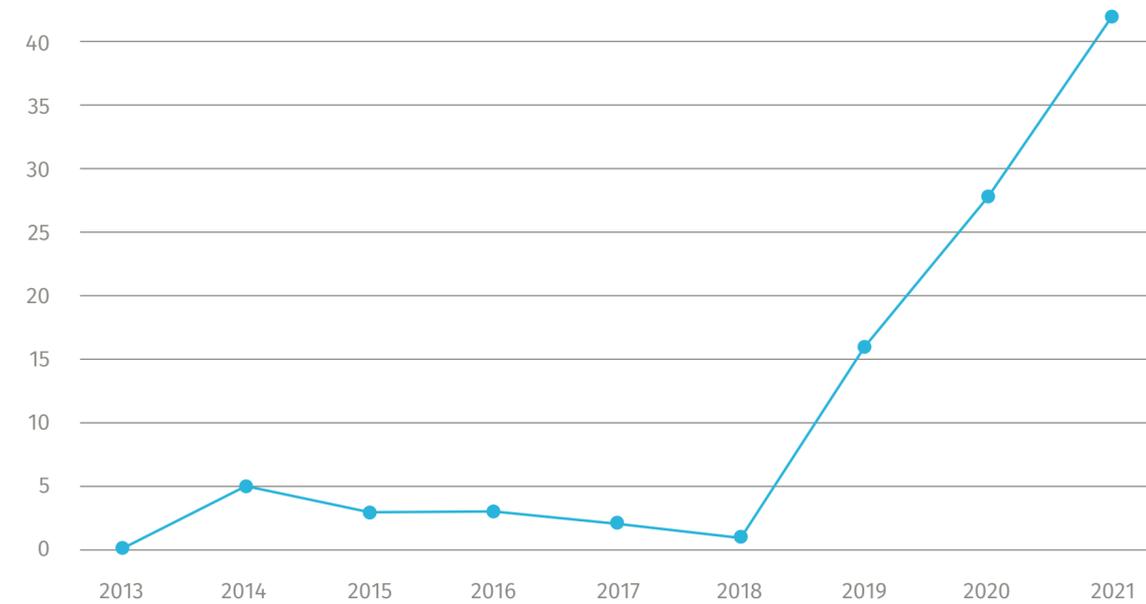


Abbildung 2: Anzahl der weltweiten Patente pro Jahr zu XAI<sup>7</sup>

Prognosen zufolge werden sich die weltweiten Ausgaben für KI-Systeme insgesamt mehr als verdoppeln: Shirer & Daquila (2019) rechnen mit einem Anstieg von 38 Mrd. USD im Jahr 2019 auf 98 Mrd. USD im Jahr 2023. Es wird erwartet, dass der globale Markt für Explainable AI bis 2030 auf voraussichtlich 21,78 Mrd. USD anwachsen wird, was einer jährlichen Wachstumsrate von 20 Prozent zwischen 2020 und 2030 entsprechen würde. Die Anwendungszwecke für Explainable AI sind vielfältig: So kann XAI beispielsweise in den Bereichen Verarbeitung natürlicher Sprache, Betrugserkennung, Arzneimittelentwicklung, prädiktive Instandhaltung, Werbung in sozialen Medien, Identitäts- und Zugangsmanagement, Empfehlungsmaschinen und Lieferkettenmanagement angewendet werden. Es besteht eine enge Verbindung zur Entscheidungsunterstützung durch KI-Systeme die ebenfalls in einer Vertiefung erläutert sind.

<sup>7</sup> Suchstring (explainable AI) OR (explainable artificial intelligence) OR (XAI) OR (erklärbare KI) OR (erklärbare künstliche intelligenz) in Titel und Abstrakt



Insbesondere in Branchen wie dem Gesundheitswesen, dem Einzelhandel, der Medien- und Unterhaltungsbranche sowie der Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie gewinnt Explainable AI mehr und mehr an Relevanz. So kann Explainable AI beispielsweise in der Einzelhandelsbranche eingesetzt werden, um die steigende oder sinkende Popularität von neuen Produkten einzuschätzen und das Sortiment entsprechend anzupassen. Ein weiteres Beispiel für den Einsatz von Explainable AI sind Algorithmen auf E-Commerce-Plattformen, die das Such- und Kaufverhalten der Kund:innen analysieren und davon ausgehend weitere zum Verkauf stehende Produkte vorschlagen.

Mithilfe von Explainable AI können Stärken und Schwächen von KI-Modellen analysiert werden, was eine bessere Grundlage für die Optimierung von Systemen oder deren Datengrundlage bietet. Somit kann die Leistung von Systemen erhöht und ihre Funktionsweise besser an ihren Zweck angepasst werden.

Die Erklärbarkeit von KI-Systemen ermöglicht es den Nutzer:innen, deren Funktionsweise besser nachvollziehen zu können. Dies stärkt das Vertrauen in Künstliche Intelligenz, was wiederum in einer Verbesserung der Kundenbindungsrate resultieren kann.

Derzeit sind Nordamerika und Europa die globalen Marktführer für erklärbare KI und werden diese Position voraussichtlich auch während des Prognosezeitraums beibehalten. Eine starke IT-Infrastruktur in den entwickelten Ländern wie den USA, Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Japan und Kanada ist ein wichtiger Faktor, der das Wachstum des Marktes für erklärbare KI in diesen Ländern unterstützt. Ein weiterer Faktor für die zukünftige Entwicklung des Marktes ist die starke Unterstützung durch die Regierungen dieser Länder, um die IT-Infrastruktur auszubauen. Es wird jedoch erwartet, dass Schwellenländer wie China und Indien während des Prognosezeitraums ein substantielles Wachstum aufweisen werden. Das starke Wirtschaftswachstum in diesen Ländern bewegt viele Investoren dazu, die Expansion des Marktes für erklärbare KI weiter vorantreiben.

Der globale Markt für erklärbare KI ist von einem Wettbewerb zwischen den wichtigsten Akteuren in diesem Bereich geprägt. Taktische Fusionen und Übernahmen, Joint Ventures und Partnerschaften sowie technologische Innovationen sind einige der Schlüsselstrategien, die von den Hauptakteuren angewandt werden. DataRobot, Factmata, DarwinAI, IBM Corporation, Google LLC, Microsoft Corporation und Ditto.ai sind nur einige der Hauptakteure in diesem Bereich. So ging beispielsweise Darwin AI im Mai 2020 eine strategische Zusammenarbeit mit Lockheed Martin ein, um dessen Kunden ein besseres Verständnis für KI-Lösungen zu vermitteln.



### 3 AUSBLICK FÜR DAS MÜNSTERLAND

Im Unterschied zu den anderen vorgelegten Studien ist es hier schwierig, marktführende Unternehmen zu benennen. XAI wird bislang im akademischen Bereich erforscht und von Unternehmen, die ohnehin stark in KI investieren – gewissermaßen als Begleiterscheinung.

Eindeutig feststellbar ist jedoch, dass XAI in Bereichen wie der Medizinforschung, beispielsweise in der Entwicklung von Medikamenten oder Therapien sowie in industriellen Anwendungen wie der Predictive Maintenance, eine große Rolle spielen wird. Darüber hinaus haben XAI und darauf aufbauende Anwendungen das Potenzial, in allen Bereichen mit direkter oder mittelbarer Auswirkung auf den Menschen zur Anwendung zu kommen. Der Nutzen dort ist vielfältig: eine höhere gesellschaftliche Akzeptanz, Konformität mit eventuellen Gesetzen und Vorschriften, Qualitätssteigerung der Empfehlungen, die durch KI erteilt werden oder auch die Vermeidung von systematischen Verzerrungen und Fehlern (Biases), also unbewussten Vorurteilen auf Seiten der Entwickler:innen oder der implementierenden Organisationen oder Fehlinterpretationen der Muster in der Vergangenheit.

Mittelfristig können diese Entwicklungen bewirken, dass Fachwissen besser zugänglich ist (durch Expertensysteme), KI für industrielle Anwendungen bessere Ergebnisse liefert (zum Beispiel in der Produktion oder Entwicklung), Entscheidungen fairer werden (Reduzierung von Bias und Ausschluss von menschlicher Einflussnahme auf sensible, aber objektiv zu treffende Entscheidungen) – also Forschungsergebnisse praktisch verfügbar gemacht werden können.

XAI ist, da potenziell entscheidend für viele Bereiche, ein Geschäfts- und Forschungsfeld mit voraussichtlich dynamischem Wachstum in den nächsten Jahren. Modelle wie Beratung zu Methoden, zur technischen Implementation oder auch – entsprechende gesetzliche Regelungen vorausgesetzt – zur Zertifizierung von KI-Anbietern können hier relevant werden.

#### ZUKUNFTSSZENARIO



#### KALENDERBLATT MÜNSTERLAND 10.04.2027

##### *Nachvollziehbare KI ist der Gamechanger im Mittelstand*

Viele Unternehmen im Münsterland setzen mittlerweile auf den Einsatz kleinerer KI-Anwendungen und haben damit gute Erfahrungen gemacht. Bei der Umsetzung war es den Unternehmen besonders wichtig, die Entscheidung der KI nachvollziehen zu können. Dies vermittelt das nötige Vertrauen in die Technologie, welche die zum Teil hohen Investitionen für die Umstellung rechtfertigen.

Zur Hilfe kamen den Unternehmen dabei Hochschul-Teams und Start-Ups, die es sich zur Aufgabe gemacht haben, die Vorteile der KI-Technologie mit den langjährigen Kundenbeziehungen und den hohen Erwartungshaltungen an die Produkte der regionalen Hidden Champions zu verbinden. Die Nachvollziehbarkeit von KI-Entscheidungen machte es auch den Kunden leichter, große Aufträge in die sicheren Hände der langjährigen Geschäftspartner zu geben.

## 4 QUELLEN UND WEITERE STUDIEN

Angelov, P. P., Soares, E. A., Jiang, R., Arnold, N. I., & Atkinson, P. M. (2021): Explainable artificial intelligence: an analytical review. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 11(5), e1424. → <https://doi.org/10.1002/widm.1424>

Gade, Krishna; Geyik, Sahin Cem; Kenthapadi, Krishnam; Mithal, Varun; Taly, Ankur (2019): Explainable AI in Industry. In: Ankur Teredesai, Vipin Kumar, Ying Li, Rómer Rosales, Evimaria Terzi und George Karypis (Hg.): Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. KDD '19: The 25th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. Anchorage AK USA, 04 08 2019 08 08 2019. New York, NY, USA: ACM, S. 3203–3204.

Verfügbar unter: → <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3292500.3332281>

Jalali, Anahid; Heistracher, Clemens; Schindler, Alexander; Haslhofer, Bernhard; Nemeth, Tanja; Glawar, Robert et al. (2019): Predicting Time-to-Failure of Plasma Etching Equipment using Machine Learning. Online verfügbar unter → <https://arxiv.org/pdf/1904.07686>

Meske, Christian (2020): Explainable Artificial Intelligence: Objectives, Stakeholders, and Future Research Opportunities.

Verfügbar unter: → [www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10580530.2020.1849465](http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10580530.2020.1849465)

Next Move Strategy Consulting (2021): Explainable AI Market by Offering (Solutions, Services), by Deployment (Cloud, On-premise), by Technology (Machine Learning, Natural Language Processing, Contextual Awareness, Others), by End-use Industry (Telecom, Healthcare, BFSI, Public Sector, Retail, Logistics, Aerospace & Defense, Media & Entertainment, Others), by Application (Fraud Detection, Drug Discovery, Predictive Maintenance, Social Media Advertising, Identity & Access Management, Recommendation Engines, Supply Chain Management, Others) – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020–2030. Verfügbar unter: → <https://www.nextmsc.com/report/explainable-ai-market>

Ribeiro, Marco Tulio; Singh, Sameer; Guestrin, Carlos (2016): „Why Should I Trust You?“. Explaining the Predictions of Any Classifier.

Online verfügbar unter → <http://arxiv.org/pdf/1602.04938v3>



# Edge Computing

## DIGITALES MÜNSTERLAND

Eine Zukunfts-Analyse zu ausgewählten Technologie-Trends vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung in Zusammenarbeit mit den Münsterland Denkfabriken

06/2022

Inhaltsverzeichnis



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



# INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	47
2	Innovationslandschaft.....	48
2.1	Wissenschaft.....	48
2.2	Wirtschaft.....	49
3	Leuchtturm-Beispiele.....	51
3.1	ToolSense.....	51
3.2	EdgeMicro.....	51
4	Ausblick für das Münsterland.....	52
5	Literaturverzeichnis.....	53



# 1 EINLEITUNG

Der Begriff „Edge Computing“ bezieht sich auf eine Datenverarbeitung, die Intelligenz, Analysen und Kommunikationsfunktionen dorthin verlagert, wo die Daten ihren Ursprung haben, d.h. an Netzwerk-Gateways oder direkt an Endpunkte. Die Daten werden somit dezentral in der Netzwerkperipherie verarbeitet – an dem Ort, wo sie generiert wurden. Ziel ist es, Latenzzeiten zu reduzieren, hocheffiziente Netzwerke und Abläufe zu gewährleisten sowie die Bereitstellung von Diensten und eine verbesserte Benutzererfahrung zu ermöglichen. Die Datenverarbeitung näher an der Datenquelle ermöglicht dem Edge Computing größere Flexibilität, geringere Betriebskosten und führt zu einer effizienteren Unterstützung der Netzwerkbandbreite.

Die Bedeutung der Technologie steigt mit der Menge an Daten, die bspw. durch das Internet der Dinge erzeugt wird. Die Echtzeit-Relevanz neuer Daten ist in den letzten Jahren problematischer geworden als die Datenmenge selbst. Die Kombination aus beidem – Datenmenge und geringe Latenzzeiten – begrenzt die Einsatzmöglichkeiten konventioneller Computing-Modelle mit konventionellen Datenzentren, die von den Datenquellen geografisch zu weit entfernt sind. Wichtigster Treiber für das exponentielle Wachstum von Echtzeitdaten ist das Internet of Things (IoT). Analysten der International Data Group (IDG) schätzen, dass 2019 etwa 43% der durch das Internet der Dinge erzeugten Daten mit sogenannten Edge-Computing-Systemen am „Rande“ des Netzwerks verarbeitet werden.

Um den maximalen Nutzen aus dem Internet der Dinge zu ziehen, ist Edge Computing eine unverzichtbare Schlüsseltechnologie. Für ihre Funktionalität benötigen IoT-Geräte einen Großteil ihrer Sensordaten. Edge Computing sortiert diese Daten ohne größere Verzögerung und nah am Ort der Entstehung vor. Nach der ersten Analyse löscht es echtzeitrelevante Daten und leitet nur noch die daraus abgeleiteten Erkenntnisse an den Server oder die Cloud weiter. So hilft Edge Computing, konventionelle Computing-Systeme zu entlasten und gewährleistet die für das IoT so wichtigen geringen Latenzzeiten. Edge Computing bildet also eine Zwischenschicht zwischen dem Kern-Rechenzentrum und der IoT-Sensorik der Endgeräte. Es hat zum Ziel, die Latenz zu minimieren, die Netzüberlastung zu verhindern und die reibungslose Funktionalität von kognitiven Systemen und anderen latenzsensiblen Anwendungen zu ermöglichen. Edge Computing begegnet somit den zwei großen Herausforderungen des „Internet of Things“: Bandbreitenausnutzung und Echtzeitreaktionen.



## 2 INNOVATIONSLANDSCHAFT

### 2.1 WISSENSCHAFT

Bei den Publikationen im Bereich Edge Computing sind in China ansässige Universitäten und Forschungseinrichtungen zahlenmäßig am stärksten vertreten. Seit 2017 lässt sich hier eine starke Zunahme der Publikationstätigkeit feststellen.

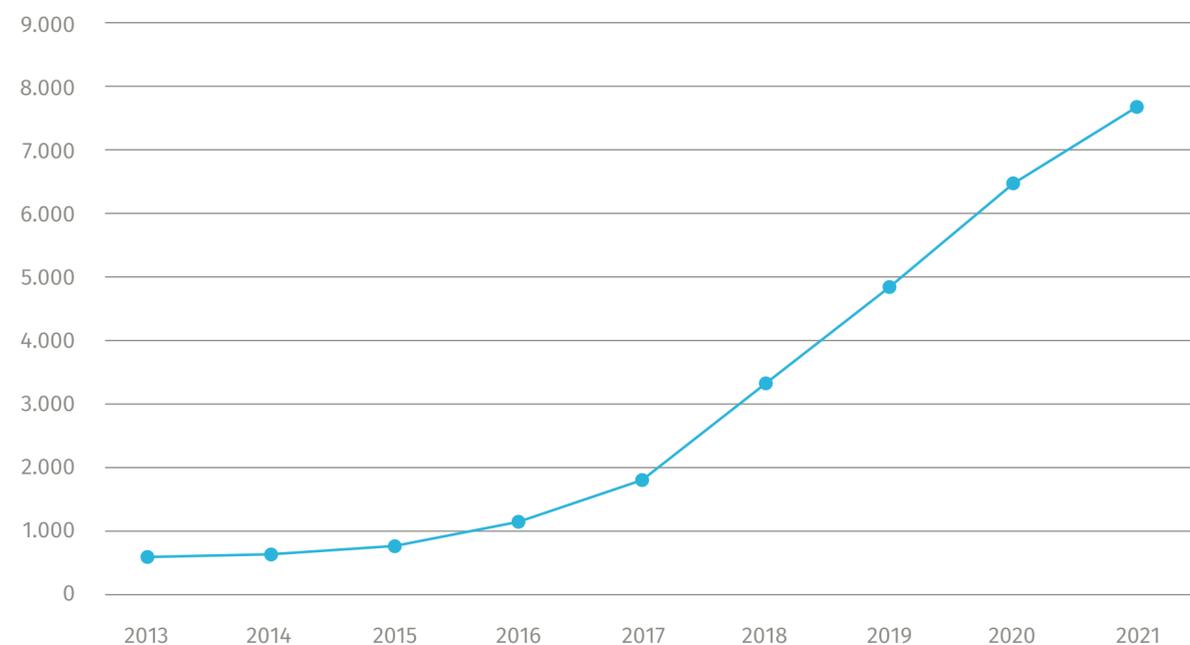


Abbildung 1: Anzahl der Publikationen zu Edge Computing<sup>1</sup>

Die 10 Forschungseinrichtungen mit den meisten Publikationen kommen alle aus China. Insgesamt wurden von chinesischen Forschungseinrichtungen knapp 6.500 Publikationen veröffentlicht, gefolgt von den USA mit knapp 2.500 und Indien mit 923. Deutschland liegt mit 468 Publikationen auf Rang 10.

<sup>1</sup> (Suchstring „edge computing“) in Titel und Abstrakt.

<sup>2</sup> (Suchstring „edge computing“) in Titel und Abstrakt, nur Publikationen mit Beteiligung einer deutschen Forschungseinrichtung

Die Akteure in Deutschland, die in diesem Bereich publizieren, sind untereinander eng vernetzt. Die Technische Universität Berlin ist mit 36 Publikationen führend, gefolgt von der TU Dresden (30), TU München (26), TU Darmstadt (24) und der RWTH Aachen (23). Es zeigt sich auch eine enge Verbindung zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen wie Intel, Robert Bosch, Nokia und Siemens.

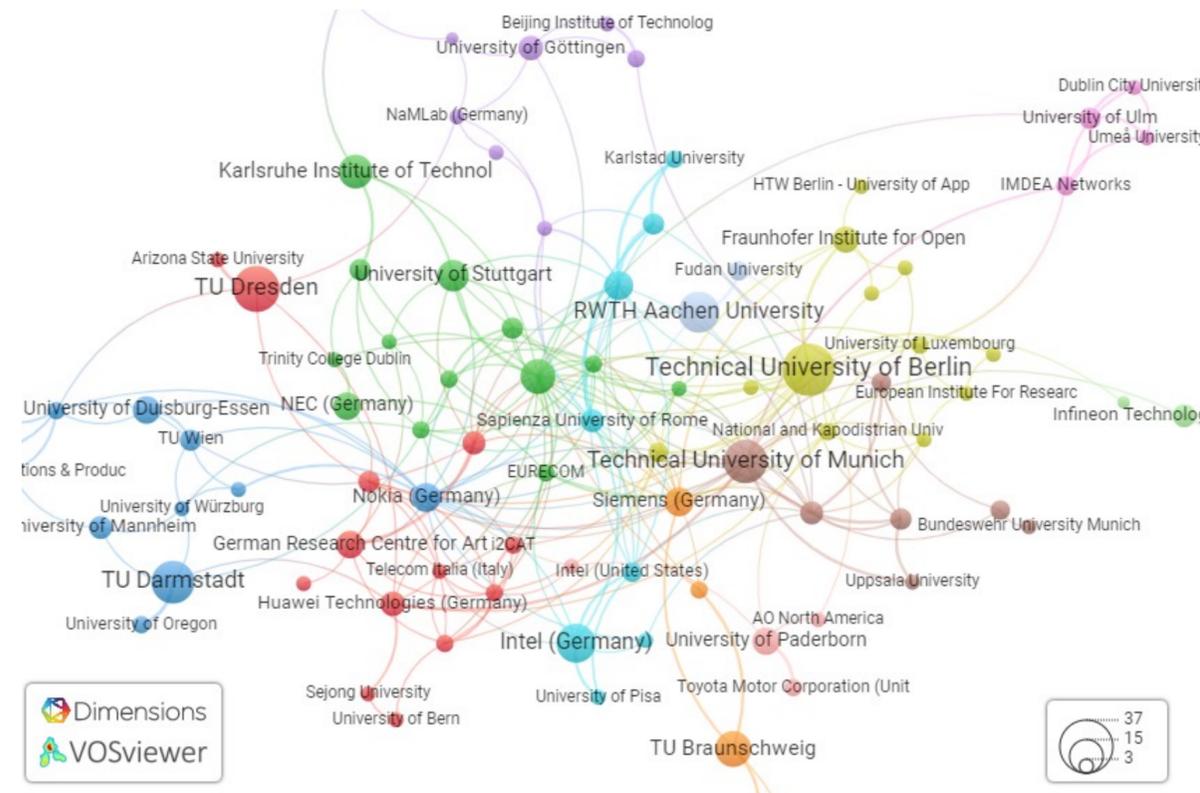


Abbildung 2: Vernetzung bei Publikationen mit Beteiligung deutscher Forschungseinrichtungen<sup>2</sup>

2.2 WIRTSCHAFT

Analog zu den wissenschaftlichen Publikationen lässt sich ein ebenfalls starker Anstieg der angemeldeten Patente mit einer zeitlichen Verzögerung von etwa zwei Jahren beobachten. In China beheimatete Unternehmen sind auch hier stark vertreten, lediglich Intel, Verizon, Qualcomm (USA), Samsung (Südkorea) und Nokia (Finnland) halten als nicht-chinesische Unternehmen ebenfalls zahlreiche Patente. Wenig überraschend stammen alle diese Unternehmen (ebenso wie Huawei und ZTE) aus der Halbleiter- oder Kommunikationsindustrie, also den Schlüsselindustrien, die in der Bereitstellung der technischen Rahmenbedingungen für das Edge Computing maßgeblich sind. Gleichzeitig profitieren diese auch von entsprechender Infrastruktur, um ihren Kunden entsprechende Leistungen zur Verfügung zu stellen. Die Dominanz außereuropäischer Unternehmen, besonders die Beteiligung von Huawei an der europäischen 5G-Infrastruktur, hat in der Vergangenheit zu Diskussionen über strategische und sicherheitspolitische Herausforderungen in diesem Bereich geführt. Die Zertifizierung durch deutsche Behörden wurde geändert, so dass sich z.B. Vodafone für Ericsson entschied (Handelsblatt 21).

PATENTANMELDER	LAND	ANZAHL PATENTE
Intel	USA	161
Huawei Technologies	China	146
Samsung	Südkorea	122
State Grid Corporation Chinas	China	98
Universität für Post und Telekommunikation Beijing	China	85
Verizon	USA	82
Nokia	Finnland	80
Universität für Post und Telekommunikation Chongqing	China	54
ZTE	China	47
Qualcomm	USA	42
Universität für elektronische Wissenschaft und Technologie in China	China	42

Tabelle 1: Einrichtungen mit Patenten im Bereich KI-Entscheidungsunterstützung (weltweit)

<sup>3</sup> (Suchstring „edge computing“) in Titel und Abstrakt

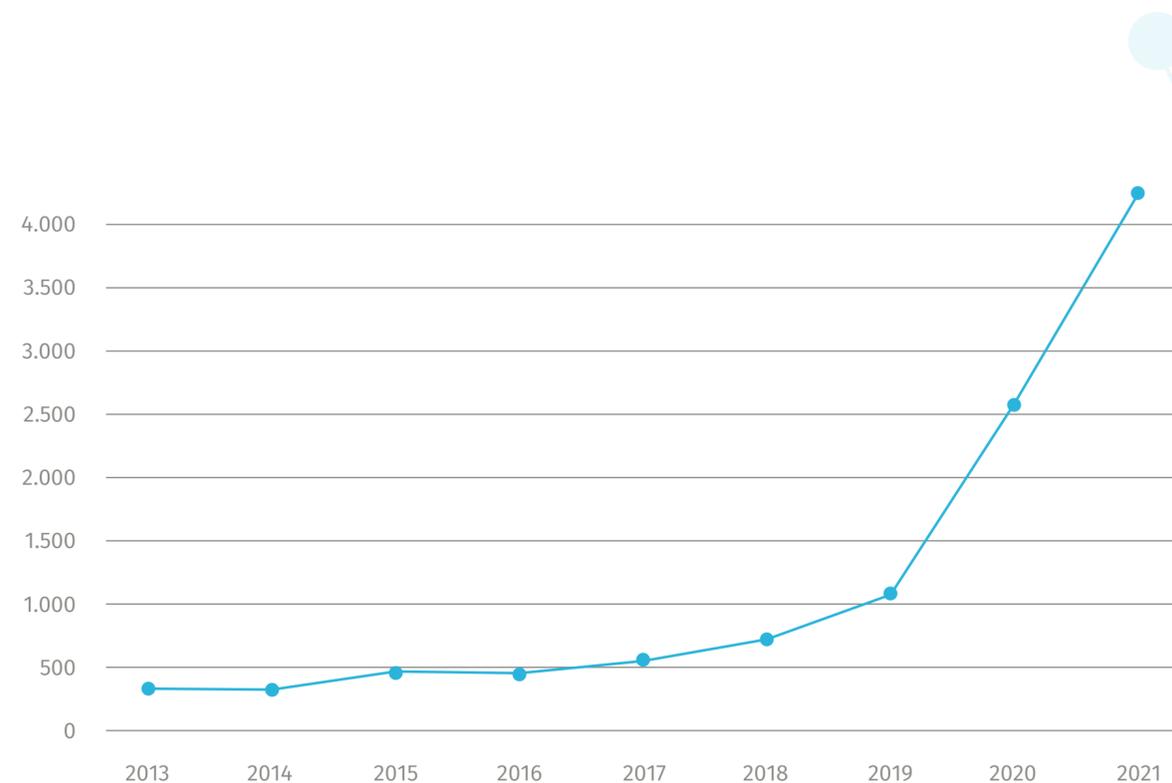
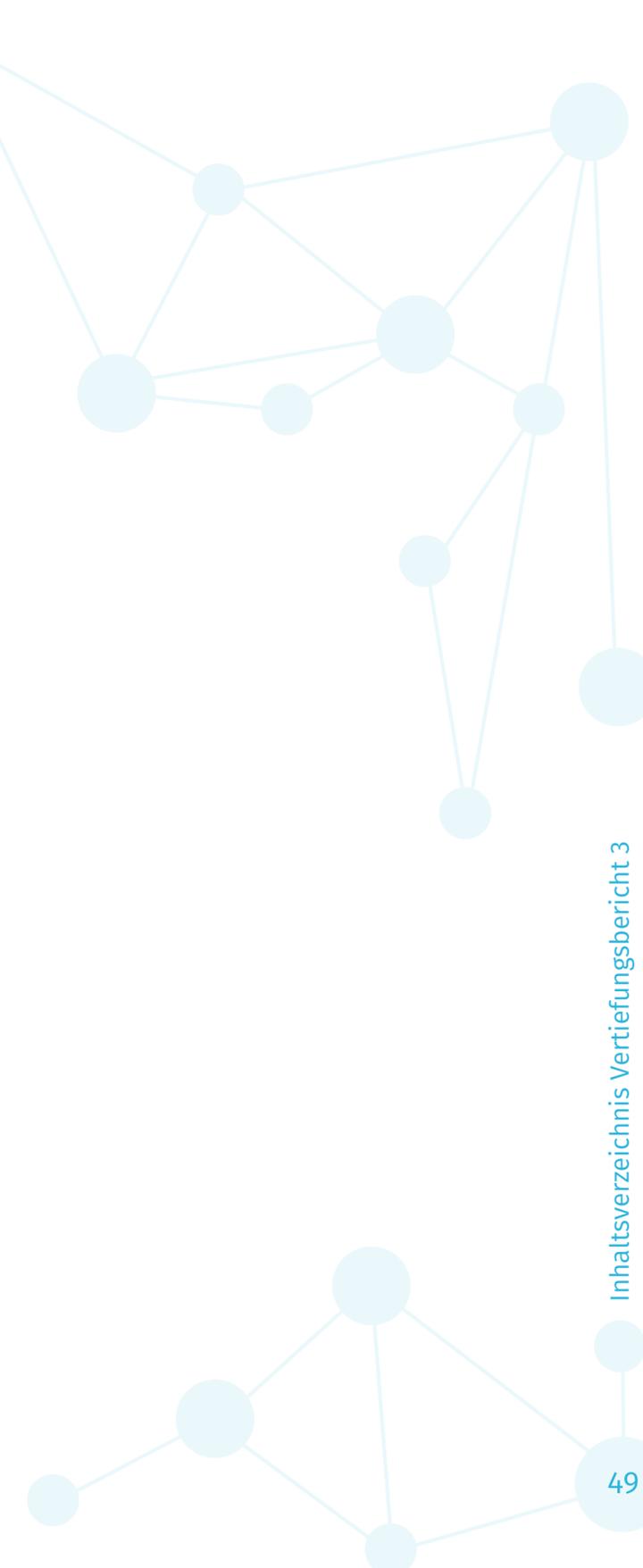


Abbildung 3: Anzahl der Patente Edge Computing<sup>3</sup>

Zahlreiche Marktstudien beschäftigen sich mit der Entwicklung des weltweiten Edge-Computing Marktes. Laut NMSC erreichte der globale Edge-Computing-Markt 2020 ca. 4,68 Mrd. USD. Von 2021 bis 2028 wird er voraussichtlich mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 38,4% wachsen und bis 2030 etwa einen Wert von 68,71 Milliarden US-Dollar erreichen. In den nächsten zehn Jahren werden über 700 Milliarden Dollar an kumulativen Investitionsausgaben in Edge-IT Infrastruktur und Rechenzentrumseinrichtungen fließen. Es wird prognostiziert, dass der weltweite Energiebedarf von Edge-IT- und Rechenzentrumseinrichtungen bis 2028 102.000 MW erreichen wird.



COVID-19 hat durch die Auswirkungen auf das Arbeits- und soziale Umfeld wie die steigende Nachfrage nach Remote-Arbeit und Streaming-Funktionen dazu geführt, dass Edge-Infrastrukturen für das Funktionieren und die Verwaltung der täglichen Aktivitäten entscheidend geworden sind. Der Telekommunikationssektor verzeichnet ein hohes Wachstum bei Video-Konferenzsoftware wie Zoom und Microsoft Teams und bringt neue Produkte auf den Markt, um die ständig steigende Nachfrage zu bewältigen. So arbeitete SK Telecom im Dezember 2020 mit Amazon Web Services zusammen, um Edge-Cloud-Dienste auf der Grundlage von 5G MEC einzuführen.

Es wird erwartet, dass die Nachfrage nach Edge Computing auch nach der COVID-19-Pandemie weiter stark ansteigen wird, da der Druck zum Ausbau der Netzinfrastruktur in naher Zukunft nicht nachlassen wird. Arbeit von zu Hause wird sich als neue Normalität etablieren und verstärkt Edge Computing erfordern. Es ist daher zu erwarten, dass Telekommunikationsunternehmen zukünftig verstärkt auf Edge Computing zurückgreifen – auch, weil die Kosten für Edge-Einrichtungen jene für zusätzliche Rechenzentren in den Schatten stellen werden.

- 5G, Spiele-Streaming und Clouds der nächsten Generation sind einige der Anwendungsfälle, bei denen das Edge-Computing in den nächsten Jahren voraussichtlich einen erheblichen Anteil einnehmen wird.
- Edge Computing spielt eine wesentliche Rolle bei der Digitalisierung von Produktionsanlagen. Es wird erwartet, dass die Nachfrage nach Edge-Infrastruktur-Funktionen steigen wird, da die Komplexität der Dienste zunimmt und die Edge-Infrastruktur immer besser verfügbar ist. Darüber hinaus bietet die Industrie 4.0 einen Rahmen für die Umgestaltung der Fertigung und ebnet damit den Weg für den Edge-Einsatz.

- Industrie 4.0 legt den Schwerpunkt auf betriebliche Agilität unter Verwendung von Technologien, die die Konvergenz zwischen physischen und Cyber-Systemen ermöglichen. Mit einer Edge-Plattform haben intelligente Fabriken die Möglichkeit, nur gefilterte Daten an ihre Cloud-Lösungen zu senden. In einer intelligenten Fabrik können die Edge-Systeme beispielsweise bestimmte Probleme spontan und proaktiv beheben und dann die Anlagenbetreiber auf die Probleme in der Fabrik aufmerksam machen.
- Im Energie- und Versorgungssegment wird erwartet, dass die Implementierung von intelligenten Stromnetzen zum Umsatzwachstum beitragen wird, da sie sich auf die Edge-Infrastruktur der Geräte stützen. Initiativen zur ökologischen Nachhaltigkeit treiben die Bemühungen zur Verbesserung der Effizienz von Stromversorgungsdiensten weltweit zusammen mit der Einführung alternativer erneuerbarer Energiequellen wie Wind und Sonne voran. Intelligente Netze werden weltweit implementiert, um die betriebliche Effizienz zu verbessern und Funktionen wie die Integration mit intelligenten Geräten, Echtzeit-Verbrauchsmanagement und Mikronetzen zur Unterstützung der Erzeugung aus dezentralen erneuerbaren Quellen zu ermöglichen.
- Telemedizin wird eine steigende Bedeutung haben, was bei Netzwerkinfrastrukturen zu neuen Erfordernissen wie Verbindungen mit niedriger Latenz und hoher Sicherheit führen wird. Das Gesundheitssegment hat 2020 einen bedeutenden Umsatzanteil erobert. Durch die Nutzung von Telemedizin und neuen Diagnosegeräten und -anwendungen können medizinische Fachkräfte ihre Patienten schneller und effizienter erreichen.

- Die Gesundheitsbranche ist typischerweise konservativ, wenn es um die Einführung digitaler Technologien geht. Die Branche ist streng reguliert und Innovationen werden eher durch schrittweise Anpassungen als durch Disruptionen vorangetrieben. Aufgrund der zunehmenden Digitalisierung im gesamten Gesundheitssektor setzen Krankenhäuser und Kliniken jedoch zunehmend digitale Gesundheitsstrategien mit unterschiedlichem Reifegrad und Erfolg ein. Um diese Strategien zu unterstützen, implementieren Kliniken und Krankenhäuser Edge-Computing-Lösungen für die wichtigsten Anwendungsfälle, einschließlich der Fernversorgung von Patienten, der Verwaltung von Patientenakten sowie der Intervention und kontinuierlichen Überwachung von Patienten.

Edge Computing entwickelt sich in drahtlosen Netzen auf der ganzen Welt rasch weiter. Die Betreiber haben kleinere Rechenzentren am Netzrand eingerichtet, die näher an den Kunden und der Anwendungsnachfrage liegen. Für große Unternehmen stellen die Betreiber auch private drahtlose Netzwerke bereit, um die Fertigung 4.0, den automatisierten Bergbau, die Präzisionslandwirtschaft und andere Bereiche zu ermöglichen, die das Industrial Internet of Things (IIoT) nutzen. Nach Schätzungen von Cisco werden 5G, Edge Computing und IIoT den Betreibern helfen, ihren B2B-Umsatzanteil von derzeit 30% auf 55% des Umsatzes im Jahr 2025 zu steigern. Einige der führenden Akteure auf dem globalen Edge-Computing-Markt sind:

- Cisco Systems, Inc.
- Microsoft Corporation
- Amazon Web Services (AWS), Inc.
- Moxa Inc.
- NVIDIA Corporation
- Belden Inc.



## 3 LEUCHTTURM-BEISPIELE

### 3.1 TOOLSENSE

Das 2017 gegründete Wiener Start-up „ToolSense“, ein Spin-Off der FH Technikum Wien, hilft Maschinenbauern und Händlern, mit ihren Kunden in Kontakt zu treten, indem Technologien in den Bereichen Cloud Computing, Internet der Dinge und Edge Computing eingesetzt werden. Es hat einen herstellerunabhängigen Standard zur Vernetzung von mobilen, kostenkritischen Bau- und Reinigungsmaschinen im Internet der Dinge (IoT) entwickelt. Der Einbau des standardisierten ToolSense-Moduls ermöglicht den Herstellern die Aufzeichnung der Maschinendaten. Die enorme Anzahl an Daten, die dabei generiert wird, wäre mit herkömmlichen Cloud-Lösungen kaum zu bewältigen, weshalb ToolSense eine Ultra Edge-Computing Technologie entwickelt, mit der die Datenverarbeitung nicht mehr in der Cloud stattfindet, sondern bereits am ToolSense-Modul – am äußersten Rand des Datennetzwerks. Die ToolSense-Module verarbeiten alle für den Hersteller relevanten Informationen mittels eigens entwickelter, intelligenter Machine Learning-Algorithmen und bewirken damit eine laufende Optimierung der Funktionsweise.

→ <https://toolsense.io/ueber-uns/unternehmen>

### 3.2 EDGEMICRO

Das Edge-Start-up EdgeMicro hat 2020 fünf neue Micro-Edge-Rechenzentren in den USA in Betrieb genommen. Das Unternehmen hat ein Container-Rechenzentrum entwickelt, das bis zu sechs Racks aufnehmen kann, von denen jedes für eine Leistung von 8 kW ausgelegt ist. Edge-Start-ups beschäftigen sich mit der Entwicklung von Micro-Edge-Rechenzentren, d. h. kleinen modularen Rechenzentren, die alle Speicher-, Datenverarbeitungs-, Netzwerk-, Stromversorgungs- und Kühlungseinrichtungen umfassen.

→ [EdgeMicro \(paganresearch.io\)](https://paganresearch.io)



## 4 AUSBLICK FÜR DAS MÜNSTERLAND

Technologien, Implementierung sowie Betriebs- und Geschäftsmodelle im Umfeld von Edge Computing sind unterschiedlich ausgereift. Eindeutig dagegen sind die zahlreichen Einsatzgebiete und Sektoren, die auf unterschiedliche Art und Weise mit Edge Computing in Berührung kommen, davon profitieren oder in denen neue Möglichkeiten eröffnet werden. Vom Energiesektor, der Industrie mitsamt Transport und Logistik, Smart Cities (Smart Homes & Buildings), dem Gesundheitssektor, bis hin zur Landwirtschaft und natürlich den technischen Infrastrukturen wie Rechenzentren wird in weiten Teilen Edge Computing wie selbstverständlich Einzug halten.

Vor allem als enabling technology für eine große Bandbreite an Anwendungen für Künstliche Intelligenz wird Edge Computing eingesetzt werden und alleine durch diese Wechselwirkung in wenigen Jahren sowohl unverzichtbar als auch selbstverständlich für technologischen Fortschritt sein. Das gleichzeitige Vordringen von KI in immer mehr Lebens- und Geschäftsbereiche hat das Potenzial hier für eine große und zunehmende Dynamik zu sorgen. Zusätzlich schaffen auch strategische und sicherheitspolitische Erwägungen neue Möglichkeiten für eine Marktteilhabe.

Im Münsterland könnten sich besondere Chancen für Edge Computing im medizinischen Bereich oder in der Landwirtschaft ergeben bei der Nutzung von autonomen Fahrzeugen, Robotik und Telemedizin bestehen Echtzeit-Anforderungen und es müssen große Datenvolumina verarbeitet werden. Edge Computing könnte hier einen entscheidenden Vorteil bringen. Die Vertiefungsthemen Telemedizin und Umweltanalytik zeigen Ansatzpunkte auf, die auch bei Edge Computing eine Rolle spielen könnten.

Der Digital Hub MünsterLAND unterstützt KMU und Start-ups und ist ein wichtiger Knotenpunkt im Netzwerk der Digital-Unternehmen in der Region. Wie der startupdetector Report 2020 zeigt ist das Münsterland dabei sehr erfolgreich. „Bezogen auf die Einwohnerzahl liegt Münster bei der Anzahl der Startup-Gründungen im → [NRW startupdetector Report](#)

in 2020 auf dem geteilten dritten Platz mit Bonn hinter Köln und Düsseldorf. Das gute Niveau an Startup-Gründungen aus 2019 wurde gehalten.“<sup>4</sup>

Neben zahlreichen Start-ups gibt es aber auch Unternehmen, die bereits auf dem globalen Markt sehr erfolgreich sind. Die nicos AG, mit 160 Mitarbeiter:innen wurde 2021 als TOP 100 Unternehmen ausgezeichnet und bietet u.a. Lösungen im Bereich Managed Edge Computing an<sup>5</sup>.

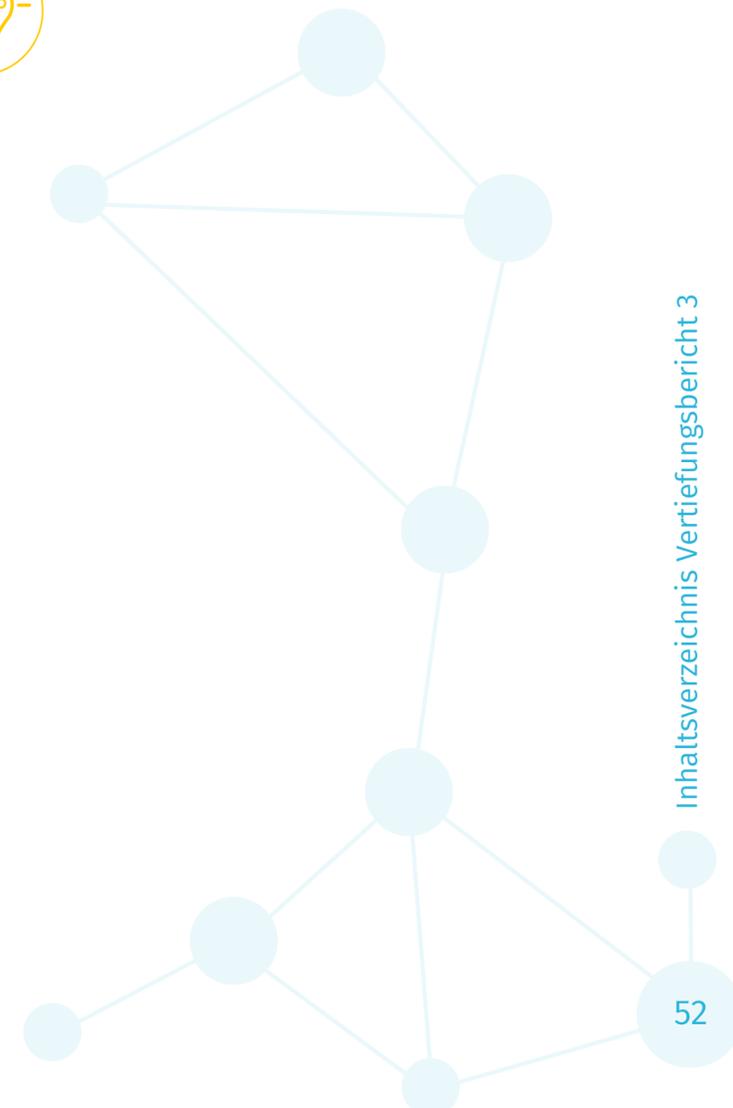
### ZUKUNFTSSZENARIO



#### MÜNSTERLAND KALENDERBLATT 02.06.2023

##### Das Münsterland setzte schon früh auf Edge Computing

Die Bedeutung von Edge Computing als wichtige enabling technology wurde schon in den frühen 20er Jahren deutlich, als die Digitalisierung eine ganz neue Dynamik entwickelte. Nur durch Edge Computing konnten die großen Datenmengen noch verarbeitet und eine Echtzeitfähigkeit geleistet werden. Durch aktive Vernetzung von Start-Ups mit mittelständischen Unternehmen wurden schon früh viele Kooperationen im Bereich des Edge-Computings geschmiedet. Verbindendes Element war immer, dass die Intelligenz an die Datenerfassung und den Nutzer näher heranrückte, ohne dass der Nutzer dies selbst merkte. Im Pflegebereich war diese Herausforderung besonders groß. Sowohl in der Pflege als auch in der Landwirtschaft mussten die Komponenten besonders robust sein, aber hier konnte man Erfahrungen aus der Industrie nutzen. Ein Merkmal der Projekte war auch jeweils, dass man keine Standard-KI nutzen konnte, sondern jeweils eine angepasste intelligente Lösung finden musste.



<sup>4</sup> → [www.digitalhub.ms/stories/hubletter/2021-12-17/neue-welle-neuigkeiten](http://www.digitalhub.ms/stories/hubletter/2021-12-17/neue-welle-neuigkeiten)

<sup>5</sup> → [www.nicos-ag.com/managed-edge-computing](http://www.nicos-ag.com/managed-edge-computing)

## 5 LITERATURVERZEICHNIS

ABI Research (2019): Challenges and Opportunities for Mobile Edge Computing in the Industrial Sector. Verfügbar unter: → [www.abiresearch.com/market-research/product/1033904-challenges-and-opportunities-for-mobile-ed](http://www.abiresearch.com/market-research/product/1033904-challenges-and-opportunities-for-mobile-ed)

ABI Research (2021): Artificial Intelligence and Machine Learning for Edge Computing. Verfügbar unter: → [www.abiresearch.com/market-research/product/7779010-artificial-intelligence-and-machine-learn](http://www.abiresearch.com/market-research/product/7779010-artificial-intelligence-and-machine-learn)

Frost & Sullivan (2020): 5G and Edge Computing—Cloud Workloads Shifting to the Edge, Forecast to 2024. Verfügbar unter: → <https://store.frost.com/5g-and-edge-computing-cloud-workloads-shifting-to-the-edge-forecast-to-2024.html>

Gartner (2019): What Tech CEOs Must Know About Edge Computing in 2019. Verfügbar unter: → [www.gartner.com/en/documents/3902871](http://www.gartner.com/en/documents/3902871)

Grand View Research (2021): Edge Computing Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Hardware, Software, Services, Edge-managed Platforms), By Application, By Industry Vertical, By Region, And Segment Forecasts, 2021–2028. Verfügbar unter: → [www.grandviewresearch.com/industry-analysis/edge-computing-market](http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/edge-computing-market)

Grand View Research (2020): Multi-access Edge Computing Market Size, Share & Trends Analysis Report By Solution (Hardware, Software, Services), By End Use, By Region, And Segment Forecasts, 2020–2027. Verfügbar unter: → [www.grandviewresearch.com/industry-analysis/multi-access-edge-computing-market](http://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/multi-access-edge-computing-market)

Industry of Things (2019): Was bedeutet Edge Computing? IoT-Basics. Filipe Martins und Anna Kobylinska. Verfügbar unter: → [www.industry-of-things.de/was-bedeutet-edge-computing-a-678225](http://www.industry-of-things.de/was-bedeutet-edge-computing-a-678225)

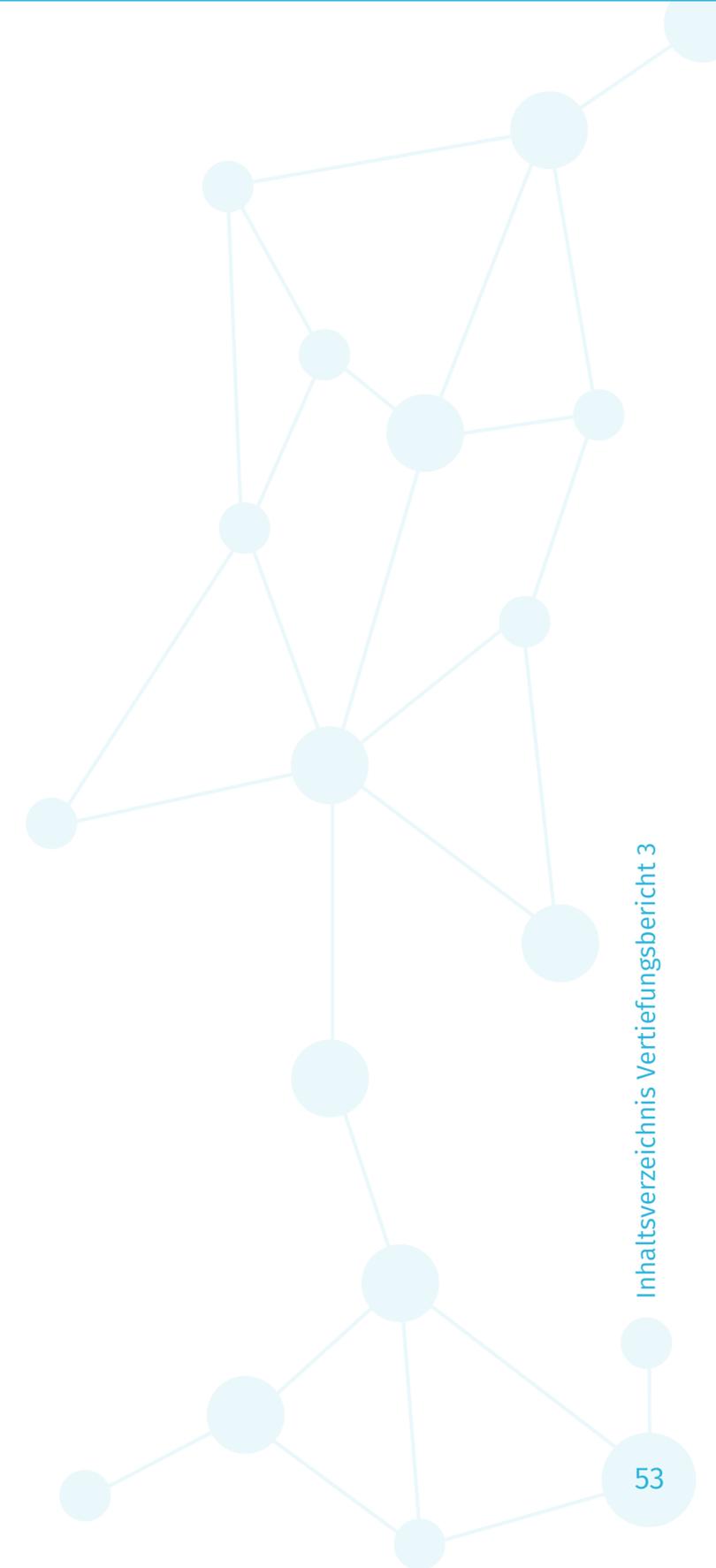
International Data Corporation (IDC) (2020): Worldwide Edge Compute and Storage Infrastructure Forecast, 2020–2024: Service Expansion Despite COVID-19. Verfügbar unter: → [www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US47075020&position=50&transactionId=49471892&term=&page=1&perPage=50](http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US47075020&position=50&transactionId=49471892&term=&page=1&perPage=50)

International Data Corporation (IDC) (2021): Computing Architecture Technology Trends for Edge Infrastructure and IoT Endpoints in the Global DataSphere. Verfügbar unter: → [www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US48052321&position=12&transactionId=49471892&term=&page=1&perPage=50](http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US48052321&position=12&transactionId=49471892&term=&page=1&perPage=50)

Statista GmbH (2020): Edge computing. Verfügbar unter: → [www.statista.com/study/71649/edge-computing](http://www.statista.com/study/71649/edge-computing)

Statista GmbH (2020): Report on edge computing in retail 2020. Verfügbar unter: → [www.statista.com/study/82588/retail-on-the-edge-2020](http://www.statista.com/study/82588/retail-on-the-edge-2020)

Statista GmbH (2021): Global edge computing report 2020. Verfügbar unter: → [www.statista.com/study/71544/global-edge-computing-report-2020](http://www.statista.com/study/71544/global-edge-computing-report-2020)



**KONTAKT:**

Münsterland e.V.

Telefon +49 2571 94 93 27

[buedding@muensterland.com](mailto:buedding@muensterland.com)

[raiber@muensterland.com](mailto:raiber@muensterland.com)

[www.muensterland.com](http://www.muensterland.com)

**PROJEKTPARTNER WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG:**



**PROJEKTPARTNER TRANSFER:**



**PROJEKTPARTNER INNOVATIONSKOMPETENZFELDER:**



**FÖRDERER:**



**UNTERSTÜTZER:**



**PROJEKTLEAD:**



