



ZUKUNFTSIMPULS

**Auf dem Weg zu einer resilienten Wertschöpfung –
Nachvollziehbarkeit von Lieferketten als Potenzialthema
für die sächsische Industrie**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Wieso nachvollziehbare Lieferketten?	6
3	Schlüsseltechnologien zur Digitalisierung von Lieferketten	8
3.1	Digitalisierung in der Produktion	9
3.2	Sensorik und Nachverfolgung	11
3.3	Dezentrale und sichere Datenspeicherung	12
3.4	Datenanalyse und Vorhersage	13
4	Forschung und Entwicklung in Sachsen	15
5	Ausblick	17
6	Literaturverzeichnis	19

Hinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Im Sinne der Gleichbehandlung gelten sämtliche Personenbezeichnungen gleichwohl für alle Geschlechter.

Abbildungs- und Textboxenverzeichnis

Abbildung 1:	Modell einer Lieferkette (Quelle: eigene Darstellung, adaptiert von Bogenstahl & Richter 2020)	9
Abbildung 2:	Anzahl geförderter Organisationen (oben), Anzahl geförderter Teilvorhaben und förderfähige Kosten inklusive Eigenanteil (unten) in den identifizierten Schlüsseltechnologiefeldern nach Projektstart (Quelle: Eigene Auswertung, Datenbasis: Förderdaten aus dem Förderkatalog des Bundes, Visualisierung: Tableau Desktop™)	17
Box 1:	Projektbeispiel „iDev40 – Effiziente, sichere Technologien für Industrie 4.0 in der Elektronikfertigung“	10
Box 2:	Projektbeispiel „Cool-RFID – Energieautarke RFID-Sensorsysteme für die Industrie 4.0“	12
Box 3:	Projektbeispiel „safe-UR-chain – Sicherheit und Nachverfolgbarkeit in zivilen Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerken durch Blockchain“	13
Box 4:	Projektbeispiel „PLASS – Plattform für analytische Supply Chain Management Services“	14

1 Einleitung

Nachvollziehbare Lieferketten bilden Zulieferbeziehungen, Transportwege und Waren, inklusive Daten zu Produktionsbedingungen (Sozial-, Arbeits- und Umweltstandards) und Herkunft der Waren, die in die industrielle Wertschöpfung einfließen ab. Auf Basis der so zur Verfügung stehenden Informationen können Industrieunternehmen die Resilienz ihrer Sourcing-Strategien erhöhen und im Idealfall bereits frühzeitig auf Störungen in der Lieferkette reagieren. Ein funktionierendes Management von Zulieferketten ist ein wesentlicher Wettbewerbsvorteil. Unternehmen werden damit in die Lage versetzt, steigenden gesellschaftlichen Anforderungen an Transparenz im Hinblick auf die Nachhaltigkeit von Produkten und steigenden regulatorischen Anforderungen gerecht zu werden. Für Unternehmen, die sich durch digitale Technologien und Services als Lösungsanbieter für die Schaffung nachvollziehbarer Lieferketten etablieren können, besteht in diesem Geschäftsfeld ein erhebliches Wachstumspotenzial.

Mit der COVID-19-Pandemie haben globale Zulieferbeziehungen eine besondere Aufmerksamkeit erlangt. So sind internationale Lieferketten aufgrund von Produktions- und Lieferstopps zusammengebrochen und die Planung industrieller Wertschöpfung war – und ist aktuell weiterhin – von hoher Unsicherheit geprägt. Während globale Krisenereignisse, wie die Nuklearkatastrophe in Fukushima 2011 oder der Ausbruch des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull im Jahr 2010, bereits zuvor internationale Lieferketten zum Stillstand gebracht hatten, war die COVID-19-Pandemie seit ihrem Beginn im Frühjahr 2020 in besonderem Maße von staatlichen Eingriffen begleitet. Nationalstaaten versuchten die Produktion elementarer Güter, wie Atemmasken oder Beatmungsgeräte, in die eigenen Landesgrenzen zu verlegen – rückblickend zum Teil durchaus von Aktionismus geprägt. Hinzu kamen Aktivitäten, die Unternehmen unterstützen sollten, globale Zulieferbeziehungen aufrechtzuhalten, wie z. B. die Einrichtung einer Bundeskontaktstelle durch das Bundeswirtschaftsministerium¹.

Es wird zunehmend sichtbar, dass die Globalisierung der vergangenen Jahrzehnte aus Sicht deutscher und sächsischer Unternehmen einerseits neue Wachstumspotenziale geschaffen, andererseits in erheblicher Weise Abhängigkeiten hervorgerufen hat. Wertschöpfungsstrukturen sind damit sensibler für globale Krisenereignisse geworden. Nicht nur staatliche Akteure haben begonnen darauf zu reagieren. Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickeln verstärkt Technologien, die Industrieunternehmen künftig befähigen sollen, die Resilienz ihrer Lieferketten zu steigern und Sourcing-Strategien dynamisch und vorausschauend anzupassen. Digitale Technologien ermöglichen es heute bereits, Echtzeitinformationen über Bestandsentwicklung, Warenfluss entlang der Inbound-Logistikette und mögliche Störungen im Sourcing-Land zu sammeln und auszuwerten. In diesem Zusammenhang wird auch von Transparenz oder Nachvollziehbarkeit der Lieferkette gesprochen (vgl. DHL Group, 2020). Diese Informationsgrundlage ermöglicht es Unternehmen, frühzeitig auf etwaige Risiken zu reagieren und ihre strategische Resilienz zu steigern.

Im ersten strategischen Foresight Report der Europäischen Union erhalten nachvollziehbare Lieferketten für die Stärkung eines resilienten europäischen Wirtschaftsraums eine wichtige Rolle (Europäische Kommission, 2020). In dem im September 2020 erschienenen Bericht wird insbesondere auf die Auswirkungen der COVID-19-Krise auf den europäischen Wirtschaftsraum eingegangen. Resilienz wird hier als die Fähigkeit beschrieben, „nicht nur Herausforderungen standzuhalten und zu meistern, sondern auch fälligen Wandel in nachhaltiger, gerechter und demokratischer Weise zu gestalten“. Als eine besondere europäische Schwachstelle wird das Zusammenbrechen internationaler Lieferketten identifiziert, welche in der COVID-19-Krise auch den Unternehmen geschadet hat, die ansonsten gut durch die Krise gekommen wären (ebd., S. 13).

¹ vgl. BMWi, 27.04.2020: Bundeskontaktstelle für die Sicherstellung von grenzüberschreitenden Lieferketten eingerichtet, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/20200427-bundeskontaktstelle-fuer-die-sicherstellung-von-gren-zueberschreitenden-lieferketten-eingrichtet.html> (zuletzt abgerufen am 20.11.2020).

Nachvollziehbarkeit im oben beschriebenen Sinne, wie Unternehmen sie für ihre Lieferketten erreichen können, birgt dabei in dreifacher Hinsicht erhebliche Potenziale: Unternehmen (1) stärken ihre Kapazitäten, auf unerwartete Krisenereignisse schnell zu reagieren und diesen wirtschaftlich standzuhalten. Außerdem ermöglichen digitalisierte Lieferketten es Unternehmen (2), den steigenden kundenseitigen Informationsanforderungen zur ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit ihrer Produkte nachzukommen (New, 2020). Eine zentrale Rolle hierfür spielen digitale Technologien, mit denen notwendige Daten, Parameter und Informationen erhoben und nachverfolgt werden können. Sie stellen die Basis für ein verbessertes (Krisen-)Management von Lieferketten dar. Auf dieser Grundlage können Unternehmen Geschäftsmodelle oder Services entwickeln (3), um damit Geld zu verdienen.

Das vorliegende Impulspapier hat zum Ziel, eine evidenzbasierte Informationsgrundlage über wesentliche technologische Entwicklungen und deren Potenziale für die sächsische Industrie branchenübergreifend darzustellen. Dazu beleuchtet es zunächst zentrale Treiber für eine zunehmende Digitalisierung von Lieferketten (Kapitel 2). Anschließend werden vier Schlüsseltechnologien für die Digitalisierung von Lieferketten näher betrachtet (Kapitel 3). Abschließend werden mögliche Potenziale für Unternehmen im Freistaat diskutiert (Kapitel 4) und ein Ausblick gegeben, wie die Innovationstätigkeiten in diesem Feld gestärkt werden und Unternehmen in Sachsen wirtschaftliche Potenziale heben können (Kapitel 5).

2 Wieso nachvollziehbare Lieferketten?

Lieferketten sind ein wesentlicher Bestandteil industrieller Wertschöpfung. Die COVID-19-Krise hat erheblich dazu beigetragen, dass Möglichkeiten zur Nachvollziehbarkeit aller relevanten Beziehungen und Daten erhöhte Aufmerksamkeit erhalten. Allerdings ist die aktuelle Krise, wie auch vorherige Krisenereignisse, nicht die erste und einzige Rahmenbedingung, die Anreize zur Schaffung nachvollziehbarer Lieferketten hervorbringt. Insbesondere wachsende gesellschaftliche Aufforderung und ein sich absehbar verschärfender Regulierungsrahmen stellen Unternehmen vor neue Anforderungen bei der Lieferkettengestaltung.

Zentraler nachfrageseitiger Treiber für die Schaffung einer höheren Nachvollziehbarkeit sind steigende Anforderungen der Kunden an die **ökologische Nachhaltigkeit** einer Lieferkette. Unternehmen wie Nike und Adidas gerieten zuletzt stark in die Kritik, weil sie in ihrem Fall mit Zulieferern zusammenarbeiteten, die toxische, gefährliche Abfälle in chinesischen Flüssen verklappten. Die Anforderungen an eine nachhaltige Produktion werden insbesondere von einem veränderten Konsumverhalten getrieben. Verbraucher sind bereit, für Waren aus nachhaltiger Produktion mehr zu zahlen und fordern von Unternehmen zunehmend ein, ihrer Verantwortung für Produktionsbedingungen auch im Bereich ihrer Zulieferer gerecht zu werden. In die Tat können diese Anforderungen allerdings nur über die Durchsetzung regulativer Bestimmungen umgesetzt werden. Hierbei sind insbesondere die Unternehmen gefragt, da die Steuerungsmöglichkeiten staatlicher oder multilateraler Organisationen an die Grenzen eines Binnenmarktes gebunden sind. Die grundsätzliche Idee einer ökologisch nachhaltigen Lieferkette wäre somit, dass die Selbstverpflichtung bzw. die staatlichen Anforderungen jeweils in der Kette von einem zum nächsten Zulieferer weitergereicht und durchgesetzt werden. Diese Idee stößt allerdings an praktische Grenzen, die insbesondere in den mangelnden Möglichkeiten zur Nachverfolgung der Produktionsbedingungen liegen. Ein Team aus Wirtschaftswissenschaftlern schlägt dementsprechend vor, dass First-Tier-Lieferanten Möglichkeiten implementieren sollten, die konkrete Praxis der Low-Tier-Lieferanten anhand festgelegter Indikatoren zu überprüfen sowie auf globaler Ebene Daten über ihre Zulieferbeziehungen für die Zusammenarbeit mit multinationalen Organisationen zur Verfügung zu stellen (Villena & Gioia, 2020).

Auch regulatorisch ist ein spürbarer Anpassungsdruck auf die Unternehmen zu verzeichnen. Die deutsche Bundesregierung erhöhte zuletzt mit dem Nationalen Aktionsplan für Wirtschaft und Menschenrechte den Druck auf die Wirtschaft, der **unternehmerischen Sorgfaltspflicht** auch im Hinblick auf ihre Lieferketten stärker nachzukommen. Dazu zählt u. a. die Anforderung, dass Unternehmen über Ermitt-

lungsverfahren verfügen, die die tatsächlichen und potenziell nachteiligen Auswirkungen ihrer Lieferketten auf die Menschenrechte im Sinne einer Risikoanalyse identifizieren und offenlegen. Im Rahmen eines Monitoringberichts vom Oktober 2020 stellte eine unabhängige Kommission fest, dass nur 13 % bis 17 % der betrachteten Unternehmen diese und weitere Anforderungen erfüllen (Auswärtiges Amt, 2020)². Digitale Technologien können Unternehmen dabei unterstützen, dieser Sorgfaltspflicht besser nachzukommen (Bogenstahl & Richter, 2020) und damit sich verschärfender Regulierung (Kotula, 2020) sowie einem zunehmenden gesellschaftlichen Bewusstsein für Nachhaltigkeit gerecht zu werden. Ein Beispiel für die Tragweite dieser Anforderung zeigt die weltweite Diskussion zur tragischen Serie von Suiziden beim Apple-Lieferanten Foxconn, in der Apple in erhebliche Kritik geriet, fahrlässig und verantwortungslos gegenüber den Arbeitsbedingungen seiner Zulieferer zu sein. Dieser Trend betrifft sowohl eine zunehmende Transparenz der Arbeitsbedingungen entlang der Wertschöpfungskette als auch der ökologischen Bedingungen und Auswirkungen der Produktion (New, 2020).

Während die beschriebenen Entwicklungen primär einen mittel- bis langfristigen Wandel im Management von Lieferketten incentivieren, ist die **COVID-19-Krise** ein Game-Changer, der starke und kurzfristige Reaktionen der Unternehmen erfordert, die allerdings nachhaltige Auswirkungen haben werden.

Das Beratungsunternehmen Gartner geht davon aus, dass es zu nachhaltigen Veränderungen in der Ausrichtung von Lieferketten kommen wird. So könnte der bisherige Trend, eine Lieferkette möglichst schlank und damit effizient zu gestalten, sich durch COVID-19 zum Teil umkehren. Maßnahmen, wie Nearshoring, Multi-Sourcing und Redundanzkapazitäten stehen im Widerspruch zur etablierten Philosophie der schlanken Lieferketten, die in den letzten Jahrzehnten vorherrschte. Im Lichte der aktuellen Krise empfiehlt Gartner jedoch genau solche Maßnahmen zur Erhöhung der Lieferkettenresilienz (Gartner, 2020):

- Pufferbestände von kritischen Zulieferteilen,
- geopolitische Diversifikation internationaler Zuliefernetzwerke,
- Multi-Sourcing, bspw. durch unterschiedliche Zulieferer einer Komponente,
- Reduzierung geographischer Distanz,
- plattformbasierte Produktion zur Harmonisierung von Komponenten,
- kooperatives Ökosystem.

Die Bundesvereinigung Logistik (BVL) hat in einer kooperativen bundesweiten Studie die Resilienz industrieller Unternehmen unter COVID-19 untersucht und herausgearbeitet, mit welchen Strategien Unternehmen den Auswirkungen der COVID-19-Krise begegnen (Bundesvereinigung Logistik [BVL], 2020a) – in Teilen decken die identifizierten Strategien sich mit denen von Gartner, in anderen weichen sie ab. Als „resilient“ wurden in der Studie Unternehmen eingestuft, die negative Auswirkungen von COVID-19 geringer einschätzten als ihre Fähigkeit gegenzusteuern. Dabei wurde ein Zusammenhang zwischen dem Digitalisierungsgrad einer Wertschöpfungskette und der Resilienz eines Unternehmens festgestellt. Unternehmen mit einem hohen Digitalisierungsgrad ihrer Wertschöpfungskette erwiesen sich als anpassungsfähiger in der Krise, als Unternehmen, die in ihrer Digitalisierung weniger fortgeschritten sind. Diese Unternehmen verfügten in der Regel über digitale Technologien zur operativen Planung, zum Management und Controlling sowie über Technologien aus dem Bereich Advanced Analytics und Anwendungen, die einen zentralen Zugriff auf alle kunden- und vertragsrelevanten Informationen ermöglichen. Als Reaktion auf die Krise wurde vom Großteil der befragten Unternehmen angegeben, die digitale Transformation der Wertschöpfungskette weiter voranzutreiben, um das Management der Lieferketten zu unterstützen. Eine stärkere Regionalisierung der Zulieferbeziehungen konnte in den Plänen der hier befragten Unternehmen hingegen nicht bestätigt werden (BVL, 2020a).

² Siehe hierzu insbesondere die aktuelle Initiative zu einem Deutschen Lieferkettengesetz (<https://www.bmz.de/de/themen/lieferketten/index.html>) (zuletzt geprüft am 02.02.2021), durch das Unternehmen verpflichtet würden, den Schutz von Menschenrechten in ihren Lieferketten zu überprüfen und über ihre Anstrengungen Bericht zu erstatten.

In Bezug auf **Sachsen** hat die Unternehmensberatung PwC untersucht, wie sich die COVID-19-Krise bislang auf die Zulieferketten regionaler Unternehmen auswirkt. Zunächst wird in der branchenübergreifenden Studie dargestellt, dass 56 % der befragten Unternehmen in Sachsen im Ausland geschäftstätig sind und nur 12 % der befragten Unternehmen ihre Lieferstrukturen vollständig kennen. In Bezug auf die Auswirkungen der COVID-19-Krise gaben 52 % der befragten Unternehmen an, eine Veränderung in den Strukturen ihrer Wertschöpfungsketten zu planen, darunter eine stärkere geografische Diversifizierung (regional, EU-weit, weltweit) sowie eine stärkere Diversifizierung ihres Lieferantenportfolios (höhere Anzahl an Lieferanten) (PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft [PwC], 2020).

3 Schlüsseltechnologien zur Digitalisierung von Lieferketten

Die Anforderungen an die Struktur resilienter Lieferketten bedeuten Herausforderungen für das unternehmensinterne Management von Lieferketten. Dabei existieren eine Reihe von digitalen Technologien, die Unternehmen helfen können, die Leistung ihrer Lieferkette zu verbessern. Die internationale Beratungsfirma Kearney stellt zwei voneinander abhängige strategische Prioritäten im Hinblick auf die Digitalisierung von Lieferketten in den Vordergrund (Kearney, 2020):

- die Verwendung von Daten zur Erhöhung der Transparenz und des Einblicks in jede Phase der Wertschöpfungskette und
- die Entwicklung von Alternativen und Optionen, um auf Störungen flexibel zu reagieren.

Die Komplexität von Lieferketten wird durch Digitalisierung effektiver steuerbar und bietet damit Vorteile, wie z. B. dass alternative Lieferquellen und Vertriebswege in Zeiten der Unsicherheit den Unternehmen ein breiteres Spektrum an Optionen bieten. Initiativen zur Förderung der Digitalisierung und der Belastbarkeit der Lieferkette müssen auch Komponenten des Managements von Personal- und Prozessänderungen einbeziehen, so Kearney. Dies sei ein entscheidender Schritt, um sicherzustellen, dass Daten und Erkenntnisse in jeder Phase der Wertschöpfungskette zu echten Entscheidungen führen. Im Folgenden sind vier Schwerpunktthemen – Digitalisierung in der Produktion, Sensorik und Nachverfolgung, Dezentrale und sichere Datenspeicherung, Datenanalyse und Vorhersage (vgl. Abbildung 1) – der digitalen Transformation des Lieferkettenmanagements näher erläutert.

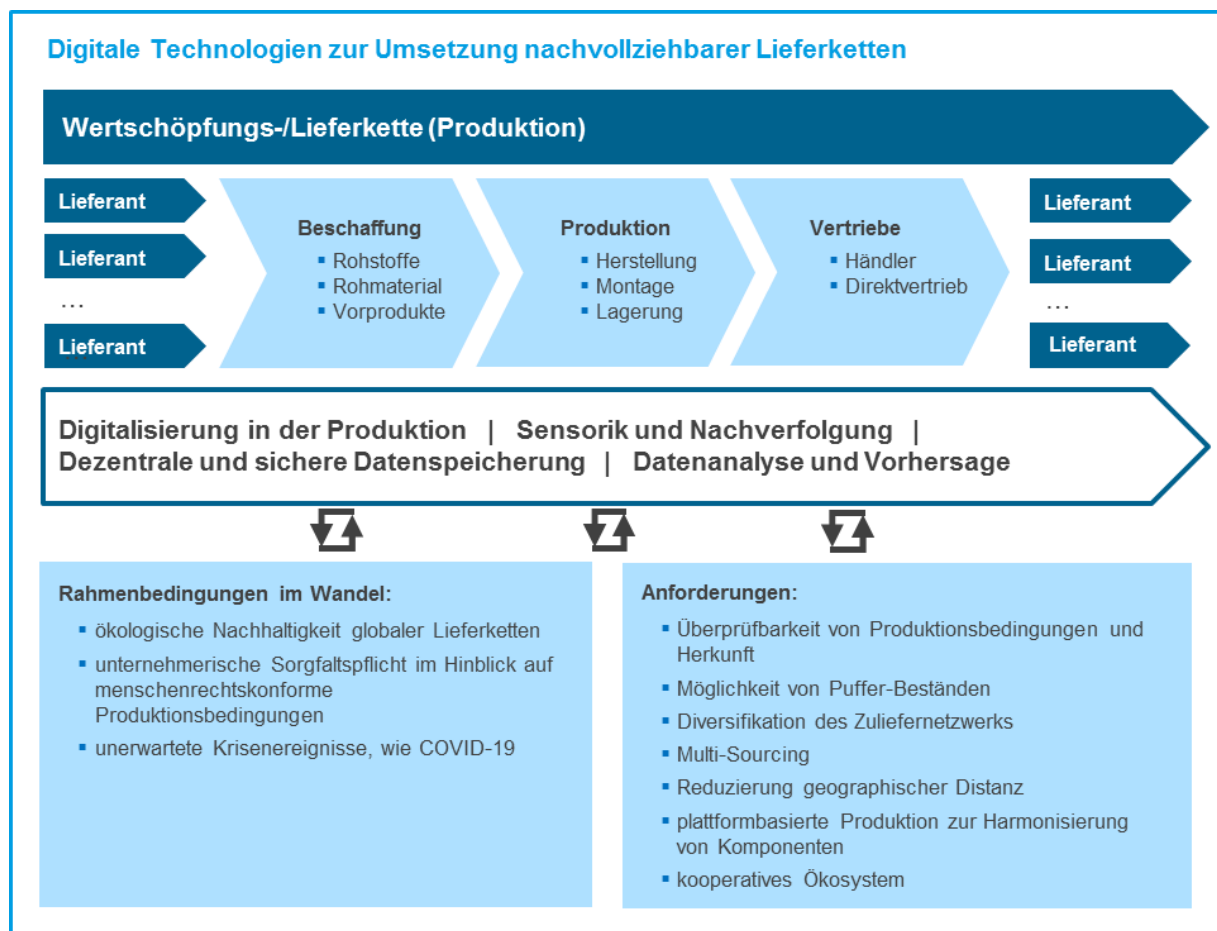


Abbildung 1: Modell einer Lieferkette (Quelle: eigene Darstellung, adaptiert von Bogenstahl & Richter 2020)

3.1 Digitalisierung in der Produktion

Die Digitalisierung der Lieferketten beginnt bereits in der Produktion. Das Industrial Internet of Things (IIoT) ist eine Sammelbezeichnung für technologische Netzwerke, die die Digitalisierung in der Produktion unterstützen. Das IIoT ist ein Netzwerk von physischen Objekten, die digital miteinander verbunden sind, um innerhalb eines Unternehmens und zwischen Unternehmen einer Lieferkette Produktionsprozesse zu erfassen und zu überwachen sowie Prozessschritte digital zu verbinden. Es ermöglicht Agilität, Sichtbarkeit, Verfolgung und Informationsaustausch, um die rechtzeitige Planung, Kontrolle und Koordination der Lieferkettenprozesse zu erleichtern. Das IIoT beinhaltet typischerweise vier Elemente: Sensoren (z. B. RFID-Tags, siehe auch Kapitel 3.2), kabelgebundene oder drahtlose Netzwerke für die Datenübertragung, integrierte Dienste (Softwareanwendungen) sowie Benutzerschnittstellen, die Informationen anzeigen und die Interaktion mit dem IIoT-System umsetzen (Ben-Daya, Hassini & Bahroun, 2019). Im Hinblick auf Zuliefernetzwerke ermöglichen IIoT-Anwendungen unter anderem die Echtzeittransparenz und Zustandsüberwachung in der Beschaffung, Herstellung sowie beim Transport von Waren (Stojanovic, 2020). Dadurch werden die rechtzeitige Planung, Kontrolle und Koordination der Lieferkettenprozesse erleichtert.

Durch IIoT-Anwendungen ist prinzipiell auch die Echtzeitüberwachung von Parametern entlang von Lieferketten machbar, die für die Einhaltung menschenrechtlicher Sorgfaltspflichten relevant sind (Bogenstahl & Richter, 2020). Sind etwa für globale Beschaffungsprozesse Informationen über die Herkunft von Rohstoffen, Rohmaterialien oder Vorprodukten jederzeit in Echtzeit vorhanden, können Unternehmen schnell auf lokale Vorkommnisse oder aufkommende Krisen mit menschenrechtlichen Dimensionen reagieren und Lieferbeziehungen ändern. Ebenso bietet das IIoT Möglichkeiten, Daten zu erfassen,

mit denen Umweltverschmutzungen bei Rohstofflieferanten sich schneller aufdecken ließen. Die Meldung solcher Vorkommnisse könnte über entsprechende Benutzerschnittstellen und integrierte Dienste durch die Mitarbeitenden in den jeweiligen Zulieferbetrieben erfolgen. Um Anwohner vor Ort einzubinden, setzen Unternehmen wie BASF auf partizipative Formate, wie Stakeholder-Dialoge oder Nachbarschaftsforen (BASF, 2020). Diese Beschwerdemechanismen können durch webbasierte Anbindungen an das IIoT, beispielsweise über Apps, niedrigschwellig flankiert werden.

In der COVID-19-Krise kann das IIoT ein Unternehmen sowohl dabei unterstützen, seine internen Prozesse aufrechtzuerhalten, in dem z. B. Fernwartungen von Maschinen ermöglicht sowie Zulieferungen optimiert werden können. IIoT erleichtert den Echtzeit-Datenaustausch zwischen allen Teilnehmern der Lieferkette und schafft eine integrierte Sicht auf Produktionsprogramme, Terminplanung, (Puffer-)Bestände, Qualität und voraussichtliche Lieferzeiten. Neben dem Aufbau von Nachvollziehbarkeit und Vertrauen können solche Tools auch die Kosten und Risiken in der Lieferkette senken, beispielsweise durch den Empfang von Signalen von angeschlossenen Maschinen, wenn ihnen die Rohstoffe ausgehen, oder durch die Verfolgung des Materialflusses entlang der Lieferkette mithilfe von Geolokalisierungs-Tags. Mit diesen Erkenntnissen können Unternehmen durch einen ganzheitlicheren Ansatz Lagerbestände, Produktionsplanung und Transportauslastung optimieren. Unternehmen werden auch schneller von Problemen bei produzierenden Zulieferer erfahren, sodass sie handeln können, bevor diese eskalieren (Fahrni et al., 2020).

Derzeit befinden sich jedoch noch viele IIoT-Anwendungen im Nischen- oder Prototypenstatus, da es an einheitlichen Standards, Schnittstellen und Protokollen mangelt. Ein praktisches Problem sind die mit dem IIoT verbundenen Sicherheitsrisiken, da die zunehmende digitale Vernetzung von Lieferkettenprozessen die Anfälligkeit für Cyberangriffe erhöht (Ivan, Vujic & Husnjak, 2019). Grundsätzlich bleibt die Integration digitaler Systeme und Anwendungen in Lieferketten eine große technische und organisatorische Herausforderung (Bundesvereinigung Logistik [BVL], 2020b).

Box 1: Projektbeispiel „iDev40 – Effiziente, sichere Technologien für Industrie 4.0 in der Elektronikfertigung“

Ziel des Projektes ist es, innerhalb der europäischen Halbleiterindustrie die Prozesse der gesamten Liefer- und Wertschöpfungskette mithilfe der Digitalisierung zu optimieren und zu beschleunigen. Ein Fokus der 15 deutschen und 23 europäischen Partner liegt zunächst auf der Digitalisierung der Produktionsabläufe. Wichtig sind aber auch Sicherung und Vermittlung des entsprechenden Fachwissens, welches den Mitarbeitern digital aufbereitet zur Verfügung gestellt wird. Mithilfe digitaler Zwillinge, etwa von Produktionsanlagen oder Teilprozessen, soll die Vernetzung von Daten und Prozessen über weltweit verteilte Standorte hinweg erfolgen. Aus einzelnen Anlagen und verteilten Produktionslinien kann so ein intelligenter Gesamtverbund werden. Die Verknüpfung von Prozessen und Methoden mit ihrem digitalen Zwilling kann die Effizienz aller Unternehmen deutlich steigern und verspricht einen technologiebasierten und nachhaltigen Fortschritt in allen Unternehmensbereichen. Die europäische, aber insbesondere auch die deutsche Halbleiterindustrie kann dadurch ihre Position auf dem Weltmarkt weiter stärken. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (teilweise) und dem Sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (teilweise) gefördert und läuft seit 06/2018 bis 04/2021; von 38 Partnern stammen sieben aus Sachsen.

(Quelle: Projektsteckbrief <https://www.elektronikforschung.de/projekte/idev40>, Website des Projektes: <http://www.idev40.eu/>)

3.2 Sensorik und Nachverfolgung

Im Bereich der Sensorik und Nachverfolgung in Lieferketten sind insbesondere RFID- und NFC-Technologien von aktueller Relevanz. Die Radiofrequenzidentifikation (RFID) ist eine Technologie zur berührungslosen Datenübertragung auf Basis elektromagnetischer Wechselfelder. Sie dient in Lieferketten vorrangig der Identifikation und Lokalisation, beispielsweise von Transportbehältnissen, wie Paletten. Die Datensicherheit wird durch Verschlüsselung gewährleistet (Technologieradar, 2020). Der RFID-Transponder – auch als Tag bezeichnet – enthält einen programmierbaren Chip und eine damit verbundene Miniaturantenne, um Daten unabhängig von einer externen Stromversorgung an ein Lesegerät zu senden. RFID bietet ähnliche Vorteile bei der Identifizierung und Verfolgung von Waren, wie die Kodierung über QR- (Quick Response) oder Barcodes, jedoch mit der Möglichkeit, Tags ohne Sichtverbindung zu lesen (z. B. wenn die Waren auf einer Palette hintereinander gestapelt sind). Ein weiterer Vorteil von RFID ist, dass Informationen auch direkt auf dem Tag verschlüsselt, systemunabhängig gespeichert und im Prozessablauf ergänzt werden können. In RFID-Sensorsystemen sind zusätzlich Sensoren in die Tags integriert, um Parameter wie Erschütterungen oder Temperaturen direkt zu erfassen (Deicke, 2020). Die NFC (Near Field Communication) ist eine Erweiterung des RFID, die insbesondere einen sicheren und bidirektionalen Datenaustausch zwischen NFC-fähigen Geräten unterstützt. NFC-Funktionen sind in vielen smarten Geräten, wie marktüblichen Mobiltelefonen, bereits integriert (Ok, Coksun, Aydin & Ozdenizci, 2010).

RFID lässt sich gut mit der digitalisierten Produktion im IIoT zum Zweck der Rückverfolgbarkeit verbinden, um die Nachvollziehbarkeit innerhalb von Lieferketten zu erhöhen. Ein Anwendungsbeispiel ist die RFID-gestützte Identifizierung und Rückverfolgbarkeit in der Lebensmittelindustrie, beispielsweise in der Rindfleischlieferkette von der Rinderzucht bis zum Endverbraucher. So wurden im Rahmen eines Pilotprojekts RFID-Sensorsysteme zur Erfassung und Dokumentation von relevanten kritischen Parametern, z. B. Temperatur, Ammoniakgehalt, Feuchtigkeit und Lichtintensität, während der Schlachtung, der Verarbeitung, des Transports und der Lagerung entwickelt (Hirbli, 2018). Solche Parameter könnten künftig um weitere, für die Einhaltung menschenrechtlicher Sorgfaltspflichten relevante Daten ergänzt werden, die durch RFID-Sensorsysteme gemessen (etwa die Einhaltung von Arbeitszeiten und Arbeitsbedingungen) und/oder auf den RFID-Chips gespeichert werden. Die Qualität dieser Daten und Informationen müsste durch Auditoren (stichprobenhaft) regelmäßig im Rahmen von Vor-Ort-Prüfungen kontrolliert werden, wobei die Prüfergebnisse ebenfalls auf den RFID-Chips abgelegt werden könnten (Bogenstahl & Richter, 2020). Vielversprechende Anwendungen der RFID-Technologie finden sich etwa in der Textilindustrie, wo die Lieferketten typischerweise viele Akteure einschließen: Hersteller der Garne, Nähereien, Modedesignunternehmen sowie den internationalen Groß- und Einzelhandel (Azlan & Haaseb, 2019). In naher Zukunft könnten Verbraucher das NFC-Lesegerät ihres Smartphones dazu verwenden, Konsumprodukte zu scannen und sich Informationen über den ökologischen Fußabdruck, die Herkunft und die Produktionsbedingungen eines Produkts anzeigen zu lassen. Im Hinblick auf die COVID-19-Pandemie wird das Potenzial von RFID insbesondere mit Lieferketten von Medizinprodukten in Verbindung gebracht. So können RFID die Verteilung von Impfstoffen sowie medizinischen Geräten unterstützen (Kaplan, 2020).

Ein Nachteil der RFID-Technologie liegt unter anderem darin, dass die vollständige Wertschöpfungskette mit der Technologie ausgestattet sein muss, um eine lückenlose Erfassung zu garantieren. Gerade kleinere Zulieferbetriebe scheuen die mit der Einführung von RFID verbundenen hohen Kosten.

Box 2: Projektbeispiel „Cool-RFID – Energieautarke RFID-Sensorsysteme für die Industrie 4.0“

Das Projekt Cool-RFID zielte auf die Entwicklung einer ganzheitlichen Systemlösung, die es gestattet, mit passiven, d. h. ohne zusätzliche Batterie auskommende, RFID-Komponenten neben Produktkennungen auch Zustände zu erfassen. Hierzu wurden spezielle RFID-Transponder entwickelt und mit Sensoren gekoppelt (RFID-Sensor-Tags), sodass der Zustand der Sensoren kabellos mit RFID-Lesegeräten ausgelesen werden kann. Sensoren sind beispielsweise Temperatursensoren, mit denen Temperaturen während eines Produktionsprozesses verfolgt werden können, oder Grenzwertsensoren, die ihren Zustand bei einer einmaligen Grenzwertüberschreitung ändern, sodass bei einem Wareneingang automatisiert kontrolliert werden kann, ob im Lebenszyklus der Ware eine Grenzwertüberschreitung eingetreten ist (z. B. Unterbrechung der Kühlkette bei Lebensmitteltransporten oder Feuchteexposition bei Elektronikartikeln). Die Arbeiten im Projekt umfassten die Entwicklung der entsprechenden Sensoren (TU Dresden), die Entwicklung der speziellen RFID-Chips (Fraunhofer IPMS), die Fertigung der RFID-Transponder (GERA-IDENT GmbH), die Entwicklung bzw. Anpassung von RFID-Readern zur Erfassung und Verarbeitung der Sensordaten (metraTec GmbH) und die Schaffung einer Systemlösung auf Softwarebasis, mit der die erhaltenen Daten in eine automatische Prozess- und Lagerhaltungslösung eingebunden werden (TU Dresden Informatik). Das Projekt ist eingebettet in die Cluster-Strukturen des Cool Silicon e. V. und Silicon Saxony e. V. und wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Es lief von 01/2018 bis 06/2020.

(Quelle: Website des Projekts: <https://www.cool-silicon.de/projekte/cool-rfid/>)

3.3 Dezentrale und sichere Datenspeicherung

In transparenten Lieferketten ist es nicht allein wichtig, dass eine Ware über Sensoren verfolgbar ist, sondern, dass Daten zu jedem Passagepunkt dezentral und fälschungssicher gespeichert werden. Die Blockchain-Technologie (BCT) ist eine Distributed-Ledger-Technologie (DLT), die eine derartige Speicherung ermöglicht und vereinfacht als dezentrale Datenbank verstanden werden kann. In dieser Datenbank ist es den Akteuren möglich, Transaktionen für alle Teilnehmenden des Blockchain-Netzwerkes transparent zu tätigen und zu verifizieren. Daten können nicht manipuliert werden. Die Transparenz, Rückverfolgbarkeit und Sicherheit werden gewährleistet.

Die Potenziale der BCT liegen vor allem in der Prozessdokumentation entlang der Lieferkette durch die beteiligten Akteure: Lieferant, Produzent, Händler. Die zu einem Produkt verfügbaren Informationen, wie Herkunft, Produktionsbedingungen (Arbeitsschutz, Arbeitszeiten etc.) oder Transportwege und -bedingungen, können fälschungssicher in der Blockchain hinterlegt werden. Die Informationen können dann zwischen allen an der Wertschöpfung beteiligten Akteuren (Einkäufer, Hersteller, Logistikdienstleister etc.) sicher ausgetauscht werden. Alle Transaktionen bleiben unwiderruflich und unveränderlich in der Blockchain erhalten und können so jederzeit und prinzipiell von jeder Person, also z. B. auch von autorisierten Prüfern, staatlichen Institutionen oder interessierten Verbrauchern, eingesehen werden (Bogenstahl & Richter, 2020).

Die BCT unterstützt vielversprechende Ansätze, um die Erfüllung von Nachhaltigkeitszielen in der Lieferkette zu überprüfen (Sabeti, Kouhizadeh, Sarkis & Shen, 2019). Beispielsweise wurden in einem Pilotprojekt zur Erhöhung der Transparenz in der Thunfischverarbeitung QR-Codes, RFID und BCT miteinander kombiniert, um den Weg jedes einzelnen Thunfischs aufzuzeichnen. Damit soll sichergestellt werden, dass dieser nicht von illegalen Fischerbooten stammt (Redmayne, 2020). Der Blockchain-Technologie wird ebenso ein hohes Potenzial zur Umsetzung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft zugeschrieben. Diese These stützen amerikanische Wissenschaftlicher auf jüngste Erfahrungen aus der

COVID-19-Pandemie, in der BCT genutzt wurde, um in Lieferketten Lokalisierung, Agilität und Digitalisierung von Warenflüssen zu stärken (Nandi, Sarkis, Hervani & Helms, 2021).

Trotzdem ist der Einsatz von BCT in Lieferketten noch nicht weit verbreitet. Ein Grund hierfür ist, dass die BCT bislang vorrangig auf die Verwaltung digitaler Vermögenswerte, wie Währungen oder Eigentumsrechte, ausgelegt ist. Im Gegensatz beispielsweise zu virtuellen Finanzmarkttransaktionen ist die Abbildung physischer Prozesse entlang von globalen Wertschöpfungsketten in Blockchains deutlich anspruchsvoller. So muss der physische Wertschöpfungsprozess zunächst digital abgebildet und z. B. über einen digitalen Zwilling in die Blockchain eingebunden werden. Obwohl grundsätzlich möglich, stellt dies technisch, organisatorisch und institutionell eine große Herausforderung dar. Beispielsweise setzt die Anwendung der BCT Auditierungen oder Zertifizierungen durch vertrauenswürdige externe Prüfer voraus, die vor Ort etwa Sicherheitsstandards und Produktionsbedingungen überprüfen und zertifizieren (Bogenstahl & Richter, 2020). Derartige Standards und Institutionen existieren bereits in Ansätzen im Kontext der freiwilligen Überprüfung der gesellschaftlichen Verantwortung und Nachhaltigkeitsbestrebungen von Unternehmen (Corporate Social Responsibility – CSR). Die vorgestellten Lieferkettentechnologien, wie die Blockchain-Technologie, können derartige Audits ergänzen und daraus abgeleitete Maßnahmen unterstützen helfen, jedoch keine vollständige, kritische und unabhängige Prüfung ersetzen.

Box 3: Projektbeispiel „safe-UR-chain – Sicherheit und Nachverfolgbarkeit in zivilen Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerken durch Blockchain“

Das Vorhaben safe-UR-chain umfasst die Erforschung, Implementierung und Validierung eines Blockchain-Systems für Produktionsnetzwerke. Dieses wird durch inhärente IT-Sicherheitsmechanismen ergänzt. Durch den Einsatz modernster Lösungen zur Überwachung der Kommunikation zwischen den Produktionsanlagen in Kombination mit Blockchain-basierten Sicherungsmechanismen werden sämtliche über das System fließende Datenströme automatisch manipulationssicher, redundant und rückverfolgbar abgelegt. Mechanismen zur Erhöhung der Ausfallsicherheit sowie zur Prävention und Erkennung von Cyberkriminalität werden direkt in das Design des Zielsystems integriert.

Durch die Realisierung des safe-UR-chain Systems wird ein wichtiger Beitrag zur Absicherung ziviler Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerke geleistet. Durch die fest verankerten Schutzmaßnahmen werden mangelhafte oder manipulierte Produktionsdaten erkannt, bevor Produkte in der Weiterverarbeitung wirtschaftliche Schäden verursachen oder beim Endverbraucher im öffentlichen Raum eine Bedrohung für die zivile Sicherheit darstellen können. Die sächsischen Projektpartner sind das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz; das Blockchain Competence Center der Hochschule Mittweida; XENON Automatisierungstechnik GmbH, Dresden. Das Projekt läuft von 09/2019 bis 08/2022.

(Quelle: Website des Projektes: <https://safe-ur-chain.de/>)

3.4 Datenanalyse und Vorhersage

Die zunehmende Digitalisierung von Lieferketten produziert eine große Menge von Daten. Diese Daten müssen von den Unternehmen und seinen Controlling-Einheiten verarbeitet werden. Hinzu kommen Daten zum (internationalen) wirtschaftlichen Umfeld, die direkten Einfluss auf die Prozesse einer Lieferkette haben. Dazu gehören z. B. Marktdaten (Preise von Rohmaterialien etc.) oder Daten zu Transportwegen. Der potenzielle Nutzen dieser Datenmengen („Big Data“) kann sich nur durch den Einsatz algorithmischer Analysemethoden entfalten. Diese Methoden werden derzeit, insbesondere im Hinblick auf Lieferkettenorganisation, entwickelt und ermöglichen deskriptiv-diagnostische, prädiktive und präskriptive Analytik (Sheng, Amankwah-Amoah, Khan & Wang, 2020).

Unter „Advanced Analytics“ wird die autonome oder halbautonome Analyse von Daten oder Inhalten unter Verwendung algorithmischer Techniken und Werkzeuge verstanden, die typischerweise über die der traditionellen Business Intelligence (BI) hinausgehen, um tiefere Erkenntnisse zu gewinnen, Vorhersagen zu treffen oder Empfehlungen zu generieren. Zu den fortgeschrittenen Analysetechniken gehören z. B. Data/Text Mining, maschinelles Lernen, Mustererkennung, Forecasting, semantische Analyse, Netzwerk- und Clusteranalyse, multivariate Statistik, Graphenanalyse, Simulation, komplexe Ereignisverarbeitung sowie neuronale Netze (Gartner, o. J.).

Diese Technologien vollbringen derzeit enorme Entwicklungssprünge und werden zunehmend im Hinblick auf Lieferketten weiterentwickelt und eingesetzt. Ein Beispiel: Algorithmen des maschinellen Lernens können in naher Zukunft die Vorhersage von Kundennachfragen auf einer detaillierten Ebene verbessern, was wiederum den Lagerumschlag beschleunigt und die Kosten reduziert. Nachfrage-Analysen können ein breites Spektrum an Daten einbeziehen, wie z. B. Wettervorhersagen und saisonale Grippesaisons. Eine Analyse, die die Historie berücksichtigt, wann und wo Grippeausbrüche auftreten, kombiniert mit den aktuellen Umgebungsbedingungen, kann die Nachfrage nach Erkältungsmedikamenten in den kommenden Tagen und Wochen abschätzen. Durch die Analyse dieser Kaufverhaltensmuster, sowohl in den Geschäften als auch online, können Unternehmen die richtigen Waren an die richtigen Orte leiten, um auf Marktveränderungen zu reagieren. Diese Vorhersagefähigkeit kann auf alle Aspekte der Lieferkette angewendet werden (Kazemi, 2019). Insbesondere im Hinblick auf die Auswirkungen globaler Krisenereignisse, wie die COVID-19-Pandemie, können Advanced Analytics auch die Resilienz globaler Lieferketten und -netzwerke simulieren, um auf diese Weise Schwachpunkte und Risiken zu identifizieren (Ivanov, 2020).

Wesentliches Problem für den Einsatz von Technologien des Advanced Analytics ist die unvollständige Digitalisierung einer Lieferkette. Während für digitalisierte Teile einer Lieferkette fundierte Analysen möglich sind, werden die nicht-digitalisierten Teile zu blinden Flecken.

Box 4: Projektbeispiel „PLASS – Plattform für analytische Supply Chain Management Services“

Das Ziel des PLASS Projekts ist die Entwicklung einer prototypischen B2B-Plattform zur KI-basierten Entscheidungsunterstützung für das Supply Chain Management (SCM). Im Mittelpunkt steht die automatische Erkennung entscheidungsrelevanter Informationen und die Gewinnung strukturierten Wissens aus globalen und multilingualen Textquellen. Diese Quellen stellen eine große Datenbasis für SCM-Informationen bereit, insbesondere für das frühzeitige Erkennen von kritischen Ereignissen und Risiken, aber auch von Chancen, z. B. durch neue Technologien, bei Lieferanten und Lieferketten. PLASS ermöglicht damit den KMU und Großunternehmen das kontinuierliche Monitoring ihrer Lieferanten und Lieferketten und unterstützt Supply Chain Manager bei der Risikoabschätzung und bei der Entscheidungsfindung. Ein Ansatz dafür ist die Integration von Knowledge-Graphen. Ein weiterer Ansatz sind Feedback-Kanäle, um die KI-Modelle kontinuierlich zu verbessern und anzupassen. Zudem fehlt es derzeit an einem verteilten, „demokratischen“ und sicherem ID-Management für Datensätze, welches es verschiedenen Datenanbietern ermöglicht, in einem übergeordneten, gemeinsamen Namensraum Entitäten eindeutig zu registrieren und zu identifizieren sowie die Nachvollziehbarkeit der Daten und Analyseergebnisse der KI-Verfahren zu gewährleisten. Der sächsische Projektpartner ist das Institut für Angewandte Informatik, Universität Leipzig. Das Projekt läuft von 07/2019 bis 06/2022.

(Quelle: Website des Projektes: <https://www.plass.io/>)

4 Forschung und Entwicklung in Sachsen

Im folgenden Abschnitt wird analysiert, inwiefern Forschungs- und Entwicklungsprojekte in Sachsen durchgeführt werden, die auf die zukünftige Umsetzung digitaler und nachvollziehbarer Lieferketten einzahlen. Dabei geht es darum, zu identifizieren, welches Potenzial sichtbar wird für Unternehmen im Freistaat, um sich als Lösungsanbieter zu etablieren und damit neue Wertschöpfungsperspektiven zu schaffen. Basis für die Analyse der **bundesweiten Förderdaten** bildet die Datenbank FÖRDERKATALOG. Sie enthält Daten zur Forschungsförderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), zur direkten Projektförderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) in den FuE-Bereichen Energie-, Luftfahrtforschung, Multimedia und InnoNet sowie zu den Projektfördermaßnahmen "Energieforschung und Energietechnologien" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Zur Analyse der Beteiligung sächsischer Organisationen an bundesweiten FuE-Projekten und deren Vernetzung mit anderen Organisationen wurden Projekte mit Beteiligung sächsischer Organisationen für den Zeitraum 2007 bis 2020 herangezogen. Insgesamt wurden 3.044 Projekte mit 783 sächsischen Zuwendungsempfängern und weiteren Partnern berücksichtigt. Der Förderkatalog beinhaltet Angaben zu den Zuwendungsempfängern. Dabei verfügt er über eine einheitliche Leistungsplansystematik, über die eine feingranulare thematische Einordnung der Förderaktivitäten möglich wird. Eine Vorhabenbeschreibung, die eine darüberhinausgehende Analyse der Inhalte der geförderten Projekte erlauben würde, liegt nicht vor.

Im Rahmen des Themenmonitors „Industrierelevante Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Sachsen 2020“ der ZukunftsWerkstatt INDUSTRIE (Peters, Goluchowicz, Stubbe & Zehm, 2020) konnte basierend auf demselben Datensatz eine leichte Spezialisierung Sachsens im Themenfeld „Nachvollziehbare Liefer- und Wertschöpfungsketten“ festgestellt werden. Dies zeigte, dass im Bundesvergleich in Sachsen tendenziell mehr Forschungsprojekte in diesem Feld durchgeführt werden als im übrigen Bundesgebiet. In dieser Analyse wurde das Thema allerdings sehr eng geführt und auf Projekte in den Schwerpunkten der Leistungsplansystematik „*Untersuchungen und Konzepte zu den Möglichkeiten der Verbesserung der Markttransparenz für Verbraucher bei Waren und Dienstleistungen einschließlich der Verbesserung der Produkt- und der Prozesstransparenz innerhalb der Wertschöpfungskette*“ (drei Projekte) und „*Entwicklung bzw. Bewertung wissenschaftlicher und organisatorischer Verfahren zur Rückverfolgbarkeit und Kontrolle der Herkunft von Lebensmitteln und anderen Produkten einschließlich solcher aus ökologischer Produktion (z. B. mittels Isotopenanalyse)*“ (zwei Projekte) begrenzt.

Vor dem Hintergrund der oben aufgeführten Schlüsseltechnologiefelder bietet es sich allerdings an, den Blick zu weiten und eben auch solche Projekte zu betrachten, die einem dieser Felder zugeordnet werden können und damit im weiteren Sinne auf das Thema „Digitalisierte Lieferketten“ einzahlen. Auf diese Weise kann dargestellt werden, inwiefern in Sachsen die Voraussetzungen gegeben sind, eine Vorreiterrolle einzunehmen (Freistaat Sachsen, 2020).

Insgesamt können in der Datenbank FÖRDERKATALOG des Bundes **293 Projekte** (Teilvorhaben) in Sachsen mit Startdatum zwischen 2007 und 2020 identifiziert werden, die einem der vier Technologiefelder zugeordnet werden können (vgl. Abbildung 2). Diese Projekte binden ein Gesamtvolumen förderfähiger Kosten von ca. **725 Mio. Euro**. Dabei sind ca. 245 Mio. Euro von Hochschuleinrichtungen, ca.

37 Mio. Euro von öffentlichen Institutionen (darunter auch Forschungsinstitute), 358 Mio. Euro von Unternehmen und ca. 5 Mio. Euro von Kammern/Verbänden eingeworben bzw. durch Eigenanteile aufgebracht worden³.

Digitalisierung in der Produktion: In 76 Teilvorhaben besteht ein inhaltlicher Bezug zu diesem Teilbereich digitalisierter Lieferketten. Diese Projekte entwickeln Technologien des IIoT sowie Logistik- und Fabrikssysteme. Insbesondere seit ca. 2018 besteht in diesen Projekten ein starker Bezug zu Produktionsformen mittels „Digital Twin“ sowie plattformbasierten Produktionsnetzwerken. Die Anwendungsfelder dieser Projekte können sehr vielfältig sein und rangieren von der Elektronikfertigung bis zur landwirtschaftlichen Produktion. Viele der einzelnen Teilvorhaben stehen über den Verbund eines Projektes in Bezug zu weiteren relevanten Technologiefeldern, wie RFID oder Blockchain. Ein weiteres prägendes Element dieser Teilvorhaben ist ihr Bezug zu soziotechnischen Themen, wie neue Geschäftsmodelle oder Arbeitsbedingungen im Controlling von Wertschöpfungsnetzwerken.

Sensorik und Nachverfolgung: In insgesamt 84 Teilvorhaben besteht eine inhaltliche Verbindung zu diesem Teilbereich digitalisierter Lieferketten. Die Projekte widmen sich insbesondere der Entwicklung sensorischer Hardware sowie den Schnittstellen, mit denen verschiedene Systeme verbunden werden. Zum Beispiel werden im Bereich der Lebensmittelindustrie Monitoring-Netzwerke entwickelt, durch die eine lückenlose Überwachung von Temperaturzuständen der Ware entlang der gesamten Lieferkette möglich ist.

Dezentrale und sichere Datenspeicherung: In insgesamt 41 Teilvorhaben besteht eine inhaltliche Verbindung zu diesem Teilbereich digitalisierter Lieferketten. Ein Großteil der aktuellen Projekte widmet sich der Anwendung von BCT, bspw. zur Sicherung von Produktionsinformationen oder in Handelsnetzwerken. Neben der sicheren dezentralen Speicherung von Daten sind Authentifizierungsverfahren ein wichtiges Thema, um den Zugang zu Datennetzwerken zu erhalten und auf diese Weise verschiedene Schnittstellen zu sichern.

Advanced Analytics: Dieser Teilbereich digitalisierter Lieferketten ist insbesondere in den letzten Jahren durch das Aufkommen immer größerer Datenmengen sowie Verfahren der künstlichen Intelligenz international von hoher Entwicklungsdynamik geprägt. In den insgesamt 92 Teilvorhaben, die im Datensatz diesem Bereich zugeordnet werden können, wird jedoch neben der Aktualität des Themas ersichtlich, dass in Sachsen bereits in den frühen 2010ern die Grundlagen geschaffen wurden, um Netzwerkprozesse datenbasiert zu steuern. Hierzu zählen bspw. datenbasierte Simulationsverfahren sowie die Entwicklung von Softwaresystemen für die operative Fertigungsplanung unter Ungewissheit. Zu den aktuellen Themen gehören KI-gestützte Analyseverfahren ebenso wie Dashboard-Lösungen, mit denen Controller in Echtzeit auf Daten zugreifen können.

³ Der Restbetrag kann in den Daten keiner eindeutigen Akteursgruppe zugeordnet werden.

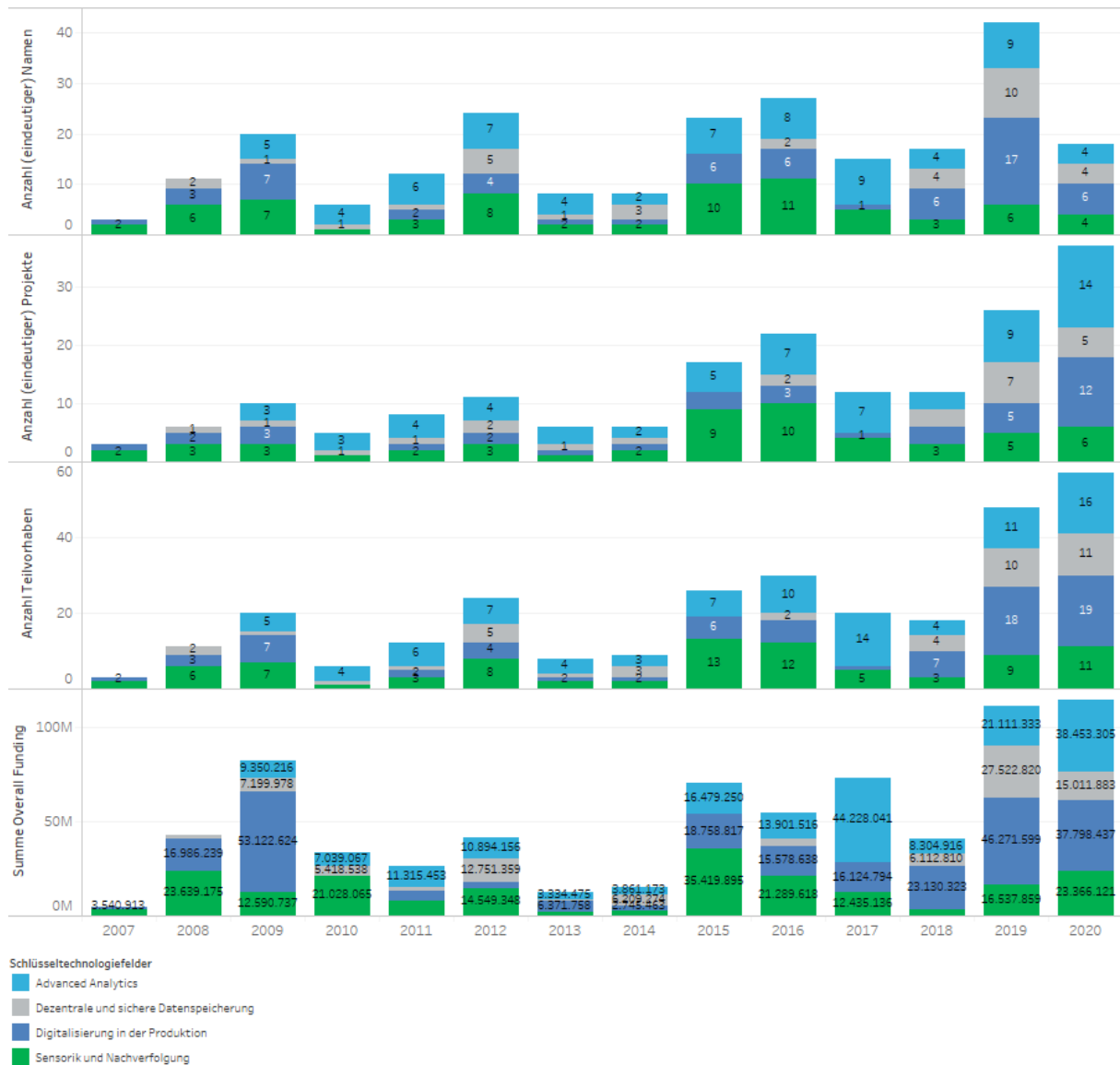


Abbildung 2: Anzahl geförderter Organisationen (oben), Anzahl geförderter Projekte und Teilvorhaben (mittig) und förderfähige Kosten inklusive Eigenanteil (unten) in den identifizierten Schlüsseltechnologiefeldern nach Projektstart (Quelle: Eigene Auswertung, Datenbasis: Förderdaten aus dem Förderkatalog des Bundes, Visualisierung: Tableau Desktop™)

5 Ausblick

Digitale Technologien bieten Möglichkeiten, Lieferketten nachvollziehbar zu machen und leisten damit einen direkten Beitrag zu einer resilienten Wertschöpfung. Es konnte gezeigt werden, dass eine Digitalisierung von globalen Lieferketten durch die jüngsten Ereignisse im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie international einen enormen Auftrieb erhalten hat. Die Auseinandersetzung mit den sächsischen Projektbeispielen sowie den Daten des FÖRDERKATALOG des Bundes zeigt, dass das Thema über die aktuell dominanten Nachrichtenthemen hinaus von Relevanz ist und Unternehmen und Forschungsakteure in Sachsen dieses bereits frühzeitig erkannt haben. Aktuelle Forschungsprojekte sind bereits auf eine bessere globale Krisenbewältigung, auf Transparenz von Produktionsbedingungen, manipulationssichere und dezentrale Datenspeicherung sowie die Nutzung algorithmischer Werkzeuge für verbesserte Entscheidungsfindung im Supply Chain Management ausgerichtet. Sachsens Forschungs- und Entwicklungslandschaft ist somit gut aufgestellt, um in diesem Feld gleich eine zweifache Vorreiterrolle einzunehmen: So verfügt die sächsische Industrie potenziell über die Kompetenzen (1), aus sich heraus die eigenen Lieferketten für künftige Krisen abzusichern und damit negativen ökonomischen

Effekten vorzubeugen. Darüber hinaus besteht die Chance, dass sich (2) Unternehmen aus Sachsen heraus als Lösungsanbieter für Industrien national und international etablieren. Über neue Produkte und Services im Bereich der Nachvollziehbarkeit von Lieferketten bestehen so neue Wertschöpfungs- und Wachstumsperspektiven. Um dieses Potenzial zu nutzen, können folgende Aspekte Unterstützungsaktivitäten anleiten:

- Die Nachvollziehbarkeit von Lieferketten ist durch die immensen Möglichkeiten digitaler Transformationen ein besonders technologiegetriebenes Feld. Allerdings zeigen die in diesem ZukunftsImpuls aufgeführten Projektbeispiele auch, dass Technologiebeherrschung alleine nicht ausreicht, um Lieferketten nachvollziehbar zu machen. Es bedarf des Einbezugs betrieblicher, regulativer und arbeitsorganisatorischer Dimensionen, wenn **der Transfer von der Forschung in die Praxis** gelingen soll. Es ist daher notwendig, gezielt jene Akteure, die bereits heute im Freistaat an entsprechenden Fragestellungen forschen, zu vernetzen und ein soziotechnisches Innovationsfeld „Nachvollziehbare Lieferketten“ zu schaffen. Dort, wo gegebenenfalls Kompetenzen im Netzwerk fehlen, gilt es, weitere Akteure mit entsprechendem Know-how, z. B. aus der Management-Praxis, der Regulatorik und Normung, der Entwicklung von Prüfverfahren oder der Technologie-Ethik, einzubeziehen, um gemeinsam Gestaltungsansätze zu entwickeln.
- Das Innovationsfeld zu resilienten Wertschöpfungsnetzwerken ist derzeit in Deutschland noch sehr fragmentiert und auf spezifische Fachbereiche bzw. Teilaspekte nachvollziehbarer Lieferketten bezogen. Der Schritt zu einer vollständig digitalisierten Lieferkette, inklusive datengestützter Controlling-Mechanismen, erfordert hingegen eine konsequente Ausrichtung der Forschungsbereiche auf diese **gemeinsame Zielstellung**. Einzelne Fallbeispiele zeigen, dass die Förderlandschaft diese Ausrichtung bereits ermöglicht. Sinnvoll wäre es hier, Vernetzungsbedarfe zu erheben und daraufhin passende Angebote zu schaffen, mit denen Akteure aus den verschiedenen Fachbereichen miteinander in Verbindung gesetzt werden.
- Die vorgestellten Projektbeispiele sowie Projekte, die Gegenstand der Datenanalyse waren, widmen sich sehr spezifischen und anwendungsfallbezogenen Herausforderungen und deren Lösung. Dabei wird der größere Kontext, in dem diese Forschung stattfindet, nur sekundär behandelt. Verweise auf sich wandelnde Rahmenbedingungen, wie die Relevanz von Nachhaltigkeitsaspekten oder von fairen Arbeitsbedingungen im Sourcing-Land, werden primär von der einschlägigen Sekundärliteratur angeführt. Im Sinne eines gezielten **Innovations- und Standortmarketing** wäre es sinnvoll, Kommunikationsprojekte zu initiieren, die einzelne Forschungsaktivitäten im Freistaat in den Kontext internationaler Trends und künftiger Herausforderungen einbetten. Dies könnte nach innen wie nach außen einen Mehrwert für den Innovationsstandort Sachsen schaffen: Nach außen lässt sich so (1) dokumentieren, dass die sächsische Industrie als verlässlicher und innovativer Partner über Kompetenzen verfügt, die weit über die Grenzen des Freistaates hinaus Industrie dabei unterstützen, ihre Lieferketten resilienter zu gestalten. Nach innen lässt sich (2) sichtbar machen, welchen Beitrag die sächsische Industrie bei der Bewältigung globaler Herausforderungen – wie der Erreichung der Sustainable Development Goals (SDG) der Vereinten Nationen – leisten kann, indem sie Unternehmen national wie international als Lösungsanbieter dabei unterstützt, Lieferketten nachvollziehbar zu machen. Dies dürfte insbesondere im Hinblick auf die Motivation potenzieller Nachwuchskräfte Chancen eröffnen, indem einem weiterhin bestehenden Fachkräftemangel mit der Schaffung guter und sinnstiftender Arbeit begegnet werden kann.
- Die Entwicklung **neuer Geschäftsmodelle**, z. B. plattformbasierte Zulieferketten oder „Supply Chain Management as a Service“, stecken aktuell noch in den Anfängen. Die konzeptuellen Grundlagen für neue Organisations- und Wertschöpfungsformen in Bezug auf digitalisierte Zuliefernetze existieren bereits, allerdings wurden sie bislang wenig in die Praxis umgesetzt. Hier entsteht ein zukunftsorientiertes Transferfeld, in dem sich neue Unternehmen positionieren und eine Leuchtturmwirkung entfalten können. Bestehende wie neu entstehende Vernetzungsformate innerhalb der sächsischen Industrie sollten hier gezielt gemeinsame Handlungsbedarfe ermitteln und die Entwicklung auch unternehmensübergreifender Geschäftsfelder prüfen.

6 Literaturverzeichnis

- Auswärtiges Amt. (2020). *Monitoring zum Nationalen Aktionsplan Wirtschaft und Menschenrechte*. Zugriff am 26.11.2020. Verfügbar unter: <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/themen/aussenwirtschaft/wirtschaft-und-menschenrechte/monitoring-nap/2124010>
- Azlan, A. & Haseeb, M. (2019). Radio frequency identification (RFID) technology as a strategic tool towards higher performance of supply chain operations in textile and apparel industry of Malaysia. *Uncertain Supply Chain Management*, 215–226. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2018.10.004>
- Basf. (2020). *Unser Ansatz für Menschenrechte*, Basf. Zugriff am 28.11.2020. Verfügbar unter: <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/sustainability/we-value-people-and-treat-them-with-respect/human-rights.html>
- Ben-Daya, M., Hassini, E. & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719–4742. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140>
- Bogenstahl, C. & Richter, S. (2020). *Technologien zur Nachverfolgbarkeit von Wertschöpfungs- und Lieferketten* (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Hrsg.) (TAB-Themenkurzprofil 37). Berlin.
- Bundesvereinigung Logistik. (2020a). *Digitale Erfolgsfaktoren für resiliente Wertschöpfungsketten. Studienbericht*. Bremen. Verfügbar unter: <https://www.salt-solutions.de/bvl-studie-digitale-erfolgsfaktoren-fuer-resiliente-wertschoepfungsketten.html>
- Bundesvereinigung Logistik (Bundesvereinigung Logistik (BVL), Hrsg.). (2020b). *Digitalisierung der Transportkette und die Rolle der Fahrer. Ergebnisauswertung einer BVL-Mitgliederbefragung*. Zugriff am 01.11.2020.
- Deicke, F. (Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS, Hrsg.). (2020). *RFID-Sensor-Systeme - Fraunhofer IPMS*. Zugriff am 01.11.2020. Verfügbar unter: <https://www.ipms.fraunhofer.de/de/research-development/wireless-microsystems/rfid-sensor-systems.html>
- DHL Group. (2020). *Resilienz in Pandemien. Wie stabile Lieferketten für Impfstoffe und Medizinische Güter in der Covid-19-Pandemie und in künftigen Gesundheitskrisen sichergestellt werden können* (DHL White Paper).
- Europäische Kommission. (2020). *Strategische Vorausschau 2020. Weichenstellung für ein resilientes Europa*. Brüssel.
- Freistaat Sachsen (2020): *Innovationsstrategie des Freistaates Sachsen*. (Fortschreibung).
- Fahrni, S., Jansen, C., John, M., Kasah, T., Koerber, B. & Mohr, N. (2020, 22. April). *Coronavirus: Industrial IoT in challenging times*. McKinsey & Company. Zugriff am 04.12.2020. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/coronavirus-industrial-iot-in-challenging-times#>
- Gartner. (o. J.). *Advanced Analytics. Gartner Glossary, Information Technology*. Zugriff am 11.12.2020. Verfügbar unter: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/advanced-analytics>
- Gartner. (2020). *6 Strategies for a More Resilient Supply Chain*. Zugriff am 26.11.2020. Verfügbar unter: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/6-strategies-for-a-more-resilient-supply-chain/>
- Hirbli, T. (2018). *Palm Oil traceability: Blockchain meets supply chain*. Zugriff am 12.11.2020. Verfügbar unter: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/117800>

- Ivan, C., Vujic, M. & Husnjak, S. (2019). Classification of Security Risks in the IoT Environment. In B. Katalinic (Hrsg.), *Proceedings of the 30th International DAAAM Symposium 2019* (DAAAM Proceedings, Bd. 1, Bd. 1, S. 731–740). DAAAM International Vienna. <https://doi.org/10.2507/26th.daaam.proceedings.102>
- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101922>
- Kaplan, D. A. (Supply Chain Dive, Hrsg.). (2020). *3 applications for RFID in the fight against COVID-19*. Zugriff am 10.12.2020. Verfügbar unter: <https://www.supplychainedive.com/news/coronavirus-rfid-sensor-tracking-hospital-supply-chain/581066/>
- Kazemi, Y. (2019, 29. Januar). AI, Big Data & Advanced Analytics In The Supply Chain. *Forbes*. Zugriff am 11.12.2020.664Z. Verfügbar unter: <https://www.forbes.com/sites/yasamankazemi/2019/01/29/ai-big-data-advanced-analytics-in-the-supply-chain/?sh=78bf024d244f>
- Kearney. (2020). *Building resilient supply chains. How digital infrastructure drives insight and agility* (MIT Technology Review, Hrsg.).
- Kotula, M. (2020). *Das Lieferkettengesetz und die Verantwortung der Unternehmen*, SAP. Verfügbar unter: <https://news.sap.com/germany/2020/09/lieferkettengesetz-transparenz-supply-chain/>
- Nandi, S., Sarkis, J., Hervani, A. A. & Helms, M. M. (2021). Redesigning Supply Chains using Blockchain-Enabled Circular Economy and COVID-19 Experiences. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.019>
- New, S. (2020). *Die transparente Lieferkette*, Manager Magazin. Verfügbar unter: <https://www.manager-magazin.de/harvard/marketing/die-transparente-lieferkette-a-00000000-0002-0001-0000-000076948985>
- OK, K., Coksun, V., Aydin, M. N. & Ozdenizci, B. (2010). *Current Benefits and Future Directions of NFC Services*, ICEMT 2010 Conference. Zugriff am 01.11.2020.
- Peters, R., Goluchowicz, K., Stubbe, J. & Zehm, A. (2020). *Themenmonitor: Industrierelevante Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Sachsen*. Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA). Zugriff am 22.01.2021. Verfügbar unter: https://www.industrie.sachsen.de/download/Themenmonitor_Industrie_Sachsen_2020.pdf
- PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft. (2020). *Studie „Handlungsbedarf – Wertschöpfungsketten – Sachsen 2020“* (Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH (WFS), Hrsg.).
- Redmayne, J. (2020). *From bait to plate: Blockchain platform tracks food's journey* - Reuters. Zugriff am 26.11.2020.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117–2135. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
- Sheng, J., Amankwah-Amoah, J., Khan, Z. & Wang, X. (2020). COVID-19 Pandemic in the New Era of Big Data Analytics: Methodological Innovations and Future Research Directions. *British Journal of Management*. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12441>
- Stojanovic, L. (Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Hrsg.). (2020). *Industrial Internet of Things (IIoT)*. Zugriff am 26.11.2020. Verfügbar unter: <https://www.iosb.fraunhofer.de/servlet/is/80215/>
- Technologieradar (Bundesvereinigung Logistik (BVL), Hrsg.). (2020). *Der Technologieradar: Paletten mit RFID*, Technologieradar. Zugriff am 26.11.2020. Verfügbar unter: <https://technologieradar.de/technologieradar/paletten-mit-rfid>

Villena, V. H. & Gioia, D. A. (2020). A More Sustainable Supply Chain. *Harvard Business Review*, March–April 2020 Issue.

Herausgeber:

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Redaktion:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Autoren:

Julian Stubbe, Kerstin Goluchowicz, Robert Peters, Antje Zehm

Gestaltung und Satz:

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Redaktionsschluss: 12.02.2021

Copyright

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdruckes von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.

ZUKUNFT.Werkstatt INDUSTRIE



Die ZukunftsWerkstatt INDUSTRIE ist ein Projekt des Sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr und wird mitfinanziert aus Steuermitteln auf Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtages beschlossenen Haushaltes.

STAATSMINISTERIUM
FÜR WIRTSCHAFT
ARBEIT UND VERKEHR



Freistaat
SACHSEN

durchgeführt von

VDI | VDE | IT

industrie.sachsen.de/zukunftswerkstatt