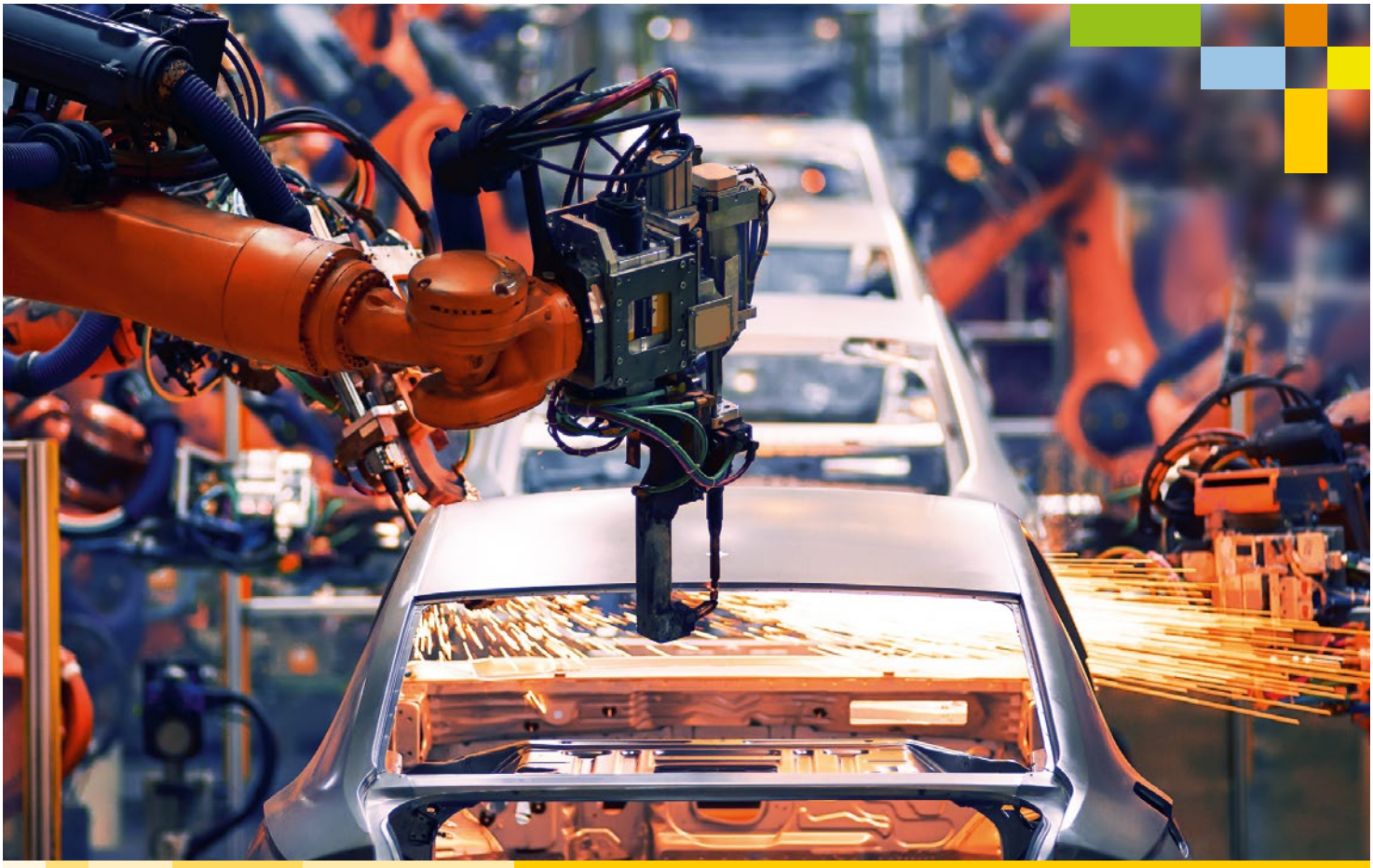


acatech IMPULS

Resilienz der Fahrzeugindustrie

Zwischen globalen Strukturen und lokalen Herausforderungen

Henning Kagermann, Florian Süssenguth,
Jorg Körner, Annka Liepold,
Jan Henning Behrens

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN

acatech IMPULS

Resilienz der Fahrzeugindustrie

Zwischen globalen Strukturen und lokalen Herausforderungen

Henning Kagermann, Florian Süssenguth, Jorg Körner, Annka Liepold, Jan Henning Behrens

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Die Reihe acatech IMPULS

In dieser Reihe erscheinen Debattenbeiträge und Denkanstöße zu technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Sie erörtern Handlungsoptionen, richten sich an Politik, Wissenschaft und Wirtschaft sowie die interessierte Öffentlichkeit. Impulse liegen in der inhaltlichen Verantwortung der jeweiligen Autorinnen und Autoren.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter www.acatech.de/publikationen zur Verfügung.

Inhalt

Vorwort 5

Zusammenfassung 6

Interviewpartnerinnen und Interviewpartner 11

Mitwirkende 15

1 Einleitung 17

2 Herausforderungen in der Fahrzeugindustrie 18
- 2.1 Pandemiebedingte Herausforderungen in Produktions- und Lieferketten 18
- 2.2 Hürden für eine höhere Lieferkettenresilienz 19
- 2.3 Strategien in der Pandemie 21
- 2.4 Aufbau von Expertise und neue Verfahren – Voraussetzungen für mehr Resilienz in Produktions- und Lieferketten 21

3 Batterien 24
- 3.1 Zentrale Herausforderung bei Batteriezellen: Rohstoffverfügbarkeit 24
- 3.2 Chancen und Herausforderungen für eine europäische Batterieproduktion 26

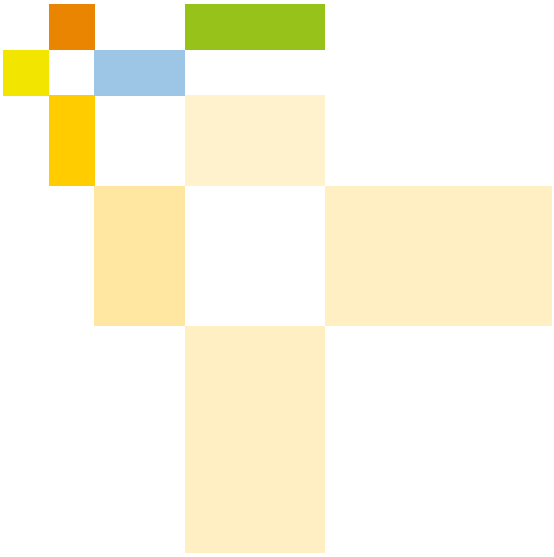
4 Mikroelektronik 29
- 4.1 Mikroelektronik – im Fokus globaler Handelskonflikte 31
- 4.2 Mikroelektronikökosystem in Deutschland und Europa mit Fokus auf die Fahrzeugindustrie 32
- 4.3 Mikroelektronik-IPCEI 33

5 Daten 35
- 5.1 Herausforderungen bei der Datensicherheit und Datenverfügbarkeit 35
- 5.2 Geschäftsmodelle und Datenhoheit 36
- 5.3 Voraussetzung für mehr Resilienz im Datenkontext 37

6 Ansätze zur Steigerung der Resilienz in der Fahrzeugindustrie 39
- 6.1 Fahrzeugindustrie allgemein 39
- 6.2 Batterien 39
- 6.3 Mikroelektronik 41
- 6.4 Daten 41

Anhang 43
- Abbildungsverzeichnis 43
- Kastenverzeichnis 43

Literatur 44



Vorwort

In der ersten Hochphase der SARS-CoV-2-Pandemie war die Fahrzeugindustrie aufgrund ihrer hochkomplexen und international verzweigten Lieferketten eine der am stärksten betroffenen Branchen. Bis heute ist die Versorgung mit mikroelektronischen Bauteilen nicht gesichert und führt zu Drosselungen in der Produktion. Damit wiederholt sich die Erfahrung von 2011, als das Erdbeben in Fukushima ebenfalls zu Lieferengpässen in der Mikroelektronik führte.

Im Zuge der steigenden Relevanz von Elektromobilität und autonomem Fahren wird eine zuverlässige Versorgung mit mikroelektronischen Bauteilen für die Automobilwirtschaft weiter an Bedeutung gewinnen. Resiliente Strukturen sind hier genauso essenziell wie in den Kreisläufen für die Herstellung, Nutzung und Wiederverwertung von Batteriezellen, die in Europa aufgebaut werden müssen. Es gilt, bestehende Verwundbarkeiten zu adressieren und neue gar nicht erst entstehen zu lassen.

Eine Bewältigung des Strukturwandels in der Fahrzeugindustrie kann daher nur erfolgreich sein, wenn Resilienz als Gestaltungsziel von Anfang an mitgedacht und umgesetzt wird. Neben der Kreislaufführung von Rohstoffen und Komponenten sind hierfür vor allem Potenziale der Digitalisierung zu nutzen. Neue digitale Formen der Kooperation und des Datenaustauschs können zu einer verbesserten Transparenz der Lieferketten beitragen, die ihrerseits schnellere Reaktionen auf Schockereignisse ermöglicht. Dies setzt allerdings eine neue Kultur des Vertrauens und des Datenteilens zwischen allen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette voraus.

Der vorliegende acatech IMPULS ist der dritte Teil einer dreibändigen Studie. Er betrachtet vertiefend die Chancen und Herausforderungen einer Resilienzsteigerung in der Fahrzeugindustrie. Dabei baut er auf konzeptuellen und allgemeinen Überlegungen zur Resilienz von Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerken aus dem ersten Band auf. Einer näheren Betrachtung der Resilienz in den Gesundheitsindustrien widmet sich der zweite Band.

Die drei acatech IMPULS-Ausgaben basieren auf einem Papier, das Anfang 2021 mit Mitgliedern der Bundesregierung diskutiert wurde.

acatech dankt allen Mitwirkenden für ihr besonderes Engagement bei der Erstellung.

Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Henning Kagermann
Vorsitzender des acatech Kuratoriums

Zusammenfassung

Mit der SARS-CoV-2-Pandemie hat sich die jüngst vor allem auf Fragen des Strukturwandels und der technologischen Souveränität fokussierte innovationspolitische Debatte um eine Perspektive erweitert. Auch die **Resilienz** wirtschaftlicher Strukturen muss gewährleistet sein, um sowohl **Wertschöpfung und Beschäftigung** langfristig abzusichern als auch die **Handlungsfähigkeit** Deutschlands und der Europäischen Union **in Krisen** zu garantieren.

Die vorliegende dreibändige Studie widmet sich der **Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken und Lieferketten** (Band I), exemplarisch vertieft an den **Gesundheitsindustrien** (Band II) und am **Fahrzeugbau** (Band III).

Resilienz erweist sich als wichtiger **Baustein für selbstbestimmtes Handeln** in einer Welt, die mit der Pandemie, den schwelenden Handelskonflikten und dem Klimawandel gegenwärtig **drei Krisen** mit sehr unterschiedlichen Zeithorizonten bewältigen muss.

Dabei ist ein **zentraler Fehler** zu vermeiden: Schon früher wurden, ausgelöst durch Krisen, Resilienzdebatten geführt. Zuverlässig sinkt aber der Stellenwert der Resilienz mit dem Ende einer Krise deutlich, **anderen Gestaltungszielen wird wieder höhere Priorität eingeräumt**. In vielen Fällen passierte das **schneller, als dass Lehren aus der Krise** gezogen und **entsprechende Maßnahmen** zu einer resilienteren Gestaltung der betroffenen Strukturen **ergriffen wurden**.

Das **darf dieses Mal nicht geschehen**. Die Entscheiderinnen und Entscheider in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft müssen den aktuellen **Schwung nutzen**.

Krisenstäbe, Krisenpläne und beschleunigte Verfahren müssen jetzt definiert und eingeübt werden. **Kontinuierliches Risikomanagement** muss zum selbstverständlichen Teil der Selbstverantwortung werden, indem es in Entscheidungsstrukturen von Unternehmen, Behörden und Politik und damit auch in den **Köpfen der Mitarbeitenden** dauerhaft verankert wird. Dies bedeutet auch, kritisch **Anreizstrukturen** zu überprüfen, die Resilienzinitiativen im wirtschaftlichen und politischen Handeln unattraktiv machen.

Band I – Resilienz als wirtschafts- und innovationspolitisches Gestaltungsziel

In den für die vorliegenden acatech IMPULSE geführten Hintergrundgesprächen wurden **allgemeine Resilienzansätze** im Bereich von Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerken identifiziert, die von Wirtschaft und Politik verfolgt werden können (siehe Abbildung 1).

Der **Ausgangspunkt** der Überlegungen war stets die **aktuelle Pandemie**, von der aus **allgemeine Wege** zu mehr Resilienz gegenüber **Krisenereignissen aller Art entwickelt** wurden. Als generelle Erkenntnisse lassen sich die folgenden Punkte festhalten, die im ersten Band vertieft werden:

1. Die SARS-CoV-2-Pandemie hat hinsichtlich Resilienz einerseits **Schwachstellen** deutlich offengelegt, andererseits aber auch **große Agilitäts- und Innovationspotenziale** in Unternehmen, Behörden und Politik sichtbar gemacht. Ideen und Erfahrungen sind also vorhanden, um **Resilienzstrategien zu entwickeln**. Nun müssen Voraussetzungen geschaffen werden, um diese **konsequent umzusetzen**.

2. Die **nächste Krise** wird aller Wahrscheinlichkeit nach **nicht wieder eine Pandemie** sein und somit Branchen und gesellschaftliche Bereiche anders beeinträchtigen. **Resilienzanstrengungen** müssen daher konzeptuell **breiter gedacht** werden, als es gegenwärtig vielfach der Fall ist.

3. **Resilienz** ist ein **fortlaufender Prozess**, kein einmaliger Kraftakt. Ihr Ziel ist nicht die vollständige Vermeidung negativer Auswirkungen einer Krise. Sie besteht in einer **Vorbereitung** auf Krisenereignisse, um **während der Krise handlungsfähig** zu bleiben und dann eine **schnelle Erholung** einleiten zu können. Das Ziel muss ein **verbesserter neuer Zustand** sein („Recover and Re-Imagine"-Phase statt Rückkehr zum Status quo).

4. Die **Hauptverantwortung** für ihre Resilienz liegt **bei den Unternehmen selbst** und ist nicht nur in deren Eigeninteresse, sondern auch in deren **Verantwortung gegenüber Gesellschaft und Beschäftigten begründet**. Der **Staat** kann und muss sie hierbei vor allem durch die **Schaffung förderlicher Rahmenbedingungen** unterstützen.

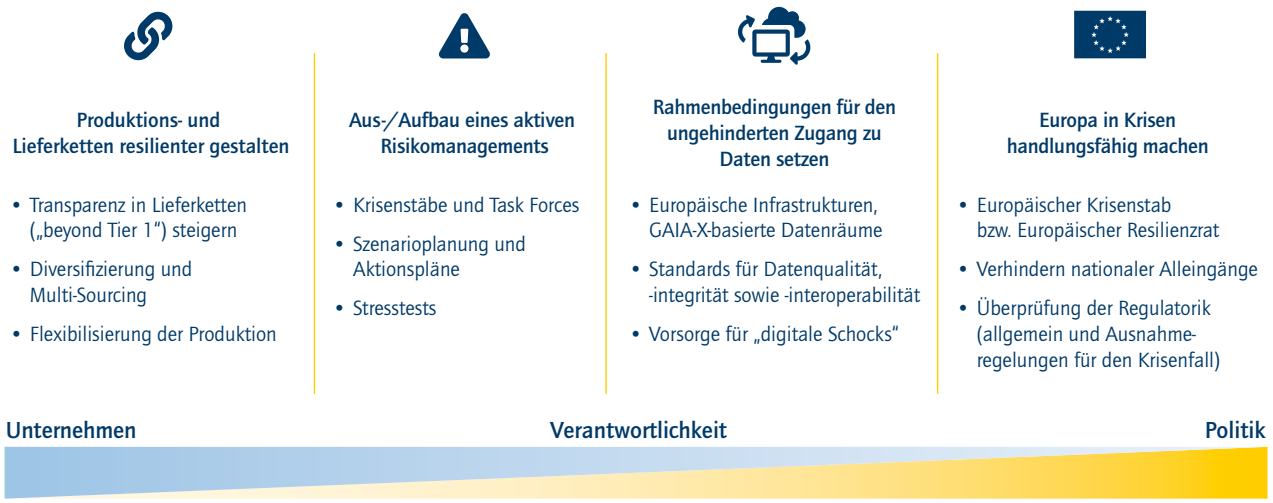


Abbildung 1: Sektorübergreifende Handlungsfelder (Quelle: eigene Darstellung)

5. **Technologische Souveränität** darf **nicht als Autarkie** verstanden werden. Im Gegenteil: Auch außereuropäische Akteure sollten aktiv für Vorhaben zu europäischen Spielregeln gewonnen werden. Debatten über ein gefördertes **Aufwachsen international wettbewerbsfähiger Ökosysteme** in technologischen Zukunftsfeldern sollten daher auf Resilienz durch eine **Diversifizierung** der globalen Anbieterlandschaft und Stärkung der eigenen Position auf dem Weltmarkt abzielen.

6. Der **Aufbau europäischer Produktionskapazitäten am Markt vorbei**, um eine Versorgung mit Gütern und Dienstleistungen sicherzustellen, ist nur in ausgewählten **Bereichen der Daseinsvorsorge** zielführend, da er mit **deutlichen Mehrkosten** verbunden ist. Strikte **Resilienzvorgaben** sollte der Staat daher nur dort machen, wo dies für seine Handlungsfähigkeit oder die Daseinsvorsorge der Bevölkerung in Krisensituationen unabdingbar ist.

Band II – Resilienz der Gesundheitsindustrien: Qualität und Versorgungssicherheit in komplexen Wertschöpfungsnetzwerken

An der **Zuverlässigkeit der Gesundheitsversorgung** auch in Krisenzeiten und damit **leistungsfähigen Gesundheitsindustrien** besteht ein hohes politisches und gesellschaftliches Interesse. Deshalb müssen aus Resilienzsicht auch die Absicherung und der **Ausbau der Wertschöpfung** in diesen zentralen Branchen und gerade bei neuen, hochinnovativen **medizintechnischen Geräten** und **Therapieansätzen** ein politisches Ziel sein.

Herausforderungen bei einer Erhöhung des Resilienzniveaus der Gesundheitsindustrien bestehen dabei unter anderem in **strukturellen Rahmenbedingungen** (Kostenstrukturen, rigides regulatorisches Umfeld, Vergütungssystem), die bei einigen versorgungskritischen Produkten die Entstehung von Schwachstellen in Liefer- und Produktionsketten begünstigen. Eine intensivere Nutzung von Gesundheitsdaten scheitert bislang an **fehlender Infrastruktur** und **komplexer Regulatorik**.

Im Rahmen einer engen Abstimmung und Zusammenarbeit von Unternehmen, Politik und Wissenschaft könnten in den in Abbildung 2 aufgeführten zentralen Handlungsfeldern langfristig deutliche Fortschritte zur Steigerung der **Resilienz von Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerken gegenüber Schocks aller Art erreicht** werden.

Dies stärkt wiederum die Resilienz des Gesundheitswesens als Ganzes. Handlungsempfehlungen ausgehend von den aktuellen Pandemieerfahrungen, die insbesondere auch **weiterreichende Aspekte** – wie etwa die **Kommunikation mit der Bevölkerung** – umfassen, wurden bereits Anfang 2021 im acatech IMPULS *Resilienz und Leistungsfähigkeit des Gesundheitswesens in Krisenzeiten* vorgelegt.

Abbildung 2: Handlungsfelder für die Gesundheitsindustrien (Quelle: eigene Darstellung)

Die folgenden **Kernaussagen** geben die zentralen Einsichten aus den Gesprächen mit Expertinnen und Experten zur **Resilienz der Gesundheitsindustrien** wieder, die im zweiten Band vertieft werden:

7. Da sich im **Gesundheitswesen Personal- und Produktionskapazitäten** nicht schlagartig steigern lassen, wenn eine Krise eintritt, sind langfristig im System ausreichende **Puffer sicherzustellen**. Für zu definierende **kritische Produkte** sollten Politik, Wirtschaft und Wissenschaft **Umsetzungsoptionen** bezüglich intelligenter **Güter- und Produktionsreserven** erarbeiten.

8. Strenge Regularien bei Qualitätssicherung und Zertifizierung setzen der **Flexibilität und Reaktionsfähigkeit** der Gesundheitsindustrien in Krisenzeiten **enge Grenzen**. In der pragmatischen Zusammenarbeit von Unternehmen und Behörden während der Pandemie zeigten sich **Spielräume**, Verfahren zu vereinfachen und zu beschleunigen, **ohne die Sicherheit zu gefährden**.

9. Bei einigen **versorgungskritischen Medikamenten und Medizinprodukten** bestehen **problematische Abhängigkeiten** von wenigen, meist asiatischen Herstellern. Diese machen Lieferketten schockanfällig und führen auch außerhalb von Krisen zu Lieferengpässen. **Veränderte Anreiz- beziehungsweise Erstattungssysteme** könnten hier für eine **Diversifizierung** der Lieferquellen sorgen und gegebenenfalls auch den Aufbau **sich selbst tragender** europäischer **Produktionskapazitäten** ermöglichen.

10. Die innovative Nutzung von **Gesundheitsdaten** verbindet systemische Resilienzvorteile mit konkretem Patientennutzen und Wertschöpfungspotenzialen. Hier sollten zügig **bessere Rahmenbedingungen und europäische Infrastrukturen** wie GAIA-X verwirklicht werden, auch um eine **Abhängigkeit** von Anbietern aus anderen Wirtschaftsräumen zu **vermeiden**. Gerade im Gesundheitsbereich kommt einer hohen **Cybersicherheit** dabei eine entscheidende Rolle zu.

Abbildung 3: Handlungsfelder für die Fahrzeugindustrie (Quelle: eigene Darstellung)

Band III – Resilienz der Fahrzeugindustrie: Zwischen globalen Strukturen und lokalen Herausforderungen

Die im Rahmen des langfristigen Strukturwandels und der akuten Krise notwendige weitreichende **resiliente Neugestaltung** der Wertschöpfungsnetzwerke und Lieferketten der **Fahrzeugindustrie** setzt eine **enge Kooperation** und neue Kulturen des Informationsaustauschs zwischen den Marktteilnehmern untereinander sowie mit Wissenschaft und Politik voraus.

Die Branche zeichnet sich dabei durch international weit verzweigte Wertschöpfungssysteme aus, weswegen hier die Steigerung von Transparenz in Lieferketten eine zentrale Voraussetzung für eine Erhöhung der Resilienz darstellt.

Die in den Gesprächen identifizierten Handlungsfelder zur Steigerung der Resilienz der Fahrzeugindustrie werden in Abbildung 3 zusammengefasst und im vorliegenden dritten Band mit Schwerpunkten auf den Themen **Batterien, Mikroelektronik und Daten** vertieft.

Die **Kernaussagen zur Resilienz der Fahrzeugindustrie** aus den geführten Gesprächen sind:

11. Eine **Anpassung** der sehr **restriktiven Auslegungspraxis des europäischen Kartellrechts** und definierte Ausnahmeregelungen für **Krisensituationen** könnten sowohl die Handlungsfähigkeit der Branche in akuten Krisen steigern als auch **vorwettbewerbliche Kooperationen** bei wichtigen Zukunftsprojekten erleichtern, die Wertschöpfungsnetzwerke langfristig resilient aufstellen.

12. Eine **Diversifizierung** der Lieferbasis ist bei **kritischen Komponenten** entscheidend für die Resilienz der deutschen Fahrzeugindustrie. Aktuell bestehen in der **Mikroelektronik** und bei **Batterien große Abhängigkeiten** von asiatischen Herstellern. Mittel- und langfristig können auch die **Erforschung alternativer Materialien**, die **Substitution knapper Rohstoffe**, die Implementierung von **Circular-Economy-Ansätzen** sowie allgemein ein Ausbau vorhandener Schlüsseltechnologien in der Automobilelektronik zur Resilienzsteigerung der Wertschöpfung in Zukunftsfeldern der Mobilität beitragen.

13. Die politische Unterstützung des **Aufbaus von Design-, Fertigungs-** und – im Falle von Batterien – auch **Recyclingfähigkeiten** in Europa sollte beibehalten und ausgebaut werden. Im engen Austausch mit der Industrie ist daher auf den **Aufbau sich selbst tragender Ökosysteme** hinzuwirken. Dies kann politisch im Rahmen von Reallaboren, IPCEI oder Forschungsfabriken gefördert werden.

14. Aus strategischer Sicht ist für resiliente Geschäftsmodelle auch die **Kontrolle über Datenströme und Software** im und rund um das Fahrzeug wichtig. Eine **schnelle Umsetzung** von **GAIA-X** und dem **Datenraum Mobilität** ist daher entscheidend, damit diese zentralen Wertschöpfungspunkte in europäischer Hand bleiben. Der Aufbau eines **unternehmensübergreifenden Datenraums** über die **gesamte Wertschöpfungskette** hinweg würde einen erheblichen Beitrag zur Resilienzsteigerung leisten.

Die Untersuchung besteht aus drei Bänden:

Resilienz als wirtschafts- und innovationspolitisches Gestaltungsziel
(Konzepte und allgemeine Ansätze zur Verwirklichung von Resilienz)

Resilienz der Gesundheitsindustrien: Qualität und Versorgungssicherheit in komplexen Wertschöpfungsnetzwerken
(Branchenspezifische Vertiefung von Band I)

Resilienz der Fahrzeugindustrie: Zwischen globalen Strukturen und lokalen Herausforderungen
(Branchenspezifische Vertiefung von Band I)

Interviewpartnerinnen und Interviewpartner

Danksagung

In Ergänzung zur Auswertung von Fachliteratur und anderen Studien haben die Mitarbeitenden der acatech Geschäftsstelle explorative Experteninterviews zum Thema Resilienz von Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerken mit insgesamt 86 Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft geführt. Mit den 45 unten aufgelisteten Befragten wurden dabei die Herausforderungen bei der Steigerung der Resilienz im Fahrzeugbau vertieft und spezifische Lösungsansätze identifiziert.

Die Interviews wurden im Zeitraum von Juli bis November 2020 geführt und dauerten im Schnitt eine Stunde. Um den explorativen Charakter der Befragungen zu unterstützen und auch die „leisen Töne" einzufangen, wurde auf eine offene Gesprächsführung gesetzt. Die in den Interviews geäußerten Einschätzungen zur Resilienz im Fahrzeugbau sind ein zentraler Bestandteil des vorliegenden acatech IMPULSES, womit aber nicht ausgeschlossen werden soll, dass einzelne Interviewpartnerinnen und -partner zu bestimmten Fragen andere Standpunkte vertreten.

Die genannten Funktionen der Interviewpartnerinnen und -partner beziehen sich auf den Zeitpunkt des jeweiligen Gesprächs. Zur Illustration einiger ausgewählter Kerngedanken der Befragten werden im Text hin und wieder den Interviews entnommene anonymisierte Zitate aufgeführt.

Die acatech Geschäftsstelle dankt im Namen des acatech Präsidiums allen Beteiligten sehr herzlich für ihre Bereitschaft zur Teilnahme an den Interviews!

Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl	Technische Universität Darmstadt Fachbereich Maschinenbau *Fachgebietsleiter Datenverarbeitung in der Produktion*
Prof. Dr. Julia Arlinghaus	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF *Institutsleiterin Produktionssysteme*
Kai Bliesener	IG Metall Vorstand *Ressortleiter Fahrzeugbau/Koordinator Automobil- und Zulieferindustrie*
Stéphane Crosnier	Accenture Strategy *Managing Director/Supply Chain, Operations & Sustainability UK & Ireland*
Manfred Dalhof	Wittenstein SE *Leiter Manufacturing weltweit*
Prof. Dr.-Ing. Welf-Guntram Drossel	Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU *Institutsleiter*
Prof. Gabriel Felbermayr, Ph. D.	Institut für Weltwirtschaft *Präsident*
Prof. Dr. Lisandra Flach	ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e. V. *Leiterin des ifo Zentrums für Außenwirtschaft*
	Ludwig-Maximilians-Universität München *Professorin für Volkswirtschaftslehre*

Oliver Hajek	Volkswagen Konzernlogistik GmbH & Co. OHG *Leiter Steuerung Produktionsnetzwerk*
Prof. Dr. Dirk Hecht	Technische Hochschule Ingolstadt *Professur für Beschaffungsmanagement und Betriebswirtschaftslehre*
Dr. Florian Herrmann	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO *Forschungsbereichsleiter Mobilitäts- und Innovationssysteme*
Dr.-Ing. Bertram Hoffmann	Wittenstein SE *Chief Executive Officer*
Prof. Dr. Michael ten Hompel	Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML *Geschäftsführender Institutsleiter*
Jens Irmscher	Conti Temic microelectronic GmbH *Global Category Management Microcontroller & Memories*
Dr.-Ing. Stefan Joeres	Robert Bosch GmbH *Director Semiconductor Strategy*
Tobias Jung	Robert Bosch GmbH *Vice President Manufacturing*
Prof. Dr. Henning Kagermann	acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften *Vorsitzender des acatech Kuratoriums und acatech Senator*
Andreas Klugescheid	BMW Group *Leiter Steuerung Politik und Außenbeziehungen, Kommunikation und Nachhaltigkeit*
Prof. Dr. Gisela Lanza	Karlsruher Institut für Technologie KIT wbk Institut für Produktionstechnik *Institutsleiterin Produktionssysteme*
Michael Lautenschlager	ZF Friedrichshafen AG *Head of Communications E-Mobility*
Bart Meers	Robert Bosch GmbH *Head of Supply Chain – Corporate Task Force Covid-19*
Dr. Matthias Müller	Robert Bosch GmbH *Senior Vice President, Head of Central Technology Coordination and Engineering Methods*
Karsten Peddinghaus	BMW Group *Senior Manager Strategische Planung*

Prof. Dr. Matthias Putz	Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU *Institutsleiter und Sprecher der Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion*
Hartmut Rauen	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA) *Stellvertretender Hauptgeschäftsführer*
Prof. Dr. Ortwin Renn	Institute for Advanced Sustainability Studies e. V. (IASS) *Geschäftsführender Wissenschaftlicher Direktor*
Volker Ressler	Robert Bosch GmbH *Corporate Protection and Security for Associates and Property*
Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel	Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO *Institutsleiter*
Dr. Kerstin Schierle-Arndt	BASF SE *Vice President Research Inorganic Materials and Synthesis,* *Associate Director CARA – California Research Alliance by BASF*
Volker Schilling	Robert Bosch GmbH *Chief Audit Executive, EVP*
Prof. Dr. Jörg Schlüchtermann	Universität Bayreuth *Lehrstuhl für Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre*
Sabine Schlüter-Mayr	Munich Re AG *Project Manager Climate & Public Sector Business Development*
Dr. Fabian Schmalt	Robert Bosch GmbH *Hauptreferent zentrale Fertigungskoordination*
Dr. Gerhard Schmid	Munich Re AG *Foresight-, Emerging Risk-, Innovation Manager*
Hans-Jürgen Schneider	ZF Friedrichshafen AG *Head of R&D Division E/Standortleiter Schweinfurt*
Dr. Daniel Schönfelder	BASF SE *Vice President, Battery Materials Europe*
Dr. Steffen Schwartz-Höfler	Continental AG *Head of Group Sustainability*
Prof. Dr. Thomas Spengler	TU Braunschweig *Leiter des Instituts für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion (AIP)*
Dr. Peter van Staa	Robert Bosch GmbH *Vice President Engineering*

Andreas Trautwein	Robert Bosch GmbH *Vice President Corporate Sector Purchasing and Logistics*
Walter Vogt	IG Metall Vorstand *Betriebspolitik – Ressort Betriebsverfassung/Mitbestimmungspolitik*
Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber	acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften *Vizepräsident*
	Circular Economy Initiative Deutschland *Leiter des Lenkungskreises*
Jörg Weis	Robert Bosch GmbH *Senior Vice President/Global Lead Coordination Team Coronavirus*
Jürgen Weyer	NXP Semiconductors Germany *Vice President + General Manager Automotive Sales EMEA*

Des Weiteren wurden Hintergrundgespräche mit Vertreterinnen und Vertretern folgender Organisationen geführt:

- BMW Group
- Bundesministerium der Finanzen
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Mitwirkende

Gesamtleitung

– Prof. Dr. Henning Kagermann, Vorsitzender des acatech Kuratoriums

Inhaltliche Mitarbeit

– Prof. Dr. Dr. Andreas Barner, Boehringer Ingelheim
– Stefan Vilsmeier, Brainlab AG
– Dr.-Ing. Anna-Katharina Wittenstein, Wittenstein SE
– Oliver Zipse, BMW Group

Inhaltliche Begleitung und Review

– Dr. Martin Brudermüller, BASF SE
– Gabi Grützner, micro resist technology GmbH
– Prof. Dr. Jörg Hacker, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
– Prof. Dietmar Harhoff, Ph. D., Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb
– Reiner Hoffmann, Deutscher Gewerkschaftsbund
– Dr. Marion Jung, ChromoTek GmbH
– Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
– Prof. Dr. Renate Köcher, Institut für Demoskopie Allensbach
– Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer, Fraunhofer-Gesellschaft
– Dr.-Ing. Reinhard Ploss, Infineon Technologies AG
– Prof. Dr.-Ing. Günther Schuh, RWTH Aachen
– Prof. Dr. Martin Stratmann, Max-Planck-Gesellschaft

Redaktionelle Mitarbeit

– Dr. Sascha von Berchem, Wittenstein SE
– Dr. Klaus Ebert, Boehringer Ingelheim
– Martin Pregler, Brainlab AG
– Maximilian Schöberl, BMW Group
– Dr.-Ing. Raymond Wittmann, BMW Group

Konzeption, Text und Interviews

– Florian Süssenguth, acatech Geschäftsstelle
– Dr. Jan Henning Behrens, acatech Geschäftsstelle
– Dr. Jorg Körner, acatech Geschäftsstelle
– Dr. Annka Liepold, acatech Geschäftsstelle

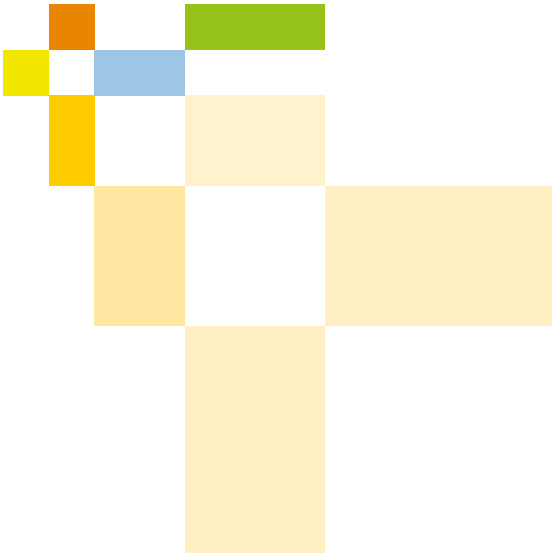
Mit Unterstützung durch

– Louisa Everett, acatech Geschäftsstelle
– Silke Liebscher, acatech Geschäftsstelle
– Elisabeth Paul, acatech Geschäftsstelle

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16PLI7003 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung



1 Einleitung

Die volkswirtschaftlich für Deutschland sehr wichtige **Fahrzeugindustrie** zählt zu den Branchen, die in der ersten Hochphase der SARS-CoV-2-Pandemie am stärksten von den negativen Auswirkungen betroffen waren.[1] So verzeichneten die deutschen Automobilhersteller zwischen Januar und Oktober 2020 im Vergleich zum Vorjahr **Absatzeinbußen im zweistelligen Prozentbereich** auf fast allen globalen Märkten. In einigen Regionen, etwa in Südamerika, lag der Rückgang bei über dreißig Prozent.[2] Geschuldet ist dies vor allem dem Nachfrageeinbruch aufgrund der unsicheren wirtschaftlichen Lage.[3] In China hingegen konnten deutsche Fahrzeughersteller in der zweiten Jahreshälfte mehr Fahrzeuge absetzen als im Vorjahr.[4] Seit Oktober 2020 hat die Produktion der deutschen Fahrzeughersteller wieder ein ähnliches Niveau wie vor der Pandemie erreicht.[5]

Die Liefer- und Produktionsketten der Fahrzeugindustrie sind **Wertschöpfungsnetzwerke**, die den **gesamten Globus** umspannen und weit verzweigt sind. Die Schaffung resilienterer Strukturen ist damit eine globale Aufgabe. Eine Definition des Resilienzkonzepts sowie generelle, branchenübergreifende Ansätze zur Steigerung der Resilienz bietet auch der acatech IMPULS *Resilienz als Gestaltungsziel von Wertschöpfungsnetzwerken und Lieferketten*.[6]

In dem globalen Wertschöpfungssystem der Fahrzeugindustrie hat sich dennoch eine gewisse **Regionalisierung** bei der Fahrzeugherstellung parallel zu den großen Absatzmärkten herausgebildet: Die drei Haupträume sind **Ostasien, die Europäische Union und Nordamerika**.

Die meisten deutschen **Fahrzeughersteller** haben Werke in allen globalen Clustern, in denen sie **vor Ort eng mit Zulieferern vernetzt** sind. Produktionsstätten in der Nähe der unterschiedlichen Absatzmärkte ermöglichen es, schneller auf lokale Produktpräferenzen einzugehen und lokale Auflagen der jeweiligen Behörden leichter zu erfüllen. In der **Pandemie** hat sich die **globale Streuung von Werken als vorteilhaft erwiesen**, da aufgrund der zeitlich gestaffelten Betroffenheit von Regionen für einige Akteure Ausweichmöglichkeiten bestanden.

Bestimmte **Vor- und Zwischenprodukte** werden trotz der regionalen Netzwerkbildung nur an **wenigen Standorten** in ausreichender Zahl und Qualität **hergestellt**, jedoch **weltweit benötigt**. Ein Beispiel hierfür sind bestimmte Mikrochips und Halbleiter, zum Beispiel für das autonome Fahren oder auch für die fahrzeuginterne Unterhaltungselektronik, die vorranging in Ostasien produziert werden (siehe auch Kapitel 4).[7]

> *„Die Coronakrise hat eindrücklich aufgezeigt, wo die Schwachstellen der Lieferkette sind."*

Unterschiedliche **Faktoren** können dazu führen, dass **Lieferketten** in der Fahrzeugindustrie **unter Stress geraten**.[8] Dazu gehören neben den allgemeinen Risiken wie Naturereignissen und Handelskonflikten[9]

- übliche **Einkaufsrisiken** (beispielsweise Lieferanteninsolvenz),
- verschärfte **Regularien** (etwa bei EU-Sicherheits- oder Umweltstandards),
- **logistische Risiken** (zum Beispiel kurzfristige Grenz- oder Hafenschließungen),
- eine **Verknappung und Verteuerung wichtiger Rohstoffe** sowie
- **technologische Neuerungen**, die in ausreichender Güte und Qualität eingekauft und schnell in die Fahrzeuge eingebaut werden müssen (zum Beispiel beim autonomen Fahren oder bei der Car-to-car-Verbindung).

Neben der Betrachtung der übergreifenden **Herausforderungen** zur Steigerung von Resilienz in den Produktions- und Lieferketten der Fahrzeugindustrie (Kapitel 2) sollen anhand der drei zentralen Wertschöpfungskomponenten **Batterien** (Kapitel 3), **Mikroelektronik** (Kapitel 4) und **Daten** (Kapitel 5) die wichtigsten Problemfelder, aber auch **Ansätze** zur jeweiligen Resilienzsteigerung (Kapitel 6) von Produktions- und Lieferketten identifiziert werden.

1 | Vgl. Accenture 2020; McKinsey Global Institute 2020.
2 | Vgl. VDA 2020a; 2020b.
3 | Vgl. Accenture 2020; BCG 2020a.
4 | Vgl. VDA 2020c.
5 | Vgl. VDA 2021.
6 | Vgl. acatech 2021.
7 | Vgl. Fraunhofer IMW 2018.
8 | Vgl. Deloitte 2020a.
9 | Vgl. acatech 2021; McKinsey Global Institute 2020.

2 Herausforderungen in der Fahrzeugindustrie

Der durch die SARS-CoV-2-Pandemie ausgelöste Nachfrageeinbruch im Frühjahr und Sommer 2020 erhöht den Transformationsdruck auf die Fahrzeugindustrie weiter. Dadurch werden auch die Spielräume für Transformationsbemühungen kleiner, und es müssen Prioritäten auf Projekte gelegt werden, die auch auf Resilienz einzahlen. Um eine bestmögliche Handlungsfähigkeit in zukünftigen Krisen zu gewährleisten, müssen resiliente Strukturen auch ein fester, integraler Teil der Produktionsabläufe und zukünftiger Geschäftsmodelle werden.

Unabhängig von der SARS-CoV-2-Pandemie steht die Fahrzeugindustrie auch vor einem sehr grundsätzlichen Strukturwandel. Dazu gehören die Umstellung auf alternative Antriebe wie die **Elektromobilität, neue Anbieter im Markt sowie** stagnierende beziehungsweise sinkende **Absatzzahlen** in vielen zentralen Märkten.[10] Mittel- und langfristig werden sich die Original Equipment Manufacturers (OEMs) auch zu Mobilitätsanbietern entwickeln müssen – sprich: Wertschöpfung findet verstärkt durch **neue Geschäftsmodelle** wie As-a-Service-Angebote und nicht mehr nur durch die reine Fahrzeugherstellung statt.

Während der ersten Hochphase der Pandemie im Frühjahr 2020 mussten die Wertschöpfungssysteme und Geschäftsmodelle der Fahrzeugindustrie **Schocks aus zwei Richtungen** verkraften: Einerseits brach sowohl die **Nachfrage** nach Fahrzeugen ein, andererseits kam es zum Teil auch zu **Problemen in der Lieferkette**. Nach Schätzungen des europäischen Verbands der Automobilhersteller wurden in der EU und dem Vereinigten Königreich bis Anfang Juni 2020 **über 2 Millionen Fahrzeuge weniger** als geplant produziert, über 600.000 davon allein in Deutschland.[11] Der Produktionsrückgang ist nach Einschätzung der Expertinnen und Experten zu großen Teilen auf den Nachfrageeinbruch zurückzuführen.

Auch wenn die Produktion von Fahrzeugen in Deutschland seit Oktober 2020 wieder auf einem ähnlichen Niveau wie vor der Pandemie ist,[12] steht die Fahrzeugindustrie doch vor einer **großen Herausforderung**: Sie muss ihre **Transformation** mit den krisenbedingt knapperen Mitteln, die ihr noch zur Verfügung stehen, **weiter vorantreiben** und gleichzeitig ihre **Resilienz** gegenüber potenziellen Schockereignissen **erhöhen**.

> *„Die Pandemie wird der Umsetzung von Resilienzmaßnahmen einen Schub geben."*

Wichtig ist daher, dass der Strukturwandel so gestaltet wird, dass das Risiko von Komplettausfällen an einzelnen Stellen der Wertschöpfungskette minimiert wird. Denn diese gefährden die branchenübergreifende Resilienz von Produktions- und Lieferketten und können schwerwiegende **gesamtwirtschaftliche Auswirkungen** haben.[13]

Da je Fahrzeughersteller eine vierstellige Zahl weiterer Unternehmen direkt oder indirekt an der Fahrzeugproduktion beteiligt ist, geht mit einem resilienten Wandel der Branche auch die Chance einer Absicherung von qualifizierten **Arbeitsplätzen** in vielen Regionen Deutschlands einher.[14]

2.1 Pandemiebedingte Herausforderungen in Produktions- und Lieferketten

In vielen Ländern kam es im Frühjahr 2020 **vorübergehend zu Produktionsausfällen** aufgrund der **Infektionsschutzmaßnahmen**. Dies hat auch in Ländern, in denen die Produktion nicht stillstand, zu Verzögerungen geführt, da bestimmte Vor- und Zwischenprodukte eine Zeit lang nicht lieferbar waren.

Einige Expertinnen und Experten berichten, dass **Verzögerungen** in der Produktion oft auf simple, aber zeitweilig **nicht mehr lieferbare Bauteile** einzelner Hersteller (Single Source) zurückzuführen waren – etwa weil die Hersteller von einem **harten Lockdown** ihrer jeweiligen Region betroffen waren (zum Beispiel die Provinz Hubei in China). Gerade im Bereich Mikroelektronik für Fahrzeuge

10 | Vgl. BCG 2020a.
11 | Vgl. ACEA 2020.
12 | Vgl. VDA 2021.
13 | Vgl. Bertelsmann Stiftung 2018.
14 | Vgl. ebd.

ziehen sich die Lieferprobleme sogar bis ins Jahr 2021 (siehe auch Kapitel 4).

Auch wenn Ausfälle von Single-Source-Zulieferern besonders gravierende Folgen haben, ist zu betonen, dass **weniger als ein Prozent aller Produkte** ausschließlich **in einem Land produziert** werden. Dies deutet darauf hin, dass deutsche Importe nur minimal von Single Source-Quellen abhängig sind.[15]

Die Outbound-**Logistik**,[16] die zu einem hohen Grad automatisiert ist, hat in der Branche zu großen Teilen auch **während der ersten Hochphase der Pandemie funktioniert**. Waren, die produziert wurden, konnten auch transportiert werden.

Zu **Problemen** kam es jedoch oftmals an **staatlich kontrollierten Punkten der Logistikkette**. So waren kurzfristige **Grenzschließungen** und **Einschränkungen der Reisefreiheit** von Mitarbeitenden eine große Herausforderung für den Personen- und Warenverkehr von Unternehmen, auch innerhalb der EU.[17]

Einige Expertinnen und Experten geben zu bedenken, dass das **Wiederanlaufen des Absatzes** aufgrund der in Deutschland noch weitgehend analogen **Neufahrzeuganmeldung bei den Zulassungsstellen erschwert wurde**. Viele Bürgerinnen und Bürger verschoben demnach Behördengänge – aus Sorge vor Infektionen. Zeitweise kam es zudem zu Kapazitätsengpässen.

> *„Eine vollständige Produktdokumentation bis zum letzten Tier aufzubauen, ist eine Herkulesaufgabe und fast ein Ding der Unmöglichkeit."*

2.2 Hürden für eine höhere Lieferkettenresilienz

Aktuell bestehen noch unterschiedlich geartete Hürden bei einer Erhöhung der Lieferkettenresilienz:

- **Grenzen der Lieferkettentransparenz:** Zwar existieren digitale Möglichkeiten, um mehr Transparenz selbst in äußerst komplexe und vielschichtige Lieferketten zu bringen, zum Beispiel durch IoT- und Blockchain-Ansätze.[18] Diese werden **bislang** jedoch meist **nur für Einblicke** in Liefernetzwerke im Bereich **Tier 1 und Tier 2** genutzt.
- **Transparenz versus Geschäftsmodellschutz:** Aus Sicht der Zulieferer kann es nachteilig sein, den OEM ein zu hohes Maß an Transparenz in den Lieferketten zu gewähren (Prinzipal-Agenten-Problem). Sie sehen dabei die Gefahr, dass ein OEM die aus transparenten Lieferketten gewonnenen Informationen in Verhandlungen gegen sie einsetzt. Dieser Aspekt lässt gerade **kleine und mittlere Zulieferer** beim Teilen ihrer Daten **oft zögern**.
- **Wettbewerbsrecht versus (Lieferketten-)Zusammenarbeit:** Bei der Erhöhung der Transparenz in den Lieferketten ist für viele Unternehmen in Fahrzeuglieferketten die Wahrung der **Regeln des Wettbewerbsrechts** eine **Herausforderung**, da der Informationsaustausch zwischen den Akteuren stark reguliert ist (siehe auch Kasten 1) und von Behörden sehr streng bewertet wird. Die Befragten beobachten daher eine **schwindende Bereitschaft, ambitionierte (vorwettbewerbliche) Kooperationsvorhaben einzugehen**.
- **Know-how-Verlust:** Einige Expertinnen und Experten verzeichnen einen **Rückgang der technischen Fachexpertise** für entscheidende Vor- und Zwischenprodukte der OEM. Gleichzeitig ist diese Fachexpertise aber auch für ein **vertieftes Verständnis von Abhängigkeiten** in Lieferketten unbedingt notwendig – vor allem ab Tier 2. **Andere Befragte** hingegen **nehmen** in Bereichen wie elektrischer Antriebstechnik und Software einen **Expertiseaufbau** in OEM **wahr**. Ebenso sehen sie gerade in Europa eine erhöhte Bereitschaft, durch Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette gemeinsames Wissen zu generieren.
- **Kostendruck versus Multi-Sourcing:** Ein hoher Kostendruck führt immer häufiger zur Auswahl des jeweils günstigsten Lieferanten, was in einigen Fällen mit einer starken **Konzentration auf wenige Zulieferer** bis hin zu **Quasi-Monopolbildungen** verbunden ist.[19] Unter solchen Bedingungen ist für Unternehmen eine **Lieferkettendiversifizierung** beziehungsweise ein **Multi-Sourcing kaum noch möglich**. Grundsätzlich sollte der Wettbewerb unter Zulieferern sichergestellt werden, um Monopole und damit verbundene einseitige Abhängigkeiten zu verringern. Monopolisierte Lieferketten sind unter stabilen Bedingungen höchst effizient, aber schockanfällig.[20]

15 | Vgl. ifo Institut 2020.
16 | Distributions- und Absatzlogistik.
17 | Vgl. acatech 2021.
18 | Vgl. BCG 2020b; 2020c; McKinsey & Company 2020d.
19 | Vgl. acatech 2021.
20 | Vgl. EY 2020.

Kasten 1: Wettbewerbsrecht: Hemmschuh in der Krise?

Für **deutsche Unternehmen** in der Fahrzeugindustrie als Akteure im europäischen Binnenmarkt ist neben dem deutschen Wettbewerbsrecht vor allem das **europäische Wettbewerbsrecht** bedeutsam. Da der eigentliche Gesetzestext relativ kurz ist, ist vor allem die Auslegung durch die Behörden entscheidend. Hier berichten Expertinnen und Experten, dass das Wettbewerbsrecht **in den letzten Jahren sehr streng ausgelegt** wurde und der Informationsaustausch unter Akteuren dadurch oftmals nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich ist.

> *„Wettbewerbsrecht sollte nicht da reglementieren, wo Resilienz gehemmt wird."*

Wenn jedoch in **Krisenzeiten** zum Beispiel einem Zulieferer, der unterschiedliche OEM beliefert, die Insolvenz droht, erachten es einige Expertinnen und Experten **für die Resilienz der Lieferketten** als sinnvoll und **wünschenswert**, dass **Absprachen beispielsweise über Abnahmemengen** unter Wettbewerbern möglich sind, um den in Not geratenen Zulieferer gemeinsam unterstützen zu können. Dabei müssen zentrale Punkte des Wettbewerbsrechts, wie der untersagte Informationsaustausch über Preise, selbstverständlich weiterhin beachtet werden.

Die von der Bundesregierung im Mai 2020 verabschiedete **temporär geltende Ausnahmeregel** im Wettbewerbsrecht erleichtert derartige branchenübergreifende und krisenbedingte Kooperationen.[21] Insofern begrüßen die Befragten diese neue Ausnahmeregel, sehen ihr baldiges Auslaufen aber zum Teil mit Sorge.

Zur Stärkung von Innovationen durch gemeinsame Forschungsprojekte wünschen sich die Expertinnen und Experten daher, dass die **Auslegung des europäischen Wettbewerbsrechts auch langfristig angepasst** wird. Ein öffentlicher **Konsultationsprozess zu den EU-Wettbewerbsregeln für horizontale Vereinbarungen** zwischen Unternehmen wurde im Februar 2020 abgeschlossen.[22]

Bei der nun anstehenden Überarbeitung wünschen sich die befragten Expertinnen und Experten einen **Einsatz der deutschen Politik** für eine zukünftige **Auslegung der Regeln**, die **Klarheit schafft**. Einerseits sollte festgelegt werden, in welchen Situationen vorher definierte Krisenregeln greifen sollen, und andererseits sollte klargestellt werden, in welchem Rahmen Kooperationen rechtlich möglich sind. Ziel sollte es sein, bei wichtigen zukunftsweisenden Kooperationsfeldern einen **Austausch leichter zu ermöglichen**.

21 | Vgl. BReg 2020a.
22 | Vgl. EU-KOM 2020b.

2.3 Strategien in der Pandemie

Neben dem beschriebenen Rückgang der Nachfrage im Frühjahr 2020 – der viel Druck aus den auf Just-in-time-Produktion ausgelegten Prozessen genommen hat – war ein erfolgreiches **Krisenmanagement** entscheidend für die **Minimierung von Produktionsausfällen** während der ersten Hochphase der Pandemie. Die befragten Expertinnen und Experten aus Unternehmen benannten hierfür folgende wichtige Elemente:

- Die Bildung einer **Task Force** (mindestens auf Ebene OEM und Tier 1), die das **Monitoring pandemiebedingter Engpässe** in den Blick nehmen und entsprechende **Gegenmaßnahmen einleiten** kann.
- Ein **professionelles Lieferkettenmanagement**, inklusive eines relativ hohen Maßes an **Transparenz** in den Liefernetzwerken, zumindest auf Tier 1 und Tier 2.
- **Mobiles Arbeiten**, wo möglich, um Infektionszahlen bei Mitarbeitenden niedrig zu halten. Auch aus Sicht der **Cybersicherheit** gab es dabei **weniger Probleme** als zunächst befürchtet.
- **Mehrschichtbetrieb**, um das Infektionsrisiko unter der Belegschaft zu minimieren und den Betrieb auch im Falle eines Infektionsgeschehens aufrechtzuerhalten.
- Ermöglichung **dezentraler Entscheidungsprozesse** (auf Ebene der Abteilungen) in Kombination mit **zentralen strategischen Vorgaben** seitens der Geschäftsführung.
- **Die gemeinschaftliche Entwicklung von Pandemielösungen der OEM mit ihren Zulieferern**, um Letztere zu stützen. Dies gelang in der aktuellen Pandemie etwa durch die Anpassung von Zahlungszielen oder den Kauf von Werkzeug für die jeweiligen Lieferanten, damit diese lieferfähig blieben. Auch direkte Beteiligungen der OEM an einzelnen, strategisch wichtigen Zulieferern wurden erwähnt.

Das zentrale Element des **Risikomanagements und der Szenarioplanung** (nicht nur) in Pandemiezeiten ist nach Einschätzung der Befragten in vielen Fällen noch **nicht ausreichend entwickelt**, um in den Produktions- und Lieferketten auf zukünftige Schocks angemessen reagieren zu können.

Einigkeit bestand bei der Einschätzung, dass es für **kleinere Unternehmen** deutlich **schwieriger** ist, die nötigen Ressourcen für solche Vorbereitungsmaßnahmen bereit- oder die nötige **Transparenz** über die eigenen Lieferketten herzustellen.

2.4 Aufbau von Expertise und neue Verfahren – Voraussetzungen für mehr Resilienz in Produktions- und Lieferketten

Zur Steigerung der **Resilienz der hochkomplexen Lieferketten** in der Fahrzeugindustrie ist eine erhöhte **Transparenz eine Grundvoraussetzung**. Idealerweise sollte die Transparenz bis in die untersten Ebenen der Lieferketten hineinreichen und auch alternative Zulieferer umfassen, um so **frühzeitig Störungen** in Lieferketten **erkennen** und entsprechend gegensteuern zu können. Möglich ist dies beispielsweise durch

- softwarebasierte **Risikolandkarten** (siehe auch Kasten 2),
- die gezielte **Nachverfolgung** besonders **kritischer Komponenten**,
- die Nutzung **digitaler Zwillinge** in Lieferketten,
- die **vertrauensvolle Zusammenarbeit** mit Kunden und Lieferanten sowie durch
- **industriespezifische Plattformen**, in denen Standards und Transparenzkriterien für resiliente Lieferketten definiert werden.

> *„Transparenz war das A und O, um während der Pandemie die Lieferkette abzusichern."*

Gerade für die **Zusammenarbeit auf Plattformen** sind neben den technischen Voraussetzungen das gegenseitige **Vertrauen** sowie eine **gemeinsame Datensemantik und eine gute Data Governance** unerlässlich. Nur dann können alle Akteure zum Teilen von Daten ermutigt werden, und der Mehrwert von geteilten Daten wird ersichtlich.

Eine Voraussetzung hierfür ist es auch, die **Akzeptanz der Mitarbeitenden** für neue digitale Ansätze zu gewinnen und sie beim **Erwerb der notwendigen Kompetenzen** zu unterstützen. Denn **Fachkräfte mit tiefgreifender Expertise** sind von großer Bedeutung, da sie Zusammenhänge und Abhängigkeiten in den komplexen Wertschöpfungsnetzwerken frühzeitig erkennen und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen einleiten können. Die **Nutzung der Kompetenzen in der Krise** setzt Entscheidungsstrukturen voraus, die die Fachleute dazu befähigen, auch schnell handeln zu können.

1. Schritt
Identifikation betroffener Umfänge
aus einer Krisenregion

1 Aktuelles Dashboard

2. Schritt
- Quelle/Senke Relation betroffener Umfänge
- Reichweite je Relation

2 Dashboard mit Erweiterung

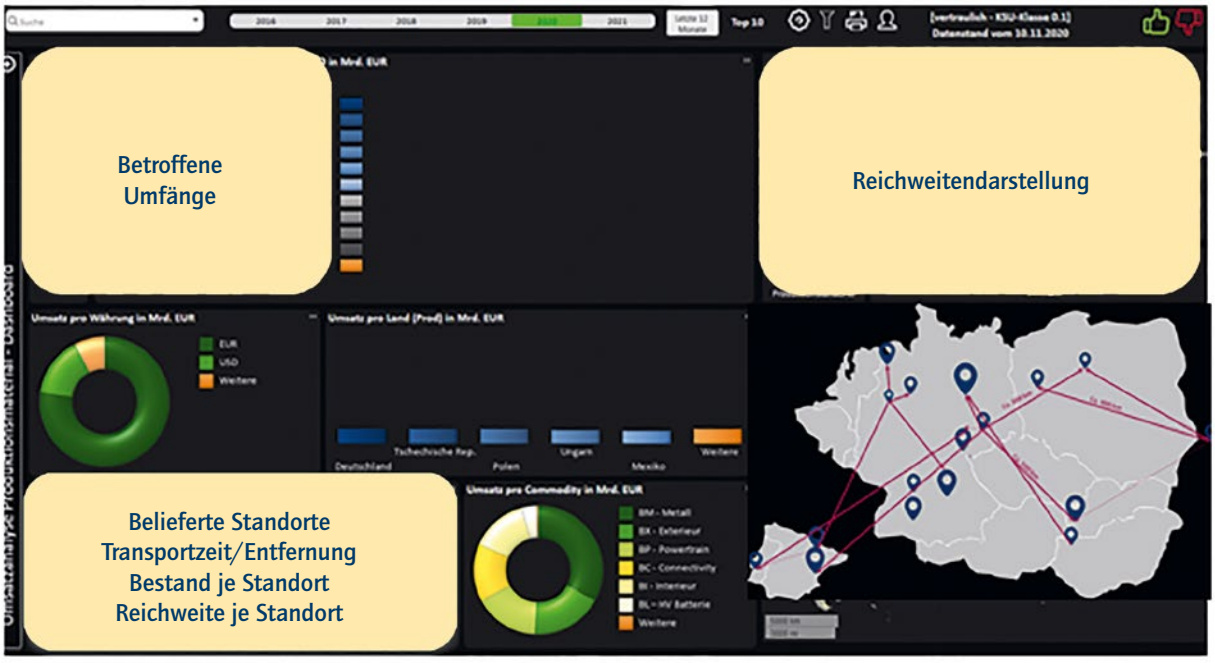


Abbildung 4: Beispiel-Dashboard des VW-Frühwarnsystems
(Quelle: Volkswagen Konzern Einkauf K-BS; Volkswagen Konzernlogistik GmbH & Co. oHG)

Kasten 2: Risikolandkarten – höhere Transparenz und frühzeitigeres Gegensteuern im Krisenfall

Gerade in den weit verzweigten Lieferketten der Automobilindustrie, die oftmals nach dem Just-in-time-Prinzip konzipiert sind, kann der Ausfall der Lieferung einer einzelnen Komponente ausreichen, um den reibungslosen Ablauf im Werk zu gefährden.

Deswegen setzt **Volkswagen** ein **Frühwarnsystem** ein, das über das Screening diverser Quellen selbstständig in der Lage ist, Naturkatastrophen, politische/wirtschaftliche Unruhen und medial auffällige **Einschränkungen im Lieferantennetzwerk zu lokalisieren**.

Damit können gezielt nach Regionen, relevanten Lieferanten sowie Lieferumfängen potenzielle Störungen für den Produktionsprozess in den Werken von Volkswagen identifiziert werden.

Im Zusammenspiel mit den im Prozess beteiligten Bereichen werden diese potenziellen **Störungen analysiert**, priorisiert und mit **gegensteuernden Maßnahmen** belegt.

Das aktuelle Frühwarnsystem wird schrittweise an weitere Konzernsysteme angebunden, um den Automatisierungsgrad kontinuierlich zu erhöhen – mit dem **langfristigen Ziel** einer sich **autonom steuernden Supply-Chain**. Abbildung 4 (siehe links) zeigt exemplarisch das Dashboard des Frühwarnsystems.

Darüber hinaus helfen praxisnahe **Forschungsprojekte**, wie zum Beispiel am Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF oder am Institut für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion (AIP) an der TU Braunschweig, konkrete **Konzepte für die Umsetzung von resilienten Prozessen** in der Fahrzeugbranche **zu entwickeln**.

Um in Krisensituationen möglichst flexibel reagieren zu können, sprechen sich die Expertinnen und Experten für die (weitere) **Flexibilisierung, Modularisierung und Digitalisierung** von Produktionsprozessen aus.

Demnach könnten Produktionsprozesse auf mehrere, kleinere Anlagen aufgeteilt werden. Deren mengenmäßiger **Output** kann **bedarfsorientiert und vergleichsweise schnell angepasst** werden, und diese Anlagen können – in gewissen Grenzen – auch schnell auf die Produktion anderer Bauteile umgerüstet werden. Ferner könnten einzelne **Komponenten und Bauteile stärker modularisiert** und damit flexibler in verschiedene Produkte verbaut werden[23] – dieser Trend lässt sich in der Fahrzeugindustrie seit Längerem beobachten. Wichtige **Grundvoraussetzungen** dafür sind **(globale) Standards** sowie die **Interoperabilität** der Systeme und Komponenten.

In den Interviews gab es **unterschiedliche Ansichten**, zu welchem Grad sich diese Ansätze in der Fahrzeugindustrie tatsächlich umsetzen lassen und wie viel an **spezialisierten, „unflexiblen" Produktionskapazitäten** aufgrund der hohen Produktanforderungen weiterhin **nötig** sind. So sehen einige der befragten Expertinnen und Experten zwar prinzipiell ein **Potenzial** in diesen Ansätzen, dieses aber eher für Maschinenbauunternehmen, weniger in der bereits hochskalierten und modularisierten Fahrzeugindustrie. Sie wiesen auch darauf hin, dass eine solche tiefgreifende **Umgestaltung von Produktionsprozessen zulasten der Effizienz** gehen könnte.

Andere Befragte hingegen sehen in digitalisierten, modularisierten Produktionsverfahren, die zum Beispiel im **Matrixverfahren** konzipiert sind, einen zukunftsweisenden Ansatz, der gleichzeitig dazu beiträgt, die **Resilienz innerhalb einer Produktionsstätte zu erhöhen**.[24]

Die **Investitionsbereitschaft** der deutschen Automobilhersteller für solche Umstellungen der Produktionsweise schätzen die Befragten allerdings als **gering** ein, vor allem aufgrund der aktuellen **wirtschaftlichen Krise**.

23 | Vgl. Fraunhofer IPA 2018.
24 | Vgl. Fraunhofer IML 2020; KUKA AG 2020.

3 Batterien

Eine globale Diversifizierung der Batteriebezugsquellen ist aus Resilienzsicht wünschenswert. Daher sind europäische Initiativen für die Förderung zentraler Schritte der Wertschöpfung vor Ort, wie die laufenden Batterie-IPCEI, sowie die Ansiedlung internationaler Hersteller in Europa zu begrüßen. Auf lange Sicht sollten Wege gefunden werden, die europäische Herstellung von Batterien vom Import von Grafit, Kobalt, Kupfer, Lithium und Nickel zu entkoppeln, beispielsweise durch Ansätze der Kreislaufwirtschaft.

Aus Sicht der OEM sind Batterien von großer Bedeutung, da sie **rund vierzig Prozent der Wertschöpfung** in einem Elektrofahrzeug darstellen.[25] Aktuell dominieren wenige **ostasiatische Hersteller** die Produktion von Fahrzeugbatterien.[26] Der nordamerikanische Elektromobilitätsanbieter **Tesla** will durch eine **vertikale Integration** der Batteriefertigung eine Produktion eigener Batteriezellen bis 2022 erreichen.[27]

Aus **Resilienzgründen** ist deswegen die im Entstehen begriffene, durch Deutschland und die EU vorangetriebene **Diversifizierung** von Batterieanbietern inklusive des Aufbaus von Batteriefertigungsanlagen zu begrüßen.[28] Zudem erwarten die Expertinnen und Experten, dass auch asiatische Hersteller zunehmend Werke in Europa und weiteren Weltregionen eröffnen werden.

3.1 Zentrale Herausforderung bei Batteriezellen: Rohstoffverfügbarkeit

Batteriezellen der aktuellen und mittelfristig erwartbaren Generationen sind auf **spezifische Rohstoffe wie Lithium, Kupfer, Kobalt, Nickel, Mangan und Grafit angewiesen**.[29] Der **steigende Bedarf** und die internationale Konkurrenz um diese Rohstoffe können zu **Problemen im Hinblick auf die Resilienz** der Wertschöpfungsketten in Europa führen,[30] da diese Rohstoffe zu einem großen Teil aus wenigen, **oft politisch instabilen Regionen** (wie der Demokratischen Republik Kongo und Südamerika) stammen (siehe auch Abbildung 5). Dort werden sie oft unter **ethisch und ökologisch fragwürdigen Bedingungen gewonnen**.

Die Rohstoffe unterliegen zudem vergleichsweise hohen Schwankungen hinsichtlich **Verfügbarkeit** und **Preis**. Dabei ist das jährliche Monitoring der **deutschen Rohstoffagentur** (DERA) **hilfreich** für die Abschätzung der zukünftigen Preisentwicklung.[31] Gerade große Unternehmen sehen darüber hinaus jedoch auch eigene Preisanalysen als unerlässlich an.

Bereits heute gibt es Hersteller, die mithilfe innovativer Ansätze Batterien ohne Magneten – und somit ohne Seltene Erden – sowie mit einem deutlich reduzierten Kobaltanteil herstellen können.[32] Mittel- und langfristig gilt es jedoch, Ansätze zu finden, durch **Recycling und Zweitnutzung von Batterie(komponenten)** die Wertschöpfung und Nutzung von Batterien von der Notwendigkeit eines konstanten Nachschubs neu abgebauter Rohstoffe noch weiter zu entkoppeln.

Eine Möglichkeit hierfür sind **Circular Economy-Ansätze** (siehe auch Abbildung 6).[33] Hierdurch würden auch **Resilienz und Nachhaltigkeit** der Batteriefertigung gestärkt.[34] Zudem können auch alternative Antriebsarten, wie Brennstoffzellen, dazu beitragen, Rohstoffabhängigkeiten zu verringern.

25 | Vgl. BMWi 2020a; McKinsey & Company 2019.
26 | Vgl. NPM 2019.
27 | Vgl. Tagesschau.de 2020a; Tesla 2020.
28 | Vgl. McKinsey & Company 2019; NPE 2018.
29 | Vgl. JRC 2016; VDMA 2018.
30 | Vgl. Blagoeva et al. 2020.
31 | Vgl. DERA 2020.
32 | Vgl. Automobil Industrie 2020.
33 | Vgl. acatech 2020a.
34 | Vgl. acatech 2019; EU-KOM 2019b; NPM 2019; 2020c.

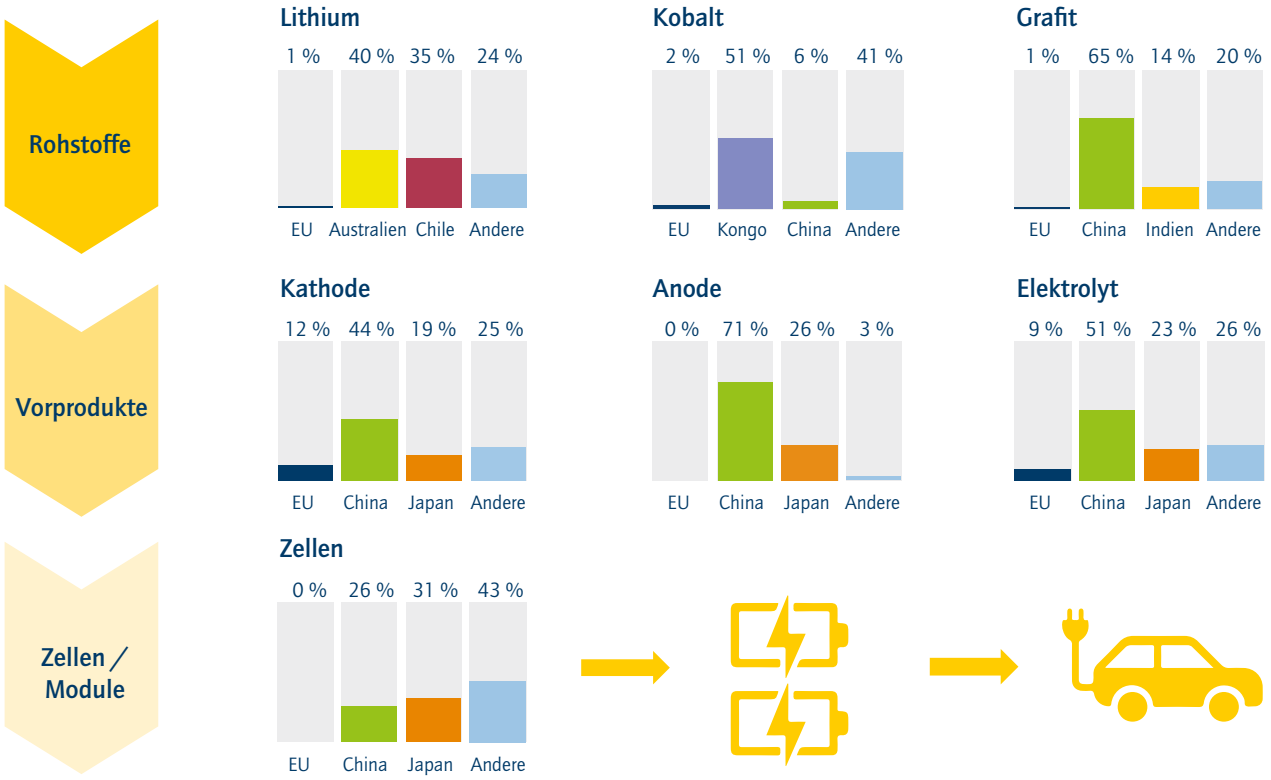


Abbildung 5: Beispiele für Abhängigkeiten von der Lieferung von Rohstoffen entlang der Wertschöpfungskette für Elektrofahrzeugbatterien (Quelle: eigene Darstellung basierend auf EU-KOM 2019a)

„Der Zugang zu den Rohstoffen sollte nicht verloren werden durch Abverkauf von Altbatterien nach China."

Bereits heute gibt es mehrere Initiativen, die sich mit diesen Themen befassen. Dazu gehören unter anderem die europäischen Batterie-IPCEI, die European Battery Alliance, die Arbeitsgruppe Traktionsbatterien der Circular Economy Initiative Deutschland sowie die AG 4 der Nationalen Plattform Mobilität.[35] Gerade für **größere Batterien** bieten sich **stationäre „Second Life"-Nutzungsoptionen** (zum Beispiel als Energiespeicher in grünen Stromnetzen) an.

Im Rahmen **deutscher und europäischer Initiativen** soll gezeigt werden, dass es möglich ist, diese Prozesse unter Berücksichtigung aller **umwelt- sowie arbeitsschutzrechtlichen Standards** durchzuführen und **gleichzeitig tragfähige Modelle zur Wertschöpfung** aufzubauen.

Neben der Weiterentwicklung der Batterierecyclingverfahren besteht auch eine große Notwendigkeit für die **Entwicklung europäischer Sammel- und Sortierinfrastrukturen für Altbatterien**. Die unterschiedlichen Prozessschritte des **Batterierecyclings** – wie Sammeln, Sortieren, mechanisches Zerlegen, Recycling – werden voraussichtlich in unterschiedlichen Anlagen stattfinden. Die Entwicklung einer entsprechenden **Infrastruktur** muss also berücksichtigt werden.

Die Befragten sprechen sich dafür aus, **bereits heute** mit der **Entwicklung und dem Aufbau** eines wirtschaftlichen und ökologischen **Kreislaufsystems für Batterien zu beginnen**. **Größere Mengen** an sekundären Rohstoffen aus dem **Batterierecycling** werden dem Markt jedoch erst in voraussichtlich **fünf bis zehn Jahren** zur Verfügung stehen, da dann viele Altbatterien am Ende ihrer ersten Nutzungsphase für den Einsatz im Fahrzeug angekommen sind.[36] Rund **zehn Prozent des Bedarfs an Batterien könnten bis zum Jahr 2030 durch recycelte Batterien abgedeckt** werden.

35 | Vgl. BMWi 2020a; CEID 2020b; EU-KOM 2020a; NPM 2020c.
36 | Vgl. NPE 2018; NPM 2020c.

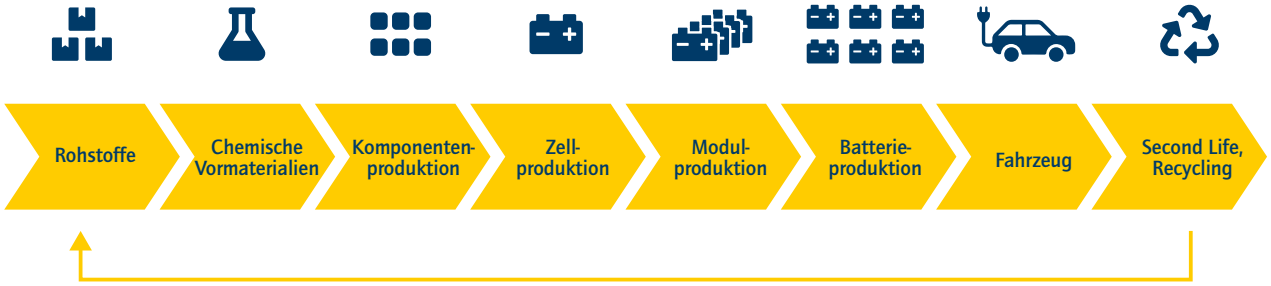


Abbildung 6: Wertschöpfungskette im Bereich Fahrzeugbatterien (Quelle: eigene Darstellung basierend auf NPM 2019)

Die von der Circular Economy Initiative Deutschland erarbeitete **Roadmap zur Implementierung einer Batterierecyclinginfrastruktur** inklusive konkreter Maßnahmenvorschläge stellt eine gute Grundlage für die Umsetzung der nächsten Schritte dar.[37]

Eine große **Herausforderung** beim Batteriezellrecycling besteht darin, dass der **Standardisierungsgrad** von Batteriezellen und Batteriekomponenten **aktuell noch sehr gering** ist. Deswegen ist im Batterierecycling derzeit noch ein hohes Maß an Handarbeit notwendig. Die mangelnde Standardisierung bedeutet auch, dass Batterien beim Recycling **in ihre einzelnen Grundstoffe zerlegt werden** müssen, da Teilkomponenten nicht als Ganzes wiederverwendet werden können. Da **Batterien** aktuell noch ein sehr **dynamisches Forschungsfeld** sind und Fahrzeugbauer durch eigene Designs Wettbewerbsvorteile zu erreichen versuchen, gehen die befragten Expertinnen und Experten nicht davon aus, dass sich in den nächsten Jahren verbindliche Standards herausbilden werden.

„Jede Batterie wird aktuell optimiert auf den jeweiligen Fahrzeugtyp. Es gibt keine einheitlichen Standards."

Damit jedoch Recycling- oder Second-Life-Ansätze realisiert werden können, sprechen sich einige der befragten Fachleute für **digitale Produktpässe** für Batterien aus. So kann **klar nachvollzogen werden**, welche **Materialien** in der jeweiligen Batterie verbaut wurden. **Voraussetzung** hierfür ist die Entwicklung von **Datenstandards** für alle Komponenten, die entlang der Wertschöpfungskette verarbeitet werden. Die Global Battery Alliance entwickelt dafür beispielsweise das Konzept eines „Battery Passports".

3.2 Chancen und Herausforderungen für eine europäische Batterieproduktion

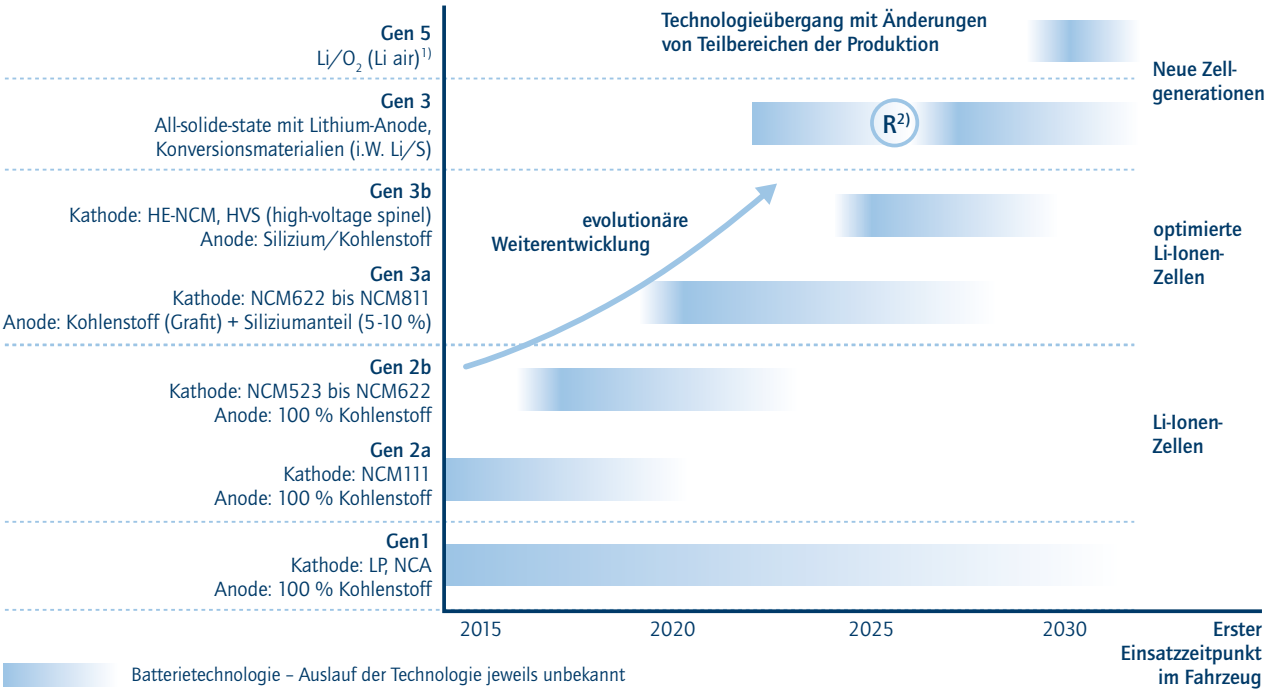
Die Förderung der Batterieproduktion in Deutschland und Europa verfolgt primär das Ziel, die **Wettbewerbsfähigkeit und Versorgungssicherheit** der Fahrzeugindustrie **vor Ort abzusichern**. Durch die verkürzten Lieferketten und die Schaffung lokaler Produktionskapazitäten sollen die Initiativen auch zur **Erhöhung der Resilienz** beitragen.

Gleichzeitig soll damit auch die globale **Lieferantendiversifizierung** gestärkt und die ökologische Nachhaltigkeit gesteigert werden.[38] Neben Traktionsbatterien gilt dies auch für Batterien in anderen hochrelevanten Feldern, zum Beispiel in der Medizintechnik oder der Robotik.

Zudem können mit einer europäischen Batterieherstellung **Lieferengpässe schneller behoben** werden.

„Es geht nicht darum, eine europäische Batterieenklave zu schaffen, sondern durch Technologieentwicklung eine globale Wettbewerbsfähigkeit herzustellen. Durch das IPCEI werden erste Pflänzchen dafür gesetzt."

37 | Vgl. CEID 2020a.
38 | Vgl. acatech et al. 2018; EU-KOM 2019a; McKinsey & Company 2019; NPE 2018.



NCM: Lithium-Nickel-Cobalt-Manganoxid, NCA: Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminiumoxid, LFP: Lithium-Eisenphosphat
1) Offene Systeme wie Li/O_2-Batterien werden für automotive Anwendungen sehr kritisch gesehen. Daher ist eine Verwendung dieser Speichersysteme für automotive Anwendungen sehr unwahrscheinlich.
2) Risiko einer früheren Marktverfügbarkeit (Quelle: acatech 2015, NPE UAG 2.2 Mitglieder, M. Weiss 2015)

Abbildung 7: Entwicklung einer Roadmap Zelltechnologie 2015 bis 2030 (Quelle: eigene Darstellung basierend auf NPE 2016)

Eine europäische **Batterieherstellung** muss auf lange Sicht **wettbewerbsfähig werden** – nur dann kann sie einen Beitrag zur **Resilienz** und **technologischen Souveränität Europas** leisten. Aktuell sind **asiatische Länder** mit ihrer **jahrzehntelangen Erfahrung** in der Batterieherstellung (einschließlich dazugehöriger Lieferketten für Batterien) wettbewerbstechnisch jedoch im **Vorteil**.[39]

Das **wissenschaftliche Know-how in Europa** über Batteriezellen ist an Universitäten, Forschungseinrichtungen und in Unternehmen **vorhanden, gerade auch für die neueren Batteriegenerationen**. Wichtig ist deshalb eine **zügige Industrialisierung und Hochskalierung** der Stückzahlen auch in Europa, damit dieses Wissen für die Entwicklung **zukünftiger Batteriezellgenerationen**, wie beispielsweise Gen 3b (siehe Abbildung 7), genutzt werden kann.[40] Die Realisierung der Produktion eines bestimmten Batteriezelltyps in großen Stückzahlen sollte mit den prognostizierten Marktbedarfen abgeglichen werden.

Für den Aufbau einer wettbewerbsfähigen Batterieproduktion und -kreislaufwirtschaft in Deutschland und Europa besteht **auf absehbare Zeit** die Notwendigkeit einer **industriepolitischen Begleitung**.[41] Nur so kann das an Forschungseinrichtungen vorhandene Wissen in eine **Kommerzialisierung und Skalierung** auf Produktionsebene überführt werden.[42] Das seit 2018 laufende sowie das im Januar 2021 von der Europäischen Kommission genehmigte **Batterie-IPCEI** werden deshalb auch von den Expertinnen und Experten als **wichtige Initiative zur Förderung einer resilienten europäischen Batterieproduktion** gesehen. Einige Befragte berichten jedoch von einem hohen bürokratischen Aufwand, der mit dem ersten Batterie-IPCEI einherging.

39 | Vgl. McKinsey & Company 2020a; NPM 2020b.
40 | Vgl. NPM 2019.
41 | Vgl. CEID 2020a; NPE 2018.
42 | Vgl. acatech et al. 2018.

Abbildung 8: Europäische Batterieförderung (Quelle: eigene Darstellung basierend auf BMWi 2020b)

Aktuell wird die **Forschung und Entwicklung von Batterien** entlang der gesamten **Wertschöpfungskette durch die EU mit 3,2 Milliarden Euro gefördert** (für beteiligte Akteure siehe Abbildung 8).[43]

Um die **Resilienz** in den europäischen Produktions- und Lieferketten für Batterien **sicherzustellen**, sollten folgende Punkte im zweiten Batterie-IPCEI und darüber hinaus mit Nachdruck verfolgt werden:

- **Materialforschung:** Verstärkte **Forschung an Materialien**, die helfen, **kritische Rohstoffe** aus geopolitisch instabilen Ländern beziehungsweise aus Quellen, bei denen ein hoher Grad an Umweltbelastung bei der Herstellung besteht, **zu ersetzen**.
- **Rohstoffpartnerschaften:** Bei nicht ersetzbaren **kritischen Rohstoffen** für die Batteriezellfertigung können Partnerschaften mit Ländern helfen, die Versorgung auch in Krisenzeiten sicherzustellen. Ein Beispiel für eine gemeinschaftliche Initiative ist das Lithium Institute eLi. Neben den im Fokus stehenden Rohstoffen **Kobalt, Kupfer, Nickel und Lithium** sehen einige Expertinnen und Experten **Naturgrafit** als oftmals übersehene, jedoch zentrale Komponente für die Batterieherstellung an.
- **Local-for-Local-Produktion:** Um Lieferketten zu verkürzen, sollten entlang möglichst vieler Stufen der Batteriezellwertschöpfung Local-for-Local-Produktionskapazitäten in Europa aufgebaut werden.
- **Produktionskapazitäten für Separatoren:** Separatoren stellen wichtige Komponenten in der Batteriezelle dar. Aktuell gibt es dafür nur noch wenige Hersteller auf dem europäischen Markt. Vorhandene Kompetenzen müssen gestärkt und ausgebaut werden.
- **Forschung an Batterie-Circular-Economy-Ansätzen:** Um die in Batterien vorhandenen Rohstoffe in Europa zu halten, wiederzuverwenden und dadurch einen höheren Grad an Unabhängigkeit zu erreichen, sollte die Forschung an Circular Economy-Konzepten weiter ausgebaut werden. Dabei müssen nicht nur technologische Ansätze, sondern auch Logistikthemen, wie das **Sammeln von Batterien**, adressiert werden.[44] Zudem wünschen sich einige Befragte auch die Stärkung von Design-for-Recycling-Ansätzen.

„Von Design-for-Recycling kann noch keine Rede sein. Da ist es noch ein weiter Weg, um zu einer Automatisierung zu kommen."

43 | Vgl. BMWi 2020b.
44 | Vgl. NPM 2020c.

4 Mikroelektronik

Viele in Fahrzeugen benötigte Mikroelektronikkomponenten werden größtenteils in Asien produziert. Regionale Krisenereignisse beziehungsweise Handelskonflikte können Fahrzeugproduzenten daher empfindlich treffen. Aus diesem Grund wäre eine weltweite Diversifizierung der Bezugsquellen wünschenswert. Dafür sollte auch das gesamte europäische Mikroelektronikökosystem – von den Design- bis hin zu Produktionskapazitäten – weiter ausgebaut werden. Dabei gilt es, europäische Stärken wie Leistungselektronik für den Fahrzeugbereich weiter auszubauen.

Die Stückzahl in Fahrzeugen verbauter Mikrochips und Halbleiter steigt kontinuierlich.[45] Diese werden für vielfältige Funktionen benötigt – von der Sicherheitstechnik über das Entertainment bis hin zur Reichweitensteigerung von Elektrofahrzeugen (siehe auch Kasten 3).

Während die **Erforschung und Entwicklung** von Halbleitern **vorrangig in Nordamerika und Asien**, teilweise auch in Europa und Israel erfolgt, findet deren **Massenproduktion fast ausschließlich in Asien** (Südkorea, Taiwan, Japan) statt – auch für viele in Nordamerika und Europa entworfene Komponenten. Knapp achtzig Prozent der weltweit produzierten Halbeiter werden in Ostasien produziert (siehe auch Abbildung 9).[46]

Eine solche geografische **Anbieterkonzentration** ist für die Resilienz der Wertschöpfungssysteme in **zweifacher Hinsicht problematisch**: Zum einen kann schon eine **örtlich beschränkte Naturkatastrophe** wie eine Überschwemmung zu großen Problemen führen, zum anderen können einseitige Lieferabhängigkeiten **bei Handelskonflikten als Druckmittel** eingesetzt werden.

Naturkatstrophen in Ostasien, wie beispielsweise das **Erdbeben in Fukushima**, haben bereits zu **Lieferengpässen** bei Mikroelektronikherstellern geführt.[47] Einige Expertinnen und Experten bemängeln in diesem Zusammenhang, dass trotz solcher Störungen und der damit verbundenen Erfahrungen **nur eine geringe Diversifizierung der Lieferketten** stattgefunden hat. Dies lag zum Teil am Mangel an Alternativen, war jedoch hauptsächlich der Tatsache geschuldet, dass **(Kosten-)Effizienz in der Produktion** – und daher ein möglichst niedriger Einkaufspreis der Halbleiterkomponenten – weiterhin als die **zentrale Zielgröße** verfolgt wurde.

Die geringe Diversifizierung der Lieferketten und die damit verbundenen Abhängigkeiten von asiatischen Herstellern sind einer der Gründe, warum es **seit Dezember 2020** weltweit zu **Lieferengpässen** für **Mikroelektronikbauteile**, vor allem für die Fahrzeugindustrie, kommt. Bei einigen Fahrzeugherstellern wie Audi, BMW, Daimler und Volkswagen hat die Nichtverfügbarkeit dieser elektronischen Kleinstkomponenten vorübergehend sogar zu **Produktionsstopps beziehungsweise -drosselungen** geführt.[48]

Hintergrund ist, dass die durch die SARS-CoV-2-Pandemie ausgelöste Wirtschaftskrise und der damit verbundene Nachfrageeinbruch an Fahrzeugen im Frühjahr 2020 zu einem drastischen Bestellrückgang an mikroelektronischen Komponenten durch OEM und Zulieferer führten. Die vorübergehend stark **gedrosselte Nachfrage** führt in Kombination mit den **langen Fertigungs- und Lieferzeiten** mikroelektronischer Komponenten von bis zu sechs Monaten und einer **überraschend schnellen Erholung der Fahrzeugbranche** nun **zeitverzögert zu einem Mangel** dieser Bauteile.[49]

Um den wirtschaftlichen Schaden zu begrenzen, haben sich deutsche Politikerinnen und Politiker bei dem größten globalen Chiphersteller TSMC für eine Priorisierung von Chips für die Fahrzeugindustrie bei der Herstellung eingesetzt.[50] Einige Fachleute befürchten jedoch, dass der **Mangel** an Chips **bis ins dritte Quartal 2021** für deutsche Fahrzeughersteller **spürbar sein könnte**.[51]

> *„Es gibt einen massiven Handlungsbedarf im Bereich Mikroelektronik."*

Neben der regionalen Clusterung in Asien ist der **Halbleitermarkt** auch **hochkonzentriert**: Der Jahresumsatz der fünf größten Halbleiterhersteller (alle nicht mit Hauptsitz in Europa) beträgt 35,5

45 | Vgl. Automobilwoche 2017.
46 | Vgl. Fraunhofer IMW 2018; McKinsey Global Institute 2020.
47 | Vgl. Foreign Policy 2020.
48 | Vgl. Die Zeit 2021; heise Online 2021; Süddeutsche Zeitung 2021.
49 | Vgl. heise Online 2021.
50 | Vgl. Wirtschaftswoche 2021.
51 | Vgl. Handelsblatt 2021.

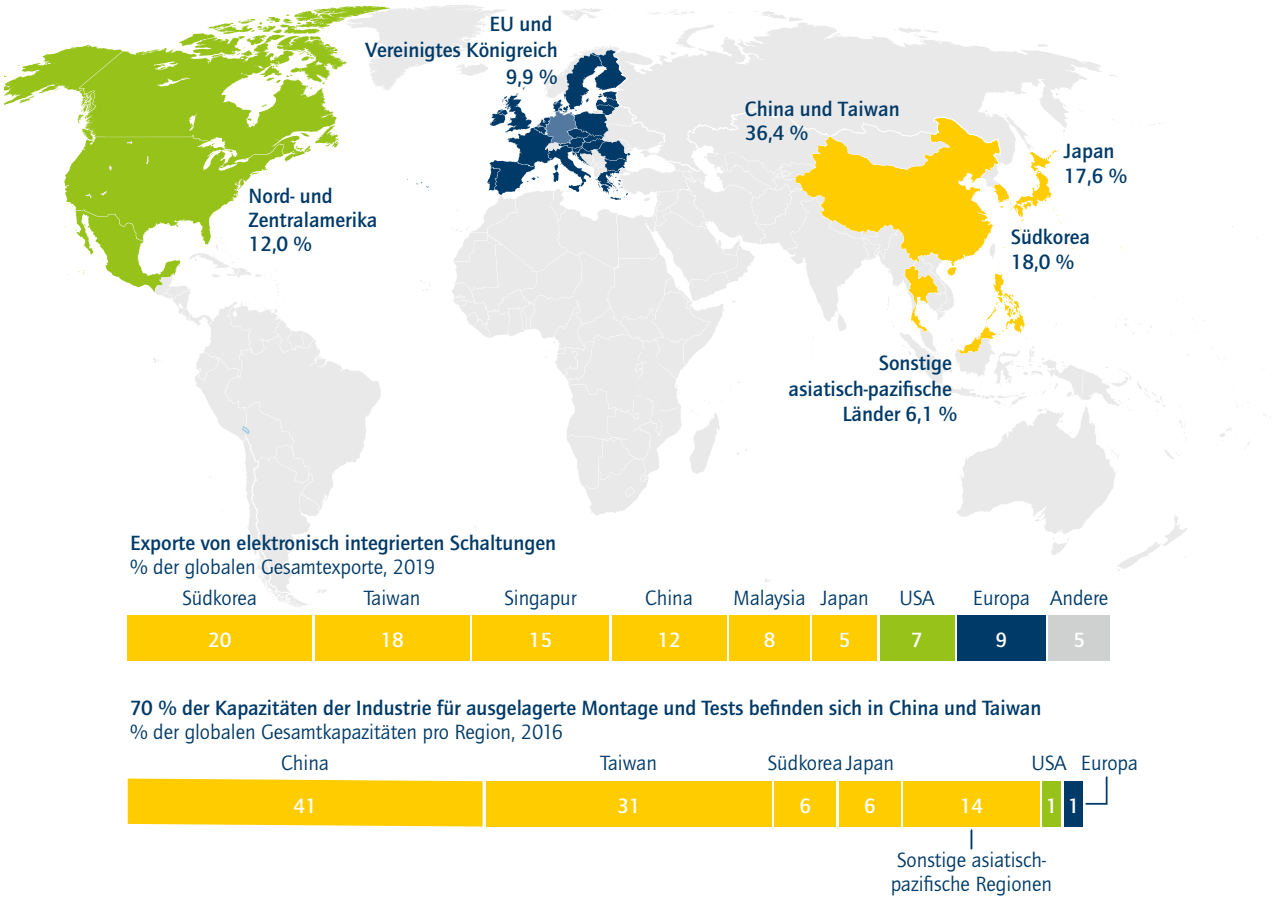


Abbildung 9: Globale Verteilung der Halbleiterproduktion: 2019 weltweit installierte Waferkapazitäten in % (Wafer pro Monat) (Quelle: eigene Darstellung basierend auf McKinsey Global Institute 2020)

Milliarden US-Dollar und ist größer als der gesamte Umsatz der 250 nächstgrößten Halbleiterproduzenten zusammen.[52] Nichtsdestotrotz gibt es auch in Europa Hersteller, die wichtige Stellen in globalen Wertschöpfungsnetzen besetzen, wie beispielsweise Bosch, Infineon und NXP.

Der **Bau von Halbleiterfertigungsanlagen**, sogenannten Fabs oder Foundries, ist äußerst kostspielig. Je nach Größe der Anlagen und der zu produzierenden Halbleiter belaufen sich allein die Kosten für den Bau auf **mehrere 100 Millionen bis über 5 Milliarden US-Dollar** (für den Bau und die Ausstattung einer 5-nm-Produktion).[53] Vor allem im Bereich der Hochleistungshalbleiter (High Performance) gibt es derzeit nur zwei Unternehmen, TSMC und Samsung, die diese für den Weltmarkt produzieren.

Leiterplatten beziehungsweise Platinen sind wichtige Basiskomponenten für Mikroelektronik. Auch hier ist der Markt **stark konzentriert**: Es befinden sich mittlerweile fast alle relevanten Hersteller in Chinas **Perlflussdelta**, während in der EU die Fertigung solcher Komponenten nahezu zum Erliegen gekommen ist.

52 | Vgl. McKinsey & Company 2020c.
53 | Vgl. Eurasia Group 2020; McKinsey & Company 2020c.

Kasten 3: Bedeutung der Halbleiter für die Zukunft der Fahrzeugindustrie

Mikrochips beziehungsweise Halbleiter sind **essenzielle Bestandteile** in modernen Fahrzeugen. Mikroelektronik ist für eine **Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen** notwendig, von der Kontrolle technischer Steuerungselemente bis hin zu Entertainmentsystemen. Durch das autonome Fahren und die zunehmende Verknüpfung von Fahrzeugen mit digitalen Anwendungen wird ein Anstieg des Bedarfs an Mikrochips beziehungsweise Halbleitertechnik prognostiziert.[54] Im **Gesamt-Halbleitermarkt** ist der **Bedarf der Fahrzeugindustrie jedoch vergleichsweise** klein – 2018 machte er zwölf Prozent aus.[55] Der Anteil der Fahrzeugindustrie am Gesamtmarkt **wächst jedoch**.[56]

Um die **Leistungsfähigkeit von Elektrofahrzeugen zu optimieren**, spielen **Halbleiter eine wichtige Rolle**. So kann etwa durch die Energieeinsparung bei der **Verwendung von Siliziumkarbidhalbleitern** eine bis zu sechs Prozent **höhere Reichweite** bei Elektrofahrzeugen erzielt werden.[57] Da dieser Technologie ein **großes Potenzial** zugesprochen wird, **regen einige Expertinnen und Experten** eine Förderung der **Siliziumkarbidhalbleiter-Produktion in Europa** an.

Für das **autonome Fahren** sind **Speicher und Prozessoren hoher Leistungsklassen** zentral. Hier bestehen aktuell Abhängigkeiten von Importen aus Nicht-EU-Ländern und einigen wenigen Herstellern. Eine **Verringerung dieser Abhängigkeit** wäre aus Resilienzgründen wünschenswert, ist in diesem Segment nach Einschätzung der Befragten auf absehbare Zeit aber **nur schwer zu realisieren**.

4.1 Mikroelektronik – im Fokus globaler Handelskonflikte

In dem sich seit einigen Jahren zuspitzenden **Handelskonflikt zwischen China und den USA** nimmt Mikroelektronik eine zentrale Rolle ein. In den **USA** haben staatlicher Druck auf den **taiwanesischen Hersteller TSMC** sowie Förderzusagen für einen nordamerikanischen Standort dazu geführt, dass TSMC die Eröffnung einer **Produktionsstätte in Arizona** verkündet hat.[58]

Auch **China** möchte die Halbleiterproduktion im eigenen Land stärker ausbauen, etwa im Rahmen des „Made in China 2025"-Plans, vor allem um sich im zuspitzenden Wettbewerb in der Halbleiterfertigung noch besser zu positionieren.[59]

Im Rahmen des **National IC Investment Fund** wurden in China **zwischen 2014 und 2019 über 200 Milliarden US-Dollar** in die Entwicklung und Produktion von Halbleiterkapazitäten investiert.[60] Einige Expertinnen und Experten vermuten, dass China aufgrund des aktuellen Handelskonflikts den Ausbau eigener Halbleiterkapazitäten auch im Hochleistungssegment mit noch mehr Nachdruck vorantreiben wird.

Sollte sich der Handelskonflikt zwischen den USA und China noch weiter zuspitzen, droht die **Gefahr**, dass sich weltweit **„blaue" (amerikanisch geprägte) und „rote" (chinesisch geprägte) Lieferketten herausbilden**.[61]

> *China wird im Aufbau einer Halbleiterposition erfolgreich sein. Wir Europäer werden zukünftig entweder von den USA oder von China abhängig sein."*

Europa läuft nach Ansicht einiger der befragten Fachleute Gefahr, hier **zwischen die Fronten zu geraten**, sollten keine eigenen Halbleiterkapazitäten in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Dies zeigt sich auch an der aktuellen **Debatte zur geplanten Übernahme von ARM durch NVIDIA**, die viele – vor allem europäische – Akteure mit großer **Sorge** sehen, da sie befürchten, dass der **Zugang zu der Technologie** unter

54 | Vgl. VDMA 2018.
55 | Vgl. Automobilwoche 2017.
56 | Vgl. Deloitte 2020c.
57 | Vgl. Next-Mobilty News 2019.
58 | Vgl. CNN 2020.
59 | Vgl. Semiconductor Engineering 2020; South China Morning Post 2020.
60 | Vgl. Eurasia Group 2020.
61 | Vgl. ebd.; MERICS 2020.

dem amerikanischen Konzern **deutlich eingeschränkt** werden könnte.[62] Open Source-basierte Ansätze wie RISC-V können hier eine Alternative eröffnen.[63]

Der **Aufbau von europäischen Fertigungskapazitäten**, die den Bezug von Halbleitern sicherstellen, die zwar unter den gewohnten Qualitätsstandards liegen, jedoch einen Mindestqualitätsstandard erfüllen (**„Good Enough"**), würde im Krisenfall ein Ausweichen ermöglichen. Aktuell sind jedoch eher abnehmende Kapazitäten und eine weitere Abwanderung zu beobachten. Zudem **fehlt es an entsprechenden Plänen** und – im Gegensatz zu den USA und China – an ausreichender Förderung, um die Halbleiterproduktion zu halten beziehungsweise auszubauen.

4.2 Mikroelektronikökosystem in Deutschland und Europa mit Fokus auf die Fahrzeugindustrie

Die meisten **europäischen Hersteller** sind Entwickler von Halbleitern ohne eigene Fertigungszentren (**„Fabless Companies"**).

In Deutschland hat sich aufgrund der **lokalen Nähe zu vielen Fahrzeugherstellern** ein fruchtbares Ökosystem gerade rund um die Entwicklung von **Mikroelektronik für den Fahrzeugbau** entwickelt (siehe Abbildung 10). Europa gehört beispielsweise bei der **Sensorik zur Weltspitze** und ist ebenfalls im Bereich **Leistungselektronik** stark.

Der **Ausbau** des deutschen **Mikroelektronikökosystems** wird von **2021 bis 2024** durch die Bundesregierung mit **400 Millionen Euro** unterstützt.[64] Der Fokus des Mikroelektronikrahmenprogramms der Bundesregierung soll dabei allgemein auf der Stärkung der technologischen Souveränität und der Nachhaltigkeit sowie im Fahrzeugbereich auf der Förderung von **Mikroelektronik für autonomes Fahren** liegen.

„In der Sensorik ist die Welt in Europa einigermaßen in Ordnung. Gänzlich anders sieht es aus in der Prozessorarchitektur."

Mit **Infineon, Bosch und Osram Semiconductors** verfügt Deutschland über **wichtige Hersteller** für Mikroelektronikkomponenten für die Fahrzeugindustrie. Darüber hinaus gibt es hierzulande auch KMU für spezialisierte Prozessschritte bei innovativen Halbleitertechnologien, wie zum Beispiel SiCrsystal (Siliziumkarbidsubstratherstellung).

Im Bereich der Mikroelektronik für **Datenverarbeitung**, vor allem für Unterhaltungselektronik, liegt Europa jedoch **deutlich abgeschlagen** hinter den nordamerikanischen und asiatischen Herstellern zurück.

In Dresden hat sich ein fruchtbares **Ökosystem für Mikroelektronik gebildet**. Dort finden sich Niederlassungen von Globalfoundries (alleiniger Anteilseigner ist die Advanced Technology Investment Company (ATIC) aus den Vereinigten Arabischen Emiraten), Infineon, Renesas sowie Bosch. Auch das Ökosystem im **Großraum Stuttgart** wurde mit dem Bau eines Siliziumkarbidhalbleiterwerks durch Bosch in Reutlingen 2019 weiter gestärkt.[65]

Im europäischen Raum sind zudem die Mikroelektronikhersteller **NXP** (Niederlande) und **STMicroelectronics** (Schweiz/Niederlande) für die Produktion von Fahrzeugelektronikkomponenten zentral. Auch amerikanische Hersteller, wie **NVIDIA** oder **Intel**, sind mit Niederlassungen in Europa gut verankert und tragen so zur Stärkung des Leistungselektronikökosystems bei.

Insgesamt gibt es nach Einschätzung der Expertinnen und Experten in Deutschland **aktuell noch ausreichend Expertise** im Bereich Mikroelektronik für den Fahrzeugbereich, die jedoch **gezielt** weiter **gestärkt werden muss**. Diese Expertise wird den Befragten zufolge auch dringend benötigt, wenn im Sinne der Diversifizierung der möglichen Bezugsquellen und der Resilienz der globalen Mikroelektronikbranche europäische Produktionsstätten auf- beziehungsweise ausgebaut werden sollen. Darüber hinaus ist auch eine Stärkung der Mikroelektronikkompetenz allgemein ratsam, da Mikroelektronik eine elementare Rolle für die zukünftige Wertschöpfung in zahlreichen Branchen weit über die Fahrzeugindustrie hinaus spielen wird.

62 | Vgl. heise Online 2020a; 2020b.
63 | Vgl. RISC-V International 2020.
64 | Vgl. BMBF 2020.
65 | Vgl. Bosch 2020.

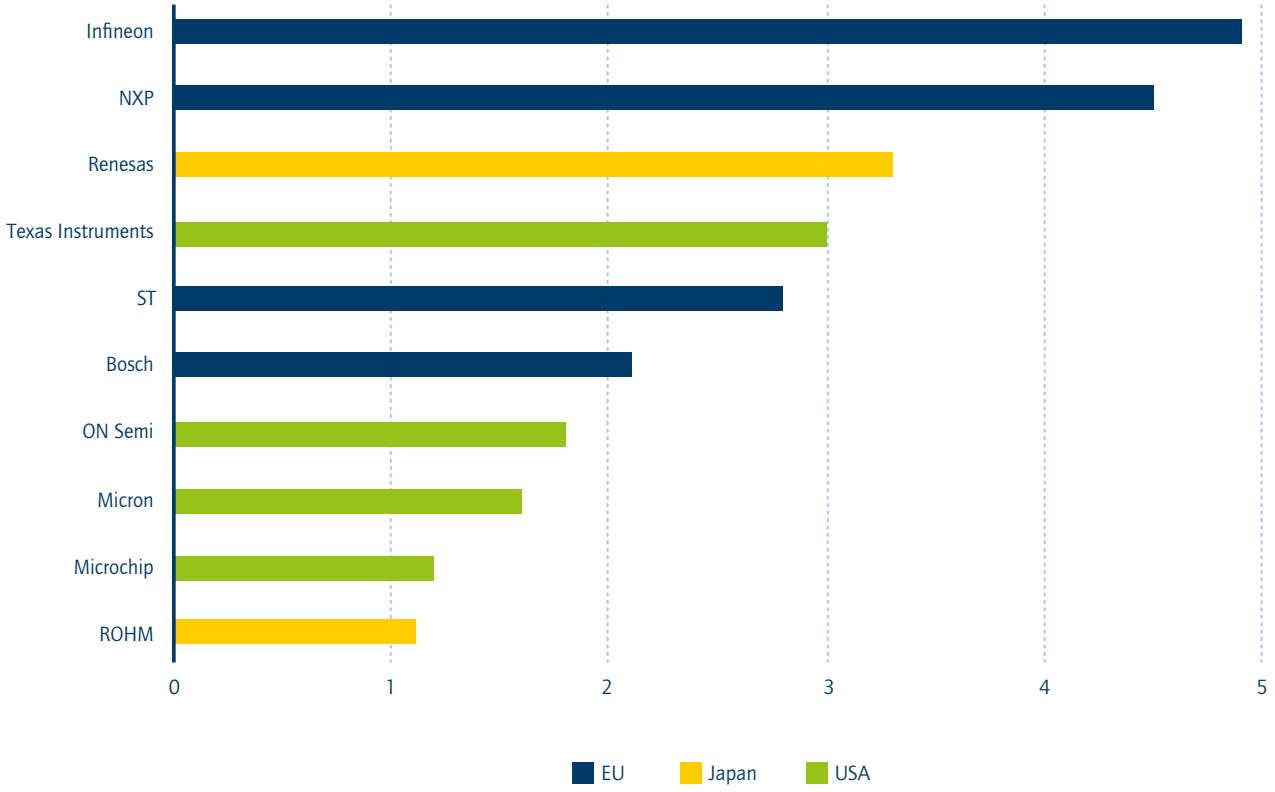


Abbildung 10: Top 10 Fahrzeugindustrie Integrated Circuit-Zulieferer 2019. Verkäufe in Milliarden US-Dollar. (Quelle: eigene Darstellung basierend auf SNV 2020)

4.3 Mikroelektronik-IPCEI

Um die vorhandene Expertise in Europa zu bündeln und zu stärken, stellt das **Mikroelektronik-IPCEI** einen **wichtigen ersten Schritt** dar.[66] Die Expertinnen und Experten begrüßen diese Initiative, halten sie allein jedoch noch nicht für ausreichend. Als Kritikpunkte beim Aufbau des Mikroelektronik-IPCEI wurden **langwierige bürokratische Verfahren** auf europäischer Ebene sowie **hohe Auflagen** der Europäischen Kommission im Bereich des **Wettbewerbsrechts** genannt. Die Befragten regen an, bei zukünftigen Fördermaßnahmen eine zügige Umsetzung mit Nachdruck zu verfolgen.

Zu den thematischen Schwerpunkten, die einer weiteren Förderung bedürfen, zählen die Bereiche Mikroelektronik für Datenverarbeitung sowie Designfähigkeiten. Die Fachleute empfehlen zudem, zu erörtern, inwiefern die **Förderung von Herstellungskapazitäten für Basismaterialien**, wie siliziumbasierte Substratherstellung oder **Leiterplatten**, zusätzlich unterstützt werden muss, um die **Resilienz** des Bereichs Mikroelektronik in Europa umfassend zu **stärken**.

„Wir sind in der Forschung gut, aber in der Fertigung abgehängt."

66 | Vgl. IPCEI on Microelectronics 2020.

Da die aktuelle Marktdynamik eher eine (weitere) Abwanderung der Halbleitermassenproduktion erwarten lässt, muss der zusätzliche **Ausbau der Halbleiterproduktion in Europa** nach Einschätzung der Expertinnen und Experten **industriepolitisch gefördert** werden.

Der Mehrwert europäischer Produktionskapazitäten liegt in der **Erhöhung der Resilienz** – sowohl im Hinblick auf eine geografische und geopolitische Diversifizierung als auch mit Blick auf eine **erhöhte Diversifizierung** auf Produktebene.

> *„Es geht nicht nur darum, Schwachstellen zu füllen, sondern zukünftig international eine starke Verhandlungsposition aufzubauen."*

Einige befragte Expertinnen und Experten befürchten jedoch, dass eine **europäische Halbleiterfertigung** keine tragfähigen Geschäftsmodelle entwickeln könnte. Obwohl der Personalbedarf in Reinraumproduktionsstätten relativ gering ist, da die meisten Prozesse automatisiert ablaufen, könnten die höheren Energie- beziehungsweise Flächenkosten in Europa den Preis für Halbleiter so beeinflussen, dass diese international nicht wettbewerbsfähig sind. Vor allem im Bereich der sehr günstigen Halbleiter, die in großer Menge gefertigt werden, ist der Kostendruck enorm. **Bessere Chancen** – jedoch sind sich die Befragten auch hier nicht einig – werden der Produktion **hochspezialisierter Halbleiter** zugeschrieben. Vor dem Hintergrund der Chiplieferengpässe seit Dezember 2020 mehren sich die Stimmen, die sich für den Bau europäischer Produktionskapazitäten aussprechen.[67]

Die **bestehenden Stärken**, vor allem in der **Leistungselektronik**, sollten weiter **ausgebaut** und **Mikroelektronikbestandteile**, die zentral sind für **zukünftige Mobilitätsformen** wie Elektromobilität, auch in Europa verstärkt entwickelt und produziert werden.

Dafür ist eine weitere **Förderung von Mikroelektronik im Rahmen eines zweiten IPCEI** notwendig. Die **Einbindung außereuropäischer Unternehmen** wird dabei von vielen Befragten ausdrücklich gewünscht, um von ihrer Expertise profitieren zu können.

Wenn durch die gezielte Förderung von Mikroelektronik die Marktführerschaft in einigen Bereichen sichergestellt werden könnte, böte dies auch eine **gestärkte Verhandlungsposition** im Falle von Handelskonflikten, was zusätzlich zur Steigerung der Resilienz beitragen würde.

Da die Fahrzeugindustrie aktuell nur rund zwölf Prozent des Halbleitermarkts ausmacht, regen die Expertinnen und Experten dazu an, die Bedarfe der Fahrzeugindustrie mit denen **weiterer Industriesektoren** abzugleichen, damit ein **branchenübergreifendes Bild** über die **Bedarfe** für eine **europäische Mikroelektronikproduktion** gezeichnet werden kann. Hierzu führt beispielsweise die Forschungsfabrik Mikroelektronik Marktanalysen durch.

67 | Vgl. heise Online 2021.

5 Daten

Daten sind die Grundlage für Geschäftsmodelle der Mobilität der Zukunft und elementar für die Schaffung von Transparenz – und damit Resilienz – in den Produktions- und Lieferketten der Fahrzeugindustrie. Um im Krisenfall handlungsfähig bleiben zu können, müssen Daten stets sicher, integer, zugänglich und teilbar sein. Um zukünftige datenbasierte Wertschöpfung in Europa zu ermöglichen, müssen GAIA-X und darauf aufbauende sichere Datenräume mit einheitlichen Standards und Schnittstellen rasch verwirklicht werden.

Ein **steigender Anteil der Wertschöpfung** im Automobilsektor spielt sich **auf digitaler Ebene** ab. Diese Entwicklung wird sich zukünftig durch Trends wie **Mobility-as-a-Service**,[68] vernetzte Entertainmentsysteme im Fahrzeug und vor allem das **autonome und automatisierte Fahren** weiter **beschleunigen**.[69]

Diese Entwicklung wirft **Fragen hinsichtlich der Resilienz** und Absicherung einer zunehmend digitalisierten und datengetriebenen Wertschöpfung auf. Zentrale Punkte sind dabei die **Sicherheit** der Daten, der mögliche **Zugriff** auf Daten auch in Krisenzeiten sowie strategische Fragen der **Datenhoheit**, vor allem bei datengetriebenen Geschäftsmodellen.

Zu den zentralen **Schockereignissen** im Bereich der datengetriebenen Wertschöpfung zählen **Cyberangriffe**, **die gezielt** Systeme der Fahrzeughersteller (Software) oder zentrale **Elemente der IKT-Infrastruktur** (Hardware) attackieren. Dabei wird deutlich, dass Resilienz in der (realen) Wertschöpfung auch zunehmend von **Aspekten der Cybersicherheit abhängt**.[70]

Die **SARS-CoV-2-Pandemie** hat bei der Digitalisierung in Unternehmen wie ein Brennglas gewirkt und vergangene **Versäumnisse offengelegt**. In fast allen Unternehmen hat die Pandemie zu einer **verstärkten Nutzung digitaler Arbeitsweisen und Systeme** geführt, die in den meisten Fällen auch nach der Krise beibehalten beziehungsweise weiter ausgebaut werden soll.[71] Die Expertinnen und Experten begrüßen diese Entwicklung grundsätzlich, sind aber der Meinung, dass man sich auch der **möglichen Risiken**, die mit Daten einhergehen (zum Beispiel im Falle eines Cyberangriffs), **bewusst sein sollte**.[72]

5.1 Herausforderungen bei der Datensicherheit und Datenverfügbarkeit

Für alle Akteure der Fahrzeugindustrie ist es von zentraler Bedeutung, dass **sensible Daten auch bei Krisenereignissen geschützt** sind und der kontinuierliche **Zugriff** auf sie **gewährleistet** bleibt. Darüber hinaus ist auch die **Absicherung der Datenqualität und integrität** von großer Wichtigkeit, um im Krisenfall handlungsfähig zu bleiben.

> *„Echtzeitdaten sind Gold wert für die Steigerung der Resilienz."*

In den komplexen Wertschöpfungssystemen der Fahrzeugindustrie müssen die Herausforderungen der Datensicherheit auf **unterschiedlichen Ebenen** betrachtet und jeweils Antworten gefunden werden:

- **Im Fahrzeug:** Bei jeder Nutzung fällt eine Vielzahl von Daten an, unter anderem bei technischen Sensoren, Entertainmentsystemen sowie der assistierten Steuerung. Die Software und die dazugehörige Hardware im Fahrzeug werden vor der Übergabe an die Kundin beziehungsweise den Kunden – wie alle anderen Teile des Fahrzeugs auch – umfassenden Stresstests unterzogen, um ihre Sicherheit zu gewährleisten. Die **Produktlebenszyklen** von Fahrzeugen liegen bei sieben Jahren, Fahrzeuge werden in der Praxis jedoch oft noch deutlich länger genutzt. Sicherheit und Funktionsfähigkeit vernetzter digitaler Systeme müssen daher über **lange Zeiträume** aktiv vom Hersteller aufrechterhalten werden.[73]

68 | Aufgrund eines gesteigerten Sicherheitsbedürfnisses im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie erfährt der Individualverkehr (Pkw – sowohl Privatbesitz als auch Shared-Mobility-Optionen – sowie Fahrrad) aktuell eine höhere Wertschätzung. Es ist unklar, ob dies auch langfristig eine Auswirkung auf die Geschwindigkeit der Einführung von Mobility-as-a-Service-Ansätzen haben wird.
69 | Vgl. BCG 2020b; Deloitte 2020b; IPE et al. 2019.
70 | Vgl. World Bank 2020.
71 | Vgl. BDA/Microsoft 2020; McKinsey & Company 2020b.
72 | Vgl. acatech 2021.
73 | Vgl. Accenture 2018.

Um vor allem **hochsensible Daten** vor dem ungewünschten Zugriff Dritter zu schützen, sind **separate Datenströme** von hoher Wichtigkeit. Als **Abgrenzungskriterium** muss die **Kritikalität** des jeweiligen Datenstroms betrachtet werden. In der Absicherung hochsensibler Daten im Fahrzeug vor dem unberechtigten Zugriff Dritter und der **nachvollziehbaren Zugänglichmachung** sehen die Expertinnen und Experten einen möglichen Anwendungsbereich für Blockchain-Ansätze.

- **Im Unternehmen:** In der Produktion können **Industrie 4.0-Ansätze** helfen, Effizienz mit Resilienz zu verbinden. So können Daten die Resilienz der Produktionskette stärken, indem zum Beispiel maschinenintegrierte Sensoren in den Produktionsstätten der OEMs oder Zulieferer kontinuierlich Daten liefern, die durch **KI-basierte Auswertung** frühzeitig untypisches Verhalten von Maschinen melden. Dadurch können **Anlagen frühzeitig geprüft und gegebenenfalls gewartet** werden, bevor es überhaupt zu einem Ausfall kommt.[74]
  Um zukünftig möglichst flexibel auf Veränderungen der Nachfrage reagieren zu können, regen einige Fachleute an, mittel- und langfristig die gängigen, relativ **starren Produktionslinien durch flexiblere softwaregetriebene Industrie 4.0-Produktionsverfahren zu ersetzen**.
  Expertinnen und Experten berichten, dass **trotz Sicherheitsbedenken** in der aktuellen Pandemie die abrupte Umstellung vieler Mitarbeitender auf **Home Office** im Frühjahr 2020 erstaunlich gut funktioniert hat und **keine größeren IT-Zwischenfälle** zu verzeichnen waren. Nichtsdestotrotz stufen alle Befragten die **Befähigung von Mitarbeitenden bezüglich IT-Sicherheit** als wichtig ein.
- **Im Austausch mit Kundinnen und Kunden beziehungsweise Geschäftspartnern:** In der Fahrzeugindustrie sind komplexe und vielschichtige Lieferketten die Regel, weshalb die Digitalisierung von Lieferketten helfen kann, durch die Beseitigung von Medienbrüchen und einen erleichterten Informationsaustausch die Transparenz zu erhöhen.[75]
  Damit werden aber **Blackouts** (Stromausfälle sowie Ausfälle der digitalen Kommunikationsinfrastruktur) zu größeren Gefahren in **digitalisierten Lieferketten**, da sie Dutzende Unternehmen gleichzeitig empfindlich stören können.[76]
  Gerade **sensible Daten** gilt es **vor externen Zugriffen** zu **schützen**. Um die Sicherheit der Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu gewährleisten, wird Cyber-Security branchenübergreifend zukünftig eine noch wichtigere Rolle spielen müssen.
  Der digitale Austausch sowie die Nutzung sensibler Daten sollten **vorrangig auf europäischen Plattformen** stattfinden, um einen möglichst hohen Sicherheitsgrad der Daten zu gewährleisten. Über **Rahmenbedingungen** zur bestmöglichen **Nutzung von Daten** im Interesse aller gibt es bereits gute **Vorüberlegungen**, auf die aufgebaut werden kann.[77]

Die im Rahmen von GAIA-X stattfindenden **Standardisierungsverfahren** begrüßen die Expertinnen und Experten vor allem auch, weil wichtige amerikanische Hyperscaler miteingebunden sind. Falls keine einvernehmliche Standardfindung möglich ist, könnte eine **Konformität zu Vorgaben** von staatlicher Seite vorgegeben werden, so wie es aktuell bereits in anderen Wirtschaftsräumen (China, USA) der Fall ist. Durch **standardisierte Schnittstellen** und die Gewährleistung von **Interoperabilität** erhoffen sich die Befragten zugleich einen Schub für das Aufwachsen europäischer Anbieter.

Andere Expertinnen und Experten hingegen befürworten zwar prinzipiell den Aufbau europäischer Plattformen, **befürchten** jedoch, dass diese hinsichtlich ihrer **Benutzerfreundlichkeit** und Leistungsfähigkeit **hinter** den normalerweise verwendeten **nordamerikanischen Datenplattenformen zurückliegen** und deshalb nur in Krisenfällen Einsatz finden werden.

5.2 Geschäftsmodelle und Datenhoheit

Die befragten Expertinnen und Experten warnen vor den **Auswirkungen** einer sich zuspitzenden **geopolitischen Blockbildung**, vor allem zwischen China und den USA, auf datenbasierte Geschäftsmodelle. Für Europa besteht die Gefahr, dass der **Zugriff auf Daten** in bestimmten Märkten **beschränkt** wird beziehungsweise dass es zu Ausschlüssen aus Datenökosystemen kommt.

74 | Vgl. acatech 2020b.
75 | Vgl. Accenture 2018.
76 | Vgl. ESYS 2021.
77 | Vgl. Datenethikkommission 2019.

Auch wenn der Bereich der industriellen Software aktuell nicht betroffen ist, ist am Beispiel der App TikTok[78] eindrücklich zu sehen, wie schnell geopolitische Spannungen Auswirkungen auf digitale Geschäftsmodelle haben können.[79] **Bereits heute** ist zum Beispiel die **Nutzung beziehungsweise Ausfuhr von Daten** aus einigen Wirtschaftsräumen **stark reguliert**.[80]

> *„Wir müssen uns fragen: Wen lassen wir wie weit ins Fahrzeug hinein?"*

Die Befragten warnen auch vor der **Gefahr** noch stärkerer **Abhängigkeiten** von **internationalen Softwareanbietern**. Der Markt wird größtenteils von amerikanischen Anbietern dominiert, mit SAP verfügt Deutschland jedoch über einen wichtigen globalen Player.[81] Gleichzeitig nehmen einige Expertinnen und Experten in **OEMs** den **Trend** wahr, dass gezielt **hausinterne Expertise im Bereich Software** aufgebaut wird.

Gerade für **zukünftige Mobilitätskonzepte**, wie das autonome Fahren, ist es aus Resilienzgründen wichtig, dass **Klarheit** dahingehend geschaffen wird, wer die **Datenhoheit über die unterschiedlichen** durch das Fahrzeug produzierten **Daten** besitzt: die Fahrerin beziehungsweise der Fahrer? Der OEM? Oder das Softwareunternehmen, mit dessen Software die Daten genutzt werden? Nur durch klare Verhältnisse lässt sich im Krisenfall der Zugriff auf die Daten eindeutig absichern. Gerade weil meistens verschiedene **internationale Unternehmen** beteiligt sind, sind **internationale Standards wünschenswert**; alternativ bedarf es vertraglicher Festlegungen.

Die Hoheit über die für **Fahrzeugsicherheit** relevanten Datenströme sollte **beim jeweiligen Fahrzeughersteller** bleiben.[82] Dieser soll dann wiederum den **Zugang zu den Daten für berechtigte Dritte gewährleisten – diskriminierungsfrei** und sicher. Nach Einschätzung von Expertinnen und Experten müssen **kritische Kontrollpunkte in der Datenwertschöpfung besetzt werden**, um sicherzustellen, dass Geschäftsmodelle deutscher OEM im Krisenfall nicht empfindlich getroffen werden.

Unterschiedliche Datenregelungen in verschiedenen Wirtschaftsräumen stellen eine zusätzliche Herausforderung für die Entwicklung digitaler und datenbasierter Geschäftsmodelle dar. Durch zu **viele regionalspezifische Lösungen** besteht die **Gefahr einer Fragmentierung der Systeme**. Diese würde für Unternehmen eine höhere Vulnerabilität gepaart mit einem höheren Entwicklungsaufwand bedeuten.

Für die bestmögliche Nutzung von Daten fordern die Expertinnen und Experten deswegen eine **Interoperabilität** zumindest auf **europäischem Raum**, zum Beispiel zwischen verschiedenen Kunden-Apps.[83] Mittel- und langfristig wünschen sie sich **einheitliche Datenschnittstellen** sowie insgesamt einen höheren Grad der Standardisierung im Bereich Daten.

Die **großen Datenmengen**, die in Europa im Bereich Mobilität anfallen, sollten jedoch trotz der möglichen Gefahren **unbedingt genutzt werden**, da sie einen **Mehrwert für viele Akteure** der Wertschöpfungskette darstellen und die Grundlage für neue datenbasierte Geschäftsmodelle sein können. Auch die Schaffung von sicheren **Datenräumen**, zum Beispiel für Logistik oder Mobilität, wäre ein Zugewinn für die Branche und würde helfen, die Vernetzung verschiedener Akteure sowie den Zugang zu Daten und Technologien voranzutreiben. Die Schaffung von Datenräumen wird auch von den Teilnehmenden der Konzertierten Aktion Mobilität gefordert.[84]

5.3 Voraussetzung für mehr Resilienz im Datenkontext

Die **Schaffung resilienter Lösungen** im Bereich Daten ist eine Aufgabe, die **vorrangig bei den Unternehmen** selbst liegt. **Politik und Forschung** können diesen Prozess jedoch mit **förder-**

78 | 2020 drohte Ex-Präsident Donald Trump mit einer Verbannung der App TikTok aus amerikanischen App Stores, da er der chinesischen Betreiberfirma ByteDance eine Weitergabe der Daten an chinesische Behörden vorwarf. Nur durch eine angekündigte Übernahme von zwanzig Prozent der Geschäftsanteile durch die Unternehmen Walmart und Oracle konnte TikTok vorerst weiter auf dem amerikanischen Markt angeboten werden. Eine richterliche Anordnung garantiert derzeit den Zugang zu TikTok in amerikansichen App Stores. Zum Stand Februar 2021 war unklar, wie Präsident Joseph Biden in diesem Fall weiter vorzugehen plant.

79 | Vgl. Handelsblatt 2020; Tagesschau.de 2020b.

80 | Vgl. MERICS/EUCCC 2020.

81 | Vgl. Forbes 2020.

82 | Vgl. Accenture 2018.

83 | Vgl. NPM 2020a.

84 | Vgl. acatech 2020b; BReg 2020b.

lichen Maßnahmen begleiten. Eine Grundvoraussetzung für datengetriebene Ansätze ist die Verfügbarkeit der entsprechenden **digitalen Infrastruktur** (Glasfaser, 5G etc.). Die Befragten benennen die nachfolgenden Punkte als besonders zentral für die Steigerung der Resilienz im Umgang mit Daten beziehungsweise für digitale und datenbasierte Geschäftsmodelle:

- **Standardisierung und europäische Datenplattformen:** Die bereits laufenden Initiativen zu dem **Datenraum Mobilität** und zu **GAIA-X** sowie Ideen für Datenräume für die **Produktion und Lieferketten** wurden von den Befragten ausdrücklich begrüßt.[85] Zentral ist dabei die **Herausbildung von Standards und einheitlichen Schnittstellen**, die auch in Krisensituationen für die Resilienz wichtig sind. Die Politik sollte eine zentrale Rolle beim Vorantreiben der Plattformen sowie bei der Standardisierung einnehmen. Mittelfristig müssen die Plattformen wirtschaftsgetrieben tragfähig sein.
- **Verfügbarmachung von Daten:** Durch öffentlich verfügbare Daten können die Transparenz von Prozessen und Abläufen und somit die Resilienz gesteigert werden. Die Verabschiedung der EU-Richtlinie für Lösungen über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors 2019 wird von den Befragten begrüßt.[86] Abschließend zu klären ist jedoch noch, welche Daten im Mobilitätsbereich öffentlich verfügbar gemacht werden.
- **Durchführung freiwilliger Stresstests:** Die Expertinnen und Experten beschreiben die **enge Zusammenarbeit** mit den **Behörden** sowie die gemeinsame Erarbeitung und Durchführung von **Stresstests und Risikoszenarien** als elementar für die Sicherung der Resilienz in den datengetriebenen Bereichen der Wertschöpfungssysteme. Wichtig ist, dass die Stresstests regelmäßig aktualisiert und ausgeführt werden.[87] Als **verbesserungswürdig** erachten die Befragten den **Austausch verschiedener Unternehmen** innerhalb des Wertschöpfungssystems über mögliche Bedrohungsszenarien.
- **Weiterentwicklung von Datensicherheitskonzepten:** Zusammen mit allen relevanten Akteuren entlang der (digitalen) Lieferkette sollen Datensicherheitskonzepte (weiter-)entwickelt werden, die zum Beispiel die einheitliche Erhebung, Verarbeitung und Nutzung sensibler Daten regeln. Dies setzt die Festlegung gemeinsamer und unternehmensübergreifender **Standards** voraus. Perspektivisch sollten idealerweise globale, zumindest aber europäische Standards entwickelt werden.
- **Stärkung europäischer Softwareentwicklung:** Um möglichst umfassende Resilienz im Bereich Daten in Deutschland und Europa abzusichern, muss auch die heimische Softwareentwicklung weiter gestärkt und idealerweise ausgebaut werden. Neben dem Minimalziel, dem Erhalt bestehender **Kompetenzen**, wünschen sich die Expertinnen und Experten eine stärkere europäische Softwarelandschaft, die auch global zur **Diversifizierung des Anbieterspektrums** beiträgt.
- **Mindset-Wandel:** Die Expertinnen und Experten sind der Meinung, dass **Trust Management und Data Governance** bei Plattformen ebenso wichtige Faktoren sind wie die zugrunde liegende Technologie. Um das Potenzial von Daten zur Steigerung sowohl der Resilienz als auch der Nachhaltigkeit nutzen zu können, ist es wichtig, dass branchenübergreifend **alle Akteure den Mehrwert des Datenteilens verstehen** und dass sie bereit sind, dies in einem vertrauenswürdigen Umfeld zu tun.

85 | Vgl. BMWi 2020c; FhG 2020; NPM 2020a.
86 | Vgl. EP 2019.
87 | Vgl. acatech 2021.

6 Ansätze zur Steigerung der Resilienz in der Fahrzeugindustrie

Im Folgenden werden die in den Experteninterviews und im Rahmen der Hintergrundrecherchen als zentral identifizierten **Ansätze zur Steigerung der Resilienz** in den Wertschöpfungssystemen der Fahrzeugindustrie (siehe Abbildung 11) **skizziert**. Für eine Diskussion sektorübergreifender Ansätze, die selbstverständlich auch in der Fahrzeugindustrie Anwendung finden sollten, siehe acatech IMPULS *Resilienz als Gestaltungsziel von Wertschöpfungsnetzwerken und Lieferketten.*[88]

6.1 Fahrzeugindustrie allgemein

- **Auslegung des Kartellrechts:** Im laufenden **Konsultationsprozess zu den EU-Wettbewerbsregeln** für horizontale Vereinbarungen zwischen Unternehmen sollte die deutsche Regierung darauf hinwirken, dass auf europäischer Ebene eine Änderung der Amtspraxis im Kartellrecht umgesetzt wird. So sollte überprüft und klargestellt werden, in welchen konkreten Fällen, zum Beispiel bei drohender Insolvenz eines Zulieferers, und in welchem Rahmen Absprachen mit Wettbewerbern erlaubt sind, sodass in Krisen branchenrelevante Akteure – und damit Produktions- und Lieferketten – gestützt werden können. Ebenso sollte allgemein festgelegt werden, welche Ausnahmeregelungen im Kartellrecht auch in zukünftigen Krisensituationen greifen sollen. Zudem sollte Klarheit geschaffen werden, wann vorwettbewerbliche Kooperationen möglich sind, um diese für Akteure in einem rechtlich klar abgesteckten Rahmen zu vereinfachen.
- **Vorwettbewerbliche Kooperation:** Damit die Fahrzeugindustrie auch zukünftig innovativ und wettbewerbsfähig bleiben kann, bedarf es bei einigen **Themen einer verstärkten branchenübergreifenden Zusammenarbeit**. Ob diese Zusammenarbeit möglich ist, ist im Rahmen des geltenden Wettbewerbsrechts aus Sicht der Unternehmen jedoch nicht immer eindeutig bestimmbar. Durch die **Einrichtung sogenannter „Safe Harbours"**[89] könnte diese Problematik entschärft werden. So könnte vorwettbewerbliche Zusammenarbeit bei bestimmten Themen für eine festgelegte Anzahl an Jahren oder bis zu einem festgelegten Forschungsvolumen oder auch im Rahmen geförderter Reallabore ermöglicht werden, zum Beispiel für die Entwicklung sicherer Kommunikationsinfrastrukturen bei autonomen Fahrzeugen.
- **Produktionssysteme:** Eine **Flexibilisierung** der eigenen Produktionskapazitäten trägt in hohem Maße zur Resilienz innerhalb der unternehmenseigenen Werke bei.
  - Beispiel 1: Die Einführung von **Matrix-Produktionsanlagen** bietet die Möglichkeit, den Ausfall einzelner Module leichter zu kompensieren und zudem flexibel und bedarfsgerecht zu produzieren.
  - Beispiel 2: **Digitale Zwillinge der Produktionssysteme und -anlagen** können Unternehmen im Krisenfall bei der Umstellung ihrer Produktionsverfahren helfen sowie insgesamt die Flexibilität steigern.

6.2 Batterien

- **Circular Economy-Ansätze und Second-Life-Nutzung:** Um die **Abhängigkeit von Importen kritischer Rohstoffe** (wie Kobalt, Kupfer, Lithium, Nickel) zu reduzieren, sollten Ansätze zur **Kreislaufführung** von Batterien, die zur zirkulären Nutzung von Rohstoffen innerhalb Deutschlands und Europas beitragen, gefördert werden. Zudem sollten **alternative Nutzungsformen für Altbatterien**, zum Beispiel als Energiespeicher, unterstützt werden. Neben der Optimierung bestehender Recyclingansätze müssen auch Konzepte zum Einsammeln, Überprüfen und Sortieren von Batteriezellen am Ende des Primärnutzungs- oder gegebenenfalls Sekundärnutzungszyklus entwickelt werden. Auch Ansätze für die Verwendung alternativer, weniger kritischer Rohstoffe sollten gefördert werden.
- **Förderliche Rahmenbedingungen:** Neben technischen Innovationen müssen passende **Rahmenbedingungen** geschaffen werden, die ein Batterierecycling beziehungsweise Second Life von Batterien vereinfachen:
  - **Klärung des rechtlichen Status für End-of-Life-Batterien:** Aktuell unterliegen diese dem Abfallnutzungsgesetz, und die Überführung in Wiederaufbereitungsanlagen ist derzeit nur mit Sondergenehmigungen möglich. Diese Empfehlung gilt nicht nur für Batterien, sondern betrifft eine allgemeine rechtliche Grauzone, die derzeit noch bei Circular Economy-Prozessen besteht.

88 | Vgl. acatech 2021.

89 | „Safe Harbours" bezeichnen in diesem Zusammenhang klar definierte regulatorische Anpassungen über einen bestimmten Zeitraum, um konkrete Projekte mit unterschiedlichen Projektpartnern vorantreiben zu können, ohne dass zum Beispiel kartellrechtliche Konsequenzen zu fürchten sind.

Abbildung 11: Handlungsfelder für die Fahrzeugindustrie (Quelle: eigene Darstellung)

  - **Anpassung der Batterierecyclingvorgaben: Recyclingquoten** sollen auf **Elementebene** vorgegeben werden (anstatt eines Gewichtprozentsatzes der Batterie als Vorgabe). Hierdurch würden nicht nur die Komponenten, die möglichst einfach zu recyceln sind und ein hohes Gewicht haben, primär recycelt werden, sondern es könnte die gezielte Wiederaufbereitung und Nutzung vieler verschiedener Elemente bewirkt werden.
  - **Design-for-Recycling-Ansätze entwickeln:** Diese würden das Recycling von Batterien am Ende ihrer Primärnutzung für die Zerlegung und Wiederaufbereitung deutlich vereinfachen.
  - **Digitale Produktpässe:** Diese ermöglichen eine Nachvollziehbarkeit verbauter Komponenten und Rohstoffe. Derartige Informationen können die adäquate Nutzung im Second Life sicherstellen beziehungsweise Transparenz für das Recycling schaffen.
- **Aufmerksamkeit für kritische Komponenten:** Bei der zukünftigen Forschungsförderung von Batterien sollte die **Kritikalität von Komponenten** entlang der gesamten Wertschöpfungskette **untersucht werden**. In Expertengesprächen wurden **Naturgrafit und Separatoren** als zentrale Komponenten für die Wertschöpfung von Batterien identifiziert, bei denen ein Ausbau europäischer Herstellungskapazitäten wünschenswert wäre.
- **Reallabor zur Förderung eines Batteriekreislaufsystems:** Ein Reallabor bietet die Chance, sowohl technische Lösungen und **Infrastrukturfragen** (vor allem Logistikkonzepte zum Sammeln sowie automatisierte Demontageansätze) als auch regulatorische **Rahmenbedingungen** für die einzelnen Schritte eines europäischen Batteriekreislaufsystems voranzutreiben beziehungsweise zu erproben. Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik können in diesem Rahmen **Geschäftsmodelle** zur Kommerzialisierung von Batteriekreislaufsystemen und zum Einsatz von Rezyklaten entwickeln und dabei gleichzeitig **noch offene Umweltschutz-, Sicherheits- sowie Arbeitsschutzfragen adressieren**. Auch die Rückverfolgbarkeit einzelner Bestandteile durch digitale Ansätze könnte in diesem Rahmen weiter verbessert werden. Durch die Klärung regulatorischer Fragen im Rahmen eines Reallabors kann der **Technologietransfer** in Pilotanlagen und in die Anwendung **beschleunigt** werden.

  Zur Klärung dieser Fragen sowie zur Erprobung zukunftsfähiger europäischer Kreislaufgeschäftsmodelle bildet die **Stärkung von Reallaboren auf EU-Ebene** eine gute Grundlage.[90]

90 | Vgl. BMWi 2020d.

6.3 Mikroelektronik

- **Stärkung des europäischen Ökosystems:** Um die **Herstellerbasis zu erweitern** und resilientere Produktions- und Lieferketten im Bereich Mikroelektronik in Europa voranzutreiben, bedarf es einer weiteren Stärkung des Mikroelektroniköko-systems in Europa. Neben der Absicherung bestehender Kompetenzen sollten deshalb im Rahmen eines **zweiten Mikroelektronik-IPCEI** auch Fehlstellen adressiert und bestehende Stärken (zum Beispiel in der Fahrzeugmikroelektronik) weiter ausgebaut werden.
- **Ausbau von Chipfertigungskapazitäten:** Aus Resilienzgründen wären Fertigungskapazitäten für Mikroelektronik in Europa wünschenswert. Es gilt zu klären, ob diese nach einer initiativen Förderung selbstständig wirtschaftlich tragfähig wären. Eine Analyse der **Bedarfsprognosen und die Prüfung eines Business Case** müssen die Grundlage bilden für die Entscheidung, ob – und wenn ja, welche – Produktionskapazitäten in Europa aufgebaut werden sollten. Denkbar wären hier auch Public-Private-Partnership-Modelle mit etablierten Herstellern. Basis hierfür ist die langfristige Sicherstellung von Forschung auf hohem Niveau. Da die **Bedarfe der Fahrzeugindustrie** nur einen begrenzten Teil der Halbleiterwertschöpfung ausmachen, müssen sie mit den **Bedarfen anderer Kernbranchen** abgeglichen beziehungsweise muss klar identifiziert werden, worauf in der Produktion Prioritäten (zum Beispiel Leistungselektronik) gelegt werden sollen.

6.4 Daten

- **Plattformen:** Damit datengestützte Wertschöpfung in Europa in einem sicheren Rahmen stattfinden kann, sollte der Aufbau offener, föderierter, sicherer und vertrauenswürdiger **europäischer Plattformen zügig vorangetrieben** werden. Laufende Standardisierungsprozesse zum Beispiel im Rahmen von **GAIA-X** werden **begrüßt**, sollten jedoch schnell konkrete Ergebnisse bringen. Prozesse der **Standardisierung** sollten weiterhin politisch begleitet werden. Wichtig ist, dass verbindliche Standards für in- und ausländische Anbieter festgelegt und **offene Schnittstellen** entwickelt werden. Auch die **Interoperabilität** muss gewährleistet sein. Zudem müssen die auf GAIA-X-Standards aufbauenden Plattformen **anwenderfreundlich** sein, damit Nutzerinnen und Nutzer gewogen bleiben und nicht auf andere Hyperscaler-Angebote ausweichen.

„GAIA-X muss konkret werden und darf keine akademische Übung bleiben."

Dazu gehört die Entwicklung von Normen und Standards für **Daten und Datenschnittstellen**, die dabei helfen, die Transparenz von Produktions- und Lieferketten voranzutreiben sowie Resilienz und Cybersicherheit bei der Nutzung von **Daten in Fahrzeugen** (zum Beispiel für das autonome Fahren) zu schaffen.

Eine Grundvoraussetzung hierfür ist der Ausbau der erforderlichen digitalen Infrastruktur (Glasfaser und 5G).

- **Politisch moderierte Erarbeitung einer Vertrauensbasis:** Um die Bereitschaft zum Teilen von Daten zu fördern, bedarf es der politischen **Unterstützung des Dialogs** der branchenbeteiligten Unternehmen über den **Mehrwert des Datenaustauschs** für die zukünftige Wertschöpfung. Hierbei müssen Bedenken über mögliche Risiken wie Datenmissbrauch ernst genommen, jedoch vor allem auf die Nutzung ungehobener Potenziale hingewirkt werden.
- **E-Government:** Zur Steigerung der Transparenz und Nachverfolgung von Lieferketten muss die weitere **Digitalisierung von Behörden und Verwaltung** schneller vorangetrieben werden, zum Beispiel durch eine zügige Umsetzung des Onlinezugangsgesetzes.[91] Auch bei alltäglichen Behördenanliegen kann E-Government zur Aufrechterhaltung von Diensten beitragen, etwa durch Onlinefahrzeugzulassungen. Darüber hinaus sollte die deutsche Regierung auf eine internationale Einführung medienbruchfreier, digitaler Dokumentation im Zollwesen hinwirken, begleitet durch die Erarbeitung standardisierter und vor allem digitaler Schnittstellen.
- **Cybersicherheit:** Zur Stärkung der **Cybersicherheit** in Unternehmen empfehlen die Fachleute regelmäßige **Schulungen** für Mitarbeitende. Darüber hinaus sollten zur Nachverfolgung besonders sensibler Daten technische Verfahren implementiert werden, um frühzeitig die absichtliche oder unabsichtliche Weitergabe von Daten aufdecken zu können. Ein möglicher Ansatz ist dabei, der Nutzerin beziehungsweise dem Nutzer nur die für die jeweilige Tätigkeit erforderlichen Zugriffsrechte respektive Berechtigungen zu gewähren (Least-Privilege-Prinzip).

91 | Vgl. BMJV 2017.

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sektorübergreifende Handlungsfelder 7
Abbildung 2: Handlungsfelder für die Gesundheitsindustrien 8
Abbildung 3: Handlungsfelder für die Fahrzeugindustrie 9
Abbildung 4: Beispiel-Dashboard des VW-Frühwarnsystems 22
Abbildung 5: Beispiele für Abhängigkeiten von der Lieferung von Rohstoffen entlang der Wertschöpfungskette für Elektrofahrzeugbatterien 25
Abbildung 6: Wertschöpfungskette im Bereich Fahrzeugbatterien 26
Abbildung 7: Entwicklung einer Roadmap Zelltechnologie 2015 bis 2030 27
Abbildung 8: Europäische Batterieförderung 28
Abbildung 9: Globale Verteilung der Halbleiterproduktion 30
Abbildung 10: Top 10 Fahrzeugindustrie Integrated Circuit-Zulieferer 2019 33
Abbildung 11: Handlungsfelder für die Fahrzeugindustrie 40

Kastenverzeichnis

Kasten 1: Wettbewerbsrecht: Hemmschuh in der Krise? 20
Kasten 2: Risikolandkarten – höhere Transparenz und frühzeitigeres Gegensteuern im Krisenfall 23
Kasten 3: Bedeutung der Halbleiter für die Zukunft der Fahrzeugindustrie 31

Literatur

acatech 2015
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Zellproduktion in Deutschland – Eine Betrachtung aus Sicht der Wissenschaft (Arbeitspapier)*, München, 2015.

acatech 2019
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Deutschland auf dem Weg zur Circular Economy*, München, 2019.

acatech 2020a
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Innovationen für einen europäischen Green Deal*, München, 2020.

acatech 2020b
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Von Daten zu Wertschöpfung. Potenziale von daten- und KI-basierten Wertschöpfungsnetzwerken*, München, 2020.

acatech 2021
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften: *Resilienz als Gestaltungsziel von Wertschöpfungsnetzwerken und Lieferketten*, München, 2021.

acatech et al. 2018
Deutsche Akademie der Technikwissenschaften/Bundesverband der deutschen Industrie e. V./Hans Böckler Stiftung: *Bericht: Energiespeichersysteme (Fokus Lithium-Ionen-Speicher)*, München, 2018.

Accenture 2018
Accenture: *Security in the Driver's Seat. Achieving Cyber Resilience in the Automotive Industry*, Dublin, 2018.

Accenture 2020
Accenture: *Impact on the Automotive Industry: Navigating the Human and Business Impact of COVID-19,* Dublin, 2020.

ACEA 2020
European Automobile Manufacturers' Association: *Interactive map: Production impact of COVID-19 on the European auto industry,* 2020. URL: https://www.acea.be/news/article/interactive-map-production-impact-of-covid-19-on-the-european-auto-industry [Stand: 26.02.2021].

Automobil Industrie 2020
Automobil Industrie: *BMW iX3: Vorteil der späten Geburt,* 2020. URL: https://www.automobil-industrie.vogel.de/bmw-ix3-vorteil-der-spaeten-geburt-a-976977/?cmp=nl-99&uuid=CD7ECDE2-ACE0-4BDD-9493D879B20FB20E [Stand: 26.02.2021].

Automobilwoche 2017
Automobilwoche: *Halbleiterwert in der Autoindustrie: So entwickelt sich der Halbleitermarkt,* 2017. URL: https://www.automobilwoche.de/article/20171207/NACHRICHTEN/171209911/exklusiv-halbleiterwert-in-der-autoindustrie-so-entwickelt-sich-der-halbleitermarkt [Stand: 26.02.2021].

BCG 2020a
Boston Consulting Group: *Surviving The Automotive Industry Downturn,* 2020. URL: https://www.bcg.com/de-de/industries/automotive/resilience-in-an-automotive-downturn.aspx [Stand: 26.02.2021].

BCG 2020b
Boston Consulting Group: *The Digital Path to Business Resilience*, Boston, 2020.

BCG 2020c
Boston Consulting Group: *Designing Resilience into Global Supply Chains,* Boston, 2020.

BDA/Microsoft 2020
Bundesvereinigung der deutschen Arbeitgeberverbände e.V./Microsoft: *Resilienz-Check 2020*, Berlin, 2020.

Bertelsmann Stiftung 2018
Bertelsmann Stiftung: *Wertschöpfungsnetzwerke am Beispiel der deutschen Automobilindustrie. GED Focus Paper*, Gütersloh, 2018.

Blagoeva et al. 2020
Blagoeva, D./Marmier, A./Dias, P. A./Pavel, C. C.: „A new methodology to assess the EU resilience to materials supply along the value chain: case of lithium for lithium-ion batteries in electric vehicles". In: *Material Science & Engineering International Journal*, 4: 3, 2020, S. 73–81.

BMBF 2020
Bundesministerium für Bildung und Forschung: *Mikroelektronik. Vertrauenswürdig und nachhaltig. Für Deutschland und Europa. Rahmenprogramm der Bundesregierung für Forschung und Innovation 2021-2024*, Bonn, 2020.

BMJV 2017
Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz: *Gesetz zur Verbesserung des Onlinezugangs zu Verwaltungsleistungen (Onlinezugangsgesetz - OZG),* 2017.

BMWi 2020a
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Batterien für die Mobilität von morgen,* 2020. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/batteriezellfertigung.html [Stand: 26.02.2021].

BMWi 2020b
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *Batteriezellen: EU fördert gesamte Wertschöpfungskette mit 3,2 Mrd. EUR,* 2020. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Industrie/batteriezellen-eu-foerdert-gesamte-wertschoepfungskette.html [Stand: 26.02.2021].

BMWi 2020c
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: *GAIA-X: Driver of digital innovation in Europe*, Berlin, 2020.

BMWi 2020d
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: „Altmaier: „Neue Freiräume für die Erprobung von Innovationen" – Ratsschlussfolgerungen zu Reallaboren und Experimentierklauseln unter der deutschen EU-Ratspräsidentschaft angenommen" (Pressemitteilung vom 17.11.2020). URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/11/20201117-ratsschlussfolgerungen-zu-reallaboren-experimentierklauseln-unter-deutschen-eu-ratspraesidentschaft-angenommen.html?view=renderNewsletterHtml [Stand: 26.02.2021].

Bosch 2020
Bosch: *Bosch setzt an zum Technologiesprung in der Elektromobilität*, 2020. URL: https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/bosch-setzt-an-zum-technologiesprung-in-der-elektromobilitaet-201158.html [Stand: 26.02.2021].

BReg 2020a
Bundesregierung: *Gesetz zur Abmilderung der Folgender COVID-19-Pandemie im Wettbewerbsrecht und für den Bereich der Selbstverwaltungsorganisationen der gewerblichen Wirtschaft,* 2020. URL: [Stand: 26.02.2021].

BReg 2020b
Bundesregierung: *„Gestärkt aus der Krise, gemeinsam die Mobilität der Zukunft gestalten". 3. Spitzengespräch der Konzertierten Aktion Mobilität*, 2020. URL: https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/-gestaerkt-aus-der-krise-gemeinsam-die-mobilitaet-der-zukunft-gestalten-3-spitzengespraech-der-konzertierten-aktion-mobilitaet-1783382 [Stand:26.02.2021].

CEID 2020a
Circular Economy Initiative Deutschland: *Ressourcenschonende Batteriekreisläufe – mit Circular Economy die Elektromobilität antreiben,* München/London, 2020.

CEID 2020b
Circular Economy Initiative Deutschland: *Arbeitsgruppen,* 2020. URL: https://www.circular-economy-initiative.de/arbeitsgruppen-1 [Stand: 26.02.2021].

CNN 2020
CNN: *TSMC plans to build a $12 billion factory in Arizona - CNN,* 2020. URL: https://edition.cnn.com/2020/05/15/tech/tsmc-arizona-chip-factory-intl-hnk/index.html [Stand: 26.02.2021].

Datenethikkommission 2019
Datenethikkommission: *Gutachten der Datenethikkommission,* Berlin, 2019.

Deloitte 2020a
Deloitte: *Driving Resilience in Automotive Industry Supply Chains,* 2020. URL: https://www2.deloitte.com/us/en/pages/audit/solutions/automotive-supply-chain-risk-management.html [Stand: 26.02.2021].

Deloitte 2020b
Deloitte: *Software is transforming the automotive world. Four strategic options for pure-play software companies merging into the automotive lane*, 2020.

Deloitte 2020c
Deloitte: *Trends und Wachstum in der Halbleiterindustrie gestalten,* 2020. URL: https://www2.deloitte.com/de/de/pages/technology-media-and-telecommunications/solutions/trends-und-wachstum-in-der-halbleiterindustrie.html [Stand: 26.02.2021].

DERA 2020
Deutsche Rohstoffagentur: *DERA-Rohstoffliste 2019. Angebotskonzentration bei mineralischen Rohstoffen und Zwischenprodukten - potzenzielle Preis- und Lieferrisiken*, Berlin, 2020.

Die Zeit 2021
Die Zeit: *Chipmangel: Kleines Bauteil, große Wirkung,* 2021. URL: https://www.zeit.de/mobilitaet/2021-01/chipmangel-halbleiter-autoindustrie-china-taiwan-silizium/komplettansicht [Stand: 26.02.2021].

EP 2019
Europäisches Parlament: *Richtlinie (EU) 2019/1024 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors - vom 20. Juni 2019 - über offene Daten und die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors,* 2019.

ESYS 2021
Energiesysteme der Zukunft: *Resilienz digitalisierter Energiesysteme. Wie können Blackout-Risiken begrenzt werden?*, München u. a., 2021.

EU-KOM 2019a
Europäische Kommission: *Bericht der Europäischen Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss, den Ausschuss der Regionen und die Europäische Investitionsbank zur Umsetzung des strategischen Aktionsplans für Batterien: Aufbau einer strategischen Wertschöpfungskette für Batterien*, Brüssel, 2019.

EU-KOM 2019b
Europäische Kommission: *Circular Economy Perspectives for the Management of Batteries used in Electric Vehicles*, Luxembourg, 2019.

EU-KOM 2020a
Europäische Kommission: *European Battery Alliance - Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs,* 2020. URL: https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance_en [Stand: 26.02.2021].

EU-KOM 2020b
Europäische Kommission: *EU-Wettbewerbsregeln für horizontale Vereinbarungen zwischen Unternehmen – Bewertung,* 2020. URL: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/11886-Evaluation-of-EU-competition-rules-on-horizontal-agreements/public-consultation [Stand: 26.02.2021].

Eurasia Group 2020
Eurasia Group: *The Geopolitics of Semiconductors,* 2020.

EY 2020
Ernst & Young: *How to build a resilient automotive supply chain to plan for the next crisis,* 2020. URL: https://www.ey.com/en_gl/podcasts/advanced-manufacturing-and-mobility-business-minute/2020/06/episode-02-how-to-build-a-resilient-automotive-supply-chain-to-plan-for-the-next-crisis [Stand: 26.02.2021].

FhG 2020
Fraunhofer-Gesellschaft: *Mobility Data Space. Ein sicherer Datenraum für die souveräne und plattformübergreifende Bewirtschaftung von Mobilitätsdaten*, Dresden, 2020.

Forbes 2020
Forbes: *Top software & programming companies by revenue 2017-2020,* 2020. URL: https://www.statista.com/statistics/790179/worldwide-largest-software-programming-companies-by-sales/ [Stand: 26.02.2021].

Foreign Policy 2020
Foreign Policy: *Blindsided on the Supply Side,* 2020. URL: https://foreignpolicy.com/2020/03/04/blindsided-on-the-supply-side/ [Stand: 26.02.2021].

Fraunhofer IML 2020
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik: *Zellulare Transportsysteme - Schwarmintelligenz für die Logistik,* 2020. URL: https://www.industrie40.iml.fraunhofer.de/de/ergebnisse/schwarmintelligenz.html [Stand: 26.02.2021].

Fraunhofer IMW 2018
Fraunhofer Zentrum für internationales Management und Wissensökonomie: *Global Competiton in Microelectronics from a European Perspective: Technology, Markets and Implications for Industrial Policy,* Leipzig, 2018.

Fraunhofer IPA 2018
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung: *MANUFUTURE©–DE. Ermittlung prioritärer Forschungsthemen für die nachhaltige Ausgestaltung von europäischen Forschungsprogrammen für die produzierende Industrie bis 2030*, Stuttgart, 2018.

Handelsblatt 2020
Handelsblatt: *Video-App: Gericht stoppt Tiktok-Verbot in den USA,* 2020. URL: https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/video-app-gericht-stoppt-tiktok-verbot-in-den-usa/26577734.html?ticket=ST-11205225-7OSKDPRVqfQBrxs3K4Mi-ap6 [Stand: 26.02.2021].

Handelsblatt 2021
Handelsblatt: *Chipmangel: Autozulieferer und Chiphersteller sehen keine Entspannung,* 2021. URL: https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/autoindustrie-hersteller-warnen-chipmangel-koennte-bis-ins-dritte-quartal-andauern/26884324.html?ticket=ST-5857164-QsU51wTbXFsfuuiGFQWb-ap4 [Stand: 26.02.2021].

heise Online 2020a
heise Online: *Gesellschaft für Informatik warnt vor ARM-Übernahme durch Nvidia,* 2020. URL: https://www.heise.de/news/Gesellschaft-fuer-Informatik-warnt-vor-ARM-Uebernahme-durch-Nvidia-4923660.html [Stand: 26.02.2021].

heise Online 2020b
heise Online: *Nvidia acquisition of Arm throws company into tech spat between U.S. and China,* 2020. URL: https://www.reuters.com/article/arm-holdings-m-a-nvidia-china-analysis/nvidia-acquisition-of-arm-throws-company-into-tech-spat-between-u-s-and-china-idINKBN2651U5 [Stand: 26.02.2021].

heise Online 2021
heise Online: *Chip-Mangel: Automobilindustrie landet in der harten Halbleiter-Realität,* 2021. URL: https://www.heise.de/news/Chip-Mangel-Automobilindustrie-landet-in-der-harten-Halbleiter-Realitaet-5036373.html [Stand: 26.02.2021].

ifo Institut 2020
ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e. V.: „Neustart der Industrie unter dem Einfluss von Covid-19: Wie bereit ist die globale Lieferkette?". In: *ifo Schnelldienst*, 73: 5, 2020.

IPCEI on Microelectronics 2020
IPCEI on Microelectronics: *Project Structure,* 2020. URL: https://www.ipcei-me.eu/ [Stand: 26.02.2021].

IPE et al. 2019
Institut für Politikevaluation GmbH/Institut für Kraftfahrzeuge RWTH Aachen/fka GmbH/Roland Berger GmbH: *Automobile Wertschöpfung 2030/2050. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie Endbericht*, 2019.

JRC 2016
Joint Research Centre: *Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe,* Petten, 2016.

KUKA AG 2020
KUKA AG: *Industrie 4.0: Matrix-Produktion,* 2020. URL: https://www.kuka.com/de-de/branchen/loesungsdatenbank/2016/10/solution-systems-matrix-produktion [Stand: 26.02.2021].

McKinsey & Company 2019
McKinsey & Company: *Recharging economies: The EV battery manufacturing outlook for Europe,* New York, 2019.

McKinsey & Company 2020a
McKinsey & Company: *How to drive winning battery-electric-vehicle design: Lessons from benchmarking ten Chinese models,* New York, 2020.

McKinsey & Company 2020b
McKinsey & Company: *Jump-starting resilient and reimagined operations,* New York, New York, 2020.

McKinsey & Company 2020c
McKinsey & Company: *Semiconductor design and manufacturing: Achieving leading-edge capabilities,* New York, 2020.

McKinsey & Company 2020d
McKinsey & Company: *Supply-chain recovery in coronavirus times—plan for now and the future,* 2020. URL: https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/supply-chain-recovery-in-coronavirus-times-plan-for-now-and-the-future# [Stand: 26.02.2021].

McKinsey Global Institute 2020
McKinsey Global Institute: *Risk, Resilience, and Rebalancing in Global Value Chains*, New York, 2020.

MERICS 2020
Mercator Institute for China Studies: *Mapping and recalibrating Europe's economic interdependence with China,* (MERICS China Monitor), Berlin, 2020.

MERICS/EUCCC 2020
Mercator Institute for China Studies/European Union Chamber of Commerce in China: *Decoupling. Severed Ties and Patchwork Globalistation*, Berlin, 2020.

Next-Mobilty News 2019
Next-Mobilty News: *Die Rolle der Siliziumkarbid-Halbleiter für die E-Mobilität,* 2019. URL: https://www.next-mobility.de/die-rolle-der-siliziumkarbid-halbleiter-fuer-die-e-mobilitaet-a-872178/ [Stand: 26.02.2021].

NPE 2016
Nationale Plattform Elektromobilität: *Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland. AG2 - Batterietechnologie*, Berlin, 2016.

NPE 2018
Nationale Plattform Elektromobilität: *Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase,* Berlin, 2018.

NPE UAG 2.2 Mitglieder, M. Weiss. (2015)
Nationale Plattform Elektromobilität Unterarbeitsgruppe 2.2 Mitglieder, M. Weiss: *Gesamtuntersuchung zur Zell- und Batterieproduktion, Investitionsvolumen und Businesscase für eine Batteriezellfertigung. Durchgeführt von April–November 2015 (W. Bernhart, G. Pieper, T. Schlick, Interviewer)*, München, 2015.

NPM 2019
Nationale Plattform Zukunft der Mobilität: *1. Zwischenbericht zur Wertschöpfung. Arbeitsgruppe 4 Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung*, Berlin, 2019.

NPM 2020a
Nationale Plattform Zukunft der Mobilität: *Plattformbasierte intermodale Mobilität und Handlungsempfehlungen zu Daten und Sicherheit,* Berlin, 2020.

NPM 2020b
Nationale Plattform Zukunft der Mobilität: *Positionspapier „Elektrische Maschine - Status Quo, Ausblick und Handlungsbedarfe für die deutsche Wirtschaft". Arbeitsgruppe 4 Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung*, Berlin, 2020.

NPM 2020c
Nationale Plattform Zukunft der Mobilität: *Positionspapier „Qualitative Betrachtung des Wertschöpfungsnetzwerks Batterierecycling"*, Berlin, 2020.

RISC-V International 2020
RISC-V International: *About RISC-V,* 2020. URL: https://riscv.org/about/ [Stand: 26.02.2021].

Semiconductor Engineering 2020
Semiconductor Engineering: *China Speeds Up Advanced Chip Development,* 2020. URL: https://semiengineering.com/china-speeds-up-advanced-chip-development/ [Stand: 26.02.2021].

SNV 2020
Stiftung Neue Verantwortung: *The global semiconductor value chain. A technology primer for policy makers*, Berlin, 2020.

South China Morning Post 2020
South China Morning Post: *China to fall short of Made in China 2025 localisation target for integrated circuits, says US research firm South China Morning PostSouth China Morning Post,* 2020. URL: https://www.scmp.com/tech/enterprises/article/3085656/china-fall-short-made-china-2025-localisation-target-integrated [Stand: 26.02.2021].

Süddeutsche Zeitung 2021
Süddeutsche Zeitung: *Streit um Chipmangel,* 2021. URL: https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/autoindustrie-streit-um-chipmangel-1.5187408 [Stand: 26.02.2021].

Tagesschau.de 2020a
Tagesschau.de: *Stellt Tesla die Autobatterie der Zukunft vor?,* 2020. URL: https://www.tagesschau.de/wirtschaft/boerse/tesla-batterie-101.html [Stand: 26.02.2021].

Tagesschau.de 2020b
Tagesschau.de: *Streit um Video-App: TikTok bleibt vorerst in US-App-Stores,* 2020. URL: https://www.tagesschau.de/ausland/tiktok-wechat-usa-verbot-107.html [Stand: 26.02.2021].

Tesla 2020
Tesla: *Tesla Gigafactory,* 2020. URL: https://www.tesla.com/de_DE/gigafactory [Stand: 26.02.2021].

VDA 2020a
Verband der Automobilindustrie e.V.: *Monatszahlen,* 2020. URL: https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten/monatszahlen.html [Stand: 26.02.2021].

VDA 2020b
Verband der Automobilindustrie e.V.: „Pkw-Absatz in Europa und den USA mit zweistelligem Rückgang" (Pressemitteilung vom 17.09.2020). URL: [Stand: 26.02.2021].

VDA 2020c
Verband der Automobilindustrie e.V.: „Pkw-Märkte im Oktober uneinheitlich" (Pressemitteilung vom 18.11.2020). URL: https://www.vda.de/de/presse/Pressemeldungen/201118-Pkw-M-rkte-im-Oktober-uneinheitlich-.html [Stand: 26.02.2021].

VDA 2021
Verband der Automobilindustrie e.V.: *Zahlen und Daten Produktion Januar 2021*, 2021. URL: https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten.html [Stand: 26.02.2021].

VDMA 2018
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.: *Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030*, Frankfurt am Main, 2018.

Wirtschaftswoche 2021
Wirtschaftswoche: *Chipmangel in der Autoindustrie: Peter Altmaier bittet Taiwan um Hilfe*, 2021. URL: https://www.wiwo.de/unternehmen/it/automobilindustrie-chipmangel-jetzt-schaltet-sich-offenbar-peter-altmaier-ein/26848724.html [Stand: 26.02.2021].

World Bank 2020
World Bank: *Cyber Resilience of Autonomous Mobility Systems Cyber Attacks and Resilience-Enhancing Strategies*, 2020. URL: http://documents1.worldbank.org/curated/en/899641580412783626/text/Cyber-Resilience-of-Autonomous-Mobility-Systems-Cyber-Attacks-and-Resilience-Enhancing-Strategies.txt [Stand: 26.02.2021].

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech berät Politik und Gesellschaft, unterstützt die innovationspolitische Willensbildung und vertritt die Technikwissenschaften international. Ihren von Bund und Ländern erteilten Beratungsauftrag erfüllt die Akademie unabhängig, wissenschaftsbasiert und gemeinwohlorientiert. acatech verdeutlicht Chancen und Risiken technologischer Entwicklungen und setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Wohlstand, Wohlfahrt und Lebensqualität erwachsen. acatech bringt Wissenschaft und Wirtschaft zusammen. Die Mitglieder der Akademie sind herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Ingenieur- und den Naturwissenschaften, der Medizin sowie aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Senatorinnen und Senatoren sind Persönlichkeiten aus technologieorientierten Unternehmen und Vereinigungen sowie den großen Wissenschaftsorganisationen. Neben dem acatech FORUM in München als Hauptsitz unterhält acatech Büros in Berlin und Brüssel.

Weitere Informationen unter www.acatech.de

Autorinnen und Autoren:

Prof. Dr. Henning Kagermann
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München

Florian Süssenguth
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München

Dr. Jorg Körner
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München

Dr. Annka Liepold
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München

Dr. Jan Henning Behrens
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Rue d'Egmont /Egmontstraat 13
1000 Brüssel | Belgien

Reihenherausgeber:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2021

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0)89/52 03 09-0
F +49 (0)89/52 03 09-900

Hauptstadtbüro
Pariser Platz 4a
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0
F +49 (0)30/2 06 30 96-11

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel | Belgien
T +32 (0)2/2 13 81-80
F +32 (0)2/2 13 81-89

info@acatech.de
www.acatech.de

Vorstand i. S.v. § 26 BGB: Karl-Heinz Streibich, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. Reinhard F. Hüttl (Amt ruht derzeit), Dr. Stefan Oschmann, Dr.-Ing. Reinhard Ploss, Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Martina Schraudner

Empfohlene Zitierweise:
Kagermann, H./Süssenguth, F./Körner, J./Liepold, A./Behrens, J. H.: *Resilienz der Fahrzeugindustrie: Zwischen globalen Strukturen und lokalen Herausforderungen* (acatech IMPULS), München 2021.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften • 2021

Koordination: Florian Süssenguth
Lektorat: Lektorat Berlin
Layout-Konzeption: Groothuis, Hamburg
Titelfoto: shutterstock/Jenson
Konvertierung und Satz: aweberdesign.de, Berlin

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.acatech.de

Die Lieferketten der Fahrzeugindustrie sind hochkomplex, global vernetzt und dadurch auch besonders anfällig für Störungen. Bereits der Ausfall einzelner Komponenten kann den gesamten Produktionsprozess vorübergehend zum Erliegen bringen. Neben globalen Ereignissen, wie der SARS-CoV-2-Pandemie, haben auch anders gelagerte Krisenereignisse, etwa das Erdbeben von Fukushima 2011, zentrale Lieferketten für die Fahrzeugindustrie unterbrochen. Mit der Umstellung auf autonomes Fahren und Elektromobilität werden mikroelektronische Bauteile sowie Batteriezellfertigung weiter an Bedeutung gewinnen. Der gegenwärtige Strukturwandel der Automobilindustrie muss daher von Anfang an Resilienz als Gestaltungsziel verfolgen und dabei Ansätze der Kreislaufwirtschaft sowie neue Kulturen der datengetriebenen Kooperation verwirklichen, die Lieferkettentransparenz und damit Reaktionsfähigkeit in Krisenfällen ermöglichen.

Dieser acatech IMPULS fasst spezifische Herausforderungen bei der Steigerung der Resilienz von Lieferketten und Wertschöpfungsnetzwerken in der Fahrzeugindustrie zusammen. Er zeigt Handlungsansätze für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft auf, mit denen die Widerstandsfähigkeit der global vernetzten und sich über viele Ebenen erstreckenden Strukturen der Automobilwirtschaft gegenüber Schockereignissen jeglicher Art verbessert werden kann.