



Manufacturing-X für Ausrüster der Automobilwirtschaft

Die Zukunftstechnologie für Ausrüster von
Automobilzulieferern, Werkstätten und Autoverwertern

 **Fraunhofer**
AUTOMOBIL

DiSer 
Hub



Inhalt

Einleitung	4
Die Branche der Fabrikaurüster im Überblick	5
Trends & Herausforderungen der Fabrikaurüster	6
Wie kann Manufacturing-X die Probleme lösen?.....	8
Wo stehen wir dabei?.....	10
Thesen, Handlungsbedarfe und Angebote	14

Impressum

Autor*innen

Dr.-Ing. Andreas Schlegel

Geschäftsführer

Fraunhofer-Allianz AutoMOBILproduktion

Satz und Design

FIR e. V. an der RWTH Aachen

Bildnachweise

Titel & S. 15: © Nataliya Hora – stock.adobe.com

S. 2: © sdecoret – stock.adobe.com

S. 4: © panuwat – stock.adobe.com

S. 11: © ipopba – stock.adobe.com

Lizenzbestimmung / Copyright

Open Access: Dieses Whitepaper wird unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-SA 4.0) veröffentlicht (creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de).



Projekt DiSerHub

FIR e. V. an der RWTH Aachen

Campus-Boulevard 55 | 52074 Aachen

E-Mail: projekt.DiSerHub@fir.rwth-aachen.de
diserhub.de

Einleitung

Die Automobilindustrie ist der mit Abstand bedeutendste Industriezweig in Deutschland. Sie steht an einem entscheidenden Wendepunkt, an dem ökologische, technologische und regulatorische Herausforderungen eine tiefgreifende Transformation erfordern. Um globale Klimaziele zu erreichen, die Erderwärmung zu begrenzen und mit knapper werdenden Ressourcen nachhaltig in Deutschland wirtschaften zu können, müssen nicht nur die Automobilproduktion, sondern auch alle Bereiche im Sekundärmarkt wie das Werkstatt- und Ersatzteilgeschäft bis hin zu Fahrzeugverwertung und Recycling betrachtet werden. Die Gestaltung geschlossener

Materialkreisläufe und die Reduzierung von CO₂-Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette ist Kernaufgabe hochspezialisierter „Fabrik-ausrüster“, welche die Produktionsstätten in einer zunehmend vernetzten und digitalen Welt planen, bauen und ausstatten. Diese Ausrüster werden im vorliegenden Whitepaper adressiert. Hauptziel ist es, einen Überblick über Trends und Herausforderungen der Ausrüsterbranche im Umgang mit der digitalen Transformation zu geben sowie Lösungsangebote unter dem Stichwort „Manufacturing-X“ vorzustellen.



Die Branche der Fabrik- ausrüster im Überblick

Unternehmen, deren Technologien, Maschinen, Werkzeuge und Softwarelösungen bei Automobilherstellern, Automobilzulieferern, Kfz-Werkstätten und Fahrzeugverwertern eingesetzt werden, können zur Branche der Fabrikausrüster gezählt werden. Sie spielen eine entscheidende Rolle in der gesamten Wertschöpfungskette der Automobilindustrie, von der Fertigung und Montage über Wartung und Reparatur bis hin zur umweltgerechten Entsorgung und Recycling von Fahrzeugen. Die wichtigsten Branchensegmente sind:

- **Fabrikausrüster für Automobilhersteller und Zulieferer:** Ihre Produkte und Lösungen umfassen automatisierte Produktionslinien, Robotik, Förder-techniken, Qualitätsprüfungssysteme und Software für die Fertigungssteuerung. Eine hohe Automatisierung und der Einsatz von Industrierobotern sind standardisiert. Hinzu kommen IoT-Systeme und digitale Zwillinge zur Prozessoptimierung und vorausschauenden Wartung.
- **Werkstattausrüster für Kfz-Werkstätten:** Produkte und Lösungen sind u.a. Diagnosegeräte, Hebebühnen, Reifenmontier- und Wuchtmaschinen, Achsvermessungsgeräte und Kalibriersysteme. Ein starker Fokus liegt auf der Digitalisierung, wie vernetzte Diagnosesysteme und cloudbasierte Lösungen zur Datenanalyse und Fehlerdiagnose.
- **Ausrüster für Fahrzeugverwerter:** Automatisierte Demontagesysteme, Roboter für die Materialtrennung sowie Maschinen und Anlagen zur Rückgewinnung von Rohstoffen wie Metallen, Kunststoffen und Glas zählen zu ihren Produkten und Lösungen. In puncto Digitalisierung ist der Einsatz von KI und maschinellem Lernen zur Optimierung von Demontageprozessen und zur Maximierung der Materialrückgewinnung zu nennen.

In Deutschland gibt es schätzungsweise 2.400 bis 4.100 Unternehmen, die als Ausrüster für die genannten Zielbranchen der Automobilindustrie tätig sind – die hohe Spannweite ergibt sich dabei aufgrund der teilweise unvollständigen oder überschneidenden Zuordenbarkeit:

- 1.800 bis 3.000 Fabrikausrüster
- 500 bis 900 Werkstattausrüster
- 100 bis 200 Ausrüster für Fahrzeugverwerter

Die deutsche Automobilindustrie mit ihren Bruttoanlageinvestitionen in Höhe von ca. 15,6 Milliarden Euro im Jahr 2023 ist eine wesentliche wirtschaftliche Säule der Branche. Über 70 % der Gesamterlöse werden jedoch im Auslandsgeschäft getätigt. Zusammengenommen beträgt die Bruttowertschöpfung der Ausrüster für die Automobilindustrie in Deutschland etwa 54–84 Milliarden Euro jährlich. Dies entspricht einem Anteil von etwa 1,6–2,5 % der gesamten Bruttowertschöpfung Deutschlands. Noch wichtiger als diese hohe Summe ist jedoch ihre absolute Schlüsselposition für die effiziente und zukunfts-gewandte Wertschöpfung bei ihren Kunden!

„Deutschlands Technologie-
führerschaft können wir nur
mit einer engen Allianz aus Industrie
und Forschung sichern.“

*Prof. Dr.-Ing. Steffen Ihlenfeldt,
Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für
Werkzeugmaschinen und Umformtechnik
IWU und Sprecher der
Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion*

Trends & Herausforderungen der Fabrikausrüster

Die gesamte Branche ist stark markt- und technologiegetrieben und befindet sich aktuell in einer umfassenden Transformation, die vor allem durch die E-Mobilität geprägt ist, einhergehend mit einer sehr angespannten wirtschaftlichen Situation. Exemplarisch kann dafür der Auftragseingang im wichtigen Marktsegment der Werkzeugmaschinenindustrie betrachtet werden. Dieser liegt 2024 mehr als ein Viertel unter dem Vorjahr, und wird momentan durch niedrige Verkaufszahlen bei der E-Mobilität gebremst, während andere Branchen wie Luftfahrt, Medizintechnik, Energie und Schiffsbau punktuell stützen. Serviceleistungen, das Komponentengeschäft, Reparaturen, Instandhaltungen und Umbauten sowie die Automatisierung entwickeln sich gegenüber dem Neugeschäft immer mehr zu wichtigen Standbeinen der Unternehmen.

Digitalisierung, Automatisierung, KI-Integration und Nachhaltigkeit sind die Haupttreiber, die sowohl Chancen als auch Herausforderungen bieten. Die Unternehmen in dieser Branche müssen innovativ,

flexibel und kundenzentriert agieren, um in einem dynamischen und wettbewerbsintensiven Marktumfeld erfolgreich zu sein.

Die **Unternehmensgröße** beeinflusst dabei stark das Herangehen eines Ausrüsters an die Aufgaben der digitalen Transformation: **Große Unternehmen** verfügen i. d. R. über die nötigen Ressourcen, um in die neuesten Technologien zu investieren und haben meist umfangreiche Kundenportfolios. Sie können Komplettlösungen anbieten, die auf spezifische Anforderungen abgestimmt sind. Kleine und **mittlere Unternehmen (KMU)** tendieren dazu, spezialisierte Nischenlösungen zu entwickeln, da ihnen oft die Ressourcen für umfassende Digitalisierung und Automatisierung fehlen. Sie sind jedoch oft agiler und können schneller auf Marktveränderungen reagieren.

Ebenso haben die **Kundenstrukturen** einen großen Einfluss: Automobilhersteller und große Zulieferer als Kunden bevorzugen umfassende, integrierte Systeme, die mit vorhandenen Produktionslinien kompatibel

Werkzeugmaschinenindustrie Deutschland


Klares Auftragsminus im zweiten Quartal, bisher keine Stabilisierung erkennbar



Hinweis: Indexbasis Umsatz 2021=100. Daten bis Juni 2024. Quellen: VDMA, VDI

Abbildung: Auftragseingang in der deutschen Werkzeugmaschinenindustrie.

Quelle: Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken



„Der Digital Twin ermöglicht eine offene Interaktion von Maschinen und Prozessen für die perfekte Planung, Steuerung, Simulation und Analyse.“

*Naruhiro Irino,
Executive Officer R&D,
DMG Mori*

sind. Kfz-Werkstätten und Recycler hingegen suchen nach kosteneffizienten, skalierbaren Lösungen, die speziell auf ihre operativen Anforderungen zugeschnitten sind.

Folgende Entwicklungen und Trends sind zentral und relevant für die gesamte Branche:

- **Digitalisierung und Vernetzung:** Werkstattausrüster und Fabrikaurüster investieren stark in digitale Technologien, wie etwa IoT-Plattformen, Cloud-Computing, und Datenanalyse. Diese ermöglichen eine nahtlose Integration und Vernetzung von Geräten und Systemen, was zu effizienteren Prozessen und geringeren Ausfallzeiten führt. Digitale Zwillinge, um die Produktionsprozesse zu simulieren und zu optimieren, sowie vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance) sind Beispiele für solche innovativen Ansätze.
- **Automatisierung und Robotik:** Automatisierung ist ein Schlüsselfaktor für Produktivität und Effizienz in Fabriken und Werkstätten. Industrieroboter übernehmen repetitive und präzise Aufgaben in der Fahrzeugproduktion und -demontage. In der Fahrzeugmontage und im Recycling werden Lösungen der Robotik und fortschrittliche Automatisierungstechnologien, wie etwa kollaborative Roboter (Cobots) und flexible Fertigungssysteme, eingesetzt, um die Effizienz zu steigern und die Sicherheit zu erhöhen.
- **Integration von Künstlicher Intelligenz (KI):** KI-Technologien finden zunehmend Anwendung zur Fehlerdiagnose, Wartungsplanung und Optimierung von Produktions- und Demontageprozessen. Durch den Einsatz von maschinellem Lernen können Systeme in Echtzeit analysieren und vorausschauende Wartungsstrategien entwickeln, um Ausfallzeiten zu minimieren und die Effizienz zu maximieren. Anbieter, die KI erfolgreich einsetzen, können differenzierte Dienstleistungen anbieten und so ihre Marktposition als Anbieter von High-Tech-Lösungen stärken.
- **Nachhaltigkeit und Recycling:** Der zunehmende Fokus auf nachhaltige Lösungen und zirkuläre Geschäftsmodelle treibt die Innovation in der Fahrzeugdemontage und im Recycling voran. Systeme zur Rückgewinnung und Wiederverwendung von Materialien sind auf dem Vormarsch, unterstützt durch automatisierte und robotergestützte Demontagetechnologien.
- **Kundenspezifische Lösungen und Dienstleistungen:** Die Nachfrage der Automobilindustrie nach maßgeschneiderten Lösungen, die exakt auf spezifische Produktionsanforderungen zugeschnitten sind, wächst. Ausrüster müssen flexible und kundenspezifische Ausrüstungen und Dienstleistungen anbieten sowie schnell auf Marktveränderungen reagieren können, um den Anforderungen gerecht zu werden.

Um sich von der Konkurrenz abzuheben, müssen die Ausrüster ihre Kernkompetenzen weiter ausbauen und gleichzeitig in neue Technologien und Geschäftsfelder investieren. Die Fähigkeit zur Anpassung an sich schnell ändernde Marktanforderungen, die Stärkung der Kundenbeziehungen durch innovative und flexible Lösungen sowie der Einsatz fortschrittlicher Technologien wie KI und Automatisierung sind entscheidend für eine erfolgreiche Marktpositionierung. Nachhaltigkeit und Digitalisierung sind weitere Schlüsselfaktoren, um sich langfristig als führender Anbieter zu etablieren. Angesichts des hohen Wettbewerbsdrucks müssen Ausrüster kosteneffiziente Lösungen anbieten, aber auch in Forschung und Entwicklung investieren, um innovative Lösungen entwickeln und frühzeitig neue Technologien adaptieren zu können. Strategische Partnerschaften und Kooperationen mit Technologieanbietern und Forschungseinrichtungen sind entscheidend, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Wie kann Manufacturing-X die Probleme lösen?

Manufacturing-X hat das Ziel, eine vernetzte, digitalisierte und intelligente Fertigungslandschaft zu schaffen. Die industriegeführte Forschungsinitiative basiert auf der Idee, durch eine standardisierte, sichere und souveräne Dateninfrastruktur den Datenaustausch und die Zusammenarbeit aller in der Wertschöpfungskette („X“ steht für verschiedene Technologien und Akteuren) zu verbessern.

Unternehmen können in dieser vernetzten Fertigungslandschaft ihre Informationen entlang der gesamten Lieferkette in Echtzeit teilen und nutzen. Vier Punkte kennzeichnen Manufacturing-X:

- **Digitale Zwillinge:** Erstellung virtueller Modelle von physischen Produkten oder Prozessen, die in Echtzeit mit den entsprechenden physischen Entitäten synchronisiert sind.
- **Internet of Things:** Vernetzung von Maschinen und Geräten zur Erfassung und Analyse von Daten in Echtzeit.
- **KI und ML:** Einsatz von Künstlicher Intelligenz und Maschinellem Lernen zur Optimierung von Produktionsprozessen und zur Vorhersage von Wartungsanforderungen.
- **Industrie 4.0:** Einbindung modernster Technologien, um eine intelligente, vernetzte und autonome Produktion zu ermöglichen.

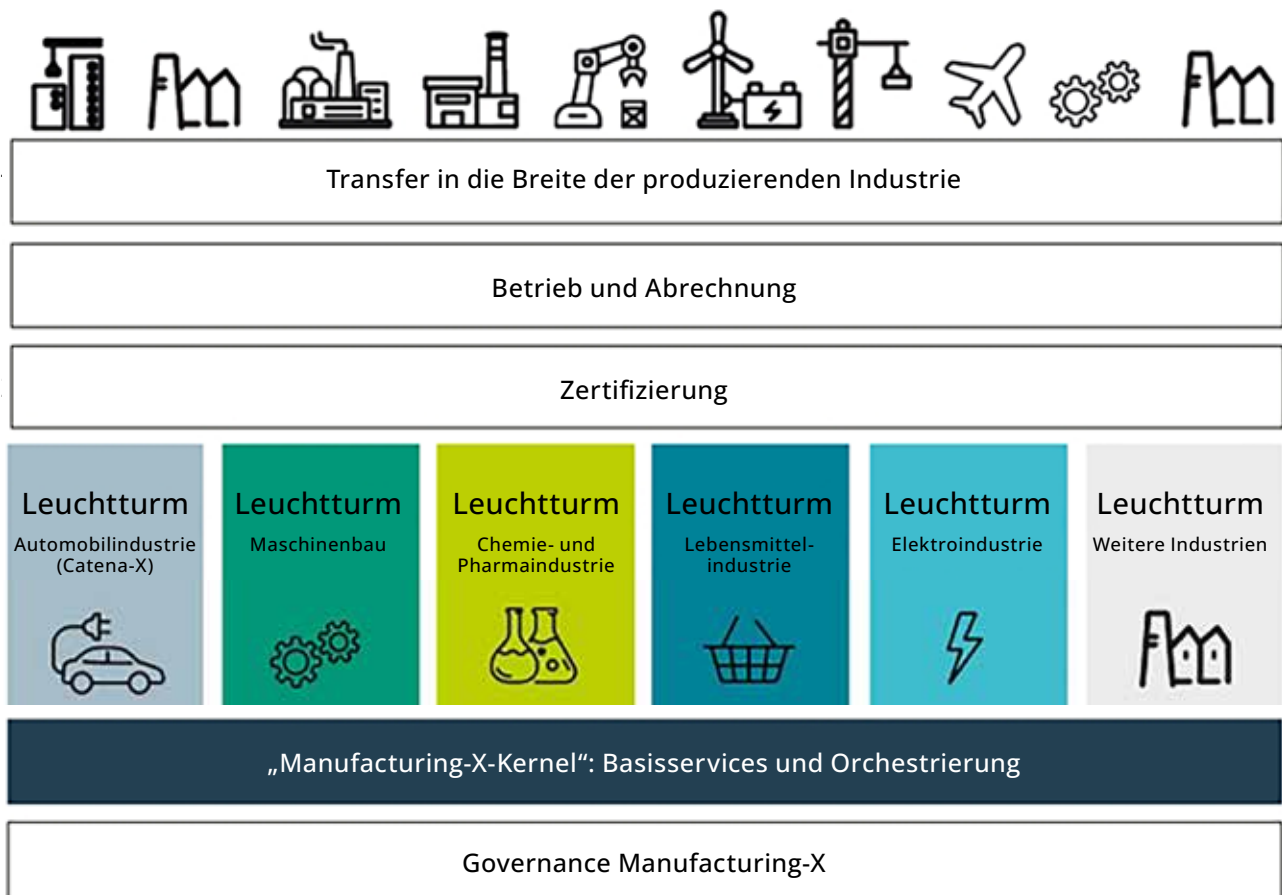


Abbildung: Gesamtrahmen der Initiative Manufacturing-X

„Einzigster Weg für deutsche Ausrüster ist es, neue Hightech-Produktionsmittel zu entwickeln, die Lösungen für zukünftige Anforderungen bieten, z. B. universell einsetzbare, modulare und resiliente Produktionsmittel, die dann auch software-driven neuartige Geschäftsmodelle sowie passende Dienste umfassen.“

*Prof. h.c. Dr.-Ing. Ömer Sahin Ganiyusufoglu,
Qingdao International Academician Park*

Prozesse können so effizienter, flexibler und nachhaltiger gestaltet werden. Diese Initiative kann somit erheblich zur Bewältigung der oben dargestellten strategischen Herausforderungen beitragen:

- **Digitalisierung und Vernetzung:**

Manufacturing-X fördert die digitale Transformation der Industrie durch Bereitstellung einer standardisierten und sicheren Dateninfrastruktur. Dadurch wird die Integration verschiedener digitaler Systeme und Plattformen erleichtert, was die Zusammenarbeit und den Datenaustausch zwischen Herstellern, Ausrüstern und Zulieferern verbessert. Unternehmen können so ihre Prozesse effizienter gestalten, bessere Entscheidungen treffen und die Produktivität steigern. Dies ist besonders wichtig für die Ausrüster, die ihre Maschinen und Systeme an die vernetzte Fertigung anpassen müssen.

- **Automatisierung und Robotik:**

Durch die vernetzte Dateninfrastruktur von Manufacturing-X können Ausrüster ihre Automatisierungslösungen nahtlos in die Produktionsumgebungen ihrer Kunden integrieren. Echtzeitdaten ermöglichen eine dynamische Anpassung und Steuerung automatisierter Systeme und Roboter. Diese Fähigkeiten erhöhen die Flexibilität und Effizienz automatisierter Produktionslinien.

- **Integration von Künstlicher Intelligenz (KI):**

Manufacturing-X schafft eine Umgebung, in der KI-Modelle durch Zugriff auf umfangreiche Datenmengen aus verschiedenen Quellen besser trainiert und angewendet werden können. Die Initiative fördert den Einsatz von KI für vorausschauende Wartung, Qualitätssicherung und Prozessoptimierung. Ausrüster können intelligentere, effizientere und autonome Systeme anbieten, die sich proaktiv an wechselnde Produktionsanforderungen anpassen.

- **Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz:**

Manufacturing-X unterstützt die Nachhaltigkeitsziele der Industrie, indem es die Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette erhöht und den Austausch von Informationen zu Materialflüssen, Energieverbrauch und Emissionen ermöglicht. Indem Ausrüster die durch Manufacturing-X bereitgestellten Daten nutzen, können sie ihre Lösungen besser auf die Anforderungen einer nachhaltigen Produktion ausrichten.

- **Kundenspezifische Lösungen und Services:**

Die durch Manufacturing-X geförderte Vernetzung ermöglicht eine engere Zusammenarbeit zwischen Ausrüstern und ihren Kunden. Dies fördert die Entwicklung maßgeschneiderter Lösungen, die genau auf die spezifischen Anforderungen der Kunden zugeschnitten sind.

Eine hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit wird dabei durch die Integration in die digitalen Plattformen der Kunden erhöht.

In Zukunft wird das Thema Manufacturing-X demnach nicht nur für die Ausrüster des Automobilbaus, also der OEM und deren Zuliefererfirmen, sondern auch für Ausrüster von Kfz-Werkstätten und von Autorecycling-Unternehmen deutlich an Bedeutung gewinnen.

Wo stehen wir dabei?

Zur Datenintegration und Vernetzung in der Automobilproduktion, auch in der Zusammenarbeit mit den Ausrüstern und Planungsdienstleistern können zahlreiche erfolgreiche Fallbeispiele angeführt werden. Weniger im Fokus stehen bisher Beispiele für entsprechende Innovationen bei den Werkstattausrüstern und Ausrüstern im Bereich der Fahrzeugverwertung und des Recyclings. An dieser Stelle sollen daher konkrete Lösungen zu Aufgaben der Digitalisierung und Vernetzung, der Automatisierung und Robotik sowie der KI-Integration in Unternehmen dieser Marktsegmente vorgestellt und eine kurze Übersicht zu aktuellen Forschungsaktivitäten gegeben werden.

Digitalisierung und Vernetzung

Die Digitalisierung und Vernetzung in Kfz-Werkstätten und Recyclingbetrieben wird vor allem durch die zunehmende Einführung von cloud-basierten Systemen, vernetzten Geräten und Plattformen, die eine Echtzeitüberwachung und -steuerung ermöglichen, vorangetrieben. Hierbei handelt es sich um die Integration digitaler Technologien zur Verbesserung der Effizienz und Transparenz in Arbeitsabläufen.

- **Cloud-basierte Diagnosetools und Softwarelösungen:** Tools wie „Connected Repair“ der *Robert Bosch KG* ermöglichen es Werkstätten, verschiedene Diagnosetools und -geräte zu ver-

netzen und zentral auf Kunden- und Fahrzeugdaten zuzugreifen. Dies verbessert die Diagnosegenauigkeit und reduziert die Wartungszeiten.

- **Telematik-Dienste:** Die Nutzung von Telematiksystemen zur Überwachung von Fahrzeugdaten in Echtzeit wird immer häufiger. Dies umfasst die Analyse von Fahrzeugzuständen und die Vorhersage von Wartungsanforderungen.
- **Vernetzte Werkstattausrüstung:** Geräte wie Hebebühnen, Reifendruckprüfsysteme und Achsvermessungsgeräte sind zunehmend vernetzt und in digitale IoT-Plattformen integriert, um eine umfassende Prozesssteuerung zu ermöglichen.
- **Fahrzeugzustandsbewertung:** Ausrüster wie die *MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH* bieten digitale Lösungen an, die vor der eigentlichen Demontage eine effiziente Planung der Demontageprozesse unterstützen.
- **Digitales Toolmanagement:** Vernetzte Systeme z. B. der *Hoffmann Group* kombinieren Toolmanagement-Software mit RFID-Technologie zur Nachverfolgung von Werkzeugen in Echtzeit und

„Die Forschung [im Bereich KI] wird unsere Zukunft und die Technologiesouveränität Deutschlands und Europas nachhaltig bestimmen, d. h. wir müssen schnell und noch viel stärker sowie flexibler investieren, wenn Deutschland und Europa die Taktgeber in diesem Bereich werden sollen.“

*Prof. Dr.-Ing. Sami Haddadin,
Inhaber des Lehrstuhls für Robotik und Systemintelligenz,
TU München*



tragen auch bei Autoverwertern dazu bei, die Werkzeugeffizienz zu maximieren und Arbeitsabläufe durch Bereitstellung des richtigen Werkzeugs zur richtigen Zeit zu optimieren.

- **Stilllegung und Neutralisation:** Digital vernetzte Spezialausrüstungen z. B. der *Autodrain Ltd.* für das umweltgerechte Abfließen von Flüssigkeiten aus Altfahrzeugen im Recyclingprozess von Fahrzeugen ermöglichen es, diese Abläufe zu automatisieren und zu optimieren.

Automatisierung und Robotik

Automatisierung und Robotik finden zunehmend Anwendung in der Kfz-Werkstattbranche und im Fahrzeugrecycling. Der Fokus liegt auf der Automatisierung wiederkehrender und präziser Aufgaben, um die Effizienz zu steigern und die menschliche Arbeitskraft von gefährlichen oder monotonen Tätigkeiten zu entlasten.

- **Inspektionsroboter:** Lösungen wie *ProovStation* nutzen Roboter und fortschrittliche Sensorik, um Fahrzeuge autonom zu scannen und Schäden wie Dellen, Kratzer oder dgl. zu erkennen.
- **Hebebühnen und Prüfstände:** Firmen wie z. B. *MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH* entwickeln automatisierte Hebebühnen und Prüfstände für PKW- und Nutzfahrzeugwerkstätten.
- **Achsvermessungssysteme:** Hunter Engineering bietet u. a. System *HawkEye Elite* für die automatisierte Achsvermessung im Werkstattbereich an.

- **Reifenwechselroboter:** Den kompletten Reifenwechselprozess inklusive Abnehmen des Altreifens, Aufziehen des Neureifens und Auswuchten automatisiert eine Lösung von *Robotire*. *Bridgeport Robotics* hat eine automatisierte Reifenmontageanlage für Werkstätten entwickelt, die verschiedene Reifen autonom wechseln und erforderliche Drehmomenteinstellungen automatisch anpassen kann.
- **Demontage und Materialtrennung:** Im Bereich Autorecycling werden zunehmend Roboter eingesetzt, um Fahrzeuge effizient und präzise zu demontieren. Roboter werden in die Lage versetzt, selbständig Teile zu entfernen und zu sortieren, um sie zu recyceln. Roboter mit multifunktionalen Greifern und Schneidewerkzeugen, welche unterschiedliche Materialien handhaben können, werden u. a. von *ABB*, *KUKA* und *Yaskawa* entwickelt.

Integration von Künstlicher Intelligenz (KI)

Die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI) in Kfz-Werkstätten und den Standorten und Anlagen von Fahrzeugverwertern entwickelt sich schnell weiter und bietet erhebliche Vorteile in Bezug auf Effizienz, Fehlerdiagnose und Wartungsvorhersage. Ein wichtiges Thema dabei ist die Nutzung von KI und maschinellem Lernen zur Optimierung von Reparaturprozessen und zur Vorhersage von Wartungsbedarf. Die automatisierte Fahrzeugdemontage ist ein aufkommendes Thema im Bereich der Autorecycling- und Werkstattausrüsterbranche. Sie umfasst die

Nutzung von Robotik, Automatisierungstechnik und KI, um die Demontage von Fahrzeugen effizienter, sicherer und wirtschaftlicher zu gestalten.

- **KI-gesteuerte Diagnosegeräte:** Verschiedene Systeme u. a. von *Bosch* und *Continental* nutzen maschinelles Lernen, um aus großen Datenmengen präzise Fahrzeugdiagnosen und Prognosen zu Wartungsanforderungen zu erstellen.
- **Automatisierte Entscheidungsfindung:** KI-gestützte Softwarelösungen können die besten Reparatur- und Wartungsstrategien basierend auf Echtzeit-Datenanalysen identifizieren und vorschlagen.
- **Optimierung von Demontageprozessen:** KI-Systeme analysieren Zustand und Zusammensetzung von Altteilen und entwickeln optimale Demontagestrategien, um die Recyclingquote zu maximieren. Beispiele hierfür liefern u. a. *Tesla* und *BMW*.

- **Automatisierte Demontagesysteme:** Hierzu werden u. a. von *Toyota*, *SEDA Umwelttechnik* und *Fraunhofer* vollautomatische oder teilautomatisierte Systemen entwickelt, die einzelne Fahrzeugkomponenten wie Motoren, Batterien, Karosserieteile und andere Wertstoffe automatisch entfernen und sortieren können. KI-gestützte Vision-Systeme dienen zur Teileidentifikation und zur präzisen Steuerung der Demontageprozesse.

Forschungsaktivitäten

Große Werkstattketten und Autorecycler verfügen tendenziell über mehr Ressourcen zur Implementierung von Digitalisierungslösungen. Kleinere Werkstätten sind langsamer in der Adoption dieser Technologien aufgrund der hohen Investitionskosten und des Bedarfs an spezifischem Fachwissen. Auch bei der Implementierung von Robotertechnologien und Integration von Künstlicher Intelligenz haben die

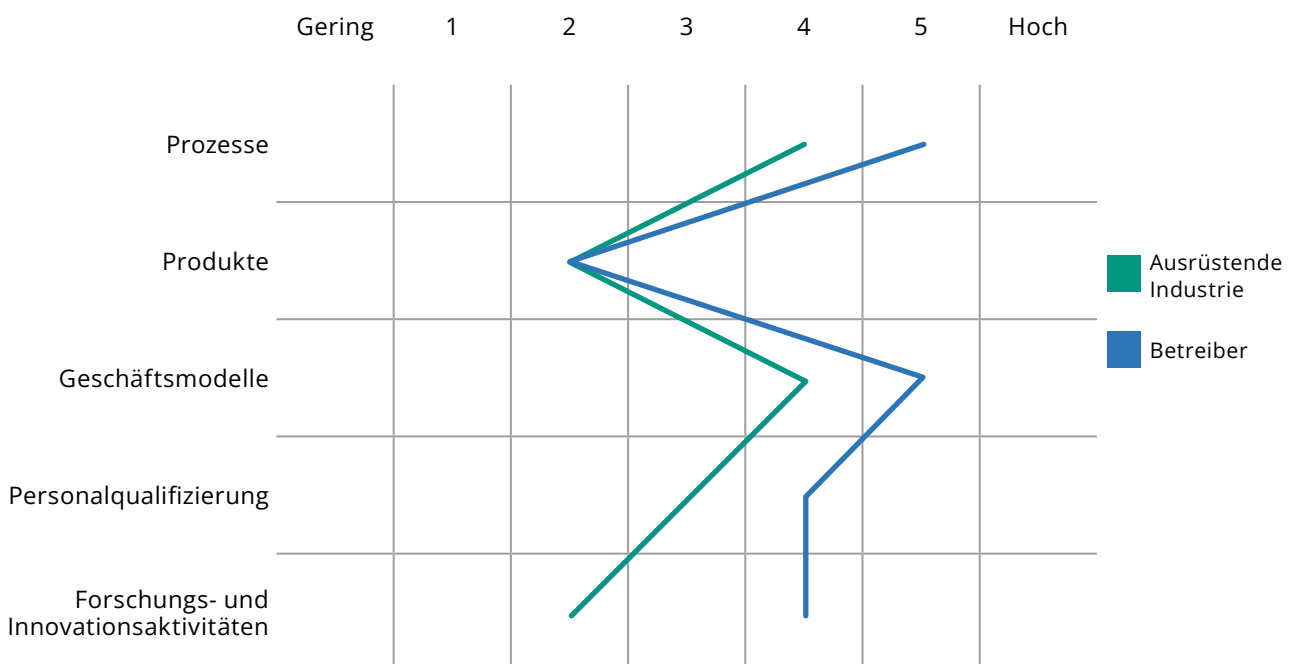


Abbildung: Digitalisierungsdruck bei Fabrikausrüstern und Fabrikbetreiber

großen Recyclingunternehmen und Werkstattketten klare Vorteile, da sie die hohen Anfangsinvestitionen und initiale Schulungsaufwände besser tragen können und oft schon über umfangreiche Datensätze z. B. für das Training der KI-Modelle verfügen. Kleinere Werkstätten sind oft auf traditionellere Methoden angewiesen, könnten jedoch von diesen Innovationen stark profitieren. Über den Transfer von Ergebnissen aus der Forschung und Entwicklung an Instituten, Hochschulen oder forschungsintensiven Unternehmen selbst kann dies erreicht werden.

- Mehrere **Fraunhofer-Institute** (z. B. *IAO, IPA* und *IWU*) arbeiten an Technologien zur Automatisierung der Fahrzeugdemontage und Materialtrennung. Forschungsprojekte umfassen die Entwicklung von Robotersystemen für die effiziente PKW-Demontage und die Nutzung von KI zur Optimierung von Demontage- und Recyclingprozessen.
- Auch **Technische Universitäten** (z.B. *RWTH Aachen, TU Chemnitz, TU Dresden* und *TU Dortmund*) forschen an robotergestützten Lösungen zur Demontage und entwickeln Technologien zur automatisierten Materialrückgewinnung und -trennung.
- Die **Automobilhersteller** wie *BMW* und *Volkswagen* investieren intensiv in die Forschung und Entwicklung von Technologien zur nachhaltigen Fahrzeugdemontage und zum Recycling, einschließlich der Automatisierung dieser Prozesse in ihren Werken.
- Auch große **Werkstattausrüster** selbst sind in FuE aktiv und investieren bspw. wie *MAHA* in die Entwicklung von Smart-Connected-Technologien für Prüfstände, wie *Seda Environmental* in fortschrittlichen Trenntechnologien für die Rückgewinnung von wertvollen Materialien aus Altfahrzeugen, wie *SCHUNK* in spezialisierte Greif- und Handhabungssysteme für die Automatisierung der Fahrzeugdemontage oder wie *SSI Schäfer*

in automatisierte Lagersysteme zur effizienten Handhabung und Sortierung recycelbarer Fahrzeugteile.

Herausforderungen

Insgesamt können für die Fabrikaurüsterbranche trotz der im Branchenvergleich hohen Digitalisierung deutliche Defizite ausgewiesen werden. Während digitale Produkte und Geschäftsmodelle zunehmen, sind viele Prozesse kaum digitalisiert, Deutschland liegt im europäischen Vergleich bei der Unternehmensdigitalisierung nur auf Platz 17, was die geringe Produktivität erklärt. Obwohl viele Unternehmen Industrie 4.0-Technologien nutzen, werden tiefere Integrationstools wie Computer Aided Manufacturing weniger eingesetzt. Um dieses Potenzial zu heben, sind umfassende Maßnahmen zur Prozessdigitalisierung und Fachkräftequalifikation notwendig. Leuchtturmprojekte wie Manufacturing-X können die Wettbewerbsfähigkeit stärken, erfordern jedoch Maßnahmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette.



„Der Technologiewandel wirkt sich auf die gesamte automobilen Wertschöpfungskette aus.“

*Dr. Daniel Schukraft,
Leiter Aftersales & Customer Care,
PORSCHE AG*

Thesen, Handlungsbedarfe und Angebote

Aus den beschriebenen Trends und Herausforderungen für Unternehmen, die als Ausrüster agieren, den Potenzialen von Manufacturing-X sowie dem aktuellen Stand der Umsetzung heraus lassen sich acht Thesen und Handlungsbedarfe zur Entwicklungen in der Ausrüstungsbranche ableiten:

1. Der Markt wird zunehmend modulare Maschinen und Fertigungslinien erfordern, die für verschiedene Fertigungsaufgaben konfigurierbar sind.
2. Das multilaterale Teilen von Daten in industriellen Datenräumen wird zu einem neuen Paradigma der Digitalisierung, insbesondere in Europa. Durch das Teilen von Daten zwischen verschiedenen Akteuren wie Werkstofflieferanten, Teilefertigern, Komponentenlieferanten, Anlagenherstellern und Montagebetreibern können neue Wertschöpfungspotenziale erschlossen werden.
3. Ausrüster müssen verstärkt im Netzwerk arbeiten und kooperieren. Die weitere Digitalisierung und das Aufkommen von Datenökosystemen ermöglichen neue Geschäftsmodelle wie Pay-per-Use, Pay-per-Part oder Pay-per-Value. Ausrüster müssen sich vom transaktionalen Verkauf zum nutzungsbasierten Verkauf wandeln.
4. Der klassische Engineering-Prozess in der Fabrik- und Anlagenplanung wird sich verändern. Vortrainierte ML-Modelle werden zusammen mit den Maschinen ausgeliefert und passen sich durch den Abgleich mit Echtzeitdaten selbstständig an. Simulations- und Verhaltensmodelle werden mit den laufenden Daten fusioniert, um eine schnelle Hochlaufphase und eine Selbststeuerung der Produktion zu ermöglichen.
5. Nachhaltigkeit sollte von der Ausrüsterbranche aktiv angegangen werden. Die Transformation zu einer ressourceneffizienten und nachhaltigen Wertschöpfung sowie steigende gesetzliche Anforderungen erfordern strategische Ansätze für

„Wir sollten selbstbewusst feststellen, dass wir als der führende Fabrik-ausrüster der Welt mit unseren neusten Smart Factories auf Basis industrieller KI immer noch einen weltweiten Vorsprung haben.“

*Prof. Dr. Wolfgang Wahlster,
Mitglied im Forschungsbeirat Industrie 4.0,
Chefberater DFKI*

die Produktgestaltung, Geschäftsmodellinnovation und das Lieferkettenmanagement.

6. In der Fabrikplanung gewinnen Supply-Chain- und Projektablaufsimulationen sowie logistische Assistenzsysteme aufgrund des Fachkräftemangels an Bedeutung. Die Digitalisierung und die digitale Anbindung aller Gewerke ermöglichen bereits frühzeitig in der Fabrikplanung einen hohen Detailgrad.
7. Software-Updates, einschließlich Firmware für Komponenten, Maschinen und MES-Systeme, werden in Zukunft die Norm sein, auch wenn dies derzeit aus Sicherheitsgründen noch nicht umgesetzt wird. Die Ausrüsterbranche muss proaktiv an Lösungen arbeiten, um Datensicherheit, Sicherheit und Kontrolle der Datenverwendung zu gewährleisten.
8. Der Transfer von Innovationen aus öffentlich geförderten FuE-Projekten wird durch neue Formen des Ergebnistransfers verbessert, um das sogenannte „Tal des Todes“ zu verkleinern, in dem Innovationen oft stecken bleiben.

Die Fraunhofer-Institute bieten den Fabrik- und Werkstattausrüstern hierzu ein umfassendes Portfolio an Lösungen, um den digitalen Wandel der Branche zu gestalten. Dies umfasst „Hardware“ in Form von intelligenten, digital vernetzten Maschinen und Anlagen, „Software“ wie Konnektoren und Analyse-Apps zur Verarbeitung von Betriebsdaten, sowie neue Geschäftsmodelle wie Pay-per-Use, die zusätzliche Wertschöpfung ermöglichen.

Die *Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion* (automobil.fraunhofer.de) fungiert dazu als zentrale Anlaufstelle für Unternehmen, um komplexe Innovationsprojekte zu koordinieren und passende Partner zu finden. Diese Struktur soll den Entwicklungs- und Transferprozess beschleunigen und die Innovationskraft der Branche stärken.

Fraunhofer konzentriert sich auf wichtige Forschungsthemen, die für die Herausforderungen der Industrie von Bedeutung sind. Dazu zählen modulare, autonome Fertigungs- und Werkstattumgebungen, die Kooperation von Mensch, Robotern

und Maschinen sowie die Integration von digitalen Zwillingen zur Verbesserung der Produktionsflexibilität. Die „Zirkuläre Produktion“ ist ein weiteres zentrales Thema mit hoher Bedeutung für Ausrüster der Fahrzeugverwerter, so z. B. die Entwicklung von Verfahren und Anlagen zum Recycling und Remanufacturing für die Elektromobilität. Querschnittsthemen wie 3D-Druck/additive Fertigung und die Weiterentwicklung von Dateninfrastrukturen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für die Fabrik-ausrüster. Fraunhofer bringt sein umfassendes Know-how in das europäische Datenökosystem GAIA-X und die Allianz Catena-X ein, um den sicheren und unternehmensübergreifenden Datenaustausch zu fördern. Im Hinblick auf Klimaneutralität entwickelt Fraunhofer Lösungen, mit denen Fabrik-ausrüster neue und bestehende Produktionsstandorte flexibler und energieeffizienter gestalten können. Dies beinhaltet die Anpassung an volatile erneuerbare Energiequellen durch Lastverschiebungen, Energieträgerwechsel und den Einsatz von Energiespeichern.

Stand: 09.2024





Zuwendungsgeber:

Gefördert durch:



Förderkennzeichen: 16THB0004A

Laufzeit: 01.09.2022 – 30.06.2025

Projekträger:



VDI / VDE Innovation + Technik GmbH

5 Partner. 5 Standorte. 1 Netzwerk.



diserhub.de