Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht

3. Titel
Analyse evolutionärer und disruptiver Innovationen für zukunftsfähige Ganzheitliche Produktionssysteme in der Automobilindustrie - New Lean

4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2024
Hall, Roland Ranke, Daniel Beinhauer, Wolfgang	6. Veröffentlichungsdatum 30.06.2025
	7. Form der Publikation digital

8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung für ihre Institute IPA, IAO Nobelstrasse 12 70569 Stuttgart	10. Förderkennzeichen 13I40V014A
	11. Seitenzahl 3

12. Fördernde Institution (Name, Adresse)	13. Literaturangaben
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMBK) 11019 Berlin / 53107 Bonn	14. Tabellen
	15. Abbildungen

16. Zusätzliche Angaben

17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)
VDI Technologiezentrum GmbH, Bülowstraße 78, 10783 Berlin
31.06.2025

18. Kurzfassung
Die Automobilwirtschaft in Deutschland steht vor großen Herausforderungen, die sowohl privatwirtschaftliche als auch politische Maßnahmen erfordern. Die digitale Transformation, der Wandel von Kernkompetenzen und die Glokalisierung verlangen ein Umdenken in der Produktion. Das Fraunhofer IAO und IPA haben zusammen mit Unternehmen der Automobilindustrie und Technologieunternehmen die Initiative „New Lean“ ins Leben gerufen, um ein neues Produktionssystem zu entwickeln.

Das Analysevorhaben untersucht zukünftige Produktionssysteme und strebt an, bis 2035 eine Produktivität von bis zu 100 % bei gleichzeitiger Umweltneutralität zu erreichen. Es werden sieben Innovationsräume definiert: Organisations-, Infrastruktur-, Produktionsstruktur-, Prozess-, Automatisierungs-, Digitalisierungs- und Wertschöpfungsmodellinnovationen.

Das Vorgehen umfasst mehrere Arbeitspakete, die Hypothesen zu Produktionssystemen, Zielsysteme zur Erfolgsmessung und konkrete Zukunftsszenarien entwickeln. Wichtige Ergebnisse sind ein Hypothesenkatalog, ein Ziel- und Kennzahlensystem, identifizierte disruptive Innovationen und Handlungsempfehlungen für verschiedene Stakeholder. Die Vision einer hochproduktiven und umweltneutralen Automobilproduktion bis 2035 wird als ambitioniert, aber erreichbar eingeschätzt.

19. Schlagwörter
Automobilproduktion, Produktivität, Umweltneutralität, Lean Production, Produktionssystem, Produktionsparadigma, Industrie 4.0

20. Verlag	21. Preis

1. Ausgangslage

Die Automobilwirtschaft ist ein zentraler Wirtschaftszweig in Deutschland, steht jedoch vor zahlreichen Herausforderungen, die privatwirtschaftliche und politische Maßnahmen erfordern. Die digitale Transformation, der Wandel notwendiger Kernkompetenzen und die Glokalisierung von Produktionszentren verlangen ein Umdenken. Die Produktion, als zentrales Element der Branche, spielt eine entscheidende Rolle. Neue Technologien und Fahrzeugarchitekturen ermöglichen die Optimierung der Produktionssysteme.

In Summe zeichnet sich für die Automobilproduktion in Deutschland ein Bild signifikanter Veränderung und – damit einhergehend – großer Herausforderungen und Chancen ab. Diese Veränderungen bieten die **einmalige Möglichkeit der Neugestaltung und Optimierung von Produktionssystemen in der Automobilindustrie**. Vor diesem Hintergrund haben das Fraunhofer IAO und IPA gemeinsam mit einem Industriekonsortium bestehend aus deutschen Premium-Automobilherstellern und Technologieunternehmen das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderte Analysevorhaben und die Initiative »New Lean« ins Leben gerufen. Das Analysevorhaben soll als erster Schritt der »New Lean« Initiative gelten, die perspektiv darauf abzielt, ein neues Ganzheitliches Produktionssystem für ein neues Produktionsparadigma zu begründen.

2. Zielstellung und Inhalt des Analysevorhabens

Das Analysevorhaben »New Lean« untersuchte anhand von Hypothesen die Grundzüge zukünftiger Produktionssysteme der Automobilindustrie und identifizierte evolutionäre sowie disruptive Innovationen innerhalb definierter Innovationsräume. Die zugrundeliegende Vision ist hierbei eine Automobilproduktion im Jahr 2035, die eine bis zu 100% höhere Produktivität bei gleichzeitiger Umweltneutralität im Vergleich zum Jahr 2024 aufweist.

Die definierten Innovationsräume lauten:

1. Organisationsinnovationen,
2. Infrastrukturinnovationen,
3. Produktionsstrukturinnovationen,
4. Prozessinnovationen,
5. Automatisierungsinnovationen,
6. Digitalisierungsinnovationen und
7. Wertschöpfungsmodellinnovationen.

Das Analysevorhaben New Lean bestand aus einem systematischen, mehrstufigen Vorgehen und verfolgte folgende Teilziele:

- Explorative Erforschung von **Hypothesen** zu Produktionssystemen der Zukunft,
- Entwicklung eines maßgeblichen **Zielsystems** zur Erfolgsmessung von produktionssystematischen Innovationen,
- Identifikation, Analyse und Bewertung von **produktionssystematischen Innovationen** mit evolutionärem bis disruptivem Potenzial,
- Entwicklung von konkreten **Zukunftsszenarien** zu »New Lean« Produktionssystemen unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren und
- Ableitung von **Handlungsempfehlungen** für die Gestaltung von zukunftsfähigen Produktionssystemen und zugehöriger Prinzipien, Methoden und Werkzeuge.

Die Zielerreichung erfolgte durch ein analytisch-methodisches Vorgehen, das theoretische und vor allem empirische Elemente vereint. Kern der Betrachtung sind die Fabriken deutscher Automobil-OEM. Sowohl externe Einflüsse mit Auswirkungen auf die OEM-Fabriken als auch ableitbare Erkenntnisse für externe Stakeholder sind für das Vorhaben von Relevanz.

3. Vorgehen und Ergebnisse

Das Analysevorhaben wurde von dem Fraunhofer IAO und IPA durchgeführt und vom

assoziierten Industriekonsortium fachlich begleitet. Die Projektlaufzeit erstreckte sich vom 01.05. bis zum 31.12.2024. Zur gezielten inhaltlichen Auseinandersetzung fanden themenspezifische Vor-Ort- und Online-Meetings statt. Ergänzend wurde ein wöchentlicher Regeltermin mit dem gesamten Konsortium etabliert, der insgesamt 24 Mal durchgeführt wurde. Die Vor-Ort-Meetings fanden in einem etwa ein-monatlichem Rhythmus statt.

Das Projekt gliederte sich in vier Arbeitspakete:

- **AP0 | Projektmanagement und Koordination**
- **AP1 |Theoretischer Rahmen:** Hypothesenbildung, Zieldefinitionen, Zielsystementwicklung.
- **AP2 | Analysephase:** Kern der Analysephase mit **drei Analysesträngen:**
    - Explorative **Desk Research** zu disruptiven Innovationen,
    - Quantitative **Web-Survey** zu Systemzusammenhängen,
    - **Delphi-Studie** zur Reflexion der Hypothesen
- **AP3 | Auswertung:** Bewertung der Hypothesen, Entwicklung dreier Zukunftsszenarien, Ableitung von Handlungsempfehlungen.

Die dabei gewonnenen Ergebnisse des Analysevorhabens umfassen:

- einen **Hypothesenkatalog** mit 25 systematisch hergeleiteten und priorisierten Hypothesen für Produktionssysteminnovationen bis 2035,
- spezifische **Definitionen** der primär verfolgten Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität,
- ein **Ziel- und Kennzahlensystem** zur Bewertung des Effekts produktionssystematischer Innovationen,
- **Einschätzungen zu den aufgestellten Hypothesen** basierend auf einer Delphi-Studie mit über 100 Expertinnen und Experten,
- **identifizierte Innovationen** mit disruptivem Potenzial (Short List mit 27 Innovationen),
- **empirische Ergebnisse** aus einer Web-Survey mit 116 Teilnehmenden zu 18 produktionssystematischen Fragestellungen,
- **drei konkrete Zukunftsszenarien** (System Dynamics-basiert) mit quantifizierten Einschätzungen zur Erreichung der formulierten Vision,
- **abgeleitete Handlungsempfehlungen** für Industrie, Politik, Sozialpartner sowie Bildung und Wissenschaft.

Basierend auf der Szenarienbildung ergibt sich als zentrale Erkenntnis: Die Vision eines Produktionssystems mit 100 % höherer Produktivität und bilanzieller Umweltneutralität bis 2035 wird als **hoch ambitioniert, aber erreichbar**, eingeschätzt. Das methodische Vorgehen sowie die zentralen Ergebnisse des Analysevorhabens werden in einer umfassenden, ausformulierten Studie dokumentiert und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht

3. Titel
Analyse evolutionärer und disruptiver Innovationen für zukunftsfähige Ganzheitliche Produktionssysteme in der Automobilindustrie - New Lean

4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2024
Hall, Roland Ranke, Daniel Beinhauer, Wolfgang	6. Veröffentlichungsdatum 30.06.2025
	7. Form der Publikation digital

8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung für ihre Institute IPA, IAO Nobelstrasse 12 70569 Stuttgart	10. Förderkennzeichen 13I40V014A
	11. Seitenzahl 22

12. Fördernde Institution (Name, Adresse)	13. Literaturangaben
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMBK) 11019 Berlin / 53107 Bonn	14. Tabellen
	15. Abbildungen

16. Zusätzliche Angaben

17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)
VDI Technologiezentrum GmbH, Bülowstraße 78, 10783 Berlin
31.06.2025

18. Kurzfassung
Die Automobilwirtschaft in Deutschland steht vor großen Herausforderungen, die sowohl privatwirtschaftliche als auch politische Maßnahmen erfordern. Die digitale Transformation, der Wandel von Kernkompetenzen und die Glokalisierung verlangen ein Umdenken in der Produktion. Das Fraunhofer IAO und IPA haben zusammen mit Unternehmen der Automobilindustrie und Technologieunternehmen die Initiative „New Lean“ ins Leben gerufen, um ein neues Produktionssystem zu entwickeln.

Das Analysevorhaben untersucht zukünftige Produktionssysteme und strebt an, bis 2035 eine Produktivität von bis zu 100 % bei gleichzeitiger Umweltneutralität zu erreichen. Es werden sieben Innovationsräume definiert: Organisations-, Infrastruktur-, Produktionsstruktur-, Prozess-, Automatisierungs-, Digitalisierungs- und Wertschöpfungsmodellinnovationen.

Das Vorgehen umfasst mehrere Arbeitspakete, die Hypothesen zu Produktionssystemen, Zielsysteme zur Erfolgsmessung und konkrete Zukunftsszenarien entwickeln. Wichtige Ergebnisse sind ein Hypothesenkatalog, ein Ziel- und Kennzahlensystem, identifizierte disruptive Innovationen und Handlungsempfehlungen für verschiedene Stakeholder. Die Vision einer hochproduktiven und umweltneutralen Automobilproduktion bis 2035 wird als ambitioniert, aber erreichbar eingeschätzt.

19. Schlagwörter
Automobilproduktion, Produktivität, Umweltneutralität, Lean Production, Produktionssystem, Produktionsparadigma, Industrie 4.0

20. Verlag	21. Preis

1 Ausgangslage

Die Automobilbranche befindet sich inmitten eines tiefgreifenden Umbruchs. Das Produkt „Automobil“ verändert sich grundlegend. An die Stelle des Fahrzeugs als analoges Produkt tritt ein digitalisiertes Produkt, das in ein vernetztes Ökosystem eingebettet und über seinen Lebenszyklus variabel ist. Lag der Fokus bei der Entwicklung und Produktion bislang auf evolutionärem Hardware-Engineering mit dem vorherrschenden Differenzierungsmerkmal der Qualität, ändert sich nun das dominante Design des Automobils unter dem Einfluss wirtschaftspolitischer, gesellschaftlicher und regulatorischer Einflüsse. Das sind beispielsweise der Inflation Reduction Act, geopolitische Spannungen, Wahrung von Intellectual Property, die Emissionsfreiheit neuer Fahrzeuge ab 2035 in der EU, Shared Services sowie die gesellschaftliche Akzeptanz des Automobils. Neben der Elektrifizierung spielen Digitalisierung und Vernetzung (z.B. Over-the-Air-Updates, Predictive Maintenance), eine starke Fokussierung auf Kundenerlebnisse (autonomes Fahren, digitale Medien) sowie Umweltneutralität tragende Rollen. Für den Standort Deutschland entstehen dadurch diverse Herausforderungen:

- Fahrzeugbetriebssysteme inkl. multimedialer Kundenerlebnisse werden Kern des Automobils (Software-Defined Vehicle),
- das Erscheinen neuer und erstarkter Wettbewerber,
- Investitionen werden immer seltener in Deutschland getätigt,
- geringere Entwicklungsbudgets führen dazu, dass neue Technologien häufig aus dem Ausland stammen,
- der weltweite Trend zur Glokalisierung hat zur Folge, dass globale Wertschöpfungsketten neu strukturiert werden, und
- ein sich verschärfender Fachkräftemangel und der demographische Druck erfordern weitergehende Automatisierung und flexible Organisationsstrukturen zur Einbindung der Mitarbeitenden.

Den zahlreichen Herausforderungen muss auf verschiedenen Ebenen, wie beispielsweise der Politik, der Produkt- oder der Technologieentwicklung sowie der Produktionsgestaltung begegnet werden.

Der **Produktion als Herzstück der deutschen Automobilbranche** kommt hierbei eine zentrale Rolle zu, da sie sowohl zur Wettbewerbsfähigkeit als auch zur Innovationskraft der Branche maßgeblich beiträgt. Zum einen existiert ein breites Spektrum an Innovationen zur Veränderung und Optimierung der Produktivität weltweit, wodurch Kosten- und Wettbewerbsvorteile ermöglicht werden. Dieses Innovationspotenzial erstreckt sich über technologische wie auch organisatorische Themenfelder. Zum anderen bringt die Produktionssparte in Deutschland / in der EU viele USPs und Wettbewerbsvorteile mit sich:

- etabliertes Ökosystem aus OEM, Zulieferern, Forschung und Entwicklung,
- Engineering-Know-how der OEM aus jahrzehntelanger Erfahrung,
- Know-how im deutschen Anlagen- und Maschinenbau hinsichtlich Produktion, Automatisierung und Digitalisierung,
- exzellente Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen.

Darüber hinaus lassen sich für die Produktion am Standort Deutschland eine Reihe weiterer Herausforderungen nennen:

- Neue technologische Möglichkeiten und individuelle Kundenwünsche führen zu einem erheblichen Anstieg der Komplexität auf dem Shopfloor.
- Trotz des technologischen Fortschritts stagniert die Steigerung der Arbeitsproduktivität.
- Die isolierte Implementierung von (Digitalisierungs-)Use Cases führte zwar zu lokalen Optimierungen, erzielte jedoch insgesamt nicht die angestrebte Produktivitätssteigerung.
- Ambitionierte Nachhaltigkeitsziele müssen umgesetzt werden.
- Der Fachkräfte- und Expertenmangel verschärft sich zunehmend.

In Summe zeichnet sich für die Automobilproduktion in Deutschland ein Bild signifikanter Veränderung und – damit einhergehend – großen Herausforderungen und Chancen ab. Diese Veränderungen bieten die **einmalige Möglichkeit der Neugestaltung und Optimierung von Produktionssystemen in der Automobilindustrie**.

2 Zielstellung und Inhalt des Analysevorhabens »New Lean«

Das im Folgenden beschriebene Analysevorhaben »New Lean« fußt auf der Vision, dass Fabriken von Automobil-OEM im Jahr 2035 im Vergleich zum Jahr 2024 eine **Produktivitätssteigerung von 100% sowie Umweltneutralität** bei Sicherstellung der notwendigen Qualität realisieren können. Das Ziel des Vorhabens New Lean ist es, Grundzüge zukünftiger Ganzheitlicher Produktionssysteme für die Automobilindustrie anhand von Hypothesen zu erforschen und **evolutionäre und disruptive Innovationen innerhalb definierter Innovationsräume zu identifizieren** und deren Potentiale hinsichtlich der beiden Zieldimensionen *Produktivität* und *Umweltneutralität* zu bewerten. Dabei gelten die Fabrikgrenzen stets als Bezugssystem. Die definierten Innovationsräume lauten:

1. Organisationsinnovationen,
2. Infrastrukturinnovationen,
3. Produktionsstrukturinnovationen,
4. Prozessinnovationen,
5. Automatisierungsinnovationen,
6. Digitalisierungsinnovationen und
7. Wertschöpfungsmodellinnovationen.

Das Analysevorhaben New Lean besteht aus einem systematischen, mehrstufigen Vorgehen und verfolgt folgende Teilziele:

- Explorative Erforschung von **Hypothesen** zu Produktionssystemen der Zukunft,
- Entwicklung eines maßgeblichen **Zielsystems** zur Erfolgsmessung von produktionssystematischen Innovationen,
- Identifikation, Analyse und Bewertung von **produktionssystematischen Innovationen** mit evolutionärem bis disruptivem Potenzial,
- Entwicklung von konkreten **Zukunftsszenarien** zu »New Lean« Produktionssystemen unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren und
- Ableitung von **Handlungsempfehlungen** für die Gestaltung von zukunftsfähigen Produktionssystemen und zugehöriger Prinzipien, Methoden und Werkzeuge.

In einer analytischen, methodisch fundierten Vorgehensweise sollten diese Ziele aus einem Zusammenspiel theoretischer und insbesondere empirischer Schritte erreicht werden. In Analogie zum Lean-Zeitalter nach Womack und Jones[1] gilt es, zukünftige Ganzheitliche Produktionssysteme der Automobilindustrie zu erforschen. Das Gesamtprojekt wird methodisch in einen Ansatz Ganzheitlicher Produktionssysteme eingebettet, wenngleich die Fabrik deutscher Automobil-OEM Kern des Vorhabens ist. Sowohl externe Einflüsse mit Auswirkungen auf die OEM-Fabriken als auch ableitbare Erkenntnisse für externe Stakeholder sind für das Vorhaben von Relevanz.

3 Vorgehen und Ergebnisse des Analysevorhabens

Das assoziierte Industriekonsortium des Analysevorhabens bestanden aus deutschen Premium-Automobilherstellern und Technologieunternehmen. Die Projektlaufzeit umfasste den Zeitraum 01.05.2024 bis 31.12.2024. Die oben beschrieben Teilziele wurden erreicht und spiegeln sich in diesen Ergebnissen des Analysevorhabens wider – diese sind:

[1] J. Womack, D. Jones, D. Roos: The Machine that changed the World – The Story of Lean Production. Harper Collins, New York 1990, ISBN 0-06-097417-6.

- Hypothesenkatalog zur Veränderung des automobilen Produktionssystem bis ins Jahr 2035
- Vorhabensbezogene Definitionen der Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität
- Ziel- und Kennzahlensystem zur Erfassung / Bewertung des Effekts produktionssystematischer Innovationen
- Interpretation der aufgestellten Hypothesen auf Basis einer umfassenden Delphi-Studi mit über 100 beteiligten Expertinnen und Experten
- Identifikation und Bewertung von Einzelinnovationen mit disruptivem Potenzial
- Empirische Einschätzungen zu übergeordneten Fragen in der Entwicklung Ganzheitlicher Produktionssysteme auf Basis einer Web-Survey mit 116 Teilnehmenden
- Drei konkrete Zukunftsszenarien auf Basis eines System Dynamics Ansatzes
- Abgeleitet Handlungsempfehlung für vier Stakeholdergruppen

Das methodische Vorgehen und die Ergebnisse des Analysevorhabens werden in einer **umfassenden, ausformulierten Studie** (»New Lean«) aufbereitet und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Auf die Studie wird in Abschnitt 3.2 wiederholt verwiesen.

3.1 Zusammenfassung des verfolgten Vorgehens

Das Analysevorhaben gliederte sich in vier Arbeitspakete (siehe Abbildung 3.1-1). Neben einem projektbegleitenden Arbeitspaket für das Projektmanagement und die Koordination (AP0) umfasst das Vorgehen drei inhaltliche Arbeitspakete (AP1 bis AP3). In Abschnitt 3.2 werden die geplanten und durchgeführten Tätigkeiten sowie geplanten und erreichten Inhalte der Arbeitspakete dargestellt. In diesem Abschnitt erfolgt zunächst eine Zusammenfassung des Vorgehens sowie der erreichten Ergebnisse:

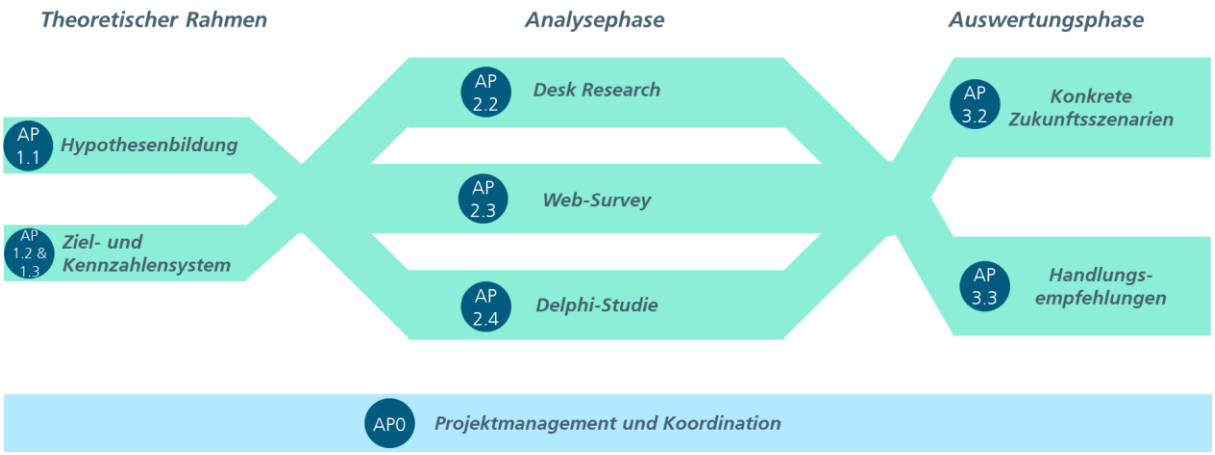

Abbildung 3.1-1: Arbeitspakete des Analysevorhabens »New Lean«

AP1 hatte als **»Theoretischer Rahmen«** zum Ziel eine fundierte Basis für die weiteren Untersuchungen zu schaffen. Den Ausgangspunkt bildete **AP1.1**, in dessen Rahmen handlungsleitende **Hypothesen** für die weitere Untersuchung aufgestellt wurden. AP1.1 diente zudem der spezifischen Identifikation von Herausforderungen und Problemstellungen in der Automobilindustrie sowie der weiteren Schärfung des Zielbildes für das Vorhaben.

Wie aus der eingangs skizzierten, übergeordneten Zielsetzung hervorging, wurde festgelegt, dass für zukunftsfähige Produktionssysteme die Zieldimensionen *Produktivität* und *Umweltneutralität* maßgeblich sind. In **AP1.2** wurden **Begriffsdefinitionen** für die beiden übergeordneten Ziele *Produktivität* und *Umweltneutralität* herausgearbeitet und in ihren Bezugsrahmen eingeordnet.

In **AP1.3** wurden die Zieldimensionen *Produktivität* und *Umweltneutralität* in ein kontextualisiertes **Ziel- und Kennzahlensystem** überführt. Die fundamentalen Ziele der wurden

dazu durch Unterziele spezifiziert und mit Kennzahlen in Verbindung gesetzt. Dieses erarbeitete Ziel- und Kennzahlensystem bildete die Grundlage zur Bewertung / Einschätzung des Innovationspotenzials später betrachteter produktionssystematischer Innovationen.

Die Ergebnisse der Teilpakete AP1.1, AP1.2 und AP1.3 wurden in **AP1.4** zusammengeführt und zu den sieben Innovationsräumen in Bezug gesetzt. Neben den übergeordneten Hypothesen zur Gestaltung zukunftsfähiger Produktionssysteme umfassten diese Ergebnisse ein spezifiziertes Verständnis von *Produktivität* und *Umweltneutralität* sowie ein Zielsystem zur Erfolgsmessung von produktionssystematischen Innovationen.

Kern des Analysevorhabens war die im Rahmen von AP2 durchgeführte **»Analysephase«** bestehend aus **drei Analysesträngen** (AP2.2, AP2.3, AP2.4). Den inhaltlichen Bezugsrahmen und Betrachtungsgegenstand bildeten die oben eingeführten Innovationsräume. Die konkrete Verbindung zwischen AP1 und AP2 stellten die aufgestellten, handlungsleitenden Hypothesen dar. Diese wurden in AP2.1 aufgegriffen und in ein passendes Studiendesign überführt. Dies schloss die Gestaltung eines geeigneten Zusammenspiels der drei Analysestränge ein. Die übergeordneten Hypothesen aus AP1.1 durch spezifische Fragestellungen operationalisiert. Darauf aufbauend wurden in den AP2.2 bis AP2.4 drei verschiedene Analysestränge verfolgt:

In **AP2.2** wurden Ansätze mit disruptivem Innovationspotenzial im Rahmen einer **Desk Research** beleuchtet. Hierbei dominierte ein exploratives Vorgehen. Neben der Automobilindustrie wurden auch weitere industrielle Branchen sowie die angewandte Forschung in die Betrachtung einbezogen.

AP2.3 umfasste eine empirische Studie mit quantitativem Schwerpunkt, die als **Web-Survey** durchgeführt wurde. Dazu wurde ein Fragebogen entwickelt und ausgewertet. Inhaltlich richtete AP2.3 den Fokus auf übergeordnete Zusammenhänge in der Weiterentwicklung von Produktionssystemen und adressierte u.a. die Veränderung bestehender sowie die Entwicklung neuer Gestaltungsprinzipien.

Im dritten Analysestrang, **AP2.4**, wurden Industrieexperten der Automobilwirtschaft und weiterer Branchen im Rahmen einer umfassenden **Delphi-Studie** in die Identifikation und Bewertung der produktionssystematischen Innovationen und deren Anwendung einbezogen.

Die in AP2.2 bis AP2.4 generierten Analyseergebnisse wurden mit Vertretern des Industriekonsortiums intensiv und regelmäßig diskutiert. Dazu wurden wöchentliche Regelabstimmungen und circa monatlich ganztätige Workshops durchgeführt.

AP3 umfasste als **»Auswertungsphase«** die **Synthese der Ergebnisse** aus den Arbeitspaketen AP1 und AP2. Dies beinhaltete die **interpretative Bewertung der aufgestellten Hypothesen** auf Grundlage der Erkenntnisse aus den Analysesträngen (**AP3.1**). Basierend auf der Hypothesenbewertung und den weiteren Ergebnissen aus AP1 und AP2 wurden in **AP3.2** drei konkrete **Zukunftsszenarien** für die Gestaltung zukunftsfähiger Produktionssysteme entwickelt, in deren Rahmen auch eine Potenzialabschätzung mit Blick auf die Zieldimensionen *Produktivität* und *Umweltneutralität* vorgenommen wurde. **AP3.3** verfolgte das Ziel, aus den Erkenntnissen aus AP2 sowie den aufgestellten Szenarien, greifbare **Handlungsempfehlungen** abzuleiten. Diese erfolgten mit Blick auf verschiedene Stakeholdergruppen (Industrie, Politik, Sozialpartner, Bildung und Wissenschaft).

Der folgende Abschnitt stellt in tabellarischem Format das Vorgehen innerhalb der Arbeitspakete detailliert dar. Die detaillierten Ergebnisse sind der ausformulierten Studie zu entnehmen.

3.2 Detaillierte Vorstellung des Vorgehens differenziert nach Arbeitspaketen

Die im Projektantrag skizzierten Inhalte sind den grau überschriebenen Abschnitten zu entnehmen. Die durchgeführten Tätigkeiten und erreichten Ergebnisse sind in den Tabellenabschnitten mit blau hinterlegter Überschrift dokumentiert.

AP 0	**Projektmanagement und Koordination**

Ziele des Arbeitspakets

Ziel des Arbeitspakets ist die termingerechte Planung und Durchführung der beschriebenen Umfänge sowie die Einbindung der Projektbeteiligten.

Geplante Inhalte des Arbeitspakets

- Koordination der Forschungsarbeiten im Projektteam
- Gewährleistung von Termintreue und Erreichung der (Zwischen-) Ergebnisse
- Vermeidung von potenziellen Risiken (Zeitplan- und Ergebniseinhaltung)
- Gewährleistung einer reibungslosen, ergebnisorientierten Kommunikation im Konsortium
- Planung und Umsetzung gemeinsamer Austauschformate mit regionalen Netzwerken / Transformation-Hubs sowie dem Expertenkreis Transformation der Automobilwirtschaft
- Planung und Umsetzung eines Abschlussevents mit offizieller Präsentation der Ergebnisse

Durchgeführte Tätigkeiten

- Einrichtung wöchentlicher Regelabstimmung zur kontinuierlichen Kommunikation sowie Diskussion von Projektergebnissen
- Durchführung monatlicher, ganztägiger Vor-Ort-Workshops sowohl am Fraunhofer Campus in Stuttgart als auch an Standorten der Industriepartner Dürr und Siemens
- Austausch mit weiteren Forschungsinitiativen (ARENA2036, Software-Defined Manufacturing, Catena-X, Manufacturing-X, InnovationsCampus Mobilität der Zukunft)
- Abgleich mit Erkenntnissen des ETA (Expertenkreis „Transformation der Automobilwirtschaft“)
- Strukturierung und Überwachung des Projektablaufs, Protokollierung und Dokumentation von Abstimmungen, Zwischenergebnissen und Projektfortschritt
- Abschlussveranstaltung mit der Institutsleitung der beteiligten Fraunhofer-Institute und Vertretern der Vorstandschaft der assoziierten Industriepartner am 29.11.2024

Geplante Ergebnisse des Arbeitspakets

Dokumentation des Projektmanagements (Umfang, Aufwände, Termine)

Erreichte Ergebnisse

- Intensiver kontinuierlicher Austausch
- Enge Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer-Instituten und Industriekonsortium
- 24 Regelabstimmungen; 6 Ganztagesworkshops vor Ort
- Einhalten des Zeitrahmens
- Abschlusspräsentation der erreichten Ergebnisse

AP 1	**Theoretischer Rahmen**

Ziele des Arbeitspakets
AP1 hat zum Ziel, den theoretischen Rahmen des Analysevorhabens festzulegen und somit eine fundierte Basis für die weiteren Untersuchungen zu schaffen.
Beschreibung des Arbeitspakets inkl. Ergebnissen
Die einzelnen Inhalte von AP1 werden über die folgenden Teil-Arbeitspakete beschrieben (hinsichtlich Ziele, Vorgehen, Ergebnisse).

AP 1.1	Hypothesenbildung
Ziele des Teilarbeitspakets	
Festlegung der Ausgangsbasis für die gesamte Studie mithilfe im Konsortium entwickelter, übergeordneter Hypothesen zur Gestaltung zukunftsfähiger Ganzheitlicher Produktionssysteme	
Geplante Inhalte des Arbeitspakets	
• Auftaktworkshop mit hochrangigen Experten der Konsortialpartner („Vision"-Workshop) • Schaffung einer gemeinsamen Arbeitsumgebung inklusive Austauschplattform • Konsolidierung der Workshop-Ergebnisse und Überführung dieser in übergeordnete Hypothesen • Reflexion und Anpassung der Hypothesen basierend auf wissenschaftlicher Recherche • Iterative Reflexion und Überarbeitung der Hypothesen unter Einbindung der anwendungsseitigen Experten des Konsortiums • Quervergleich der Hypothesen mit den Arbeitsinhalten der Programme Kopa35c und Plattform Industrie 4.0 und ggf. Experten dieser Programme • Nivellierung und Finalisierung der für den Rahmen der Studie handlungsleitenden Hypothesen, die im Verlaufe des Vorhabens verifiziert oder falsifiziert werden können	
Durchgeführte Tätigkeiten	
▪ Initialer Hypothesen-Workshop am 06.05.2024 ▪ Erarbeitung einer Longlist mit mehr als 100 potenziellen Hypothesen ▪ Ausarbeitung der Hypothesen auf Basis wissenschaftlicher Recherche ▪ Iterative Priorisierung der Hypothesen im »New Lean« Projektteam ▪ Finale Auswahl der weiterzuverfolgenden Hypothesen auf Basis Workshop am 02.07.2024 ▪ Ausarbeitung eines Beschreibungs-Templates für alle Hypothesen (DIN A4-Onepager). Neben einer inhaltlichen Beschreibung des zur Hypothese gehörenden Themenfelds erfolgte u.a. auch ein Verweis auf Forschungsinitiativen, die sich schwerpunktmäßig mit den Themenfeld befassen ▪ Aufbau des finalen Hypothesenkatalogs auf Basis des Beschreibungs-Templates. Finaler Hypothesenkatalog umfasst 25 Hypothesen	
Geplante Ergebnisse des Arbeitspakets	
• Auftaktworkshop mit gesamtem Konsortium durchgeführt • Evaluierte Thesen hochrangiger Experten relevanter deutscher OEM, Zulieferer und Wissenschaftler • Aus den Thesen abgeleitete, nivellierte, richtungsweisende Hypothesen zur Gestaltung zukunftsfähiger Ganzheitlicher Produktionssysteme	
Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)	
▪ Standardisiertes Template zur Beschreibung / Formulierung der Hypothesen ▪ Hypothesenkatalog, der ein Set an 25 priorisierten Hypothesen umfasst	

- Inhaltliche Ausgangslage für die weitere Untersuchung: Hypothesen als weitere Ausarbeitung der sieben Innovationsräume und „Übergabeobjekt“ an die folgenden APs

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 2.3 (Methodik der Hypothesenbildung) und Kapitel 3.1 (Ergebnisse der Hypothesenbildung)

AP 1.2	**Definition der Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität**

Ziele des Teilarbeitspakets

Definition und Konkretisierung der Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität im Kontext der Produktionssystemgestaltung

Geplante Inhalte des Arbeitspakets

- Wissenschaftliche Recherche zur begrifflichen Definition von *Produktivität* und *Umweltneutralität* in anwendungsrelevanten Veröffentlichungen
- Identifikation von Charakteristika bzw. Teilaspekten der beiden Zieldimensionen, beispielsweise Arbeits- und Ressourcenproduktivität als Teil von *Produktivität*
- Integration der bei den OEM und Zulieferern verwendeten Definitionen und praxisrelevanten Verständnisse hinsichtlich der Zieldimensionen
- Interpretation der Definitionen im Kontext der Produktionssystemgestaltung
- Formulierung von für dieses Vorhaben gültigen Definitionen der Begriffe *Produktivität* und *Umweltneutralität*

Durchgeführte Tätigkeiten

- Wissenschaftliche Recherche zu existierenden Begriffsdefinitionen zu *Produktivität* und *Umweltneutralität*
- Diskussion verschiedener Interpretationen bzw. Interpretationsmöglichkeiten
- Ausarbeitung von Teilaspekten zu den beiden übergeordneten Zieldimensionen *Produktivität* und *Umweltneutralität*. Dabei erfolgte u.a. eine vorhabensbezogene Einordnung der Arbeits-, Anlagen-, und Werkstoffproduktivität sowie eine Reflexion des Ambitionsniveaus der Umweltneutralität.
- Erarbeitung erster Begriffsdefinitionen und hinterfragen derselben durch Prüfung der Begriffsdefinitionen durch die assoziierten Industriepartner
- Einarbeitung eingegangener Anmerkungen, iterative Schärfung der Definitionen, weitere Unterfütterung der Definitionen mittels Quellenarbeit
- Abgleich der Definitionen mit der formulierten »New Lean« Vision
- Finale Abnahme und Festlegung der Begriffsdefinitionen für das »New Lean« Analysevorhaben

Geplante Ergebnisse des Arbeitspakets

- Darstellung aktueller Definitionen zu Produktivität und Umweltneutralität
- Entwicklung von Definitionen der Begriffe Produktivität und Umweltneutralität im Kontext des vorliegenden Vorhabens inklusive bestimmender Charakteristika unter Berücksichtigung derzeitiger Verständnisse der OEM und Zulieferer

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Ausgearbeitete Begriffsdefinitionen für die zentralen Zieldimensionen *Produktivität* und *Umweltneutralität* des Analysevorhabens
- Anmerkung: Diese Begriffsdefinitionen sind für das »New Lean« Vorhaben gültig, repräsentieren jedoch nicht unmittelbar oder bindenden das Begriffsverständnis der assoziierten Industriepartner

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 1.3 (Zieldimensionen Produktivität) und Kapitel 1.4 (Zieldimension Umweltneutralität)

AP 1.3	**Ziel- und Kennzahlensystem New Lean**

Ziele des Teilarbeitspakets

Entwicklung des Zielsystems basierend auf den Zieldimensionen *Produktivität* und *Umweltneutralität* als Bewertungsgrundlage von Prinzipien, Technologien, Methoden und Werkzeugen in Ganzheitlichen Produktionssystemen. Das Zielsystem beinhaltet quantitative und qualitative Bezugsgrößen.

Geplante Inhalte des Teilarbeitspakets

- Identifikation von Fundamentalzielen und Zuordnung zu den erarbeiteten Definitionen aus AP 1.2
- Analyse der Produktivitäts- und Nachhaltigkeits-Metriken der Partner zur Identifikation des Stands der Technik
- Ableiten von Instrumentalzielen aus den Fundamentalzielen sowie dem Stand der Technik
- Ausarbeitung der Beziehungen zwischen den einzelnen Zielelementen
- Entwicklung von Bewertungskriterien und Einflussgrößen zu den Fundamental- und Instrumentalzielen
- Entwicklung und Visualisierung des Zielsystems, z.B. mittels einer Modellierung auf Grundlage einer Methode wie Benefits Dependency Network

Durchgeführte Tätigkeiten

Zielsystem:

- Ableitung grundlegender systemischer Anforderungen an ein Zielsystem aus der Ziel- und Zielsystemdefinition.
- Analyse und Abgleich bestehender Produktionszielsysteme mit den Anforderungen der »New Lean«-Initiative.
- Identifikation von Lücken und Verbesserungspotenzialen in bestehenden Zielsystemen.
- Auswahl des Zielquadrats nach Erlach (2020)[2] als geeignete Ausgangsstruktur.
- Erweiterung und Anpassung des Zielquadrats zur Erfüllung der spezifischen Anforderungen im Anwendungskontext »New Lean«.

Kennzahlensystem:

- Anwendung eines Top-down-Ansatzes: Ableitung von Kennzahlen aus den übergeordneten Zielen (*Produktivität* und *Umweltneutralität*) des Zielsystems.
- Parallel dazu Einsatz eines Bottom-up-Ansatzes:
  - Erstellung einer umfassenden Kennzahlenliste aus Literatur, Berichten und Studien.
  - Bewertung der Kennzahlen durch das Industriekonsortium hinsichtlich Relevanz und Anwendbarkeit.
- Zusammenführung beider Perspektiven zur Auswahl geeigneter Kennzahlen.
- Analyse der Kennzahlenbeziehungen:
  - Betrachtung gemeinsamer Messgrößen (Inputgrößen für mehrere Kennzahlen).
  - Zuordnung zu verschiedenen Aggregationsebenen.
- Zusammenführung in ein integriertes Ziel- und Kennzahlensystem mit vier Ebenen: Maßnahmenebene, Messgrößenebene, Kennzahlenebene, Zielebene

Workshops zur Vorstellung und Diskussion der beschriebenen Tätigkeiten fanden am 23.05.2024 und 02.07.2024 statt

[2] Erlach, Klaus (2020): Wertstromdesign. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Geplante Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Fundamentalziele in den Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität
- Ausgearbeitetes Zielsystem mit zugehörigen Bewertungskriterien für die Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität unterteilt in Fundamental- und Instrumentalzielen
- Zielsystem als Grundlage für die anstehenden Bewertungen von Prinzipien, Technologien, Methoden und Werkzeugen im weiteren Vorgehen
- Visualisierung des Zielsystems
- Abgleich des ausgearbeiteten Zielsystems mit den Metriken der beteiligten OEM und Zulieferer

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Ausgearbeitetes Ziel- und Kennzahlensystem: Visualisierung sowohl in Übersichts- als auch in Detaildarstellung.
- Ziel- und Kennzahlensystem als Grundlage zur Bewertung des Effekts von produktionssystematischen Innovationen im weiteren Verlauf des Vorhabens.

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 2.2 (Methodik zum Ziel- und Kennzahlensystem) und Kapitel 3.2 (Ziel- und Kennzahlensystem)

AP 1.4	**Zusammenführung Teilergebnisse**

Ziele des Teilarbeitspakets

Zuordnung der Hypothesen zum erarbeiteten Zielsystem beziehungsweise den Bewertungskriterien sowie Einschätzung des Wertbeitrags der Hypothesen zu den sieben Innovationsräumen des Vorhabens.

Geplante Inhalte des Teilarbeitspakets

- Analytische Einordnung der Hypothesen aus AP1.1 und deren Interdependenzen mit dem Zielsystem aus AP1.2/1.3
- Einschätzung des Wertbeitrags der Hypothesen zu den sieben Innovationsräumen des Vorhabens
- Weiterentwicklung von Bewertungskriterien im Zielsystem, auch im iterativen Rückschluss mit ersten Erkenntnissen aus AP2, beispielsweise aufgrund innovativer, zuvor nicht berücksichtigter Technologien
- Entwicklung einer Bewertungslogik für Prinzipien, Technologien, Methoden und Werkzeugen ausgehend vom Zielsystem

Durchgeführte Tätigkeiten

- Einige der geplanten Inhalte dieses Arbeitspaktes wurden in die Arbeitspakete AP1.2 und AP1.3 integriert:
  - Die Einschätzung des Wertbeitrags der Hypothesen stellte das wesentliche Merkmal zur Priorisierung der Hypothesen dar.
  - Das Zielsystem wurde, wie oben beschrieben, mit einem Kennzahlensystem verknüpft.
- Für die Bewertung innovativer Elemente des Produktionssystems wurde erkannt, dass durch die vielfältigen Wechselwirkungen diverser Innovationen der resultierende Gesamteffekt auf die Zieldimensionen in Summe nur durch in sich konsistente sowie umfassende Zukunftsszenarien abzubilden ist. Dies wurde mit AP3.2 durch einen System Dynamics Ansatz adressiert.

- Des Weiteren wurde festgelegt, dass sowohl in der Desk Research (AP2.2) als auch in der Delphi-Studie (AP2.4) das Innovationspotenzial der recherchierten Innovationen und diskutierten Anwendungsfälle von Experten der assoziierten Industriepartner und »externen« Experten eingeschätzt werden soll. Diese Einschätzungen sind für sich genommen erkenntnisstiftend und darüber hinaus in der Szenarienbildung berücksichtigt.

Geplante Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Transparenz über den Zusammenhang zwischen Hypothesen, Zielsystem und Innovationsräumen
- Bewertungslogik für Prinzipien, Technologien, Methoden und Werkzeugen für den weiteren Verlauf des Vorhabens

Erreichte Ergebnisse

- Festlegung einer Bewertungslogik für diskutierte Innovationen und Anwendungsfälle im Einzelnen sowie deren Gesamteffekt in Summe.
- Berücksichtigung der Bewertungslogik in den oben erwähnten Ergebnissen (Hypothesenkatalog, Kennzahlensystem).
- Szenarienbildung siehe AP3.2

AP 2	**Analysephase**

Ziele des Arbeitspakets

AP2 hat zum Ziel, über ein analytisches Vorgehen neue Erkenntnisse zur Gestaltung von zukunftsfähigen Produktionssystemen zu gewinnen. Es werden evolutionäre und disruptive Ansätze in die Analyse einbezogen.

Beschreibung des Arbeitspakets inkl. Ergebnissen

Die einzelnen Inhalte von AP2 werden über die folgenden Teil-Arbeitspakete beschrieben (hins. Ziele, Vorgehen, Ergebnisse, eingeplante Ressourcen).

AP 2.1	**Vorbereitung und Studiendesign**

Ziele des Teilarbeitspakets

- Spezifikation des Gesamtstudiendesigns sowie Entwicklung der Studiendesigns der einzelnen Analysestränge (AP2.2, AP2.3, AP2.4), sodass ein kohärentes Vorgehen sichergestellt ist.
- Grundlegendes Sampling für die anschließend verfolgten Analyseformate

Geplante Inhalte des Teilarbeitspakets

- Festlegung der übergeordneten Methodik der Gesamtstudie zur Sicherstellung der Kohärenz zwischen den einzelnen Analysesträngen
- Ableitung von Teilhypothesen aus den Hypothesen aus AP1.1
- Operationalisierung der Hypothesen und Inputs aus AP1.1 in konkrete Fragestellungen
- Screening relevanter Technologiefelder für die anschließende Untersuchung in AP2.2, AP2.3 und AP2.4 abgeleitet aus Hypothesen und Stand der Technik
- Festlegung des methodischen Vorgehens für die Studienabschnitte AP2.2, AP2.3 und AP2.4 unter Berücksichtigung der Innovationsräume und des Zielsystems aus AP1.3
- Festlegung der inhaltlichen Beteiligung der Konsortialpartner
- Erstes, grundlegendes Sampling für die anschließend verfolgten Analyseformate

Durchgeführte Tätigkeiten

- Ausarbeitung der Gesamtmethodik der Studie inkl. Erarbeitung einer visuellen Darstellung der Gesamtmethodik
- Ausarbeitung der »Übergabepunkte« und »Lieferobjekte« zwischen AP1 und AP2
- Finale Festlegung der Methodik und Vorgehen für die drei Analysestränge:
  - AP2.2: Desk Research
  - AP2.3: Web-Survey
  - AP2.4: Delphi-Studie
- Ausarbeitung der wesentlichen Vorgehensschritte innerhalb der Analysestränge
- Die Operationalisierung der Hypothesen und Inputs aus AP1.1 in konkrete Fragestellungen wurde bereits weitgehend durch die Formulierung des Hypothesenkatalogs adressiert, punktuell in diesem AP aber nochmals nachgeschärft
- Festlegung der Beteiligung der Konsortialpartner. Diese wurde abgekürzt wie folgt festgelegt:
  - AP2.2: Desk Research: Sampling von Experten zur Einschätzung identifizierter Innovationen
  - AP2.3: Web-Survey: Inhaltliches Review des Fragebogens; Reflexion der Ergebnisse
  - AP2.4: Delphi-Studie: Intensive Einbringung von Experten in das Delphi-Panel zur Diskussion der aufgestellten Hypothesen

Geplante Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Formuliertes Gesamtstudiendesign
- Kohärenz der Analysestränge sichergestellt
- Festlegung der Verantwortlichkeiten für die Analysestränge
- Auswahl relevanter Technologiefelder für das weitere Vorgehen
- Festgelegtes methodisches Vorgehen für die Analyseformate in AP2.2, AP2.3 und AP2.4

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Methodischer Fahrplan für die weitere Analyse
- Transparenz über die Einbringung der assoziierten Industriepartner

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 2 (Methodisches Vorgehen)

AP 2.2	**Desk-Research**

Ziele des Teilarbeitspakets

Identifikation, Analyse und Erstbewertung von Ansätzen mit disruptivem Innovationspotenzial für zukunftsfähige Ganzheitliche Produktionssysteme

Geplante Inhalte des Teilarbeitspakets

- Identifikation disruptiver Ansätze in der Automobilindustrie, weiteren Branchen und der angewandten Forschung basierend auf den in AP2.1 identifizierten Technologiefeldern
- Kategorisierung der Ansätze anhand der sieben Innovationsräume durch Zuordnung der disruptiven Ansätze
- Auswahl der relevantesten Ansätze (mindestens 5 Ansätze) unter Einbezug der Experten des Konsortiums
- Verdichtung und Analyse der ausgewählten Ansätze
- Erstbewertung der analysierten disruptiven Ansätze basierend auf dem Zielsystem
- Regelmäßiger Austausch mit AP2.3 und AP2.4 zur Sicherstellung der Kohärenz

Durchgeführte Tätigkeiten

Methodische Ausrichtung

- Fokus auf die Identifikation und Exploration von Innovationen mit disruptivem Potenzial.
- Untersuchung innerhalb der sieben Innovationsräume.
- Entwicklung eines einheitlichen Steckbrief-Formats zur strukturierten Erfassung möglicher Innovationen:
  - Dokumentation des aktuellen Entwicklungsstands (z. B. Technologiereifegrad, treibende Akteure, Enabler).
  - Erfassung der potenziellen Auswirkungen (z. B. Produktivität, Umweltneutralität, Umsetzungsaufwand, Anwendungsbreite).

Informationsgewinnung und Steckbrieferstellung

- Durchführung einer umfassenden Online-Recherche:
  - Auswertung wissenschaftlicher Publikationen, Studien, Presseartikel.
  - Analyse branchenspezifischer Quellen zu Unternehmen, Instituten und Projekten.
- Ergänzende Unternehmensbesuche zur Einbindung externer Perspektiven und Branchen: Besuche bei FESTO und DEUTZ führten zur Erstellung zusätzlicher Steckbriefe.
- Ergebnis: Erstellung einer Longlist mit insgesamt 69 Steckbriefen aus allen Innovationsräumen.

Bewertung und Auswahl

- Durchführung einer Online-Umfrage im Konsortium zur Evaluation aller Steckbriefe:
  - Zwei Skalenfragen (1–5) pro Steckbrief: Einschätzung des disruptiven Potenzials und Einschätzung der Relevanz im Jahr 2035.
  - Einordnung der Steckbriefe in vier Bewertungskategorien basierend auf den Umfrageergebnissen.
- Bildung einer Shortlist mit 27 Steckbriefen

Visualisierung und Einordnung:

- Entwicklung von Technologieradaren auf Grundlage der Shortlist.
- Einsatz der Radare zur Veranschaulichung und Interpretation der Analyseergebnisse.

Geplante Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Auflistung disruptiver Ansätze (Longlist)
- Auswahl relevantester Ansätze (Shortlist)
- Erstbewertung der Ansätze der Shortlist
- Beschreibung der ausgewählten disruptiven Ansätze in einem festgelegten Format (z.B. Steckbrief-Format), Erstbewertung dieser sowie Abschätzung resultierender Konsequenzen/ Folgenabschätzung

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Longlist mit 69 Innovationen
- Shortlist mit 27 priorisierten Innovationen für 2035
- Technologieradare zur Visualisierung und Einordnung

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 2.4.2 (Methodik der Desk Research) und Kapitel 4.6 (Ergebnisse der Desk Research)

AP 2.3	**Web-Survey**

Ziele des Teilarbeitspakets

- Untersuchung der operationalisierten Hypothesen mittels empirischer Studie unter Berücksichtigung des Zielsystems und identifizierter Technologiefelder
- Überwiegend quantitative Analyse des operativen Teils von Ganzheitlichen Produktionssystemen, insbesondere in der Automobilindustrie

Geplante Inhalte des Teilarbeitspakets

- Entwicklung des Fragebogens (Fragenformulierung und Gestaltung Erhebungsinstrument) im Einklang mit dem in AP2.1 definierten Studiendesign
- Iterative Verbesserung des Fragebogens durch Pretests mit Forschenden sowie Industriepartnern vor Veröffentlichung
- Sampling geeigneter Umfrageteilnehmender mit dem Ziel einer hohen Stichprobe für die Repräsentativität der erhobenen Daten
- Durchführung der Feldarbeit: Veröffentlichung der Umfrage inkl. Verbreitungsmaßnahmen zur Teilnahme relevanter Zielgruppen
- Datenerhebung mit gestaltetem Erhebungsinstrument (Webtool)
- Datenaufbereitung der erhobenen Daten
- Sicherstellung guter wissenschaftlicher Praxis inkl. Datenschutzvorkehrungen
- Analytische Datenauswertung und Ergebnisinterpretation
- Visualisierung der erarbeiteten Ergebnisse für die Gesamtstudie
- Regelmäßiger Austausch mit AP2.2 und AP2.4 zur Sicherstellung der Kohärenz

Durchgeführte Tätigkeiten

Konzeption und Methodik

- Orientierung an der Methodik quantitativer empirischer Studien nach Döring & Bortz (2016)[3].
- Ziel: Untersuchung übergeordneter Fragestellungen zur Gestaltung zukünftiger Produktionssysteme.
- Struktur des Fragebogens:
  - Vier thematische Abschnitte mit insgesamt 18 Fragen.
  - Bearbeitungszeit: ca. 15–20 Minuten.

Fragetypen und Gestaltung

- Überwiegend geschlossene Fragen (Einstellungsfragen) auf einer fünfstufigen Likert-Skala.
- Ergänzt durch Einfach- und Mehrfachauswahlfragen und Freitextfelder zur inhaltlichen Ergänzung an ausgewählten Stellen.

Zielgruppe und Verbreitung

- Zielgruppe: Experten aus der industriellen Praxis, insbesondere aus der Automobilindustrie, aber auch aus anderen produzierenden Branchen.
- Versand an ca. 4.000 Kontakte per E-Mail (Brutto-Stichprobe).

Stichprobencharakteristik

- Nicht-zufällige, willkürliche Stichprobe (keine inferenzstatistische Generalisierbarkeit).
- Dennoch hohe inhaltliche Aussagekraft durch Charakterisierung der Stichprobe über Erfassung von Branchenzugehörigkeit, Erfassung des Kenntnisstands zu relevanten Themen (z. B. Lean Production, Digitalisierung, nachhaltige Produktion).

[3] Döring, Nicola; Bortz, Jürgen (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Technische Umsetzung und Durchführung

- Erstellung des Fragebogens mit Microsoft Forms.
- Durchführung eines Pretests mit 10 Personen (Fraunhofer IAO & IPA).
- Veröffentlichung der Online-Umfrage am 12.11.2024.
- Online-Zugang über Teilnahmelink für 5 Wochen.

Datenaufbereitung und -analyse

- Entfernung von Leer-Antworten.
- Codierung der Daten und Überführung in numerisches Format.
- Deskriptivstatistische Auswertung:
  - Kennzahlen: Modus, Median, relative und absolute Häufigkeiten.
  - Visualisierung: Säulendiagramme und Häufigkeitstabellen.
- Interpretation der Antworten durch das Fraunhofer Studienteam

Geplante Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Analyseergebnisse zum aktuellen Stand sowie der zukünftigen Entwicklung der Gestaltung von Ganzheitlichen Produktionssystemen (insbes. Prinzipien, Methoden, Technologien und Werkzeuge)
- Aufbereitete und visualisierte Erkenntnisse für die Gesamtstudie

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Umfrageergebnisse zu 18 Fragen zu diesen thematischen Abschnitten: Demografische Angaben, Produktionssysteme heute, Produktionssysteme 2035 (Gestaltungsprinzipien), Produktionssysteme 2035 (Zieldimensionen *Produktivität* und *Umweltneutralität)*, Ausblick (Kreativfrage zum Automobil-Produktionssystem 2035).

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 2.4.3 (Methodik Web-Survey) und Kapitel 4.7 (Ergebnisse des Web-Survey)

AP 2.4	**Delphi-Studie**

Ziele des Teilarbeitspakets

Einbindung von Industrieexperten in das Analysevorhaben zur Bewertung neuer technologischer wie organisatorischer Prinzipien, Technologien, Methoden und Werkzeugen in den sieben Innovationsräumen sowie gemeinsame, explorativ-kreative Analyse.

Geplante Inhalte des Teilarbeitspakets

- Themenspezifische Auswahl von Industrieexperten für jeweilige fachliche Fragestellungen
- Entwicklung der Methodik zur Befragung (z.B. Delphi-Studie) und Festlegung des Instrumentariums, beispielsweise semistrukturierter Interviewleitfaden
- Qualitative, offene Expertenbefragung auf Basis von Analyseergebnisse aus AP2.2 und AP2.3
- Durchführung, Nach- und Aufbereitung einzelner Experten-Interviews
- Durchführung von Workshops mit den Experten regionaler Netzwerke und dem Expertenrat zur Transformation der Automobilindustrie
- Durchführung von ergänzenden Workshops mit Experten aus den Parallelvorhaben Kopa35c und Plattform Industrie 4.0
- Analyse und Zusammenfassung von Erkenntnissen aus den Interviews für die Gesamtstudie
- Regelmäßiger Austausch mit AP2.2 und AP2.3 zur Sicherstellung der Kohärenz

Durchgeführte Tätigkeiten

Allgemeines zur Delphi-Studie

- Die Delphi-Studie des Analysevorhabens »New Lean« bestand aus drei Erhebungsrunden. Inhaltliche Basis der Delphi-Studie waren die aufgestellten Hypothesen aus AP1.1
- Zweck: Identifikation und Bewertung produktionssystematischer Innovationen durch eine fachlich fundierte Expertengruppe.
- Dabei Fokus auf Konsensbildung zu Anwendungsfällen disruptiver Innovationen sowie deren Potenzial und Realisierungswahrscheinlichkeit bis 2035.
- Insgesamt haben 101 Expertinnen und Experten an der Delphi-Studie mitgewirkt.
- Durch eine thematische Clusterung der sieben Innovationsräume wurden vier Untersuchungsräume für die Delphi-Studie gebildet:
  - Untersuchungsraum *Mensch und Organisation*
  - Untersuchungsraum *Produktionsstruktur-, Prozess- und Automatisierungsinnovationen*
  - Untersuchungsraum *Digitalisierung*
  - Untersuchungsraum *Ökosystem Fabrik*
- Durch diese Struktur ergibt sich folgendes Ordnungsprinzip: Ein Untersuchungsraum beinhaltet einen oder mehrere Innovationsräume. Ein Innovationsraum wiederum beinhaltet mehrere Hypothesen, die für das Automobilproduktionssystem im Jahr 2035 von Bedeutung sind.

1. Delphi-Runde: Experteninterviews

- Durchführung von semi-strukturierten Interviews mit Fachexpertinnen und -experten.
- Interviewleitfaden wurde den Teilnehmenden im Vorfeld bereitgestellt.
- Anonymisierte Durchführung, um gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden.
- Protokollierung durch einen zweiten Wissenschaftler zur Qualitätssicherung.
- Inhaltlicher Fokus von Runde 1:
  - Prüfung der Vollständigkeit der bestehenden Hypothesen und Ansätze.
  - Identifikation konkreter Anwendungsfälle für diskutierte disruptive Innovationen.
- Im Anschluss: Inhaltsanalyse und -synthese zur Konsolidierung der Anwendungsfälle.
- Ergebnis: Identifizierte Anwendungsfälle zu den Themenfeldern hinter den aufgestellten Hypothesen als Grundlage für den Online-Fragebogen der zweiten Runde.
- Der Zeitraum für die Durchführung der ersten Delphi-Runde erstreckte sich von Ende Juli 2024 bis Anfang September 2024.

2. Delphi-Runde: Online-Befragung

- Online-Fragebogen zur Bewertung der identifizierten Anwendungsfälle; Online-Befragung wurde mittel Microsoft Forms durchgeführt.
- Bewertungsdimensionen:
  - Potenzial zur Produktivitätssteigerung.
  - Potenzial zur Förderung von Umweltneutralität.
  - Realisierungswahrscheinlichkeit bis 2035.
- Durchführung von Delphi-Runde 2 umfasste den Zeitraum 14.10.2024 bis 25.10.2024

3. Delphi-Runde: Online-Befragung und Konsensbildung

- Rückmeldung der Ergebnisse der zweiten Runde (Streuung der Bewertungen) an die Teilnehmenden.
- Erneute Bewertung durch die Experten mit Kenntnis der vorherigen Einschätzungen.

- Ziel: Verdichtung der Bewertungstendenzen und Erhöhung des Konsenses.
- Durchführung von Delphi-Runde 3 umfasste den Zeitraum 18.11.2024 bis 29.11.2024
- Es folgten nach Projektabschluss mehrere, themenspezifische Präsentation der Ergebnisse der Delphi-Studie vor den beteiligten Experten im Zeitraum von 30.01.2025 bis 05.02.2025 (sowie Ausweichtermin am 14.03.2025).

Geplante Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Impulse für die parallel laufenden Analyseformate in AP2.2 und AP2.3 zu disruptiven Prinzipien, Technologien, Methoden und Werkzeugen
- Systematische Bewertung der aufgezeigten disruptiven Lösungsansätze (AP 2.2) hinsichtlich deren Wertbeitrags zu den beiden Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität sowie Validierung der Zeitleiste durch die ausgewiesenen Industrieexperten
- Zusammenfassung und analytische Bewertung innovativer Erkenntnisse mit großem Veränderungspotential für die zukünftige Automobilproduktion

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Identifikation zentraler Anwendungsfälle produktionssystematischer Innovationen zur Operationalisierung der in AP1.1 aufgestellten Hypothesen.
- Einschätzung des Innovationspotenzials und praktischen Relevanz der Anwendungsfälle bis 2035.
- Statistische Auswertung ermöglichte quantitative Bewertung der Konsensbildung innerhalb der Expertengruppe.
- Die umfassende Gestaltung der Delphi-Studie mit 101 beteiligten Expertinnen und Experten in 45 Interviews und anschließenden Online-Befragungen machten Delphi-Studie zur zentralen Grundlage der anschließenden Hypothesenbewertung und Szenarienbildung.

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 2.4.1 (Methodik Delphi-Studie) sowie Kapitel 4.1 bis 4.5 (Erkenntnisse Delphi Studie)

AP 3	**Auswertungsphase**

Ziele des Arbeitspakets

AP3 hat zum Ziel, aus der geschaffenen theoretischen Basis und den gewonnenen Analyseergebnissen ein stimmiges Gesamtbild und belastbare Potentialabschätzungen abzuleiten und diese in Form einer Studie zusammenzufassen.

Beschreibung des Arbeitspakets inkl. Ergebnissen

Die einzelnen Inhalte von AP3 werden über die folgenden Teil-Arbeitspakete beschrieben (hins. Ziele, Vorgehen, Ergebnisse, eingeplante Ressourcen).

AP 3.1	**Hypothesenbewertung & Zusammenführung der Analyseergebnisse**

Ziele des Teilarbeitspakets

Verifikation oder Falsifikation der aufgestellten, übergeordneten Hypothesen basierend auf den Analyseerbnisse aus AP2.2 bis AP2.4.

Geplante Inhalte des Teilarbeitspakets

- Aufzeigen der Rahmenbedingungen und zugrundeliegenden Prämissen für die Beurteilung der Hypothesen

- Analytische Zusammenführung der Einzelergebnisse zu den übergeordneten Hypothesen aus den verschiedenen Analyseformaten
- Aufzeigen konfligierender Aspekte und möglicher Unschärfe bei der Beurteilung der Hypothesen
- Einordnung des Gesamtergebnisses unter Berücksichtigung der Innovationsräume
- Begründete Verifikation oder Falsifikation der Hypothesen
- Ableitung weiter zu beleuchtender Hypothesen mit Bezug zu den Innovationsräumen
- Präsentation und Diskussion der Hypothesenbewertung im Konsortium und Forschungsinitiativen im Außenraum
- Ausformulierung der gewonnenen Erkenntnisse für die Gesamtstudie unter Berücksichtigung der Ergebnisse von AP2

Durchgeführte Tätigkeiten

Hypothesenbewertung:

- Aufgrund des Aufbaus, der Formulierung und der Operationalisierung der Hypothesen bestand die Bewertung der Hypothesen nicht in einer Statistik-basierten Annahme oder Ablehnung, sondern in einer qualitativen Interpretation der Hypothesen.
- Diese Interpretation wurde für alle 25 Hypothesen durch das Studienteam vom Fraunhofer IAO und IPA vorgenommen.
- Die Schlussfolgerungen wurden zentral auf die Erkenntnisse aus der Delphi-Studie und flankierend auf die Ergebnisse der Desk Research und Web-Survey gestützt.

Zusammenführung der Analyseergebnisse:

- Herausforderung: Konsistente Zusammenführung der vielfältigen Inhalte und Meinung in stimmige Gesamtzusammenhänge sowie Erschließen des Effekts auf die Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität.
- Gewählter Ansatz: Aufbau von Kausalketten zur Verknüpfung der identifizierten Innovationen und Abbildung der Effekt auf die Zieldimensionen. Dazu zweistufiges Vorgehen: 1. Systematische Sammlung der Erkenntnisse aus den vier Untersuchungsräumen. 2.Integration der Ergebnisse in ein übergreifendes Gesamtbild.
- Zu Schritt 1: Erfassung identifizierter Wirkzusammenhänge:
  - Zunächst verbale Beschreibung der Zusammenhänge.
  - Anschließend Überführung in System Maps: Visualisieren von Variablenbeziehungen, Wechselwirkungen und deren Einfluss auf Zielgrößen. Darstellung in Wirkketten, verknüpft mit dem Ziel- und Kennzahlensystem.
  - Erstellung separater System Maps für jeden Untersuchungsraum.
- Zu Schritt 2: Aufbau und Verknüpfung der System Maps:
  - Verknüpfung der Maps zu einem integrierten Gesamtsystem über Raumgrenzen hinweg (z. B. zwischen Digitalisierung und Automatisierung).
  - Systemischer Anspruch der Studie wird damit erfüllt.
- Sowohl in Schritt 1 als auch 2 erfolgte eine Berücksichtigung von Erkenntnissen aus der Hypothesendiskussion sowie weiterführenden Einsichten aus nicht-strukturierten Interviewabschnitten und Erkenntnissen aus der Desk Research.

Geplante Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Darstellung der Entscheidungsfindung
- Begründete Verifikation oder Falsifikation der einzelnen Hypothesen
- Berücksichtigung von Feedback aus der Vorstellung der Ergebnisse

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Bewertung der aufgestellten Hypothesen auf Basis der Ergebnisse der Analysephase

- Aufgebaute System Maps bilden den Wissensspeicher der Analysephase und dienen als Grundlage für den System Dynamics Ansatz zur Entwicklung konkreter Zukunftsszenarien.

➔ Studie »New Lean«: Kapitel 4.2 bis 4.5 und Kapitel 5

AP 3.2	**Szenarienbildung**

Ziele des Teilarbeitspakets

Ausarbeitung konkreter Zukunftsszenarien für das Automobilproduktionssystem der Zukunft unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren im Kontext der Produktionssystemgestaltung

Geplante Inhalte des Teilarbeitspakets

- Identifikation von entscheidenden Einflussfaktoren (z.B. technologische und organisatorische Treiber) auf zukünftige Ganzheitliche Produktionssysteme
- Entscheidung, welche der identifizierten Einflussfaktoren am stärksten von Unsicherheiten geprägt sind
- Erstellen eines wahrscheinlichsten, eines konservativen und eines progressiven Szenarios für Produktionssysteme von Automobil-OEM in 2035 basierend auf den ausgewählten Unsicherheiten und Treibern
- Einbettung der Szenarien in volkwirtschaftliche Zusammenhänge (z.B. Beschäftigungsstruktur)
- Einordnung der erstellten Szenarien bezüglich der Zieldimensionen Produktivität und Umweltneutralität
- Präsentation und Diskussion der Szenarien im Konsortium und Forschungsinitiativen im Außenraum
- Finale Bewertung der entwickelten Szenarien nach Relevanz und Plausibilität unter Berücksichtigung von Feedback aus der Vorstellung der Ergebnisse
- Ausformulierung der gewonnenen Erkenntnisse für die Gesamtstudie unter Berücksichtigung der Ergebnisse von AP2

Durchgeführte Tätigkeiten

Rolle der System Maps

- Die zum Abschluss der Analysephase entwickelte System Maps lieferten tiefergehende Einblicke in dynamische Zusammenhänge des »New Lean«-Produktionssystems und bilden die Grundlage für die anknüpfende Szenarienentwicklung.

Modellierung mit System Dynamics

- System Dynamics wurde als Methode gewählt, um die Komplexität des Produktionssystems adäquat abzubilden und die Wechselwirkungen aus den System Maps in ein quantifizierbares, dynamisches Modell zu überführen.
- Entwicklung eines dynamischen Modells erfolgte durch Definition der Modellstruktur sowie Festlegung mathematischer Beziehungen zwischen Parametern (Interdependenzen).

Referenzmodell: Die »Automobil-AG«

- Verwendung eines fiktiven Beispielunternehmens, das keinen realen Hersteller abbildet, aber einen Premium-OEM repräsentieren kann.
- Ableitung der Modellannahmen durch das Fraunhofer-Team auf Basis:
  - Jahresabschlüsse.
  - Wissenschaftliche Publikationen.

- Branchenauswertungen.
- Zweck: Realitätsnahe, aber anonymisierte Modellierung der Wirkzusammenhänge im Kontext eines fiktiven Automobilherstellers..
- Umsetzung des Modells mit der Software Vensim.

Validierung und Testverfahren
- Durchführung umfassender Modelltests zur Sicherstellung der Validität mittels Abgleichs mit historischen Daten und Durchführung von Sensitivitätsanalysen.
- Ergebnis: Modell ist sowohl theoretisch fundiert als auch praktisch belastbar.

Szenarienentwicklung
- Entwicklung von drei Szenarien:
  - Basisszenario: Orientierung an bestehenden Strukturen und Prozessen. Kontinuierliche Verbesserung im bisherigen Umfang.
  - Evolutionäres Szenario: Schrittweise technologische Weiterentwicklung über den aktuellen Stand hinaus. Beibehaltung heutiger maßgeblicher Strukturen.
  - Radikales Szenario: Tiefgreifende technologische und organisatorische Veränderungen (disruptive Innovationen).
- Differenzierte Festlegung der Eingangsparameter entsprechend des angenommenen Innovationsgrads.

Simulation und Analyse
- Simulation aller Szenarien mit der Software Vensim.
- Analyse der Auswirkungen variabler Eingaben auf die Zielgrößen Produktivität und Umweltneutralität.

<u>Geplante</u> Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Wahrscheinlichstes, konservatives und progressives Szenario für Produktionssysteme von Automobil-OEM in 2035
- Bewertung der Szenarien und Einordnung dieser in volkswirtschaftliche Zusammenhänge sowie bezüglich der Zieldimensionen Produktivität und Nachhaltigkeit

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Entwicklung eines System-Dynamics-Modells, mit dem die Auswirkungen diskutierter produktionssystematischer Innovationen simuliert und analysiert werden können.
- Ausarbeitung von drei konkreten Zukunftsszenarien, die auf konsistente Weise mögliche Effekte verschiedener Entwicklungswege für Produktionssysteme darstellen.
- Erkenntnis, dass im radikalen Szenario die formulierte Vision erreicht werden kann.

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 5 (Szenarienbildung)

AP 3.3	**Handlungsempfehlungen**

Ziele des Teilarbeitspakets

Formulierung von Potentialabschätzungen und ersten Handlungsempfehlungen für die Produktionssystemgestaltung.

<u>Geplante</u> Inhalte des Teilarbeitspakets

- Bewertung des Potenzials der identifizierten disruptiven Ansätze (aus AP2.2), Prinzipien, Technologien, Methoden und Werkzeugen auf Grundlage der in AP1.4 definierten Bewertungslogik
- Visualisierung der Bewertungsergebnisse mithilfe von Innovationsportfolios

- Ableitung erster Handlungsempfehlungen zur schrittweisen Umsetzung von Ansätzen basierend auf den Bewertungsergebnissen
- Ausformulierung der gewonnenen Erkenntnisse für die Gesamtstudie unter Berücksichtigung der Ergebnisse von AP2
- Zusammenfügen der verschiedenen ausformulierten Erkenntnisse zur ausformulierten Gesamtstudie

Durchgeführte Tätigkeiten

- Eine Potenzialbewertungen von einzelnen Innovationen und Anwendungsfällen erfolgten im Rahmen der Desk Research (AP2.2) und Delphi-Studie (AP2.4)
- Die Ableitung der Handlungsempfehlungen erfolgte primär aus der Szenarioentwicklung auf Basis des System-Dynamics-Modells (erstellt mit Vensim, basierend auf den System Maps).
- Durch die Variation zentraler Eingangsparameter in drei Zukunftsszenarien (Basis, Evolutionär und Radikal) konnten die Auswirkungen technologischer und organisatorischer Veränderungen auf die Zielgrößen Produktivität und Umweltneutralität systematisch analysiert werden.
- Dabei wurden Handlungsmöglichkeiten identifiziert, die entweder in allen Szenarien wirksam sind oder nur unter bestimmten Zukunftsbedingungen Wirkung entfalten.
- Die Handlungsempfehlungen wurden entlang der Stakeholdergruppen Industrieunternehmen (insbesondere Automobil-OEMs), Politik, Sozialpartner sowie Bildung und Wissenschaft strukturiert und thematisch gebündelt.
- Es handelt sich bewusst um erste Stoßrichtungen – nicht um abschließend abgesicherte Maßnahmenkataloge.

Geplante Ergebnisse des Teilarbeitspakets

- Systematische Bewertung des Potenzials der identifizierten Ansätze
- Innovationsportfolio
- Erste Handlungsempfehlungen
- Ausformulierte Gesamtstudie

Erreichte Ergebnisse (Verweis auf Studie »New Lean«)

- Abgeleitet Handlungsempfehlungen für vier verschiedene Stakeholder-Gruppen (Politik, Industrie, Wissenschaft/Bildung, Sozialpartner)
- Ausformulierte Gesamtstudie

➔ »New Lean« Studie: Kapitel 6 (Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen)

4 Verwertbarkeit des Ergebnisses

4.1 Wissenschaftlich – technische Verwertung nach Projektende

Nach Abschluss des Analysevorhabens „New Lean“ sind mehrere konkrete Verwertungspfade identifiziert worden, die eine nachhaltige wissenschaftlich-technische Nutzung der erarbeiteten Ergebnisse sicherstellen. Die Ergebnisse des Projekts bieten sowohl methodisch-konzeptionelle als auch technologie- und anwendungsnahe Ansätze, die in Forschung, industrieller Praxis und politischen Handlungskontexten zur Weiterentwicklung zukunftsfähiger Produktionssysteme beitragen können. Die wichtigsten Verwertungspfade sind im Folgenden beschrieben:

Verwertung in der industriellen Praxis

Für Unternehmen der Industrie können zentrale Erkenntnisse unmittelbar in die Weiterentwicklung ihrer Produktionssysteme überführen. Insbesondere die 25 Hypothesen aus den Innovationsräumen bilden einen validierten Orientierungsrahmen für Investitions- und Technologieentscheidungen im

Transformationsprozess zur produktiveren und umweltneutralen Automobilproduktion 2035.

Beispielhafte unmittelbar anschlussfähige Verwertungsfelder wären

- Einführung neuer Organisationsmodelle mit flachen Hierarchien und dezentralen Entscheidungsstrukturen (H1),
- Integration von Digital Twins und Software-defined Manufacturing in der Produktionsplanung (H15, H17).

Verwertung durch Fraunhofer IPA und IAO

Erkenntnisse aus dem Vorhaben werden durch Fraunhofer IAO und IPA in verschiedene Transferformate und Weiterbildungsmaßnahmen überführt. Hierzu kann eine spezifische Instanziierung des allgemeinen Systemmodells mit den konkreten Modellparametern der assoziierten Partner in dedizierten Werken durchgeführt werden. Das entwickelte generische Modell sowie die darüber hinaus erzeugten Ergebnisse bieten vielfältige Anknüpfungspunkte, die in einem »New Lean« Arbeitskreis fortgeführt werden sollen.

Im Weiteren liegt vor allem eine wissenschaftliche Anschlussfähigkeit im Kerninteresse der Forschungspartner Fraunhofer IPA und IAO, die im Folgenden beschrieben ist.

4.2 Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Ein zentrales wissenschaftliches Ergebnis der Analysephase ist die Formulierung erster Leitplanken für ein ganzheitliches Produktionssystem 2035+ im Sinne eines „New Lean“-Paradigmas. Diese Leitplanken dienen als wissenschaftlich fundierte Grundlage für nachgelagerte Forschungs- und Entwicklungsprojekte und markieren einen methodischen wie inhaltlichen Neustart für die Gestaltung industrieller Produktionssysteme in Deutschland und darüber hinaus. Nach der Analysephase von New Lean ist der nachfolgende logische Schritt ein öffentliches Forschungsprojekt unter Einbindung der industriellen Praxis, welches unter anderem diese Themenschwerpunkte beinhalten sollte:

- Entwicklung und Validierung des gesamtsystematischen Produktionssystemansatz New Lean
- Weiterentwicklung der Einzelbestandteile: Gestaltungsprinzipien, Lösungselemente, Prozesse
- Ausweitung des Betrachtungsfokus auf das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk (über OEM-Fabrik hinaus)
- Ausweitung des Betrachtungsfokus auf globale Automobilproduktion inkl. USA, Japan, China (im Vgl. mit Deutschland)
- Ausweitung des Betrachtungsfokus auf weitere Branchen (im Vgl. zur Automobilindustrie)
- Umsetzung mehrerer Projekt- und Transferformate mit mind. einem langfristigen Forschungsprojekt und kurzzyklischen Kurzprojekten mit Industrieeinbindung

Grundprinzipien zukunftsfähiger Produktionssysteme wurden inhaltlich geschärft und diskutiert, stehen jedoch noch vor der konkreten Ausformulierung, Umsetzung und Evaluation. Hieraus ergibt sich eine hohe Anschlussfähigkeit für weiterführende wissenschaftliche Arbeiten sowie öffentlich geförderte Validierungs- und Demonstrationsprojekte.

Die hohe Relevanz und Resonanz in der Forschungslandschaft zeigen sich bereits jetzt: Die Ergebnisse wurden u.a. im Rahmen einer internationalen Konferenz am MIT vorgestellt und mit James Womack, dem Mitbegründer des Lean-Management-Konzepts, intensiv diskutiert. Zudem wird das Vorhaben durch acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften aktiv unterstützt und in strategische Forschungsdialoge eingebunden.

Schließlich wurden die Kernthemen in den definierten Innovationsräumen (u.a. Automatisierung, Organisation, Digitalisierung, Infrastruktur) weiter präzisiert und eignen sich in ihrer aktuellen Form hervorragend als konkrete Zielvorgaben für dedizierte Entwicklungsprojekte – etwa in Form von Technologiedemonstratoren, Reallaboren oder prototypischen Implementierungen.

Im Ergebnis wurde ein systemischer Gestaltungsrahmen erarbeitet, der als Blaupause für politische Programme und Regulierungsmaßnahmen dienen kann, etwa zur Förderung autarker Energieversorgung, intelligenter Automatisierung oder ressourcenschonender Produktionsmethoden.