

Kompetenzen für die klimaneutrale Produktion



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Abschlussbericht

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold

Verfasser*innen: Stefan Seyfried, Astrid Weyand, Sebastian Bardy, Matthias Weigold,
Joachim Metternich

Technische Universität Darmstadt

Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeug-
maschinen (PTW)

Otto-Berndt-Straße 2

64287 Darmstadt

Projektlaufzeit: 10/2022 – 09/2023

Fördergeber: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Aktenzeichen: 38190/01

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	4
Abkürzungsverzeichnis.....	5
Zusammenfassung.....	6
1 Anlass und Zielsetzung	7
2 Arbeitsschritte und Methoden.....	8
3 Ergebnisse	13
3.1 AP 1: Empirische Fundierung der zielgruppengerechten Kompetenzentwicklung	13
3.2 AP 2: Entwicklung eines Reifegradmodells	16
3.3 AP 3: Entwicklung der Kompetenztabelle.....	17
3.4 AP 4: Systematisierung von Ansatzpunkten zur Kompetenzentwicklung	19
3.5 AP 5: Aufbereitung der Ergebnisse für den Transfer in die Praxis.....	20
4 Diskussion	24
5 Öffentlichkeitsarbeit	25
6 Fazit	27
7 Literaturverzeichnis.....	28
8 Anhang.....	29
8.1 Interviewleitfaden	29
8.2 Kompetenztabellen und abgeleitete Infrastruktur zur Erweiterung von Lernfabriken (siehe Beschreibung AP 5)	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozess zur Gestaltung von Klimastrategien nach Seyfried et al. [6]	14
Abbildung 2: Hebel zur Förderung eines ressourceneffizienten Mitarbeitendenverhaltens	16
Abbildung 3: In- und Outputs der Prozesskette der ITA Academy Lernfabrik.....	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel Kompetenztabelle	10
Tabelle 2: Gantt-Chart des Projektablaufs.....	12
Tabelle 3: Beispiel des Aufbaus der Kompetenztabelle für Facharbeitende	18
Tabelle 4: Zusammenfassung der Projektergebnisse gegliedert nach Arbeitspaketen ...	23

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
CiP	Center für industrielle Produktivität
ETA	Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion
KMU	kleine Unternehmen und mittlere Unternehmen
PTW	Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen

Zusammenfassung

Das Projekt *Kompetenzen für die klimaneutrale Produktion* verfolgte das Ziel, zu identifizieren, welche Kompetenzen Unternehmen – und dabei insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) – für eine erfolgreiche Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion benötigen und wie diese Kompetenzen systematisch aus der Wissenschaft in die industrielle Praxis transferiert werden können. Dazu wurden im Projekt Vorgehensmodelle zur Gestaltung von Klimastrategien von Unternehmen analysiert, ein Reifegradmodell entwickelt und die von Unternehmen benötigten Kompetenzen für spezifische Zielgruppen in Form von Kompetenztabellen systematisiert. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend wurden Ansätze zur Kompetenzentwicklung abgeleitet. Zwei Ansatzpunkte konnten im Projekt bereits umfassend ausgearbeitet werden. Es entstanden zwei Workshops, die in den Lernfabriken CiP (Center für industrielle Produktivität) und ETA-Fabrik (Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion) des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) an der Technischen Universität Darmstadt Unternehmen künftig zur gezielten Kompetenzentwicklung zur Verfügung stehen. Dabei handelt es sich zum einen um einen Workshop zum Thema Strategien für die klimaneutrale Produktion und zum anderen um einen Workshop zum Thema Ressourceneffizienz im Shopfloormanagement. Zusammen mit bestehenden Weiterbildungsangeboten bilden sie einen Grundstein, um in künftigen Projekten insbesondere die ETA-Fabrik zu einem Kompetenzzentrum für die klimaneutrale Produktion weiterzuentwickeln und Unternehmen als kompetente und unabhängige Anlaufstelle für die vielfältigen Fragestellungen auf dem Gebiet der nachhaltigen und insbesondere klimaneutralen Produktion zu dienen.

1 Anlass und Zielsetzung

Das Projekt *Kompetenzen für die klimaneutrale Produktion* leistet einen Beitrag dazu, KMU bei dieser notwendigen Kompetenzentwicklung zu unterstützen. Im Rahmen des einjährigen Projektes wurden systematisch die zielgruppenabhängigen, notwendigen Kompetenzen im Unternehmen zur Entwicklung einer klimaneutralen Produktion abgeleitet und definiert. Weiterhin werden Wege zur Vermittlung dieser Kompetenzen in die Praxis dargestellt. Teilschritte umfassen die Analyse der notwendigen Kompetenzen von KMU und ihrer aktuellen Verfügbarkeit. Außerdem erfolgt die Entwicklung eines Reifegradmodells zur Beurteilung des Kompetenzstatus von KMU mit Blick auf die nächsten Verbesserungsschritte in Richtung Klimaneutralität. Auf der Basis einer Kompetenztafel erfolgt die Identifikation von Ansatzpunkten für eine zielgerichtete Kompetenzentwicklung. Darauf aufbauend erfolgt die Entwicklung von Lerninhalten für den Transfer in die Praxis. Die Lerninhalte werden abschließend pilotiert und so aufbereitet, dass sie auch auf Bildungsstandorte und Lernfabriken adaptiert werden können.

Das Ziel des Projektes bestand darin, systematisch zu untersuchen, welche Kompetenzen notwendig sind und welche Kompetenzlücken bei KMU bestehen, um die Transformation der Industrie hin zu einer klimaneutralen Produktion zu beschleunigen. KMU verfügen typischerweise nicht über die nötigen Ressourcen, um spezialisierte Fachabteilungen für die Transformation in Richtung klimaneutraler Produktion bereitzustellen. Dennoch müssen sie die notwendigen Kompetenzen für diese Transformation entwickeln, um das umweltrelevante Ziel der klimaneutralen Produktion erreichen zu können. Dafür sollten die zugehörigen Aufgaben der unterschiedlichen Ebenen der Unternehmenshierarchie, wie beispielsweise im Top-Management, auf Fachexpert*innen-Ebene und im Shopfloor analysiert sowie der notwendige Kompetenzbedarf detailliert untersucht werden. Die Ergebnisse sollten für Schulungen in der ETA-Fabrik und der Prozesslernfabrik CiP in einem realistischen Produktionsumfeld praxisnah insbesondere für KMU aufbereitet werden, um die vorhandene Lücke beim spezifischen Kompetenzbedarf zu schließen und die Ergebnisse zielgerichtet zu transferieren. Dazu sollten die Ergebnisse so aufbereitet werden, dass sie der (Fach-)Öffentlichkeit zugänglich werden.

2 Arbeitsschritte und Methoden

Im Folgenden wird das Vorgehen im Projekt vorgestellt. Die Projektplanung umfasst fünf Arbeitspakete (AP). Die Bearbeitungszeit des Gesamtprojekts betrug ein Jahr. Die Dauer der einzelnen AP ist dem Gantt-Chart in Tabelle 2 zu entnehmen.

AP1: Empirische Fundierung der zielgruppengerechten Kompetenzentwicklung

Im ersten Arbeitspaket werden die Grundlagen einer klimaneutralen Produktion aufbereitet. Darauf aufbauend können in den nachfolgenden Arbeitspaketen dann der Stand der Transformation eines Unternehmens in Richtung klimaneutrale Produktion bewertet und notwendige Kompetenzen für die weitere Entwicklung von Unternehmen in Richtung des Ziels Klimaneutralität abgeleitet werden. Dazu werden als empirische Fundierung in AP1 die erforderlichen Vorgehensschritte zur klimaneutralen Produktion durch Literaturrecherchen und Expert*inneninterviews aufbereitet. Hierbei werden Veränderungen sowohl aus menschlicher, technologischer als auch organisatorischer Sicht betrachtet. Dazu wird auch berücksichtigt, welchen Stand Unternehmen auf dem Weg zur Klimaneutralität und der Entwicklung zugehöriger Kompetenzen aktuell bereits erreicht haben und welche spezifischen Anforderungen sich für KMU im Vergleich zu Großunternehmen ergeben. Ein besonderer Fokus liegt auf den Hinderungsgründen für die schnelle Umsetzung bereits heute verfügbarer Lösungen. Denn je nach Funktion im Unternehmen haben Mitarbeiter*innen an unterschiedlichen Stellen Einfluss auf die Ausrichtung und den Weg des Unternehmens hin zu Klimaneutralität und benötigen daher unterschiedliche Kompetenzen. Es wird analysiert, welche spezifischen Handlungen bzw. Entscheidungen in den einzelnen Zielgruppen vorzunehmen sind und welches Wissen erforderlich ist.

AP2: Entwicklung eines Reifegradmodells

Die benötigten Kompetenzen in Unternehmen sind davon abhängig, welchen Stand Unternehmen auf dem Weg zur Klimaneutralität bereits erreicht haben und welche Schritte als nächste zu gehen sind. Daher wird auf Grundlage von AP1 ein Reifegradmodell für die klimaneutrale Produktion abgeleitet, das als Basis für die nachfolgende Identifikation spezifischer benötigter Kompetenzen dient. Das zu entwickelnde Modell beinhaltet sowohl menschliche, technische als auch organisatorische Aspekte, welche den Entwicklungsstand von Unternehmen bei der Transformation zur klimaneutralen Produktion

charakterisieren. Die technischen Faktoren umfassen beispielsweise, inwieweit Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz oder Substitution fossiler Energieträger bereits umgesetzt sind. Organisatorische Faktoren beschreiben, inwieweit das strategische Ziel der Klimaneutralität in die organisatorischen Abläufe eingebunden ist. Dies reicht von der Formulierung einer Klimastrategie bis zu Handlungsanweisungen zur Abschaltung von Maschinen in Nichtnutzungszeiten auf operativer Ebene. Menschliche Faktoren umfassen schließlich auch die Haltung der Mitarbeiter*innen und insbesondere ihre Kompetenzen bezüglich der Klimaneutralität. Die menschlichen Faktoren stehen damit in direktem Zusammenhang zur in AP3 zu entwickelnden Kompetenztablelle. Die Auswahl von Ansatzpunkten zur Kompetenzentwicklung in einzelnen Unternehmen ist wiederum auch abhängig vom Grad der technischen und organisatorischen Entwicklung von Unternehmen in Richtung Klimaneutralität, sodass die Arbeitspakete 2 bis 4 eng miteinander in Beziehung stehen.

AP3: Entwicklung der Kompetenztablelle

Die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 1 und 2 bilden die Basis, um eine umfangreiche zielgruppenspezifische Kompetenztablelle zu erarbeiten. Hierzu werden die Erkenntnisse aus AP1 genutzt, um Kompetenzklassen zu bilden (unter Zuhilfenahme der Übersicht von bspw. [1]) und daraus relevante Teilkompetenzen zu entwickeln. Diese werden dann wiederum den Zielgruppen zugewiesen. Im Folgenden können dann Teilkompetenzen geclustert und in Hauptkompetenzen sortiert werden. Ziel ist es, den Kompetenzbedarf gesammelt in einer Tablelle darzustellen und zusätzlich mithilfe der Taxonomiestufe nach Bloom zu spezifizieren sowie einen Soll-Kompetenzkorridor zu formulieren [2]. Abschließend werden zu jeder Kompetenz die Handlungen und das zugrundeliegende Wissen formuliert. Tablelle 1 zeigt beispielhaft den Aufbau einer solchen Kompetenztablelle.

Tabelle 1: Beispiel Kompetenztabelle

Hauptkompetenz	Subkompetenz	Taxonomiestufe	Handlung	Wissen
Identifizieren möglicher Einsparpotenziale in der Produktion	Abgrenzen der Ressourcenverschwendungen von notwendigem Ressourcenverbrauch	2	Abgrenzung zum Ressourceneinsatz / Abgrenzung zur Veränderbarkeit von Ressourcen / Abgrenzen zur realisierbaren Effizienzsteigerung	Rückgriff auf Daten (transparente Erfassung des Ressourcenverbrauchs etc.)
	Präzisieren bzw. Erarbeiten effizienzsteigernder Potenziale	3	Erstellen von Mind-Maps für jeweilige Produktionsbereiche mit zugewiesenen Einsparpotenzialen	Kennen der Liste aller Einsparpotenziale

AP4: Systematisierung von Ansatzpunkten zur Kompetenzentwicklung

Abhängig vom Reifegrad, der Zielgruppe, den strategischen Zielen und den nächsten Schritten ergeben sich die anschließenden Ansatzpunkte zur Entwicklung benötigter Kompetenzen für die klimaneutrale Produktion. In AP4 werden diese Ansatzpunkte systematisiert, um verschiedene Entwicklungspfade für Unternehmen zu ermitteln. Diese Entwicklungspfade bilden wiederum die Grundlage für die Entwicklung der Schulungen in AP5. Somit werden in den Schulungen sinnvolle Kombinationen aus zielgruppenspezifischen Kompetenzen gelehrt.

AP5: Aufbereitung der Ergebnisse für den Transfer in die Praxis

Im abschließenden Arbeitspaket werden die Ergebnisse so aufbereitet, dass sie effektiv in die Industrie und insbesondere KMU transferiert werden können. Dies geschieht unter Berücksichtigung der in AP4 identifizierten Ansatzpunkte zur Kompetenzentwicklung. Konkret werden praktische Lerninhalte in Form einer Schulung für Lernfabriken entwickelt, die dann in das Workshop-Curriculum der ETA-Lernfabrik sowie der CiP-Lernfabrik aufgenommen werden. Damit steht sie u. a. dem Netzwerk der Lernfabrik-Partner und auch den Schulungsteilnehmern des Mittelstand Digitalzentrums Darmstadt zur Verfügung. Die konkreten Inhalte der Schulung basieren auf der Kompetenztabelle aus AP3 und sind beispielsweise Empfehlungen zur Integration des Ziels der klimaneutralen Produktion und zugehöriger Kompetenzen in der Strategie von KMU. Ziel der Schulung ist es, die KMU zu befähigen, selbstständig eine Grobplanung für ihren Weg zur Klimaneutralität zu erarbeiten. Die zu entwickelnden Lerninhalte werden dafür so aufbereitet, dass

sie als Tagesworkshop funktionieren, aber auch einzelne Elemente in kürzeren Formaten, bspw. für Führungen oder Impulsvorträge zum Einsatz kommen können, um eine breitere Zielgruppe anzusprechen. Die Lerninhalte umfassen zudem nicht nur theoretische Anteile in Form von Präsentationsfolien, sondern sollen handlungsbasiert auch interaktive Elemente beinhalten. Ziel dabei ist es, die vorhandenen Lernfabriken effektiv zu nutzen, um direkt Wissens Elemente mit korrespondierenden Handlungen zu verknüpfen und damit einen Mehrwert in der Kompetenzentwicklung zu schaffen.

Neben der einmaligen Aufbereitung der Ergebnisse für die Lernfabriken der TU Darmstadt wird zudem ein Vorgehen erarbeitet, um auch andere Lernfabriken so auszustatten, dass dort Schulungen zur klimaneutralen Produktion möglich werden. Dieses Vorgehen lässt sich über die bestehenden Kontakte der Antragsteller*innen in der Lernfabrik-Community (siehe IALF [3]) verbreiten, so dass eine möglichst breite Anwendung der erarbeiteten Inhalte für möglichst viele KMUs ermöglicht wird.

Neben dem Transfer der Ergebnisse in Lernmodulen werden die Ergebnisse auch im Rahmen von Publikationen in den wissenschaftlichen Austausch eingebracht.

Zeitliche Abfolge der Arbeitspakete

Die Arbeitspakete 1 bis 5 starten in der Reihenfolge, in welcher sie zuvor beschrieben wurden. Um die beschriebenen Abhängigkeiten zwischen den Arbeitspaketen zu berücksichtigen, erfolgt die Bearbeitung in Teilen parallel. Die Empirische Fundierung der zielgruppengerechten Kompetenzentwicklung (AP1) beschränkt sich auf die erste Projekthälfte. Die Arbeitspakete 2 bis 4 stehen im Zentrum des Projektablaufs und schaffen die notwendigen Voraussetzungen zum Transfer der Ergebnisse in Unternehmen und insbesondere KMU, indem ein Reifegradmodell erarbeitet wird (AP2), die Kompetenztafel aufgestellt wird (AP3) und Ansatzpunkte zur Kompetenzentwicklung identifiziert werden (AP4). Die letzte Phase des Projekts steht ganz im Zeichen der Aufbereitung der Ergebnisse für den Transfer in die Praxis (AP5), um sicherzustellen, dass die Projektergebnisse für die Unternehmen sowie andere Bildungseinrichtungen und Lernfabriken nutzbar sind. Tabelle 2 veranschaulicht die Abfolge der Arbeitspakete anhand eines Gantt-Charts.

Während der Projektlaufzeit ergaben sich die folgenden Anpassungen am zeitlichen Projektverlauf:

Die Fertigstellung von Arbeitspaket 1 verzögerte sich um einen Monat, da die Durchführung von Expert*inneninterviews mehr Vorlaufzeit zur Vereinbarung von Terminen erforderte als ursprünglich angenommen. Dafür konnte mit der Bearbeitung von Arbeitspaket 3 bereits zwei Monate früher als geplant begonnen werden. Die Abweichungen vom ursprünglichen Zeitplan sind in der nachfolgenden Tabelle in grün dargestellt.

Tabelle 2: Gantt-Chart des Projektablaufs

Projektmonat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP1: Empirische Fundierung der zielgruppengerechten Kompetenzentwicklung												
4 PM												
AP2: Entwicklung eines Reifegradmodells												
3 PM												
AP3: Entwicklung der Kompetenztabelle												
4 PM												
AP 4: Systematisierung von Ansatzpunkten zur Kompetenzentwicklung												
3 PM												
AP5: Aufbereitung der Ergebnisse für den Transfer in die Praxis												
4 PM												

3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse des Projekts gegliedert nach den fünf zuvor beschriebenen Arbeitspaketen dargestellt. Tabelle 4 fasst die Ergebnisse abschließend in komprimierter Form zusammen.

3.1 AP 1: Empirische Fundierung der zielgruppengerechten Kompetenzentwicklung

Ziel des Arbeitspaketes war es, zunächst den Stand der Wissenschaft und Praxis anhand einer Literaturrecherche zu erfassen. Darauf aufbauend wurden Experteninterviews geführt, um diesen theoretischen Wissensstand mit aktuellen Praxiserfahrungen von Unternehmen, die sich in einem Transformationsprozess befinden, empirisch zu fundieren.

In der Literatur existieren verschiedene Ansätze, welche beschreiben, wie Unternehmen das Ziel der klimaneutralen Produktion verfolgen können. Drei Beispiele seien an dieser Stelle genannt. Hannen [4] beschreibt in seiner Dissertation ein mehrstufiges Vorgehen mit den Schritten Minimieren, Substituieren und Kompensieren von Treibhausgasemissionen in der Produktion. Global Compact [5] stellt einen Leitfaden zur Einführung eines Klimamanagements bereit. Dieser basiert auf vier Schritten: Erstellung einer Treibhausgasbilanz, Entwicklung von Klimazielen, Maßnahmen zur Zielerreichung sowie Berichterstattung und Kommunikation. Seyfried et al. [6] stellen einen mehrstufigen Prozess zur Gestaltung von Klimastrategien vor. Der Prozess umfasst die drei Makrophasen Vorbereitungsphase, Strategieentwicklungsphase und operative Implementierungsphase. Er ist zudem iterativ gestaltet und beinhaltet verschiedene Rückkopplungsschleifen. Das von Seyfried et al. beschriebene Vorgehen wurde im Rahmen der Experteninterviews mit den Praxiserfahrungen der Interviewten abgeglichen. Es ist daher in Abbildung 1 dargestellt.

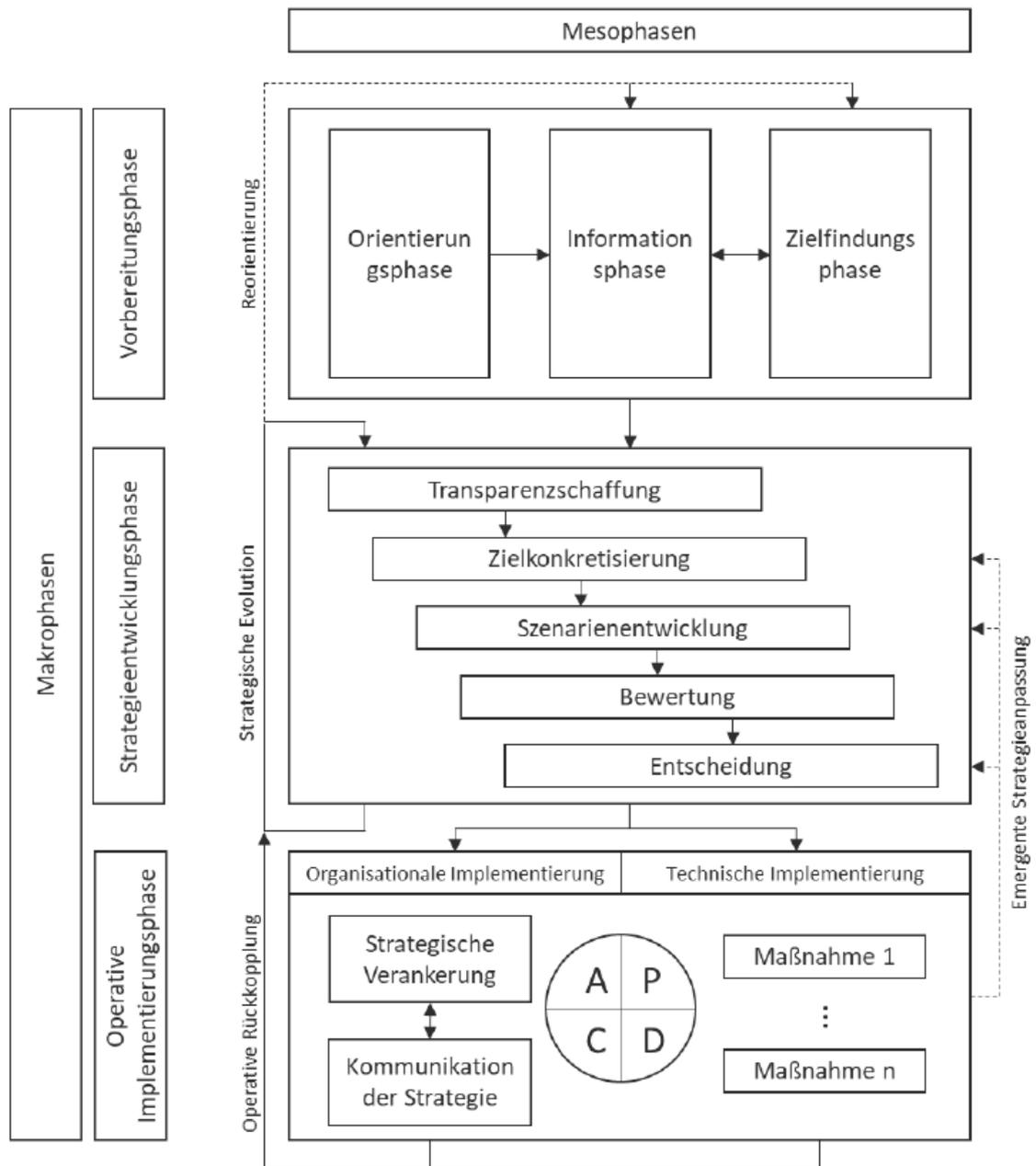


Abbildung 1: Prozess zur Gestaltung von Klimastrategien nach Seyfried et al. [6]

Aufbauend auf der Literaturrecherche wurden Experteninterviews konzipiert. Diese wurden als leitfadengestützte semistrukturierte Interviews geplant. Im ersten Teil enthielt der Leitfaden neben allgemeinen Einstiegsfragen Fragen zu Hemmnissen für die Transformation in Richtung klimaneutraler Produktion. Der zweite Teil befasste sich mit dem zuvor dargestellten Strategieprozess. Er enthielt außerdem Fragen zum für die Transformation abzudeckenden Kompetenzbedarf sowie zu Unterschieden zwischen KMU und Großunternehmen. Im dritten Teil wurde abgefragt, inwieweit sich das Verhalten von Mitarbeitenden als ein Hebel für den Wandel zu klimaneutraler Produktion insbesondere

auf dem Shopfloor beeinflussen lässt. Der vollständige Interviewleitfaden kann dem Anhang entnommen werden.

Insgesamt wurden 14 Interviews mit 15 Personen mit einem Umfang von jeweils 45 – 60 Minuten durchgeführt. Vier der Interviewten waren Geschäftsführer*innen von KMU, sechs Personen in verantwortlicher Position in der Produktion tätig, zwei Personen hatten einen beruflichen Hintergrund in der Beratung, zwei Personen waren in der Produktionsforschung tätig und eine Person bei einem Verband.

Die Interviewten beschäftigen sich alle bereits mit der Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion. Sie nannten unterschiedliche Hemmnisse, die sich weitgehend mit den in der Literatur beschriebenen Hemmnissen deckten. Auffällig war jedoch, dass diese sich je nach Unternehmen deutlich unterschieden. Genannt wurden unter anderem fehlende finanzielle Mittel, fehlende Kompetenzen, die Komplexität von systemischen Maßnahmen und mangelnde Personalkapazitäten.

Die Interviewten bestätigten die Anwendbarkeit des beschriebenen Prozesses zur Gestaltung von Klimastrategien. Betont wurde häufig, dass es sich in der Praxis um ein iteratives Vorgehen handle und den Rückkopplungsschleifen innerhalb des Prozesses eine besondere Bedeutung zukomme. Die Wichtigkeit der Kompetenz der Mitarbeitenden wurde von den Interviewten als hoch eingestuft. Dies betraf neben technischen Kompetenzen insbesondere auch organisatorische und soziale Kompetenzen, die als notwendig erachtet wurden, um eine Transformation im Unternehmen voranzubringen. Zudem wurde deutlich, dass es insbesondere KMU noch an den erforderlichen Kompetenzen fehlt. Dagegen erwiesen sich für KMU die kürzeren Entscheidungswege als Vorteile für eine zügige Transformation. Nachteilig waren wiederum geringere personelle und finanzielle Ressourcen.

Von den Interviewten wurden zudem die folgenden Faktoren für ein ressourceneffizientes Mitarbeitendenverhalten bestätigt:

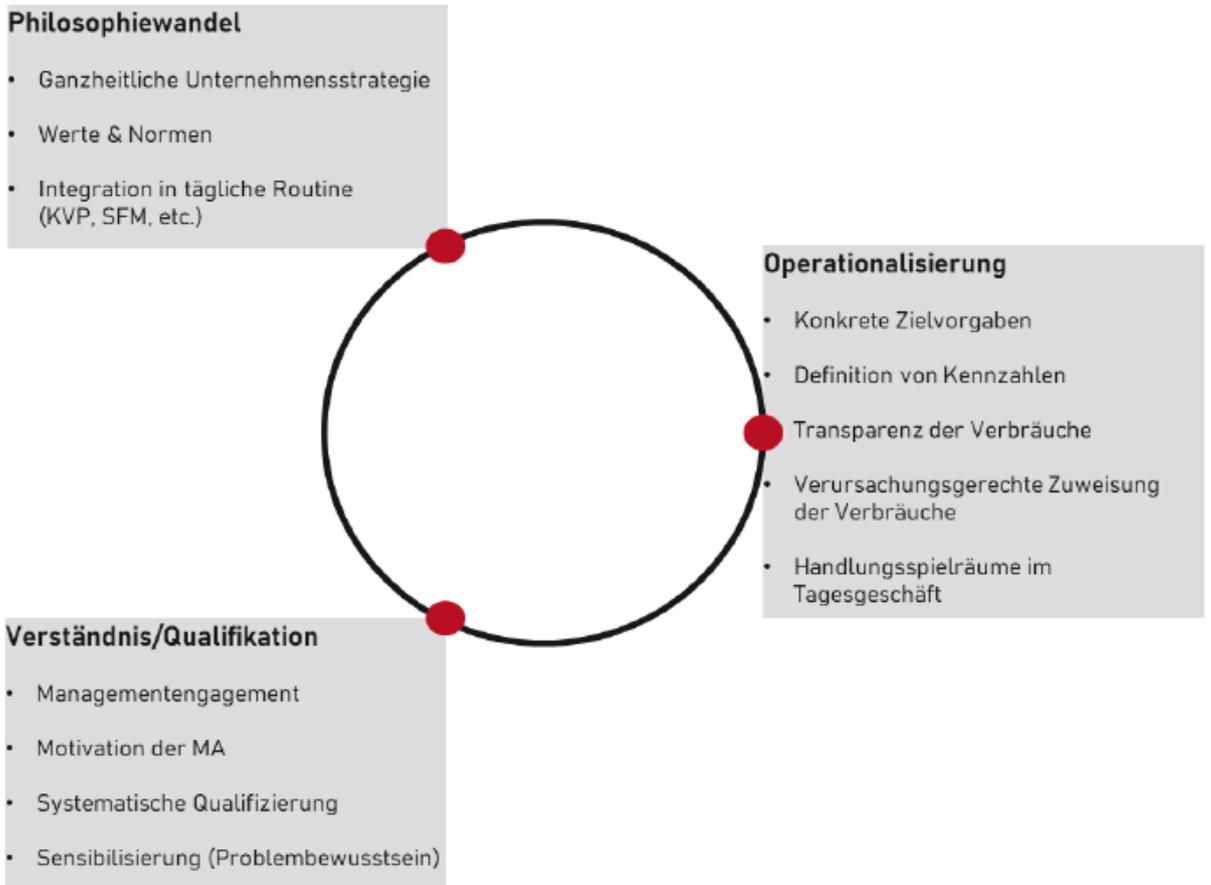


Abbildung 2: Hebel zur Förderung eines ressourceneffizienten Mitarbeitendenverhaltens

3.2 AP 2: Entwicklung eines Reifegradmodells

Zur Entwicklung eines Reifegradmodells für die klimaneutrale Produktion wurden zunächst bestehende Reifegradmodelle analysiert. Dazu gehören beispielsweise die beiden Reifegradmodelle der Normen ISO 50005 für Energiemanagementsysteme und ISO 14005 für Umweltmanagementsysteme.

Für das Reifegradmodell wurden die folgenden vier Reifegradstufen festgelegt:

Stufe 1: Unternehmen vor Beginn der Transformation

Stufe 2: Unternehmen am Beginn der Transformation

Stufe 3: Unternehmen im laufenden Transformationsprozess

Stufe 4: Unternehmen mit vorläufig abgeschlossenem Transformationsprozess

Diese Stufen spiegeln sich in der Bewertung der einzelnen Handlungsfelder und Reifeelemente wider.

Zu den Handlungsfeldern gehören die Transparenzschaffung über Ressourcenverbräuche und Emissionen, Nutzung von Effizienzpotenzialen in Bezug auf Material, die Einbindung von Erneuerbaren Energien, die Kompetenz, Motivation und Weiterbildung von Mitarbeitenden, das Engagement des Managements, die strategische Verankerung der Transformation und die Kommunikation der Ziele und bisherigen Ergebnisse.

Umgesetzt wurde das Reifegradmodell auf Basis eines von Seyfried et al. [7] beschriebenen Excel-Tools. Es ermöglicht die Bewertung der Reife einzelner Elemente anhand einer grafischen Benutzeroberfläche und gibt die Möglichkeit der grafischen Analyse der Ergebnisse. Perspektivisch ist die Umsetzung als webbasiertes Tool, welches der Öffentlichkeit über eine Webseite bereitgestellt werden kann, denkbar.

Die Weiterentwicklung des beschriebenen Reifegradmodells ist zudem aktueller Bestandteil der Forschung im Rahmen einer Dissertation am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) und wird in dann überarbeiteter Fassung voraussichtlich 2024 veröffentlicht werden.

3.3 AP 3: Entwicklung der Kompetenztabelle

Auf Basis der Theorie von Erpenbeck und Rosenstiehl sowie den Ergebnissen aus AP1 wurden Kompetenztabellen mit Handlungen und Wissensselementen erarbeitet.

Insgesamt sind Kompetenztabellen für 3 verschiedene Zielgruppen erstellt worden: Facharbeitende, Fachvorgesetzte und Management. Die Kompetenztabelle für Facharbeitende enthält 5 Hauptkompetenzen mit 19 Nebekompetenzen. Die Hauptkompetenzen sind: Zusammenfassen der Gründe für eine klimaneutrale Produktion, Identifizieren möglicher Einsparpotentiale in der Produktion, Identifizieren möglicher Einsparpotentiale in benachbarten Produktionsbereichen, Realisieren von Einsparpotentialen und Ausrichten des produktionsinternen Handelns auf klimaneutrale Produktion.

Tabelle 3: Beispiel des Aufbaus der Kompetenztabelle für Facharbeitende

Kompetenztabelle Facharbeitende					
Nummer	Hauptkompetenz	Unter- bzw. Nebenkompetenz	Taxonomie- stufe Bloom (1976)	Indikatoren	
				Handlung	Wissen
1	Zusammenfassen der Gründe für eine klimaneutrale Produktion	Nennen allgemeiner Zusammenhänge der Energie- und Klimaschutzpolitik	1	Motivation des Unternehmens = Einsparen von Kosten	Kenntnis von Klimaschutzzielen & Hauptinstrumenten (THG-Emissionshandel (ETS) der EU, Strompreisbildung (Merit-Order), CO2-Bepreisung -> Basis für Verständnis des unternehmerischen Transformationsprozesses
		Erläutern der Zusammenhänge zwischen alltäglichem Verhalten & Umwelt (im Betrieb und Privat)	2	Fortbewegung auf Werksgelände oder zw. Standorten (Bsp. Rad fahren, Fahrgemeinschaften, ÖPNV) / Verwendung regionaler & saisonaler Lebensmittel in Kantine (Bsp. Reduktion des Fleisch- und Milchkonsums, Fair-Trade- und Bio-Produkte) etc.	Kenntnis über Auswirkungen eigener Verhaltensweisen auf Umwelt / Wissen um Treibhauseffekt / Kenntnis über Möglichkeiten zur Emissionseinsparung

Die Kompetenztabelle für Fachvorgesetzte ist erheblich umfangreicher und enthält insgesamt 10 Hauptkompetenzen mit 53 Nebenkompetenzen. Hierbei ist zu beachten, dass sowohl Haupt- als auch Nebenkompetenzen in beiden Kompetenztabellen vorkommen können und sich dementsprechend mit den Kompetenzen aus der ersten Tabelle doppeln. Dies ist damit zu begründen, dass ein großer Teil der notwendigen Kompetenzen für Facharbeitende auch eine Voraussetzung für Fachvorgesetzte darstellen. Die Hauptkompetenzen sind: Zusammenfassen der Gründe für eine klimaneutrale Produktion, Vermitteln relevanter Inhalte und Kenntnisse, Umgang und Verhalten in Gruppen, Verhalten im unternehmerischen Transformationsprozess, Einbinden der Mitarbeitende in die Umsetzung von ressourceneffizienzsteigernden Maßnahmen, Identifizieren möglicher Einsparpotentiale in der Produktion, Identifizieren möglicher Einsparpotentiale in benachbarten Produktionsbereichen, Planen des Aufwands für die Implementierung der Maßnahmen, Realisieren von Einsparpotentialen und Ausrichten des produktionsinternen Handelns auf klimaneutrale Produktion.

Die dritte Kompetenztabelle für das Management umfasst 3 Hauptkompetenzen mit insgesamt 11 Nebenkompetenzen. Die Hauptkompetenzen sind: Verständnis für die Relevanz des Themas Klimaneutralität, Kenntnis relevanter Begriffe, Gesetze und Entwicklungen im Zusammenhang mit Klimaneutralität und die Kompetenz Klimaneutralitätsstrategien für die Produktion zu entwickeln.

Die drei Kompetenztabellen stellen den Ausgangspunkt für die Umsetzung von Trainings dar. Im folgenden AP werden die Erkenntnisse aus den Kompetenztabellen diskutiert und systematisiert.

3.4 AP 4: Systematisierung von Ansatzpunkten zur Kompetenzentwicklung

Es zeigte sich, dass die Kompetenztabellen einen starken Überschneidungsgrad aufweisen. Die Kompetenzen für unterschiedliche Zielgruppen sind teilweise deckungsgleich. Darüber hinaus liegt der Fokus bei Fachvorgesetzten auf sozial kommunikativen Kompetenzen. Es geht also weniger darum neue technische Fähigkeiten zu entwickeln als vielmehr die MA für das Thema zu sensibilisieren. Die Erkenntnis ist, dass eine Verhaltensveränderung der Schlüssel für einen nachhaltigen Wandel zu einer klimaneutralen Produktion ist. Beispiel: Es wird von der Unternehmensleitung eine neue Maschine beschafft, die erheblich energieeffizienter produzieren kann. Die Mitarbeitenden lassen die Maschine aber weiterhin aus Bequemlichkeit in den Pausenzeiten und über Nacht im Standby laufen. So wird die Top Down Strategie durch fehlendes Problembewusstsein auf dem Shopfloor untergraben.

Gleichzeitig ist eine erfolgreiche Transformation nicht ohne das Commitment des Managements möglich. Die Definition einer Strategie zur Überführung des Unternehmens zur klimaneutralen Produktion ist essenziell, damit alle Stakeholder an den gleichen Themen arbeiten und Synergieeffekte der Abteilungen genutzt werden können. Abschließend lässt sich festhalten, dass eine Kombination aus Bottom-Up und Top-Down die beste Strategie zur Wandlung der Unternehmen ist.

Daher haben wir uns im Projekt dazu entschieden die beiden Ansätze jeweils in Form eines Vortrags mit Praxiselementen (im folgenden Workshop genannt) zu erarbeiten. Ziel ist es die notwendigen Kompetenzen für den jeweiligen Ansatz innerhalb der Workshops zu vermitteln. In Workshop 1 geht es primär um die Entwicklung von Strategien für die klimaneutrale Produktion. Die Zielgruppe sind hier insbesondere das Management und Stabsstellen in den Unternehmen. Ziel ist die Entwicklung einer Top-Down Strategie, die den Unternehmen den Weg zur klimaneutralen Produktion ermöglicht.

In Workshop 2 geht es um die Befähigung/Sensibilisierung der Mitarbeitenden und Management Ziel ist es das Thema klimaneutrale Produktion auf den Shopfloor zu bringen und aufzuzeigen, wie mithilfe einfacher Mittel ein Potentialanalyse und Maßnahmenumsetzung gelingen kann.

3.5 AP 5: Aufbereitung der Ergebnisse für den Transfer in die Praxis

Die in den Arbeitspaketen entwickelten Ergebnisse wurden im Projekt in verschiedenen Formaten aufbereitet und darüber auch bereits in die Praxis transferiert.

Auf Basis von Vorarbeiten und studentischen Arbeiten wurde ein Workshop zum Thema „Strategien für die klimaneutrale Produktion“ entwickelt und als Konzept veröffentlicht [8]. Im Projekt wurde der Workshop zudem nochmal explizit für KMU zugeschnitten und beispielsweise bei Standards, Fallbeispielen oder vermittelten Methoden darauf geachtet, dass diese auf die Anforderungen und Gegebenheiten von KMU ausgerichtet sind.

Die Kompetenzen, die direkt auf Mitarbeiter*innen aus dem Shopfloor abzielen, wurden zunächst für einen Impulsvortrag von 30 Minuten aufbereitet, mit dem das Thema den Partnern der Lernfabrik CiP vorgestellt wurde. Das Feedback war durchweg positiv, so dass die Weiterentwicklung zu einem Tagesworkshop erfolgte, der bereits bei einem der Partner vor Ort durchgeführt werden konnte. Zukünftig wird der Workshop weiterhin im Partnerkonsortium angeboten und kommt somit einem Kreis aus aktuell 17 Unternehmen direkt zugute.

Neben den Workshops, die für die Lernfabriken in Darmstadt entwickelt wurden, lag ein weiterer Fokus auf der Übertragung der Erkenntnisse auf andere Lernfabriken. Dafür wurde sich an bestehenden Vorgehensweisen für die (Weiter-)Entwicklung von Lernfabriken orientiert, die zunächst die Ermittlung der intendierten Kompetenzen und eine anschließende Ableitung der technischen Anforderungen vorsehen [9–11]. Die intendierten Kompetenzen sind unter AP 3 beschrieben. Die technischen Anforderungen wurden insbesondere für die Umsetzung der verschiedenen Hotspot-Analysemethoden (siehe [10]) basierend auf den identifizierten Handlungen aufgestellt, woraus sich Auflistungen des technisch notwendigen Equipments ergeben (siehe Anhang). Neben der Schulung von Hotspot-Methoden und der strategischen Vorgehensweise sollten Lernfabriken auch umgesetzte Maßnahmen zeigen, um Teilnehmende auf mögliche Potentiale aufmerksam zu machen und Inspiration bieten zu können. Um hier systematisch Effizienzmaßnahmen auch für andere Lernfabriken auszuwählen, wurde im Rahmen des Projektes ein Maßnahmenkatalog weiterentwickelt, um dort auch Kriterien zu integrieren, die für Lernfabriken von Relevanz sind [12]. Hierzu zählt beispielsweise der Umbauaufwand – wenn eine Maßnahme noch während eines Workshops implementiert werden kann, sorgt dies

bei den Teilnehmenden für einen größeren „Aha-Effekt“ und somit für eine bessere Vermittlung der Kompetenz, selbst dann im eigenen Unternehmen auch Maßnahmen identifizieren zu können.

Die entwickelten Tools konnten im Rahmen des Projektes auch bereits bei einer anderen Lernfabrik Anwendung finden. Konkret handelt es sich dabei um die ITA Academy, die am Institut für Textiltechnik an der RWTH Aachen angesiedelt ist. In der dortigen Prozesskette wird in mehreren Schritten und mit mehreren Ressourcenin- und -outputs aus Garn ein Stoffarmband hergestellt, siehe Abbildung 3.



Abbildung 3: In- und Outputs der Prozesskette der ITA Academy Lernfabrik

Dort wurde auf Basis der geplanten Zielgruppe ermittelt, dass die ABC-Analyse und die produktspezifische CO₂-Bilanzierung sinnvollerweise geschult werden sollten. Beide Methoden wurden dann in der Lernfabrik einmal durchgeführt und Hotspots identifiziert. Dies geschah initial mit temporär installiertem Equipment, was über das DBU-Projekt angeschafft und verliehen werden konnte. Für die zukünftige Schulung der Methoden sollte zusätzliches Messequipment stationär verbaut werden, um beispielsweise den Energiebedarf kontinuierlich zu erfassen. Für die identifizierten Hotspots wurden im Anschluss mit Hilfe des Maßnahmenkatalogs Effizienzmaßnahmen ermittelt, die es nun in der Lernfabrik zu implementieren und Workshopteilnehmenden zu zeigen gilt. Das Resultat des ca. einwöchigen Besuchs zur Erweiterung der Lernfabrik in Aachen war ein ausgearbeitetes Konzept für einen 1-Tagesworkshop sowie eine Liste mit technischem Equipment, was zur Durchführung dieses Workshops in der Lernfabrik beschafft und im-

plementiert werden sollte. Das Vorgehen lässt sich analog auf eine Vielzahl von Lernfabriken anwenden, die ebenfalls zukünftig Themen der klimaneutralen Produktion und Ressourceneffizienz adressieren möchten.

Die Ergebnisse wurden neben den hier beschriebenen Aktivitäten auch in mehreren Publikationen aufbereitet. Die Auflistung der Publikationen findet sich in Abschnitt 5 Öffentlichkeitsarbeit.

Die Projektergebnisse werden in der folgenden Tabelle geordnet nach Arbeitspaketen zusammengefasst.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Projektergebnisse gegliedert nach Arbeitspaketen

Arbeitspaket	Ergebnisse
<p>AP 1 Empirische Fundierung der zielgruppengerechten Kompetenzentwicklung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der klimaneutralen Produktion auf Basis von Literaturrecherche aufgearbeitet • Experteninterviews konzipiert zu folgenden Themen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Stand von Unternehmen bei der Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion ○ Strategische Herangehensweise bei der Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion ○ Beteiligte Mitarbeitende bei der Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion ○ Benötigte Kompetenzen für die Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion ○ Hemmnisse bei der Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion ○ Unterschiede zwischen KMU und Großunternehmen ○ Voraussetzungen für ein ressourceneffizientes Verhalten der Mitarbeitenden • 14 Interviews durchgeführt und ausgewertet <ul style="list-style-type: none"> ○ Umfang: circa 45 – 60 Minuten pro Interview ○ Zielgruppe: Management und Produktionsverantwortliche
<p>AP 2 Entwicklung eines Reifegradmodells</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konzept zum Aufbau des Reifegradmodells unter Berücksichtigung menschlicher, technischer und organisatorischer Aspekte auf Grundlage eines Prozesses für die Entwicklung von Strategien für die klimaneutrale Produktion erarbeitet • Handlungsfelder und Reifelemente auf Basis der in AP1 durchgeführten Literaturrecherche gesammelt • Reifegradstufen definiert und Reifelemente in Handlungsfelder eingeordnet
<p>AP 3 Entwicklung der Kompetenztabelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Auf Basis der Theorie von Erpenbeck und Rosenstiel sowie den Ergebnissen aus AP1 wurden Kompetenztabellen mit Handlungen und Wissens-elementen erarbeitet. • Insgesamt sind Kompetenztabellen für 3 verschiedene Zielgruppen erstellt worden: Facharbeitende, Fachvorgesetzte und Management
<p>AP 4 Systematisierung von Ansatzpunkten zur Kompetenzentwicklung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es zeigt sich, dass eine Kombination aus Top-Down Strategieentwicklung und Bottom-Up Analyse der Produktion den Wandel zu einer klimaneutralen Produktion ermöglichen. • Die Inhalte der Kompetenztabellen werden daher in zwei Praxisvorträge (Workshops) zusammengefasst.
<p>AP 5 Aufbereitung der Ergebnisse für den Transfer in die Praxis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Auf Basis der Ergebnisse von AP3 wurden bereits 2 Workshops entwickelt (Ressourceneffizienz im Shopfloor Management und Strategien für die klimaneutrale Produktion). Ersterer konnte bereits durchgeführt werden. Weitere Workshops werden entwickelt und in Lernfabriken angeboten • Außerdem wurde auf Basis der Literatur und von (weiter-)entwickelten Tools eine Lernfabrik in Aachen um das Thema erweitert – Ergebnis ist ein Workshopkonzept und die Auflistung von technischem Equipment, welches in der Lernfabrik noch implementiert werden sollte, um das Workshopkonzept dort umsetzen zu können • Auf Veröffentlichungen wird im Kapitel Öffentlichkeitsarbeit genauer eingegangen

4 Diskussion

Das Ziel des Projektes bestand darin, systematisch zu untersuchen, welche Kompetenzen notwendig sind und welche Kompetenzlücken bei KMU bestehen, um die Transformation der Industrie hin zu einer klimaneutralen Produktion zu beschleunigen.

Aus Sicht der Autoren ist das Ziel im vollen Umfang erreicht worden. Alle fünf Arbeitspakete wurden im geplanten Zeitraum abgeschlossen und ein erster Transfer in die Industrie hat bereits stattgefunden. Über die Lernfabriken besteht ein sehr guter Multiplikator, der die Ideen und Konzepte einem breiten Publikum zur Verfügung stellt.

Die Rückmeldung aus den Unternehmen fiel durchweg positiv auf. Die Rückmeldung war, dass auf der Managementebene die Kompetenzen für einen vorschriftsgerechten Wandel fehlen und hier dementsprechend hoher Bedarf besteht. Auf der anderen Seite fehlt es den Mitarbeitenden auf dem Shopfloor am Verständnis und Problembewusstsein für die notwendigen Schritte. Auf die Diskrepanz angesprochen ist es den Mitarbeitenden bewusst, dass sie sich auf der Arbeit anders verhalten als zuhause (einfaches Beispiel: Licht ausschalten, wenn man den Raum verlässt). Die Akzeptanz für das neue Thema fällt dementsprechend hoch aus, sodass selbst mit einfachen Mitteln wie einem Workshop bereits erste Erfolge im veränderten Verhalten erkennbar sind.

5 Öffentlichkeitsarbeit

Die Ergebnisse des Projektes wurden in verschiedenen Formaten aufbereitet und veröffentlicht und werden auch über die Projektlaufzeit hinaus weitergeführt.

Dazu zählen zum einen die entwickelten Workshops zum Thema „Strategien für die klimaneutrale Produktion“ und „Ressourceneffizienz im Shopfloormanagement“, wobei letzterer sogar im Rahmen der Laufzeit zweimal gehalten werden konnte. Diese Workshops werden auch über die Laufzeit hinaus am Institut in den vorhandenen Lernfabriken angeboten. Die entwickelten Kompetenztabellen dienen zudem als Basis für die Neuentwicklung weiterer Workshops, zum einen an der TU Darmstadt, zum anderen können diese Tabellen aber auch von anderen Lernfabriken genutzt werden. Im Rahmen der Weiterentwicklung einer Lernfabrik an der RWTH Aachen wurde zudem gezeigt, wie eine solche systematische Erweiterung um das Thema klimaneutrale Produktion auch auf andere Lernfabriken übertragen werden kann. Perspektivisch werden auch in Aachen nun Workshops zu diesem Thema angeboten, was somit auch Unternehmen außerhalb der Darmstädter Region zugutekommt.

Die Ergebnisse des Projektjahres wurden zudem in zahlreichen Veröffentlichungen aufbereitet. Die Liste umfasst folgende Veröffentlichungen:

- Seyfried, Stefan; Weyand, Astrid; Kohne, Thomas; Weigold, Matthias (2023): Process for Climate Strategy Development in Industrial Companies, in: Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics CPSL 2023, DOI: 10.15488/13457
- Seyfried, Stefan; Weyand, Astrid; Webersinn, Julia; Weigold, Matthias (2023): Development of a competence-oriented training on climate neutral production for learning factories, in: SSRN eLibrary, Elsevier B.V., 13. Conference on Learning Factories (CLF 2023), DOI: 10.2139/ssrn.4469517
- Weyand, Astrid; Seyfried, Stefan; Bardy, Sebastian; Laghai, Bijan; Metternich, Joachim; Weigold, Matthias (2023): Teaching Resource Efficiency in Learning Factories – Systematic Approach for Choosing Measures, in: SSRN eLibrary, Elsevier B.V., 13. Conference on Learning Factories (CLF 2023), DOI: 10.2139/ssrn.4469318

-
- Weyand, Astrid; Lehnert, Sophie; Alish, Vincent; Weigold, Matthias: Approach for the implementation of resource analysis methods in learning factories, in: Production & Manufacturing Research 11 (2023) 1, DOI: 10.2139/ssrn.4469318

Die Ergebnisse des DBU-Projektes fließen zudem in wichtige Teile von drei Dissertationen ein, die aktuell erarbeitet werden. Die vorläufigen Titel lauten wie folgt:

- „Ein reifegradorientierter Ansatz zur Gestaltung von Klimastrategien für die Produktion in mittelständischen Unternehmen“, Stefan Seyfried, voraussichtliche Veröffentlichung: September 2024
- „Methodik zur Gestaltung und Implementierung von Shopfloor Management für die ressourceneffiziente Produktion“, Sebastian Bardy, voraussichtliche Veröffentlichung: Juli 2024
- „Methodik zur Erweiterung von Lernfabriken um das Thema Ressourceneffizienz“, Astrid Weyand, voraussichtliche Veröffentlichung: Juni 2024

6 Fazit

Das Forschungsprojekt *Kompetenzen für die klimaneutrale Produktion* kann als erfolgreich betrachtet werden, da der gewählte Ansatz positive Ergebnisse erzielte. Der Wandel zur klimaneutralen Produktion ist ein umfangreicher Change-Prozess, bei dem eine effektive Strategie entscheidend ist. Die Erkenntnis, dass eine gute Strategie notwendig ist, um alle Stakeholder auf gemeinsame Themen auszurichten und Synergieeffekte zu nutzen, unterstreicht die Bedeutung einer ganzheitlichen Herangehensweise.

Es wurde erkannt, dass die Mitarbeitenden und Führungskräfte auf dem Shopfloor, also dort, wo der Ressourcenverbrauch stattfindet, nicht vernachlässigt werden dürfen. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit, auf allen Ebenen der Organisation Engagement und Bewusstsein für nachhaltige Praktiken zu fördern.

Die Entwicklung der beiden Workshops zur Top-Down-Strategieentwicklung und zur Bottom-Up-Mitarbeitenden-Befähigung wird als voller Erfolg gewertet. Die erfolgreiche Einbindung der Lernfabriken verspricht eine gute Breitenwirksamkeit und stellt sicher, dass die Workshops weiterhin genutzt werden, um Stakeholder aus der Industrie zu befähigen. Insgesamt hat das Forschungsprojekt somit nicht nur positive Ergebnisse erzielt, sondern auch effektive Wege zur Förderung von Klimaneutralität in der Produktion aufgezeigt.

Zusammen mit bestehenden Weiterbildungsangeboten bilden die neuen Workshops einen Grundstein, um in künftigen Projekten insbesondere die ETA-Fabrik zu einem Kompetenzzentrum für die klimaneutrale Produktion weiterzuentwickeln und Unternehmen als kompetente und unabhängige Anlaufstelle für die vielfältigen Fragestellungen auf dem Gebiet der nachhaltigen und insbesondere klimaneutralen Produktion zu dienen.

1. Ansari, S; Nagel, S.: Durch Mitarbeiterkompetenz zur Ressourceneffizienz. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 112 (2017) 3, S. 159–162.
2. Bloom, B.: Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Cognitive domain (1956).
3. International Association of Learning Factories: Working groups 2022. <https://ialf-online.net/index.php/activities/working-groups.html>. Zugriff am 21.07.2022.
4. Hannen, C.: Transformationsstrategien zum CO2-neutralen Unternehmen. Dissertation. Band 26: Produktion & Energie, Kassel.
5. UN Global Compact Netzwerk Deutschland: Einführung Klimamanagement. Schritt für Schritt zu einem effektiven Klimamanagement in Unternehmen 2022.
6. Seyfried, S; Weyand, A; Kohne, T; Weigold, M.: Process for Climate Strategy Development in Industrial Companies. Hannover publish-Ing 2023.
7. Seyfried, S; Martin, L; Weigold, M.: Klimaneutralität und Digitalisierung ein reifegradbasierter Ansatz zur Identifikation von Stellhebeln in der Produktion. Industrie 4.0 Management (2023), 51,59.
8. Seyfried, S; Weyand, A; Webersinn, J; Weigold, M.: Development of a competence-oriented training on climate neutral production for learning factories. SSRN Journal (2023).
9. Tisch, M; Hertle, C; Cachay, J; Abele, E; Metternich, J; Tenberg, R.: A Systematic Approach on Developing Action-oriented, Competency-based Learning Factories. Procedia CIRP 7 (2013), S. 580–585.
10. Weyand, A; Lehnert, S; Alish, V; Weigold, M.: Approach for the implementation of resource analysis methods in learning factories. Production & Manufacturing Research 11 (2023) 1.
11. Plorin, D; Jentsch, D; Hopf, H; Müller, E.: Advanced Learning Factory (aLF) – Method, Implementation and Evaluation. Procedia CIRP 32 (2015), S. 13–18.
12. Weyand, A; Seyfried, S; Bardy, S; Laghai, B; Metternich, J; Weigold, M.: Teaching Resource Efficiency in Learning Factories – Systematic Approach for Choosing Measures. SSRN Journal (2023).

8.1 Interviewleitfaden

Teil 1: Allgemein

- Daum/Uhrzeit
- Gesprächspartner
- Funktion
- Unternehmen
- Unternehmensgröße (Mitarbeitende und Umsatz)
- Branche

1.1: Einstiegsfragen

1. Wie lange beschäftigen Sie sich bereits mit den Themen Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion und Ressourceneffizienz?
2. Welche Bedeutung kommt den Themen Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion und Ressourceneffizienz bei der strategischen Ausrichtung des Unternehmens zu?

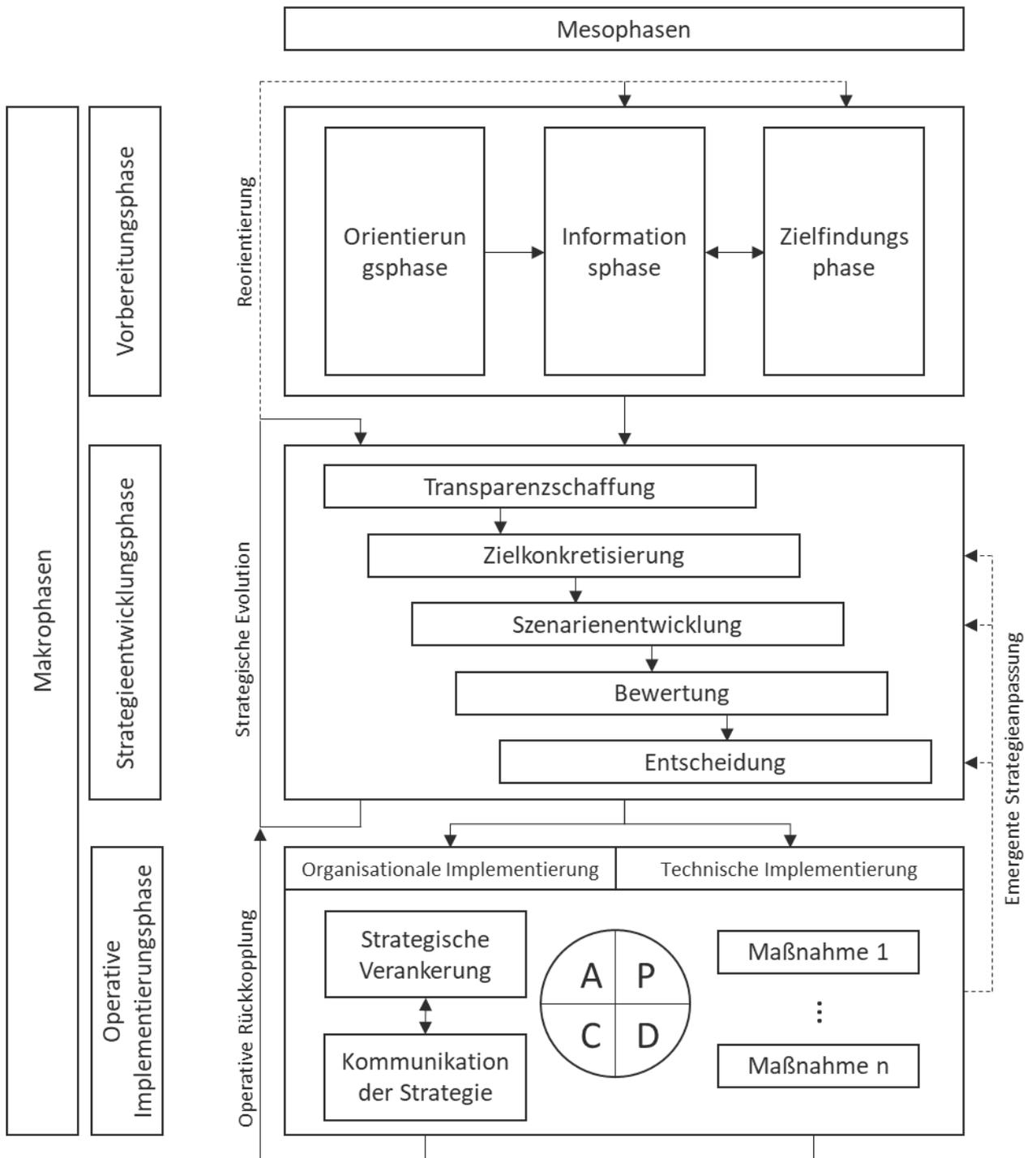
1.2: Hemmnisse

3. Welche Herausforderungen sehen Sie bei der Verbesserung der Ressourceneffizienz hin zu einer klimaneutralen Produktion in Ihrem Unternehmen?
4. Welche Hemmnisse gibt es in Ihrem Unternehmen, die einen stärkeren Fokus auf das Thema verhindern?
5. Kann Ihr Unternehmen die strategische Gestaltung der Transformation in Richtung Ressourceneffizienz/klimaneutrale Produktion allein bewältigen? In welchen Bereichen benötigen Sie Unterstützung?

Teil 2: Strategie

2.1: Strategieprozess

Vorstellung des Strategieprozesses für Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion anhand einer Abbildung.



-
6. Ist der Strategieprozess...
 1. nachvollziehbar beschrieben?
 2. allgemein genug beschrieben, um auf unterschiedliche Unternehmen anwendbar zu sein?
 3. für spezifische Unternehmensanforderungen adaptierbar?
 4. einfach genug aufgebaut, in der Praxis anwendbar zu sein?
 5. vollständig beschrieben ohne, dass wesentliche Prozessschritte fehlen?
 6. grundsätzlich geeignet, Klimastrategien systematisch zu erarbeiten?
 7. ein realistisches Abbild des Prozesses der Gestaltung von Transformationsstrategien in Richtung klimaneutrale Produktion?
 7. Welchen Anpassungen wären erforderlich, damit der Prozess auf Ihr Unternehmen anwendbar wird?
 8. Welche Personen/Funktionen müssen in den einzelnen Phasen in Ihrem Unternehmen beteiligt werden?

2.2: Kompetenzbedarf

9. Gibt es in Ihrem Unternehmen Spezialist*innen/Spezialabteilungen, welche sich mit Fragestellungen der klimaneutralen bzw. nachhaltigen Produktion auseinandersetzen, oder handelt es sich um eine Querschnittsaufgabe?
10. Wie stufen Sie die Wichtigkeit der Kompetenz der Mitarbeitenden für eine erfolgreiche Transformation in Richtung klimaneutrale Produktion ein?
11. Welche Kompetenzen sind aus Ihrer Sicht für die erfolgreiche Gestaltung einer Strategie für die klimaneutrale Produktion besonders wichtig?
12. Verfügen die Mitarbeitenden in (Ihrem) Unternehmen bereits über alle notwendigen Kompetenzen, um den Strategieprozess ohne externe Unterstützung zu durchlaufen?
 1. In welchen Phasen/Themenbereichen sehen Sie den größten Bedarf für einen Kompetenzaufbau und/oder externe Unterstützung?

2.3: Industrie/Mittelstand

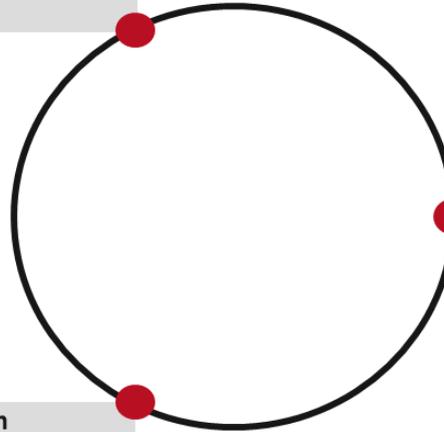
13. Welche Unterschiede sehen Sie bei der Anwendung des Strategieprozesses zwischen KMU und großen Industrieunternehmen?
14. Welche Stärken können KMU bei der Gestaltung des Strategieprozesses nutzen?
15. Worin liegen besondere Schwierigkeiten für KMU bei der Gestaltung des Strategieprozesses?

Teil 3: Mitarbeitende als Hebel für den Wandel zu klimaneutraler Produktion

16. Neben technischen Verbesserungen ist es wichtig, die Mitarbeitenden auf den Weg zu klimaneutraler Produktion mitzunehmen. Welche Rahmenbedingungen sollte ein Unternehmen schaffen, um einen Wandel der Mitarbeitenden zu einem ressourceneffizienteren Verhalten zu fördern?
 1. Wie kann das Verhalten der Mitarbeitenden in Ihrem operativen Alltag gelenkt/verbessert werden?
 2. Wie kann das Management/die Unternehmensführung förderliche Rahmenbedingungen schaffen?

Philosophiewandel

- Ganzheitliche Unternehmensstrategie
- Werte & Normen
- Integration in tägliche Routine (KVP, SFM, etc.)



Operationalisierung

- Konkrete Zielvorgaben
- Definition von Kennzahlen
- Transparenz der Verbräuche
- Verursachungsgerechte Zuweisung der Verbräuche
- Handlungsspielräume im Tagesgeschäft

Verständnis/Qualifikation

- Managementengagement
- Motivation der MA
- Systematische Qualifizierung
- Sensibilisierung (Problembewusstsein)

8.2 Kompetenztabellen und abgeleitete Infrastruktur zur Erweiterung von Lernfabriken (siehe Beschreibung AP 5)

Ressourceneffizienz in der Produktion					
Hauptkompetenz	Subkompetenz	zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Gründe für das Thema Ressourceneffizienz sowie die Zusammenhänge zu Nachhaltigkeit und klimaneutraler Produktion zu verstehen	entspricht Hauptkompetenz	Ermittlung der Gründe für Ressourceneffizienz im eigenen Unternehmen	Kenntnis über verschiedene Gründe für das Thema Ressourceneffizienz, Kenntnis über Nachhaltigkeitsmodelle und Klimaneutrale Produktion	Verstehen	Seminarraum
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Hotspots bezüglich Ressourceneffizienz in ihrer Produktion zu identifizieren	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, eine geeignete Hotspot-Methode für ihre Produktion auszuwählen	Auswahl einer Hotspot-Methode	Kenntnis über verschiedene Hotspot-Methoden sowie deren Vor- und Nachteilen	Analysieren	Seminarraum, (Hotspot-Methodentool)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die gewählte Hotspot-Methode anzuwenden (Teilkompetenzen sind abhängig von der verwendeten Methode)	Anwendung einer Hotspot-Methode und Identifikation von Hotspots	Kenntnisse zur Anwendung der jeweiligen Hotspot-Methode	Anwenden	Je nach Methode unterschiedlich
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Ressourceneffizienzmaßnahmen für die ermittelten Hotspots zu identifizieren	entspricht Hauptkompetenz	Auswahl von passenden Ressourceneffizienzmaßnahmen	Kenntnis über mögliche Ressourceneffizienzmaßnahmen für die identifizierten Hotspots	Analysieren	Verschiedene implementierte Ressourceneffizienzmaßnahmen --> was genau da jeweils notwendig ist, ist abhängig von den ausgewählten Maßnahmen
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die ermittelten Ressourceneffizienzmaßnahmen systematisch zu priorisieren und auszuwählen		Priorisierung möglicher Maßnahmen	Kenntnis über Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen, Kenntnis über Möglichkeiten zur Berechnung des Einsparpotentials von Maßnahmen, bspw. Amortisationsrechnung, in €/Jahr	Evaluieren	Seminarraum, ggf. Taschenrechner/Berechnungssoftware, implementierte Ressourceneffizienzmaßnahmen, für die Berechnung exemplarisch möglich ist
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die ausgewählten Ressourceneffizienzmaßnahmen in der Produktion umzusetzen	je nach ausgewählter Maßnahme	Umsetzung der ausgewählten Maßnahmen	Je nach ausgewählter Maßnahme	Anwenden	je nach ausgewählter Maßnahme

Ökobilanz					
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, eine Ökobilanz durchzuführen und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, das Vorgehen der Ökobilanz-Norm zu verstehen und anzuwenden	Strategische Durchführung der 4 Schritte einer Ökobilanz	Kenntnis über Normen der Ökobilanz und darin enthaltene Vorgehensweise	Verstehen/ Anwenden	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Bedeutung verschiedener Wirkungskategorien im Zusammenhang mit den Umweltwirkungen von Produkten oder Prozessen zu verstehen und die für ihren Anwendungsfall passenden Wirkungskategorien und -indikatoren auszuwählen	Auswahl von Wirkungskategorien und zugehörigen -indikatoren	Kenntnis über Umweltwirkungen und wie diese von Wirkungskategorien und -indikatoren abgebildet werden	Verstehen/ Analysieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Praxisbeispiele für verschiedene Wirkungskategorien in der Lernfabrik
	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, notwendige Ressourcenbedarfe für die Ökobilanz zu ermitteln	Extraktion von erforderlichen Ressourcenverbrauchsdaten aus verschiedenen Quellen, beispielsweise aus dem Energiemanagement-Tool	Wissen über notwendige Daten, Wissen über verschiedene Möglichkeiten, um diese Daten zu bekommen, Verständnis des Produktionsprozesses	Evaluieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), Messstellenkonzept zur Aufnahme von Ressourcenverbrauchsdaten, Implementierte Sensorik inklusive Verknüpfung zu Energiemanagementtool oder vergleichbar
	Nur bei produktspezifischer Ökobilanz: Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, passende Tracking & Tracing Technologien für die produktspezifische Zuordnung von Ressourcenbedarfen auszuwählen	Auswahl einer Tracking & Tracing Technologie	Kenntnis über verschiedene Tracking & Tracing Technologien sowie deren Vor- und Nachteilen	Verstehen/ Analysieren	Implementierte Tracking & Tracing Technologien
	Nur bei produktspezifischer Ökobilanz: Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die erfassten Ressourcenbedarfe bauteilspezifisch umzulegen, beispielsweise mit Allokationsmethoden	Anwendung von Allokationsmethoden, Ermittlung bauteilspezifischer Verbräuche	Kenntnis über Allokationsmethoden	Verstehen/ Anwenden	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), reale Prozesskette mit versch. Produktvarianten für die Anwendung von versch. Allokationsmethoden
			...		

Ökobilanz					
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, eine Ökobilanz durchzuführen und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.			...		
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, für die aufgenommenen Ressourcenbedarfe die zugehörigen Wirkungsindikatoren zu ermitteln	Nutzung einer Ökobilanz-Datenbank.	Verständnis über Einstellungen und Suchmöglichkeiten in Ökobilanz-Datenbanken.	Anwenden	Ökobilanz-Datenbank (verfügbar während des Workshops)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Ressourcenbedarfe bzw. deren zugehörigen Indikatorwerte miteinander ins Verhältnis zu setzen und Hotspots abzuleiten	Visualisierung der ermittelten Treibhausgas-Emissionen, Ableitung von Ressourceneffizienz-Hotspots	Kenntnis über verschiedene Visualisierungsmöglichkeiten.	Analysieren	Visualisierungssoftware (verfügbar während des Workshops)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, zu erläutern, warum und wie Umrechnungsfaktoren für die ausgewählten Wirkungskategorien eingesetzt werden	Auflistung von Umrechnungsfaktoren	Verständnis über ausgewählte Wirkungskategorien	Verstehen	(Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen der Ökobilanz zu erläutern	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode	Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluiere	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen

CO ₂ -Bilanzierung					
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, eine CO ₂ -Bilanzierung durchzuführen und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, aus unterschiedlichen Standards und Normen zur CO ₂ -Bilanzierung strukturiert den für ihren Anwendungsfall passenden auszuwählen	Auswahl eines Standards oder einer Norm für die CO ₂ -Bilanzierung.	Kenntnis über gängige Daten und Standards zur CO ₂ -Bilanzierung sowie von deren Vor- und Nachteilen.	Verstehen/ Analysieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien
	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, notwendige Ressourcenverbräuche für die CO ₂ -Bilanzierung zu ermitteln	Extraktion von erforderlichen Ressourcenverbrauchsdaten aus verschiedenen Quellen, beispielsweise aus dem Energiemanagement-Tool	Wissen über notwendige Daten, Wissen über verschiedene Möglichkeiten, um diese Daten zu bekommen, Verständnis des Produktionsprozesses	Evaluiere	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), Messstellenkonzept zur Aufnahme von Ressourcenverbrauchsdaten, Implementierte Sensorik inklusive Verknüpfung zu Energiemanagementtool oder vergleichbar
	Nur bei produktspezifischer CO ₂ -Bilanzierung: Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, passende Tracking & Tracing Technologien für die produktspezifische Zuordnung von Ressourcenverbräuchen auszuwählen	Auswahl einer Tracking & Tracing Technologie	Kenntnis über verschiedene Tracking & Tracing Technologien sowie deren Vor- und Nachteilen	Verstehen/ Analysieren	Implementierte Tracking & Tracing Technologien
	Nur bei produktspezifischer CO ₂ -Bilanzierung: Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die erfassten Ressourcenbedarfe bauteilspezifisch umzulegen, beispielsweise mit Allokationsmethoden	Anwendung von Allokationsmethoden, Ermittlung bauteilspezifischer Verbräuche	Kenntnis über Allokationsmethoden	Verstehen/ Anwenden	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), reale Prozesskette mit versch. Produktvarianten für die Anwendung von versch. Allokationsmethoden
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, für die aufgenommenen Ressourcenverbräuche die zugehörigen Treibhausgas-Emissionen zu ermitteln	Nutzung einer CO ₂ -Datenbank.	Verständnis über Einstellungen und Suchmöglichkeiten in CO ₂ -Datenbanken.	Anwenden	CO ₂ -Datenbank (verfügbar während des Workshops)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Ressourcenverbräuche bzw. deren zugehörigen Emissionen miteinander ins Verhältnis zu setzen und Hotspots abzuleiten	Visualisierung der ermittelten Treibhausgas-Emissionen, Ableitung von Ressourceneffizienz-Hotspots	Kenntnis über verschiedene Visualisierungsmöglichkeiten.	Analysieren	Visualisierungssoftware (verfügbar während des Workshops)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, zu erläutern, warum und wie Umrechnungsfaktoren für andere Treibhausgase eingesetzt werden	Auflistung von Umrechnungsfaktoren	Verständnis über klimaschädliche Wirkung von Treibhausgasen.	Verstehen	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen der CO ₂ -Bilanzierung zu erläutern	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode	Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluiere	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen

Materialflusskostenrechnung (MFCA)					
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, eine Materialflusskostenrechnung durchzuführen und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, das Vorgehen der MFCA zu verstehen und anzuwenden	Strategische Durchführung der Schritte einer MFCA	Kenntnis über Normen der MFCA und darin enthaltene Vorgehensweise	Verstehen/Anwenden	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien
	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, notwendige Ressourcenverbräuche für die MFCA zu ermitteln	Extraktion von erforderlichen Ressourcenverbrauchsdaten aus verschiedenen Quellen, beispielsweise aus dem Energiemanagement-Tool	Wissen über notwendige Daten, Wissen über verschiedene Möglichkeiten, um diese Daten zu bekommen, Verständnis des Produktionsprozesses	Evaluiieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), Messstellenkonzept zur Aufnahme von Ressourcenverbrauchsdaten, Implementierte Sensorik inklusive Verknüpfung zu Energiemanagementtool oder vergleichbar
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, für die aufgenommen Ressourcenverbräuche die zugehörigen Kosten zu ermitteln	Ermittlung von Einkaufs-/Entsorgungskosten	Verständnis über Kostenzusammensetzung von Ressourcen	Anwenden	Zugang zu Einkaufs-/Entsorgungskosten der Prozesskette
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Personalkosten im Zusammenhang mit der Produktion zu ermitteln	Ermittlung von Personalkosten	Verständnis über Zusammensetzung von Personalkosten	Anwenden	Zugang zu Einkaufs-/Entsorgungskosten der Prozesskette
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Ressourcenverbräuche bzw. deren zugehörigen Kosten miteinander ins Verhältnis zu setzen und Hotspots abzuleiten	Visualisierung der ermittelten Treibhausgas-Emissionen, Ableitung von Ressourceneffizienz-Hotspots	Kenntnis über verschiedene Visualisierungsmöglichkeiten.	Analysieren	Visualisierungssoftware (verfügbar während des Workshops)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen der MFCA zu erläutern	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode	Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluiieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen

Energiewertstrommethode (EWSM)					
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, eine Energiewertstrommethode durchzuführen und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die klassische Wertstrommethode durchzuführen - siehe bestehende Literatur/separate Kompetenztabelle	Siehe Literatur/separate Kompetenztabelle	Siehe Literatur/separate Kompetenztabelle	Anwenden	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, Whiteboards zur Durchführung der Wertstromanalyse, weiteres Equipment zur Durchführung der Wertstromanalyse (bspw. Stoppuhr) - siehe Literatur
	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, notwendige Energiebedarfe für die einzelnen Prozessschritte zu ermitteln	Extraktion von erforderlichen Energiedaten aus verschiedenen Quellen, beispielsweise aus dem Energiemanagement-Tool	Wissen über notwendige Daten, Wissen über verschiedene Möglichkeiten, um diese Daten zu bekommen, Verständnis des Produktionsprozesses	Evaluiieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), Messstellenkonzept zur Aufnahme von Energiebedarfen, Implementierte Sensorik inklusive Verknüpfung zu Energiemanagementtool oder vergleichbar
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Energiebedarfe miteinander ins Verhältnis zu setzen, entsprechende KPIs zu berechnen und Hotspots abzuleiten	Visualisierung der ermittelten EWSM-KPIs, Ableitung von Ressourceneffizienz-Hotspots	Kenntnis über Wertstromdarstellung	Analysieren	Whiteboards zur Visualisierung des Wertstroms
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen der EWSM zu erläutern	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode	Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluiieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen

Checkliste					
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, mit Hilfe einer Checkliste Ressourceneffizienz-Hotspots zu identifizieren.	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, aus unterschiedlichen Checklisten die für ihren Anwendungsfall passende auszuwählen oder sich selbst zusammenzustellen	Auswahl einer Ressourceneffizienz-Checkliste	Kenntnis über verfügbare Checklisten sowie deren Vor- und Nachteilen	Analysieren/Er-schaffen	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien
	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, eine Prozesskette entsprechend der aufgeführten Checkpunkte zu analysieren und Hotspots zu identifizieren	Analyse der Produktion auf Checkpunkte, Ableitung von Ressourceneffizienz-Hotspots	Kenntnis über einzelne Checkpunkte der Checkliste, Kenntnis über die Prozesskette	Analysieren	Prozesskette mit möglichst vielen Checkpunkten der ausgewählten Checkliste als Anschauungsbeispiele
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen der Checkliste zu erläutern	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode	Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluiieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen

ABC-Analyse						
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik	
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, eine ABC-Analyse durchzuführen und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Anschlussleistungen der Maschinen zu ermitteln	Extraktion von Anschlussleistungen bspw. von Typenschildern oder Datenblättern	Wissen über die Ermittlung der Anschlussleistung aus Typenschildangaben (bspw. synonyme Wörter), Verständnis des Produktionsprozesses	Analysieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), Einsehbarkeit von Typenschildern und/oder Datenblättern, alternativ Anbringung von Schildern mit der Anschlussleistung	
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Anschlussleistungen der Maschinen miteinander ins Verhältnis zu setzen, in A, B und C Kategorien einzuteilen und darauf basierend Hotspots abzuleiten	Kategorisierung der Maschinen nach A, B und C		Kenntnis über ABC-Kategorisierung	Analysieren	Klemmbretter zum Schreiben und Rechnen für die Teilnehmer*innen
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen der ABC-Analyse zu erläutern	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode		Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen

Portfolio-Matrix						
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik	
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Portfolio-Matrix anzuwenden und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Anschlussleistungen der Maschinen zu ermitteln	Extraktion von Anschlussleistungen bspw. von Typenschildern oder Datenblättern	Wissen über die Ermittlung der Anschlussleistung aus Typenschildangaben (bspw. synonyme Wörter), Verständnis des Produktionsprozesses	Analysieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), Einsehbarkeit von Typenschildern und/oder Datenblättern, alternativ Anbringung von Schildern mit der Anschlussleistung	
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Betriebszeiten der Maschinen zu ermitteln	Ermittlung von Betriebszeiten	Bedienung eines Zeiterfassungsgerätes (bspw. Stoppuhr)	Analysieren	Produktionspläne/Equipment zur Erfassung der Durchlaufzeit (bspw. Stoppuhr)	
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Anschlussleistungen der Maschinen und deren Betriebszeiten miteinander ins Verhältnis zu setzen, die vier Quadranten der Portfolio-Matrix einzuteilen und darauf basierend Hotspots abzuleiten	Kategorisierung der Maschinen entsprechend der vier Quadranten		Kenntnis über Quadranten der Portfoliomatrix	Analysieren	Klemmbretter zum Schreiben und Rechnen für die Teilnehmer*innen
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen der Portfolio-Matrix zu erläutern	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode		Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen

Kumulierter Energieaufwand (KEA)						
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik	
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, den kumulierten Energieaufwand (KEA) und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, notwendige Energieaufwände mit Bezug zur Produktion zu ermitteln	Extraktion von erforderlichen Energiebedarfsdaten aus verschiedenen Quellen, beispielsweise aus dem Energiemanagement-Tool	Wissen über notwendige Daten, Wissen über verschiedene Möglichkeiten, um diese Daten zu bekommen, Verständnis des Produktionsprozesses	Evaluieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), Messstellenkonzept zur Aufnahme von Energiebedarfsdaten, Implementierte Sensorik inklusive Verknüpfung zu Energiemanagementtool oder vergleichbar	
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die erfassten Energiebedarfe bauteilspezifisch umzulegen, beispielsweise mit Allokationsmethoden	Anwendung von Allokationsmethoden, Ermittlung bauteilspezifischer Verbräuche		Kenntnis über Allokationsmethoden	Verstehen/Anwenden	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), reale Prozesskette mit versch. Produktvarianten für die Anwendung von versch. Allokationsmethoden
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Energiebedarfe miteinander ins Verhältnis zu setzen und Hotspots abzuleiten	Vergleich der Energiebedarfe, Ableitung von Ressourceneffizienz-Hotspots		Kenntnis über Umrechnungsfaktoren von Einheiten (bspw. kWh in MJ)	Analysieren	Berechnungssoftware (verfügbar während des Workshops)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen des KEA zu erläutern	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode		Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen

Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)					
Hauptkompetenz	Subkompetenz	Zugehörige Handlungen	Wissensbasis (was, wie, warum)	Taxonomie-stufe	Notwendige Infrastruktur in der Lernfabrik
Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, den kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) und damit Ressourceneffizienz-Hotspots zu ermitteln.	Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, notwendige Rohstoffaufwände mit Bezug zur Produktion zu ermitteln	Extraktion von erforderlichen Rohstoffbedarfsdaten aus verschiedenen Quellen, beispielsweise aus dem Energiemanagement-Tool	Wissen über notwendige Daten, Wissen über verschiedene Möglichkeiten, um diese Daten zu bekommen, Verständnis des Produktionsprozesses	Evaluieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), Messstellenkonzept zur Aufnahme von Energiebedarfsdaten, Implementierte Sensorik inklusive Verknüpfung zu Energiemanagementtool oder vergleichbar
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die erfassten Rohstoffbedarfe bauteilspezifisch umzulegen, beispielsweise mit Allokationsmethoden	Anwendung von Allokationsmethoden, Ermittlung bauteilspezifischer Verbräuche	Kenntnis über Allokationsmethoden	Verstehen/Anwenden	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), reale Prozesskette mit versch. Produktvarianten für die Anwendung von versch. Allokationsmethoden
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, die Rohstoffbedarfe miteinander ins Verhältnis zu setzen und Hotspots abzuleiten.	Vergleich der Rohstoffbedarfe, Ableitung von Ressourceneffizienz-Hotspots	Kenntnis über Umrechnungsfaktoren von Einheiten (bspw. kWh in kg)	Analysieren	Umrechnungsfaktoren (zur Umrechnung in massebezogene Einheiten), Berechnungssoftware (verfügbar während des Workshops)
	Die Teilnehmer*innen besitzen die Fähigkeit, Stärken und Limitationen des KRA zu erläutern.	Auflistung von Stärken und Limitationen der Methode	Kenntnis der Stärken und Limitationen der Methode	Evaluieren	Platz für theoretische Einheiten (bspw. Seminarraum), entsprechende Präsentationsfolien, ggf. Anschauungsbeispiele für Stärken und Limitationen