

Leitfaden Industrie 4.0

Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand



in Kooperation mit



Editorial



Hartmut Rauen

Innovationen, Lösungskompetenz und Spitzenqualität sind zentrale Merkmale der deutschen Maschinenbau-Industrie, und auch Industrie 4.0 steht genau dafür. Es geht darum, IT-Technologien mit Produktionstechnologien zu verschmelzen und neue, innovative Produkte und Lösungen zu schaffen. Ohne Zweifel sind damit zahlreiche Herausforderungen verbunden: Datensicherheit, technische Standards sowie der notwendige Rechtsrahmen. Hinzu kommen Investitionen in Forschung sowie Aus- und Weiterbildung und die wichtige Frage nach neuen Geschäftsmodellen. Diesen Herausforderungen müssen wir uns stellen. Denn der internationale Wettbewerb rund um Industrie 4.0 wird zunehmen, darüber besteht kein Zweifel.

Dem deutschen Maschinen- und Anlagenbau kommt dabei als Anbieter und Anwender von Industrie-4.0-Technologien eine Schlüsselrolle zu. Denn er integriert neueste Technik in Produkte und Prozesse und behauptet so seine Führungsposition als Enabler. Zugleich ist er Datenquelle für Industrie 4.0: Er erfasst die Daten, interpretiert sie, innoviert damit und entwickelt neue Geschäftsmodelle. Dabei ist Industrie 4.0 nicht nur ein Thema der größeren Unternehmen, sondern muss auch für den Mittelstand wirtschaftlich und nutzbringend umsetzbar sein.

Vor diesem Hintergrund versteht sich der vorliegende VDMA-Leitfaden Industrie 4.0 als praxisorientiertes Tool, konkrete Ansatzpunkte zu Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen zu identifizieren und umzusetzen. Der VDMA-Leitfaden soll zudem Mut machen und Neugierde wecken, Industrie 4.0 als Chance für das eigene Unternehmen zu begreifen.

Darauf zielen auch viele andere Aktivitäten im VDMA-Forum Industrie 4.0 ab, beispielsweise die „Lab Touren I40“, die im Exkursionsformat zu den Innovationsstätten an deutschen Hochschulen führen. Oder der „Forschungskreis I40“, der branchenübergreifende Forschungsvorhaben im Interesse der VDMA-Mitglieder im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) initiiert.

Stichwort Forschung und Wissenschaft: Ausdrücklicher Dank gebührt Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl von der Technischen Universität Darmstadt und Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer vom Karlsruher Institut für Technologie sowie ihren Mitarbeitern für die wissenschaftliche Aufbereitung dieses Leitfadens. Zudem gilt es, den beteiligten VDMA-Mitgliedern für ihr Engagement als Pilotunternehmen zu danken.

Der VDMA-Leitfaden Industrie 4.0 ist damit auch ein Beispiel für das hervorragende Miteinander und Netzwerk des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus.

Ich wünsche Ihnen eine interessante und inspirierende Lektüre.

Hartmut Rauen

Stellvertretender VDMA-Hauptgeschäftsführer

Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe für den deutschen Mittelstand



Reiner Anderl

Mit Industrie 4.0 hat die vierte industrielle Revolution begonnen. Moderne Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Produktionstechnik verschmelzen zu einer neuen Stufe der Wertschöpfung. Die Verfügbarkeit von Informationen in Echtzeit durch die Vernetzung aller Beteiligten im gesamten Wertschöpfungsprozess führt zu dynamischen, echtzeitoptimierenden und selbst organisierenden, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzen.



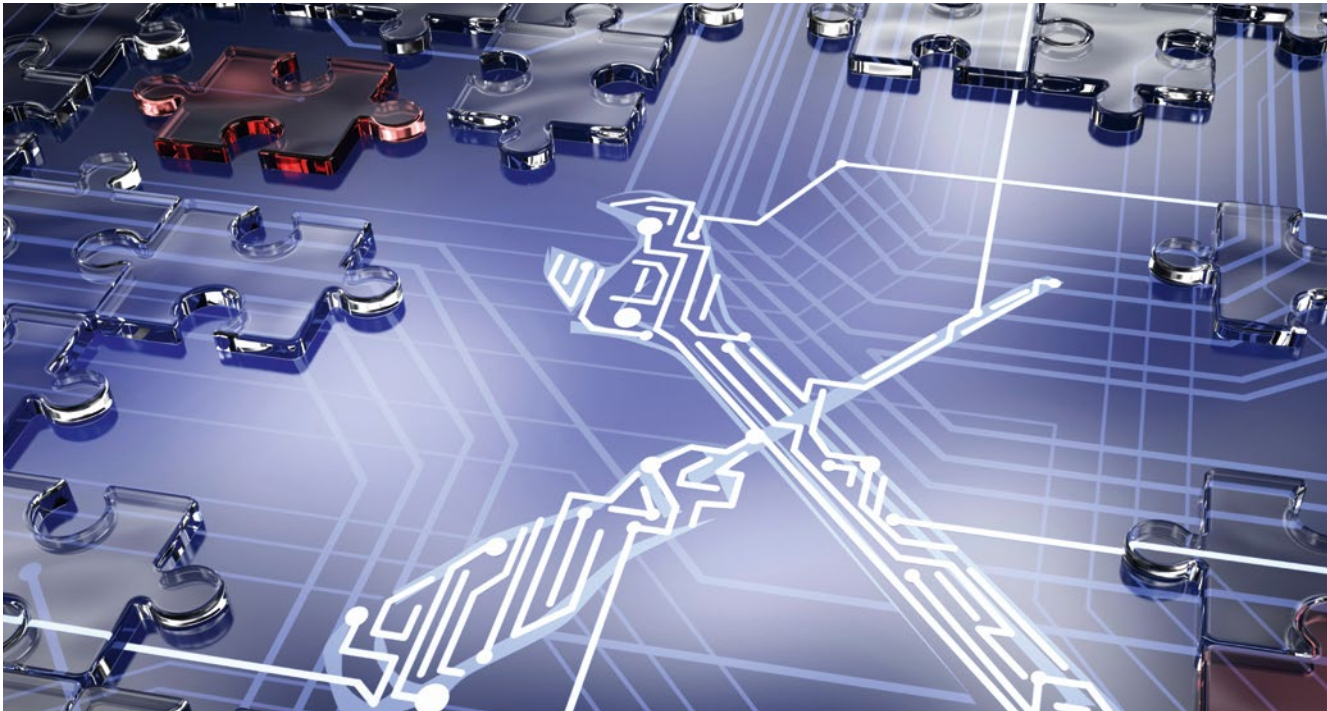
Jürgen Fleischer

Der Mittelstand des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus bildet das Rückgrat der deutschen Industrie. Er ist der Garant für Wachstum und Wohlstand in unserer Gesellschaft. Nach einer Studie der Commerzbank [1] hat mit 86 Prozent die Mehrheit der Unternehmen die Chancen von Industrie 4.0 zwar erkannt, viele zögern aber trotzdem noch mit einer Einführung.

Dabei bietet die Einführung von Lösungsansätzen von Industrie 4.0 dem Mittelstand die Chance, auf die sich verändernden Bedingungen globaler Märkte zu reagieren. Immer kürzere Produkt- und Innovationszyklen und der zunehmende Verdrängungswettbewerb sind nur Beispiele für die Herausforderungen, denen sich der Mittelstand heute stellen muss. Konkret bedeutet die Einführung von Industrie 4.0 für diese Unternehmen, dass sie sich individueller auf Kundenwünsche einstellen und hohe Variantenvielfalt bis zur Losgröße 1 zu den Preisen einer Massenproduktion anbieten können. Die Lösungsansätze von Industrie 4.0 erlauben es, Produktionsnetze aufzubauen, die effizient und effektiv zu geringen Kosten produzieren.

Das Potential von Industrie 4.0 ist jedoch auch anderen Branchen nicht verborgen geblieben. Informationstechnisch geprägte Unternehmen drängen auf produktionstechnisch geprägte Märkte. Um Innovations- und Marktführer im globalen Markt zu werden beziehungsweise weiterhin zu bleiben, wird der Zeitfaktor zu einer entscheidenden Größe bei der Einführung von Industrie 4.0.

Der vorliegende Leitfaden soll den Mittelstand des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus bei der zügigen Einführung von Geschäftsmodellen für Industrie 4.0 unterstützen. Der Leitfaden stellt dazu ein Vorgehensmodell vor, das die Visionen rund um Industrie 4.0 aufgreift und auf realisierbare Entwicklungsstufen reduziert.



Die Anwendung dieser Entwicklungsstufen im eigenen Unternehmen hilft bei der Ideenfindung für neue Geschäftsmodelle, innovative Produkte und eine verbesserte Produktion. Die Konzeptionierung von Geschäftsmodellen erfolgt in unternehmensinternen Workshops. Der Leitfaden stellt den Aufbau und das Vorgehen eines solchen Workshops vor.

Damit bietet der Leitfaden eine Orientierungshilfe für den Mittelstand des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus, eine eigene Definition von Industrie 4.0 zu finden, den Nutzen für das eigene Unternehmen zu begreifen und auch monetär beziffern zu können.

Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl

Fachgebiet Datenverarbeitung
in der Konstruktion (DiK),
TU Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer

wbk Institut für Produktionstechnik,
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Management Summary

Viele Unternehmen sehen Industrie 4.0 eher als Herausforderung denn als Chance oder Befähiger für neue Geschäftsmodelle. Konkrete Lösungsansätze liegen häufig ebenso im Dunkeln wie die Frage, wofür Industrie 4.0 eigentlich steht. Die Vielfalt in der Unternehmenslandschaft des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus bedingt jedoch letztlich, dass sich jedes Unternehmen eine eigene Sichtweise auf Industrie 4.0 erarbeiten und eigene Ideen für die Nutzung der neuen Potentiale entwickeln muss.

Zielsetzung des Leitfadens Industrie 4.0 ist es daher, mittelständischen Maschinen- und Anlagenbauern ein Werkzeug zur Entwicklung eigener Industrie-4.0-Geschäftsmodelle zur Verfügung zu stellen und damit eigene Industrie-4.0-Umsetzungen zu unterstützen. Damit stellt der Leitfaden keine vorgefertigte Strategie zur Umsetzung von Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen dar, sondern zeigt vielmehr Werkzeuge und Vorgehensweisen für die individuelle Weiterentwicklung der eigenen Stärken und Kompetenzen auf.

Der Leitfaden ist unterteilt in fünf Abschnitte von der Vorbereitung über die Analyse- und Kreativitätsphase bis hin zur Bewertung und Einführung erarbeiteter Geschäftsmodelle. Den Kern bildet die Durchführung eines unternehmensinternen Workshops, dessen Vorgehensweise und Methoden im Leitfaden ausführlich dargestellt werden. Die Praxistauglichkeit des Leitfadens ist in vier Workshops bei den Pilotunternehmen ARBURG GmbH & Co KG, HAWE Hydraulik SE, SCHUNK GmbH & Co. KG und SMS group getestet worden. Die dabei gesammelten Erfahrungen sind wiederum in den Leitfaden eingeflossen.

Ziel des Workshopkonzepts ist es, mithilfe von Kreativitätstechniken eigene Ansätze für Geschäftsmodelle im Umfeld von Industrie 4.0 zu entwickeln. Grundlage hierfür bildet die vorangehende Analysephase der eigenen Ausgangslage in Bezug auf Industrie 4.0 sowie der sogenannte „Werkzeugkasten Industrie 4.0“. Im Werkzeugkasten werden anschaulich verschiedene Anwendungsebenen von Industrie-4.0-Ansätzen dargestellt und in einzelne, realisierbare Entwicklungsstufen zerlegt. Zur Unterstützung der Ideengenerierung beim Unternehmen gliedert sich der Werkzeugkasten in die Teilbereiche „Produkte“ und „Produktion“. Das Workshop-Konzept sieht die Nutzung des Werkzeugkastens in Verbindung mit etablierten Kreativitätstechniken zur Generierung von Ideen und Geschäftsmodellen vor. Dabei entwickeln interdisziplinäre Teams aus dem jeweiligen Unternehmen jeweils in Einzel- und Gruppenarbeit eigene Ideen im Umfeld von Industrie 4.0, bewerten diese und entwickeln sie zu unternehmensspezifischen Konzepten für Geschäftsmodelle weiter. Den Abschluss bildet die Überführung dieser Konzepte in Projekte, welche im Rahmen einer individuellen Industrie-4.0-Strategie bearbeitet werden können.

Die bei den vier Pilotunternehmen durchgeführten Workshops förderten innovative Ideen für Geschäftsmodelle zutage. Es konnte gezeigt werden, dass das Vorgehensmodell erfolgreich zur Erarbeitung von Ideen für Geschäftsmodelle im Umfeld von Industrie 4.0 eingesetzt werden kann. Der Leitfaden bietet damit eine geeignete Grundlage zur Entwicklung eigener Konzepte im Umfeld von Industrie 4.0.

Der Mittelstand auf dem Weg zu Industrie 4.0

Deutsche Maschinen- und Anlagenbauer stehen vor der Herausforderung „Industrie 4.0“. Vielen Unternehmen sind die Ziele und der konkrete Nutzen von Lösungsansätzen im Umfeld von Industrie 4.0 nicht ersichtlich. Sie zögern mit der Einführung von Industrie-4.0-Technologien in eigenen Unternehmen. Dabei bieten die Lösungsansätze von Industrie 4.0 das Potential, durch die Digitalisierung sowie die Vernetzung der Produkte und der Produktion neue Geschäftsmodelle zu etablieren. Die Herausforderung für den Mittelstand des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus liegt hierbei darin, die Visionen von Industrie 4.0 auf realisierbare Entwicklungsstufen zu reduzieren, deren Nutzen für das eigenen Unternehmen greifbar und auch monetär bezifferbar ist.

Der Zeitfaktor ist bei der Umsetzung von Industrie-4.0-Lösungsansätzen entscheidend. Durch die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnik in der Produktion drängen informationstechnisch geprägte Unternehmen zunehmend in die produktionstechnisch geprägten Märkte. Mit der Einführung von Industrie-4.0-Lösungsansätzen haben die deutschen Maschinen- und Anlagenbauer ein geeignetes Mittel, ihre Marktposition weiterhin zu behaupten und sogar weiter auszubauen.

Bei der Mitgestaltung der vierten Industriellen Revolution spielt der Zeitfaktor eine entscheidende Rolle.

Wie kann mit Industrie 4.0 Geld verdient werden?

Industrie 4.0 selbst stellt keinen Wert dar. Vielmehr dienen die Lösungsansätze von Industrie 4.0 als Wegbereiter für neue Produktinnovationen, produktbezogene Dienstleistungen und verbesserte Produktionsprozesse. So kann

Industrie 4.0 auf der einen Seite helfen, die Kosten in der eigenen Produktion zu reduzieren. Auf der anderen Seite können Umsatzsteigerungen durch gesteigerte Nutzen der eigenen Produkte erzielt werden.

Wie wird aus der Industrie-4.0-Vision Realität?

Viele Technologien für Industrie-4.0-Lösungsansätze sind heute bereits vorhanden. Der Nutzen von Industrie 4.0 entfaltet sich aber erst durch die geschickte Verknüpfung dieser Technologien. Der Weg zur Identifizierung und erfolgreichen Verknüpfung der Industrie-4.0-Lösungsansätze ist vielen Unternehmen dabei nicht bewusst. Aus der Industrie-4.0-Vision muss Realität werden.

Der Nutzen von Industrie 4.0 entfaltet sich durch die geschickte Verknüpfung bereits vorhandener Technologien.

Leitfaden gibt Orientierungshilfe

Aus diesem Grund wurde der vorliegende Leitfaden zur Einführung von Industrie 4.0 in den Mittelstand erarbeitet. Er soll den Unternehmen ein Vorgehensmodell zur Seite geben, mit welchem sie Innovationen im Umfeld von Industrie 4.0 erfolgreich erarbeiten und in eigenen Unternehmen auf den Weg bringen können.

Der Leitfaden richtet sich insbesondere an die Entscheidungsträger im Mittelstand des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus. Mit dem Leitfaden wird ihnen ein Werkzeug an die Hand gegeben, das sie Schritt für Schritt von der Industrie-4.0-Vision zu eigenen Konzepten im Umfeld von Industrie 4.0 begleitet.

Was steht in diesem Leitfaden?

Industrie 4.0 bedeutet Wandel: Der deutsche Mittelstand hat die Chance, diesen Wandel aktiv mitzugestalten. Dies kann durch neuartige, innovative Produkte geschehen, aber auch durch die Verbesserung unternehmensinterner Abläufe, vor allem in der eigenen Produktion. Der Einführung dieser Innovationen geht ein aktiv zu gestaltender Prozess voraus, der die Potentiale und Besonderheiten des Unternehmens berücksichtigt und so neue Produkte, Prozesse, Geschäftsmodelle oder Dienstleistungen erschließen kann.

Zielsetzung des Leitfadens

Der vorliegende Leitfaden unterstützt den Mittelstand des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus, um in einem systematischen Prozess Potentiale für Produkte und die eigene Produktion in Bezug auf Industrie 4.0 zu identifizieren und dazu gezielt eigene Ideen zu entwickeln. Hierzu beschreibt der Leitfaden eine geeignete Vorgehensweise für die Anwendung im Unternehmen.

Die Einführung von Industrie 4.0 beginnt mit einem Bekenntnis der Führungsebene.

Was ist zur Umsetzung nötig?

Industrie 4.0 betrifft alle Geschäftsbereiche eines Unternehmens: von der Entwicklung über die Produktion bis hin zu Service und Entsorgung. Daher muss das Bekenntnis der Führungsebene zur Umsetzung von Industrie 4.0 am Beginn der Anwendung des Leitfadens stehen.

Die Lösungsansätze von Industrie 4.0 können grundlegende Änderungen in der eigenen Produktion oder der Gestaltung von Geschäftsmodellen bedeuten. Es ist daher eine notwendige Voraussetzung, dass die Entscheidung zur Umsetzung von Industrie-4.0-Lösungsansätzen im Unternehmen von der Führungsebene initiiert und die Projekte entsprechend personell besetzt werden.

An erster Stelle der Umsetzung steht die Bildung eines geeigneten Projektteams. Das Projektteam sollte interdisziplinär aus Mitarbeitern aus dem produktionstechnischen und informationstechnischen Bereich sowie aus der Entwicklung zusammengestellt werden. Dies ist gerade bei der Entwicklung von Ideen im Umfeld von Industrie 4.0, die eine enge Vernetzung von Informationstechnik und Ingenieurwissenschaften benötigen, dringend erforderlich.

Der Werkzeugkasten Industrie 4.0

Ein zentrales Element des Leitfadens ist der Werkzeugkasten Industrie 4.0 (S. 11-16). Dieser führt die verschiedenen Anwendungsebenen von Industrie 4.0 hinsichtlich Produktinnovationen und produktionstechnischen Anwendungen zusammen. Die Anwendungsebenen werden auf jeweils fünf technologische, aufeinander aufbauende Entwicklungsstufen heruntergebrochen. Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 wird zum Ausgangspunkt für die Einordnung der Kompetenzen des eigenen Unternehmens und dient damit im weiteren Verlauf des Prozesses als Grundlage für neue Ideen.

Wie ist dieser Leitfaden aufgebaut?

Der Leitfaden ist als chronologisch aufgebautes Vorgehensmodell zu verstehen. Das Vorgehen wurde in vier Workshops bei den Pilotunternehmen ARBURG GmbH & Co KG, HAWE Hydraulik SE, SCHUNK GmbH & Co. KG und

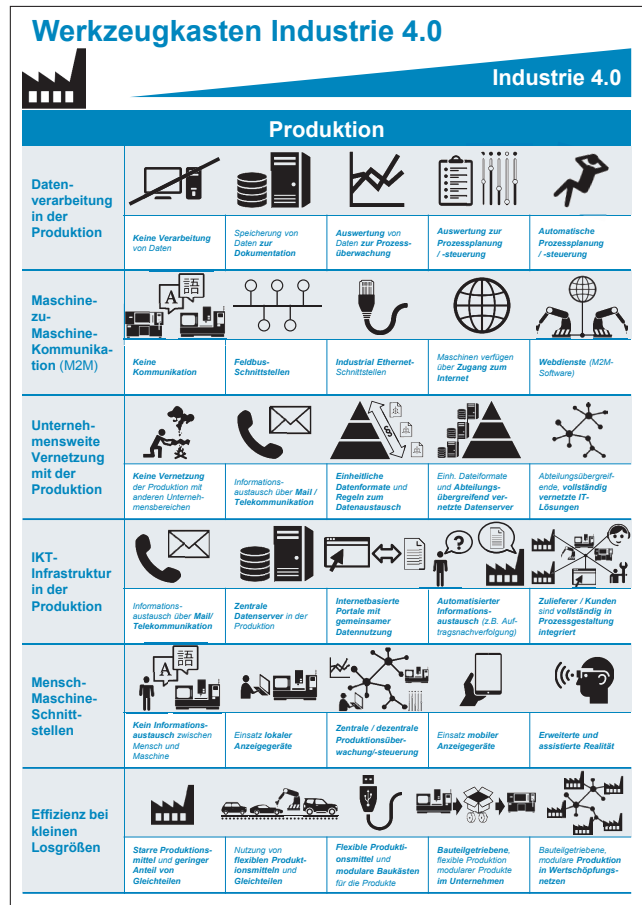
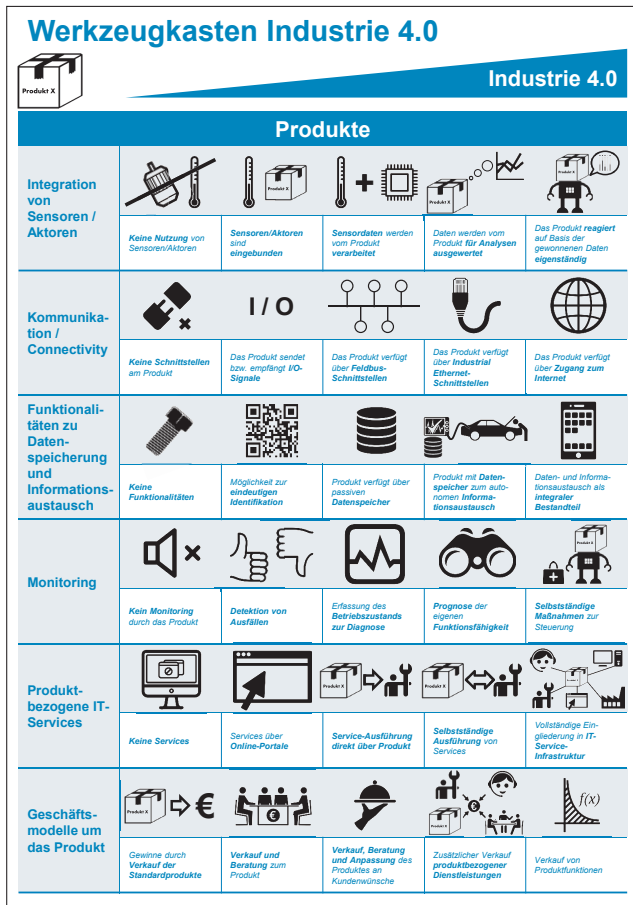


Abbildung 1: Werkzeugkasten Industrie 4.0

SMS group auf Praxistauglichkeit getestet. Die gesammelten Erfahrungen flossen in die Weiterentwicklung des Leitfadens ein.

Das Vorgehen im Leitfaden ist in einen fünfstufigen Prozess unterteilt. Dieser ist von einem Projektteam zu begleiten, das auch für die Vorbereitung und Organisation des Workshops verantwortlich ist. Das in Abbildung 2 dargestellte Vorgehen beginnt mit einer Vorbereitungsphase. In dieser wird eine geeignete Ausgangsbasis für die Entwicklung eigener Ideen im Industrie-4.0-Umfeld geschaffen. Darauf aufbauend werden in der anschließenden Analysephase unternehmenseigene Kompetenzen identifiziert und verständlich dargestellt. Basierend auf dieser Analyse und daraus abgeleiteten Entwicklungspotentialen, werden in der darauffolgenden

Kreativitätsphase in einem unternehmensinternen Workshop Ideen im Bereich von Produkten und Produktion generiert. Der Workshop ist als zentrales Element im Vorgehensmodell des Leitfadens zu verstehen. Er dient der Erarbeitung und Bewertung der Ideen für die Einführung von Industrie 4.0. Dazu werden die Teilnehmer im Workshop über die Ergebnisse der Analysephase informiert und auf eine gleiche Wissensbasis gebracht. Anschließend erarbeiten sie gezielt Konzepte für Geschäftsmodelle. In der Bewertungsphase werden diese von den Teilnehmern hinsichtlich des Marktpotentials und der für ihre Umsetzung erforderlichen Ressourcen bewertet.

Die Vorgehensweise des Leitfadens wird in den folgenden Abschnitten detailliert dargestellt.

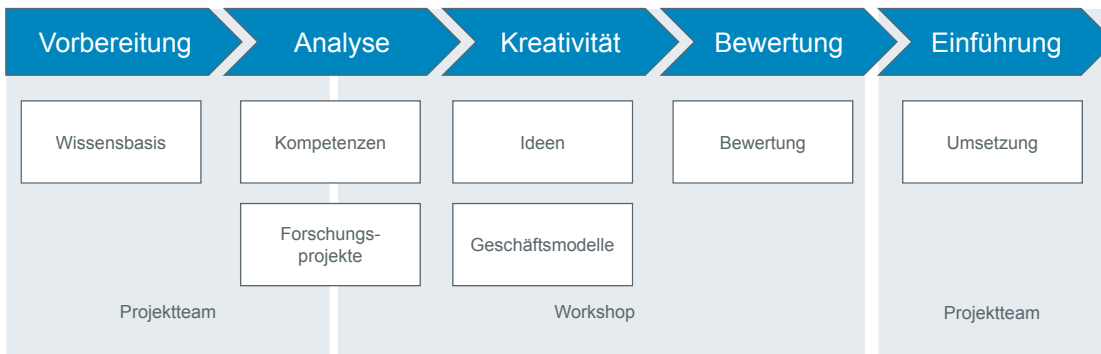


Abbildung 2: Aufbau des Leitfadens

Vorbereitungsphase

Die grundlegende Kenntnis des eigenen Marktes beziehungsweise der eigenen Produktion ist Ausgangspunkt für die Erarbeitung von Produktideen und Verbesserungen in der internen Produktion. Auch eine grundlegende Wissensbasis aller Teilnehmer des Workshops im Bereich von Industrie 4.0 unterstützt die spätere Ausarbeitung eigener Ideen. Ziel des Projektteams ist es daher, ein einheitliches Verständnis zum Thema Industrie 4.0 im Unternehmen zu schaffen.

Der Workshop bringt das Know-how verschiedener Fachbereiche zusammen. Er ist das zentrale Element zur kreativen Erarbeitung von Konzepten für Geschäftsmodelle.

Analysephase

Ziel der Analysephase ist die Identifikation der im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen hinsichtlich Industrie-4.0-Technologien. Hierfür werden in dieser Phase die Position des Unternehmens im Markt und eigene Unternehmenskompetenzen in Bezug auf Industrie 4.0 eingeordnet. Diese Einordnung wird der Außendarstellung des Unternehmens gegenübergestellt.

Die Analyse der Kompetenzen wird dazu sowohl produktseitig als auch produktionsseitig durchgeführt. Sie lehnt sich an die Anwendungsebenen und Entwicklungsstufen des Werkzeugkastens Industrie 4.0 an. Als Ergebnis entsteht eine erste Ausgangsbasis für die spätere Ideengenerierung.

Kreativitätsphase

Das Ziel der Kreativitätsphase ist die Generierung neuer Ideen und die anschließende Ausarbeitung von Konzepten für Geschäftsmodelle. Dazu wird die Umsetzung auf der Basis der in der Analysephase geschaffenen Grundlagen in einem zweistufigen Prozess realisiert. Im ersten Teil des Prozesses identifizieren und sammeln die Teilnehmer des Workshops erste Ideen. Im zweiten Teil werden diese diskutiert und weiterentwickelt. Am Ende dieser Phase sind Geschäftsmodelle im Bereich von Industrie 4.0 zu Konzepten ausgearbeitet.

Bewertungsphase

Ziel dieser Phase ist die Bewertung der zuvor erarbeiteten Konzepte für Geschäftsmodelle. Hierfür ordnen die Teilnehmer die im Workshop erarbeiteten Konzepte für Geschäftsmodelle hinsichtlich ihres Marktpotentials beziehungsweise ihres Potentials in der Produktion und der zur Umsetzung erforderlichen Ressourcen und Stärken ein. Ziel ist die Identifikation von Geschäftsmodellen mit hohem Potential bei geringem Ressourceneinsatz beziehungsweise guter Ausnutzung der eigenen Stärken.

Einführungsphase

Abschließend arbeitet das Projektteam die generierten Vorschläge aus und bereitet diese zur weiteren Prüfung beziehungsweise zur Vorlage bei der Unternehmensleitung vor. Die Ergebnisse des Workshops können so in entsprechende Projekte überführt und vorangetrieben werden.

Werkzeugkasten Industrie 4.0

Wie zerlegt man Industrie 4.0 in handhabbare Entwicklungsstufen?

Viele Diskussionen rund um das Themenfeld Industrie 4.0 kreisen um die Begrifflichkeiten, Visionen und technologischen Grundsätze der vierten industriellen Revolution. Einigkeit wird dabei meistens nicht erzielt. Vielmehr droht die praktische Umsetzung der vielfältigen Ideen im Umfeld von Industrie 4.0 an Grundsatzdiskussionen zu scheitern.

Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 zeigt Entwicklungsstufen für verschiedene Anwendungsebenen von Industrie 4.0 auf.

Der nachfolgend vorgestellte Werkzeugkasten Industrie 4.0 soll daher Visionen und grundlegende Technologien auf Entwicklungsstufen reduzieren, die eine schrittweise Umsetzung innovativer Ideen in kleinen und mittelständischen Unternehmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus ermöglichen. Er gliedert sich damit in das vorgestellte Vorgehensmodell des Leitfadens ein und findet Anwendung in der Analysephase sowie bei der Durchführung des unternehmensinternen Workshops.

Ziel bei der Konzeption des Werkzeugkastens ist es, die vielfältigen Ideen und Ansätze von Industrie 4.0 greifbar zu machen und Entwicklungspotentiale aufzuzeigen. Da die Entwicklungen der vierten industriellen Revolution noch lange nicht abgeschlossen sind und damit technologische Entwicklungsstufen nicht umfänglich vorausgesagt werden können, ist der Werkzeugkasten Industrie 4.0 als kontinuierlich weiterzuentwickelnder Impulsgeber zu verstehen.

Wie ist der Werkzeugkasten zu lesen?

Industrie 4.0 hat sowohl das Potential, den Nutzwert von Produkten zu steigern als auch Produktionskosten zu reduzieren. Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 untergliedert sich daher in die Bereiche „Produkte“ und „Produktion“. Diese zwei Bereiche des Werkzeugkastens kumulieren verschiedenste Anwendungsebenen von Industrie 4.0 und zeigen Entwicklungsstufen auf.

Die vorgenommene Abstufung ermöglicht eine strukturierte und anschauliche Darstellung, die sich bei der Identifikation innovativer Geschäftsmodelle im Umfeld von Industrie 4.0 als hilfreich erweist.

Für beide Bereiche werden die einzelnen Anwendungsebenen in den Zeilen des Werkzeugkastens und die Entwicklungsstufen in den Spalten des Werkzeugkastens dargestellt. Beide Bereiche werden nachfolgend dargestellt.

Der Werkzeugkasten kann zur Unterstützung der Ideengenerierung im Umfeld von Industrie 4.0 genutzt werden. Die Entwicklungsstufen stellen von links nach rechts den Weg zu einer Vision von Industrie 4.0 dar.

Werkzeugkasten Industrie 4.0


Industrie 4.0

Produkte					
Integration von Sensoren / Aktoren					
	Keine Nutzung von Sensoren/Aktoren	Sensoren/Aktoren sind eingebunden	Sensordaten werden vom Produkt verarbeitet	Daten werden vom Produkt für Analysen ausgewertet	Das Produkt reagiert auf Basis der gewonnenen Daten eigenständig
Kommunikation / Connectivity					
	Keine Schnittstellen am Produkt	Das Produkt sendet bzw. empfängt I/O-Signale	Das Produkt verfügt über Feldbus-Schnittstellen	Das Produkt verfügt über Industrial Ethernet-Schnittstellen	Das Produkt verfügt über Zugang zum Internet
Funktionalitäten zu Datenspeicherung und Informationsaustausch					
	Keine Funktionalitäten	Möglichkeit zur eindeutigen Identifikation	Produkt verfügt über passiven Datenspeicher	Produkt mit Datenspeicher zum autonomen Informationsaustausch	Daten- und Informationsaustausch als integraler Bestandteil
Monitoring					
	Kein Monitoring durch das Produkt	Detektion von Ausfällen	Erfassung des Betriebszustands zur Diagnose	Prognose der eigenen Funktionsfähigkeit	Selbstständige Maßnahmen zur Steuerung
Produkt-bezogene IT-Services					
	Keine Services	Services über Online-Portale	Service-Ausführung direkt über Produkt	Selbstständige Ausführung von Services	Vollständige Eingliederung in IT-Service-Infrastruktur
Geschäftsmodelle um das Produkt					
	Gewinne durch Verkauf der Standardprodukte	Verkauf und Beratung zum Produkt	Verkauf, Beratung und Anpassung des Produktes an Kundenwünsche	Zusätzlicher Verkauf produktbezogener Dienstleistungen	Verkauf von Produktfunktionen

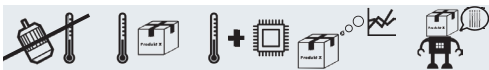
Abbildung 3: Werkzeugkasten Industrie 4.0 – Produkte

Werkzeugkasten Industrie 4.0: Produkte

Der Bereich „Produkte“ des Werkzeugkastens Industrie 4.0 unterstützt die Ideengenerierung bei der Entwicklung innovativer Industrie-4.0-Produkte. Der Werkzeugkasten kann sowohl auf Produkte als auch auf einzelne Teilkomponenten von Produkten angewendet werden. Die Kernfrage lautet: Inwiefern können mithilfe von Industrie 4.0 neue Produkte entwickelt beziehungsweise bestehende weiterentwickelt werden, sodass für potentielle Kunden ein Mehrwert entsteht?

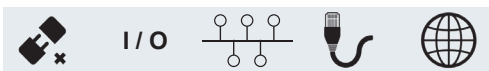
Der Bereich „Produkte“ ist untergliedert in die Anwendungsebenen Sensoren und Aktoren, Kommunikation und Connectivity, Datenspeicherung und Informationsaustausch, Monitoring, produktbezogene IT-Services und Geschäftsmodelle.

Integration von Sensoren und Aktoren



Die Integration von Sensoren, Aktoren sowie Rechenkapazitäten in physische Objekte ist eine Kernidee von Industrie 4.0 beziehungsweise cyber-physischer Systeme. Die Bandbreite reicht hierbei von Produkten gänzlich ohne Sensor- und Aktorfunktionen bis hin zu Produkten mit eigener Auswertung von Sensordaten und darauf basierenden, eigenständigen Reaktionen.

Kommunikation und Connectivity



Geeignete Kommunikationsschnittstellen ermöglichen neue Anwendungen, die physisch entkoppelt bereitgestellt werden können und von einer verbesserten Verfügbarkeit der gewonnenen Daten profitieren. Auf dem Weg zur Vision einer vollständigen internetbasierten Vernetzung im Sinne des „Internet of Things“ sind hierbei Zwischenstufen wie die Vernetzung über Feldbussysteme zu sehen.

Funktionalitäten zu Datenspeicherung und Informationsaustausch



Produkte können über verschieden ausgestaltete Funktionalitäten zu Datenspeicherung und Informationsaustausch verfügen. Das Spektrum reicht von einfachen Barcodes über wiederbeschreibbare Datenspeicher bis hin zu Informationsdarstellung und –austausch als integralem Produktbestandteil.

Monitoring



Das breite Anwendungsfeld des Monitoring stellt einen Kernaspekt vieler Industrie-4.0-Anwendungen dar. Die Bandbreite möglicher Anwendungen reicht von der bloßen Detektion von Ausfällen über die Diagnose und Prognose der eigenen Funktionsfähigkeit bis hin zu Möglichkeiten der selbstständigen Steuerung, etwa zur Vermeidung kostspieliger Folgeschäden bei Ausfällen.

Produktbezogene IT-Services



Die im Zusammenhang mit Industrie 4.0 häufig diskutierten produktbezogenen IT-Services können entweder physisch vom Produkt entkoppelt (beispielsweise Online-Portale zur Darstellung von Ersatzteil-Listen) oder direkt mit dem Produkt verknüpft sein. Denkbar sind Services zur zustandsabhängigen Instandhaltung oder Produktsupport mit Funktionen der Ferndiagnose.

Geschäftsmodelle um das Produkt



Innovative Technologien ermöglichen die Entwicklung neuartiger Geschäftsmodelle. So kann eine stärkere Anpassung von Produkten an Kundenwünsche durch Ansätze von Industrie 4.0, beispielsweise in Verbindung mit einer Flexibilisierung der Produktion, unterstützt werden. Auch der Verkauf von Produktfunktionen, bei dem das Produkt Herstellereigentum bleibt und lediglich eine Funktionserfüllung vergütet wird, kann durch Technologien im Umfeld von Industrie 4.0 ermöglicht werden – die umfangreiche Erfassung von Betriebszuständen oder die Steuerung einer zustandsbasierten Instandhaltung durch den Hersteller sind hier als Beispiele zu nennen.

Werkzeugkasten Industrie 4.0



Industrie 4.0

Produktion					
Daten- verarbeitung in der Produktion					
	Keine Verarbeitung von Daten	Speicherung von Daten zur Dokumentation	Auswertung von Daten zur Prozessüberwachung	Auswertung zur Prozessplanung / -steuerung	Automatische Prozessplanung / -steuerung
Maschine- zu- Maschine- Kommunikation (M2M)					
	Keine Kommunikation	Feldbus-Schnittstellen	Industrial Ethernet-Schnittstellen	Maschinen verfügen über Zugang zum Internet	Webdienste (M2M-Software)
Unternehmensweite Vernetzung mit der Produktion					
	Keine Vernetzung der Produktion mit anderen Unternehmensbereichen	Informationsaustausch über Mail / Telekommunikation	Einheitliche Datenformate und Regeln zum Datenaustausch	Einh. Dateiformate und Abteilungsübergreifend vernetzte Datenserver	Abteilungsübergreifende, vollständig vernetzte IT-Lösungen
IKT- Infrastruktur in der Produktion					
	Informationsaustausch über Mail/Telekommunikation	Zentrale Datenserver in der Produktion	Internetbasierte Portale mit gemeinsamer Datennutzung	Automatisierter Informationsaustausch (z.B. Auftragsnachverfolgung)	Zulieferer / Kunden sind vollständig in Prozessgestaltung integriert
Mensch- Maschine- Schnitt- stellen					
	Kein Informationsaustausch zwischen Mensch und Maschine	Einsatz lokaler Anzeigergeräte	Zentrale / dezentrale Produktionsüberwachung/-steuerung	Einsatz mobiler Anzeigergeräte	Erweiterte und assistierte Realität
Effizienz bei kleinen Losgrößen					
	Starre Produktionsmittel und geringer Anteil von Gleichteilen	Nutzung von flexiblen Produktionsmitteln und Gleichteilen	Flexible Produktionsmittel und modulare Baukästen für die Produkte	Bauteilgetriebene, flexible Produktion modularer Produkte im Unternehmen	Bauteilgetriebene, modulare Produktion in Wertschöpfungsnetzen

Abbildung 4: Werkzeugkasten Industrie 4.0 – Produktion

Werkzeugkasten Industrie 4.0: Produktion

Der zweite Teil des Werkzeugkasten Industrie 4.0 fokussiert sich auf Ansatzpunkte im Kontext der Produktion. Ausgangspunkt der Überlegungen stellt die Frage dar, wie mithilfe von Industrie 4.0 Produktionsabläufe optimiert und Produktionskosten gesenkt werden können.

Die Anwendungsebenen des Bereiches „Produktion“ des Werkzeugkasten Industrie 4.0 gliedern sich in die Datenverarbeitung in der Produktion, Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, unternehmensweite Vernetzung mit der Produktion, Infrastruktur von Informations- und Telekommunikationstechnologie in der Produktion, Mensch-Maschine-Schnittstellen und Effizienz bei kleinen Losgrößen.

Datenverarbeitung in der Produktion



Die Verarbeitung von Daten für verschiedenste Anwendungen ist ein Kernthema bei Industrie-4.0-Anwendungen in der Produktion. Datenverarbeitung in der Produktion kann sowohl zur einfachen Dokumentation eingesetzt werden als auch Ziele verfolgen, die von der Prozessüberwachung bis hin zur autonomen Prozessplanung und -steuerung reichen.

Maschine-zu-Maschine-Kommunikation



Schnittstellen zum automatisierten Datenaustausch zwischen Maschinen bilden die Grundlage vielfältiger Industrie-4.0-Anwendungen. Industrielle Anwendung finden sowohl Feldbus-, Industrial Ethernet- als auch Internet-Schnittstellen. Internet-Schnittstellen und Anwendungen mit autonomem Informationsaustausch (Webdienste) bieten den Vorteil einer möglichen Trennung von Informationen und Standort.

Unternehmensweite Vernetzung mit der Produktion



Eine Verbesserung der Vernetzung unterschiedlicher Unternehmensebenen mit der Produktion erschließt Synergien und vermeidet Doppelarbeit. Durch die Vernetzung der Produktion mit anderen Unternehmensbereichen entstehen vereinheitlichte IT-Lösungen, standardisierte Workflows oder durchgängige Dateiformate, von denen das gesamte Unternehmen profitiert.

Infrastruktur von Informations- und Telekommunikationstechnologie in der Produktion



Die Infrastruktur von Informations- und Telekommunikationstechnologien in der Produktion bestimmt die Möglichkeiten der Umsetzung innovativer Anwendungen und damit potentieller Verbesserungen technischer und organisatorischer Abläufe. Neben der Nutzung zentraler Datenserver können internetbasierte Kommunikationsportale zum Einsatz kommen. Automatisierte Abläufe zum Austausch von Daten mit externen Partnern der Wertschöpfungskette beziehungsweise des Wertschöpfungsnetzes stellen weitere Stufen hin zu einer Vision von Industrie 4.0 dar.

Mensch-Maschine-Schnittstellen



Vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität von Produktionsanlagen rücken Mensch-Maschine-Schnittstellen stark in den Fokus. Den Ausgangspunkt bilden in der industriellen Praxis häufig lokale Anzeigergeräte mit teils wenig anwenderfreundlichen Bedienkonzepten. Neuartige Bedienkonzepte, wie mobile Tablets oder Datenbrillen, die am jeweils richtigen Ort die richtigen Informationen in geeigneter Weise bereitstellen, versprechen Potentiale zur Entlastung von Mitarbeitern und Steigerungen der Produktionseffizienz.

Effizienz bei kleinen Losgrößen



Unter anderem der Trend hin zu individuell hergestellten Gütern und damit zu immer kleineren Losgrößen führt zu einer steigenden Komplexität der Abläufe in der Produktion. Die Erreichung hoher Effizienz bei kleinen Losgrößen wird damit zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor. Hierbei kann ein modularer Aufbau der jeweiligen Produkte oder der Einsatz flexibler Produktionsmittel mit geeigneter Abstimmung im jeweiligen Wertschöpfungsnetz Potentiale eröffnen.

Anwendung des Werkzeugkastens Industrie 4.0 – von der Vision zur praktischen Umsetzung

Schritte bei der Ideenfindung

- **Anwendungsbeispiel:** Welches Beispiel aus Produktportfolio oder Produktion könnte Potentiale haben?
- **Anwendungsebenen:** Welche Anwendungsebene(n) erscheinen zur Weiterentwicklung des Beispiels attraktiv? (die Zeilen des Werkzeugkastens)
- **Entwicklungsstufe:** In welche Entwicklungsstufe(n) kann das Beispiel aktuell eingeordnet werden?
- **Ideenfindung:** Wo könnte das Beispiel sinnvoll auf höhere Entwicklungsstufen gebracht werden?



Was ist sinnvoll, was nicht?

Nicht alle Bereiche von Industrie 4.0 lassen sich sinnvoll auf jedes Beispiel übertragen. Einfache Schrauben werden auch künftig ohne Möglichkeiten zum Datenaustausch auskommen. Ideen zur Effizienzsteigerung in der Schrauben-Produktion oder der Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen könnten dagegen vielversprechend sein.

Der Werkzeugkasten regt zum individuell angepassten Weiterdenken an – die nächsten Entwicklungsstufen auf dem Weg zur Vision Industrie 4.0 betrachtet der Anwender immer im Kontext seines Anwendungsfalls.

Analysephase

Eine Voraussetzung für die Entwicklung von Ideen ist die Identifikation der Ausgangslage des Unternehmens in Bezug auf eigene Industrie-4.0-Kompetenzen. Die nachfolgenden Analysen stellen eine Vorgehensweise für die Abschätzung dieser Ausgangslage vor. Sie werden im Rahmen der Analysephase des Workshops präsentiert und diskutiert.

Ziel der Analysephase

Kern der Kompetenzanalyse ist die Erstellung eines unternehmensweiten Industrie-4.0-Kompetenzprofils und dessen Kommunikation an die Teilnehmer des Workshops.

Ein gemeinsames Verständnis der eigenen Kompetenzen bildet den Startpunkt für die Industrie-4.0-Einführung.

Die Ergebnisse der Analyse stellen während des Workshops einen gemeinsamen Startpunkt für die Bildung von Ideen dar. Ausgehend von diesem gedanklichen Startpunkt entwickeln die Teilnehmer in der Kreativitätsphase Ideen für die Konzeptionierung von Industrie-4.0-Geschäftsmodellen.

Wie wird die Kompetenzanalyse durchgeführt?

Die Kompetenzanalyse wird im Vorfeld des Workshops durchgeführt. Sie gliedert sich in die interne und die externe Betrachtung. Die Kompetenzanalyse soll zwei Kernfragen beantworten:

- Welche Industrie-4.0-Kompetenzen besitzt das Unternehmen?
- Wie ist die externe Darstellung des Unternehmens in Bezug auf Industrie-4.0-Kompetenzen?

Kompetenzen zu spezifischen Industrie-4.0-Fachthemen sind im Unternehmen häufig vorhanden, aber meist nicht in allen Unternehmensbereichen bekannt. Die interne Kompetenzanalyse deckt diese Industrie-4.0-Kompetenzen auf und führt sie zusammen. Im Unternehmen vorhandene Industrie-4.0-Lösungsansätze, Technologien und Strategien der einzelnen Fachabteilungen sind dabei zu identifizieren. Den Teilnehmern des Workshops kann damit ein Verständnis und Bewusstsein der eigenen Kompetenzen vermittelt werden.

Es gibt zwei Sichten auf das eigene Kompetenzprofil: die unternehmensinterne Sicht und die Sicht von außen.

Die externe Kompetenzanalyse spiegelt die Außenwahrnehmung der Industrie-4.0-Kompetenzen des Unternehmens wider. Sie steht exemplarisch für die Einschätzung externer Partner und Kunden. Sie klärt, inwiefern der Öffentlichkeitsauftritt in Bezug zu Industrie 4.0 gestaltet ist.

Die Vorgehensweisen zur Durchführung der externen und der internen Kompetenzanalyse werden nachfolgend erläutert. Der Fokus beider Vorgehensweisen liegt auf der Identifikation von Kompetenzen, also von betrieblichen Kenntnissen – auch wenn diese nicht unbedingt prägend für den Umsatz oder das Produktportfolio sind.

Externe Kompetenzanalyse

In der externen Kompetenzanalyse wird die öffentliche Darstellung des Unternehmens auf Industrie-4.0-Kompetenzen im Produktportfolio untersucht. Die Analyse gibt Anhaltspunkte, inwieweit das Unternehmen Industrie-4.0-Fähigkeiten und -Fertigkeiten bereits aufgebaut und Industrie-4.0-Technologien für Produkte entwickelt oder in der eigenen Produktion eingesetzt hat.

Die externe Kompetenzanalyse untersucht die Außendarstellung des Unternehmens mit Blick auf Industrie 4.0.

Durchführung der externen Kompetenzanalyse

Die methodische Grundlage der externen Kompetenzanalyse bildet der Bereich „Produkte“ des Werkzeugkastens Industrie 4.0. Da die internen Produktionsabläufe in aller Regel kein Bestandteil des Öffentlichkeitsauftritts sind, liegen diese nicht im Fokus der externen Kompetenzanalyse. Der öffentliche Auftritt, beispielsweise der Internetauftritt oder Pressetexte, wird im Hinblick auf die Entwicklungsstufen des Werkzeugkastens analysiert und die jeweiligen Ansätze in die Anwendungsebenen des Werkzeugkastens eingeordnet.

Auswertung der externen Kompetenzanalyse

Die maximalen Ausprägungen in den Anwendungsebenen des Werkzeugkastens liefern das externe Kompetenzprofil. Die Auswertung erfolgt im Vorfeld des Workshops durch das Projektteam.

Für die graphische Darstellung des Kompetenzprofils eignen sich Spinnendiagramme. Abbildung 5 zeigt exemplarisch ein externes Kompetenzprofil. Als Achsen werden die einzelnen Anwendungsebenen des Werkzeugkastens verwendet. Die Entwicklungsstufen jeder Anwendungsebene spannen das Spinnendiagramm auf.

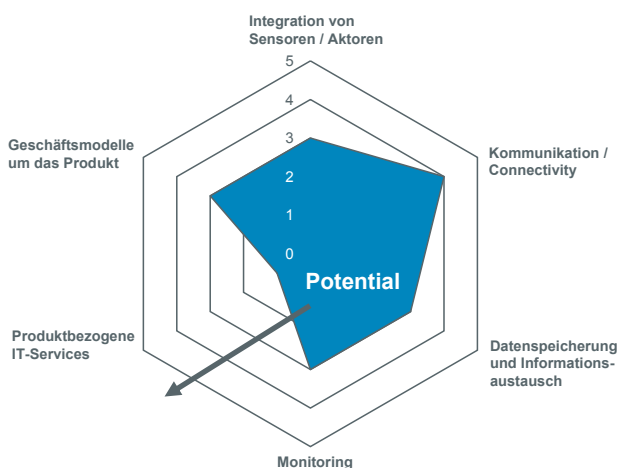


Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung des externen Kompetenzprofils

Das externe Kompetenzprofil ist während des Workshops vorzustellen und durch die Teilnehmer zu diskutieren. Insbesondere Bereiche mit geringer Ausprägung im Kompetenzprofil sind kritisch zu hinterfragen (vgl. Abbildung 5). Den Teilnehmern des Workshops wird damit ein Verständnis und Bewusstsein der eigenen Kompetenzen vermittelt. Da die Teilnehmer über detailliertes Wissen zum Produktportfolio ihres Unternehmens verfügen, erlaubt die externe Kompetenzanalyse, Nachholbedarf bei der Entwicklung der öffentlichen Darstellung von Industrie-4.0-Kompetenzen zu ermitteln.

Interne Kompetenzanalyse

Die interne Kompetenzanalyse untersucht die vorhandenen Industrie-4.0-Kompetenzen im Unternehmen. Im Gegensatz zur externen Kompetenzanalyse, die ausschließlich den Bereich „Produkte“ fokussiert, erschließt die interne Kompetenzanalyse ein ganzheitliches Bild der Industrie-4.0-Kompetenzen des Unternehmens. Alle Bereiche des Werkzeugkastens Industrie 4.0 werden untersucht.

Die interne Kompetenzanalyse untersucht die unternehmensinternen Kompetenzen in Bezug auf Industrie 4.0.

Das Produktportfolio und auch die eingesetzten Technologien in der unternehmensinternen Produktion spiegeln erfahrungsgemäß nicht den kompletten Umfang der im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen wider. Ziel der internen Kompetenzanalyse ist daher die Identifikation von Industrie-4.0-Kompetenzen, die über marktreife, verkaufsfähige Produkte sowie bereits in der unternehmensinternen Produktion eingesetzte Lösungen hinausgehen. Solche Schlüsselkompetenzen sind zu identifizieren und den Teilnehmern des Workshops für ein Verständnis und Bewusstsein der unternehmensinternen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu vermitteln.

Durchführung der internen Kompetenzanalyse

Für die Identifizierung dieser Schlüsselkompetenzen bildet der Werkzeugkasten Industrie 4.0 den methodischen Rahmen. Er liefert das Schema, nach dem verschiedene Geschäftsbereiche zum Grad der Umsetzung von Industrie-4.0-Ansätzen befragt werden können. Die einzelnen Geschäftsbereiche wie Entwicklung, Produktion und Service weisen während der Befragung meist differenzierte Sichtweisen auf Industrie 4.0 auf. Durch die Befragung der unterschiedlichen Geschäftsbereiche werden diese verschiedenen Sichtweisen erfasst. Für die ganzheitliche Erfassung des Kompetenzprofils sollte daher auf eine interdisziplinäre Durchmischung der Befragten geachtet werden. Erfahrungsgemäß sollten mindestens zehn Entscheidungsträger in die Befragung miteinbezogen werden.

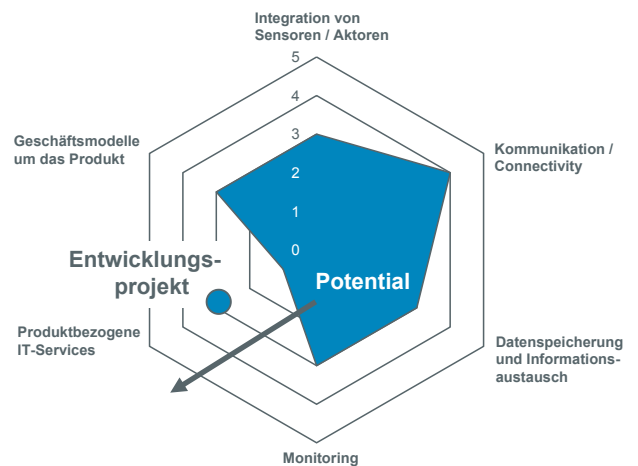


Abbildung 6: Darstellung des internen Kompetenzprofils mit eingeordnetem Projekt

Auswertung der internen Kompetenzanalyse

In Anlehnung an die externe Kompetenzanalyse können die Einschätzungen der Befragung in zwei Spinnendiagramme überführt werden: je ein Spinnendiagramm zu den Themen „Produkte“ und „Produktion“. Als Achsen werden die Anwendungsebenen des Werkzeugkastens verwendet. Die Entwicklungsstufen jeder Anwendungsebene spannen das jeweilige Spinnendiagramm auf.

Die Analyse und Diskussion der internen Kompetenzdiagramme zeigt Potentiale für die Umsetzung von Ideen im Umfeld von Industrie 4.0 auf. Vor allem Bereiche mit geringer Ausprägung gilt es zu diskutieren. Sie zeigen Handlungsfelder für die Einführung von Lösungsansätzen von Industrie 4.0 auf. Durch eine interdisziplinäre Diskussion wird ein differenziertes Verständnis der Industrie-4.0-Kompetenzen im Unternehmen aufgebaut.

Interne Forschungs- und Entwicklungsprojekte

Die Kenntnis interner Forschungs- und Entwicklungsprojekte beziehungsweise bereits angewandter Lösungen aus dem Umfeld von Industrie 4.0 gibt den Teilnehmern des Workshops ein gemeinsames Verständnis von bereits identifizierten Ansatzpunkten.

Die Vorstellung dieser bereits initiierten oder umgesetzten Projekte erfolgt im Anschluss an die Diskussion der Kompetenzanalyse. Die Teilnehmer stellen in prägnanten Vorträgen die internen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten vor. Jeder Vortrag visiert den Nutzen der angestrebten Lösung, Zielgruppe und Vorgehensweise an. Das Ergebnis der Vorstellung ist ein gemeinsames Verständnis der Teilnehmer für bereits umgesetzte oder in Entwicklung befindliche Industrie-4.0-Projekte im Unternehmen. Eine Einordnung im Kompetenzdiagramm, wie in Abbildung 6 dargestellt, unterstützt den Aufbau eines gemeinsamen Verständnisses unternehmenseigener Kompetenzen.

Kompetenzen für Industrie-4.0-Ansätze sind im Unternehmen häufig bereits vorhanden.

Mit der internen und externen Analyse der Kompetenzen wird eine Ausgangsbasis für die Einführung von Industrie 4.0 im Unternehmen identifiziert und im Hinblick auf ein gemeinsames Verständnis von Industrie 4.0 diskutiert. Das Gesamtbild aus der Analyse und der Vorstellung der internen Projekte erlaubt die Identifikation von ausbaufähigen Potentialen, die in der anschließenden Kreativitätsphase weiter konkretisiert werden können.

Kompetenzanalyse anhand des Werkzeugkastens

Die unternehmenseigenen Kompetenzen können mit Hilfe des Werkzeugkastens Industrie 4.0 klassifiziert werden. Dazu ist nachstehend die Analyse eines Beispiels dargestellt.

Schritte zur Kompetenzanalyse

Welches Beispiel aus Produktportfolio oder Produktion könnte Potentiale haben?



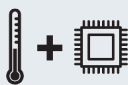


- Anwendungsebenen: Welche Anwendungsebene(n) werden vom Produkt abgedeckt?
- Entwicklungsstufe: In welche Entwicklungsstufe(n) kann das Beispiel aktuell eingeordnet werden?

Beispiel:

Das Beispielprodukt verfügt über eingebundene Sensoren, welche direkt am Produkt verarbeitet werden.

Frage zu den Anwendungsebenen:

Wie werden elektronische Sensoren und Aktoren in Ihre Produkte integriert?
Beispiel: Sensoren sind eingebunden und werden direkt vom Produkt verarbeitet.
Das Technologielevel des Produkts kann wie unten dargestellt eingeordnet werden.

Integration von Sensoren / Aktoren										
	Keine Nutzung von Sensoren/Aktoren		Sensoren/Aktoren sind eingebunden		Sensordaten werden vom Produkt verarbeitet		Daten werden vom Produkt für Analysen ausgewertet		Das Produkt reagiert auf Basis der gewonnenen Daten eigenständig	

Kreativitätsphase

Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 sowie die Ergebnisse der Analysephase bilden die Grundlagen der Kreativitätsphase. Ziel dieser Phase ist die Entwicklung von Konzepten für neue Geschäftsmodelle, welche die Lösungsansätze von Industrie 4.0 umsetzen. Die Durchführung der Kreativitätsphase wird im Folgenden erläutert.

Wie wird die Kreativitätsphase durchgeführt?

Die Kreativitätsphase bildet den zentralen Teil des Workshops. Sie setzt sich aus zwei Abschnitten zusammen, die aus der Einzelkreativitätsarbeit und der Gruppenideenausarbeitung bestehen. Im ersten Abschnitt erfolgt in Einzelarbeit die Ideengenerierung bezüglich neuer Produkte und Verbesserungen in der Produktion. Anschließend teilt sich im zweiten Abschnitt der Teilnehmerkreis in mehrere Gruppen auf, um diese Ideen zu Konzepten für Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln.

Einzelkreativitätsarbeit

Die Teilnehmer des Workshops erarbeiten in Einzelarbeit Ideen für die Bereiche „Produkte“ und „Produktion“. Die Ideen werden auf Basis der Erkenntnisse aus der vorangegangenen Analysephase entwickelt. Gesucht werden Ideen, die den Kunden begeistern. Innovationen und die Nutzung neuer Technologien wecken

diese Begeisterung. Die Anforderungen zur Begeisterung entwickeln sich kontinuierlich weiter. Die Begeisterungsanforderungen des Kunden von heute sind künftige Basisanforderungen, die der Kunde wie selbstverständlich erwartet [2]. In der Einzelkreativitätsphase sollen begeisternde Ideen zu praktischen Konzepten für Geschäftsmodelle entwickelt werden.

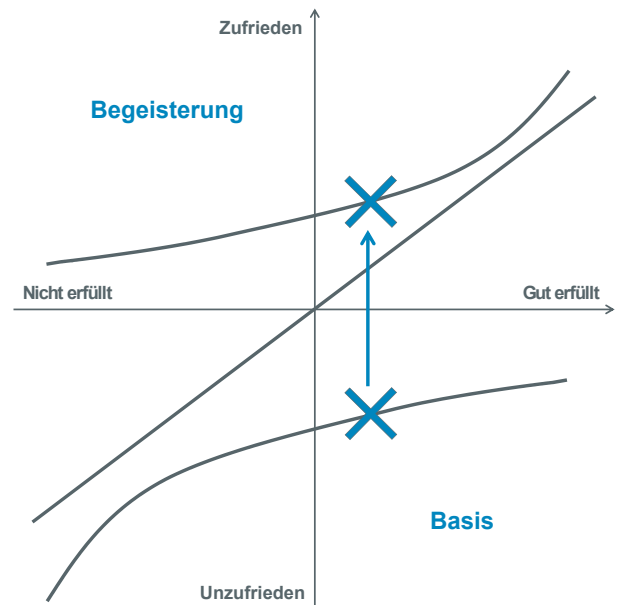


Abbildung 8: Kano-Modell – Von der Basisanforderung zur Begeisterungsanforderung [2]

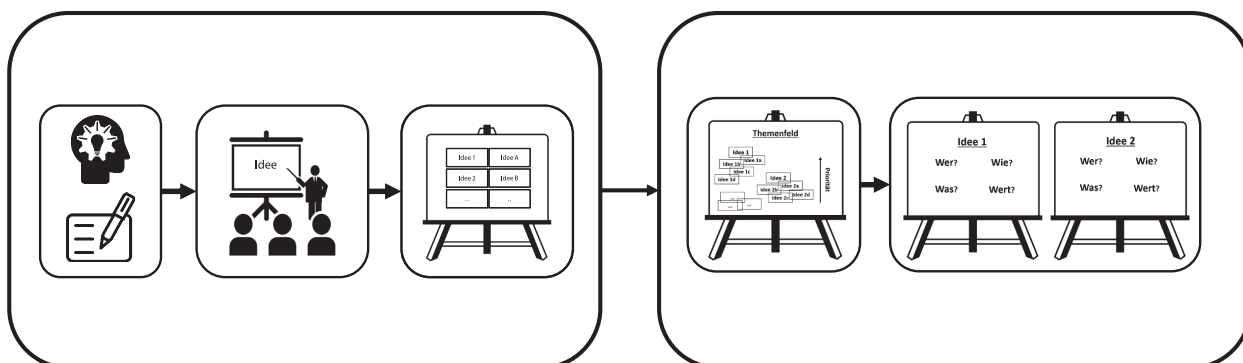


Abbildung 7: Abschnitte des Kreativitätsworkshops

Um bei der Ideenfindung systematisch vorzugehen, kann das folgende Vorgehen unter Nutzung des Werkzeugkastens Industrie 4.0 angewandt werden. Neben dem Werkzeugkasten unterstützen Erkenntnisse aus der internen und externen Kompetenzanalyse sowie der Vorstellung der internen Projekte die Ideenfindung.

In der Kreativitätsphase werden neue Ideen mit Hilfe des Werkzeugkastens erarbeitet.

Vorgehen zur Ideenfindung

Im ersten Schritt sammelt jeder Teilnehmer einzelne Beispiele aus dem Bereich des Produktportfolios oder der Produktion, die für Weiterentwicklungen im Umfeld von Industrie 4.0 attraktiv erscheinen. Anschließend identifiziert er Anwendungsebenen, in denen eine Weiterentwicklung der Beispiele Potentiale aufweisen könnte. Die Auswahl der Anwendungsebenen kann auch auf Basis der in der internen Kompetenzanalyse beschriebenen unternehmenseigenen Stärken und Schwächen durchgeführt werden. Daraufhin analysiert der Teilnehmer den aktuellen Stand des gewählten Beispiels in der betrachteten Anwendungsebene und stuft diesen in den Werkzeugkasten ein. Anschließend entwickelt der Teilnehmer Ideen zum Erreichen höherer Entwicklungsstufen des Werkzeugkastens Industrie 4.0.

Im nächsten Schritt der Einzelkreativitätsarbeit erfolgt die Vorstellung der Ergebnisse der Einzelarbeit. Auf Moderationskarten sind die wesentlichen Kerninhalte der Ideen in Stichpunkten zu beschreiben. Jeder Teilnehmer stellt seine Idee dem gesamten Teilnehmerkreis vor, indem er deren Kerninhalte zusammenfassend präsentiert. Erfahrungsgemäß ist die Anzahl auf zwei bis drei Ideen zu begrenzen. In Abbildung 9 ist der Prozess der Einzelkreativitätsarbeit exemplarisch dargestellt.

Gruppenideenausarbeitung

Nachdem jeder Teilnehmer seine Ideen zusammenfassend präsentiert hat, clustert das Projektteam die Ideen in Themenfelder. Diese Themenfelder bilden die Basis für die Aufteilung in der Gruppenideenausarbeitung. Ziel der Ausarbeitung ist die Weiterentwicklung der Ideen zu Konzepten für Geschäftsmodelle.

Bevor die Gruppenideenausarbeitung beginnt, teilt der Moderator den gesamten Teilnehmerkreis in Gruppen und ordnet die Themenfelder diesen Gruppen zu. Eine heterogene Aufteilung der Gruppen bewirkt eine differenzierte Diskussion der Themenfelder.

Im ersten Schritt der Gruppenideenausarbeitung erfolgt die Priorisierung der einzelnen Ideen hinsichtlich der Entwicklung potentieller Geschäftsmodelle. Gleichzeitig sind identische und ähnliche Ideen zusammenzufassen.

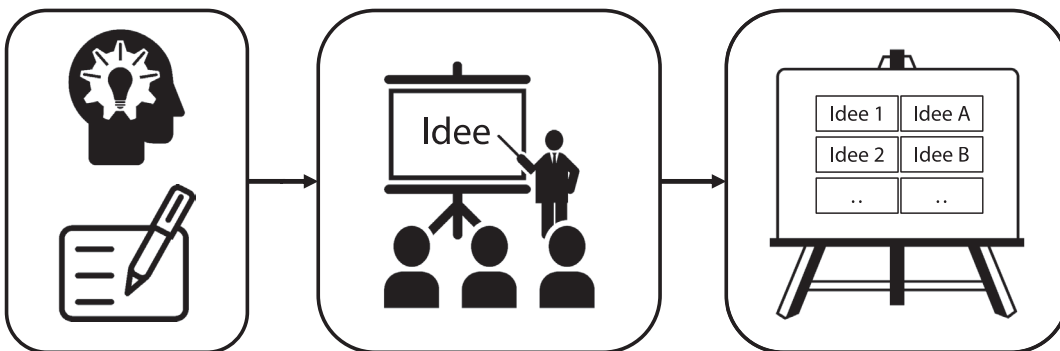


Abbildung 9: Prozess der Einzelkreativitätsarbeit

Im zweiten Schritt der Gruppenausarbeitung entwickeln die Teilnehmer die beiden höchstpriorisierten Ideen nach dem St. Gallen Business Model Navigator weiter. Der Navigator unterstützt ein differenziertes Auseinandersetzen mit den Ideen und eine Ausarbeitung der Ideen zu Konzepten für Geschäftsmodelle. Hierbei sind jeweils vier Leitfragen in der Gruppe zu analysieren und zu beantworten (vgl. Abbildung 10) [3].

Was?

- Was bieten wir den Kunden an?

Wer?

- Wer sind unsere Zielkunden?

Wie?

- Wie stellen wir die Leistung her?

Wert?

- Wie wird Wert erzielt?

Das Projektteam protokolliert die Ergebnisse der Gruppenausarbeitung, indem die Ergebnisse der Leitfragen strukturiert auf Flipcharts dokumentiert werden, sodass die Bewertungsphase eingeleitet werden kann.

In Abbildung 11 ist der Prozess dieser Gruppenausarbeitung exemplarisch dargestellt.

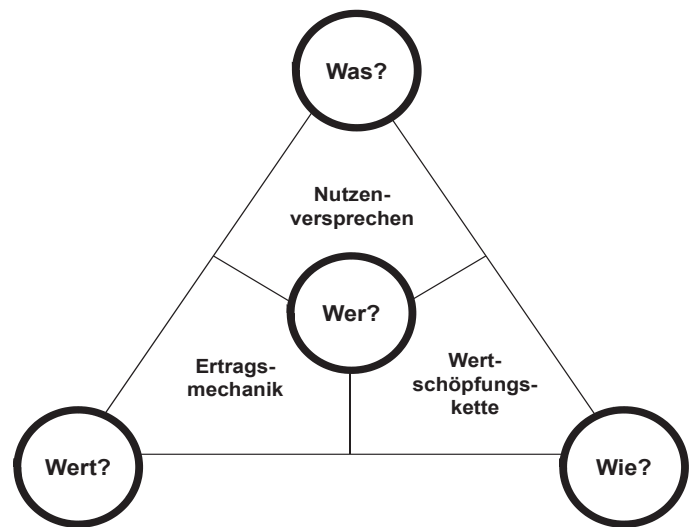


Abbildung 10: St. Gallen Business Modell für Produkte und Produktion [3]

Die Beantwortung der Fragen nach dem St. Gallen Business Model Navigator leitet das systematische Auseinandersetzen mit der Idee. Die Idee wird so zielgerichtet zu einem Konzept für ein Geschäftsmodell weiterentwickelt.

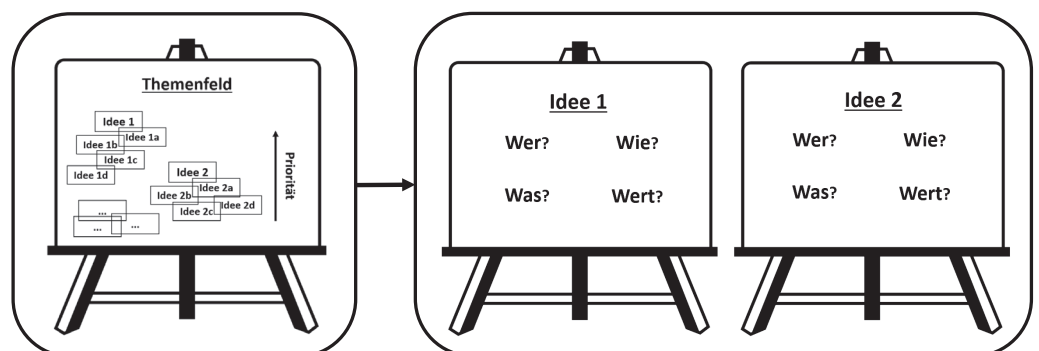


Abbildung 11: Prozess der Gruppenausarbeitung

Vom Werkzeugkasten Industrie 4.0 zum Konzept eines Geschäftsmodells Beispiel: Maschinenelement einer Produktionsmaschine






Ideenfindung

An erster Stelle steht die Identifikation der Ausgangssituation mithilfe des Werkzeugkastens in einer geeigneten Anwendungsebene:

Ein herkömmliches Maschinenelement besitzt keine Funktionalitäten zu Datenspeicherung und Informationsaustausch.

Funktionalitäten zu Datenspeicherung und Informationsaustausch					
	Keine Funktionalitäten	Möglichkeit zur eindeutigen Identifikation	Produkt verfügt über passiven Datenspeicher	Produkt mit Datenspeicher zum autonomen Informationsaustausch	Daten- und Informationsaustausch als integraler Bestandteil

Die Ideenfindung erfolgt durch die Betrachtung der nächsten Entwicklungsstufen in einer Anwendungsebene des Werkzeugkastens Industrie 4.0. Eine Idee wäre die Integration eines passiven Datenspeichers zur Hinterlegung von Produktdaten direkt am Maschinenelement.

Funktionalitäten zu Datenspeicherung und Informationsaustausch					
	Keine Funktionalitäten	Möglichkeit zur eindeutigen Identifikation	Produkt verfügt über passiven Datenspeicher	Produkt mit Datenspeicher zum autonomen Informationsaustausch	Daten- und Informationsaustausch als integraler Bestandteil

Idee: Selbstbeschreibendes Maschinenelement, Datenspeicher wird physisch mit dem Maschinenelement verknüpft und kann Produktdaten speichern.

Ausarbeitung einer Idee zum Konzept eines Geschäftsmodells

Was? (Was bieten wir den Kunden an?)

- Maschinenelement mit darauf gespeicherten individuellen Produktdaten (Kennung und Einstellwerte)
- Verkürzte Inbetriebnahmedauer von Produktionsmaschinen durch automatisierten Datenübertrag an die Steuerung

Wer? (Wer sind unsere Zielkunden?)

- Hersteller von Produktionsmaschinen

Wie? (Wie stellen wir die Leistung her?)

- Integration von Datenspeichern in geeignete Produktserien von Maschinenelementen
- Beschreibung des Speichers bei der Warenausgangskontrolle
- Bereitstellung der Schnittstellen zum Auslesen der Daten

Wert? (Wie wird Wert erzielt?)

- Umsatzsteigerung durch gesteigerte Attraktivität der Maschinenelemente
- Kundenbindung durch stärkere Einbindung in Produktionsabläufe

Bewertungsphase

In der Bewertungsphase des Workshops präsentieren die einzelnen Gruppen die Ergebnisse der Kreativitätsphase dem gesamten Teilnehmerkreis. Der Fokus der Präsentation liegt auf der Darstellung eines schlüssigen und überzeugenden Geschäftsmodells. Jedes Konzept für ein Geschäftsmodell wird im Anschluss der Präsentation durch alle Teilnehmer diskutiert.

Nachdem alle Gruppenausarbeitungen vorgestellt worden sind, bewerten alle Teilnehmer die einzelnen Konzepte für Geschäftsmodelle. Die Bewertung wird anhand von zwei Kriterien durchgeführt:

- dem Marktpotential des Geschäftsmodells und
- der zur Umsetzung benötigten Ressourcen / Stärken.

Die Zielsetzung liegt in der Bewertung und Suche nach den Ideen, die ein hohes Marktpotential vorweisen und deren Ressourcen zur Umsetzung im Unternehmen stark ausgeprägt sind.

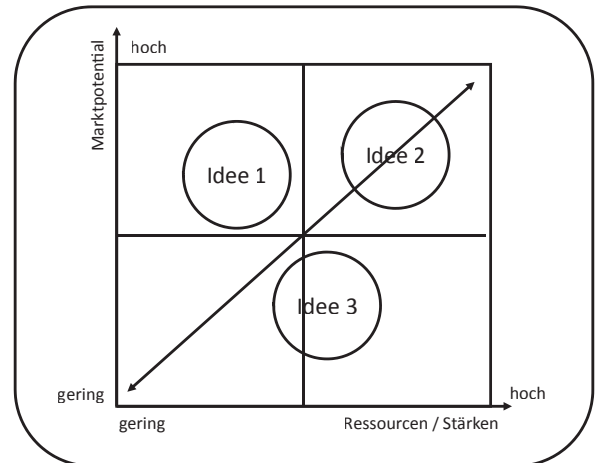


Abbildung 13: BCG-Matrix [4]

Jeder Teilnehmer erhält für die Bewertung je zwei Bewertungspunkte, entsprechend Marktpotential und Ressourcen / Stärken. Durch das Anheften der Bewertungspunkte bewertet jeder Teilnehmer an den Flipcharts die ausgearbeiteten Konzepte für Geschäftsmodelle.

Die Einordnung der Konzepte erfolgt anschließend in die Matrix der Boston Consulting Group, an deren Achsen Marktpotential und Ressourcen / Stärken aufgetragen sind [4]. Die so erarbeitete Bewertung der Konzepte ermöglicht es, gezielt die Geschäftsmodelle auszuwählen, die hohe Marktpotentiale versprechen und für deren Umsetzung ausgeprägte interne Ressourcen vorhanden sind.

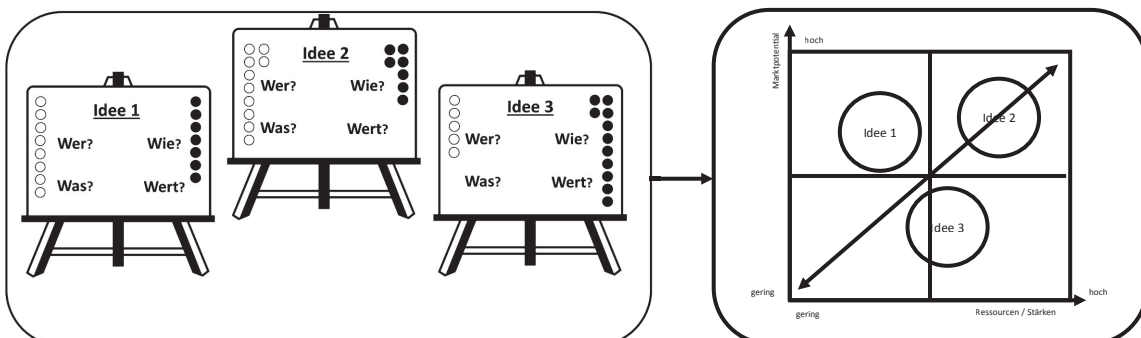


Abbildung 12: Auswertung der Gruppenausarbeitung

Der Workshop

Das im Leitfaden vorgestellte Vorgehensmodell setzt sich aus fünf Phasen zusammen:

- Vorbereitungsphase
- Analysephase
- Kreativitätsphase
- Bewertungsphase
- Einführungsphase

Die Analyse-, die Kreativitäts- und die Bewertungsphase finden im Rahmen eines Workshops statt.

Folgende Arbeitsschritte sollten im Vorfeld des Workshops erfolgt sein:

- Interdisziplinäres Teilnehmerfeld für den Workshop zusammenstellen
- Kompetenzanalyse im Unternehmen durchführen
- Entsprechende Vorträge vorbereiten
- Impulsredner und Moderator bestimmen

Die Anzahl der Personen des Workshops sollte erfahrungsgemäß bei 10 bis 15 Teilnehmern liegen. Diese kommen aus unterschiedlichen Bereichen des Unternehmens und weisen somit differenzierte Sichtweisen hinsichtlich Industrie 4.0 auf.

Beispiel für den Ablauf eines Workshops:

Thema	Dauer
Impulsvortrag zu Industrie 4.0	30 Minuten
Vorstellung Werkzeugkasten Industrie 4.0	30 Minuten
Präsentation Kompetenzanalyse	45 Minuten
Interne Forschungsprojekte	60 Minuten
Vorstellung der Kreativitätsmethode	15 Minuten
Generierung von Ideen (Einzelarbeit)	60 Minuten
Präsentation der Ideen	30 Minuten
Ausarbeitung der Konzepte für Geschäftsmodelle (Gruppenarbeit)	120 Minuten
Präsentation der Ergebnisse und Diskussion	60 Minuten
Bewertung der Konzepte für Geschäftsmodelle	30 Minuten

Einführungsphase

In der Einführungsphase werden die im Workshop erarbeiteten Konzepte für Geschäftsmodelle weiter detailliert und in entsprechende Projekte überführt. Sie bildet damit den Abschluss der im Leitfaden Industrie 4.0 dargestellten Vorgehensweise.

Was folgt nach dem Workshop?

Die erarbeiteten Konzepte für Geschäftsmodelle aus dem Workshop sollten detailliert werden. Dazu muss für jedes Konzept ein Verantwortlicher benannt werden, der sowohl als Ansprechpartner fungieren wie auch die weitere Ausarbeitung des Konzepts zu einem Anwendungsfall verantworten sollte. Auf Grundlage des Anwendungsfalls kann der Verantwortliche die erforderlichen Technologien und die Ressourcen mit strategischen Partnern und den Fachabteilungen abstimmen.

Eine unternehmensweite Strategie festigt die Einführung von Industrie 4.0.

Von der Vision zur Realität

Die erarbeiteten und abgestimmten Konzepte für Geschäftsmodelle sind den Entscheidungsträgern vorzulegen. Entwickelte Geschäftsmodelle können alle Bereiche des Unternehmens betreffen: vom Engineering über die Produktion bis hin zum Verkauf und Service. Das initiale Bekenntnis der Führungsebene zu Industrie 4.0 sollte daher auf Basis der entwickelten Konzepte für Geschäftsmodelle zur Einführung von Industrie-4.0-Lösungen in eine unternehmensweite Strategie münden.

Für den Mittelstand des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus erlaubt die Einführung praktischer Industrie-4.0-Lösungen, die eigenen produktionstechnischen und ingenieurwissenschaftlichen Geschäftsmodelle um neue informationstechnische Sichtweisen zu erweitern. Die deutschen Maschinen- und Anlagenbauer erhalten damit ein geeignetes Mittel, ihre Marktposition zu behaupten und sogar in Richtung der informationstechnisch geprägten Unternehmen auszubauen.

Entscheidend bei der Einführung von Industrie-4.0-Lösungsansätzen ist der Zeitfaktor. Der vorliegende Leitfaden soll dem Mittelstand des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus ein Werkzeug an die Hand geben, das realisierbare Entwicklungsstufen für die zeitnahe und erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0 aufzeigt.

Industrie 4.0 im VDMA

Das VDMA-Forum Industrie 4.0 besteht aus einem interdisziplinären Team von VDMA-Experten, die sich als Partner und Dienstleister verstehen. Sie unterstützen die Mitgliedsunternehmen in den für Industrie 4.0 maßgeblichen Handlungsfeldern.

Politik & Netzwerke

Auf dem Weg zum Leitmarkt und Leitanbieter von Industrie 4.0 müssen wichtige Rahmenbedingungen mit Politik und Gesellschaft vereinbart werden. Hohe Anforderungen an Forschung und Entwicklung, Ausbildung und Qualifizierung, Normen und Standards, Rechts- und Datensicherheit müssen erfüllt werden, um den Industriestandort Deutschland in die Zukunft zu führen.

Produktion & Geschäftsmodelle

Industrie 4.0 setzt auf die Vernetzung in der Produktion durch den Einsatz moderner Internettechnologien. Ziel ist die Kommunikation von Betriebsmitteln, Produkten und deren Komponenten, um so effiziente und kundenindividuelle Produktionsprozesse sicherzustellen. Automatisierung und Produkte mit Losgröße 1 schließen einander zukünftig nicht mehr aus. Das Potenzial der Vernetzung und der kundenindividuellen Produktion liegt in innovativen Geschäftsmodellen über den gesamten Produktlebenszyklus – von der Konzeption bis hin zur Entsorgung.

Forschung & Innovation

Bei der Implementierung von Industrie 4.0 entscheiden die Ergebnisse der Forschung maßgeblich über den Erfolg im internationalen Wettlauf und über die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland. Wichtig sind hierbei verlässliche Förderinstrumente in der Produktions- und IKT-Forschung sowie die Berücksichtigung der Anforderungen des mittelständisch geprägten Maschinen- und Anlagenbaus. Wesentliche Erfolgsfaktoren sind die Vernetzung aller Akteure und der schnelle Transfer von Forschungsergebnissen in die Breite der industriellen Praxis.

Normung & Standards

Industrie 4.0 ermöglicht die firmenübergreifende Vernetzung und die Integration verschiedener Wertschöpfungsnetzwerke. Hierzu sind Normen und Standards von grundlegender Bedeutung. Denn sie definieren die Mechanismen der Zusammenarbeit und die auszutauschenden Informationen. Deshalb ist es entscheidend, die Standardisierung und offene Standards für eine Referenzarchitektur mitzugestalten und die relevanten Akteure in einen aktiven Dialog einzubinden.

IT-Sicherheit & Recht

Im Kontext von Industrie 4.0 ist IT-Sicherheit für den geschützten Betrieb unternehmensübergreifender Fertigungsprozesse essenziell. Der automatisierte Datenaustausch vernetzter Produktionssysteme muss sicher und zuverlässig gestaltet werden können. Es gilt, die Identifizierung der Prozessakteure zu kontrollieren und das Know-how von Produkten, Maschinen und Anlagen zu schützen.

Bereits heute sind im Umfeld von Industrie 4.0 Auswirkungen auf rechtliche Sachverhalte erkennbar. Deshalb wird die Weiterentwicklung und Neuauslegung bestehenden Rechts eine zentrale Aufgabenstellung bei der Umsetzung von Industrie 4.0 in den Unternehmensalltag sein.

Mensch & Arbeit

Industrie 4.0 wird die Arbeit und ihre Prozesse maßgeblich verändern. Die Beschäftigten in der Fabrik der Zukunft werden stärker als je zuvor gefragt sein, Abläufe zu koordinieren, die Kommunikation zu steuern und eigenverantwortliche Entscheidungen zu treffen. Die Tätigkeiten werden sowohl in technologischer als auch in organisatorischer Sicht anspruchsvoller, interdisziplinäre Kompetenzen werden immer wichtiger. Der Staat, seine Bildungseinrichtungen und die Unternehmen müssen sich auf diese Herausforderungen einstellen.

Industrie 4.0 – Ihre Ansprechpartner im VDMA

Dietmar Goericke

Geschäftsführer
Forum Industrie 4.0
Telefon +49 69 6603-1821
E-Mail dietmar.goericke@vdma.org

Dr. Beate Stahl

Projektleitung
Forum Industrie 4.0
Telefon +49 69 6603-1295
E-Mail beate.stahl@vdma.org

Anita Siegenbruk

Assistenz
Forum Industrie 4.0
Telefon +49 69 6603-1906
E-Mail anita.siegenbruk@vdma.org

Judith Binzer

Forschung & Innovation
Telefon +49 69 6603-1810
E-Mail judith.binzer@vdma.org

Dr. Christian Mosch

Produktion
Normung & Standards
Telefon +49 69 6603-1939
E-Mail christian.mosch@vdma.org

Steffen Zimmermann

IT-Sicherheit
Telefon +49 69 6603-1978
E-Mail steffen.zimmermann@vdma.org

Prof. Claus Oetter

IT-Technologien & Software
Telefon +49 69 6603-1667
E-Mail claus.oetter@vdma.org

Daniel van Geerenstein

Recht
Telefon +49 69 6603-1359
E-Mail daniel.vangeerenstein@vdma.org

Dr. Jörg Friedrich

Bildung
Telefon +49 69 6603-1935
E-Mail joerg.friedrich@vdma.org

Andrea Veerkamp-Walz

Arbeitsorganisation und -gestaltung
Telefon +49 69 6603-1488
E-Mail andrea.veerkamp-walz@vdma.org

Peter Thomin

Geschäftsmodelle & Dienstleistungen
Telefon +49 69 6603-1216
E-Mail peter.thomin@vdma.org

Kai Peters

Europa
Telefon +32 2 7 06 82 19
E-Mail kai.peters@vdma.org

Frank Brückner

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Telefon +49 69 6603-1864
E-Mail frank.brueckner@vdma.org

Dr. Beate Metten

Mitgliederkommunikation
Telefon +49 69 6603-1231
E-Mail beate.metten@vdma.org

industrie40.vdma.org

Projektpartner / Impressum

VDMA

Forum Industrie 4.0

Dr.-Ing. Beate Stahl
Lyoner Str. 18
60528 Frankfurt am Main
E-Mail: beate.stahl@vdma.org
Internet: industrie40.vdma.org

Technische Universität Darmstadt **Fachgebiet Datenverarbeitung** **in der Konstruktion (DiK)**

Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl
E-Mail: anderl@dik.tu.darmstadt.de
Internet: www.dik.tu-darmstadt.de

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) **wbk Institut für Produktionstechnik**

Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
E-Mail: juergen.fleischer@kit.edu
Internet: www.wbk.kit.edu

Beteiligte Firmen

ARBURG GmbH + Co KG
HAWE Hydraulik SE
SCHUNK GmbH & Co. KG
SMS group

Projektleitung

VDMA-Forum Industrie 4.0
Dr.-Ing. Beate Stahl

Inhaltliche Beiträge

Technische Universität Darmstadt
Fachgebiet Datenverarbeitung
in der Konstruktion
Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl
André Picard
Yübo Wang

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
wbk Institut für Produktionstechnik
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer
Steffen Dosch
Benedikt Klee
Jörg Bauer

Chefredaktion

VDMA-Forum Industrie 4.0
Dr. Beate Metten

Design und Layout

VDMA DesignStudio
Gudrun Sperlich
VDMA-Forum Industrie 4.0
Dr. Beate Metten

Verlag

VDMA Verlag GmbH
Lyoner Str. 18
60528 Frankfurt am Main

ISBN

978-3-8163-0677-1

Produktion

h. reuffurth gmbh

Erscheinungsjahr

2015

Copyright

VDMA und Partner

Bildnachweise

Titelbild: iStockphoto / alengo
Seite 3: FVA / Uwe Nölke
Seite 4: DiK, wbk
Seite 5: iStockphoto / Greyfebruary

Grafiken

Technische Universität Darmstadt
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Piktogramme: <https://thenounproject.com>

Quellenverzeichnis

- [1] Commerzbank AG, 15. Studie UnternehmerPerspektiven „Management im Wandel: Digitaler, effizienter, flexibler!“, 2015
- [2] Kano, N.; Seraku, N.; Takahashi, F.; Tsuji, Attractive Quality and Must-be Quality; Journal of the Japanese Society for Quality Control, 14(2) S. 147–156, 1984.
- [3] Gassmann, Oliver; Frankenberger, Karolin; Csik, Michaela: Geschäftsmodelle entwickeln: 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator; Verlag: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG; ISBN: 978-3446435674, 2013
- [4] The Boston Consulting Group, Inc. The Product Portfolio. 1970.

Hinweis

Die Verbreitung, Vervielfältigung und öffentliche Wiedergabe dieser Publikation bedarf der Zustimmung des VDMA und seiner Partner.

VDMA**Forum Industrie 4.0**

Lyoner Str. 18

60528 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6603-1906

E-Mail industrie40@vdma.org

Internet industrie40.vdma.org

Technische Universität Darmstadt**Fachgebiet Datenverarbeitung****in der Konstruktion (DiK)**

Otto-Berndt-Straße 2

64287 Darmstadt

Internet: www.dik.tu-darmstadt.de

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**wbk Institut für Produktionstechnik**

Kaiserstraße 12

76131 Karlsruhe

Internet: www.wbk.kit.edu