

Schlussbericht - Kurzversion

zu IGF-Vorhaben Nr. 18850 N

Thema

Wirtschaftlicher Einsatz von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen unter Berücksichtigung der Perspektive der anbietenden und nachfragenden Unternehmen

Berichtszeitraum

01.09.2015 bis 31.08.2017

Forschungsvereinigung

Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik (GVB). e.V. - GVB

Forschungsstellen

Forschungsstelle 1: IPRI - International Performance Research Institute gGmbH

Forschungsstelle 2: IPH - Institut für integrierte Produktion

Stuttgart, 27.11.2017

Timo Maurer, M.Sc. (IPRI)

Hannover, 27.11.2017

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christian Böning (IPH) ppa.

Ort, Datum

Name und Unterschrift aller Projektleiter der Forschungsstelle(n)

1. Zusammenfassung

Die 3D-Druck Technologie bietet als additives Fertigungsverfahren vielfältige Vorteile gegenüber konventionellen Fertigungsverfahren. Es können Bauteile individualisiert mit **hoher geometrischer Komplexität** gefertigt werden.¹ Darüber hinaus können durch den Einsatz der 3D-Druck Technologie **logistische Nutzenpotenziale** entstehen.² Die Anschaffung von **3D-Druckern** in der Produktion ist mit **hohen Investitionskosten** verbunden, was als Haupthinderungsgrund für den Einsatz von 3D-Druckern angesehen wird.³ Zudem stellt der Betrieb von 3D-Druckern spezifische Wissensanforderungen und Qualifikationen an die Produktionsmitarbeiter.⁴

Trotz der Vorteile ist aufgrund der Anforderungen für die Anschaffung und Nutzung der 3D-Drucker die Anwendung von 3D-Druckern in der Produktion **bisher wenig verbreitet**.⁵ Mittels **Betreibermodellen** können produzierende Unternehmen diese Hürde umgehen und 3D-Drucker in der Produktion einsetzen.⁶ Solche Geschäftsbeziehungen sind zum Teil mit **Risiken** für die Anbieter verbunden (bspw. die unabsehbare Auslastung des 3D-Druckers). Die schwer abschätzbaren Risiken führen oft dazu, dass Betreibermodelle nicht umgesetzt werden und somit Hersteller von 3D-Druckern zusätzliches **Umsatzpotential nicht erschließen** können.⁷ Das **Ziel** des Forschungsvorhabens war es, durch den Einsatz von Betreibermodellen die Verbreitung von 3D-Druckern in der Produktion voranzutreiben. Die Teilziele des Projekts in der Übersicht:

- Erarbeitung von unterschiedlichen Konfigurationen von Betreibermodellen für 3D-Druckern
- Entwicklung eines Instruments zur wirtschaftlichen Bewertung der logistischen Nutzenpotenziale von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen aus Nachfragersicht
- Entwicklung einer Methoden-unterstützten Vorgehensweise zur Integration von 3D-Drucker in einen bestehenden Produktionsprozess
- Identifikation, Bewertung und Steuerung von Risiken, die sich aus den Betreibermodellen aus Anbietersicht ergeben
- Überführung der Ergebnisse in zwei praxiserprobte Softwaredemonstratoren

Die Ziele des Vorhabens wurden erreicht.

Das IGF-Vorhaben 18850 N der Forschungsvereinigung Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik e.V. – GVB, Wiesenweg 2, 93352 Rohr, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Für die Förderung und Unterstützung sei gedankt.

¹ Baldinger et al. 2013

² Ebd.

³ Ebd.

⁴ Zäh und Kellner 2009

⁵ Gebhardt 2013; Pirjan und Petrosanu 2013

⁶ Wildemann 2005

⁷ Schuh et al. 2006

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
2. Zielsetzung	5
3. Erzielte Ergebnisse	5
3.1 Arbeitspaket 1: Zusammenstellung von Merkmalen für 3D-Drucker geeignete Betreibermodelle	5
3.2 Arbeitspaket 2: Analyse und Bewertung der Potentiale von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen (Nachfragersicht)	7
3.3 Arbeitspaket 3: Prozessintegration von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen (Nachfragersicht).....	13
3.4 Arbeitspaket 4: Risikoanalyse von Betreibermodellkonfigurationen (Anbietersicht)	18
Identifizierte Risiken – Risikoinventar mit Risikoszenarien	18
3.5 Arbeitspaket 5: Maßnahmenplanung zur Steuerung der Risiken von Betreibermodellkonfigurationen (Anbietersicht).....	22
3.6 Arbeitspaket 6: Entwicklung von Softwaredemonstratoren und Validierung der Bewertungsmethoden	24
3.7 Durchführende Forschungsstellen	25
4. Förderhinweis	26
5. Literaturverzeichnis	27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Morphologischer Kasten zur Konfiguration von Betreibermodellen.....	6
Abbildung 2: Zielsystem und Wirkmodell.....	7
Abbildung 3: Konfiguration des Archetyps "Testweise Kooperation"	8
Abbildung 4: Konfiguration des Archetyps "Zentrale Kooperationslösung"	8
Abbildung 5: Konfiguration des Archetyps "Klassisch".....	9
Abbildung 6: Vorgehen beim EPA-Modell	9
Abbildung 7: Vorgehensweise bei der Kombination von Nutzwertanalyse und Investitionsverfahren	12
Abbildung 8: Exemplarische Nutzwertberechnung auf Basis des Kapitalwerts und logistischer Zielgrößen	12
Abbildung 9: Vorgehen zur Integration eines 3D-Druckers in die Produktion	14
Abbildung 10: Vergleich der drei identifizierten Archetypen auf Basis der konstitutiven Merkmale eines Betreibermodells.....	15
Abbildung 11: Bewertungskriterien für Anbieter von 3D-Druck Dienstleistungen.....	16
Abbildung 12: Übersicht zum Kostenvergleich	17
Abbildung 13: Kostenvergleich zweier Betreibermodellkonfigurationen	17
Abbildung 14: Mögliche Risiken für den Projektträger	19
Abbildung 15: Beispielhafte detaillierte Risk-Evaluation Map für das Risiko „Ausfall eines Materialzulieferers“.....	20
Abbildung 16: Beispielhafte detaillierte Risk-Evaluation Map für das Risiko „Ausfall eines Materialzulieferers“ inklusive Operationalisierungen.....	21
Abbildung 17: Matrix mit priorisierten Risiken	22
Abbildung 18: Mögliche Maßnahmen zum Umgang mit den identifizierten Risiken.....	23
Abbildung 19: Darstellung der Indikatorensammlung eines Frühwarnsystems.....	24

2. Zielsetzung

Das **Ziel** des Forschungsvorhabens war es, durch den Einsatz von Betreibermodellen die Verbreitung von 3D-Druckern in der Produktion voranzutreiben. Als Grundlage wurden im Projekt zunächst wesentliche Merkmale eines Betreibermodells für 3D-Drucker identifiziert. Darüber hinaus wurden sowohl Herausforderungen aus Nachfragersicht (produzierende Unternehmen), als auch aus Anbietersicht (Hersteller von 3D-Drucker) berücksichtigt. Für die nachfragenden Unternehmen wurden Instrumente zur Bewertung der logistischen Potentiale von 3D-Druckspezifischen Betreibermodellen entwickelt, ebenso wie ein Leitfaden zur Initiierung und Umsetzung von Betreibermodellen. Den anbietenden Unternehmen wurde aufgezeigt, wie Risiken identifiziert und bewertet werden können, die bei der Umsetzung eines Betreibermodells im Bereich des 3D-Drucks entstehen können. Die Teilziele des Projekts in der Übersicht:

- Erarbeitung von unterschiedlichen Konfigurationen von Betreibermodellen für 3D-Druckern
- Entwicklung eines Instruments zur wirtschaftlichen Bewertung der logistischen Nutzenpotentialen von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen aus Nachfragersicht
- Entwicklung einer Methoden-unterstützten Vorgehensweise zur Integration von 3D-Drucker in einen bestehenden Produktionsprozess
- Identifikation, Bewertung und Steuerung von Risiken, die sich aus den Betreibermodellen aus Anbietersicht ergeben
- Überführung der Ergebnisse in zwei praxiserprobte Softwaredemonstratoren

3. Erzielte Ergebnisse

3.1 Arbeitspaket 1: Zusammenstellung von Merkmalen für 3D-Drucker geeignete Betreibermodelle

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Morphologischer Kasten mit dokumentierten Merkmalen, Merkmalsausprägungen (Teilziel 1)	Morphologischer Kasten mit dokumentierten Merkmalen, Merkmalsausprägungen (Teilziel 1)

Erstellung eines morphologischen Kastens mit Gestaltungsmerkmalen für Betreibermodelle für 3D-Drucker

Im ersten Teilschritt des Arbeitspakets 1 wurden auf Basis von Experteninterviews und einer Literaturrecherche mögliche Gestaltungsmerkmale von Betreibermodellen identifiziert. Zunächst wurden Experteninterviews mit Vertretern der Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses durchgeführt. Die 5 Interviews wurden telefonisch durchgeführt und dauerten ca. 30 Minuten. Den Interviews wurde folgender Leitfaden zugrunde gelegt:

- Haben Sie bereits Erfahrung bei der Anwendung der 3D-Druck Technologie?
- Haben Sie bereits Erfahrungen mit Betreibermodellen?
- Welche Risiken bestehen Ihres Erachtens bei der Anwendung von 3D-Druckern?
- Worin liegen Ihre (potenziellen) Gründe für die Nutzung eines Betreibermodells?

- Worin unterscheiden sich Ihres Erachtens Betreibermodelle von 3D-Druckern zu Betreibermodellen im Maschinen- und Anlagenbau?
- Was beeinflusst Ihre Entscheidung für oder gegen ein Betreibermodell?

Aus den Interviews konnten erste Hinweise auf mögliche Gestaltungsmerkmale von Betreibermodelle für 3D-Drucker gesammelt werden. Anschließend wurden auf Basis einer Literaturrecherche weitere mögliche Gestaltungsmerkmale für Betreibermodelle für 3D-Drucker erarbeitet.

Ort des Betriebs	Beim Projektträger		Zwischen-Zwischen		Beim Auftraggeber		
Rechtliches Eigentum nach der Betriebsphase	Projektträger		Dritte		Auftraggeber		
Nutzungsmöglichkeiten	Für mehrere Abnehmer				Für einen Abnehmer		
Integration des Projektträgers in die Weiterentwicklung des herzustellenden Produkts	Ja				Nein		
DL	Finanzierung	Projektträger			Dritte		
	Instandhaltung	Projektträger			Auftraggeber		
	Materialversorgung	Projektträger			Auftraggeber		
	Ersatzteilversorgung	Projektträger			Auftraggeber		
Befristung des Vertrags	Schulung	Projektträger			Auftraggeber		
	Bedienung	Projektträger			Auftraggeber		
	Datensoftware	Projektträger			Auftraggeber		
Vertragsdauer	< Amortisationsdauer des Projektgegenstandes		Amortisationsdauer des Projektgegenstandes		> Amortisationsdauer des Projektgegenstandes		
Gründung einer Projektgesellschaft	Ja				Nein		
Kündigungsgerecht	Projektträger	Ja				Nein	
	Auftraggeber	Ja				Nein	
Kündigungsgrenze	Keiner	Ja				Nein	
	Projektträger	< 1 Monat		1-12 Monate		> 12 Monate	
Bilanzierung	Auftraggeber	< 1 Monat		1-12 Monate		> 12 Monate	
		Bilanzinterne Finanzierung		Bilanzexterne Finanzierung		Feste Raten	
Bezahlung der Leistung des Projektträgers	Produktionsabhängige Bezahlung		Benutzungsabhängige Bezahlung		Verfügbarkeitsabhängige Bezahlung		
Garantierte Verfügbarkeit	Ja				Nein		
Abnahmeverpflichtung	Projektträger	Ja				Nein	
	Auftraggeber	Ja				Nein	
Ausgleichsleistung	Keiner	Ja				Nein	
	Keiner	Ja				Nein	

Abbildung 1: Morphologischer Kasten zur Konfiguration von Betreibermodellen

3.2 Arbeitspaket 2: Analyse und Bewertung der Potentiale von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen (Nachfragersicht)

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Zielsystem zur Bewertung der Potentiale von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen Qualitative Wirkmodelle Vorgehen zur wirtschaftlichen Bewertung (Teilziel 2)	Zielsystem zur Bewertung der Potentiale von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen Qualitative Wirkmodelle Vorgehen zur wirtschaftlichen Bewertung (Teilziel 2)

Die Teilschritte in diesem Arbeitspaket lauten: **Teilschritt 1:** Auf Basis von Interviews mit Vertretern aus den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses und Diskussionen im Rahmen eines Treffens des projektbegleitenden Ausschusses wurden Potenziale bzw. Ziele identifiziert, die durch die Anwendung eines 3D-Druckers auf Basis eines Betreibermodells entstehen. **Teilschritt 2:** Anschließend wurden auf Basis der identifizierten Potenziale mit den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses Anwendungsszenarien im Sinne von Archetypen von Betreibermodellen entwickelt, die als grundlegende Anwendungsszenarien betrachtet werden können. Die Archetypen dienen somit auch als Grundlage der zu bestimmenden Wirkungsketten. Denn für jeden Archetyp werden exemplarisch Wirkungsketten abgeleitet. **Teilschritt 3:** Im dritten Teilschritt in diesem Arbeitspaket wurden die identifizierten Potenziale operationalisiert, um diese messbar zu machen und als Basis für eine Potenzialbewertung nutzen zu können. Zudem wurden Wirkmodelle entwickelt, um die Auswirkungen verschiedener Betreibermodell-Konfigurationen auf die Potenziale abschätzen zu können. **Teilschritt 4:** Für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der 3D-Drucker auf Basis eines Betreibermodells wurde eine Methode ausgewählt, die die Auswirkungen des Einsatzes von Betreibermodellen auf die Kosten und die Leistungssteigerung untersucht. Hierzu wurden auf Basis einer Literaturrecherche diverse Kostenrechnungsverfahren identifiziert, die anschließend mit Kriterien bewertet wurden, die aus der Literatur und den Interviews mit den Unternehmensvertretern abgeleitet wurden.

Auf Basis dieser grundsätzlichen Orientierungen und wesentlichen Ziele der Betreibermodelle, wurden gemeinsam mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses Wirkungsketten für die Wirkung einzelner Merkmale auf die Zielgrößen bestimmt. Eine Übersicht welche vorgelagerten Größen auf welche nachgelagerten Potenziale respektive Ziele wirken können, sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Eine detaillierte Darstellung einzelner Wirkungsketten sind der Ergebnisdatei zu entnehmen.

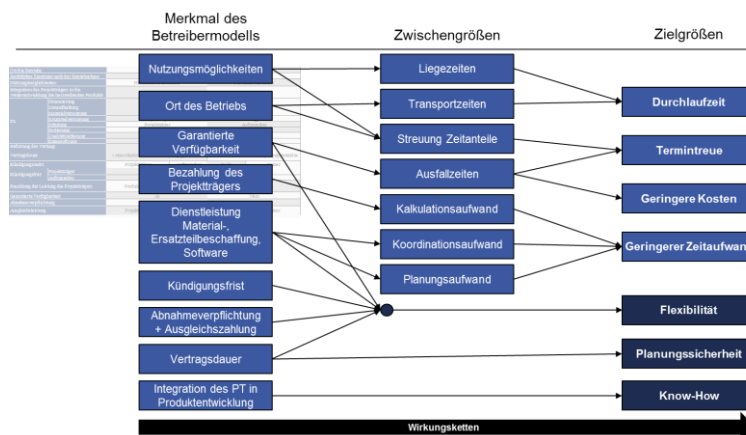


Abbildung 2: Zielsystem und Wirkmodell

Aufbauend auf diesen Wirkungsketten wurden detaillierte Archetypen für 3D-Druck spezifische Betreibermodelle ausgearbeitet. Diese werden im Folgenden beschrieben.

Archetyp 1.1 – Testweise Kooperation

Die Konfiguration des Archetyps „Testweise Kooperation“ ist anhand des in AP1 definierten morphologischen Kastens im Folgenden dargestellt. Das Hauptziel im Rahmen dieses Archetyps ist die langfristige Kooperation des Projektträgers und des nachfragenden produzierenden Unternehmens, mit dem Ziel des Wissensaustauschs. Dieser Archetyp kann u.U. auch als Vorstufe des klassischen Archetyps dienen.

		Beim Projektträger		Beim Auftraggeber	
Ort des Betriebs		Projektträger			Auftraggeber
Rechtliches Eigentum nach der Betriebsphase		Projektträger			Auftraggeber
Nutzungsmöglichkeiten		Für mehrere Abnehmer		Für einen Abnehmer	
Integration des Projektträgers in die Weiterentwicklung des herzustellenden Produkts		Ja		Nein	
DL	Finanzierung	Projektträger			Dritte
	Instandhaltung	Projektträger			Auftraggeber
	Materialversorgung	Projektträger			Auftraggeber
	Ersatzteilversorgung	Projektträger			Auftraggeber
	Schulung	Projektträger			Auftraggeber
	Bedienung	Projektträger			Auftraggeber
Befristung des Vertrages	Qualitätssicherung	Projektträger			Auftraggeber
	Datensoftware	Projektträger			Auftraggeber
Vertragsdauer		< Amortisationsdauer des Objektgegenstandes		Amortisationsdauer des Projektgegenstandes	
Kündigungsrecht		Projektträger	Auftraggeber	Beide	Keiner
Kündigungsfrist	Projektträger	1-12 Monate			> 12 Monate
	Auftraggeber	1-12 Monate			> 12 Monate
Bezahlung der Leistung des Projektträgers		Produktionsabhängige Bezahlung		Feste Raten	
Garantierte Verfügbarkeit		Ja		Nein	
Abnahmeverpflichtung		Ja		Nein	
Ausgleichsleistung		Projektträger	Auftraggeber	Beide	Keiner

Abbildung 3: Konfiguration des Archetyps "Testweise Kooperation"

Archetyp 1.2 – Zentrale Kooperationslösung

Das Hauptziel im Rahmen des Archetyps der zentralen Kooperationslösung ist die Schaffung eines zentralen 3D-Druck Bereichs, der von mehreren kooperierenden, produzierenden Unternehmen genutzt wird und ein Austausch zwischen diesen Unternehmen hinsichtlich der Anwendung der 3D-Druck Technologie erfolgt. Die Nutzung von Synergien steht hier im Vordergrund. Es erfolgt eine Betreuung der Unternehmen durch den Projektträger.

		Beim Projektträger		Beim Auftraggeber (i.S.v. zentraler Ort)	
Ort des Betriebs		Projektträger			Auftraggeber
Rechtliches Eigentum nach der Betriebsphase		Projektträger			Auftraggeber
Nutzungsmöglichkeiten		Für mehrere Abnehmer		Für einen Abnehmer	
Integration des Projektträgers in die Weiterentwicklung des herzustellenden Produkts		Ja		Nein	
DL	Finanzierung	Projektträger			Dritte
	Instandhaltung	Projektträger			Auftraggeber
	Materialversorgung	Projektträger			Auftraggeber
	Ersatzteilversorgung	Projektträger			Auftraggeber
	Schulung	Projektträger			Auftraggeber
	Bedienung	Projektträger			Auftraggeber
Befristung des Vertrages	Qualitätssicherung	Projektträger			Auftraggeber
	Datensoftware	Projektträger			Auftraggeber
Vertragsdauer		ja		Nein	
Vertragsdauer		< Amortisationsdauer des Objektgegenstandes		Amortisationsdauer des Projektgegenstandes	
Kündigungsrecht		Projektträger	Auftraggeber	Beide	Keiner
Kündigungsfrist	Projektträger	1-12 Monate			> 12 Monate
	Auftraggeber	1-12 Monate			> 12 Monate
Bezahlung der Leistung des Projektträgers		Produktionsabhängige Bezahlung		Feste Raten	
Garantierte Verfügbarkeit		Ja		Nein	
Abnahmeverpflichtung		Ja		Nein	
Ausgleichsleistung		Projektträger	Auftraggeber	Beide	Keiner

Abbildung 4: Konfiguration des Archetyps "Zentrale Kooperationslösung"

Archetyp 2 – Klassisch

Das Hauptziel im Rahmen des Archetyps „Klassisch“ ist die Flexibilisierung der Produktion bei besserer Planbarkeit. Das Betreibermodell wird von einem produzierenden Unternehmen genutzt. Die fehlerlose Funktion des Druckers und die Produktion fehlerfreier Teile steht im Vordergrund. Dies soll vom Projektträger gewährleistet werden, der demnach alle Dienstleistungen außer der Bedienung und ggf. der Schulung übernimmt, um die sich der Auftraggeber, das produzierende Unternehmen selbst kümmert. Da im Falle dieses Betreibermodells die reine Produktion, weniger die Weiterentwicklung, im Vordergrund steht, wird der Projektträger nicht in die Weiterentwicklung der Produkte integriert. Derartige Betreibermodelle sind für einen Abnehmer konzipiert

und der 3D-Drucker wird beim produzierenden Unternehmen in der Produktion platziert. Die dauerhafte und gesicherte Produktion ist zwar gewährleistet, dennoch wird auch im Falles dieses Archetyps ein befristeter Vertrag bevorzugt. Ein unbefristeter Vertrag ist denkbar, wenn der Projektträger auch die Anwendung geeigneter, neuerer Technologien gewährleistet.

Ort des Betriebs	Beim Projektträger	Beim Auftraggeber		
Rechtliches Eigentum nach der Betriebsphase	Projektträger	Auftraggeber		
Nutzungsmöglichkeiten	Für mehrere Abnehmer	Für einen Abnehmer		
Integration des Projektträgers in die Weiterentwicklung des herstellenden Produkts	Ja	Nein		
DL	Finanzierung	Projektträger	Dritte	
	Instandhaltung	Projektträger	Auftraggeber	
	Materialversorgung	Projektträger	Auftraggeber	
	Ersatzteilversorgung	Projektträger	Auftraggeber	
	Schulung	Projektträger	Auftraggeber	
	Behienung	Projektträger	Auftraggeber	
	Datensoftware	Projektträger	Auftraggeber	
Befristung des Vertrags	Ja	Nein		
Vertragsdauer	< Amortisationsdauer des Projektgegenstandes	Amortisationsdauer des Projektgegenstandes		
Kündigungsrecht	Projektträger	Auftraggeber	Beide	Keiner
Kündigungsfrist	Projektträger	1-12 Monate	> 12 Monate	
	Auftraggeber	1-12 Monate	> 12 Monate	
Bezahlung der Leistung des Projektträgers	Produktionsabhängige Bezahlung	Feste Raten		
Garantierte Verfügbarkeit	Ja	Nein		
Abnahmeverpflichtung	Ja	Nein		
Ausgleichsleistung	Projektträger	Auftraggeber	Beide	Keiner

Abbildung 5: Konfiguration des Archetyps "Klassisch"

Möglichkeiten zur Wirtschaftlichkeitsbewertung

Im zweiten Teil des Arbeitspakets soll eine Methodik ausgewählt werden, mit der KMU den Einsatz eines 3D-Druckers auf Basis eines Betreibermodells in der Produktion wirtschaftlich bewerten können. Hierzu wurden in einem ersten Schritt basierend auf einer Literaturrecherche und Interviews mit Vertretern produzierender Unternehmen Anforderungen an ein Verfahren zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit ermittelt. Anschließend wurden einige Verfahren auf Basis der Interviews vorselektiert, beschrieben und mit den ermittelten Anforderungen bewertet. Die am besten bewerteten Methoden wurden ausgewählt, für den Einsatz in Bezug auf ein Betreibermodell für 3D-Drucker. Die Methoden wurden adaptiert und mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses im Rahmen eines Projekttreffens validiert.

Auswahl 1: EPA-Modell

Auf Basis der Bewertung wurde zum einen das EPA-Modell ausgewählt. Es ist ein Investitionsrechenverfahren, das qualitative und quantitative Größen berücksichtigt. Darüber hinaus ermöglicht das EPA-Modell den materiellen und immateriellen Nutzen von Investitionen und die Komplexität der Wirkung von Investitionen auf das Unternehmensergebnis zu erfassen.

Die Vorgehensweise beim EPA-Modell:

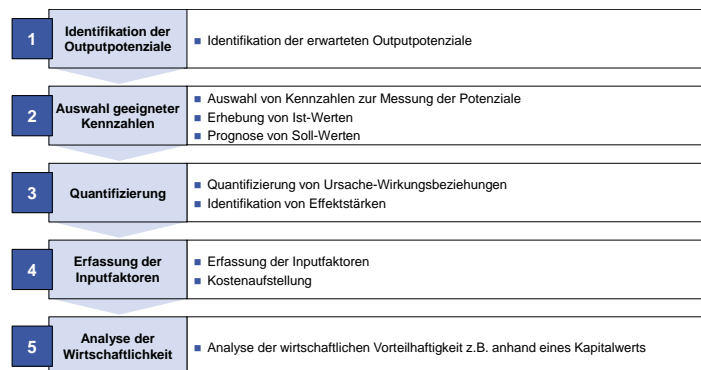


Abbildung 6: Vorgehen beim EPA-Modell

Das Vorgehen beim EPA-Modell ist hier dargestellt. Zunächst geht es um die Identifikation der Outputpotenziale. Anschließend müssen geeignete Kennzahlen zur Messung der Potenziale bestimmt werden und sodann Ist-Werte bestimmt, um die Soll-Werte zu prognostizieren. Im dritten Schritt werden die Ursache-Wirkungsbeziehungen quantifiziert und Effektstärken identifiziert, bevor in Schritt 4 die Inputfaktoren erfasst werden. Zuletzt erfolgt die Analyse der Wirtschaftlichkeit.

Schritt 1: Identifikation der Outputpotenziale:

Im EPA-Modell werden an Stelle der monetären Einzahlungen sog. Nutzenpotenziale bzw. Outputpotenziale eingeführt. Outputpotenziale entsprechen den Auswirkungen, die sich aus dem Investitionsvorhaben in ein identifiziertes Potenzial ergeben. Es werden drei verschiedene Outputpotenzial-Arten (Größen) gemäß ihrer Monetarisierbarkeit unterschieden. Um monetäre und nicht-monetäre Outputpotenziale zu integrieren, müssen die Zusammenhänge zwischen diesen durch Ursache-Wirkungsbeziehungen beschrieben werden.

Das Ergebnis der Verknüpfung der identifizierten Outputpotenziale ist eine an die Strategy Maps angelehnte „**Evaluation Map**“. Diese Evaluation Map ist ein **Erklärungsmodell**, das die Auswirkungen des Investitionsvorhabens (**z.B. 3D-Drucker**) in ein Potenzial einfach darstellt. Ein **Beispiel** einer solchen **Ursache-Wirkungskette** ist: „Eine höhere Kundenzufriedenheit führt zu einer höheren Kundenloyalität, was zu einem höheren Umsatz aus bestehenden und neuen Kunden führt.“ Wird ein **Potenzial identifiziert (z.B. Kundenzufriedenheit)**, bauen Sie für dieses Potenzial eine Ursache-Wirkungskette auf. Dabei wird die **Frage gestellt:**

„Wenn ich in dieses Potenzial investiere:

- Was sind die **Wirkungsbeziehungen**, die sich aus dieser Investition ergeben?
- **Welche Nutzenpotenziale** ergeben sich durch die Investition in das Potenzial?“

Schritt 2: Auswahl geeigneter Kennzahlen

Ausgehend von der spezifischen Anwendungssituation ist für jedes Potenzial der Outputseite eine konkrete Kennzahl zu definieren, die optimalerweise bereits im Unternehmen erhoben wird. Anschließend wird für jede Kennzahl ein Ist-Wert erhoben. Bei den Potenzialen, die am Anfang einer Ursache-Wirkungskette stehen, müssen zudem Soll-Werte prognostiziert werden. Die Differenzen zwischen den Soll- und Ist-Werten stellen die Veränderung durch das Investitionsvorhaben dar. Bei der Auswahl der Kennzahlen ist auf den Investitionsbezug zu achten. In der folgenden Abbildung sind einige Beispiele skizziert:

Schritt 3: Quantifizierung

Um die mehrdimensionalen Potenziale zu verdichten, muss für die Ursache-Wirkungsbeziehungen die sogenannte Effektstärke ermittelt werden:

Effektstärke: Was ist der Anteil/Einfluss eines Potenzials auf das nachgelagerte Potenzial (kann aufsummiert auf ein nachgelagertes Potenzial max. 100% betragen)? Ist bspw. die Liefertreue nur von der Durchlaufzeit abhängig ist die Effektstärke = 100%.

Bei den Potenzialen, die am Anfang einer Ursache-Wirkungskette stehen, müssen Soll-Werte prognostiziert werden. Die **Soll-Werte** der **weiteren Potenziale** der ausgewählten Ursache-Wirkungskette werden **auf Basis** der

- **Differenz Soll-Ist-Wert des vorangegangenen Potenzials,**
- **des Ist-Wertes des aktuell betrachteten Potenzials** und
- **der Effektstärke** der Ursache-Wirkungsbeziehung berechnet.

Dies wird in folgender Abbildung exemplarisch dargestellt: Im Beispiel 1 ist der unterstellte Zusammenhang proportional und lautet: Je höher die Kundenzufriedenheit, desto höher die Kundenloyalität:

Schritt 4: Erfassung der Inputfaktoren:

Dem im vorherigen Schritt ermittelten Nutzen stehen die Kosten für die Investitionen in das umgesetzte Potenzial entgegen. Die Kosten können sich z.B. aus den Positionen: **Sachkosten** (Sensorik, Aktorik, Software, IT-Infrastruktur), **Personalkosten** (anteilig über interne Kostenschätze, Konzeption, Umsetzung, Betrieb), **externe Berater und Dienstleister**. Um bei der Erfassung der Kosten eine umfassende Erfassung sicherzustellen, eignet sich eine Vorgehensweise in Anlehnung an den Total Cost of Ownership-Ansatz, Life-Cycle-Costing-Ansatz. Es folgt eine mögliche am Life-Cycle-Costing-Ansatz orientierte Kostenaufstellung, die gemeinsam mit dem mit dem projektbegleitenden Ausschuss erarbeitet wurde, jedoch lediglich als erste Orientierung dienen kann und nicht als allumfassend zu betrachten ist. Da bei einer Konfiguration eines Betreibermodells verschiedene Konstellationen hinsichtlich der zu übernehmenden Kosten entstehen können, dienen die folgenden Ausführungen als grober Orientierungsrahmen. Innerhalb dieses Rahmens müssen die einzelnen Kostenpunkte den Akteuren des Betreibermodells zugeordnet werden und entsprechend in die Bewertung einfließen.

Schritt 5: Analyse der Wirtschaftlichkeit:

Bei der Analyse der Wirtschaftlichkeit werden alle Werte der Outputfaktoren berechnet. Hierbei ist zu beachten, dass für die Werte der Variablen Wahrscheinlichkeitsverteilungen hinterlegt sind und in dieser Abbildung zur Vereinfachung nur der wahrscheinlichste Wert dargestellt ist. In diesem Fall der Personalkosten der Soll-Wert von 46.000,- € im Monat. Die zugrundeliegende Wahrscheinlichkeitsverteilung ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Berechnung beruhen auf einer Monte-Carlo-Simulation, bei der auf Basis 1000-fach wiederholten Berechnungen mit Zufallswerten Soll-Werte simuliert werden. Auf Basis der zugrundeliegenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen werden die Verteilungen für die Zielvariablen berechnet. Für diese Berechnungen existieren Softwarelösungen. Zuletzt können dann die monetär bewerteten Outputpotenziale (denn für jedes Potenzial wurde aufgezeigt, wie es auf die Kosten bzw. den Umsatz wirkt), den Kosten (Inputfaktoren) gegenübergestellt werden, sodass eine Wirtschaftlichkeitsbewertung z.B. auf Basis eines Kapitalwerts vorgenommen werden kann. Die Gegenüberstellung des Nutzens der Outputfaktoren mit den Kosten der Inputfaktoren ergibt z.B. über die Kennzahl des Kapitalwerts einer Investition, die finale Analyse der Wirtschaftlichkeit der Umsetzung des Potenzials.

Auf Basis des Kapitalwerts kann abschließend eine Beurteilung der Vorteilhaftigkeit eines Rückgriffs auf einen 3D-Drucker mittels Betreibermodell beurteilt werden. Darüber hinaus kann auch ein Vergleich zur Wirtschaftlichkeit des konventionellen Fertigungsverfahrens erfolgen. Dies hängt jedoch auch von der strategischen Ausrichtung des Unternehmens ab.

Auswahl 2: Kombinierte Bewertung: Finanzielle und logistische Bewertung

Neben dem EPA-Modell wurde auf Basis der Bewertung noch ein kombinierter Ansatz aus einem Investitionsrechnungsverfahren und einer Nutzwertanalyse ausgewählt. Hierbei wird der Kapitalwert der Investition und weitere nicht monetär bewertbare Größen berücksichtigt, jedoch in etwas vereinfachter Form im Vergleich zum Ansatz des EPA-Modells, um die Anwendbarkeit in den Unternehmen sicherzustellen. Bei diesem vereinfachten Verfahren wird nicht für jedes Outputpotenzial die monetäre Auswirkung berechnet, sodass über die Wirkungszusammenhänge weniger Annahmen getroffen werden müssen.

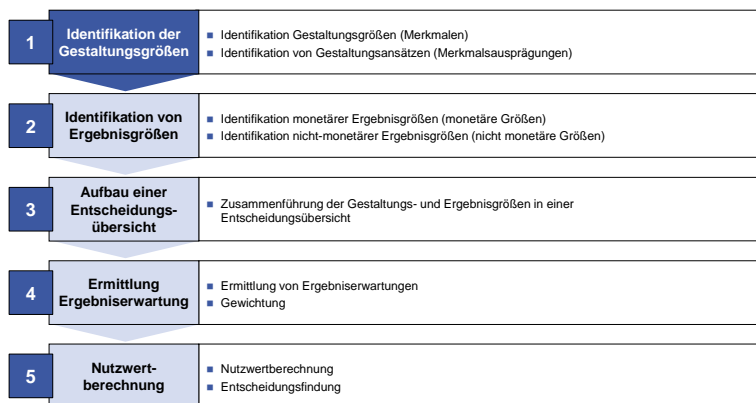


Abbildung 7: Vorgehensweise bei der Kombination von Nutzwertanalyse und Investitionsverfahren

Zunächst müssen Gestaltungsgrößen, also Merkmale und Merkmalsausprägungen identifiziert werden. Hier kann auf die Merkmale und deren Ausprägungen im morphologischen Kasten aus Arbeitspaket 1 zurückgegriffen werden, da deren Kombination und damit die Konfiguration des Betreibermodells bewertet werden soll. Aus den Verknüpfungen der Merkmalsausprägungen werden die Inputfaktoren und Outputpotenziale abgeleitet. Hierbei kann auf das zu Beginn des Arbeitspakets 2 erarbeitete Zielsystem zurückgegriffen werden.

Anschließend müssen die verschiedenen alternativen Kombinationen der Gestaltungsansätze (Szenarien) mit den Ergebnisgrößen in eine Entscheidungsübersicht überführt werden. Die monetären Ergebnisgrößen sind direkt monetär bewertbare Ergebnisgrößen (z.B. eingesparte Kosten und Umsatz), die zu einer Ergebnisgröße (z.B. Kapitalwert) zusammengeführt werden, die in die Gesamtbewertung eingeht. Nicht-monetäre Ergebnisgrößen sind zum einen quantifizierbare, aber nicht direkt monetär bewertbare Ergebnisgrößen (z.B. Durchlaufzeit eines Produkts in der Fertigung) und zum anderen nicht direkt quantifizierbare und nicht monetär bewertbare Ergebnisgrößen (z.B. Flexibilität der Produktion).

Dann werden die Ergebniserwartungen ermittelt, bevor die Nutzwertberechnung erfolgt. Bei der Ermittlung der Ergebniserwartung muss zunächst eine Skalierung der Ergebnisse erfolgen (ordinal oder kardinal), dann müssen Zielerreichungsgrade festgelegt werden. Hierzu kann eine Vereinfachung vorgenommen werden, indem der wahrscheinlichste Wert ausgewählt wird (z.B. Durchlaufzeit: -10 %). Anschließend muss eine Einordnung bzw. Umrechnung in eine 10er Skala vorgenommen werden (z.B. -10 % = 6, da -10 % bis -15 % = 6). Die Gewichtung der Größen erfolgt subjektiv. Die ermittelten Werte werden in Prozentsätzen den Ergebnisgrößen zugeordnet. Das Gesamtgewicht der Faktoren beträgt 100 %.

		Kapitalwert	Durchlaufzeit	Termintreue	Nutzwert monetär	Nutzwert nicht-monetär	Gesamtnutzwert (Rang)
Szenario 1	Gewichtung (%)	70	20	10	350	160	510 (1)
	Zielerreichungsgrad	5	4	8			
	Nutzwert	350	80	80			
Szenario 2	Gewichtung (%)	70	20	10	210	230	440 (2)
	Zielerreichungsgrad	3	7	9			
	Nutzwert	210	140	90			
Szenario 3	Gewichtung (%)	70	20	10	140	200	340 (3)
	Zielerreichungsgrad	2	5	10			
	Nutzwert	140	100	100			

Abbildung 8: Exemplarische Nutzwertberechnung auf Basis des Kapitalwerts und logistischer Zielgrößen

Bei der in Abbildung 8 dargestellten Ermittlung des Nutzwertes verschiedener Alternativen entsprechen Szenario 1 und 2 verschiedenen Konfigurationen von Betreibermodellen für 3D-Drucker und Szenario 3 einem alternativen Fertigungsverfahren.

3.3 Arbeitspaket 3: Prozessintegration von 3D-Druckern mittels Betreibermodellen (Nachfragersicht)

Die folgenden Ergebnisse waren Gegenstand dieses Arbeitspakets:

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Maßnahmenkatalog und validierte Wertstrommethode zur Integration von 3D-Druckern in den Produktionsprozess (Teilziel 3)	Leitfaden zur Integration von 3D-Druckern in den Produktionsprozess (Teilziel 3)

Angepasstes Ergebnis: Leitfaden zur Integration von 3D-Druckern in den Produktionsprozess (Teilziel 3)

Vorbemerkungen

In diesem Arbeitspaket sollte die Wertstrommethode weiterentwickelt und ein Maßnahmenkatalog erstellt werden, mit dessen Hilfe die Produktionsprozesse angepasst werden können, um den 3D-Drucker, gemäß der Wertstrommethode zugrundeliegenden Faktoren, in die Produktion zu integrieren. Die Wertstrommethode wurde in diesem Kontext im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht angewendet.

Diese Erkenntnis konnte aus Diskussionen mit Vertretern der beteiligten Unternehmen generiert werden. Die Diskussionen ergaben vielfältige Ziele (z.B. Produktion neuer geometrisch komplexer Teile, Produktion weiter zu entwickeln, Knowhow zu generieren, neue Kunden zu gewinnen, Image zu verbessern), die die Unternehmen mit dem Einsatz eines 3D-Druckers auf Basis eines Betreibermodells verfolgen. Darüber hinaus liegt auch auf der Identifikation der Ziele des Unternehmens, die mit einem 3D-Drucker erreicht werden sollen und der damit verbundenen Entscheidung der Auswahl des passenden Angebots einer derartigen Dienstleistung (3D-Druck auf Betreibermodellbasis) der Fokus der Unternehmen. Die tatsächliche Integration in die operativen Produktionsprozesse ist eher sekundär zu betrachten. Da bei der Wertstrommethode eine Integration des Projektgegenstandes unter der Prämisse erfolgt, Verschwendung im Rahmen des operativen Produktionsprozesses zu minimieren, wurde diese Methode verworfen.⁸

Stattdessen wurde bei Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses vor Ort über mögliche Vorgehensweisen zur Integration der 3D-Drucker in die Produktion erarbeitet und mögliche Anwendungsszenarien diskutiert und darauf aufbauend ein Leitfaden entwickelt und anschließend im Rahmen des Treffens des projektbegleitenden Ausschusses validiert, der die praxisnahe, systematische Integration eines 3D-Druckers in die Produktion ermöglicht. Aufgrund dieser Umgestaltung dieses Arbeitspakets und dem Rückgriff auf eine veränderte Vorgehensweise konnten auch nicht, wie ursprünglich veranschlagt, drei Fallstudien durchgeführt werden. Der Leitfaden wurde auf Basis der Zusammenarbeit mit einem Unternehmen entwickelt und mit weiteren Unternehmen validiert.

⁸ Klevers 2007

Rahmenbedingungen

Zunächst müssen einige Rahmenbedingungen definiert werden, die erfüllt sein müssen, dass der Leitfaden angewendet werden kann. Diese Rahmenbedingungen sind die folgenden:

- Technische Umsetzbarkeit ist gewährleistet
- Mehrere Anbieter am Markt
- Bei einem Anbieter im Markt kann direkt zum letzten Schritt des Vergleichs der Angebote und der Auswahl übergegangen werden.

Die technische Umsetzbarkeit bezieht sich darauf, ob bereits seitens des Dienstleisters oder des produzierenden Unternehmens gewährleistet werden kann – auf Basis bereits beschaffter Informationen und/ oder eines testweisen Drucks (siehe hierzu auch 3.23.2) – dass das zu produzierende Produkt auch mit einem 3D-Drucker in (gemäß der eigenen Strategie und den eigenen Ansprüchen) ausreichender Qualität produzierbar ist. Eine weitere Rahmenbedingung ist die Existenz mehrerer anbietenden Unternehmen, da sich ansonsten eine der Kernfragen der Unternehmen („Welchen Anbieter wähle ich aus?“) erübrigt und dementsprechend auch nicht aus mehreren Angeboten ausgewählt werden muss. Dies führt auch direkt zur dritten Rahmenbedingung über, dass bei einem Anbieter direkt zum letzten Teilschritt des Integrationsprozesses übergegangen werden kann, der Entscheidung darüber, ob das Angebot angenommen wird oder nicht.

Vorgehen zur Integration eines 3D-Druckers in die Produktion

Das mit den Unternehmen erarbeitete und validierte Vorgehen zur systematischen Integration eines 3D-Druckers in die Produktion ist in der folgenden Abbildung in der Übersicht dargestellt:

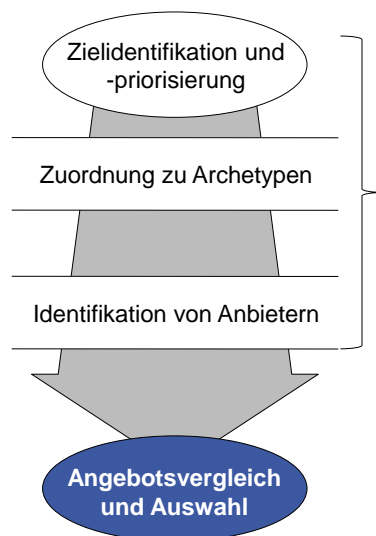


Abbildung 9: Vorgehen zur Integration eines 3D-Druckers in die Produktion

Bei der **Zielidentifikation und -Priorisierung** kann auf die, im Rahmen von AP 2 identifizierten Potenziale und Ziele sowie deren Wirkungsketten zurückgegriffen werden. Diese können anschließend (siehe ebenfalls AP 2) auf Basis des EPA-Modells respektive einer Nutzwertanalyse insofern bewertet werden, ob ein derartiges Verfahren für das produzierende Unternehmen grundsätzlich wirtschaftlich ist. Falls diese Entscheidung positiv ausfällt, kann gemäß der 3D-druckspezifischen strategischen Ziele des produzierenden Unternehmens eine **Zuordnung** zu den in AP 2 beschriebenen **Archetypen** stattfinden. Steht hierbei das Knowhow im Vordergrund wird Archetyp 1.1 oder 1.2 gewählt, wobei die letztendliche Auswahl von den weiteren Zielen

jedes Unternehmen abhängt. Steht die Planungssicherheit und Flexibilität im Vordergrund kann auf Archetyp 2 zurückgegriffen werden. Die Archetypen können als grobes Auswahlkriterium von 3D-Druck-Dienstleistern dienen. Diese sind in der folgenden Abbildung noch einmal im Vergleich auf Basis des morphologischen Kastens aus AP 1 dargestellt.

Ort des Betriebs	Beim Projektträger	Beim Auftraggeber (i.S.v. zentraler Ort)		
Rechtliches Eigentum nach der Betriebsphase	Projektträger	Auftraggeber		
Nutzungsmöglichkeiten	Für mehrere Abnehmer	Für einen Abnehmer		
Integration des Projektträgers in die Weiterentwicklung des herzustellenden Produkts	Ja	Nein		
DL	Finanzierung	Projektträger	Dritte	
	Instandhaltung	Projektträger	Auftraggeber	
	Materialversorgung	Projektträger	Auftraggeber	
	Ersatzteilversorgung	Projektträger	Auftraggeber	
	Schulung	Projektträger	Auftraggeber	
	Bedienung	Projektträger	Auftraggeber	
	Qualitätssicherung	Projektträger	Auftraggeber	
Datensoftware	Projektträger	Auftraggeber		
Befristung des Vertrags	Ja	Nein		
Vertragsdauer	< Amortisationsdauer des Projektgegenstandes	Amortisationsdauer des Projektgegenstandes		
Kündigungsrecht	Projektträger	Auftraggeber	Beide	Keiner
Kündigungsfrist	Projektträger	1-12 Monate	> 12 Monate	
	Auftraggeber	1-12 Monate	> 12 Monate	
Bezahlung der Leistung des Projektträgers	Produktionsabhängige Bezahlung	Feste Raten		
Garantierte Verfügbarkeit	Ja	Nein		
Abnahmeverpflichtung	Ja	Nein		
Ausgleichsleistung	Projektträger	Auftraggeber	Beide	Keiner

Abbildung 10: Vergleich der drei identifizierten Archetypen auf Basis der konstitutiven Merkmale eines Betreibermodells

Das ein Angebot für eine Betreibermodell-Lösung seitens der nachfragenden, produzierenden Unternehmen ausgewählt werden kann, muss zunächst der Markt nach tatsächlichen bzw. potenziellen Anbietern durchsucht werden.

Identifikation von Anbietern

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde eine ausführliche Recherche durchgeführt, um einen Überblick über Anbietern von 3D-Druck-Dienstleistern zu schaffen. Diese Übersicht⁹ im kann bei den Forschungsstellen angefragt werden. In der Übersicht wurden einige Anbieter grau hinterlegt. Dadurch wurden Anbieter kenntlich gemacht, deren Angebot – zumindest optional – über die eigentliche Dienstleistung der Herstellung eines Produkts mittels additiver Fertigung in Form eines 3D-Drucks hinausgeht, im Sinne eines Betreibermodells, die Möglichkeit einen Drucker zu mieten oder zusätzliche Dienstleistungen, wie Betreuung bei der Installation, Materialversorgung oder Unterstützung bei der Konstruktion. Da es sich beim 3D-Druck Markt um einen sehr dynamischen handelt, hat diese Übersicht aus dem März 2017 keinerlei Anspruch auf Aktualität.

Kriterien für den Angebotsvergleich und die Auswahl eines Anbieters

Wenn nun mehrere Anbieter zur Verfügung stehen, die ein Betreibermodell des gewünschten Archetyps anbieten, müssen diese weiter geprüft werden, ob sich diese für eine Zusammenarbeit im Rahmen eines Betreibermodells für 3D-Drucker eignen. Zur Priorisierung von Anbietern müssen die Anbieter bewertet werden. Hierzu wurden im Rahmen dieses Forschungsprojektes, gemeinsam mit Unternehmensvertretern aus dem projektbegleitenden Ausschuss Bewertungskriterien abgeleitet, die in der folgenden Abbildung dargestellt sind. Bei der Bewertung der Anbieter muss zunächst geklärt werden, ob der Anbieter **spezifisches Wissen im Geschäftsfeld des Kunden** hat. Hierbei empfiehlt es sich, wenn der Anbieter Branchenkenntnisse besitzt, die zu

⁹ Stand März 2017

produzierenden Produkte bereits kennt. Daran knüpft ein weiteres Bewertungskriterium an, ob der Anbieter bereits **vergleichbare Produkte** hergestellt hat, um als nachfragendes Unternehmen von einer **relativ sicheren Umsetzbarkeit** ausgehen zu können. Hierbei kann dies ein Vorteil darstellen, weil der Anbieter weiß, mit welchem Verfahren und welchem Material gefertigt werden kann, um beispielsweise trotz komplexer Geometrie, die nötige mittel- bis langfristige Stabilität erreichen zu können.

	+	0	-
Hat der Anbieter spezifisches Wissen im Geschäftsfeld des Kunden?	●	●	●
Hat der Anbieter vergleichbare Produkte oder Produktionsprozesse unter seinen Referenzen, sodass relativ sichere Einsetzbarkeit?	●	●	●
Ist das Image des Anbieters grundsätzlich positiv zu bewerten?	●	●	●
Hat der Anbieter den Ruf, im Fall von Störungen schnell und zufriedenstellend zu reagieren?	●	●	●
Ist der Anbieter in erreichbarer Nähe (Service)?	●	●	●
Hat der Anbieter einen entsprechenden Jahresumsatz, sodass nicht davon ausgegangen werden muss, dass er in 5 oder 10 Jahren nicht mehr am Markt ist?	●	●	●

Abbildung 11: Bewertungskriterien für Anbieter von 3D-Druck Dienstleistungen

Ein weiterer Aspekt, der bei der bei der Anbieterselektion helfen kann, ist die Einschätzung des **Images** des Anbieters. Helfen kann hierbei eine grundsätzliche Recherche zum Anbieter und die Betrachtung von Bewertungen (z.B. in sozialen Netzwerken), Presseberichten oder die Nachfrage bei Referenzen dieses Anbieters. Vor allem sollte im Rahmen dieser Recherche auch Bezug zum nächsten Bewertungskriterium genommen werden, ob der Anbieter im Regelfall schnell und zufriedenstellen auf **Störungen reagiert**. Ein weiterer wichtiger Aspekt kann auch die **räumliche Nähe** sein, respektive eine Art Servicegarantie, die der Anbieter gibt (z.B. innerhalb von 24 Stunden sind Probleme im Zusammenhang mit der Produktion auf dem bereitgestellten 3D-Drucker behoben und das Gerät ist erneut einsatzfähig). Ein letzter Aspekt der bei der Bewertung berücksichtigt werden kann, ist der **Umsatz** des Anbieters, der bei Betrachtung der mittel- bis langfristigen Umsatzentwicklung ein Indikator für die Stabilität des Unternehmens sein kann, um das Risiko des Verschwindens des Anbieters vom Markt verringern kann.

Abschließende Kostenbetrachtung

Wenn nun Anbieter selektiert wurden und mindestens ein Anbieter als geeignet für eine Zusammenarbeit auf Basis eines Betreibermodells identifiziert wurde, muss letztlich noch entschieden werden, ob das unterbreitete Angebot respektive die unterbreiteten Angebote in diesen spezifischen Fällen für das nachfragende Unternehmen geeignet und annehmbar sind. Dies wird – nachdem in AP 2 die grundsätzliche Wirtschaftlichkeit eines Einsatzes von 3D-Druckverfahren für das jeweilige Unternehmen geprüft wurde – muss nun (gemäß des vom nachfragenden Unternehmen gesetzten Kostenrahmens) beurteilt werden, ob das Angebot aus Kostenperspektive annehmbar ist. Hinsichtlich eines Vergleichs zweier Angebote von zwei anbietenden Unternehmen, deren Konfiguration unterschiedlich ist, empfiehlt sich ein Vergleich auf Stückkostenbasis. Auf Stückkostenbasis lassen sich beispielsweise zwei Angebote vergleichen die auf unterschiedlichen Bezahlmodalitäten basieren (z.B. produktionsabhängige Bezahlung versus Bezahlung fester Raten). Hierbei können dann Kostenfunktionen für die Stückkosten entwickelt werden, die im Anschluss verglichen werden können. Daraus wird ersichtlich, bei welcher Produktionsmenge, welches Modell vorteilhaft ist. Werden darüber hinaus unterschiedliche Konfigurationen hinsichtlich den Dienstleistungen angeboten, muss dies ebenfalls in Form von Stückkostenfunktionen berücksichtigt werden.

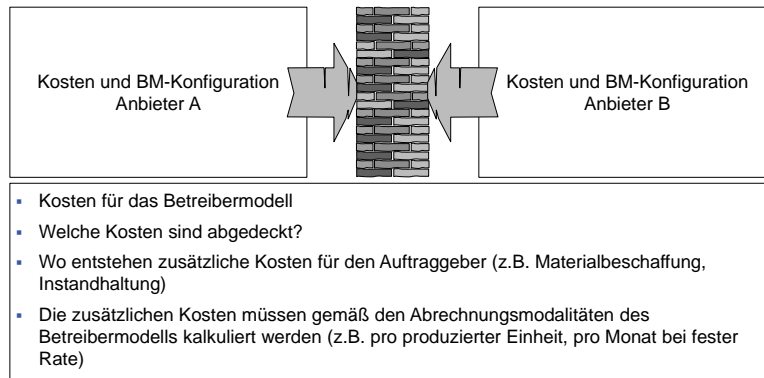


Abbildung 12: Übersicht zum Kostenvergleich

Dies soll anhand eines Beispiels erläutert werden: Anbieter A bietet ein Betreibermodell an, bei dem produktionsabhängig bezahlt wird. Pro Stück fallen hier Kosten von 2 € an. Die Dienstleistungen Instandhaltung, Ersatzteilversorgung, Schulungen, Qualitätssicherung und Datensoftware sind in diesem Angebot bereits enthalten, ab einer Mindestabnahmemenge (wobei in diesem Fall wird davon ausgegangen, dass diese Mindestmenge erreicht wird und dieser Aspekt wird daher vernachlässigt). Dienstleistungen, die nicht abgedeckt sind, sind die Materialversorgung und die Bedienung. Das bedeutet es fallen zu den 2 € pro Stück Materialkosten und Personalkosten an. Beide müssen jeweils auf Stückkostenbasis modelliert werden. Sowohl die Material- als auch die Personalkosten pro Stück verändern sich in der Regel im Zeitverlauf bzw. bei erhöhter Stückzahl. Das bedeutet diese werden häufig geringer, aufgrund größeren Abnahmemengen inhärenten verbesserten Konditionen oder Lerneffekten bei den Mitarbeitern. Sie lassen sich in einem Koordinatensystem mit den Achsen Stückkosten und Produktionsmenge darstellen. Anbieter B bietet ein „Rund-um-Sorglos-Paket“ für eine feste Rates von 2000 € pro Monat an, unabhängig von der Produktionsmenge. Auch hier kann eine Kostenfunktion für die Stückkosten generiert werden. Das Beispiel wird anhand des folgenden Schaubilds visualisiert und anschließend erläutert.

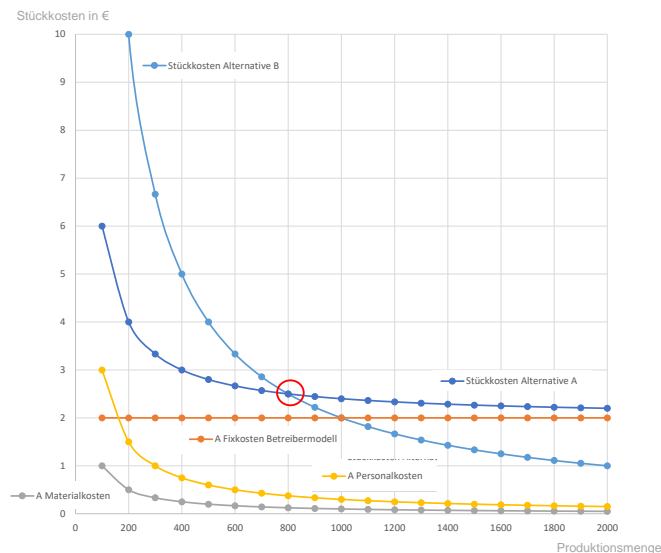


Abbildung 13: Kostenvergleich zweier Betreibermodellkonfigurationen

Im Schaubild ist der Vergleich der Stückkosten von Alternative A und Alternative B entscheidend. Aus diesem Vergleich lässt sich erkennen bei welchen Produktionsmengen, welche Alternative

günstiger für den Auftraggeber ist. In diesem Fall ist der Schnittpunkt der beiden Stückkostenfunktionen markiert. Er liegt bei 800 produzierten Stück. Liegt die produzierte Menge unter 800 Stück, ist der Rückgriff auf Alternative A besser mit der produktionsabhängigen Vergütung. Liegt die produzierte Menge darüber, Variante B. Erwähnenswert hierbei ist, dass sich die Stückkostenfunktion der Alternative A aus den anderen Stückkostenfunktionen (A Fixkosten, A Personalkosten und A Materialkosten) zusammensetzt. Auf Basis dieses Vergleiches und der prognostizierten Menge an zu produzierenden Stück kann eine Entscheidung gemäß einem Anbieter getroffen werden.

3.4 **Arbeitspaket 4: Risikoanalyse von Betreibermodellkonfigurationen (Anbietersicht)**

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Risikoinventar mit Risikoszenarien, Risikomatrix mit priorisierten Risiken (Teilziel 4)	Risikoinventar mit Risikoszenarien, Risikomatrix mit priorisierten Risiken (Teilziel 4)

Im Arbeitspaket sollen mögliche Risiken und deren Schadensausmaße für die Anbieter von 3D-Druck spezifischen Betreibermodellen identifiziert werden, bevor für diese in Arbeitspaket 5 Gegenmaßnahmen und Früherkennungsmodelle entwickelt werden. Den Anbieter soll also ermöglicht werden, Risiken zu erkennen und diese zu steuern.

Zunächst muss eine Risikostrategie formuliert werden, das bedeutet es müssen die wesentlichen Ziele festgelegt werden, die mit der Durchführung des Risikomanagements verbunden sind. Anschließend müssen methodengestützt die wesentlichen Risiken identifiziert werden. Zur Verfügung stehende Methoden sind im folgenden Abschnitt beschrieben. Nachdem relevante Risiken identifiziert wurden, müssen die Risiken bewertet und demnach priorisiert werden, bevor diese über Gegenmaßnahmen gesteuert werden können. Zuletzt ist eine Risikoüberwachung und ein Abgleich der aktuellen Risikostrategie mit der aktuellen Risikosituation notwendig.

Identifizierte Risiken – Risikoinventar mit Risikoszenarien

Auf Basis der Risikokategorien und der SWIFT-Methode wurde in Kooperation mit den anbietenden Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses Risiken respektive Risikoszenarien erarbeitet. Diese sind beispielhaft in der folgenden Tabelle dargestellt.

Betreibermodellmerkmal	Ausprägung	Risiko für den Projektträger
Nutzungsmöglichkeiten	Mehrere Nutzer	Einer der Nutzer hält sich nicht an die Nutzungsvereinbarungen (z.B. Produktion größerer Menge oder längere Produktionszeit)
Ort des Betriebs	Beim Projektträger	Weniger Auftraggeber, da schlechte Lage des Projektträgers
Integration des PT in Weiterentwicklung	Ja	Undokumentierte Konstruktionsveränderung führt zu Konstruktionsfehler und die Verantwortlichkeit über Konstruktionsfehler/ Qualitätsverlust aufgrund dieser Änderungen lässt sich nicht klären.
Finanzierung	Projektträger	Zinsrisiko bei Fremdfinanzierung
Instandhaltung	Projektträger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unplanbarkeit im Serviceaufwand ▪ Gerätezustand unbekannt bis zum Servicetermin
Materialversorgung	Projektträger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materialzulieferer fällt aus ▪ Material hat nicht die benötigte Qualität bzw. Materialqualitäten sind nicht definiert ▪ Verfügbarkeit für bestimmte Materialien schlecht ▪ Zu viele Anbieter und Bezugsquellen für Material ▪ Hohe temporäre Streuung bei den Materialmargen → Bindung mit bestimmten Hersteller erschwert → Preisrisiko
Ersatzteilversorgung	Projektträger	Keine transparente Regulierung von Servicestrukturen
Schulung	Projektträger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anwenderschulung ist mit Gewährleistung über das Produktionsergebnis verbunden. Darüber hinaus muss auf Gefahren innerhalb der Schulungen hingewiesen werden. ▪ Es besteht die Gefahr der falschen Anwendung des Materials, Druckers oder Gesundheitsschäden bei den Mitarbeitern des Auftraggebers.
Bedienung	Projektträger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktionsfehler ▪ Gesundheitsschäden bei Mitarbeitern durch bei der Produktion entstehende Stoffe (Materialabhängig)
Qualitätssicherung	Projektträger	Gefälschte Produkte mit Qualitätsmängeln kommen auf den Markt (z.B. gefälschtes Einzelteil bringt Flugzeug zum Absturz und anschließend ist kein überprüfbares Teil mehr vorhanden und es kommt zur Klage wegen den Qualitätsmängeln der gefälschten Teile (die nicht vom Original zu unterscheiden sind)
Daten/ Software	Projektträger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehler in der digitalen Druckvorlage und es besteht die Gefahr das gesamte Produktion fehlerhaft wird. ▪ Produkt nicht für die Konstruktion mit 3D-Druck geeignet
Vertragsdauer		Höhere Vertragslaufzeit erhöht das Ausfallrisiko und das Preisrisiko
Bezahlungsmodalitäten (produktionsabhängig/ feste Raten)	Feste Raten	Auftraggeber wird zahlungsunfähig, nachdem bereits produziert wurde
	Produktionsabhängig	Extreme Schwankungen bei Kosten pro Bauteil
F. Garantierte Verfügbarkeit	Projektträger	Druckerausfall bei Betrieb beim Auftraggeber (respektive beim Projektträger)

Abbildung 14: Mögliche Risiken für den Projektträger

Extended Risk Analysis (ERA)

Im Folgenden wird diese Methodik der Bewertung des Schadensausmaßes vorgestellt, welche sowohl die Unsicherheiten in den Risiko-Wirkungen berücksichtigt, als auch die Betrachtung nicht-quantitativer und nicht monetär-bewertbarer Größen integriert. Die Vorstellung erfolgt exemplarisch anhand der Bewertung des Risikos „Materialzulieferer fällt aus“ und möglichen Sicherungsmaßnahmen. Das prinzipielle Vorgehen gliedert sich in fünf Schritte: 1. Erarbeitung einer Risk-Evaluation Map, 2. Definition von Kennzahlen, 3. Quantifizierung der Ursache-Wirkungsbeziehungen der Risk-Evaluation Map mittels Monte-Carlo-Simulation (Ist-Zustand), 4. Ableitung von Veränderungen des Ist-Zustandes aufgrund von Sicherungsmaßnahmen (Soll-Zustand), 5. Vergleich der Kosten der Sicherungsmaßnahme mit der Veränderung der quantifizierten Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Ist- und Soll-Zustand

Erarbeitung einer Risk-Evaluation Map

In einem ersten Schritt müssen die Risiko-Wirkungen des zu bewertenden Risiko-Ereignisses auf die Unternehmensfaktoren auf qualitativer Basis identifiziert werden. Risiko-Wirkungen können sowohl die internen Unternehmensprozesse, als auch die Beziehungen zu Kunden, Lieferanten und Wettbewerbern betreffen. Auch ist es erforderlich, dass die Kausalbeziehungen zwischen unterschiedlichen Risiko-Wirkungen berücksichtigt werden. Ergebnis dessen ist eine Risk-Evaluation-Map, welche qualitativ alle Risiko-Wirkungen des Risiko-Ereignisses und deren Kausalbeziehungen darstellt. Ausgangspunkt hierfür sind die im Rahmen des Projektes „Betreiber3D“ erarbeiteten Prozessketten. Hierbei werden neben monetär-bewertbaren auch nicht-monetär-bewertbare und nicht-quantifizierbare Risiko-Wirkungen integriert.

Definition von Kennzahlen

Für jede Risiko-Wirkung werden im zweiten Schritt Kennzahlen ausgewählt, welche die Wirkung des Risiko-Eintritts widerspiegeln. Hierbei sind zum einen Kennzahlen zu berücksichtigen, welche Wirkungen beschreiben die erst durch das Risiko entstehen. Ein Beispiel sind spezifische Kosten, welche aufgrund des Risiko-Eintritts anfallen. Zum anderen ist es erforderlich mögliche Veränderungen im Unternehmen und den relevanten Unternehmensfaktoren aufgrund des Risiko-Eintritts abzubilden. Dies kann beispielsweise ein Rückgang der Kundenzufriedenheit sein. Risiko-Wirkungen können entweder direkt geschätzt (z.B. Deckungsbeiträge der in Zukunft versäumten Erlöse) oder auf Basis von Ursache-Wirkungsbeziehungen mit vorgelagerten Stufen errechnet werden (die Dauer einer Lieferunfähigkeit ergibt sich aus der Dauer bis zur erneuten Materiallieferung abzgl. der Lagerreichweite). Auch ist es erforderlich, zur Berechnung einer Risiko-Wirkung neben vorgelagerten Wirkungen u.U. auch unabhängige Kennzahlen zu verwenden (z.B. ist zur Berechnung versäumter Umsatzerlöse einer Lieferunfähigkeit neben der Dauer auch der durchschnittliche Umsatz für eine vergleichbare Zeitspanne erforderlich). Abschließend werden alle Risiko-Wirkungen in eine aggregierte Spitzenkennzahl (oder aggregierte Risikowirkung) überführt. Diese dient als Analysemaßstab, um das Risiko mit Hilfe gängiger Risikomaße (Mittelwert, Perzentile, Value-at-Risk) zu beschreiben.

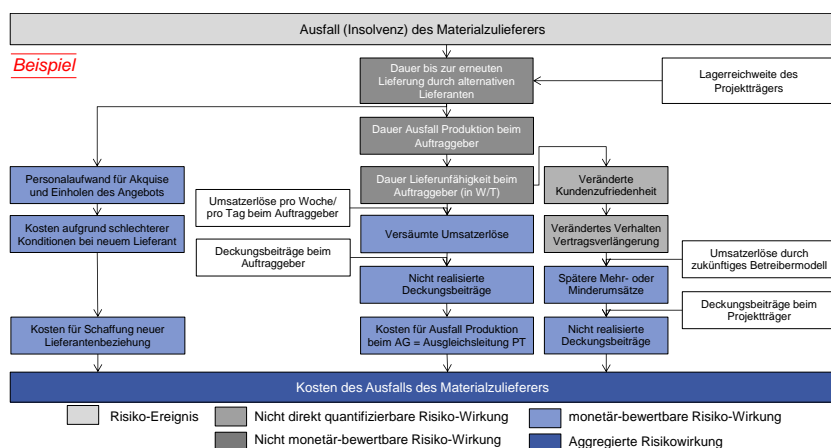


Abbildung 15: Beispielhafte detaillierte Risk-Evaluation Map für das Risiko „Ausfall eines Materialzulieferers“

Quantifizierung der Ursache Wirkungsbeziehungen

Da im Fokus der hier vorgestellten Methodik zur Bewertung von Risiken hypothetische Wirkungen auf Unternehmensprozesse stehen, sind diese per se mit Unsicherheit behaftet. Daher werden

für alle risikobehafteten Größen Verteilungsfunktionen an Stelle von festen Werten angenommen. Dies erhöht die Objektivität der getroffenen Annahmen da ein gewisses Maß an Unsicherheit in den Schätzungen abgebildet werden kann. Jede geschätzte Kennzahl wird durch eine Verteilungsfunktion beschrieben, die einzelnen Werten eines Intervalls eine Eintrittswahrscheinlichkeit zuordnet. Hierdurch ergeben sich Einzelverteilungen einer jeden geschätzten oder berechneten Risiko-Wirkung. Alle Einzelverteilungen werden mittels Monte-Carlo-Simulation zu einer Gesamtverteilung der Spitzenkennzahl aggregiert. Zu diesem Zweck werden für jede Kennzahl mittels der festgelegten Verteilungen Zufallswerte ermittelt und über die Ursache-Wirkungsbeziehungen bis zur Spitzenkennzahl aggregiert. Der sich ergebende Wert wird zwischengespeichert. Durch hinreichend häufiges Durchlaufen der Simulation ergibt sich eine Häufigkeitsverteilung der Spitzenkennzahl. Dieses kann zur Analyse des Risikos mit gängigen Risikomaßen genutzt werden.

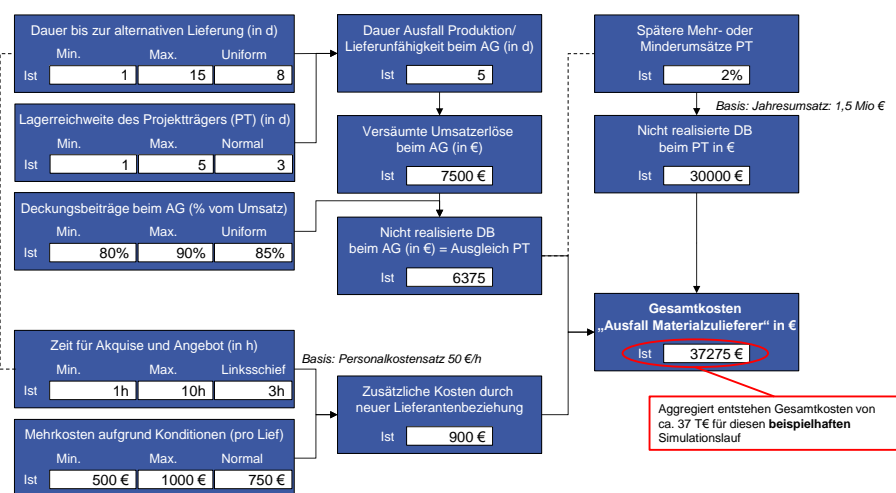


Abbildung 16: Beispielhafte detaillierte Risk-Evaluation Map für das Risiko „Ausfall eines Materialzulieferers“ inklusive Operationalisierungen

Risikomatrix mit priorisierten Risiken

Nachdem nun Risiken im Kontext von Betreibermodellen für 3D-Drucker identifiziert wurden und eine Methodik zur Bewertung dieser Risiken ausgewählt wurde, sollen dir hier erarbeiteten Risiken noch bewertet werden. Da jedoch mithilfe der ERA-Methodik jedes Risiko (z.B. Ausfall eines Materialzulieferers) für jedes Unternehmen individuell bewertet werden müsste, wurden die Risiken gemeinsam mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses relativ bewertet und in eine Bewertungsmatrix integriert. Die Bewertungsdimensionen umfassten die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß der Risiken, jeweils von sehr gering bis sehr hoch, wobei die relative Einordnung im Fokus steht. Es geht darum die einzelnen Risiken in der Matrix in Relation zu den anderen Risiken einzuordnen und sich die Fragen zu stellen, welches der beiden Risiken hat eine höhere/ niedrigere Eintrittswahrscheinlichkeit respektive ein höheres/ niedrigeres Schadensausmaß? Anschließend lässt sich erkennen, welches der Risiken mit der höchsten Priorität behandelt werden muss. Eine genaue Bewertung kann anhand der ERA-Methodik erfolgen.

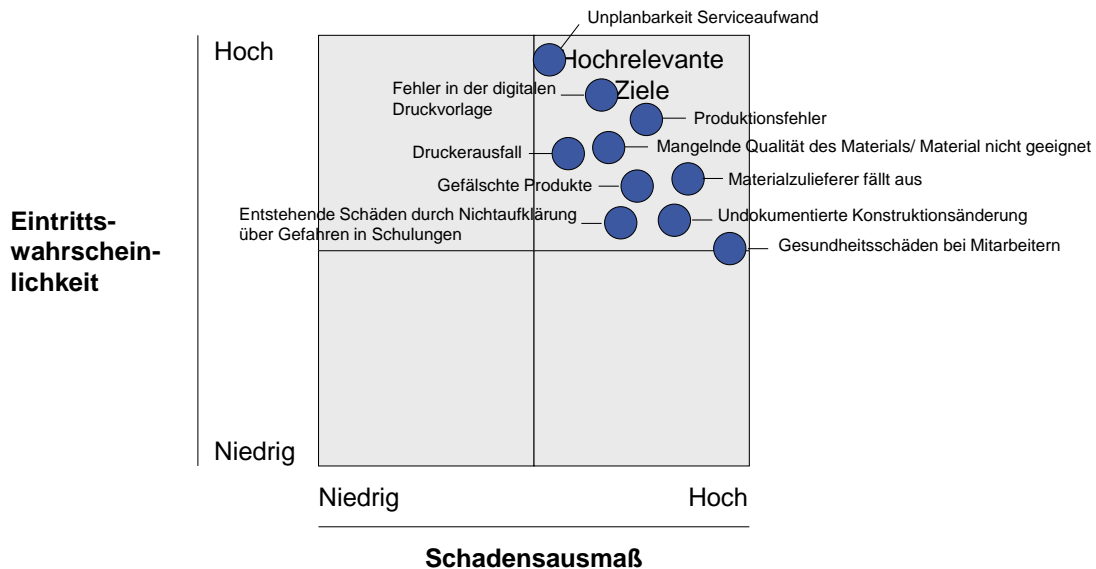


Abbildung 17: Matrix mit priorisierten Risiken

3.5 Arbeitspaket 5: Maßnahmenplanung zur Steuerung der Risiken von Betreibermodellkonfigurationen (Anbietersicht)

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Handlungsleitfaden zum Umgang der Risiken Früherkennungsmodell (Teilziel 5)	Handlungsleitfaden zum Umgang der Risiken Früherkennungsmodell (Teilziel 5)

In diesem Arbeitspaket soll ein Handlungsleitfaden zum Umgang mit den Risiken für einen Anbieter von 3D-Druck spezifischen Betreibermodellen erarbeitet werden. Integriert werden hier auch die Ergebnisse aus dem Arbeitspaket 4. Darüber hinaus werden Maßnahmen zum Umgang mit den identifizierten Risiken abgeleitet und verschiedenen Risikostrategien zugeordnet, Zulezt wird ein Früherkennungsmodell entwickelt, dass es den Anbietern ermöglichen soll Risiken möglichst frühzeitig zu identifizieren. Der Leitfaden zum Umgang mit Risiken, die im Zusammenhang mit dem Angebot eines Betreibermodells für 3D-Drucker stehen, orientiert sich im Wesentlichen am Risikomanagementprozess (siehe Arbeitspaket 4).

Risiken für den Projektträger	Maßnahmen und Zuordnung Risikostrategie
Einer der Nutzer hält sich nicht an die Nutzungsvereinbarungen (z.B. Produktion größerer Menge oder längere Produktionszeit)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausweichgerät / Zusatzkapazität (vermindern) ▪ Ausgleichsleistungen für Überschreiten der vereinbarten Verfügbarkeit (übertragen)
Weniger Auftraggeber, da schlechte Lage des Projektträgers	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Positionierung an zentralem Ort falls mehrere Nutzer (vermindern) ▪ Positionierung in Kundenähe/beim Kunden falls einziger Nutzer (vermindern) ▪ Abwägen ob Drucker von mehreren Auftraggebern genutzt wird oder nicht. Daraus Standortbestimmung ermitteln. (vermindern)
Undokumentierte Konstruktionsveränderung führt zu Konstruktionsfehler und die Verantwortlichkeit über Konstruktionsfehler/ Qualitätsverlust aufgrund dieser Änderungen lässt sich nicht klären.	Ausführliche und transparente Dokumentation der Konstruktionsveränderungen (vermeiden)
Zinsrisiko bei Fremdfinanzierung	Keine ausschließliche Finanzierung über Fremdkapital (vermindern)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unplanbarkeit im Serviceaufwand ▪ Gerätezustand unbekannt bis zum Servicetermin 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Service-DL (übertragen) ▪ Inspektionsintervalle einrichten (vermindern) ▪ Aufteilung von Service-Tätigkeiten zwischen Auftraggeber und Projektträger (übertragen und vermindern) ▪ Beurteilung von Ausfallraten definierter Komponenten (vermindern) ▪ Auslesen von Fehlercodes per Fernzugriff (vermindern) ▪ "Laufleistung" von zentralen Komponenten auslesen und Integration in Serviceplan (ähnlich PKW) (vermindern) ▪ Serviceplan berücksichtigt Bauteilgröße und Bauteilmenge (ermittelt z.B. über Materialeinsatz pro Job) (vermindern)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materialzulieferer fällt aus ▪ Material hat nicht die benötigte Qualität bzw. Materialqualitäten sind nicht definiert ▪ Verfügbarkeit für bestimmte Materialien schlecht ▪ Zu viele Anbieter und Bezugsquellen für Material ▪ Hohe temporäre Streuung bei den Materialmargen → Bindung mit bestimmten Hersteller erschwert → Preisrisiko 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lagerreichweite beim Projektträger erhöhen (vermindern) ▪ Druckerkonfiguration auf Materialhersteller konfigurieren (vermindern) ▪ Materialauswahl von Hersteller bestätigen lassen (übertragen) ▪ Regelmäßige Qualitätskontrollen (vermindern) ▪ Orientierung am bisherigen Materialverbrauch (vermindern) ▪ Kundenanforderungen erheben (vermindern) ▪ Flexibilität hinsichtlich des Materialanbieters vereinbaren (erfordert Materialqualifizierung und/oder einsatzabhängige Referenzen) (vermindern)
Keine transparente Regulierung von Servicestrukturen	Festlegen, wer qualifiziert ist, um Reparaturen durchzuführen und Ersatzteile zu beschaffen/bevorraten (vermindern)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anwenderschulung ist mit Gewährleistung über das Produktionsergebnis verbunden. Darüber hinaus muss auf Gefahren innerhalb der Schulungen hingewiesen werden. ▪ Es besteht die Gefahr der falschen Anwendung des Materials, Druckers oder Gesundheitsschäden bei den Mitarbeitern des Auftraggebers. 	Vertragliche Absicherung und Protokollierungen der Schulungen (vermeiden)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktionsfehler ▪ Gesundheitsschäden bei Mitarbeitern durch bei der Produktion entstehende Stoffe (Materialabhängig) 	Schulungen (vermindern)
Gefälschte Produkte mit Qualitätsmängeln kommen auf den Markt (z.B. gefälschtes Einzelteil bringt Flugzeug zum Absturz und anschließend ist kein überprüfbares Teil mehr vorhanden und es kommt zur Klage wegen den Qualitätsmängeln der gefälschten Teile (die nicht vom Original zu unterscheiden sind))	Identifikationsmechanismen einplanen und nutzen, um die Produkte einzigartig zu machen (Bsp. UV-Licht Seriennummern, Fingerabdruck durch Mikropartikel) (vermeiden)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehler in der digitalen Druckvorlage und es besteht die Gefahr das gesamte Produktion fehlerhaft wird. ▪ Produkt nicht für die Konstruktion mit 3D-Druck geeignet 	Vorabprüfung ob korrekte Druckvorlage/Vorlage für Druck geeignet (vermindern)
Höhere Vertragslaufzeit erhöht das Ausfallrisiko und das Preisrisiko	Prognose erstellen, wie oft die Maschine innerhalb der Amortisationsdauer ausfällt und wie sich die Zinsen während der Amortisationsdauer entwickeln → Optimum bestimmen und Vertragsdauer festlegen. (vermindern)
Auftraggeber wird zahlungsunfähig, nachdem bereits produziert wurde	Abschluss einer Versicherung und Berücksichtigung der Kosten in der Bepreisung des Betreibermodells (vermindern und übertragen)
Extreme Schwankungen bei Kosten pro Bauteil	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Genaue Ermittlung der Kundenbedarfe und Aufbau einer kundenindividuellen Kalkulation (vermindern) ▪ Starke Kapazitätsauslastung (vermindern)
Druckerausfall bei Betrieb beim Auftraggeber (respektive beim Projektträger)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ersatzgeräte bevorraten (vermindern) ▪ Serviceplan erstellen (vermindern) ▪ Möglichkeit einer entsprechenden Bepreisung von kurzfristigen Verfügbarkeit von Ersatzgeräten (übertragen)

Abbildung 18: Mögliche Maßnahmen zum Umgang mit den identifizierten Risiken

Entwicklung eines Früherkennungsmodells

Nachdem mögliche Risiken identifiziert wurden, die im Rahmen eines Angebots eines Betreibermodells für 3D-Drucker für den Projektträger auftreten können, soll nun ein Früherkennungssystem zur möglichst frühzeitigen Erkennung der identifizierten Risiken entwickelt werden.¹⁰ Hierbei sollen Indikatoren genutzt werden, um Entwicklungen registrieren zu können.¹¹ Um Frühwarnindikatoren zu entwickeln wurden zunächst für jedes Risiko auf Basis der in AP 4 entwickelten Wirkungsketten die wesentlichen Ursachen ermittelt. Für diese Ursachen wurden auf Basis der zuvor dargestellten Beobachtungsbereiche in Zusammenarbeit mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses Indikatoren abgeleitet, die als vorgelagerte Erscheinungen die Entdeckung des Risikoeintritts begünstigen können. Dies wurde für das Beispiel des Risikos „Ausfall eines Materialzulieferers“ in der folgenden Abbildung dargestellt.

Risiko	Ausfall Materialzulieferer	
Ursache	Rohstoffengpässe	Zulieferer insolvent
Frühwarnindikatoren	<p>Makroökonomisch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inflationsraten, Zinsen, Wechselkurs • Industrielle Nettoproduktion • Außenhandel • Investitionstendenzen • Marktwachstum 	<p>Beschaffung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschäftszahlen des Lieferanten • Preise und Konditionen • Beschaffungskonditionen • Qualitätsniveau der eingekauften Güter • Angebotsvolumen • Termine und Liefertreue
	<p>Politisch/Rechtlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stabilität des pol. Systems • Regierungswechsel • Außen-/Innenpolitische Ereignisse • Politische Krisen 	<p>Personal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluktuationsraten • Lohn-, Gehaltszuwächse im Konkurrenzvergleich
	<p>Ökologisch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volumina bekannter Rohstoffvorkommen 	<p>Produktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zustand des Firmengebäudes/von Betriebsmitteln
	<p>Technologisch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Werkstoffentwicklung • Veränderungstendenzen der Prod.- & Verfahrenstechnologie bei Wettbewerbern und Forschungsinstituten 	

Abbildung 19: Darstellung der Indikatorensammlung eines Frühwarnsystems

3.6 Arbeitspaket 6: Entwicklung von Softwaredemonstratoren und Validierung der Bewertungsmethoden

Geplante Ergebnisse lt. Antrag	Erzielte Ergebnisse
Validierte und praxistaugliche Softwaredemonstratoren für Nachfrager und Anbieter, Handbücher (Teilziel 6)	Validierte und praxistaugliche Softwaredemonstratoren für Nachfrager und Anbieter, Handbücher (Teilziel 6)

In AP 6 wurden die in bisherigen Arbeitspaketen entwickelten Ergebnisse zur Bewertung von Betreibermodellen hinsichtlich der Potenziale und Risiken in einem Softwaredemonstrator implementiert. Es wurde ein Softwaredemonstrator entworfen, der sowohl für Anbieter, als auch für Nachfrager anwendbar ist und damit wurden die beiden geforderten (einen für Anbieter und einen für Nachfrager) in einem Demonstrator integriert. Der Demonstrator wurde mit Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses validiert. Die Umsetzung erfolgte in Java. Hierdurch ist die aufwandsarme Anwendung des Softwaredemonstrators durch KMU sichergestellt werden. Durch die

¹⁰ Romeike 2003

¹¹ Johnson 2001

Handbücher und einen Schulungsfilm wird der Einsatz des Softwaredemonstrators unterstützt. Der Softwaredemonstrator und die Handbücher sowie der Schulungsfilm sind auf Nachfrage bei den Forschungsinstituten erhältlich. Die Funktionsweise des Demonstrators orientiert sich an den zuvor beschriebenen Extended Performance Analysis (EPA) und Extended Risk Analysis (ERA).

3.7 Durchführende Forschungsstellen

International Performance Research Institute gemeinnützige GmbH

Die IPRI – International Performance Research Institute gemeinnützige GmbH wurde gegründet mit der Zielsetzung, Forschung auf dem Gebiet des Performance Management von Organisationen, Unternehmen und Unternehmensnetzwerken zu betreiben. Unter Leitung von Prof. Dr. Mischa Seiter untersucht IPRI in Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen und kleinen und mittelständischen Unternehmen die Wirkungszusammenhänge und Potenziale in den Bereichen Controlling, Finanzen, Logistik und Produktion. Die Forschungsstelle arbeitet eng mit der Bundesvereinigung Logistik e. V., dem VDMA und Unterverbänden (Forschungsvereinigung Antriebstechnik e. V., Forschungsvereinigung Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik e. V.) sowie der IHK zusammen. Zudem wird der Kontakt zu Experten aus der Praxis über regelmäßige Veranstaltungen und Workshops hergestellt. Für die durchgeführten Recherchen und Untersuchungen wurden mehrere wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt. Die geleistete Arbeit entspricht in vollem Umfang dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Forschungsstelle 1	IPRI International Performance Research Institute gGmbH
Anschrift	Königstraße 5, 70173 Stuttgart
Leiter der Forschungsstelle	Prof. Dr. Mischa Seiter
Projektleitung	Timo Maurer, M.Sc.
Kontakt	Tel.: 0711/ 6203268-8026, www.ipri-institute.com

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH ist eine gemeinnützige Forschungseinrichtung. Die Gesellschafter des IPH, Prof. Behrens, Prof. Overmeyer und Prof. Nyhuis, sind zudem Inhaber produktionstechnischer Lehrstühle an der Universität Hannover. Die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung wird durch die drei Abteilungen „Prozesstechnik“, „Produktionsautomatisierung“ und „Logistik“ durchgeführt. Das IPH wurde 1988 mit Unterstützung des niedersächsischen Wirtschaftsministeriums gegründet und ist besonders der technologischen Förderung mittelständischer Industriebetriebe verpflichtet. Der Technologietransfer erfolgt dabei hauptsächlich über mit der Industrie durchgeführte, öffentlich geförderte Verbundforschungsprojekte sowie über Fortbildungsseminare und Arbeitskreise. Darüber hinaus stellt das IPH laufend in einer Vielzahl ausschließlich industriefinanzierter Projekte seine Praxisorientierung und Wettbewerbsfähigkeit unter Beweis.

Forschungsstelle 2	IPH Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
Anschrift	Hollerithallee 6, 30419 Hannover
Leiter der Forschungsstelle	Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis
Projektleitung	Christian Böning
Kontakt	Tel.: 0511-27976441, www.iph-hannover.de

4. Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben 18850 N der Forschungsvereinigung Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik e.V. – GVB, Wiesenweg 2, 93352 Rohr, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

5. Literaturverzeichnis

- Aschenbrücker, A., Henke, K.-D. (2013)**, Bedrohungspotentiale in der Versorgungskette für Arzneimittel und ihre Vermeidung, in: Franzius, C., Lejeune, S. et al. (Hrsg.): Beharren, Bewegen, Festschrift für Michael Kloepfer zum 70. Geburtstag, Berlin 2013, S. 575-588.
- Aschenbrücker, A., Löscher, M., Seiter, M. (2013)**, Szenariogestützte Identifikation von externen Bedrohungspotenzialen in der Medikamentenversorgungskette, in: Wimmer, T., Hucke, S. (Hrsg.): Impulse, Ideen, Innovationen, Bremen 2013, S. 275-304.
- Baldinger, M., Leutenecker, B., Rippel, M. (2013)**, Strategische Relevanz generativer Fertigungsverfahren, in: Industrie Management, 2013, 29 (2), S. 11-14.
- Baumers, M., Tuck, C., Hague, R. (2011)**, Realised Levels of Geometric Complexity in Additive Manufacturing, in: International Journal of Product Development, 2011, 13 (3), S. 222-244.
- Berman, B. (2012)**, 3-D printing: The new industrial revolution, in: Business Horizon, 2012, 55 (2), S. 155-162.
- Borg, I. (2003)**, Führungsinstrument Mitarbeiterbefragung, in: Schuler, H. (Hrsg.): Wirtschaftspsychologie, 3. Auflage, Hogrefe-Verlag, Göttingen.
- Bortz, J., Döhring, N. (2006)**, Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, Springer, Berlin Heidelberg.
- Buchhart, A., Burger, A. (2001)**, Risiko-Controlling, De Gruyter, Oldenbourg.
- Davies, A. (2004)**, Moving base into high-value integrated solutions: a value stream approach, in: Industrial and Corporate Change, 2004, 13 (5), S. 727-756.
- Debus, F., Nasa, A., Kiefl, S. (2008)**, Supply Chain Risikomanagement bei Siemens Healthcare CS ML, in: Pfohl, H.-C. (Hrsg.): Sicherheit und Risikomanagement in der Supply Chain – Gestaltungsansätze und praktische Umsetzung, DVV Media Group/Deutscher Verkehrs-Verlag.
- Dengler, T., von Garrel, J., Scheuner, S. (2009)**, Die Qual der Wahl: Bewertungsmethodik für industrielle Betreibermodelle, in: Industrie Management, 2009, 25 (5), S. 39-42.
- Diedrichs, M. (2013)**, Risikomanagement und Risikocontrolling, 3. Aufl., München 2012.
- DIN 8580 (2003)**, Fertigungsverfahren – Begriffe, Einteilung.
- DIN-Norm 32541, Mai 1977** (im September 2008 zurückgezogen), Betreiben von Maschinen und vergleichbaren technischen Arbeitsmitteln; Begriffe für Tätigkeiten.
- Drummer, D., Singer, R. F., Körner, C., Schmidt, M., Kühnlein, F., Drexler, M., Karg, M., Scharowsky, T. (2013)**, Zukunft individuell gestalten: Additive Fertigung im SFB 814 – Grundlagenwissenschaftliche Erforschung pulver- und strahlbasierter additiver Fertigungsverfahren, in: Industrie Management, 2013, 29 (2), S. 33-38.
- Eggert, U. (2013)**, 3D-Druck - die nächste Revolution für Industrie, Handel und Logistik?, Kurz-Studie, Ulrich Eggert Consulting (Hrsg.), Juli 2013.

- Freiling, J. (2003)**, Pro und Kontra für die Einführung innovativer Betreibermodelle, in: *Industrie Management*, 2003, 19 (4), S. 32-35.
- Gebhardt, A. (2013)**, *Generative Fertigungsverfahren: Additive Manufacturing und 3D Drucken für Prototyping, Tooling, Produktion*, 4. Aufl., München 2013.
- Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B. (2010)**, *Additive Manufacturing Technologies - Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*, New York Heidelberg 2010.
- Gleißner, W. (2011)**, *Grundlagen des Risikomanagements im Unternehmen – Controlling, Unternehmensstrategie und wertorientiertes Management*, 2. Auflage, Vahlen.
- Götze, U. (2014)**, *Investitionsrechnung – Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben*, Springer, Berlin Heidelberg.
- Götze, U., Bloech, J. (2003)**, *Investitionsrechnung: Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben*, Springer, Berlin Heidelberg.
- Götze U., Mikus B. (2007)**. Der Prozess des Risikomanagements in Supply Chains. In: Vahrenkamp, R., Siepermann, C. (Hrsg.): *Risikomanagement in Supply Chains*, Erich Schmidt Verlag, Berlin. S. 29- 58.
- Grethen, M. (2001)**, *Risikomanagement in mittelständischen Unternehmen*.
- Von Haaren, B., Humpolcová, I. (2007)**, *Ansätze zur Systematisierung des Instrumentariums zum Supply-Chain-Risikomanagement*, Technical Report.
- Häder, M., Häder, S. (1994)**, *Die Grundlagen der Delphi-Methode: Ein Literaturbericht*.
- Helmke, S., Uebel, M. (2013)**, *Systematische Neukundengewinnung im Business-to-Business-Bereich*, in: Helmke, S., Uebel, S., Dangelmaier, W. (Hrsg.): *Effektives Customer Relationship*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 51-64.
- Hintze, M. (1998)**, *Betreibermodelle bei bautechnischen und maschinellen Anlagenprojekten: Beurteilung und Umsetzung aus Auftraggeber- und Projektträgersicht*, Ferber, Gießen.
- Hoffmann, H.-J. (1972)**, *Werbepsychologie*.
- Holmström, J., Partanen, J., Tuomi, J., Walter, M. (2010)**, *Rapid manufacturing in the spare parts supply chain: alternative approaches to capacity deployment*, in: *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2012, 21 (6), S. 687-697.
- Hopkinson, N., Hague, R. J. M., Dickens, P. M. (2006)**, *Rapid Manufacturing: An industrial revolution for the digital age*, Chichester 2006.
- Itzenplitz, F. von (2014)**, *Fullservice- und Betreibermodelle im Anlagenbau*, in: Eßig, M., Glas, A. (Hrsg.): *Performance Based Logistics*, Wiesbaden 2014, S. 351–363.
- Johnson, E. M. (2001)**, *Learning from Toys: Lessons in Management Supply Chain Risk from the Toy Industry*, in: *California Management Review* 43 (3), S. 106-124.
- Jung, M. (2017)**, *Additive Fertigung im Ersatzteilmanagement - Grundlagen und Einführungsstrategie*, IPRI-Praxis Nr. 29, Stuttgart 2017.
- Kinkel, S. (2007)**, *Betreibermodelle für Investitionsgüter. Verbreitung, Chancen und Risiken, Erfolgsfaktoren*, Stuttgart 2007.
- Klevers, T. (2007)**, *Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design. Verschwendung vermeiden - Wertschöpfung steigern*, mi-Fachverlag.

- Lay, G. (2007)**, Betreibermodelle für Investitionsgüter – Verbreitung, Chancen und Risiken, Erfolgsfaktoren, Fraunhofer IRB Verlag, Karlsruhe.
- Lay, G. (2003)**, Betreiben statt Verkaufen - Häufigkeit des Angebots von Betreibermodellen in der deutschen Investitionsgüterindustrie, in: Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung, 2003, 29, S. 1-12.
- Lü, L., Fuh, J., Wong, Y. S. (2001)**, Laser-Induced materials and processes for rapid prototyping, Norwell/Dordrecht 2001.
- Meier, H., Werding, A. (2004)**, Betreibermodelle als Herausforderung für den Maschinen- und Anlagenbau, in: Erfolg mit Dienstleistungen. Innovationen, Märkte, Kunden, Arbeit, S. 395-401.
- Meindl, M. (2005)**, Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing, München 2005.
- Norrman, A.; Jansson, U. (2004)**: Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 34 (5), S. 434-456.
- Nufer, G., Prell, K. (2011)**, Operationalisierung und Messung von Kundenzufriedenheit, Reutlinger Diskussionsbeiträge zu Marketing & Management.
- Pautsch, P. (2008)**, Risikoanalyse von Betreibermodellen für Produktionsanlagen, in: PPS-Management: Zeitschrift für ERP-Systeme in Produktion und Logistik, 2008, 13 (1), S. 59-62.
- Pedersen D. B. (2013)**, Additive manufacturing – multi material processing and part quality control", Ph.D. thesis, Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark 2013.
- Pfohl, H.-C. (Hrsg.) (2008)**, Sicherheit und Risikomanagement in der Supply Chain: Gestaltungsansätze und praktische Umsetzung, DVV Media Group/ Deutscher Verkehrs-Verlag.
- Pietsch, T. (2003)**, Bewertung von Informations- und Kommunikationssystemen – ein Vergleich betriebswirtschaftlicher Verfahren, 2. Auflage, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- Pirjan, A., Petrosanu, D.-H. (2013)**, The Impact of 3D Printing Technology the Society and Economy, in: Journal of Information Systems & Operations, 2013, 7 (2), S. 360-370.
- Polzin, H. (2014)**, Rapid Prototyping mit Formstoffen, in: Bührig-Polaczek, A., Michaeli, W., Spur, G. (Hrsg.): Handbuch Umformen, München 2014, S. 237-244.
- Rausand, M. (2011)**, Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications, Wiley.
- Romeike, F. (2003)**, Risikoidentifikation und Risikokategorien, in: Romeike, F., Finke, B. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Risiko-Management - Chancen für Industrie und Handel: Methoden, Beispiele, Checklisten, Gabler.
- Romeike, F., Hager, P. (2013)**, Erfolgsfaktor Risiko-Management 3.0: Methoden, Beispiele, Checklisten Praxishandbuch für Industrie und Handel, Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Schäfer, H. (2005)**, Unternehmensinvestition – Grundzüge in Theorie und Management

- Scharnbacher, K., Kiefer, G. (2003)**, Kundenzufriedenheit: Analyse, Messbarkeit und Zertifizierung, 3. Aufl., München.
- Schenk, M., Wirth, S., Müller, E. (2014)**, Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik, 2. Aufl., Heidelberg 2014.
- Schuh, G., Sauer, A., Schmidt, C., Schönung, M., Spille, J. (2006)**, Erfolg mit Betreibermodellen. Studie im Maschinen und Anlagenbau. Aachen 2006.
- Schüler, F., Treusch, O. (2018)**, Vom Suchen und Finden des optimalen Preises von Verfügbarkeitsgarantien im Maschinen- und Anlagenbau, 2018. (eingereicht)
- Seiter, M., Bayrle, C., Berlin, S., David, U., Rusch, M., Treusch, O. (2016)**, Roadmap Industrie 4.0 - Ihr Weg zur erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0, Hamburg 2016.
- Simon, H., von der Gathen, A. (2002)**, Das große Handbuch der Strategieinstrumente: Alle Werkzeuge für eine erfolgreiche Unternehmensführung, Campus Verlag.
- Simons, R. (1995)**, Levers of Control: How Managers Use Innovative Control Systems to Drive Strategic Renewal. Boston: Harvard Business School Press.
- Spath, D., Demuß, L. (2001)**, Betreibermodelle für den Maschinen- und Anlagenbau – Chancen und Risiken einer komplexen Kunden-Lieferanten-Beziehung, ZWF, München 2001, 96 (1-2), S. 35-39, Carl-Hanser Verlag
- Sum, R. (2015)**, Risk management decision-making: the analytic hierarchy process approach, in: Journal for International Business and Entrepreneurship Development.
- Syska, A. (2006)**, Produktionsmanagement: Das A - Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, Wiesbaden 2006.
- Teuteberg, F. (2008)**, Supply Chain Risk Management, in: Das Wirtschaftsstudium: wisu: Zeitschrift für Ausbildung, Prüfung, Berufseinstieg und Fortbildung, 37 Düsseldorf, S. 847-853.
- Tyler, B., Crawley, F. W., Pretson, M. (2008)**, HAZOP: Guide to Best Practice, 2. Aufl., Rugby, London/Melbourne 2008.
- VDMA Einheitsblattes 34160 (2006)**, Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen.
- von Garrel, J., Dengler, T., Seeger, J. (2009)**, Industrielle Betreibermodelle, in: Schenk, M. (Hrsg.), Industrielle Dienstleistungen und Internationalisierung. One-Stop Services als erfolgreiches Konzept, Wiesbaden 2009, S. 267–330.
- Wälder, K., Wälder, O. (2017)**, Methoden zur Risikomodellierung und des Risikomanagements, Springer Vieweg.
- Werding, A. (2005)**, Bewertung von Betreibermodellen in Produktionsbetrieben, Aachen 2005.
- Westkämper, E. (2006)**, Einführung in die Organisation der Produktion, Stuttgart 2006.
- Wildemann, H. (2005a)**, Betreibermodelle: Ein Beitrag zur Steigerung der Flexibilität von Unternehmen?, in: Kaluza, B., Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität: Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen, München 2005, S. 138–152.

Wildemann, H. (2005b), Leistungstiefenentscheidung und -gestaltung bei KMU der Werkzeug- und Schneidwarenindustrie, München 2005.

Winkler, H. (2005), Konzept und Einsatzmöglichkeiten des Supply Chain Controlling: Am Beispiel einer virtuellen Supply Chain Organisation (VISCO), Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden.

Wolf, K., Runzheimer, B. (2009), Risikomanagement und KonTraG: Konzeption und Implementierung, 5. Auflage, Gabler Verlag.

Zäh, M. F. (2006), Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien: Anwender-Leitfaden zur Auswahl geeigneter Verfahren, München/Wien 2006.

Zäh, M. F., Kellner, I. M. (2009), 3D-Drucken - Eine Zukunftstechnologie, in: ZWF, 2009, 104 (7-8), S. 637-641.

Zäh, M. F., Reinhart, G. (2007), 3D-Erfahrungsforum Innovation im Werkzeug- und Formenbau, in: iwb Seminarberichte 85, 30.–31. Mai 2007 in München, München 2007, S. 1–15.