STUTTGARTER BEITRÄGE ZUR PRODUKTIONSFORSCHUNG

UWE SCHLEINKOFER

»Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen«

Fraunhofer IPA

Universität Stuttgart

STUTTGARTER BEITRÄGE ZUR PRODUKTIONSFORSCHUNG BAND 126

Uwe Schleinkofer

»Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen«

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl[1,2]
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Alexander Sauer[1,3]
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kai Peter Birke[4]
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Marco Huber[1,2]

[1] Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart
[2] Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart
[3] Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) der Universität Stuttgart
[4] Institut für Photovoltaik (ipv) der Universität Stuttgart

Kontaktadresse:

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart
Telefon 0711 970-1100
info@ipa.fraunhofer.de
www.ipa.fraunhofer.de

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.de abrufbar.

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2021

D 93

Druck und Weiterverarbeitung:

Fraunhofer Verlag, Mediendienstleistungen, Stuttgart, 2021
Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Wiedergabe, sind vorbehalten.

Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen

Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktor- Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von

Uwe Schleinkofer, M.Sc.
aus Rottweil

Hauptberichter:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl
Mitberichter:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche

Tag der mündlichen Prüfung: 15.06.2021

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart

2021

Vorwort des Autors

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Leiter des Zentrums für Frugale Produkte und Produktionssysteme am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart.

Mein Dank gilt meinem Doktorvater, Prof. Dr. Thomas Bauernhansl, der mir die Möglichkeit der Promotion in dieser inspirierenden und anspruchsvollen Umgebung ermöglicht sowie mich hierbei mit Rat und Ideen unterstützt hat. Für den Mitbericht bedanke ich mich bei Prof. Dr. Bernd Bertsche, der mit seinem Team am Institut für Maschinenelemente (IMA) immer für eine Diskussion zur Verfügung stand.

Dr. Marco Schneider und Dr. Christoph Birenbaum möchte ich für die Unterstützung sowie den fachlichen Austausch über den gesamten Zeitraum danken. Dies gilt ebenfalls für meine ehemaligen und aktuellen Kollegen. Ein besonderer Dank geht hierbei an Michael Stroka, der mir die gesamten Jahre mit Rat und Tat zur Seite stand.

Der Wilhelm Bahmüller Maschinenbau Präzisionswerkzeuge GmbH und insbesondere Herrn Thomas Stober, Herrn Uwe Kietzmann mit seinem Team sowie der J.G. Weisser Söhne GmbH & Co. KG mit Herrn Thorsten Rettich und seinen Mitarbeitenden, möchte ich für die Unterstützung und den stets konstruktiven Austausch danken.

Für die Unterstützung und Motivation sowie das entgegengebrachte Verständnis während der anspruchsvollen Zeit danke ich meiner Familie, Gottfried Schleinkofer, Elvira Weber und Iris Wenzler. Ein besonderer Dank geht hierbei vor allem an meine bessere Hälfte Katharina.

Uwe Schleinkofer

„Alles sollte so einfach wie möglich sein, aber nicht einfacher."

Albert Einstein

Kurzfassung

Die zunehmende Nachfrage nach kundenspezifischen Lösungen, der wirtschaftliche Aufstieg von Schwellenländern und der verschärfte Preiswettbewerb durch meist nicht-europäische Marktteilnehmer stellen die mittelständisch geprägten Unternehmen des deutschen Maschinenbaus vor neue Herausforderungen. Die Unternehmen sind gefordert, preisgünstige und an lokale Anforderungen angepasste Lösungen zu entwickeln, sogenannte frugale Innovationen. Die Kompetenz zur effizienten und effektiven Anpassung von bestehenden Maschinenkonstruktionen und Unternehmensprozessen an die jeweiligen lokalen Marktbedürfnisse wird zum entscheidenden Wettbewerbsvorteil, denn im Gegensatz zu Anpassungskonstruktionen unterliegen Neukonstruktionen meist hohen Umsetzungs- sowie Einführungsrisiken und erfordern zusätzlich einen hohen Ressourceneinsatz. Für mittelständische Unternehmen ist die Kenntnis darüber wesentlich, wie Maschinen hinsichtlich des Erfolgspotenzials frugaler Innovationen bewertet und weiterentwickelt werden können.

Die in dieser Arbeit vorgestellte Methodik unterstützt die Unternehmen auf strategischer und operativer Ebene. Im Rahmen von drei Phasen wird das Anpassungspotenzial einer bestehenden Maschinenkonstruktion hinsichtlich der Erfolgskriterien frugaler Innovationen identifiziert, bewertet und realisiert. Die Vorgehensweise verknüpft die kurzfristige Fokussierung von Aktivitäten jedes Mitarbeitenden mit den langfristigen Unternehmenszielen. Auf Basis einer empirischen Untersuchung im Maschinen- und Anlagenbau werden zunächst die Anforderungen an die Methodik definiert. Dies ermöglicht die systematische und strukturierte Integration in bestehende Entwicklungsabläufe und -prozesse der Maschinenbauunternehmen. Die iterative Anwendung der Methodik in einem interdisziplinären Kernteam erhöht die Interaktivität und Kommunikation im Unternehmen. Letzteres hilft dem Unternehmen sowohl beim Aufbau eines frugalen Mindsets als auch bei der Umsetzung der erforderlichen Veränderungen. Die Leistungsfähigkeit der Methodik wird durch die praktische Anwendung an zwei Beispielen in unterschiedlichen Teilbereichen des Maschinenbaus nachgewiesen. Durch die Validierung und Reflexion der Methodik wird die Praxistauglichkeit unter Beweis gestellt.

Abstract

Methodology for resource-oriented planning and realization of frugal machinery

The increasing demand for customer-specific solutions, the economic rise of emerging markets and tougher price competition from mostly non-European market participants are creating new challenges for the medium-sized companies in the German mechanical engineering industry. The companies are required to develop cost-effective solutions adapted to local requirements, so-called frugal innovations. The competence to adapt existing machine designs and company processes efficiently and effectively to the respective local market requirements becomes a decisive competitive factor, because other than to adapt designs, new designs are usually exposed to high realization risks as well as introduction risks and also require a high input of resources. For medium-sized companies it is essential to know how machines can be evaluated and improved with regard to the success potential of frugal innovations.

The methodology presented in this work supports companies on a strategic and operational level. In three phases, the adaptation potential of an existing machine design is identified, valued and realized with regard to the success criteria's of frugal innovations. The approach links the short-term focus of each employee's activities with the long-term corporate goals. Based on an empirical study in machinery and plant engineering, the requirements for the methodology are defined first. This enables the systematic and structured integration into existing development procedures and processes of mechanical engineering companies. The iterative application of the methodology in an interdisciplinary core team increases interactivity and communication inside the company. This enables the company to create a frugal mindset and to implement the necessary changes. The efficiency of the methodology is verified by two practical use cases in different areas of mechanical engineering industry. Through the validation and reflection of the methodology, proof of its practicality is provided.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Autors IV

Kurzfassung VI

Abstract VII

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis XII

Abbildungsverzeichnis XV

Tabellenverzeichnis XVIII

1 Einleitung 1

1.1 Ausgangssituation 2

1.2 Problemstellung 4

1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen 5

1.4 Wissenschaftstheoretische Positionierung und Forschungskonzeption 7

1.5 Aufbau der Arbeit 8

2 Grundlagen und Einordnung der Arbeit 9

2.1 Grundlegende Begriffe und Zusammenhänge 9

2.1.1 Begriffsdefinition 9

2.1.2 Unternehmensführung und strategisches Management 11

2.1.3 Ressourcenorientierung und Standortmanagement 14

2.1.4 Produktplanung und -entwicklung 16

2.1.5 Idee, Invention und Innovation 19

2.2 Frugale Innovationen 19

2.2.1 Begriffsdefinition frugal 22

2.2.2 Bedeutung und Herausforderungen frugaler Innovationen 23

2.2.3 Erfolgsfaktoren und Geschäftsmodelle frugaler Innovationen 25
2.2.4 Umsetzungen und Beispiele frugaler Innovationen 26
2.3 Zwischenfazit, Abgrenzung des Untersuchungsbereichs und grundlegende Rahmenbedingungen 27
3 Empirische Untersuchung zur Umsetzung frugaler Maschinen 29
3.1 Forschungsprozess der empirischen Untersuchung 29
3.2 Explorative Voranalyse zu frugalen Maschinen 30
3.2.1 Vorgehen und Durchführung 30
3.2.2 Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse 31
3.3 Fallinterne Analyse zur Umsetzung frugaler Maschinen 34
3.3.1 Fallstudie 1 (Textilmaschinen GmbH) 35
3.3.2 Fallstudie 2 (Papiermaschinen GmbH) 37
3.3.3 Fallstudie 3 (Werkzeugmaschinen GmbH) 39
3.3.4 Fallstudie 4 (Medizingeräte AG) 41
3.3.5 Fallstudie 5 (Sägemaschinen GmbH) 42
3.3.6 Fallstudie 6 (Land- und Forstwirtschaftsgeräte AG) 43
3.3.7 Fallstudie 7 (Reinigungsgeräte GmbH) 45
3.3.8 Abgleich der hypothetischen Anforderungen mit den Fallstudien 46
3.4 Fallübergreifende Analyse und Ableitung von Erfolgsfaktoren 47
3.4.1 Erfolgsfaktoren auf Unternehmensebene 48
3.4.2 Erfolgsfaktoren auf Geschäftsbereichsebene 49
3.4.3 Erfolgsfaktoren auf Funktionsbereichsebene 50
3.5 Zwischenfazit 51
4 Stand des Wissens und Handlungsbedarf 54
4.1 Anforderungen an die Methodik 54
4.1.1 Allgemeine Anforderungen 54
4.1.2 Spezielle Anforderungen 55

4.2 Diskussion relevanter Entwicklungsansätze 58
4.2.1 Methoden und Ansätze zur Entwicklung frugaler Innovationen 58
4.2.2 Methoden der strategischen Produktplanung und -entwicklung 69
4.2.3 Ansätze der Unternehmensführung und -steuerung 75
4.3 Zwischenfazit und Herleitung des Handlungsbedarfs 78
5 Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen 81
5.1 Konzeption des Frameworks 81
5.2 Initialisierung 88
5.2.1 Teamzusammenstellung 88
5.2.2 Erforderliche Grundvoraussetzungen 89
5.3 Phase I - Visions- und Strategieentwicklung 90
5.3.1 Prüfung der Grundvoraussetzungen mittels Checkliste (I.I) 90
5.3.2 Charakterisierung des Unternehmens (I.II) 91
5.3.3 Zielbild definieren und Strategien ableiten (I.III) 94
5.4 Phase II - Potenzialidentifikation 96
5.4.1 Charakterisierung der Maschine (II.I) 96
5.4.2 Identifikation des Anpassungspotenzials (II.II) 98
5.4.3 Ergebnisdarstellung als Entscheidungsbasis (II.III) 104
5.5 Phase III - Umsetzung und Erfolgsmessung 108
5.5.1 Auswahl und Definition der Potenziale (III.I) 109
5.5.2 Umsetzung der ausgewählten Potenziale (III.II) 110
5.5.3 Erfolgsmessung zur Sicherung der Zielerreichung und Motivation (III.III) 113
6 Validierung der Methodik anhand umgesetzter Beispiele 114
6.1 Ausgangssituation Validierungsbeispiel 1 114
6.1.1 Vorstellung Unternehmen und Maschine 115
6.1.2 Herausforderung und Zielsetzung 116
6.2 Initialisierung des Anwendungsbeispiels 117

6.3 Phase I - Visions- und Strategieentwicklung 117
6.3.1 Prüfung der Voraussetzungen und Unternehmenscharakterisierung (I.I & I.II) 117
6.3.2 Leitbild und Strategie des ersten praktischen Beispiels (I.III) 118
6.4 Phase II - Potenzialidentifikation 119
6.4.1 Charakterisierung der Beispielmaschine (II.I) 119
6.4.2 Anpassungspotenzial der Beispielmaschine identifizieren (II.II) 120
6.4.3 Entscheidungsbasis zur Umsetzung der Potenziale (II.III) 122
6.5 Phase III - Umsetzung und Erfolgsmessung 123
6.5.1 Definition der Potenziale der ersten Beispielmaschine (III.I) 124
6.5.2 Umsetzung und Erfolgsmessung der Potenziale (III.II & III.III) 124
6.6 Zusammenfassung und Ergebnisse des Validierungsbeispiel 1 126
6.7 Validierungsbeispiel 2 130
6.7.1 Vorstellung Unternehmen und Maschine 130
6.7.2 Herausforderung und Zielsetzung 131
6.7.3 Initialisierung des Anwendungsbeispiels 131
6.7.4 Phase I - Visions- und Strategieentwicklung 131
6.7.5 Phase II - Potenzialidentifikation 132
6.7.6 Phase III - Umsetzung und Erfolgsmessung 134
6.7.7 Zusammenfassung und Ergebnisse 135
6.8 Kritische Reflexion 138
7 Zusammenfassung und Ausblick 142
7.1 Zusammenfassung 142
7.2 Ausblick 144
8 Literaturverzeichnis 147
9 Anhang 179

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

BSC	Balanced Scorecard
BGM	Bahmüller und Göpfert Maschinen
CPS	cyberphysische Systeme
EOL-A	End-of-Line-Automation
HA	hypothetische Anforderung
HB	Handlungsbedarf
HK	Herstellkosten
i.A.a.	in Anlehnung an
Id.	Index
IFF	Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IMA	Institut für Maschinenelemente
IPA	Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KPI	Key Performance Indicator
KR	Key Results
MVP	Minimum Viable Product
O	Objective

OEM	Original Equipment Manufacturer
OKR	Objectives and Key Results
P	Propositionen
PEP	Produktentstehungsprozess
PLM	Produkt-Lebenszyklus-Management
QFD	Quality Function Deployment
RPFM	Ressourcenorientierte Planung und Umsetzung Frugaler Maschinen
S-TEC	Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats
TCO	Total Cost of Ownership
TRIZ	Theorie des erfinderischen Problemlösens
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
vgl.	vergleiche

Symbole / Variablen

$\sum$	Summe
a	Anzahl Produkteinheiten
b_max	maximale Bewertungspunktzahl
D	Differenz
F	Frugalität
F_k	Frugalitäts-Kriterien-Wert

F_F	Frugalitäts-Kriterien-Wert „functional“
F_R	Frugalitäts-Kriterien-Wert „robust“
F_U	Frugalitäts-Kriterien-Wert „user-friendly“
F_G	Frugalitäts-Kriterien-Wert „growing“
F_A	Frugalitäts-Kriterien-Wert „affordable“
F_L	Frugalitäts-Kriterien-Wert „local“
$F_{k_PE_Soll}$	Soll-Frugalität eines Kriteriums der Produkteinheit
$F_{k_PE_Ist}$	Ist-Frugalität eines Kriteriums der Produkteinheit
$F_{k_PE_D}$	Frugalitätsdifferenz eines Kriteriums der Produkteinheit
k	Kriterium
m	Anzahl Produktmerkmale
M	Maschine
PE	Produkteinheit
y	Bewertung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Forschungskonzeption und Aufbau der Arbeit in Anlehnung an Ulrich 8

Abbildung 2: Integriertes System der Unternehmensführung in Anlehnung an Dillerup 12

Abbildung 3: Einordnung der Produktplanung in den PEP in Anlehnung an Schuh 16

Abbildung 4: Darstellung der Produktarchitektur sowie die Zusammenhänge zwischen Produkt- und Funktionsstruktur i.A.a. Lindemann und Feldhusen 17

Abbildung 5: Konstruktionsarten und -phasen mit zugehörigem Konstruktionsaufwand/Innovationsgrad in Anlehnung an Schuh 18

Abbildung 6: Übersicht der Kostenarten und Kosteneinsparungen bei Produkten 18

Abbildung 7: Klassifizierung und Beschreibung der „resource-constrained innovations“ i.A.a. Zeschkey et al. (links) sowie von acht Ansätzen i.A.a. Brem et al. (rechts) 20

Abbildung 8: Verwendung der „frugal“ Begriffe sowie deren Bedeutung 23

Abbildung 9: Positionierung frugaler Produkte in Anlehnung an Knapp 24

Abbildung 10: Beispiele frugaler Produkte 26

Abbildung 11: Schematische Darstellung der Wertschöpfungskette frugaler Produkte 27

Abbildung 12: Anforderungen an die Methodik 57

Abbildung 13: „A modular-based approach“ in Anlehnung an Belkadi 66

Abbildung 14: Bewertung der Anforderungserfüllung bestehender Ansätze 79

Abbildung 15: Framework der RPFM-Methodik 83

Abbildung 16: Teamzusammenstellung für die RPFM-Methodik und inhaltliche Schwerpunkte je Phase 89

Abbildung 17: Prüfung der Grundvoraussetzungen für die Anwendung der Methodik 90
Abbildung 18: Angepasste SWOT-Analyse zur Unternehmenscharakterisierung 93
Abbildung 19: Aufbau eines Maßnahmenkatalogs für die Produkt- und Prozessoptimierung im Rahmen der RPFM-Methodik 94
Abbildung 20: Übersichtsgrafik zur Visions- und Strategieentwicklung 95
Abbildung 21: Beispielhafte Kernfunktion-Kostenanalyse auf Baugruppenebene 98
Abbildung 22: Beispielhafte unternehmensspezifische Definition von frugal mit 24 Produktmerkmalen (links) und paarweiser Vergleich zur Gewichtung und Normierung der sechs stellvertretenden Produktmerkmale (Roland Berger Akronym) (rechts) 101
Abbildung 23: Beispielhafte Bewertung des Erfüllungsgrads von drei Produkteinheiten anhand zweier FRUGAL-Kriterien mit je drei unternehmensspezifischen Produktmerkmalen 102
Abbildung 24: Beispielhafte Bewertung von fünf Maßnahmen im Katalog in der Kategorie Produkt und Unterkategorie Baugruppe 1 103
Abbildung 25: Beispielhafte Gesamtauswertung mit der Frugalität-Kosten-Matrix von zwei Produkteinheiten (links) und Kosten-Nutzen-Matrix der Maßnahmen von Produkteinheit 1 (rechts) als Entscheidungsbasis für Phase III 105
Abbildung 26: Beispielhafte Darstellung der Soll-/ Ist-Frugalitäts-Kriterien-Werte einer Produkteinheit (links) und die Frugalitätsdifferenz zweier Produkteinheiten (rechts) 108
Abbildung 27: Prozessuale Übersichtsgrafik zum Vorgehen der Potenzialentwicklung 109
Abbildung 28: Beispielhafte RPFM-OKR-Tabelle für die Status-Update-Meetings zur Erfassung der Umsetzungsstände für die Erfolgsmessung 112
Abbildung 29: Beispielhafte Erfolgsmessung in sechs Fachbereichen bei der Umsetzung einer frugalen Maschine 113
Abbildung 30: Vereinfachte Darstellung der Prozesskette zur Warenverpackung 115
Abbildung 31: Bahmüller EOL-Automation (Version 3) 116

Abbildung 32: Soll-Ist-Vergleich der Frugalitäts-Kriterien-Werte bezogen auf die Produkteinheit Maschine (links) und die Frugalitätsdifferenz je Modul (rechts) 122
Abbildung 33: Gesamtauswertung mit Frugalität-Kosten-Matrix der bestehenden EOL-Automation (links) und Maßnahmen für Modul-4 in einer Kosten-Nutzen-Matrix (rechts) 123
Abbildung 34: Beispielhafte Darstellung optimierter Produkteinheiten 125
Abbildung 35: Prototyp der End-of-Line-Automation 4.0 (2020) bei der Inbetriebnahme 126
Abbildung 36: Vergleich der alten (EOL-A 3) und neuen (EOL-A 4.0) Maschine – Veränderung der Frugalitäts-Kriterien-Werte hinsichtlich der Soll-Frugalität (links) und Veränderung der Module hinsichtlich Frugalität und Kosten (rechts) 127
Abbildung 37: Übersicht der Ergebnisse des Validierungsbeispiels 1 mit Vergleich zur Referenzmaschine und den Zielwerten des Frugalprojekts 129
Abbildung 38: Weisser Pick-up-Drehmaschine (Univertor IV) 130
Abbildung 39: Soll-Ist-Vergleich der Frugalität der gesamten Pick-up-Drehmaschine (links) und der Frugalität-Kosten-Matrix auf Baugruppenebene (rechts) 133
Abbildung 40: Darstellung der Projektübersichtsseite des RPFM-Tools im Validierungsbeispiel 2 mit der grafischen und numerischen Ergebnisdarstellung der Umsetzung 134
Abbildung 41: Montage (links) und Inbetriebnahme (rechts) des frugalen Prototypen .. 135
Abbildung 42: Vergleich der Frugalitäts-Kriterien-Werte der alten und neuen Pick-up-Drehmaschine hinsichtlich der Soll-Frugalität (links) und Frugalitäts-Kosten-Matrix hinsichtlich der Veränderung der Baugruppen der Pick-up-Drehmaschine (rechts) 137
Abbildung 43: Bewertung der Methodik hinsichtlich der Anforderungen durch die Teilnehmenden der Validierung 138

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung von Strategien in Anlehnung an Dillerup und Bea 14

Tabelle 2: Übersicht der bestätigten hypothetischen Anforderung je Fallstudie 47

Tabelle 3: Handlungsbedarf aus Wissenschaft und Praxis 80

Tabelle 4: Bereichsübergreifende aktivierende Projektziele für die Umsetzung frugaler Maschinen mit den Objectives nach den (*) Kriterien von Weyrauch et al. 2016 87

Tabelle 5: Beispielhafte Auswertung der Selbsteinschätzung interner Prozesse 92

Tabelle 6: Wissensaufbauliste zur Planung und Umsetzung frugaler Maschinen 100

Tabelle 7: FRUGAL-Kriterien nach Roland Berger und die von Bahmüller definierten 24 Produktmerkmale zur unternehmensspezifischen Definition von frugal 121

Tabelle 8: Beispielhafte Darstellung der RPFM-OKR-Tabelle für das Modul-4 der EOL-Automation mit dem Objective der substantiellen Kostenreduktion 124

Tabelle 9: Rahmenbedingungen und Ergebnisse der beiden Umsetzungsbeispiele 140

1 Einleitung

„Nicht mit Erfindungen, sondern mit Verbesserungen macht man Vermögen." (Schmitz 2005, S. 165) Diese Weisheit, die als Devise des US-amerikanischen Gründers Henry Ford bekannt ist, beschreibt die Problemstellung der praxisbezogenen wie auch wissenschaftlichen Diskussion rund um die Entwicklung ressourcenorientierter Wertschöpfungssysteme, mit der sich Unternehmen und die Wissenschaft derzeit auseinandersetzen. Die Wirtschaft des 21. Jahrhunderts ist von einem Wandel des Konsum- und Medienverhalten der Gesellschaft geprägt, was sowohl Ursache und Wirkung der Digitalisierung ist und Unternehmen dazu zwingt, auf die neu entstandenen Bedürfnisse nach Schnelligkeit und Individualität zu reagieren. (Graf 2016, S. 113) Speziell das produzierende Gewerbe, dem vielfach die Funktion eines Mittlers zwischen Vorprodukt- und Absatzmärkten zugeschrieben wird, sieht sich im Zuge des steigenden globalen Wettbewerbsdrucks und einer wachsenden Umfelddynamik damit konfrontiert, den Erfolgsfaktoren seiner Geschäftsmodelle auf den Grund zu gehen. (Froitzheim et al. 2016, S. 16–18) Die Erfüllung individueller produktspezifischer Kundenwünsche, im Rahmen schwindender Qualitätsunterschiede konkurrierender Produkte, sehen Experten als Schlüsselfaktor für die Unternehmen. (Zeeb 2016, S. 760)

Der Maschinenbau ist in Deutschland eine der wichtigsten Branchen im produzierenden Gewerbe und ein entsprechend volkswirtschaftlich bedeutender Industriezweig. (StBA 2019a) Charakteristisch für den Sektor sind die mittelständisch geprägte Betriebsstruktur und die hohe Exportausrichtung. (Wiechers et al. 2019, S. 4) Begründet durch die gegenwärtig zu beobachtende Dynamisierung der Märkte, sehen sich der deutsche Maschinenbau ebenso wie auch andere Traditionszweige mit einer neuen Ressourcenallokation von Wissen, Kapital, Rohstoffen und Zeit konfrontiert. Die ökonomischen Umstrukturierungen in Folge des Abbaus von tarifären Handelshemmnissen und der Liberalisierung der Märkte haben zu grundlegenden Veränderungen auf den Absatzmärkten geführt. (Wack 2018, S. 7, 38, 63) Die Branche muss sich verstärkt mit neuen Konkurrenten messen, überwiegend aus dem asiatischen Raum, die mit steigender

Qualität und günstigeren Produkten die exponierte (Welt-)Machtstellung im High-End-Segment des deutschen Maschinenbaus angreifen. (IMPULS-Stiftung 2014, S. 28) Begleitet werden letztere Entwicklungen von zurückgehenden der Informations- und Transportkosten, die ebenfalls exportorientierte Marktentwicklungen fordern. (Humann et al. 2019, S. 4) Die Fähigkeit, die neu entstandene Komplexität effektiv zu steuern, wird zum entscheidenden Wettbewerbsvorteil für die deutschen Maschinenbauunternehmen. Zur Komplexitätsbeherrschung können praxistaugliche flexible IT-Lösungen als Enabler im Kontext der Industrie 4.0 dienen. (Bauernhansl et al. 2015, S. 29) Der Wandel des Maschinenbausegments wirft die Frage nach durchdachten Internationalisierungs- und Wettbewerbsstrategien sowie Ansätzen zur besseren Antizipation und kontinuierlichen Optimierung des Produkt-/Portfoliowerts auf. (McKinsey et al. 2014, S. 8–10) Nachdem sich die Wissenschaft und Forschung über lange Jahre verstärkt dem Aufbau tragfähiger Maschinenkonzepte gewidmet hat, richtet sich nun der Blick auf Methoden zur Anpassung und Optimierung der Wertschöpfungskette. (IMPULS-Stiftung 2014, S. 28) Die vorliegende Arbeit untersucht Ansätze, um schrittweise die kulturelle Anpassung (Lokalisierung) der Maschinen voranzutreiben und attraktive Optionen zu entwickeln, die den Anforderungen lokaler Kunden gerecht werden. Dazu werden verschiedene frugale Konzepte und deren Entstehungsprozesse näher betrachtet, die die Entwicklung oder Anpassung von Produkten auf spezifische Märkte und Kulturen fokussieren. Unter frugalen Konzepten wird somit die kundenorientierte Produktentwicklung verstanden, die im Zuge einer konzentrierten Ausrichtung auf die relevanten Kernfunktionalitäten eines Produktes erreicht wird. Diese Arbeit leistet hier Unterstützung durch die Erarbeitung einer kontextspezifischen und zugleich transdisziplinären Methodik zur Entwicklung von solchen benutzerfreundlichen, funktionalen und zugleich erschwinglichen Maschinen.

1.1 Ausgangssituation

Aus den Fortschritten im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) entspringt eine disruptive Energie, die Auswirkungen auf das Konsumverhalten und somit auf alle Branchen, Märkte und Produkte hat. Die Art und Weise, wie die heutige Gesellschaft konsumiert, verändert sich in einer noch nie dagewesenen Geschwindigkeit. Unternehmerische

Flexibilität, also der kompetente Umgang mit Veränderungen, ist damit eine der wichtigsten Anforderungen an Unternehmen in einer immer schnelllebigeren Welt. (Bauernhansl et al. 2015, S. 22–26) Krys et al. zufolge wird die heutige Gesellschaft gleich von mehreren Megatrends geprägt und beeinflusst. (Krys et al. 2017a; Krys et al. 2017b; Krys et al. 2017c; Mikfeld 2017; StBA 2018) An erster Stelle sind die Globalisierung und das Wachstum von Zukunftsmärkten zu nennen, die weiter die Haupttreiber der Weltwirtschaft bleiben werden. (Krys et al. 2017a) Studien und Prognosen zufolge verschieben sich die Anteile des globalen Bruttoinlandsprodukts von Nordamerika und Europa überwiegend nach Asien-Pazifik, unterstützt durch den prognostizierten Anstieg der globalen Mittelklasse um rund 600 Prozent, im Zeitraum von 2010 bis 2030. (Kharas et al. 2010, S. 37; Krys et al. 2017a, S. 7) Vier von fünf Konsumenten der globalen Mittelklasse werden in Zukunft außerhalb Europas und den USA leben, weshalb die ökonomische Bedeutung dieser Konsumenten und Märkte für Unternehmen der Industrieländer stetig zunimmt. (Knapp et al. 2015, S. 5; StBA 2018; Wiechers et al. 2019, S. 4–5) Ein weiterer Megatrend ist die Verknappung von Ressourcen. (Krys et al. 2017b) Insbesondere Unternehmen mit mittelständischen Strukturen sind hiervon betroffen, da sie häufig neue Marktchancen nicht aus eigenen Mitteln heraus ergreifen können, sondern auf die Kooperation mit Industriepartnern angewiesen sind, um langfristig tragfähige Strategien umzusetzen. (Widmaier 2000, S. 280ff.) Zu den genannten marktbezogenen Herausforderungen sehen sich Unternehmen zusätzlich mit neuen Ansprüchen von Kundenseite konfrontiert. Der erkennbare Trend zur freiwilligen Bescheidenheit und zu einem moderaten Lebensstil sind Themen, die in den vergangenen Jahren immer stärker in den Fokus gerückt sind. Die immer älter werdende Gesellschaft, aber auch der Lebensstil der Generationen Y und Z, verlangt auf den Nutzen fokussierte hochwertige Produkte zu erschwinglichen Preisen. (Tiwari et al. 2018a, S. 56; Hayllar et al. 2019, S. 14) In unmittelbarem Zusammenhang steht auch der Trend der „hybriden Konsumenten“. Diese Personen zeichnen sich sowohl durch eine hohe Preissensitivität als auch ein starkes Markenbewusstsein aus. (Esch 2019, S. 15–17)

Im Kontext einer langfristig ausgerichteten Unternehmenspolitik gilt es, unter Berücksichtigung der aktuellen Herausforderungen am Markt, tragfähige Lösungen zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit zu entwickeln. Die oben genannten Trends und die resultierenden Chancen zur Steigerung der Absatzpotenziale liefern gute Gründe um Unternehmen und Produkte auf die

preissensitiven Märkte auszurichten. (Dehnen 2012, S. 167; Bauknecht et al. 2013, S. 15) Letzteres erfordert eine Kosteneffizienz und Kundenorientierung über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg. Bei Gegenüberstellung dieser Anforderungen mit den bereits aufgeführten Grenzen im Zuge von gegebenen Ressourcenkonstellationen vieler Maschinenbauunternehmen wird die Komplexität passender Fertigungs- und Vermarktungsprozesse deutlich. (Lindemann 2016, S. 116) Es müssen bestehende Entwicklungs- und Produktionsprozesse modifiziert und der Ressourceneinsatz optimiert werden. In betriebswirtschaftlichen Diskussionen wird der Innovationsansatz frugal, welcher der Mass Customization und Personalisation untergeordnet wird, als tragfähige Lösung debattiert. (Bauernhansl et al. 2014, S. 10; Mourtzis et al. 2016, S. 229–230; Radjou et al. 2016, S. 46–58) Dabei geht es um das gezielte Ausschöpfen von Effizienzvorteilen durch eine Fokussierung auf das Wesentliche. Letzteres erfordert eine höhere Flexibilität von Produkt und Produktion sowie einen größeren Fokus auf die Anschaffungs- und Nutzungskosten der Produkte. (Winterhalter et al. 2017, S. 11; Weyrauch 2018, S. 41–42).

1.2 Problemstellung

Der Wettbewerbs- und Innovationsdruck im deutschen Maschinenbau hat sich in den letzten Jahren stark erhöht, da im Zuge der Digitalisierung eine Fragmentierung der Leistungen über viele Anbieter stattgefunden hat. (Krys et al. 2017c, S. 43–44) Diese Entwicklungen fordern von Unternehmen komplexe Strategien bezüglich der richtigen, von Kunden gefragten Produktpalette, tragbarer Globalisierungsstrategien sowie der Maßnahmen zu Kundenbindung und Neukundengewinnung. Im Bereich der High-End-Maschinen sind die deutschen Hersteller weltweit sehr gut aufgestellt. Die Branche hat jedoch Schwierigkeiten, bedarfsgerechte Lösungen zu wettbewerbsfähigen Preisen für preissensitive Märkte zu entwickeln. Das stark wachsende mittlere Marktsegment wird nahezu komplett von der asiatischen Konkurrenz bedient und der deutsche Maschinenbau wird zunehmend in die absatzschwächeren High-End-Nischenmärkte verdrängt. (IMPULS-Stiftung 2014, S. 28; Andersch AG 2015, S. 23) Wie in der Ausgangssituation (Kapitel 1.1) dargestellt, werden die Anforderungen des Kunden immer spezieller. Im Zuge der zunehmenden Hybridisierung der Kunden gilt es in Zukunft, die Bedürfnisse der Zielgruppen

genauer zu kennen und in ein passendes Preis-Leistungs-Verhältnis umzusetzen. Letzteres entspricht einer Personalisierung in Industrieländern und Lokalisierung in Entwicklungs- und Schwellenländer von Produkten und Maschinen. (Bauernhansl et al. 2014, S. 10) Oft kommt es bei der Planung und Potenzialabschätzung von Zukunftsmärkten beispielsweise aufgrund ineffizienter Unternehmensprozesse zu erheblichen Komplikationen. Bestehende Defizite in der systematischen Analyse und der strukturierten Bewertung von Umsetzungsprozessen führen dazu, dass verschiedene Merkmale, wie begrenzte Ressourcen, nicht adäquat methodisch berücksichtigt werden. Die zentrale Problemstellung der Planung und Umsetzung frugaler Maschinen besteht darin, aus einer Vielzahl von internen und externen Einflussgrößen sowie Restriktionen eine Entscheidung systematisch und unter Berücksichtigung der knappen Ressourcen mittelständischer Unternehmen herbeizuführen. Für die komplexe Planungsausgabe müssen sowohl qualitative als auch quantitative Faktoren berücksichtigt und bewertet werden, um das Umsetzungs-, Markt- und Technologierisiko in einem ganzheitlichen Ansatz zu reduzieren. (Schuh 2012, S. 90)

Dem Maschinenbau steht derzeit keine methodische Unterstützung zur Planung frugaler Maschinen aus dem Bereich der angewandten Produktionsforschung zur Verfügung. Es existieren lediglich Beschreibungen des Innovationsansatzes „frugal“ sowie erste Problemlösungsansätze aus einer stark vereinfachten und allgemein gültigen Perspektive. (McMurray et al. 2020)

1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen

Die vorliegende Arbeit untersucht die Umsetzung frugaler Maschinen unter Berücksichtigung eingeschränkter Ressourcenverfügbarkeit (beispielsweise Zeit und Kapital) in typischen mittelständischen Maschinenbauunternehmen. Das umfasst die Durchführung und Ergebniserzielung von festgelegten Maßnahmen durch die mit den Aufgaben betrauten Mitarbeitenden, welche von der Unternehmensführung gesteuert werden. (Dillerup et al. 2016, S. 46) Die eingangs dargestellten Handlungs- und Forschungsbedarfe werden mit der Konzeption und Entwicklung einer Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen adressiert. Die Planung umfasst das systematische, zukunftsbezogene und durchdachte Festlegen

von Zielen, Maßnahmen, Mitteln und Wegen, die zur Zielerreichung des Unternehmens beitragen sollen. (Dillerup et al. 2016, S. 50) Ziel dieser Arbeit ist somit die Erarbeitung einer Methodik, die Unternehmen bei der Entscheidungsfindung unterstützt, ob eine frugale Maschine entwickelt werden soll. Weiter soll die Methodik die Entwicklung der Maschine hinsichtlich der Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Innovationen fokussieren. Dabei werden die Losgröße und die Unternehmensgröße berücksichtigt. Die zu entwickelnde Methodik soll die strategische und operative Ebene bei der Planung und Umsetzung der Aktivitäten zielgerichtet unterstützen, um einen Effizienzvorteil und somit eine Sicherung der Maschinenbauunternehmen im Wettbewerb zu erreichen. Der Entwicklungsprozess wird auf Anpassungskonstruktionen fokussiert. Letztere besitzen bereits einen technologischen Kern, der in ein frugales System überführt werden muss. Aus der Zielsetzung resultiert folgende handlungsleitende Forschungsfrage:

„Wie können deutsche mittelständische Maschinenbauunternehmen die Entwicklung frugaler Maschinen methodisch und unter eingeschränkter Ressourcenverfügbarkeit umsetzen?“

Die handlungsleitende Forschungsfrage beinhaltet folgende vier Unterfragen:

1. Wie müssen die Abläufe zur Entwicklung frugaler Maschinen im Unternehmen eingebunden und strukturiert sein?
2. Welchen Einfluss üben die Losgröße und die begrenzte Ressourcenverfügbarkeit bei (mittelständischen) Unternehmen auf den Entwicklungsprozess aus?
3. Unter welchen Voraussetzungen gelingt ein Entwicklungsprozess, der auf Anpassungskonstruktion fokussiert ist?
4. Wie können bestehende Entwicklungsmethoden in die Methodik integriert werden?

1.4 Wissenschaftstheoretische Positionierung und Forschungskonzeption

Zur Systematisierung von Forschungszielen und der darauf angewandten Forschungsmethoden kann eine wissenschaftstheoretische Einordnung durchgeführt werden. Letztere orientiert sich am Mehrwert aus Sicht der angewandten Produktionsforschung und wird wie folgt formuliert:

Kenntnis darüber, wie Maschinen hinsichtlich des Erfolgspotenzials frugaler Innovationen vor dem Hintergrund häufig eingeschränkter Ressourcenverfügbarkeit mittelständischer Unternehmen bewertet und weiterentwickelt werden können, um aus dem aktuellen Produktportfolio eine frugale Maschine zu generieren.

Entsprechend der Zielsetzung dieser Arbeit ist den Entscheidungsträgern ein wissenschaftlich fundiertes Lösungsverfahren für ein konkretes Problem in der Praxis zur Verfügung zu stellen. Der in sich geschlossene und praxisorientierte Forschungsprozess ist aus Sicht der Wissenschaft dem Bereich der angewandten Wissenschaft (Handlungswissenschaften) unter den Realwissenschaften zuzuordnen. Die Analyse menschlicher Handlungsalternativen steht hierbei im Vordergrund, um Entscheidungsprozesse zur Gestaltung sozialer und technischer Systeme zu entwickeln. Die angewandte Wissenschaft umfasst sowohl die Ingenieurswissenschaft als auch Betriebswirtschaft. Entsprechend dem Vorgehen nach Ulrich findet eine Auseinandersetzung mit subjektiv wahrgenommenen Wirklichkeitsausschnitten statt, die anschließend generalisiert werden, um Handlungsalternativen abzuleiten. (Ulrich et al. 1976, S. 305–306) Die grundlegende Struktur dieser Arbeit orientiert sich an der forschungsmethodischen Vorgehensweise für angewandte Wissenschaft nach Ulrich. Der Prozess ist grundsätzlich in zwei Bereiche aufgeteilt, einen theoretischen und einen empirischen Teil. Im theoretischen Teil findet eine systematische (Literatur-)Analyse zur Erarbeitung theoretischer Zusammenhänge, Problemfelder und bestehender Ansätze statt. Im empirischen Untersuchungsteil wird anhand konkreter Maschinen und Anwendungen aus dem Maschinenbau eine Methodik konzipiert und validiert. (Ulrich 2001, S. 195) Nach diesem Forschungsansatz hat der Praxisbezug die oberste Priorität. Der vorläufige Forschungsprozess endet erst nach einer erfolgreichen Validierung und Implementierung der entwickelten Methode in der Unternehmenspraxis. (Ulrich 1984, S. 193)

1.5 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit wurde entsprechend dem in Kapitel 1.4 vorgestellten Forschungskonzept gestaltet und in Anlehnung an die angewandte Forschung nach Ulrich in Abbildung 1 dargestellt. (Ulrich 2001, S. 195)

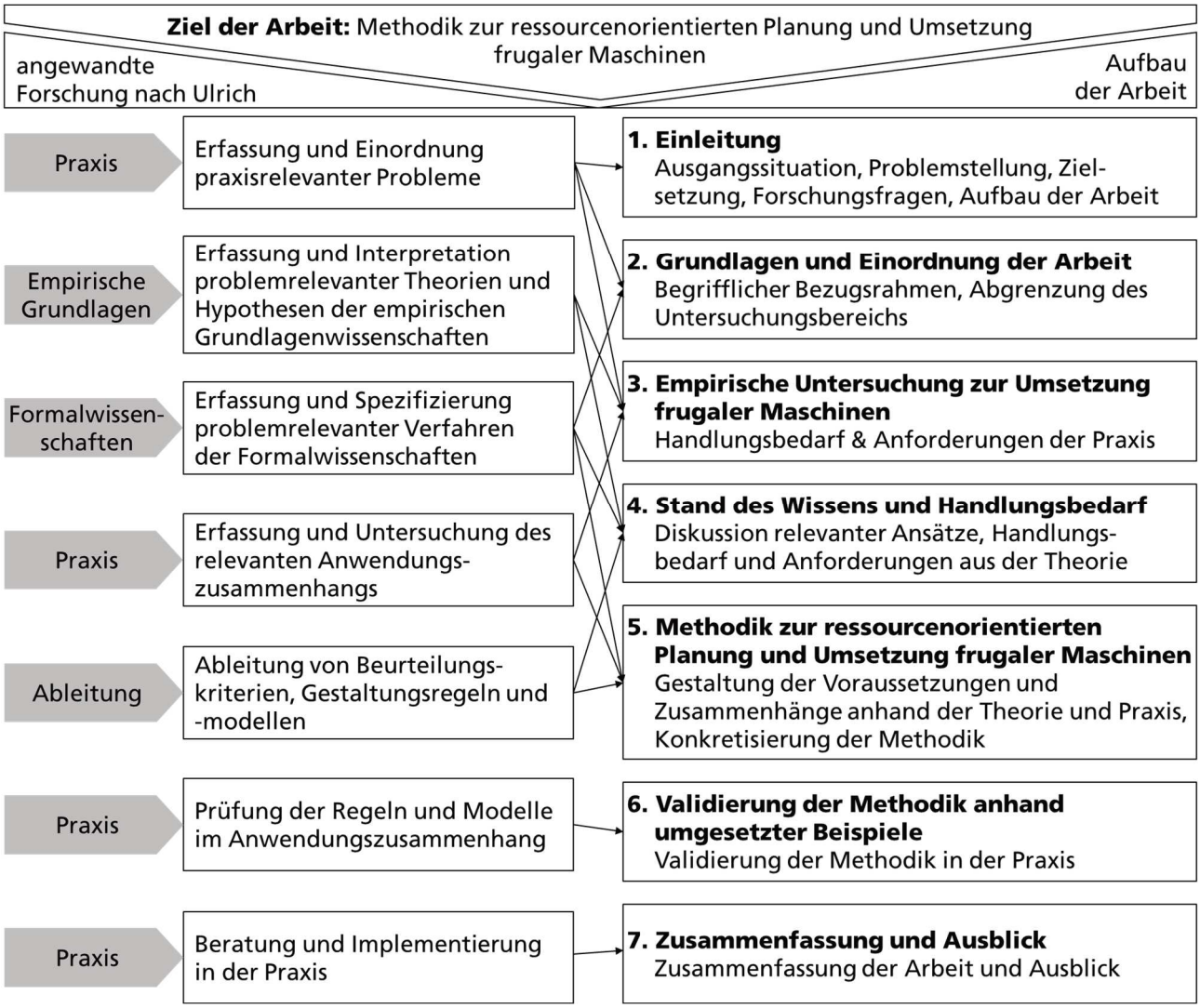


Abbildung 1: Forschungskonzeption und Aufbau der Arbeit in Anlehnung an Ulrich[1]

[1] Ulrich 2001, S. 195

2 Grundlagen und Einordnung der Arbeit

In diesem Kapitel werden für die Arbeit relevante grundlegende Begrifflichkeiten und Zusammenhänge dargestellt. Diese dienen im Weiteren der systematischen Einordnung und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs dieser Arbeit.

2.1 Grundlegende Begriffe und Zusammenhänge

Gegenstand dieses Abschnitts ist die Definition der erforderlichen Begriffe, um ein einheitliches Verständnis zu schaffen. Darüber hinaus werden grundlegende Zusammenhänge dargestellt.

2.1.1 Begriffsdefinition

Methodik und Methode

Auf das Forschungsfeld der Ingenieurwissenschaften übertragen beschreibt der Begriff „Methodik" in Anlehnung an Laufenberg ein interagierendes System von Modellen, Methoden und Hilfsmitteln zur Lösung einer theoretischen wie auch praktischen Aufgabenstellung. (Laufenberg 1996, S. 6ff.) Eine Methode zeichnet sich durch ein planmäßiges Vorgehen zur Erlangung von (wissenschaftlichen) Erkenntnissen aus. (Dudenverlag 2020a)

Ressourcen, Fähigkeiten und Wissen

Unternehmensressourcen können in drei Kategorien klassifiziert werden: „physical capital resources", „human capital resources" und „organizational capital resources". (Barney 1991, S. 101) Unter dem Begriff „Ressourcen" werden somit materielle und immaterielle Güter verstanden, welche zur Leistungserstellung eines Unternehmens erforderlich sind. (Dillerup et al. 2016, S. 17; Müller-Stewens et al. 2016, S. 195–197) Um aus den vorhandenen Ressourcen Effizienzvorteile für das Unternehmen gewinnen zu können sind unternehmensspezifische Fähigkeiten

erforderlich, welche anwendungsbezogenes Wissen beinhalten. (Amit et al. 1993, S. 35; Dillerup et al. 2016, S. 18) Diese sogenannten organisationalen Fähigkeiten beinhalten komplexe Interaktions-, Koordinations- und Problemlösemuster, die auf Basis bestehenden Wissens über eine organisationale Routine entwickelt werden. (Amit et al. 1993, S. 35; Müller-Stewens et al. 2016, S. 197) Wissen wird hierbei als interpretierte und vernetzte Information bezeichnet, welche es dem Träger ermöglicht Handlungskompetenzen aufzubauen und hiermit Ziele des Unternehmens zu erreichen. (Götz et al. 2004, S. 199; Dillerup et al. 2016, S. 849) Der Träger kann innerhalb (internes Wissen) oder außerhalb (externes Wissen) einer Organisation sein. Das organisationale Wissen setzt sich aus allem individuellen (eine Person) und kollektiven (mehrere Personen/Gruppe) Wissen zusammen, auf welches ein Unternehmen Zugriff hat. Differenziert wird weiter nach implizitem (subjektive, persönlich, kontextspezifisch, größtenteils unbewusst, schwer zu dokumentieren) und explizitem (objektiv, systematisiert und formal dokumentiert) Wissen. (Dillerup et al. 2016, S. 853) Zunehmend werden Informationen rund um den Entscheidungsprozess des Kunden erfasst und Wissen aufgebaut. Die dadurch entstehende direkte Beeinflussung der Entscheidungen und Handlungen der Mitarbeitenden wird unter dem Begriff der aktivitätsorientierten Customer Centricity zusammengefasst. (Reinhardt 2020, S. 177–178)

Robustheit und Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit technischer Komponenten und Systeme ist definiert als die Wahrscheinlichkeit, mit der sich die Komponente oder das System zu einem bestimmten Zeitpunkt oder während eines Zeitintervalls unter definierten Randbedingungen in einem funktionsfähigen Zustand befindet. (Bertsche et al. 2004, S. 1) Die Robustheit eines Produktes oder Prozesses beschreibt die Fähigkeit, eine Funktion auch unter dem Einfluss von Störparametern mit einer gleichbleibend hohen Qualität zu erfüllen. (Gausemeier et al. 2012, S. 47–54)

Maschinenbau und mittelständische Unternehmen

Der Maschinenbau gehört mit 1,064 Millionen Beschäftigten (2019) zu bedeutendsten Branchen der deutschen Wirtschaft. (Wiechers et al. 2020, S. 16) Knapp 85 Prozent der 6.380 Maschinenbauunternehmen (2019) lassen sich den „Kleinen und Mittleren Unternehmen“ (KMU) zuordnen, welche wiederum circa 30 % des Maschinenbauumsatzes erwirtschaften. (StBA

2019b; StBA 2020) Der Begriff KMU ist quantitativ geprägt und bezieht sich auf die Unternehmensgröße. (Becker et al. 2008, S. 5) So zählt die Europäische Kommission Unternehmen bis zu 249 Mitarbeitern zu den KMUs, wohingegen die Definition des Instituts für Mittelstandsforschung Bonn bis zu 499 Mitarbeiter zulässt. (Europäische Kommission 2003; Günterberg 2012, S. 174–175) Der Begriff „Mittelstand" oder „mittelständisches Unternehmen" orientiert sich hingegen zumeist an qualitativen Kriterien (beispielsweise geringe Kapitalintensität, fehlendes Performance Management, keine systematische Ergebnissteuerung, enger Kontakt zu Kunden, keine werteorientierte Führung, flache Organisation mit eher direkter Führung, operatives Handel dominiert, regionale Verankerung, hohe Flexibilität). Das Deloitte Mittelstandsinstitut an der Universität Bamberg fasst demnach alle eigentümer-, familien- und managergeführten Unternehmen bis zu einer Unternehmensgröße von 3.000 Mitarbeitern und circa 600 Millionen Euro Jahresumsatz unter „mittlere Unternehmen" zusammen. (Becker et al. 2008, S. 5–14)

2.1.2 Unternehmensführung und strategisches Management

Dillerup et al. untergliedern die Aufgaben der Unternehmensführung in drei Ebenen: normativ, strategisch und operativ. (Dillerup et al. 2016, S. 54) Veranschaulicht wird der Aufbau und der Zusammenhang der drei Ebenen in Abbildung 2.

Unternehmensführung

Definition: „Die normative Unternehmensführung bestimmt die Identität eines Unternehmens in Werten, Zielen, Verhaltensweisen sowie organisatorischen Normen und fasst diese Elemente in einer Mission zusammen. Sie sichert die Lebens- und Entwicklungsfähigkeit des Unternehmens." (Dillerup et al. 2016, S. 43) „Die strategische Unternehmensführung ist auf die Entwicklung bestehender und die Erschließung neuer Erfolgspotenziale ausgerichtet und beschreibt hierfür erforderliche Ziele, Leistungspotenziale und Vorgehensweisen." (Dillerup et al. 2016, S. 43) „Die operative Unternehmensführung befasst sich mit der Planung, Steuerung und Kontrolle der laufenden Aktivitäten eines Unternehmens, um bestehende Erfolgspotenziale möglichst effizient zu nutzen." (Dillerup et al. 2016, S. 44)

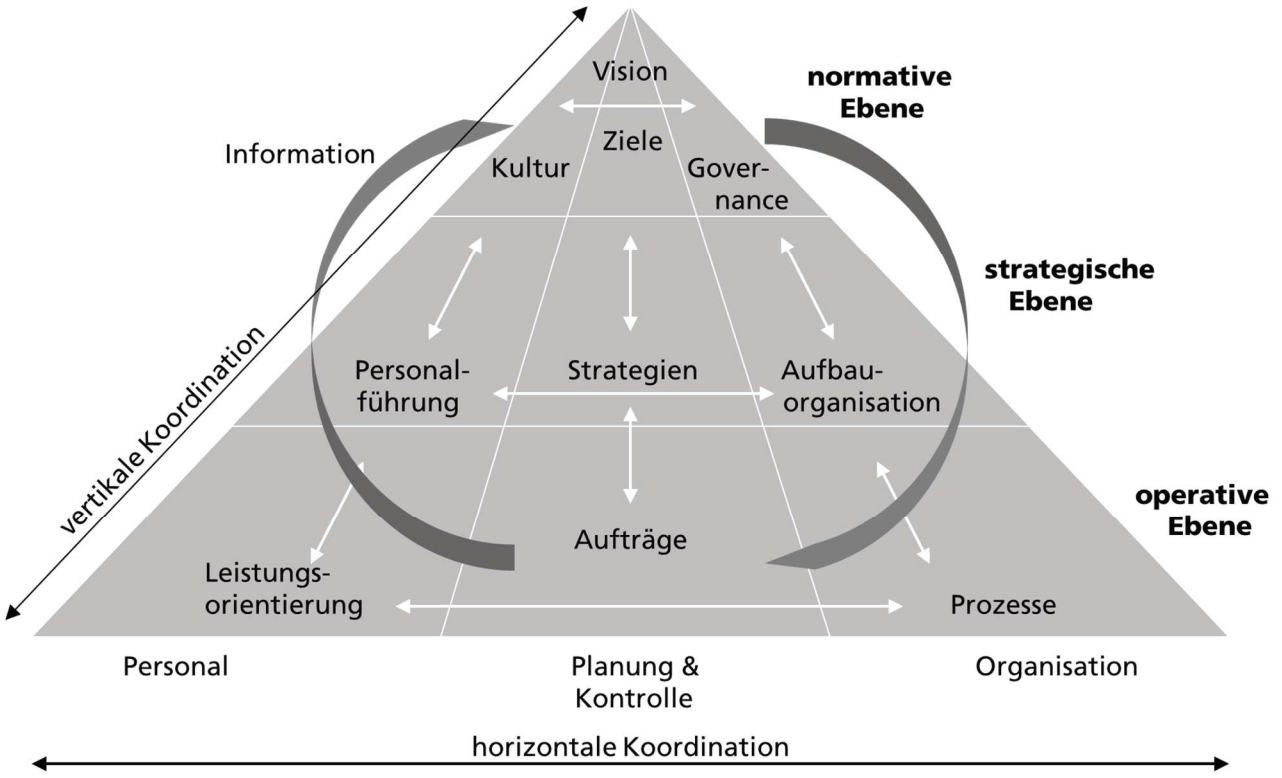


Abbildung 2: Integriertes System der Unternehmensführung in Anlehnung an Dillerup[2]

Den Ursprung der strategischen Unternehmensführung legten die Arbeiten von Chandler, Ansoff und Andrews um das Jahr 1960. Durch das Buch „From Strategic Planning to Strategic Management" von Ansoff, Declerck und Hayes im Jahr 1976 sowie den 1977 veröffentlichten Sammelband „Strategic Management" begann die strategische Unternehmensführung in der Praxis. (Dillerup et al. 2016, S. 168–169; Bea et al. 2019, S. 7) Die strategische Planung und Kontrolle hat sich aufgrund der unzulänglichen Berücksichtigung der Ressourcen, Strukturen und Mitarbeiter hin zu einem allumfassenden Führungssystem (mit Organisation und Personal) entwickelt. Müller-Stewens et al. definieren auf Grund dessen folgendes: „Im Strategischen Management geht es somit um (1) die Realisierung einer angestrebten Leistung für die (2) Anspruchsgruppen eines Unternehmens; dies kann erreicht werden durch (3) geplante und emergente Initiativen sowie (4) den Einsatz von Ressourcen, die zu einer (5) einzigartigen Positionierung und (6) möglichst dauerhaften Wettbewerbsvorteilen verhelfen". (Müller-Stewens et al. 2016, S. 19) Die strategische Unternehmensführung und das strategische Management

[2] Dillerup et al. 2016, S. 54

verfolgen somit dasselbe Ziel: die Unternehmungen besser auf die dynamische Umwelt abzustimmen. (Dillerup et al. 2016, S. 169–170; Bea et al. 2019, S. 14) Die aktuellen Weiterentwicklungen der Führungssysteme gehen in Richtung Selbstorganisation, Unternehmenssteuerung, Wissensmanagement, agile Methoden und Nachhaltigkeit. (Bea et al. 2019, S. 16)

Als Ausgangsbasis greift eine erfolgreiche Unternehmensführung nach Dillerup et al. auf die in einer Unternehmensanalyse herausgearbeiteten Erfolgspotenziale eines Unternehmens zurück. (Dillerup et al. 2016, S. 42–43) Die Analyse sollte einerseits mit Blick auf das Unternehmen (interne Faktoren) und andererseits mit Blick auf die Umwelt (externe Faktoren) durchgeführt werden. (Dillerup et al. 2016, S. 237–239; Bea et al. 2019, S. 133–134) Eine hilfreiche und einfache Methode auf der strategischen Ebene ist die Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Risiken) kurz SWOT-Analyse. Die identifizierten Potenziale stellen folglich ein Kompetenzprofil des Unternehmens dar und können mit Hilfe einer klassischen Punkteskala bewertet werden. (Dillerup et al. 2016, S. 288–292; Bea et al. 2019, S. 135–136) Eine daraus abgeleitete Vision beschreibt ein positives, motivierendes Bild einer möglichen Zukunft und gibt eine Richtung vor. (Welling 2009, S. 61)

Das Formulieren von Strategien, einem geplanten Bündel an Maßnahmen, ist der zentrale Bestandteil der strategischen Unternehmensführung und dient dem Aufbau von Wettbewerbsvorteilen und Erfolgspotenzialen mit einer langfristigen Ausrichtung. (Bea et al. 2019, S. 186–188) Die Maßnahmen fokussieren sich hierbei auf die Positionierung in der Unternehmensumwelt und auf die Unternehmensressourcen, bezogen von „heute“ mit Blick auf die Zukunft. Aus der Analyse der strategischen Situation „heute“ lassen sich durch die Strategieentwicklung Alternativen erarbeiten und die umzusetzenden Maßnahmen definieren. (Dillerup et al. 2016, S. 293–298) Innerhalb der strategischen Unternehmensführung werden die Strategien gemäß der hierarchischen Ebenen klassifiziert, siehe Tabelle 1. Hierdurch können Geschäftsbereiche, bei größerer Produktdifferenzierung, unabhängig und eigenständig ihre Positionierung definieren. (Bea et al. 2019, S. 186–210) Die Aktionsbereiche des Unternehmens werden dazu in sogenannte „Strategische Geschäftsfelder“ und in bedingt eigenständige organisatorische Einheiten, die „Strategischen Geschäftseinheiten“ unterteilt. (Bea et al. 2019, S. 161–166)

Tabelle 1: Klassifizierung von Strategien in Anlehnung an Dillerup und Bea[3]

Strategieebene	Strategieinhalte /-arten
Unternehmensstrategien (Corporate Strategies)	• Wachstumsstrategie o Produkt-Markt-Strategie o lokale, nationale, internationale und globale Strategie o Autonomie-, Kooperations- und Integrationsstrategie • Stabilisierungsstrategie • Desinvestitionsstrategie
Geschäftsbereichsstrategien (Business Strategies)	• Strategie der Kostenführerschaft • Produktdifferenzierungsstrategie • Nischen-/Fokusstrategie • Hybride-Strategie
Funktionalstrategien (Functional Strategies)	• Forschungs- und Entwicklungsstrategien • Beschaffungs- / Produkt- / Vertriebsstrategien • Personal-/ Finanzstrategien

2.1.3 Ressourcenorientierung und Standortmanagement

Zur Erklärung der Erfolgsunterschiede von Unternehmen existieren zahlreiche theoretische Ansätze. Diese Ansätze fokussieren unterschiedliche Faktoren wie geschützte Marktpositionen, einzigartige Ressourcen oder herausragende Fähigkeiten. (Müller-Stewens et al. 2016, S. 128) Grundlegend wird zwischen zwei Arten von theoretischen Ansätzen unterschieden: entweder mit direktem Bezug zur Außenwelt (Industrieökonomik, Neue Institutionenökonomik und weitere) oder aus der Innenwelt des Unternehmens heraus (ressourcenorientierter sowie dem darauf aufbauenden fähigkeitsorientierten und wissensorientierten Ansatz). (Müller-Stewens et al. 2016, S. 128) Der ressourcenorientierte Ansatz, einer der erfolgreichsten der letzten Jahre, beschreibt die Erfolgsunterschiede zwischen Unternehmen durch das Vorhandensein von Ressourcen, die einen Effizienzvorteil gegenüber anderen mit „schlechteren" Ressourcen erzielen. Unter Ressource wird hierbei alles verstanden, was dem Unternehmen direkt oder indirekt zur Verfügung steht. Effizienz, Erfolg und Ertrag können somit nur entstehen, wenn sich Unternehmen voneinander unterscheiden. (Müller-Stewens et al. 2016, S. 346) Der fähigkeitsorientierte Ansatz baut auf dem ressourcenorientierten auf und setzt neue Akzente beim Zeitpunkt und dem Mechanismus der Ertragsgenerierung. (Müller-Stewens et al. 2016, S. 348–

[3] Dillerup et al. 2016, S. 186–189; Bea et al. 2019, S. 186–210.

349) Der wissensorientierte Ansatz versteht sich als Weiterentwicklung des ressourcen- und fähigkeitsorientierten Ansatzes durch eine spezielle Fokussierung auf die Ressource „Wissen". Ein Wettbewerbsvorteil kann demnach durch Lokalisierung, Generierung, Nutzung, Transfer und Sicherung von Wissen generiert werden. (Müller-Stewens et al. 2016, S. 351–352)

Im Kontext einer wissensbasierten Wirtschaft gewinnt das gesamtheitliche Standortmanagement zunehmend an Bedeutung, da nur durch Vernetzung die steigende Komplexität der Akteure zu bewältigen ist. (Pechlaner et al. 2018, S. 44) Letzteres erhöht auch die Bedeutung einer (kultur-)räumlichen Identität bei volatiler und unsicherer Lage der Wirtschaft und Gesellschaft. (Pechlaner et al. 2018, S. 51) Die Standortentwicklung im Rahmen der Globalisierung und Internationalisierungsstrategien stellt die Unternehmen vor drei wesentliche Aufgaben (Pechlaner et al. 2018, S. 121):

1. Identifikation regionaler Potenziale/Ressourcen sowie deren Unternehmensintegration
2. Frühzeitige Identifikation und Reaktion auf regionale Herausforderungen
3. Aufbau von Strukturen und Prozessen zur Organisation und Koordination

Das hybride Agieren der Unternehmen (beispielsweise an verschiedenen Standorten tätig, Märkten präsent, Kooperationen beteiligt) gewinnt folglich mehr an Bedeutung, denn dort, wo unterschiedliche Kulturen kombiniert werden, entsteht gänzlich Neues. Bildlich gesprochen stellt das Lokale das „Standbein" und das Globale das „Spielbein" für Unternehmen dar. Letzteres wird auch als Glokalisierung bezeichnet (Voraussetzung: ein ausgeglichenes Verhältnis beider Schwerpunkte). (Pechlaner et al. 2018, S. 52) Die Dimensionen global, international und lokal stellen ferner auch Anforderungen an Produkte und somit an die drei Grade des interkulturellen Designs dar (Day 1996, S. 35–47; Zühlke 2012, S. 124–126):

- Globalisierung: Produkte unabhängig von kulturellen Besonderheiten und als Standard für alle Märkte gestalten
- Internationalisierung: Produktstrukturen, die im Bedarfsfall an spezifische Kulturen angepasst werden können
- Lokalisierung: Produktentwicklung für einen spezifischen Zielmarkt und eine Kultur

2.1.4 Produktplanung und -entwicklung

Die (strategische) Produktplanung ist Teil des strategischen Managements und Schnittstelle zur Produktentwicklung. (Bea et al. 2019, S. 155ff.) Gausemeier et al. ordnen die strategische Produktplanung zwischen der Geschäftsidee und der Produktentwicklung ein. Mit Hilfe der vier Phasen (Potenzialfindung, Produktfindung, -konzeption und Geschäftsplanung) werden ausgehend von den Erfolgspotenzialen in der Zukunft erfolgsversprechende Produkte konzipiert. (Gausemeier et al. 2012, S. 14–19) Nach Schuh setzt sich der allgemeine Ablauf der Produktplanung aus den vier Phasen zusammen: Potenzialanalyse (Erfolgspotenziale und Handlungsoptionen), Produktfindung (Suchen, Sammeln und Bewerten von Produktideen), Umsetzungsplanung (Geschäftsplanung, Anleitung von Innovationsprojekten, Planung von Umsetzungsmaßnahmen) und Kontrolle (Umsetzungskontrolle). (Schuh 2012, S. 58–65) Beiden Definitionen zufolge stellt die Produktplanung eine frühe Phase der Produktentstehung dar und lässt sich, wie in Abbildung 3 dargestellt, in den Produktentstehungsprozess (PEP) einordnen. (Schuh 2012, S. 59) Hinsichtlich der Lebenslaufkosten eines Produkts betrachtet, ist die Planung die Phase mit den größten Einflussmöglichkeiten. (Ehrlenspiel et al. 2014, S. 126)

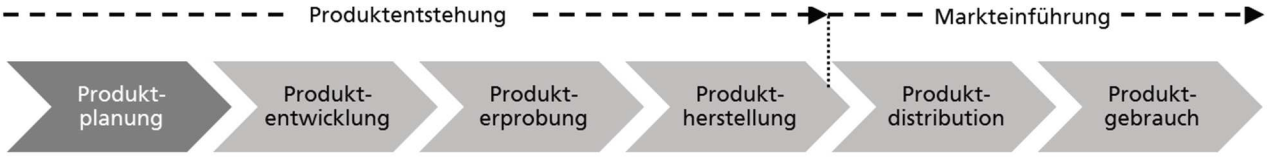


Abbildung 3: Einordnung der Produktplanung in den PEP in Anlehnung an Schuh[4]

Die Produktstrategie stellt die Weichen für eine wirtschaftliche Markteinführung und Vermarktung des Produkts. Der Maschinenbau sowie weitere angrenzende Branchen betrachten im Rahmen der Produktstrategieentwicklung insbesondere die folgenden übergeordneten Handlungsfelder: Differenzierung im Wettbewerb, Bewältigung der Variantenvielfalt und Erhaltung des Wettbewerbsvorsprungs. (Gausemeier et al. 2018, S. 315) Ausgehend von den (Kunden-) Anforderungen werden die produktbeschreibenden Merkmale (Funktionsstruktur) definiert. Die Funktionsstruktur betrachtet den Stoff-/Material-, Energie- sowie Signalfluss. Durch die Produktarchitektur erfolgt im Weiteren eine Zuordnung der Funktionen auf die physikalische

[4] Schuh 2012, S. 59

Ebene - die Produktstruktur, bestehend aus beispielsweise Produkt/Maschine, Modul, Baugruppe oder Komponente. Durch eine Systemgrenze wird der Betrachtungsraum definiert, siehe Abbildung 4. (Feldhusen et al. 2013, S. 239–240; Lindemann 2016, S. 101) Mit der zunehmenden Bedeutung von Mechatronik und Cybertronik werden die hierarchisch beschriebenen Produktstrukturebenen der Hardware (Mechanik, Pneumatik, Hydraulik, Elektrik) durch lineare, verzweigte und netzwerkartige Strukturierungsmethoden aus dem Bereich Software ergänzt. Kombiniert entsteht dadurch eine mechatronische Produktstruktur und eine modellbasierte digitale Beschreibung der Produkte (Eigner et al. 2016, S. 7; Stelter 2020, S. 15–16)

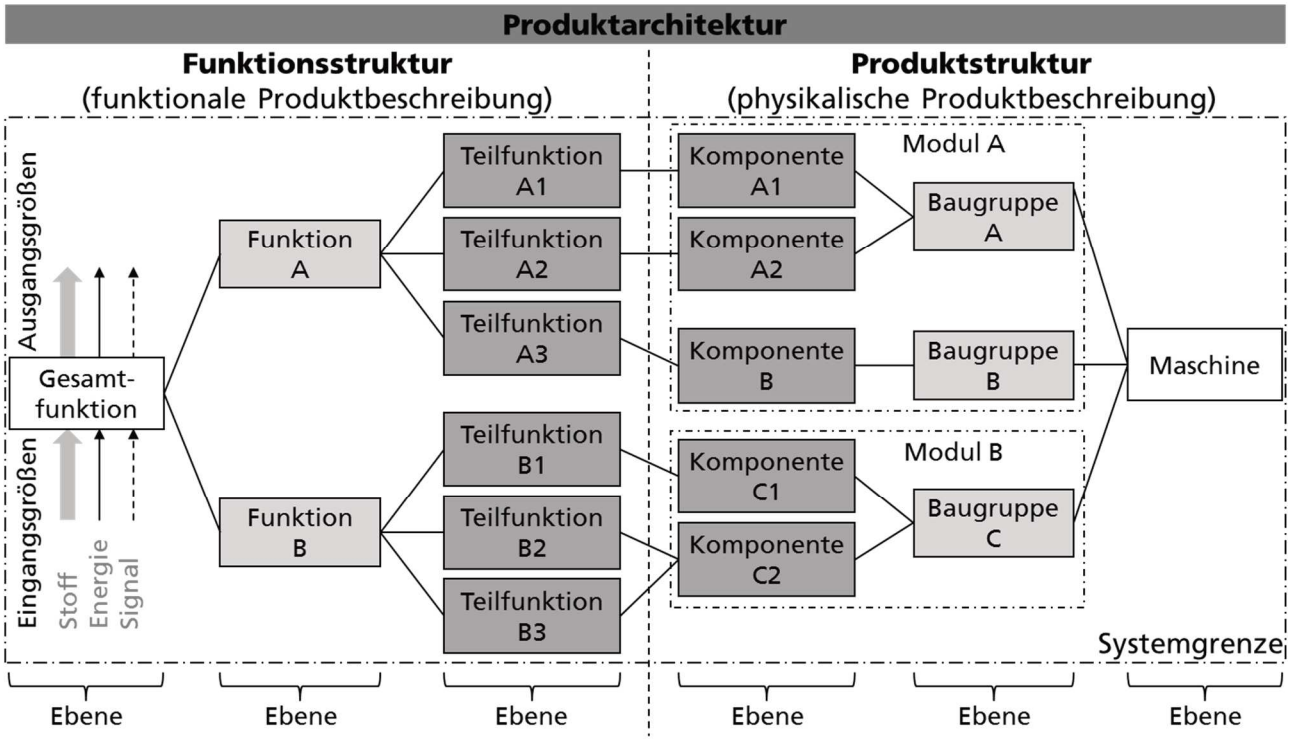


Abbildung 4: Darstellung der Produktarchitektur sowie die Zusammenhänge zwischen Produkt- und Funktionsstruktur i.A.a. Lindemann und Feldhusen[5]

Die Produktstrategie und (vorhandene) Produktarchitektur beeinflussen wiederum im Wesentlichen die Konstruktionsart (siehe Abbildung 5), wobei eine eindeutige Abgrenzung letzterer nicht immer möglich ist. In Anlehnung an das Konstruktionsvorgehen können zwei grundlegende Konzepte identifiziert werden, die sich sowohl auf die Produktentwicklung als auch auf die Produktionsprozesse auswirken (Schuh 2012, S. 191–192):

[5] Feldhusen et al. 2013, S. 240; Lindemann 2016, S. 101.

- Schrittweise/Iterativ: Eine schrittweise Entwicklung führt zu einer Standardisierung und zu einem geringeren technologischen Risiko.
- Radikal/Neu: Grundlegende Innovationen und größere Produktinnovationen, die zumeist Neukonstruktionen erfordern und hohes technologisches Risiko aufweisen.

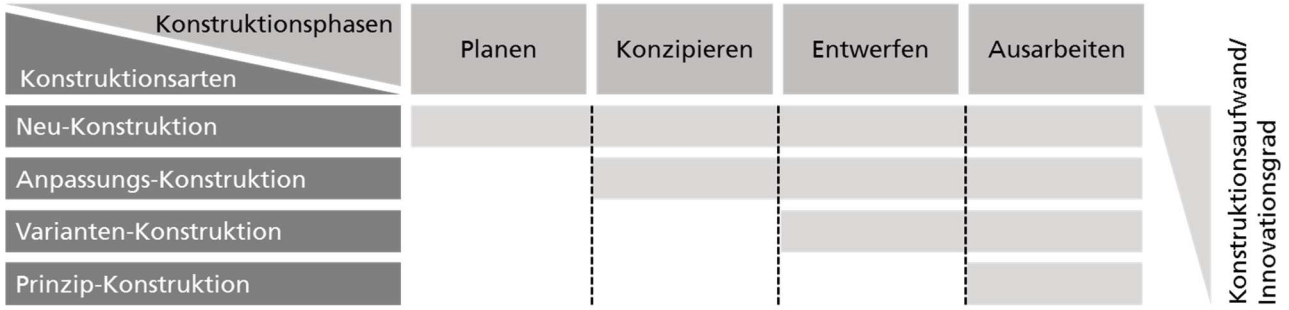


Abbildung 5: Konstruktionsarten und -phasen mit zugehörigem Konstruktionsaufwand/Innovationsgrad in Anlehnung an Schuh[6]

Auf der physikalischen Ebene (Produktstruktur) können Zielkosten definiert und Istkosten erfasst werden. Für eine detaillierte und verursachungsgerechte Betrachtung werden die Kosten in verschiedene Kostenarten unterteilt, siehe Abbildung 6. (Ehrlenspiel et al. 2014, S. 165–168)

Kostenarten		Kosteneinsparung
Materialeinzelkosten MEK + Materialgemeinkosten MGK	Materialkosten MK	- weniger Material - kostengünstigeres Material
+ Fertigungslohnkosten FLK + Fertigungsgemeinkosten FGK + Sondereinzelkosten der Fertigung SEF	Fertigungskosten FK	- weniger Fertigungsoperationen - kostengünstigere Fertigungsverfahren, Werkzeuge und Werkzeugmaschinen - weniger enge Toleranzen
+ Montagelohnkosten MOEK + Montagegemeinkosten MOGK	Montagekosten MOK	- weniger Montageoperationen - kostengünstigere Montageoperationen
+ Entwicklungs- und Konstruktionskosten EKK		- Normen, Prozesse, Kooperationen
+ Verwaltungs- und Vertriebsgemeinkosten VVGK		- Normen, Prozesse
+ Sondereinzelkosten des Vertriebs SEV		

Herstellkosten HK

Selbstkosten SK

Abbildung 6: Übersicht der Kostenarten und Kosteneinsparungen bei Produkten[7]

Jede Kostenart kann durch eine oder mehrere Maßnahmen beeinflusst werden, um eine Kosteneinsparung zu erreichen, Beispiele siehe Abbildung 6. (Ehrlenspiel et al. 2014, S. 165–168)

[6] Schuh 2012, S. 192

[7] Ehrlenspiel et al. 2014, S. 165–168

2.1.5 Idee, Invention und Innovation

Der Begriff „Idee" ist nach Vahs et al. ein strukturiert gefasster Gedanke, der spontan oder unter Zuhilfenahme von Kreativität entsteht. Bei erstmaliger Umsetzung einer neuen Idee wird von einer „Invention" oder Erfindung gesprochen. Eine Innovation ist folglich das Ergebnis der wirtschaftlichen Umsetzung einer Idee. Bei letzterem geht es um die wirtschaftliche Optimierung der Wissensverwertung (Markteinführung und -bewährung) und somit um die Erzielung eines wirtschaftlichen Erfolgs. (Vahs et al. 2015, S. 21) In der Literatur existieren viele Definitionen und Charakterisierungen einer „Innovation". (Hauschildt et al. 2016, S. 3–5) Es werden verschiedene Kriterien bereitgestellt, um Innovationen zu differenzieren. Hierzu zählen unter anderem der Neuheitsgrad (Basis-, Verbesserungs- und Anpassungsinnovation), der Veränderungsumfang (inkrementelle, radikale und disruptive Innovationen) und das Innovationsobjekt (technische, organisationale und geschäftsbezogene Innovationen). (Zahn et al. 1995, S. 362ff; Spur 1998, S. 160ff; Vahs et al. 2015, S. 52–69; Hauschildt et al. 2016, S. 5–23)

2.2 Frugale Innovationen

Der Ursprung „frugaler Innovationen" lässt sich auf den ehemaligen Vorstandsvorsitzenden und Geschäftsführer von Renault-Nissan (Carlos Ghosn) zurückführen. Ghosn beschreibt im Jahre 2006 die Aktivitäten des Unternehmens als *„achieving more with fewer resources"* und bezeichnet dies als *„Frugal Engineering"*. (Ghosh 2007; Nair 2008; Kumar et al. 2012, S. 114) Obwohl sich Unternehmen wie Renault-Nissan bereits länger mit der Grundgedanken frugaler Innovation auseinandersetzten, wird der Begriff erst im Jahr 2010 durch die Wirtschaftspresse bekannt und geprägt. Mit dem Artikel *„First break all the rules – The charms of frugal innovation"* verhilft die Zeitschrift *„The Economist"* dem jungen Forschungsgebiet zum Durchbruch. Erstmals werden frugale Innovationen als Produkte bezeichnet, die auf die wichtigsten Merkmale reduziert und auf die Bedürfnisse der armen Bevölkerungsschicht fokussiert sind. (The Economist 2010) In den letzten Jahren gewinnt der Ansatz frugaler Innovationen zunehmend an Bedeutung in der Wissenschaft und Wirtschaft. (Bhatti et al. 2012, S. 1; Weyrauch et al. 2016, S. 1) Bereits im Economist-Beitrag wird Bezug zu anderen Innovationsformen hergestellt.

Hierzu zählen die indischen „Jugaad Innovation“ die sich auf das Reduzieren der (Produkt-) Merkmale und somit auf Kostenreduktion fokussieren. (The Economist 2010, S. 6–7) Nachfolgend werden weitere Innovationsansätze genannt, die sich neben „frugal“ und „jugaad“ grundlegend mit dieser Thematik auseinandersetzen: „grassroots innovation, disruptive innovation, reverse innovation, good-enough innovation, cost innovation, frugal engineering, blowback innovation, catalytic innovation, indigenous innovation, gandhian innovation, bricolage“. Diese Ansätze werden den „constraint-based innovations“ (in der Fachliteratur verwendete Synonyme: „resource-constrained innovations“ und „sustainable innovations“) untergeordnet. (Brem et al. 2014, S. 4; Zeschky et al. 2014b, S. 4; Zeschky et al. 2014a, S. 21; Agarwal et al. 2017, S. 4; Freitag et al. 2017; Rosca et al. 2017b, S. 1) Zeschky et al. klassifizieren „frugal, good-enough, cost innovation“ hierarchisch in drei Ebenen und ordnet „reverse innovation“ zu, siehe Abbildung 7 links. (Zeschky et al. 2014a, S. 26)

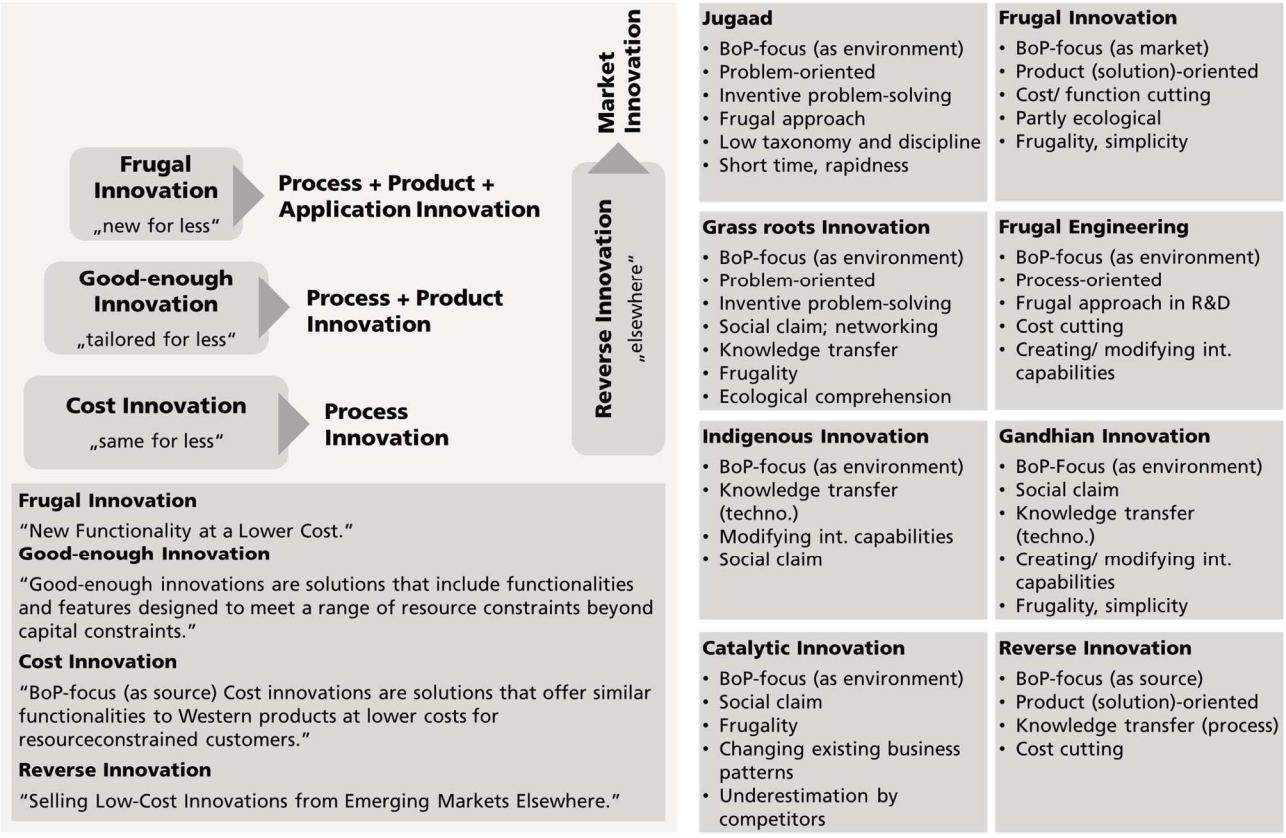


Abbildung 7: Klassifizierung und Beschreibung der „resource-constrained innovations“ i.A.a. Zeschkey et al.[8] (links) sowie von acht Ansätzen i.A.a. Brem et al.[9] (rechts)

[8] Zeschky et al. 2014a, S. 21–26

[9] Brem et al. 2014, S. 13

Brem et al. klassifizieren acht Ansätze nach ihren Konzepten und Eigenschaften, siehe Abbildung 7 rechts. (Brem et al. 2014, S. 13)

Auf Grund der hohen Anzahl an Ansätzen kann in dieser Arbeit keine vollständige Diskussion dazu stattfinden. Es wird auf die bereits existierende Literatur verwiesen. (Immelt et al. 2009; Prahalad et al. 2010; Ray et al. 2010; Sehgal et al. 2010; Brem et al. 2014; Zeschky et al. 2014b; Agarwal et al. 2017; Rosca et al. 2017b; Bhatti et al. 2018; Altgilbers et al. 2020; McMurray et al. 2020; Niroumand et al. 2020) Die unterschiedlichen Ansätze bilden zumeist länderspezifische Entwicklungen von Innovationsansätzen ab, besitzen jedoch viele Gemeinsamkeiten. Der Fokus liegt immer auf der Entwicklung von kostengünstigen und einfachen Produkten, Dienstleistungen oder Geschäftsmodellen. Sie richten sich an Kunden mit geringem Einkommen, sowohl in Entwicklungsländern als auch in entwickelten Ländern. Wohlfart et al. differenzieren frugale Innovationen weiter hinsichtlich deren Ursprung und Zielen in „Corporate and Grassroot Frugal Innovations". „Corporate" steht für Innovationen von Unternehmen und „Grassroot" für improvisierte Lösungen einzelner Erfinder, die sich einem eigenen Alltagsproblem oder dem einer Gruppe annehmen, ohne der Absicht Gewinn zu erzielen. (Wohlfart et al. 2016, S. 13) „Corporate Frugal Innovations" haben sich sowohl für die Wissenschaft und Praxis als auch für die Politik als vielversprechender Ansatz herauskristallisiert. (Zeschky et al. 2014a, S. 24–26; Hossain 2017, S. 199; Kalogerakis et al. 2017) Nicht zuletzt weil dieser Innovationsansatz einen hohen Qualitätsanspruch gleichermaßen berücksichtigt, wie den Fokus auf geringe Kosten. Auf Grund der steigenden Bedeutung werden „Corporate Frugal Innovations" (nachfolgend nur frugale Innovationen genannt) in dieser Arbeit als erfolgsversprechender Ansatz weiterverfolgt.

Obwohl die Literatur zu frugalen Innovationen bereits von mehreren Autoren zusammengefasst und analysiert wurde, besteht bis heute keine allgemeingültige Definition oder Vorgehensweise zur Umsetzung derartiger Produkte. (Soni et al. 2014; Weyrauch et al. 2016; Hossain 2017, S. 199) In den nachfolgenden Kapiteln wird ein Überblick zu bestehenden Definitionsansätzen, Herausforderungen und den Erfolgsfaktoren gegeben.

2.2.1 Begriffsdefinition frugal

Das Wort „frugal" ist im Deutschen ein Adjektiv und mit der Bedeutung „einfach oder bescheiden" gleichzusetzen. Entlehnt wurde das Wort im 18. Jahrhundert vom französischen „frugal", mit der Bedeutung: „mäßig, einfach und unmittelbar". Den etymologischen Ursprung hat der Begriff im Lateinischen. Hier wird „frūgālis" als „nutzbar, wirtschaftlich, sparsam" beschrieben. (Dudenverlag 2020b; DWDS 2020)

Eine Definition sowie Begriffserklärung von „frugalen Innovationen" wurden in der Literatur bereits von mehreren Autoren vorgenommen. (Zeschky et al. 2011, S. 39; Bound et al. 2012, S. 14; George et al. 2012, S. 662; Bhatti et al. 2013, S. 2; Knapp et al. 2013, S. 2; Tiwari et al. 2014, S. 30) Häufig unterscheiden sich diese im Anwendungsobjekt. Während einzelne Definitionen beispielweise nur Produkte umfassen, werden andere um Dienstleistungen und Prozesse sowie organisatorischen Methoden und Geschäftsmodelle ergänzt. Zwei umfangreiche Definitionen werden durch die Analysen von Knapp et al. 2013 (Roland Berger GmbH) und durch Weyrauch et al. 2016 (Technische Universität Hamburg) bereitgestellt. Knapp et al. beschreiben die Kriterien von frugalen Produkten anhand des Wortes selbst und nutzen es als Akronym für: „Functional, Robust, User-friendly, Growing, Affordable and Local". (Knapp et al. 2013, S. 2) Weyrauch et al. hingegen analysieren bestehende Definitionen in der Literatur und identifizierten drei Kriterien frugaler Innovationen: „substantielle Kostenreduktion, Konzentration auf Kernfunktionalitäten und ein optimiertes Performancelevel". (Weyrauch et al. 2016, S. 7–9)

Das Wort „Frugalität" stammt aus dem französischen (frugalité = Genügsamkeit, Einfachheit) und hat die Bedeutung der Einfachheit sowie Schlichtheit. (Dudenverlag 2020c) Tiwari und Herstatt definieren vier Entwicklungsstufen der „Frugalität". Die Anfänge entstammen aus dem religiösen Wert der Genügsamkeit, über das fast vollkommende Verschwinden aufgrund von Konsumismus, bis hin zur Relevanz durch die wachsende Mittelschicht und Sicherung der Umwelt sowie gesellschaftlicher Nachhaltigkeit. (McMurray et al. 2020, S. 44–47)

Der Begriff „frugal engineering" wird vielseitig in der Literatur verwendet, entweder mit einer kurzen Beschreibung der Entwicklungsziele (Produktmerkmal/Wert maximieren und Kosten minimieren) oder einer Fokussierung auf die Kriterien frugaler Innovationen. (Sehgal et al. 2010; Kumar et al. 2012; Soni et al. 2014; Fuchs et al. 2015; Kampker et al. 2017)

Ein weiterer geläufiger Begriff aus der Literatur ist „frugal manufacturing“. Letzterer wird von Autoren als Ansatz zur Fokussierung von Fabrikprozessen und zur Erhöhung der Effizienz beschrieben. (Schonberger 1987; Dayal 2012; Radjou et al. 2016) Dabei sollen kleinere, weniger komplexe Maschinen zum Einsatz kommen, die zur Bildung von Linien und Zellen verteilt werden können. Im Gegensatz zum Einsatz von großen Anlagen, welche die Komplexität in der Fertigung erhöhen, können so Störungen reduziert sowie die Kommunikation und Transparenz im Unternehmen erhöht werden. (Schonberger 1987) Weiter können bestehende Produktionsanlagen optimiert werden, ohne hohe Kosten hinsichtlich Neuinvestitionen zu verursachen. Das Ziel von „frugal manufacturing“ ist, die Effizienz der Maschinen zu verbessern und damit einen höheren Wirkungsgrad zu erzielen. (Dayal 2012, S. 14)

Rosca und Bendul vergleichen „frugal“ und „lean engineering“ in Bezug auf Logistikprozesse. Im Ergebnis wird frugal als Managementansatz verstanden, der sich den Methoden und Werkzeugen von Lean Engineering bedient und damit die Gestaltung von optimierten sowie ökologischen Prozessen und Produkten fokussiert. (Rosca et al. 2017a)

Die Abbildung 8 bietet eine Übersicht der aufgeführten „frugal“ Begriffe und deren Bedeutung.

Managementansatz „frugal“ (wirtschaftlich, sparsam, einfach)			
Grundbegriff „Frugalität“ (Einfachheit, Schlichtheit)			
Anwendungsebene	Produkt, Dienstleistung, Geschäftsmodell	Prozess	
	„frugale Innovationen“	„frugal engineering“	„frugal manufacturing“
	Eigenschaften: functional, robust, user-friendly, growing, affordable und local	Fokussierung auf Entwicklungsprozesse	Fokussierung auf Fabrikprozesse
	Ziele: substantielle Kostenreduktion, Konzentration auf Kernfunktionalitäten und ein optimiertes Performancelevel	Ziele: Wert maximieren und Kosten minimieren	Steigerung der Effektivität und Effizienz

Abbildung 8: Verwendung der „frugal“ Begriffe sowie deren Bedeutung

2.2.2 Bedeutung und Herausforderungen frugaler Innovationen

Frugale Innovationen definieren sich durch einen starken Absatzfokus auf Entwicklungs- und Schwellenländer, den sogenannten „Emerging Markets“. Ergänzt wird der Bereich um das Mid- und Low-End-Segment in bestehenden Märkten / Industrieländern, siehe Abbildung 9. (Ernst &

Young 2011, S. 23; Zeschky et al. 2011, S. 39; Bhatti et al. 2013, S. 16–17; Knapp et al. 2013, S. 9; Knapp et al. 2013, S. 6)

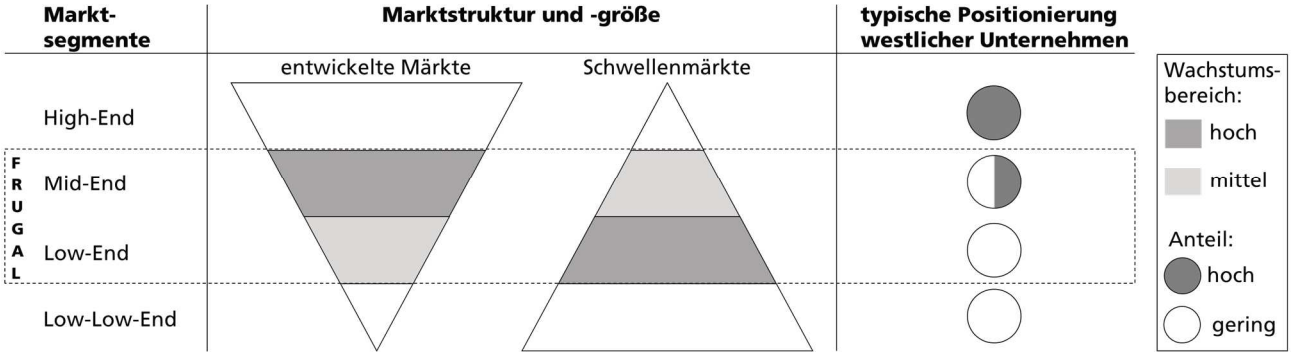


Abbildung 9: Positionierung frugaler Produkte in Anlehnung an Knapp[10]

Die Marktstruktur und -größe sowie Anzahl und Benennung der Unterteilungen (wie in Abbildung 9) kann je nach Betrachtungsraum (beispielsweise nach Branche, Länder) variieren. (Lasserre 2018, S. 268–274)

Der extreme Kostenvorteil frugaler Innovationen gegenüber konventionellen Lösungen führt zu einem besseren Preis-Leistungs-Verhältnis für die Kunden und macht die Produkte attraktiv für die genannten Zielgruppen. (Zeschky et al. 2011, S. 39) Für zahlreiche Autoren bestechen frugale Innovationen zudem durch ihren bedeutenden Nachhaltigkeits- sowie Sozialaspekt. (Bhatti 2012, S. 35; Bound et al. 2012, S. 6; Tiwari et al. 2018a, S. 27)

Vor dem Hintergrund einer substantiellen Reduktion des Einsatzes materieller und finanzieller Ressourcen liegt die Herausforderung in der Entwicklung von Innovationen, die den Lebensumständen kaufschwacher Bevölkerungsgruppen entsprechen. Klar davon zu unterscheiden sind frugale Innovationen von Produkten, die ursprünglich für Kunden mit hohem Einkommen entwickelt und dann vereinfacht werden. (Nakata et al. 2012, S. 21–22) Unternehmen müssen im Kontext frugaler Innovationen ihre gesamte Produktentwicklungsstrategie an die oben aufgeführte Begriffsdefinition von frugal anpassen. Dies beginnt bei einem Paradigmenwechsel im Denken und Handeln jedes einzelnen Mitarbeitenden sowie im Umgang mit den Produktionsfaktoren und führt zu einer gänzlich neuen Art von Wertschöpfung. Die am häufigsten genannte Zielsetzung bei der Entwicklung frugaler Innovationen ist die Verabschiedung von globalisierten Produktdesigns ("one-size-fits-all") hin zu lokalisierten Designs mit weitestgehend

[10] Knapp et al. 2013, S. 9

regionaler Wertschöpfung. (Corsi et al. 2014, S. 76; Agarwal et al. 2017, S. 3) Frugale Innovationen können damit gleichermaßen inkrementelle, radikale oder auch disruptive Innovationen darstellen. (Weyrauch 2018, S. 127–128)

2.2.3 Erfolgsfaktoren und Geschäftsmodelle frugaler Innovationen

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für frugale Innovationen ist der gezielte Einsatz von lokalen Ressourcen (Wissen und Rohstoffe). Eine lokale Forschung und Entwicklung, eine lokale Beschaffungsbasis und eine lokale Produktion gelten als Grundstein für die sogenannte Lokalisierung von Produkten. In diesem Kontext steht auch ein allgemeines Verständnis für die Anforderungen der Kunden, inklusive Zielpreis und Transparenz zur Zahlungsbereitschaft von Funktionen. Als weitere Erfolgsfaktoren können die Neuentwicklung von Produkten und die Kostenkontrolle während der Entwicklung genannt werden. Die Nutzung lokaler (Vertriebs-)Partner erweitert zusätzlich die Flexibilität und verhilft zu Kosteneinsparungen. (Ernst & Young 2011, S. 20; George et al. 2012, S. 662; Knapp et al. 2013, S. 30)

Winterhalter et al. und Krohn et al. betrachten weiterhin das Changemanagement als essenzielle Erfolgskomponente. Es beinhaltet die Entwicklung eines entsprechenden Mindsets, welches allen Mitarbeitenden innerhalb der Organisation erlaubt frugal als wichtig und erstrebenswert anzusehen, nachfolgend „frugales Mindset“ genannt. (Winterhalter et al. 2017, S. 10–11; Krohn et al. 2018, S. 10) Winterhalter et al. analysieren in einer Studie wesentliche Geschäftsmodelle für frugale Innovationen in Emerging Markets. Daraus geht die Relevanz einer zunächst grundlegenden Veränderung im Mindset der Organisation westlicher Unternehmen hervor. Frugale Innovationen implizieren eine „Less is More“-Betrachtung und erfordern damit insbesondere von deutschen Unternehmen, die oftmals im High-End-Bereich produzieren (siehe Abbildung 9), ein Neudenken im kompletten Entstehungsprozess von Produkten, wie Krohn et al. in einer Analyse zum frugalen Mindset aufführen. In beiden Studien wird die Forderung nach einer speziellen strategischen Geschäftseinheit als Kernelement und einem eigenständigen Geschäftsmodell für frugale Innovationen deutlich. Diese Geschäftseinheit beschäftigt sich mit der Bedarfsermittlung, der Entwicklung und dem Vertrieb von einfachen, robusten und kostengünstigen Produkten. (Winterhalter et al. 2017; Krohn et al. 2018)

In der Literatur wird für die gleichzeitige Bedienung von High- und Mid-End-Märkten auf eine duale Geschäftsmodellstrategie verwiesen. (Albeck 2016, S. 264–269) Ein zusätzliches frugales Geschäftsmodell ist bei einem lokal dominierenden High-End-Segment nicht zwingend erforderlich. Unter diesen Umständen sollten Produktinnovationen mit erhöhtem Kundennutzen und gleichzeitiger Reduzierung der Kosten im Vordergrund stehen. (Albeck 2016, S. 265)

2.2.4 Umsetzungen und Beispiele frugaler Innovationen

Zahlreiche Trendanalysen bestätigen eine Zunahme an Frugalität und frugalen Innovationen. (Tiwari et al. 2016, S. 5–7; Kalogerakis et al. 2017, S. 2; Tiwari et al. 2018a, S. 11) So lassen sich Beispiele frugaler Produkte in den verschiedensten Branchen identifizieren. Hierzu zählen Gesundheit, Landwirtschaft, Energie- und Reinheitstechnik. (Kalogerakis et al. 2017, S. 12) Konkrete Umsetzungen sind jedoch in der Öffentlichkeit nur wenige bekannt, da die Lösungen zu meist nicht als frugale Lösung deklariert werden. Dennoch lassen sich einige Produkte anhand der genannten Kriterien (Kapitel 2.2.1) als frugal identifizieren. Zum Beispiel: Mini-Grid (ANDRITZ AG), WADI Messgerät (Helioz GmbH), CH4PA (Spirit Design – Innovation and Brand GmbH), Seniorenhandy (emporia Telecom GmbH & Co. KG), Robot System SERVANT 650 (Advanced Engineering Industrie Automation GmbH), Tata Nano (Tata Motors Ltd) Nutzfahrzeuge (BharatBenz), Hochdruckreiniger HD 6/15-4 (Alfred Kärcher SE & Co. KG), Ultraschall-gerät Vscan (General Electric), siehe Abbildung 10. (Knapp et al. 2013, S. 7–8; Zehetbauer 2013, S. 22–23; Fuchs et al. 2015, S. 3; Tiwari et al. 2018a, S. 18–26; Tiwari et al. 2018b, S. 6)

Abbildung 10: Beispiele frugaler Produkte[11]

[11] Beschreibung und Bildquellen (von links nach rechts): Hochdruckreiniger HD 6/15-4 (Alfred Kärcher SE & Co. KG), Ultraschallgerät Vscan (General Electric), Seniorenhandy (Emporia Telecom GmbH & Co. KG), Nutzfahrzeug (BharatBenz)

2.3 Zwischenfazit, Abgrenzung des Untersuchungsbereichs und grundlegende Rahmenbedingungen

Produzierende Unternehmen in Deutschland sehen sich mit zahlreichen Herausforderungen wie volatilen Märkten, zunehmender Globalisierung und Ressourcenbeschränktheit konfrontiert. Ergänzend ist eine zunehmende Preissensibilisierung sowie der Wunsch nach Komplexitätsreduzierung auf Kundenseite zu beobachten. Aus diesem Trend heraus entwickelten sich verschiedene Ansätze, darunter frugale Innovationen. (Maiser et al. 2019, S. 33) Die steigende Anzahl an Publikationen bestätigt die Relevanz des Themas und untermauert das öffentliche Interesse. Die Wissenschaft thematisiert bisher vorwiegend die Fragen was frugale Innovationen sind und warum diese ihre Daseinsberechtigung haben. Trotz der zunehmenden Bedeutung von frugalen Innovationen geht aus den bisherigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen weder eine einheitliche Definition hervor, noch werden konkrete Ansätze zur Entwicklung frugaler Produkte formuliert. Es existieren nur wenige „Best Practice" Beispiele frugaler Innovationen.

Der Begriff frugal impliziert eine Fokussierung und ein entsprechendes Mindset hinsichtlich einfacher, robuster und kostenbewusster Lösungen. Innerhalb einer Wertschöpfungskette sowie dem Produktlebenszyklus existiert eine Vielzahl an Bezugsgruppen, für welche eine derartige Fokussierung vorgenommen werden kann. (Gestring et al. 2016, S. 215–216) In Kapitel 2.2.4 wurden dazu bereits verschiedene Bezugsgruppen (beispielsweise Endkonsument, Energieerzeuger) adressiert, deren Berücksichtigung in der Produktion ausschlaggebend für ein kosteneffizientes und kundenorientiertes Wertschöpfungskettenmanagement ist. In diesem Zusammenhang bestehen drei grundsätzliche Produktionsansätze: 1. eine „Standard" Maschine, 2. eine sehr hochautomatisierte Maschine und 3. eine Maschine, die selbst den Kriterien frugaler Innovationen entspricht. (Bauernhansl et al. 2014, S. 9–10; Schleinkofer et al. 2019c, S. 248) Abbildung 11 zeigt schematisch die Wertschöpfungskette für frugale Produkte.

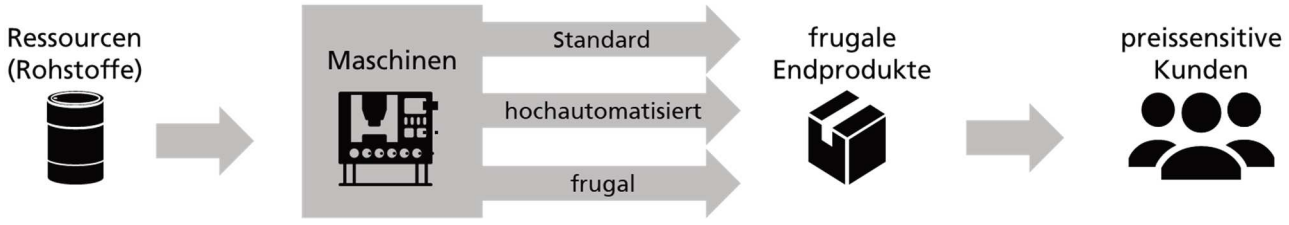


Abbildung 11: Schematische Darstellung der Wertschöpfungskette frugaler Produkte

Hochautomatisierte Maschinen bieten Unternehmen die Möglichkeit, frugale Produkte in hoher Stückzahl für preissensible Kunden in einem Hochlohnland zu fertigen. In den Schwellenländern hingegen können beispielswese lokal angepasste Maschinen eingesetzt werden, um frugale Endprodukte herzustellen, wie das Beispiel der „EinDollarBrille“[12] zeigt.

Die vorliegende Arbeit stellt die Untersuchung der Bedeutung und Relevanz frugaler Innovationen im Maschinen- und Anlagenbau in den Mittelpunkt. Es sollen konkrete Handlungsfelder für mittelständische Unternehmen identifiziert werden. Im Weiteren wird die Analyse bestehender relevanter Ansätze für die Entwicklung frugaler Innovationen sowie für die Planung und Entwicklung technischer Produkte fokussiert. Zur Umsetzung frugaler Maschinen werden im Rahmen des strategischen Managements ressourcenorientierte Ansätze näher beleuchtet.

Besondere Rahmenbedingungen hinsichtlich der Forschungsfrage und somit auch Anforderungen an eine Methodik ergeben sich durch das meist stark marktnischenzentrierte fokussierte Handeln und den „Technology-Push“ mittelständischer Unternehmen im Maschinenbau. Damit die hochfunktionalen, variantenreichen und zumeist teuren Maschinen konsequent auf die Marktbedürfnisse preissensitiver Kunden angepasst werden können, muss spezifisches Wissen aufgebaut und die verfügbaren Ressourcen gezielt eingesetzt werden. (Kremer 2018, S. 1)

[12] Wittwer et al. 2019

3 Empirische Untersuchung zur Umsetzung frugaler Maschinen

Aufgrund der hohen Dynamik und Schnelllebigkeit in der Prozessausgestaltung frugaler Innovationen ist es äußert schwierig, den aktuellen Praxisstand dieser Disziplin zu erfassen. Daneben sind sich Unternehmen mittlerweile bewusst, dass die Fähigkeit zur schnellen Entwicklung sogenannter „Einstiegsprodukte“ (englisch „Entry Level Products“) einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil darstellt. Folglich werden zahlreiche Entwicklungsfortschritte nicht veröffentlicht oder als solche deklariert. Um eine Aussage zur Bedeutung und Relevanz des frugalen Ansatzes für den Maschinen- und Anlagenbau abzuleiten, erfolgt im Rahmen dieser Arbeit eine empirische Untersuchung. Entsprechend des Forschungsansatzes dieser Arbeit (Kapitel 1.4) werden hierdurch die praxisrelevanten Probleme erfasst und typisiert. Dies stellt im Sinne realwissenschaftlicher Arbeiten nach Ulrich die Basis zur Klärung des Entdeckungszusammenhangs einer integrierten Methodik dar. (Ulrich et al. 1976, S. 305)

3.1 Forschungsprozess der empirischen Untersuchung

Die Erhebung findet durch eine qualitative empirische Sozialforschung statt. Im Vordergrund steht die systematische Erfassung sozialer Tatbestände und deren Deutung, um Zusammenhänge und Prozesse möglichst umfänglich verstehen und beschreiben zu können. (Bortz et al. 2006, S. 296–302; Atteslander 2010, S. 3; Gläser et al. 2010, S. 23–29) Die qualitative Sozialforschung zeichnet sich durch ein zirkuläres Vorgehen aus, bei dem parallel die Datenerhebung und Datenauswertung stattfindet. Zwischenergebnisse haben somit direkten Einfluss auf das weitere Vorgehen der Untersuchung. Durch die qualitative Forschung ist keine statistische Generalisierbarkeit der Ergebnisse möglich. Dennoch lassen sich aus einer analytischen und argumentativen Generalisierbarkeit der Erkenntnisse Muster identifizieren und zu Theorien sowie

Handlungsfeldern zusammenfassen. (Locke 2001, S. 93–98; Yin 2003, S. 37–38; Worna 2005, S. 13–14)

Zur Ermittlung der Muster und Identifikation der Erfolgsfaktoren zur Umsetzung frugaler Innovationen für den deutschen Maschinenbau sowie zur Ableitung des Handlungsbedarfs im Rahmen dieser Arbeit werden zwei sich ergänzende Herangehensweisen gewählt: (1) Eine explorative Voranalyse zu Herausforderungen und Hindernissen bei der Umsetzung frugaler Innovationen aus Sicht von Vertretern des deutschen Maschinenbaus ermöglicht die Ableitung von hypothetischen Anforderungen (HA) an eine Methodik. Durch die Auswertung verschiedener Fallstudien (2) können die hypothetischen Anforderungen mit bereits bestehenden Ansätzen in der Praxis abgeglichen und konkretisiert werden.

3.2 Explorative Voranalyse zu frugalen Maschinen

Der Kern der explorativen Voranalyse (1) waren sieben umfangreiche Gruppendiskussionen mit je sieben bis zehn Teilnehmenden. Der interdisziplinäre Teilnehmerkreis setzte sich jeweils aus Mitarbeitenden der Geschäftsführung, Entwicklung, Personalwesen und weitere Spezialisten der Maschinenbaubranche zusammen. Insgesamt leisteten so Fach- und Führungskräfte von 33 unterschiedlichen deutschen Unternehmen, mit Größen von circa 50 bis 19.000 Mitarbeitenden, ihren Beitrag zu der Erhebung. Die Leitfragen der zwischen Juni 2016 und April 2018 durchgeführten Gruppendiskussionen sowie die gewonnenen Kenntnisse wurden ergänzend im Rahmen von Interviews mit Expertenvertretern der Branche diskutiert. (Hildebrandt et al. 2016; Hönl et al. 2016, S. 41; Jacob et al. 2016, S. 3; Pini et al. 2018, S. 64)

3.2.1 Vorgehen und Durchführung

In den Gruppendiskussionen wurde zunächst die generelle Relevanz frugaler Innovationen aus Sicht deutscher Maschinenbauunternehmen analysiert, um anschließend Herausforderungen und (wissenschaftlichen) Unterstützungsbedarf zu diskutieren. Gemeinsam mit den Teilnehmenden wurde folgenden Fragen nachgegangen:

(A) Welche Relevanz haben frugale Innovationen aus Sicht des deutschen Maschinenbaus?

(B) Welche Herausforderungen bezüglich der Umsetzung frugaler Innovationen gibt es?

(C) Wo besteht Unterstützungsbedarf bei frugalen Innovationen?

Eine Zusammenstellung aller schriftlich festgehaltenen Meinungen der Teilnehmenden ist in Anhang A bis D zu finden. Die Aufbereitung und Auswertung der Ergebnisse erfolgt in Anlehnung an die Inhaltsanalyse nach Mayring: Paraphrasierung, Generalisierung auf das Abstraktionsniveau und Reduktion. (Mayring 2015, S. 70–72) Diese Form der Auswertung dient der Strukturierung von Ergebnissen mit dem Ziel zentrale Aussagen zu generieren. Hierfür werden die Kernaussagen der Gruppendiskussionen codiert und in Kategorien überführt (siehe hierzu Anhang E). Durch die Zusammenführung mit Erkenntnissen aus den Experten-Interviews mit Prof. Dr.-Ing. Engelbert Westkämper (ehemaliger Leiter des Fraunhofer IPA und Direktor des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart), Dr. Peter Drexel (ehemaliger Geschäftsführer diverser Sparten bei Bosch sowie ehemaliger Vorstand bei Siemens), Dr. Dietrich Birk (Geschäftsführer des Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) Baden-Württemberg), Dr. Tobias Weber (ehemals Referent Technik, Organisation, Innovation des VDMA Baden-Württemberg) sowie Dr. Reinhard Stumpe (Transformationsbeauftragter Industrieproduktion der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart) und Markus Götz (Leiter Referat Innovation, Technologietransfer und Digitalisierung bei der Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart), werden die so gewonnenen Aussagen auf ihre Verallgemeinerbarkeit überprüft. Im Anschluss werden hypothetische Anforderungen an die Methodik aufgestellt, um diese abschießend durch Fallstudien (2) mit der Praxis abgleichen zu können.

3.2.2 Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse

Aus Sicht der Unternehmen ist im Geschäftskundenbereich ein Trend hin zu mehr Frugalität erkennbar. Die Mehrheit der Gruppenteilnehmer bestätigt mit ihren Kernaussagen (sieben von zwölf, vgl. Anhang E Frage A) die hohe Relevanz frugaler Innovationen für den deutschen Maschinenbau. Aus Unternehmensperspektive werden frugale Innovationen als Chance eingeschätzt, um sich im globalen Massenmarkt zu positionieren und am wachsenden Markt der Schwellenländer zu partizipieren. Eine besonders positive Einschätzung erfolgt durch den Expertenvertreter. Dr. Birk, der erklärt „eine Branche, die so stark vom Export abhängig ist wie

unsere, muss frugale Maschinen und Anlagen ins Blickfeld nehmen." (Hönl et al. 2016, S. 41) Das Potenzial frugaler Innovationen wird als hoch bewertet, da Unternehmen zunehmend in allen Bereichen einem globalen Wettbewerb ausgesetzt sind und zu Kosteneinsparungen gezwungen sind. „Zum einen macht man mehr Umsatz, zum anderen findet eine Markterweiterung statt. Die High-End-Produkte werden entlastet, der Preisdruck wird herausgenommen", so Dr. Drexel. (Hildebrandt et al. 2016) Letzterer Punkt ist jedoch auch Ursache für die teilweise geringe Akzeptanz seitens der Entwicklungsingenieure. Frugale Produkte werden oftmals mit geringerer Qualität gleichgesetzt und es wird eine Verwässerung der High-End-Produkte befürchtet. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich besonders in Zentraleuropa ein hoher Standard etabliert hat. So wollen die deutschen Ingenieure auf höchstem technischen Niveau entwickeln, um dem Wettbewerb einen Schritt voraus zu sein. Die Entwicklung einer „Good enough"-Maschine scheint nicht attraktiv genug zu sein. „Frugal heißt nicht einfach", erklärt Dr. Birk. (Hönl et al. 2016, S. 41) „Der Entwicklungsprozess zu einem frugalen Produkt kann sehr komplex sein" und es muss „stärker von der Zielgruppe und deren Bedürfnisse" her gedacht werden, ergänzt Dr. Birk. (Hönl et al. 2016, S. 41) Festzuhalten ist damit sowohl die wettbewerbsresultierende hohe Relevanz frugaler Innovationen für Unternehmen als auch das noch unzureichende Verständnis für den Ansatz an sich. Ziel frugaler Innovationen ist die Schaffung attraktiver Angebote durch eine Konzentration auf die Kernfunktionalitäten unter Wahrung hoher Qualität. Dr. Drexel ergänzt in diesem Kontext, ein frugales Produkt setze einen Wandel im Denken voraus. Speziell bei deutschen Ingenieuren sei ein Denkmuster verankert, das auf Perfektion getrimmt ist. (Hildebrandt et al. 2016) Ausgehend von den Ergebnissen zu Frage A kann folgende erste hypothetische Anforderung aufgestellt werden (vgl. Anhang E):

HA1	Es bedarf eines Prozesses, der einen Kulturwandel im Unternehmen systematisch begleitet und damit eine positive sowie unterstützende Grundhaltung der Mitarbeitenden für frugale Produkte bewirkt.

Die Ergebnisse der Gruppendiskussion zu Frage B deuten darauf hin, dass derzeitige Unternehmensstrukturen im deutschen Maschinenbau wenig förderlich für die Entwicklung frugaler Innovationen sind. Das unzureichende Verständnis seitens des Managements sowie die Aufhängung der Projekte auf falscher Unternehmensebene scheint das Unverständnis für frugale Innovationen zu fördern. Zu hohe Erwartungen oder fehlende Kommunikation behindern den notwendigen Kulturwandel. „Es bedarf einer radikalen Umorientierung aller Hierarchien im

Unternehmen", erklärt Dr. Drexel. (Hildebrandt et al. 2016) Folgende hypothetische Anforderung wird aufgestellt:

HA2	Es wird ein ganzheitlicher Ansatz gefordert, der sowohl Vision- und Strategieentwicklung beinhaltet als auch eine Fokussierung der Aktivitäten zur Zielerreichung berücksichtigt.

Dr. Drexel erklärt, solch ein Wandel erfordert Geduld, Unterstützung und Methoden. Um Frustration zu vermeiden, ist es folglich sinnvoll, klare Erwartungen und Ziele zu verabschieden. (Hildebrandt et al. 2016)

HA3	Es bedarf eines iterativen Prozesses, der eine Priorisierung von Maßnahmen vorantreibt und die Sichtbarkeit von Erfolgen während des Prozesses ermöglicht.

Als kritischer Faktor bei der Umsetzung frugaler Innovationen wurde seitens der Gruppenteilnehmer das mangelhafte Wissen über die tatsächlichen Kundenbedürfnisse genannt. Dr. Weber betrachtet die neue Aufgabe der Ingenieure, den Kundennutzen (kulturelle Eigenheiten) herauszufinden, als „Riesenherausforderung". Fehlender Austausch zwischen den Abteilungen, einhergehend mit dem vorherrschenden technologiegetriebenen Gedanken, führt dazu, dass am Markt- und Kundennutzen vorbei entwickelt wird. (Ernst et al. 2019, S. 40) Prof. Dr. Westkämper untermauert: „Die Forschung muss dabei helfen, Grenzen zu überwinden, also dieselben Effekte mit weniger Energie zu erreichen oder dieselben Produkte mit weniger Materialeinsatz und höherer Präzision herzustellen." (Hönl et al. 2016, S. 42) Das Finden neuer Wege gelingt am besten durch den Austausch von Know-how, deshalb wird folgende hypothetische Anforderung formuliert:

HA4	Es bedarf eines Prozesses, der mitarbeitergebundenes und organisationales Wissen nutzt und den Aufbau eines frugalen Mindsets sowie Wissensmanagements unterstützt.

Aufgrund der aufgeführten Herausforderungen wird eine Unterstützung von wissenschaftlicher Seite als positiv für die Entwicklung frugaler Innovationen eingeschätzt (Frage C). Es wird vor allem nach einem klaren systematischen Prozess zur Umsetzung frugaler Innovationen verlangt. Die Gruppen wünschen sich einstimmig eine Methodik, die einfach anwendbar und operationalisierbar ist. Im Fokus stehen ein angemessenes Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen sowie ein iteratives Vorgehen.

HA5	Es bedarf eines adaptiven Prozesses, der mit geringem Aufwand durchführbar und an unterschiedliche Anforderungen und Umfeld Bedingungen / Kontexte anpassbar ist.

Speziell die Vertreter von kleineren Unternehmen fragen nach einer Methode zur Anpassung bestehender Maschinen und Anlagen. Dr. Stumpe erklärt: „Oft ist es sinnvoll, einen Schritt einfacher zu produzieren. So muss ein Motor in einer Anlage nicht überdimensioniert sein, was manche Kunden fordern". (Ernst et al. 2019, S. 41) Auch das ist aus seiner Sicht ein frugaler Ansatz, der durchaus neue Kunden gewinnen kann. (Ernst et al. 2019, S. 41) Folgendes wird für eine Methodik abgeleitet:

HA6	Es bedarf eines Prozesses, der die Identifikation des Anpassungspotenzials von bestehenden Maschinen an die Kriterien frugaler Innovationen erlaubt.

3.3 Fallinterne Analyse zur Umsetzung frugaler Maschinen

Die fallinterne Analyse (2) beschäftigt sich mit sieben Fallstudien, die der Erklärung und Begründung praktischer Erfahrungen im Umgang mit frugalen Innovationen im Maschinenbau dienen. Durch die Fallstudien wird versucht, die sechs hypothetischen Anforderungen, der explorativen Voranalyse, zu bestätigen und näher zu bestimmen, um somit die konkreten Anforderungen an eine Methodik zu eruieren. Die Untersuchung wird nach dem Fallstudienansatz „Holistic Multiple-Case Design" durchgeführt, da Zusammenhänge und Unterschiede zwischen den einzelnen Fallstudien aufgedeckt und kritisch hinterfragen werden können. (Eisenhardt 1989, S. 541; Yin 2003, S. 39–52; Miles et al. 2020, S. 29–30)

Die Erhebung erfolgte von Januar 2016 bis Dezember 2018 bei Maschinen-, Anlagen- und Geräteherstellern in Deutschland zum einen durch Experteninterviews mit einem teilstandardisierten Fragebogen (siehe Anhang F) und ergänzend über bereitgestellte interne Unternehmensdokumente (beispielsweise Berichte und Präsentationen). Dieses Vorgehen erlaubt eine adäquate Berücksichtigung von Kontextwissen sowie die Darstellung von Besonderheiten bei einzelnen Fällen. (Gläser et al. 2010, S. 38–43; Baur et al. 2014, S. 534–535; Averbeck-Lietz et al. 2016, S. 102) Interviewt wurden ein oder mehrere Fach- und Führungskräfte ausgewählter Unternehmen, die unter anderem im Rahmen der Voranalyse (Kapitel 3.2) identifiziert wurden. Die Dauer der Gespräche betrug zwischen circa 30 Minuten und 3,5 Stunden (vgl. Anhang G). Die Gespräche wurden mittels protokoll- und gedächtnisbasierten Transkripten festgehalten sowie zur Erhöhung der Qualität der Aussagen bei der Einwilligung des Gesprächspartners auf-

gezeichnet und verschriftlicht. (Kuckartz 2010, S. 38–40) Um einen breiten Einblick in die Herausforderungen und jeweiligen Lösungswege zu erhalten, wurde bei der Auswahl der Unternehmen auf eine Mischung verschiedener Unternehmensgrößen geachtet (von circa 260 bis 50.000 Mitarbeitenden). Betrachtet wurden Unternehmen, die sich zum Zeitpunkt der Umsetzung in wirtschaftlichen Schwierigkeiten befanden als auch Unternehmen in wirtschaftlich stabiler Position. Die Namen der Unternehmen und Befragten werden in der Ausarbeitung verallgemeinert dargestellt.

3.3.1 Fallstudie 1 (Textilmaschinen GmbH)

Die Textilmaschinen GmbH[13] steht für Innovation und Tradition. Das familiengeführte Unternehmen hat seinen Hauptsitz in Deutschland und verfügt darüber hinaus über weitere Niederlassungen in Europa sowie in Asien und Nordamerika. Weltweit liegt die Zahl der Beschäftigten im Bereich von circa 2.700 Mitarbeitenden (Stand 2015). Die Branche sowie das Unternehmen selbst sind stark exportabhängig. Bedingt durch ein schlechtes Preis-Leistungs-Verhältnis verlor das Unternehmen Anfang der 2000er Jahre Marktanteile in Asien und verzeichnete einen hohen Umsatzrückgang. Mit dem Ziel, wettbewerbsfähige Maschinen, angepasst an die jeweiligen lokalen Märkte, kosten- und termingerecht anbieten zu können, hat die Textilmaschinen GmbH die Entwicklung einer Mid-End-Maschine vorangetrieben. Im Zuge einer Dual-Strategie verfügt die Textilmaschinen GmbH heute über die Möglichkeit, das mittlere und obere Marktsegments gesondert zu bearbeiten. Als Schlüsselfaktor für den späteren Erfolg haben sich die anfänglichen umfangreichen Funktionskosten- und Wertanalysen erwiesen, die wichtige Potenziale für eine substantielle Kostenreduktion identifiziert haben. Für die Mid-End-Maschine wurde so eine Einsparung von 40 % der Kosten bei gleichbleibender Leistung gegenüber einer vergleichbaren Maschine erreicht.

Ausschlaggebend für den Erfolg der Maschine war die gezielte Untersuchung der lokalen Produktanforderungen und Kundenbedürfnisse vor Ort. Letzteres half bei der Identifikation von Störfaktoren bei den Investitionsentscheidungen der Kunden. Früher verlorene Marktanteile in

[13] Informationen vgl. Anhang H, Index C

Asien konnten mit dem passenden Preis-Leistungs-Verhältnis zurückgewonnen werden. Das Unternehmen kann trotz der reduzierten Verkaufspreise im Mid-End-Segment ausreichend hohe Deckungsbeiträge generieren. Die neu entwickelte Mid-End-Maschine ist hinsichtlich Funktionalität im Vergleich zur Vorgängermaschine kaum eingeschränkt. Die Leistung konnte durch neue Konzepte, unter anderem durch Leichtbau und thermische Entkopplung, gesteigert werden. Durch einen besseren Materialmix konnten Konzepte mit deutlich geringeren Herstellkosten entwickelt werden. Die anfängliche Identifikation des Anpassungspotenzials durch Funktionskosten- und Wertanalysen ist folglich richtungsweisend für die erfolgreiche Entwicklung einer frugalen Maschine und bestätigt HA6.

Die eindeutige Vision und Strategie der Geschäftsführung sowie die zielorientierte Reorganisation der Abteilungen förderten zudem die Weiterentwicklung des Unternehmens hin zu einer lernenden Organisation. Der neue Kommunikationsfluss ermöglichte Synergieeffekte und verhalf zu Optimierungen bei den High-End-Maschinen. Bei gleichbleibenden Herstellkosten konnte die Leistung dieser Maschinen um 25 % gesteigert werden. Eine befürchtete Kannibalisierung der Mid- und High-End-Maschine ist nicht eingetreten. In beiden Sparten sind entsprechende Umsätze nachzuweisen. Die richtige Einbindung des Projektes, beginnend mit der Vision und Strategieentwicklung in der obersten Führungsebene, trägt folglich maßgeblich dazu bei, die Ziele zu erreichen. HA2 wird demzufolge bestätigt.

Als Schlüsselfaktor für den Erfolg sieht die Textilmaschinen GmbH zusätzlich die standortübergreifende Zusammenarbeit bei der Umsetzung. Die Bereitschaft der Mitarbeiter, ihr Wissen zu teilen, half neue Perspektiven zu gewinnen. Als organisatorische Voraussetzung ist eine standortübergreifend gültige Konstruktionsrichtlinie als Arbeitsgrundlage erforderlich. Es müssen Arbeitsinhalte und Schnittstellen vollständig definiert und beschrieben sein. Auch Zuständigkeiten und Freigabeprozesse müssen akzeptiert und etabliert werden. Die Entwicklung einer frugalen Maschine erfordert folglich das Auflösen von Insellösungen und den gezielten Aufbau eines Wissensmanagements. Dies bestätigt HA4.

Insgesamt konnten durch das Vorgehen der Textilmaschinen GmbH drei von sechs der hypothetischen Anforderungen bestätigt werden, siehe hierzu auch Kapitel 3.3.8.

3.3.2 Fallstudie 2 (Papiermaschinen GmbH)

Die Papiermaschinen GmbH[14] ist ein Familienunternehmen, gegründet vor über 150 Jahren, mit Hauptsitz in Deutschland. Mit einer Anzahl von etwa 19.000 Mitarbeitenden (Stand 2017) ist die Papiermaschinen GmbH weltweit in zahlreichen Ländern vertreten. Das Nutzungs- und Konsumverhalten änderte sich um das Jahr 2010 im Zuge zunehmender Globalisierung und Digitalisierung maßgeblich, was spürbare negative Auswirkungen auf den Papiermarkt und somit auch auf die Papiermaschinen GmbH hatte. Massive Umsatzeinbrüche waren die Folge. Ein Wandel in den zu verarbeitenden Papiersorten führte zu neuen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsansprüchen an Maschinen und Prozesse. Ein weiteres Problem ergab sich aus den zahlreichen Zukäufen des Unternehmens. Die daraus resultierenden Varianten und Optionen von Maschinen waren kaum noch überschaubar. Mit dem Ziel, den neuen Anforderungen adäquat zu begegnen, wurde ein Lösungsansatz entwickelt, der auf zwei Schlüsselfaktoren aufbaut. Neben einer konsequenten Modularisierung wurde die Entwicklung einer frugalen Maschine fokussiert. So sollte die Flexibilität hinsichtlich der Erfüllung von Kundenwünschen erhalten bleiben und gleichzeitig die interne Komplexität der Produktstrukturen vereinfacht werden.

Als einer der ersten Schritte in der Umsetzung eines frugalen Produkts wurde die Anzahl der Maschinen im Produktportfolio konsequent reduziert. Hierbei wurde sichergestellt, dass durch die neuen Varianten und Optionen die Marktabdeckung nur minimal eingeschränkt wird. Im Zuge einer umfangreichen Analyse, die sich auf die Notwendigkeit einzelner Module bezog, konnten etwa 50 % des Produktportfolios aus dem Programm genommen werden. Trotz der Reduktion an Varianten konnte bei stagnierendem Markt die Anzahl der verkauften Maschinen innerhalb kurzer Zeit deutlich gesteigert werden. Das Verhältnis zwischen der Anzahl an verkauften und vorhandenen Maschinenvarianten wurde innerhalb von vier Jahren von kleiner eins auf knapp drei optimiert. Die Standardisierung der Komponenten und Normteile sparte zusätzlich Zeit und Kosten. So konnten die Lagereinheiten in Folge dessen beispielsweise um circa 88 % reduziert werden. Weiterhin konnten im Bereich der Stoffaufbereitung die Filtersysteme von über 1.000 auf unter 50 Varianten reduziert werden. Letzteres hatte eine Optimierung der Herstellkosten um bis zu 40 % bei gleicher Funktionserfüllung zur Folge. Die reduzierten

[14] Informationen vgl. Anhang H, Index M

Herstellkosten ermöglichten günstigere und wirtschaftlichere Verkaufspreise. Verlorene Marktanteile konnten so in kurzer Zeit zurückgewonnen werden. Die anfängliche Identifikation des Anpassungspotenzials durch eine Analyse, die sich auf die Notwendigkeit einzelner Module bezieht, war der Grundstein für den späteren Erfolg der frugalen Maschine und bestätigt HA6.

Doch nicht nur die Herstellkosten von Komponenten und Baugruppen konnten substantiell reduziert werden, auch die Benutzerfreundlichkeit konnte gesteigert werden. Vor allem die Erfahrungswerte von Mitarbeitenden aus dem Servicebereich waren hier essentiell. Eine Reduzierung des Fertigungs- und Montageaufwands durch die einfache Gestaltung der Module verdeutlichte den internen Nutzen. Die vertraglich garantierte Leistung der Maschine konnte bei der Inbetriebnahme bereits nach wenigen Tagen erreicht werden, statt wie bisher nach mehreren Wochen oder Monaten. Der Erfolg durch gezielte Einbindung von Mitarbeitenden in den Entwicklungsprozess bestätigt an dieser Stelle HA4.

Um Abstriche an den Qualitätsmaßstäben des Unternehmens zu vermeiden, wurden alle Anpassungen ausnahmslos hinsichtlich Robustheit und Zuverlässigkeit der Maschine bewertet. Entsprechend der neuen, klar kommunizierten Vision des Unternehmens, sollen Kunden mit robusten, einfach bedienbaren Maschinen in einem guten Preis-Leistungs-Verhältnis begeistert werden. Richtungsweisend für die Auswahl der Anpassungen ist demzufolge eine klare Vision der Geschäftsführung. HA2 wird bestätigt.

Bei der Umsetzung wurde aus wirtschaftlichen und strategischen Gründen mit den teuersten Maschinen, Modulen und Komponenten begonnen. Die Effekte der erarbeiteten Anpassungsmaßnahmen waren bei Letzteren am deutlichsten sichtbar, was die Motivation der Mitarbeitenden förderte. Neue Richtlinien und Prozesse sichern bis heute einen einheitlichen Standard innerhalb der Papiermaschinen GmbH. Diese Herangehensweise bestätigt die Relevanz eines mehrstufigen Prozesses in Kombination mit der Möglichkeit zur Priorisierung von Maßnahmen. So kann ein Unternehmen in wirtschaftlich schwacher Lage mit geringem Aufwand beginnen. Bestätigt werden hiermit HA3 und HA5.

Die zentrale Herausforderung während der Umsetzung bestand darin, eine Balance zwischen globaler Steuerung der Geschäftsprozesse und lokaler Anpassung an kundenspezifische Bedürfnisse zu finden. Von den Mitarbeitenden wurde gefordert, nicht nur international zu denken, sondern lokale Strukturen und Lösungen in einen globalen Ansatz zu überführen.

Während Bereiche wie Fertigung und Montage den Nutzen schnell erkannten, hatte die Konstruktionsabteilung lange Zeit Schwierigkeiten damit. Umso bedeutender wurde es, ein frugales Mindset im Unternehmen zu etablieren. Neueinstellungen waren zu diesem Zeitpunkt aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich. Die beteiligten Mitarbeitenden über Jahre zu motivieren und Widerspruch zu überwinden, stellte eine große Herausforderung dar. Gefehlt hat der Papiermaschinen GmbH ein systematischer und nachhaltiger Prozess bei der Umsetzung. Ein Prozess, der eine Veränderung hin zu einem frugalen Mindset der Mitarbeitenden bewirkt ist demzufolge notwendig zur Entwicklung einer frugalen Maschine. HA1 wird bestätigt.

Mit dem geschilderten Vorgehen unterstreicht die Fallstudie der Papiermaschinen GmbH insgesamt sechs von sechs der aufgestellten hypothetischen Anforderungen.

3.3.3 Fallstudie 3 (Werkzeugmaschinen GmbH)

Die Werkzeugmaschinen GmbH[15] ist Markt- und Technologieführer im Bereich der Werkzeugmaschinen. Das Unternehmen hat eine fast hundertjährige Unternehmensgeschichte vorzuweisen und ist mit seinen Innovationen in nahezu allen Branchen vertreten. Das internationale Familienunternehmen mit mehr als 12.000 Mitarbeitenden (Stand 2017) ist bereits seit den 1960er Jahren in den zahlreichen wachsenden Märkten aktiv und global präsent. Auf zukunftsrelevanten Märkten, wie dem asiatischen Markt, sieht sich die Werkzeugmaschinen GmbH mit einem starken Preiskampf konfrontiert. Aufgrund eines unzureichenden Preis-Leistungs-Verhältnisses blieb der Erfolg mit den High-End-Produkten bisher aus.

Mit dem Ziel, sich Zugang zu lokalem Wissen zu verschaffen und lokal spezifische Lösungen zu entwickeln, fokussierte sich die Werkzeugmaschinen GmbH auf Fusionen und Übernahmen in relevanten Märkten. Im Zuge dessen wurde im Jahr 2013 einer der führenden lokalen Werkzeugmaschinenhersteller im asiatischen Raum gekauft. Hierdurch erhielt das Unternehmen nicht nur Zugang zu lokalen Lösungen, sondern auch zu einem lokalen Markt, welcher der Werkzeugmaschinen GmbH bisher verschlossen war. Weitere Vorteile brachte die Nutzung lokaler Wertschöpfungsketten. Dadurch konnten nicht nur geringere Lohnkosten erreicht

[15] Informationen vgl. Anhang H, Index L

werden, sondern auch eine Einsparung an Material und Transportkosten. Im Zuge der lokalen Präsenz wurde eine lokale fertigungsgerechte Konstruktion etabliert. Lokal verfügbare Materialien und Fertigungstechnologien konnten eingesetzt werden, um die Herstellkosten möglichst gering zu halten. Bestehende Netzwerke des erworbenen Unternehmens ermöglichten es, die Komplexität der Lieferkette sowie die Logistikkosten niedrig zu halten. Die verhältnismäßig niedrigen Lohnkosten trugen dazu bei, durch eine hohe Anzahl an manuellen Tätigkeiten die Herstellkosten der Maschine weiter zu reduzieren. Im vorliegenden Fall lag eine in Asien vollständig entwickelte Maschine, mit lokalem Sourcing von Teilen und Baugruppen, etwa 50% unter den Kosten einer vergleichbaren deutschen Maschine. Durch den Kauf eines führenden lokalen Werkzeugmaschinenherstellers im asiatischen Raum hat die Werkzeugmaschinen GmbH folglich Anpassungspotenziale an bestehenden Strukturen und Maschinen identifiziert. Letzteres hat zu einer starken Kosteneinsparung geführt und bestätigt HA6.

Im Zuge der Übernahme konnte zudem Wissen aufgebaut und mit den neuen asiatischen Kollegen ausgetauscht werden, um das Unternehmen langfristig beim Ausbau der Marktanteilssituation sowie bei der Erschließung neuer Märkte zu unterstützen. Darüber hinaus konnten im Entwicklungsbereich neue Erkenntnisse über lokal spezifische, einfache und kostengünstige Lösungen gewonnen werden. Letzteres brachte den anderen Bereichen des Unternehmens ebenfalls Vorteile zum Erhalt der Marktpräsenz. Der Aufbau eines Wissensmanagements spielt folglich eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung frugaler Innovationen. Dies bestätigt HA4.

Der Wissensaufbau half der Werkzeugmaschinen GmbH unter anderem eine mitwachsende und somit nachrüstbare Maschine in und für Deutschland zu entwickeln. Das ist die Grundlage, um zukünftig auch preissensitiveren sowie investitionsschwachen Unternehmen, beispielsweise Startups, eine passende Maschine anzubieten. Die Zusammenarbeit mit den neuen asiatischen Kollegen hat bei den deutschen Ingenieuren folglich ein Umdenken bei der Entwicklung von „Good-enough"-Produkten hervorgerufen und Veränderung hin zu einem frugalen Mindset der Mitarbeiter bewirkt. Bestätigt wird HA1.

Mit dem Aufkauf eines lokal ansässigen Unternehmens stellt Fallstudie 3 einen alternativen Weg vor, um sich Zugang zu einem neuen Markt zu verschaffen. Mit ihrem Vorgehen unterstreicht die Werkzeugmaschinen GmbH die Relevanz von Marktwissen und den Fokus auf frugale Innovationen in Form einer mitwachsenden, nachrüstbaren Maschine. Demzufolge können insgesamt drei von sechs aufgestellte hypothetischen Anforderungen bestätigt werden.

3.3.4 Fallstudie 4 (Medizingeräte AG)

Die Medizingeräte AG[16] ist ein weltweit führender Anbieter von Diagnosegeräten mit Hauptsitz in Deutschland und blickt auf bereits mehr als 120 Jahre Erfahrung zurück. Das Unternehmen hat rund 50.000 Mitarbeitende (Stand 2018) und ist mit diesen in mehr als 70 Ländern vertreten. Mit der Identifikation eines neuen Marktes musste die bestehende Produktstruktur überdacht werden, da das gefragte Preis-Leistungs-Verhältnis nicht erfüllt werden konnte.

Im ersten Schritt führte die Medizingeräte AG eine ausführliche Analyse durch und trat in Kontakt zu unterschiedlichen Kunden. Die daraus gewonnenen divergenten Kundenvorstellungen forderten das Unternehmen auf, technisch komplizierte Abhängigkeiten aufzudecken, um relevante Funktionen den jeweiligen Kosten gegenüberzustellen. Dieses Vorgehen erfordert nach Angaben des Unternehmens einen hohen Pflegeaufwand der Daten. Die größte Schwierigkeit bei der Entwicklung eines frugalen Medizingeräts lag in der Optimierung von Geschäftsmodell, Marktzugang, Kommunikation, Attraktivität und Gesamtkosten für die Kunden. Die anfängliche Analyse hat ein hohes Handlungspotenzial an bestehenden Produkten aufgezeigt, um den Marktanforderungen gerecht zu werden. Dies war der Grundstein für den späteren Erfolg des frugalen Geräts und bestätigt HA6.

Zur Umsetzung wurde ein interdisziplinäres Team zusammengestellt. Dieses stellte das Unternehmen vor eine große Herausforderung, da nicht alle Mitarbeitenden gleichermaßen Verständnis für ein Projekt zur Entwicklung eines frugalen Medizingeräts mitbrachten. Durch entsprechenden Rückhalt bei der Geschäftsführung gelang es, ein interdisziplinäres Kernteam zu bilden. Die Notwendigkeit eines systematischen Prozesses, um den Kulturwandel im Unternehmen voranzutreiben wird hierbei ersichtlich. Weiter zeigt es die Notwendigkeit, das Projekt in der obersten Führungsebene zu integrieren, um eine konsequente Ausrichtung an den Kriterien frugaler Innovationen und Unternehmenszielen gewährleisten zu können. Bestätigt HA1 & 2.

Im Laufe der Zeit hat sich ein bereichsübergreifender Informationsfluss als weiterer wesentlicher Erfolgsfaktor herausgestellt. Schnittstellen zwischen den internationalen Standorten bieten hohe Synergieeffekte in der Entwicklung einer kostengünstigen Lösung. Zusätzlich zum Entwicklungsteam in Deutschland wurde daher ein Entwicklungsteam in Asien berufen. Insgesamt

[16] Informationen vgl. Anhang G, Index X

arbeitet so ein 15-köpfiges Team für fünf Jahre zu 100 % an der Umsetzung des frugalen Medizingeräts. Bestätigt wird hiermit HA4. Das Team ist zuversichtlich, die anfangs ausgearbeiteten Ziele und eine Kostenreduktion von circa 30 % zum Ende der Projektlaufzeit zu erreichen. Insgesamt wurde mit der Fallstudie auf vier hypothetischen Anforderungen Bezug genommen.

3.3.5 Fallstudie 5 (Sägemaschinen GmbH)

Die Sägemaschinen GmbH[17] ist mit über 100 Jahren Unternehmensgeschichte und circa 260 Mitarbeitenden (Stand 2018) ein innovativer sowie weltweit führender Hersteller von Sägemaschinen. Die Produkte des international agierenden Unternehmens finden vorrangig hohen Absatz bei Klein- und Kleinstbetrieben im Handwerk.

Aufgrund des wachsenden Auslandsgeschäfts und zunehmender Nachfrage an kostengünstigen Sägemaschinen forcierte das Unternehmen die Entwicklung einer frugalen Innovation. Ziel war die Entwicklung von innovativen, einfachen und kostengünstigen Lösungen auf Basis des bestehenden Baukastens. Die Notwendigkeit zur Entwicklung eines Bewusstseins für die individuellen Marktbedürfnisse und Preise wurde im Unternehmen besonders deutlich. Um die wesentlichen Kaufkriterien hinsichtlich Profitabilität und Effektivität aufzudecken, hat die Sägemaschinen GmbH eine explizite Marktanalyse zur Identifikation des eigentlichen Bedarfs durchgeführt. Ebenso wurde der Grad der Automatisierung sowie die Relevanz der vor- und nachgelagerten Prozesse untersucht. Die Analyse deckte große Unterschiede zwischen den Märkten auf, sodass die Maschinen grundlegend angepasst werden mussten. Erst durch diese Erkenntnis gelang es, ein frugales Produkt zu planen und umzusetzen. Dies bestätigt HA4.

Als größte Herausforderung bei der Umsetzung stellte sich das fehlende Wissen und Verständnis bei deutschen Konstrukteuren heraus. Der Sägemaschinen GmbH stand keine geeignete Methode für den gezielten Wissensaufbau oder die Förderung einer frugalen Denkweise zur Verfügung. Aus diesem Grund mussten die Entwicklungsprojekte nach Osteuropa und Asien ausgelagert werden. Den dortigen Konstrukteuren gelang es, die Konzepte umzusetzen und dadurch konnte die Sägemaschinen GmbH deutlich einfachere sowie kostengünstigere

[17] Informationen vgl. Anhang G, Index O

Maschinen am Markt platzieren. Begründet liegt dies in der dort vorherrschenden „Good-enough"-Entwicklungskultur, die mit dem frugalen Gedanken einhergeht. Zur Entwicklung frugaler Innovationen in Deutschland bedarf es folglich eines Prozesses, der einen Wandel im Mindset der Mitarbeitenden bewirkt. Dies bestätigt HA1.

Das Unternehmen beschäftigt sich weiter mit diesem Thema, jedoch nicht explizit unter dem Begriff frugal. Die Schwierigkeit der Entwicklung innovativer, einfacher und kostengünstiger Lösungen in Deutschland besteht weiterhin. Zielgerichtete Ansätze für die Planung und Umsetzung frugaler Maschinen, die mit geringem Aufwand durchführbar sind, sind weiterhin von großem Interesse für die Sägemaschinen GmbH, um die Arbeitsplätze (Entwicklung und Produktion) in Deutschland zu halten. Es fehlt an einem Prozess, der das Vorgehen bei der Entwicklung frugaler Maschinen umfassend begleitet und Anpassungspotenziale aufzeigt. HA2, HA5 und HA6 werden demzufolge mit dieser Fallstudie bestätigt.

Mit ihrem Vorgehen unterstreicht die Sägemaschinen GmbH insgesamt vier von sechs der aufgestellten hypothetischen Anforderungen.

3.3.6 Fallstudie 6 (Land- und Forstwirtschaftsgeräte AG)

Die Land- und Forstwirtschaftsgeräte AG[18] ist ein weltweit führender Anbieter für motorbetriebene Land- und Forstwirtschaftsgeräte mit Hauptsitz in Deutschland. Seit der Firmengründung vor über 90 Jahren entstand eine breite und stetig wachsende Anzahl an Produkten. Das internationale Unternehmen ist wirtschaftlich sehr erfolgreich und beschäftigt circa 16.000 Mitarbeitende (Stand 2018).

Mit der Vision der Geschäftsführung, die Schwellenmärkte zu erschließen, folgte die Strategie zur Planung und Entwicklung eines frugalen Produkts. Mit diesem Vorgehen unterstreicht die Land- und Forstwirtschaftsgeräte AG den geforderten ganzheitlichen Ansatz und bestätigt HA2. Als Vorbereitung für das Projekt fand in der ersten Phase eine intensive Markt- und Wettbewerbsanalyse statt. Durch Marktinformationen, die den Umgang mit Produkten enthielten, konnte schnell ein Ansatz gefunden werden. Die Marke und Qualität war zwar in den

[18] Informationen vgl. Anhang G, Index K

Schwellenländern bekannt, jedoch erfolgte bei den lokalen Kunden keine Betrachtung der „Total Cost of Ownership“ (TCO). Stattdessen fand eine kurzfristige Betrachtung finanzieller Möglichkeiten statt. Wesentliche Herausforderung für die Land- und Forstwirtschaftsgeräte AG sind folglich die Positionierung mit einem passenden Preis-Leistungs-Verhältnis und die Notwendigkeit, die Anschaffungskosten gering zu halten. Die anfängliche Markt- und Wettbewerbsanalyse war richtungsweisend, um erste Ansätze für die Entwicklung eines frugalen Geräts zu finden und bestätigt HA6.

Die Einbindung der Vertriebsgesellschaften erwies sich rückblickend als wesentlicher Erfolgsfaktor bei der Erstellung von Preis-Leistungs-Diagrammen und der Identifikation der Zielkunden für das frugale Produkt. HA4 kann demzufolge bestätigt werden. Dadurch konnte die Kerneinheit der Land- und Forstwirtschaftsgeräte AG, eine Motoreinheit, als vielversprechend identifiziert werden. Eine Motoreinheit als frugale Kerneinheit eignet sich für verschiedene Anwendungen und kann mit eigenen oder fremden Anbauoptionen ausgestattet werden. Um sich gegenüber dem starken Wettbewerb zu positionieren, wurde das frugale Produkt weiterhin unter der bestehenden und bekannten Marke eingeführt, anstatt unter einer Submarke.

Als Herausforderung hat sich die bestehende Unternehmensfokussierung auf den Profi-Geräte-Bereich herausgestellt. Die Mitarbeitenden der Land- und Forstwirtschaftsgeräte AG sind es gewohnt, Lösungen im High-End-Bereich zu entwickeln und nach technischer Perfektion zu streben. Frugale Innovationen fordern ein Umdenken zur Erreichung des geforderten Preis-Leistungs-Verhältnisses. In Folge wurde das frugale Produkt mit leichtem Terminverzug auf den ausgewählten Schwellenländern eingeführt. Ein Prozess, der den Aufbau eines frugalen Mindsets bewirkt, hätte hier unterstützen können. HA1 kann bestätigt werden.

Mit ihrem Vorgehen unterstreicht die Land- und Forstwirtschaftsgeräte AG insgesamt vier von sechs der hypothetischen Anforderungen.

3.3.7 Fallstudie 7 (Reinigungsgeräte GmbH)

Die Reinigungsgeräte GmbH[19] ist ein weltweit führender Anbieter für Reinheitstechnik. Mit seinen innovativen Lösungen ist das in Deutschland ansässige Familienunternehmen bereits seit 80 Jahren erfolgreich auf dem Markt. Weltweit liegt die Zahl der Beschäftigten im Bereich von circa 13.000 Mitarbeitenden (Stand 2018). Die Reinigungsgeräte GmbH ist wirtschaftlich sehr erfolgreich und wächst stetig in allen Bereichen, die generell in „Retail" und „Profi" getrennt werden. Mit dem Ziel, neue Marktsegmente zu erschließen, wurde die Entwicklung eines frugalen Reinigungsgeräts gezielt geplant. Der Unternehmensvorstand hat den Ansatz in einer nachhaltigen Vision verankert und mit entsprechender Freischaltung von Ressourcen bekräftigt.

Als zentrale Herausforderungen bei dem Projekt haben sich die technologiegetriebene Entwicklungskultur und das fehlende Verständnis für frugale Märkte herausgestellt. Im Zuge einer Portfolioanalyse sowie einer umfassenden Markt- und Wettbewerbsanalyse wurden die neuen Anforderungen zwar identifiziert, jedoch lösten die erforderlichen Zielherstellkosten Unverständnis bei den Mitarbeitenden aus. Die zahlreichen Maßnahmen und Optimierungen überforderten die Mitarbeitenden. Ein mehrstufiger Prozess, der eine Priorisierung von Maßnahmen zulässt und die Sichtbarkeit von Erfolgen während des Prozesses ermöglicht, hätte hier unterstützen können. HA3 wird bestätigt. Es fehlte ein strukturierter Prozess, der den Aufbau frugaler Entwicklungskompetenzen gezielt unterstützt und damit die Motivation der Mitarbeitenden schrittweise fördert. Es bedarf eines frugalen Mindsets, was HA1 bestätigt.

Bei der Entwicklung eines frugalen Reinigungsgerätes wurde gleich vorgegangen wie bei High-End-Produkten. Etwa 95 % der Teile wurden neu entwickelt und es wurden kaum Synergien durch den Einbau bestehender Komponenten von anderen Geräten genutzt. In Folge hat das Projekt zunächst seine Ziele hinsichtlich Zeit und Herstellkosten nicht erreicht. Die Reinigungsgeräte GmbH startete verspätet und mit negativen Margen in den Verkauf. Ein klarer Prozess, der die Identifikation des Anpassungspotenzials von bestehenden Maschinen an die Kriterien frugaler Innovationen erlaubt, hätte hier unterstützen können. HA6 wird bestätigt.

[19] Informationen vgl. Anhang G, Index V

Da der Eintritt in die Zielmärkte bewusst getroffen wurde, entschied sich die Geschäftsführung trotz Unwirtschaftlichkeit bewusst zur weiteren Fokussierung des frugalen Ansatzes. Die richtige Einbindung des Projektes hat sich demzufolge als maßgeblicher Schlüsselfaktor für den späteren Erfolg erwiesen und bestätigt HA2.

Sehr beharrlich wurde an der Kommunikation und Sichtweise gearbeitet. Durch die direkte Konfrontation mit Vergleichsprodukten und den Aufbau eines Entwicklungsstandortes in Asien wurden zahlreiche Optimierungsmaßnahmen erarbeitet und umgesetzt. Nach der anfänglichen Unwirtschaftlichkeit konnten so positive Margen mit dem Produkt erzielt werden. Der Verkaufspreis des frugalen Reinigungsgerätes liegt etwa 35 % unter dem eines vergleichbaren deutschen Produktes. Einkauf und Produktion erfolgten nahezu komplett auf dem asiatischen Markt. Der Aufbau eines Wissensmanagements ist folglich ein wesentlicher Erfolgsfaktor. HA4 wird bestätigt.

Mit ihrem Vorgehen unterstreicht die Reinigungsgeräte GmbH insgesamt fünf von sechs der aufgestellten hypothetischen Anforderungen. Zudem wird ersichtlich, dass es einer konsequenten Fokussierung auf die Kriterien frugaler Innovationen bedarf, um die vollen Optimierungsmöglichkeiten auszuschöpfen.

3.3.8 Abgleich der hypothetischen Anforderungen mit den Fallstudien

Durch die Fallstudien könnten die identifizierten hypothetischen Anforderungen je durch mindestens zwei Fälle bestätigt werden, siehe Tabelle 2.

Als zusätzliche wichtige Anforderung, um Abstriche an den Qualitätsmaßstäben des Unternehmens zu vermeiden, wurden die Bewertung aller Anpassungen der Maschine hinsichtlich Robustheit und Zuverlässigkeit identifiziert.

Tabelle 2: Übersicht der bestätigten hypothetischen Anforderung je Fallstudie

	HA1: Es bedarf eines Prozesses, der einen Kulturwandel im Unternehmen systematisch begleitet und damit eine positive sowie unterstützende Grundhaltung der Mitarbeitenden für frugale Produkte bewirkt.	**HA2:** Es wird ein ganzheitlicher Ansatz gefordert, der sowohl Vision- und Strategieentwicklung beinhaltet als auch eine Fokussierung der Aktivitäten zur Zielerreichung berücksichtigt.	**HA3:** Es bedarf eines iterativen Prozesses, der eine Priorisierung von Maßnahmen vorantreibt und die Sichtbarkeit von Erfolgen während des Prozesses ermöglicht.	**HA4:** Es bedarf eines Prozesses, der mitarbeitergebundenes und organisationales Wissen nutzt und den Aufbau eines frugalen Mindsets sowie Wissensmanagements unterstützt.	**HA5:** Es bedarf eines adaptiven Prozesses, der mit geringem Aufwand durchführbar und an unterschiedliche Anforderungen und Umfeld Bedingungen / Kontexte anpassbar ist.	**HA6:** Es bedarf eines Prozesses, der die Identifikation des Anpassungspotenzials von bestehenden Maschinen an die Kriterien frugaler Innovationen erlaubt.
Fallstudie 1	keine Angabe	bestätigt	keine Angabe	bestätigt	keine Angabe	bestätigt
Fallstudie 2	bestätigt	bestätigt	bestätigt	bestätigt	bestätigt	bestätigt
Fallstudie 3	bestätigt	keine Angabe	keine Angabe	bestätigt	keine Angabe	bestätigt
Fallstudie 4	bestätigt	bestätigt	keine Angabe	bestätigt	keine Angabe	bestätigt
Fallstudie 5	bestätigt	bestätigt	keine Angabe	bestätigt	bestätigt	bestätigt
Fallstudie 6	bestätigt	bestätigt	keine Angabe	bestätigt	keine Angabe	bestätigt
Fallstudie 7	bestätigt	bestätigt	bestätigt	bestätigt	keine Angabe	bestätigt
Auswertung	**6 von 7**	**6 von 7**	**2 von 7**	**7 von 7**	**2 von 7**	**7 von 7**

3.4 Fallübergreifende Analyse und Ableitung von Erfolgsfaktoren

Die fallinterne Analyse in Kapitel 3.3 hat gezeigt, dass es Unterschiede hinsichtlich der Anforderungen an die Methodik zur Umsetzung frugaler Maschinen gibt, je nachdem aus welcher wirtschaftlichen Lage heraus ein Unternehmen mit der Entwicklung startet oder welche Ressourcen dem Unternehmen zur Verfügung stehen. Die nachfolgende fallübergreifende Ergebnisanalyse dient dazu, unternehmensinterne und -externe Faktoren, welche die Entwicklung frugaler Maschinen maßgeblich beeinflussen, zu veranschaulichen. Ziel ist eine analytische Generalisierung der einzelnen Fallergebnisse. Durch den „Holistic Multiple-Case Design Ansatz" müssen die Erkenntnisse hierbei nicht in jeder Fallstudie auftreten, da sie jeweils einem anderen Kontext unterliegen. (Eisenhardt 1989, S. 541; Yin 2003, S. 37–52)

Den Kern für die fallübergreifende Analyse stellen die in Kapitel 3.3 dargestellten Fallstudien dar. Ergänzend werden zusätzliche Experteninterviews zum Thema frugale Innovationen mit Unternehmen aus dem Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau der Region Deutschland, Österreich und Schweiz durchgeführt. In Summe wurden 24 Unternehmen mit insgesamt 46 Experten befragt, vgl. Anhang G. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungswerte dienen dazu, eine valide Ausgangsbasis für die unternehmensübergreifende Ableitung von Voraussetzungen, Maßnahmen und Erfolge zu schaffen. Gemäß der „Grounded-Theorie-Methodologie" lassen sich aus dem iterativen Prozess der Datenerhebung und -auswertung Propositionen zur Umsetzung frugaler Maschinen ableiten, die den Unternehmen als Erfolgsfaktoren dienen. (Eisenhardt 1989, S. 539–541; Eckert 2004, S. 694–699; Strauss et al. 2010, S. 31–33; Mey et al. 2011, S. 22–24; Merkens 2017, S. 293) Für eine bessere Übersicht werden die Erkenntnisse der fallübergreifenden Analyse in die drei Strategieebenen Unternehmensstrategie, Geschäftsbereichsstrategie und Funktionalstrategie unterteilt (vgl. Tabelle 1).

3.4.1 Erfolgsfaktoren auf Unternehmensebene

Rekurrierend auf die explorative Voranalyse, die Fallstudien und die zusätzlich geführten Experteninterviews (siehe Anhang G) lassen sich im Bereich der Unternehmensstrategie bei der Umsetzung frugaler Maschinen alle drei in der Literatur beschriebenen Ansätze (Wachstum-, Stabilisierung- und Desinvestitionsstrategie) wiederfinden, siehe Anhang H. Hieraus lässt sich folgende erste Proposition (P1) ableiten:

P1	Frugale Maschinen werden in vielen Unternehmenslagen als zielführend für die Steigerung der Wirtschaftlichkeit betrachtet. Die Umsetzung im Rahmen der Wachstumsstrategie oder Stabilisierungsstrategie wird aufgrund der Erfolgschancen bevorzugt.

Im Weiteren werden die Unterpunkte der Wachstumsstrategie näher betrachtet, da die beiden anderen Strategien in der Marktwirtschaft lediglich Übergangslösungen darstellen. Bei den befragten Unternehmen waren das Vorgehen sowie die Erfolge im Rahmen Produkt-Markt-Strategie nicht einheitlich. Die Lösungen erstreckten sich von neuen Produkten für neue Märkte bis hin zu bestehenden Produkten für neue Märkte, siehe Anhang I. Als Proposition lässt sich hieraufhin Folgendes ableiten:

P2	Frugale Maschinen werden aufgrund der Größe und Komplexität in einzelne Produkteinheiten (beispielsweise Module) zerlegt, letztere werden dann hinsichtlich der Anforderungen neuer Märkte optimiert oder neu entwickelt.

Hinsichtlich der lokalen, nationalen, internationalen und globalen Strategie bei der Umsetzung frugaler Maschinen waren sich die Experten im Rahmen der Wachstumsstrategien sehr einig, siehe Anhang J. Die Kernaussage lässt sich wie in Proposition 3 zusammenfassen.

P3	Für eine gute Informationsbasis und kurze Wege ist die Entwicklung und Wertschöpfung möglichst nahe am Kunden zu verorten. Regional eigenständige Organisationseinheiten berücksichtigen hinsichtlich der Skalierbarkeit und Nutzung von Synergieeffekten die globalen Beschaffungsmöglichkeiten.

Hinsichtlich der Autonomie-, Kooperations- und Integrationsstrategie ergab sich durch die Analysen (siehe Anhang K) ebenfalls ein eindeutiges Bild sowie folgende Proposition:

P4	Zur Umsetzung frugaler Maschinen wird ein Projektteam zusammengestellt, welches eigenständig agiert und bestenfalls in einer eigenständigen Organisationseinheit oder gar einer (Aus-)Gründung ansässig ist.

3.4.2 Erfolgsfaktoren auf Geschäftsbereichsebene

Neben der generellen Stoßrichtung gibt es auch Unterschiede, wie Unternehmen am Markt agieren und den Wettbewerb bestreiten. Diese Strategien werden als Wettbewerbsstrategien bezeichnet und in Kostenführerschaft, Differenzierung, Fokussierung / Nische und Hybride Strategien unterteilt (vgl. Tabelle 1). Bei den analysierten Unternehmen konnten im Rahmen der Experteninterviews zwei grundsätzlich unterschiedliche Bestrebungen hinsichtlich Marktabgrenzung festgestellt werden: eine globale oder eine lokale Produktstrategie (siehe Anhang L). Beide lassen sich aufgrund der Preis-Leistungs-Orientierung den hybriden-Wettbewerbsstrategien zuordnen. Folgende zwei Propositionen werden daher abgeleitet:

P5	Die frugale Maschine ist hinsichtlich ihrer allgemeinen Anforderungen modular konzipiert. Die Beschaffung und Produktion kann durch Einhaltung von Standards global erfolgen, da dies im Vorfeld bei der Planung und Entwicklung berücksichtigt wurde.
P6	Das Unternehmen positioniert sich durch Differenzierung im High-End-Bereich als Leistungs- und Qualitätsführer und als Preis-Leistungs-Führer für Kunden im mittleren Marktsegment. Ein duales Geschäftsmodell wird vom Unternehmen verfolgt, um sich breit am Markt zu positionieren.

3.4.3 Erfolgsfaktoren auf Funktionsbereichsebene

Auf der Funktionsbereichsebene wird die Unternehmensstrategie auf der Ebene einzelner betrieblicher Funktionsbereiche wie beispielsweise Einkauf konkretisiert (vgl. Tabelle 1).

Ausgehend von der Vision der Unternehmensführung muss die konsequente und zielführende Umsetzung einer frugalen Maschine von allen Unternehmensbereichen sichergestellt werden. Durch die Experteninterviews (siehe Anhang M) lässt sich folgende Proposition ableiten:

P7	Miteinbeziehung aller Funktionsbereiche in die Visions- und Strategieentwicklung frugaler Maschinen sowie die klare und verständliche Kommunikation. Kontinuierliche Verstetigung der Vision und Strategie im Unternehmen.

Im Bereich Personal hat sich zudem der Aufbau einer positiven Fehlerkultur im Unternehmen als wesentlich herausgestellt. „Irren ist menschlich“[20] und umso wichtiger ist ein konstruktiver Umgang mit Fehlern bei der Bewältigung neuer Tätigkeiten und der Beschreitung neuer Wege. Nachfolgend die Erkenntnisse der Experten (siehe Anhang N) zusammengefasst.

P8	Aktives Leben einer Fehlerkultur im Unternehmen erhöht die Motivation der Mitarbeitenden und fördert die Kreativität. Eine explizite Auswahl und Qualifikation der Mitarbeitenden ist für die Umsetzung frugaler Maschinen erforderlich.

Der Umfang und die Aktivitäten im Bereich Marketing sind grundsätzlich abhängig von der Unternehmensgröße. Die Marketingstrategie sollte jedoch nach Aussagen der befragten Experten auf die bestehenden und die Neukunden gesondert ausgerichtet sein (siehe Anhang O).

P9	Für Bestandskunden steht die Verdeutlichung von Unterschieden zwischen den neuen frugalen Lösungen und den bestehenden High-End-Produkten im Vordergrund. Die Kommunikation für Neukunden muss entsprechend deren Motivation neu gestaltet werden.

Ein wesentlicher Faktor im Vertrieb frugaler Maschinen ist die Kundennähe (siehe Anhang P).

P10	Frugale Maschinen werden bestmöglich an Kunden mit einem eigenständigen Vertriebsprozess unter Berücksichtigung der Zahlungsbereitschaft verkauft sowie mit besonderen Anreizen für Vertriebsmitarbeitende.

Frugale Produkte zeichnen sich durch Robustheit und Benutzerfreundlichkeit aus, dies kommt dem Bereich Kundendienst/Service entgegen (siehe Anhang Q).

[20] Zitat von Marcus Tullius Cicero (106 - 43 vor Christus), römischer Redner und Staatsmann

P11 Die Aufwände für den Service sollten bei unzureichendem Servicenetz im entsprechenden Markt hinsichtlich der Kundenzufriedenheit möglichst gering gehalten werden. Maschinen sollten somit einfach zu reparieren/warten oder wartungsfrei gestaltet sein.

Im Bereich der Entwicklung/Konstruktion gibt es zahlreiche Strategieansätze (siehe Anhang R), die jeweils abhängig von verschiedenen Faktoren sind (beispielsweise Unternehmensgröße, Unternehmenshistorie, Größe/Komplexität der Produkte, zur Verfügung stehende Ressourcen und Umsetzungszeit). Als wichtigste Proposition kann Folgendes festgehalten werden:

P12 Neuentwicklungen oder eigenständige Baukästen für frugale Maschinen führen zu einem höheren Erfolg, da sie keinen Restriktionen oder Abhängigkeiten unterliegen.

Im Bereich Einkauf/Logistik ist die Glokalisierung und im Speziellen das Glocal Sourcing ein relevanter Begriff. Die interviewten Experten strebten zumeist einen globalen sowie gleichzeitig lokalen Beschaffungsprozess an (siehe Anhang S).

P13 Der Aufbau von resilienten Wertschöpfungsketten mit einer globalen Sicht auf Materialauswahl sowie Einkaufs- und Fertigungsprozesse ist wichtig, um Produkte weltweit mit dem gleichen Qualitätsstandard, möglichst nahe am Kunden, produzieren zu können.

Die meisten der Unternehmen haben in Deutschland und auch im Ausland eine Produktion oder Montage (siehe Anhang T). Wenn kein Standort im Ausland besteht, sind ausländische Partnerunternehmen bekannt oder entsprechende Beziehungen werden aufgebaut.

P14 Die lokalen Gegebenheiten hinsichtlich Produktion und Montage werden bereits in der Planung und Entwicklung von frugalen Maschinen berücksichtigt.

3.5 Zwischenfazit

Die Ergebnisse in diesem Kapitel zeigen, dass einzelne Unternehmen im Maschinenbau (zumeist größere) bereits die Notwendigkeit erkannt und das Bewusstsein zur Entwicklung von Maschinen in angemessener Qualität für preissensitive Kunden erreicht haben. Die Entwicklung frugaler Innovationen geht jedoch auch mit neuen Herausforderungen für die Unternehmen einher. Neben einer neuen Unternehmenskultur mit hoher Kunden- und Nutzerfokussierung ist auch ein Verständnis für Globalisierungsprozesse und der Aufbau neuer Kooperationen, speziell in Schwellenländer, von Bedeutung. So haben nicht nur ökonomische und technologische Faktoren Einfluss auf die Entwicklung frugaler Innovationen. Die Akzeptanz von frugalen

Innovationen im Unternehmen hängt ebenso von psychologischen wie auch von soziologischen und kulturellen Aspekten ab. Wie hoch die Entwicklung frugaler Produkte im Maschinenbau priorisiert wird, hängt oftmals von Teilbereichen der Branche (beispielsweise Textilmaschinen) und dem jeweiligen Stand der Wettbewerber beziehungsweise Marktsituation ab. Sowohl eine einheitliche Vorgehensweise für die Entwicklung und Definition von Zielen als auch von Produkteigenschaften existiert bisher nicht. Die Unternehmen sind bestrebt, Lösungen für preissensitive Zielgruppe anzubieten, orientieren sich jedoch nicht explizit an den „constraint-based" Innovationsansätzen (vgl. Kap. 2.2) und bezeichnen ihre Produkte oder Ansätze auch nicht als frugal.

Die Entwicklung einer Methodik, die auf der einen Seite einer konsequenten Ausrichtung an den Kriterien frugaler Innovationen durch einen interdisziplinären, mehrstufigen Ansatz Rechnung trägt und auf der anderen Seite eine kontextspezifische individuelle Vorgehensweise unter Berücksichtigung der vorhandenen Ressourcen zulässt, erscheint empfehlenswert. Hierbei müssen die identifizierten und fundierten hypothetischen Anforderungen berücksichtigt werden.

Durch die Analysen in Kapitel 3 konnten zahlreiche Erkenntnisse zu Ausgangssituationen, Unternehmensstrategien, Entwicklungsansätzen sowie Faktoren zum Erfolg und Misserfolg gewonnen werden. Um dem Forschungsprozess nach Ulrich (Ulrich 2001, S. 195) gerecht zu werden, werden die Erkenntnisse und Empfehlungen aus der empirischen Untersuchung den eingangs formulierten Forschungsfragen (Kapitel 1.3) gegenübergestellt (siehe auch Anhang U):

1. **Wie müssen die Abläufe zur Entwicklung frugaler Maschinen im Unternehmen eingebunden und strukturiert sein?**

   Als strategischer Ansatz sollte gezielt eine ganzheitliche Betrachtung von Produkten und Prozessen vorgenommen werden. Dafür muss auf der einen Seite das Vorgehen durch eine entsprechende Vision und Strategie der Geschäftsführung nachhaltig unterstützt und auf der anderen Seite die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Mitarbeitenden, mit der Freigabe der erforderlichen Ressourcen, ermöglicht werden.

2. **Welchen Einfluss üben die Losgröße und die begrenzte Ressourcenverfügbarkeit bei (mittelständischen) Unternehmen auf den Entwicklungsprozess aus?**

   Die Losgrößen und verfügbaren Ressourcen sind stark von der Ausgangssituation und der Größe der Unternehmen abhängig. Demnach unterscheidet sich das Vorgehen von

großen Unternehmen zu mittelständischen Unternehmen in der langfristigen Planung. Aufgrund von fehlenden Ressourcen (beispielsweise Zeit, Kapital) sind mittelständische Unternehmen oftmals gezwungen, auf umfangreiche Voranalysen, einen konkreten Businessplan oder Investitionen in Mitarbeitermotivation und Know-how zu verzichten.

3. **Unter welchen Voraussetzungen gelingt ein Entwicklungsprozess, der auf Anpassungskonstruktion fokussiert ist?**

   Das größte Potenzial kann durch eine Neuentwicklung mit einem speziellen Projektteam und ausreichend Ressourcen erzielt werden. Da dies jedoch idealtypische Umstände sind, findet frugal als radikale Innovation in der Regel nur bei einzelnen Komponenten oder Baugruppen im Maschinenbau statt. In der Praxis werden vermehrt inkrementelle Innovationen durch die Anpassung bestehender Maschinen fokussiert. Iteratives Annähern an die Vision einer „idealen" frugalen Maschine minimiert hierbei das Risiko hinsichtlich Fehlinvestitionen. Dies ist ausschlaggebend, um die zur Verfügung stehenden Ressourcen optimal zur Erreichung der Entwicklungsziele einzusetzen. Kleine Erfolge steigern zudem die Mitarbeitermotivation. Diese Motivation setzt Kreativität bei den Mitarbeitenden frei und erhöht die Innovationkraft des Unternehmens.

4. **Wie können bestehende Entwicklungsmethoden in die Methodik integriert werden?**

   Je nach Entwicklungsstand, Erfahrung und den zur Verfügung stehenden Ressourcen können einzelne bestehende Methoden, die in den Experteninterviews genannt wurden, gezielt mit deren Schwerpunkten eingesetzt werden: Quality Function Deployment (QFD), Target Costing, Simultaneous Engineering, Design Thinking, Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ), Scrum, Lean-Startup mit Minimum Viable Product (MVP).

Insgesamt wurden in diesem Kapitel wesentliche Erkenntnisse zur gezielten Unterstützung von Unternehmen bei der Planung und Umsetzung frugaler Maschinen gesammelt, die mit der Beantwortung der Forschungsfragen einhergehen. Diese Erkenntnisse werden im Folgenden in konkrete Anforderungen an eine Methodik überführt, um sie mit bestehenden Ansätzen und Methoden in der Wissenschaft abgleichen und diskutieren zu können.

4 Stand des Wissens und Handlungsbedarf

Im deutschen Maschinenbau ist ein Trend hin zu mehr Frugalität und frugalen Innovationen erkennbar. Die theoretische Auseinandersetzung mit den Methoden und Konzepten frugaler Innovationen korrespondiert und überschneidet sich in Teilen mit bereits bestehenden Ansätzen in der Praxis. Um den konkreten Forschungsbedarf hinsichtlich einer Methodik zur Planung und Umsetzung einer frugalen Maschine aufzudecken, werden zunächst die aus der empirischen Untersuchung (Kapitel 3) resultierenden Anforderungen der Praxis genau definiert. Dies dient als Basis, um im Folgenden die bestehenden theoretischen Ansätze und Methoden der Forschung zu bewerten und einen Bezugsrahmen zur Konzeption einer Methodik zu schaffen. Abschließend wird auf Basis dieser Analyse der konkrete Handlungsbedarf abgeleitet.

4.1 Anforderungen an die Methodik

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen. Diese Methodik soll prozessbegleitend, effizient und benutzerfreundlich einsetzbar sein. Hierfür sind Kriterien zu erfüllen, die nachfolgend in allgemeine und spezielle Anforderungen untergliedert werden. Die Anforderungen werden im Folgenden kursiv gekennzeichnet und in Abbildung 12 zusammenfassend dargestellt.

4.1.1 Allgemeine Anforderungen

In der vorliegenden Arbeit werden die allgemeinen Anforderungen losgelöst und unabhängig von der konkreten Problemstellung, der Entwicklung einer frugalen Maschine, definiert. Vielmehr werden sie deduktiv aus veröffentlichten und allgemeinen Anforderungen an theoretische und anwendungsorientierte Planungs- und Entwicklungsmethoden hergeleitet und angewandt.

***Anwendbarkeit*:** Es wird ein *systematischer Verfahrensablauf* gefordert, um die Anwendung der Methodik zielstrebig zu unterstützen. Die Methodik muss einfach, intuitiv und auf einem *beherrschbaren Komplexitätsniveau* anwendbar sein. Im Weiteren müssen die Gesamtvorgehensweise der Methodik sowie die Ergebnisse nachvollziehbar und reproduzierbar sein - Reliabilität. (Westkämper et al. 2009, S. 116–118) Eine weitere Anforderung an die Methodik ist die *Objektivität* (vorausgesetzt es existieren gleiche Rahmenbedingungen und es werden gleiche Annahmen getroffen). Bei unterschiedlichen Annahmen sollte mindestens eine *intersubjektive Nachprüfbarkeit* vorausgesetzt sein. Damit mögen Anwender zwar auf verschiedene Bewertungen kommen, sie können jedoch das jeweilige Zustandekommen der Ergebnisse des anderen nachvollziehen. (Bortz et al. 2006, S. 32)

***Operationalität*:** Die Hauptvoraussetzung der Methodik ist die *Praxistauglichkeit*. Hierfür muss die Struktur der einzelnen *Arbeitsschritte transparent und nachvollziehbar* sein sowie der *Anwendungsaufwand in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen stehen (Effektivität)*. Zusammenhänge und Wirkungsweisen sind dementsprechend verständlich zu formulieren. (Schauer 2019, S. 20)

4.1.2 Spezielle Anforderungen

Resultierend aus der Zielsetzung dieser Arbeit ergeben sich damit verbundene inhaltliche Anforderungen. Zur Gewährleistung der Praxistauglichkeit werden zusätzlich die induktiv ermittelten Anforderungen aus der empirischen Untersuchung zur Umsetzung frugaler Maschinen in Kapitel 3 miteinbezogen.

Inhaltliche Anforderungen: Für die Zweckmäßigkeit der Methodik zur Planung und Umsetzung frugaler Maschinen innerhalb der Anpassungskonstruktion werden im Folgenden die Anforderungen definiert. Die Methodik soll im Rahmen einer *ganzheitlichen Betrachtung* eine erste Aussage über die *Relevanz* einer frugalen Maschine im Kontext der jeweiligen Unternehmenssituation (intern: beispielsweise Unternehmen, Mitarbeitende, Produkt, Prozesse) und Um-

weltsituation (extern: zum Beispiel Branche, Wettbewerb) ermöglichen. Aus dem Ergebnis müssen sich eine *Vision und Strategie* zur strategischen Planung einer frugalen Maschine sowie Handlungsfelder zur Anpassung der Organisationsstruktur und Prozesse ableiten lassen. Zudem sollte die Methodik eine Aussage über das *Anpassungspotenzial bestehender Maschinen in Bezug auf die Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Innovationen* hervorbringen. Um einzelne Erfolge während des Prozesses *sichtbar und messbar* zu machen, müssen die identifizierten Anpassungspotenziale *priorisiert* werden können. Bei der Planung und Umsetzung frugaler Maschinen handelt es sich nicht um ein isoliertes Entscheidungsproblem – die Maßnahmen im Rahmen des Anpassungspotenzials haben zahlreiche Wechselwirkungen auf andere Bereiche (beispielsweise Unternehmensbereiche, aber auch angrenzende Komponenten) und somit auf das Ergebnis und die Qualität der Maschine. *Wechselwirkungen im Bereich von Reduzierungen* beispielsweise von Produktmerkmalen (zum Beispiel Leistung, Steifigkeit) sind, insbesondere hinsichtlich *Zuverlässigkeit und Robustheit*, systematisch und transparent darzustellen. Die Methodik muss das daraus resultierende Risikopotenzial identifizieren und bewerten.

Anforderungen an die operative Anwendung: Für die Mitarbeitermotivation müssen Erfolge während des Prozesses ersichtlich sein. Von zentraler Bedeutung ist die *interaktive* Anwendbarkeit der Methodik in einem *interdisziplinären* Team, um das *mitarbeitergebundene Wissen* gezielt zu nutzen und die unterschiedlichen Sichtweisen integrieren zu können. Dies erfordert eine *stufenweise und transparente Gestaltung des Prozesses*, um das gemeinsame und umfassende Verständnis der Mitarbeitenden im Rahmen des Entscheidungsprozesses zu unterstützen. Als weitere Anforderung ist die Analyse des Anpassungspotenzials bestehender Maschinen zu nennen. Die Auswertung muss auf Produktstrukturebene (im Gesamten oder unterteilt in Module, Baugruppen und Komponenten) stattfinden, um die *Anpassungspotenziale* hinsichtlich der Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Innovationen konkret *identifizieren* zu können. Alle Anpassungsmaßnahmen sollen *bewertet* werden können. Da Maschinen komplexe Produkte darstellen und viele Aspekte berücksichtigt werden müssen, ist aufgrund der zu erwartenden hohen Anzahl an Maßnahmen der Bewertungsaufwand gering zu halten. Die Methodik muss folglich die eingeschränkte Ressourcenverfügbarkeit und die geringen Losgrößen der mittelständischen Unternehmen berücksichtigen sowie insgesamt mit *geringem Aufwand*

und an unterschiedliche Anforderungen und Umfeld Bedingungen / Kontexte anpassbar gestaltet sein. Die Methodik muss sowohl quantitative (zum Beispiel Herstellkosten, Lieferzeiten) als auch qualitative Kriterien (zum Beispiel Flexibilität) berücksichtigen.

Anforderungen in Bezug auf die Ergebnisse: Sowohl die Zwischenergebnisse als auch das Gesamtergebnis müssen *transparent, nachvollziehbar und praxistauglich dargestellt* werden. Dies dient der sichtbaren Berücksichtigung aller Sichtweisen im Unternehmen und der Bildung einer objektiven Entscheidungsbasis. Diese unterstützt wiederum die Plausibilisierbarkeit von Entscheidungen sowie die daraus resultierende systematische Begründung für oder gegen die Umsetzung einer Maßnahme. Die Ergebnisse müssen auf derselben Produktstrukturebene (Maschinen, Module, Baugruppen, Komponenten) *vergleichbar* sein.

Die verschiedenartigen Anforderungsprofile an die Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen sind in Abbildung 12 grafisch dargestellt.

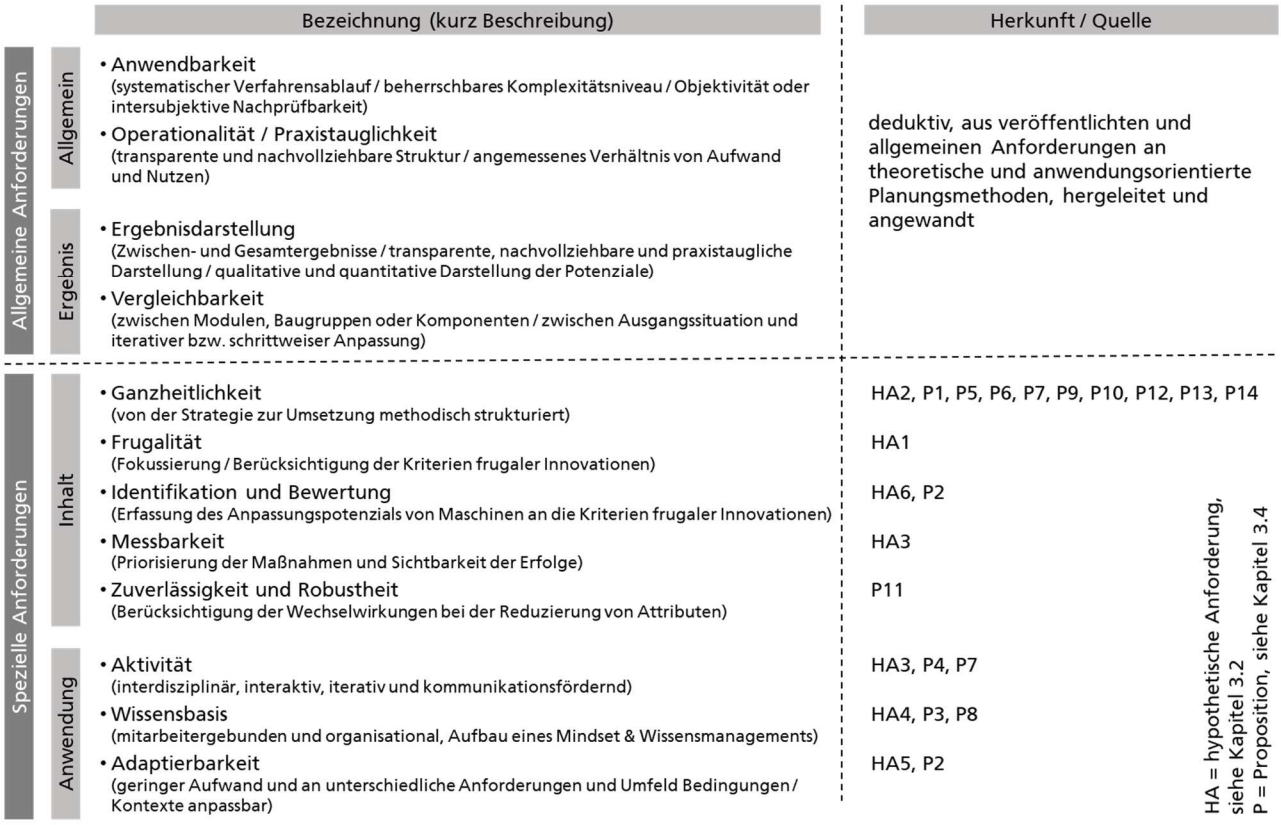


Abbildung 12: Anforderungen an die Methodik

4.2 Diskussion relevanter Entwicklungsansätze

Im Rahmen der Literaturanalyse werden Methoden und Vorgehensweisen identifiziert, die sich ebenfalls (in Teilen) mit der Problem- und Zielstellung (Kapitel 1.2 und 1.3) dieser Arbeit auseinandersetzen. Für einen strukturierten Überblick zum Stand der Forschung werden nachfolgend die bedeutendsten Ansätze analysiert und kategorisiert. Die Gliederung richtet sich hierbei nach dem theoretischen Zusammenhang der Konzepte. Im ersten Schritt werden zunächst Ansätze zur Entwicklung frugaler Innovationen analysiert. Darauf aufbauend werden im zweiten Schritt Methoden und Ansätze zur Planung und Entwicklung von Maschinen betrachtet. Abschließend werden übergeordnete Ansätze zur Unternehmensführung und -steuerung mit Erfolgsmessung betrachtet. Ein Überblick der betrachteten Ansätze und deren Bewertung, hinsichtlich der in Kapitel 4.1 aufgestellten Anforderungen, bietet Kapitel 4.3.

4.2.1 Methoden und Ansätze zur Entwicklung frugaler Innovationen

Im Folgenden werden die Ansätze zur Entwicklung frugaler Innovationen in Bezug auf die Planung und Umsetzung frugaler Maschinen auf Basis der Anpassungskonstruktion analysiert. Die im Rahmen der Literaturrecherche analysierten Ansätze können grundsätzlich in zwei Kategorien eingeteilt werden: 1. generisch (allgemein, grundsätzliche oder übergeordnete Strukturen zur Orientierung) und 2. spezifisch. Da die generischen Ansätze hinsichtlich der Anforderungen an die Methodik nicht bewertet werden können, werden nachfolgend zunächst einige kurz erläutert, bevor die spezifischen Ansätze detailliert betrachtet werden.

Universe Foundation stellt ein „Frugal Solution Toolkit" zur Entwicklung von frugalen Lösungen zur Verfügung. Das Toolkit besteht aus den folgenden zehn Methoden: Verringerung der Kostenschwelle, hohe Skaleneffekte, TCO, unternehmensübergreifende Nutzung freier Ressourcen, Open Innovation (beispielsweise mit Kunde oder Lieferant), Vereinfachung von Produkten, Lead-Kunden, Marktbedürfnisse im Fokus, Nutzung von Synergien und Standards und Einsatz von digitalen Lösungen. (Hesseldahl 2013, S. 4–5)

Radjou et al. setzen in ihrem Ansatz auf eine marktfokussierte agile Forschung und Entwicklung für frugale Innovationen, die bereichsübergreifend auf unternehmensinterne und -externe Ressourcen zugreifen kann. (Radjou et al. 2016, S. 19–43)

Winterhalter et al. fokussieren ein frugales Geschäftsmodell, welches in drei Schritten erreicht werden soll: „value proposition, creation, capturing". (Winterhalter et al. 2017, S. 6–8)

Mourtzis et al. stellen ein Rahmenwerk und IKT-Werkzeuge zur Einführung frugaler Innovationen vor. Der Ansatz beinhaltet drei Stufen: 1. Kundenintegration und Auswahl regionaler Anforderungen, 2. Kundeninformationsanalyse und gezieltes Produktdesign oder Re-Design und 3. Kundeninformationsanalyse und gezieltes Produktdesign oder -überarbeitung. Ziel ist die Erfassung regionaler Anforderungen, deren automatisierte Übertragung und Analyse sowie die Auswahl lokaler Lieferanten und Produktionsalternativen. (Mourtzis et al. 2019, S. 2–3)

Wohlfart et al. fokussieren die Entwicklung frugaler Lösungen sowie deren Auswirkung auf das Geschäftsmodell des Unternehmens. Die Methodik ist in vier Schritte untergliedert: 1. Bestimmung der Leistungsmerkmale, 2. Analyse der technischen Anforderungen, 3. Ableitung der Funktionalitäten und 4. Konzeption des Geschäftsmodells. (Wohlfart et al. 2019, S. 215–220)

„Innovation Capabilities Model" nach Ernst & Young

Im Jahre 2011 hat das Beratungsunternehmen Ernst & Young das „Innovation Capabilities Model" für frugale Innovationen veröffentlicht. Dabei liegt der Fokus auf neuen Produkten, neuen Märkten und neuen Talenten. Für die erfolgreiche Entwicklung und Vermarktung von frugalen Innovationen werden vier Schlüsselfähigkeiten definiert: Kundenkenntnis, Forschung und Entwicklung, Personen und Kultur sowie Prozesse und Geschäftsmodell. Jede Schlüsselfähigkeit umfasst verschiedene Faktoren, die lokal oder global ausgeprägt sind (Ernst & Young 2011, S. 31) Nachfolgend werden die Schlüsselfähigkeiten erläutert (Ernst & Young 2011, S. 32–33):

Kundenkenntnis: Im Fokus dieser Schlüsselfähigkeit steht die richtige Erfassung und Deutung der Bedürfnisse der Zielgruppen. Auf lokaler Ebene müssen dazu entsprechende Ressourcen aufgebaut werden. Auf globaler Ebene müssen Unternehmen Ansätze und Methoden zur Marktanalyse implementieren.

Forschung und Entwicklung: Eine gut aufgestellte Forschung und Entwicklung ist der Grundstein zur Erfüllung von Kundenbedürfnissen. Auf lokaler Ebene ist es empfehlenswert, wenn

die Abteilung als eigenständige Einheit lokal ansässig und somit nahe am Kunden ist. Auf globaler Ebene ist die Bildung von globalen Netzwerken zur übergreifenden Bündelung und Steuerung aller lokal ansässigen Forschungs- und Entwicklungszentren erfolgsversprechend.

Personen und Kultur: Fach- und Länderexpertise sind weitere Faktoren für eine erfolgreiche Entwicklung von frugalen Innovationen. Hinter der Schlüsselfähigkeit „Personen und Kultur" ist daher auf lokaler Ebene der Einsatz lokaler Ressourcen zu verstehen. Auf globaler Ebene ist die Bildung eines globalen Mindsets sowie einer länderübergreifenden Unternehmenskultur ausschlaggebend, um im Unternehmen verborgene Potenziale übergreifend nutzen zu können.

Prozesse und Geschäftsmodell: Das Geschäftsmodell und die zugrundeliegende Wertschöpfungskette sind bei der Entwicklung von frugalen Innovationen von besonderer Bedeutung. Letztere bestimmen maßgeblich die Platzierung beziehungsweise Zugänglichkeit zum Markt. Auf lokaler Ebene sollte das Unternehmen daher auf lokale Partner zurückgreifen, um am Markt agil handeln zu können. Auf globaler Ebene sollten klare Richtlinien hinsichtlich Haftung und ethisches Verhalten aufgestellt werden.

Mit den genannten Schlüsselfähigkeiten stellt das Modell von Ernst & Young keinen systematischen Ansatz dar. Vielmehr werden erforderliche Fähigkeiten und notwendige Ressourcen auf lokaler und globaler Ebene zur Umsetzung von frugalen Innovationen formuliert. Weder wird eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Aspekte zur Verfügung gestellt noch eine konkrete Anleitung zum Aufbau der erforderlichen Fähigkeiten vermittelt. Die Berücksichtigung der Unternehmensgröße finden nicht statt und ein Bezug zum Maschinenbau ist nicht gegeben.

„Frugal Re-engineering" nach A.T. Kearney

Als weiteren Ansatz stellt A.T. Kearney das Konzept „Frugal Re-engineering", basierend auf der Wertanalyse und dem Juggad-Ansatz, zur Verfügung. Das Rahmenwerk hat vier Ebenen: 1. strategische Ziele, 2. Organisationsstruktur und Betriebsführung, 3. Ideenentwicklung, -validierung und -implementierung, 4. Leistungsmanagement, Wissensmanagement sowie Mitarbeiter und Unternehmenskultur. (Shivaraman et al. 2012, S. 3) Nachfolgend werden die einzelnen Ebenen des Vorgehens dargestellt (Shivaraman et al. 2012, S. 2–7):

Die erste Ebene, mit den strategischen Zielen, fokussiert die Kostenreduktion des gesamten Unternehmens und beinhaltet Mehrjahrespläne zur Umsetzung in den einzelnen Geschäftsbereichen. Darüber hinaus werden der Produktlebenszyklus und die gesamte frugale Wertschöpfungskette betrachtet. In der zweiten Ebene werden Maßnahmen zur Implementierung eines starken und bevollmächtigten Teams innerhalb der Organisationsstruktur vorgestellt. Auf der dritten Ebene setzt der eigentliche „Frugal Re-Engineering"-Prozess an, welcher aus fünf einzelnen Phasen besteht. Die ersten beiden Phasen beschäftigen sich mit der Kostenanalyse des bestehenden Produktes sowie einer darauf aufsetzenden Ideengenerierung zur Optimierung, unter Zuhilfenahme eines „Frugal Re-engineering Toolkits". Dieses Toolkit umfasst neben zahlreichen Methoden auch einen Fragenkatalog zur Identifikation von Optimierungsideen in allen Bereichen. Die drei weiteren Phasen beschäftigen sich mit der Ideenvalidierung und -implementierung. Hierzu werden zunächst die Ideen der ersten Phasen hinsichtlich deren Potenzial (technisch und technisch-kommerziell) bewertet und priorisiert. Weiter liefert A.T. Kearney in der vierten Phase Ansätze, um die Akzeptanz innerhalb des Unternehmens sicherzustellen und damit eine schnelle Umsetzung zu gewährleisten. Im Fokus der fünften Phase ist die beschleunigte Umsetzung der erarbeiteten Optimierungsideen. Mit einem Mix-Ansatz wird eine Mischung aus Ideen umgesetzt, die sowohl kurz- als auch langfristige Erfolge bringen. Dazu werden mögliche Hindernisse bei der Umsetzung identifiziert und eliminiert. (Shivaraman et al. 2012, S. 5) Auf der vierten Ebene des von A.T. Kearney entwickelten Verfahrens sollen die Transparenz und Kommunikation (intern und extern) im Unternehmen gefördert werden. Ziel ist es, durch die Vorgabe von Zielen und Belohnungsanreizen das Leistungs- und Wissensmanagement sowie die Unternehmenskultur zu verbessern.

Zusammenfassend liefert A.T Kearney ein Rahmenwerk zur Entwicklung von frugalen Innovationen, welches auf der Anpassung eines bestehenden Produktes basiert. Hervorzuheben ist die erfolgreiche Implementierung des Ansatzes bei einem Industriegüterunternehmen. Allerdings existieren kein konkreter Bezug zur Anpassung von Maschinen sowie eine konkrete Beschreibung der einzelnen Schritte. Auf die Berücksichtigung der Unternehmensgröße und Prüfung der Umsetzbarkeit im Unternehmen wird verzichtet. Weiterhin werden keine systematische Analyse des Umfelds und der Kundenbedürfnisse durchgeführt.

Strategie zur Entwicklung von „FRUGAL products“ nach Roland Berger

Das Vorgehen zur Entwicklung von „FRUGAL products“ (FRUGAL ≙ Akronym) nach der Unternehmensberatung Roland Berger besteht aus sechs Schritten: Bereitschaftsbewertung, Marktanalyse, Produktentwicklung, Konfiguration der Wertschöpfungskette, Roadmap und Änderungsmanagement. (Knapp et al. 2013, S. 23) Ausgangspunkt des Vorgehens ist ein Produkt, das in Zukunft auf Entwicklungs- und Schwellenmärkten angeboten werden soll. Nachfolgend werden die einzelnen Schritte des Vorgehens dargestellt (Knapp et al. 2013, S. 23–30):

Bereitschaftsbewertung: Hier werden mögliche Märkte/Kunden definiert und den bestehenden/geplanten Produkten gegenübergestellt (Prüfung der „FRUGAL-Bereitschaft“). Ziel ist die Analyse von Anpassungen am Produkt und die Erkenntnis, welche Entwicklungsalternativen existieren. Anschließend wird die Strategie abgeleitet (Neu- oder Anpassungsentwicklung).

Marktanalyse: In diesem Schritt sollen detailliert die Kundenforderungen und Nicht-Anforderungen analysiert werden, um ein Ertragsmodell sowie zu erwartende Zielkosten abzuschätzen zu können. Dazu sind auch das zu erwartende Marktvolumen und -wachstum für das jeweilig ausgewählte Kundensegment zu prognostizieren.

Produktentwicklung: Basierend auf dem definierten Zielpreis wird ein Konzept für ein „FRUGAL product“ entworfen. Ausgehend von den Kundenanforderungen werden Funktionen und Nichtfunktionen definiert und priorisiert. Weiter werden für jede Funktion alternative Lösungsvarianten entwickelt und hinsichtlich Kosten sowie Wettbewerberprodukte bewertet. Die resultierende Zielspezifikation des Produktes dient dann zur Berechnung der tatsächlichen Produktionskosten. Liegt der Zielpreis über den Produktionskosten, erfolgt keine weitere Anpassung.

Konfiguration der Wertschöpfungskette: Vier Schlüsselfragen je Wertschöpfungsstufe werden definiert und mögliche Optimierungsansätze zur Verfügung gestellt.

Roadmap: Die Roadmap unterstützt die Umsetzung des Produktes und beinhaltet einen Business- und Implementierungsplan inklusive dessen Überwachung sowie das Risikomanagement.

Änderungsmanagement: Ergänzend zu den ersten fünf Schritten, die sich mit dem Vorgehen beschäftigen, empfiehlt Roland Berger ein „FRUGAL-Änderungsmanagement“, um die Organisation über den gesamten Entwicklungsprozess zu informieren und miteinzubeziehen.

Roland Berger stellt dem Anwender eine strukturierte Methode zur Entwicklung von frugalen Innovationen zur Verfügung. Zur Erarbeitung der einzelnen Schritte werden dem Anwender

jedoch kaum konkrete Maßnahmen und Werkzeuge an die Hand gegeben. Roland Berger betrachtet Produkte im Allgemeinen und stellt keinen Bezug zu Maschinen her. Die Losgröße sowie Unternehmensgröße und die damit vorhandenen Ressourcen werden ebenfalls in diesem Ansatz nicht berücksichtigt.

„Methodology for undertaking frugal-innovations" nach Rao

Rao veröffentlicht 2013 eine Methodik mit drei Phasen zur Realisierung frugaler Innovationen basierend auf einem bestehenden Produkt. (Rao 2013, S. 70–71):

1. Modellierung der Funktionalität: Mittels klassischer Analysemethoden wird die benötigte Funktionalität des Produkts erfasst. Verschiedene Parameter und mögliche Einflussfaktoren der Funktionen werden identifiziert.

2. Prüfung der Machbarkeit: Hier soll die Machbarkeit der Entwicklung einer frugalen Innovation aus einem bestehenden Produkt innerhalb des Produktportfolios bewertet werden. In diesem Zuge werden die Auswirkungen der frugalen Anpassungen auf die Funktionalität des Produktes betrachtet und hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Performance geprüft.

3. Optimierung des Grundkonzepts: Hierbei soll die Optimierung eines Basisprodukts hinsichtlich der Kosten anhand verschiedener Kriterien (Basisdesign, Produktion, Qualität, Robustheit und Benutzerfreundlichkeit) stattfinden. Die Optimierung kann in mehreren Iterationsschritten erfolgen und die Materialauswahl, den Produktionsprozess, die Lieferkette und weitere relevante Herstellungsvariablen beinhalten.

Der allgemeingültige Ansatz nach Rao unterstützt die iterative Entwicklung frugaler Innovationen auf Grundlage eines Basisprodukts. Dazu wird zwar das Umfeld mit betrachtet, jedoch fehlt eine gesamtheitliche strategische Vorgehensweise. Weiter fehlt dem Ansatz eine detaillierte Beschreibung zur Umsetzung, was die Praxistauglichkeit erschwert. Die Unternehmensgröße, die zur Verfügung stehenden Ressourcen und Maschinen werden nicht berücksichtigt.

„Methodology for product-service design for customized / frugal products in dynamic global production networks" nach Arndt et al.

Mit dem Ansatz von Arndt et al. werden drei Schwerpunkte adressiert, bei dem cyberphysische Systeme (CPS) als Schlüsselfaktor eingesetzt werden (Arndt et al. 2014, S. 62–67):

1. Gestaltung kundenorientierter Produkte für frugale Innovationen in einem Bottom-up-Entwicklungsprozess.
2. Integrierte Gestaltung von Produkt- und Produktionssystemen auf der Grundlage der Interaktion von Interessengruppen.
3. Strategische Gestaltung sowie operative Planung und Kontrolle von Produktionsnetzwerken in Übereinstimmung mit lokalen Produktionssystemen.

Der erste Punkt beschäftigt sich mit der Gestaltung von neuen Produkten, bei denen sowohl der Mehrwert für den Nutzer als auch für den Anbieter im Geschäftsmodell berücksichtigt werden. Weiter werden die Kundenbedürfnisse erfasst, analysiert und in ein Produkt-Lebenszyklus-Management-Tool (PLM) integriert. Produktionsunternehmen und Kunden werden durch IKT-Werkzeuge in einen Feedback-Prozess eingebunden. Dieses Vorgehen erhöht die Transparenz für alle Beteiligten und bietet die Möglichkeit, die Informationen sowohl in das neue Produkt einfließen zu lassen als auch Auswirkungen auf die Ebene der Produktionssysteme frühzeitig sichtbar zu machen. (Arndt et al. 2014, S. 67–68) Zur Gestaltung von Produktionssystemen für kundenspezifische Produkte wird im zweiten Punkt ein Ansatz für eine Plattform zur (Neu-)Konstruktion von Fertigungs- und Montagesystemen vorgestellt. Mit Hilfe von wissensbasierten Engineering-Werkzeugen sollen erforderliche Systemfunktionalitäten entsprechend den lokalen Fähigkeiten gestaltet werden. Dazu werden die Funktionalitäten und Fähigkeiten bestehender Anlagen charakterisiert. Ziel ist die Erstellung einer strukturierten Übersichtskarte, die die Fähigkeiten verschiedener Produktionsstandorte aufzeigt, um dieses Wissen für die zukünftige Anlagenplanung zu nutzen. (Arndt et al. 2014, S. 68–69) Beim letzten Schwerpunkt des Ansatzes von Arndt et al. wird eine mehrkriterielle Optimierungsmethode vorgestellt, um aus den entworfenen Produktionssystemen ein Produktionsnetzwerk zu gestalten. Berücksichtigt werden hierbei sowohl standardisierte Produktplattformen/-module als auch kundenspezifische und regionenabhängige Produktvarianten, die dann bestimmten Werken zugeordnet werden. Zur Berücksichtigung des dynamischen Geschäftsumfelds wird eine „Key-Performance-Indicator" (KPI) basierte Methode entwickelt, die die wesentlichen Dimensionen und Merkmale frugaler Innovation berücksichtigt, um frugale Produktionsnetzwerke zu planen. Übergeordnetes Ziel ist ein Entscheidungsunterstützungssystem für frugale Innovationen in Produktionsnetzwerken, um die weltweite Standardisierung und individualisierte Regionalisierung von Produkt, Produktionssystem und Produktionsnetzwerk auszubalancieren. (Arndt et al. 2014, S. 70–71)

Arndt et al. stellen einen ganzheitlichen Ansatz vor, welcher die Entwicklung frugaler Innovationen berücksichtigt, jedoch liegt der Schwerpunkt auf großen global operierenden Unternehmen, die auf ein globales Produktionsnetzwerk zurückgreifen können. Hierbei liegt der Fokus auf der Ausgestaltung / Umgestaltung von Produktionsstandorten zur Herstellung von frugalen Produkten und weniger auf der Gestaltung einer frugalen Maschine. Die Autoren veröffentlichen in ihrem Ansatz keine Details hinsichtlich der Vorgehensweise und es werden keine Ergebnisse dargestellt, wodurch die Anwendbarkeit und Operationalität nicht gegeben sind.

„Frugal product development in entrepreneurial context" nach Rosca et al.

Rosca et al. stellen einen Ansatz zur Verfügung, welcher auf einer Wettbewerbsanalyse aufbaut und den Einsatz branchenfremder Technologien forciert, um Lösungen für Emerging Markets zu entwickeln. Basis des Ansatzes bildet eine Zusammenführung von „Frugal Engineering" und der „Effectuation Theory". (Rosca et al. 2015) Beide Ansätze beinhalten jeweils vier Schwerpunkte. Beim „Frugal Engineering" sind dies: essentielle Produktfunktionen, optimiertes Design, optimierte Prozesse und Materialien. Bei der „Effectuation Theory" sind es: Kriterien für die Entscheidungsfindung, Ergebnisse, Kompetenzen und Natur des Unbekannten. Der entwickelte Prozess nach Rosca et al. fügt alle acht Schwerpunkte zusammen und liefert damit Erkenntnisse zu folgenden drei Aspekten: 1. Kundenbedürfnisse verstehen, 2. Ausnutzung von Wissenskontingenten und 3. Verwendung eines logistik- und lieferkettenorientierten Designs. (Rosca et al. 2015, S. 4–8)

Der Ansatz von Rosca et al. wurde durch ein Praxisbeispiel validiert und zeigt dadurch dessen Anwendbarkeit. Weiter bestätigt die Anwendung die Entwicklung frugaler Innovationen in westlichen Industrieländern und nicht, wie die meisten anderen Publikationen, in Entwicklungsländern. Die einzelnen Schritte der Vorgehensweise sind nicht veröffentlicht, was die Praktikabilität einschränkt und eine valide Bewertung der Methodik verhindert. Weiter werden auch der Unternehmenskontext sowie komplexe Maschinen nicht betrachtet.

„A modular-based approach" nach Buergin und Belkadi et al.

Buergin und Belkadi et al. stellen einen Ansatz vor, welcher bei der Produktentwicklung und Planung des Produktionsnetzwerks eine enge Interaktion mit dem Kunden berücksichtigt. Die

Kunden werden hierbei in den Auftragsabwicklungsprozess eingebunden, um die frugalen Produkte Just-in-Time zu konfigurieren und die Ziele zu erreichen. Nach der Konfiguration werden die benötigten Module bei den Lieferanten bestellt oder den jeweiligen Fertigungs-/Montagewerken zugeteilt. Der Ansatz verknüpft somit die Kundenanforderungen mit den Modulen innerhalb einer modularen Produktarchitektur und der Fertigung im Rahmen eines Fertigungs- und Lieferantennetzwerks, ausgerichtet an den Prinzipien frugaler Innovationen. (Belkadi et al. 2016, S. 589–594) Die Inhalte der drei Stufen sind in Abbildung 13 schematisch dargestellt.

Abbildung 13: „A modular-based approach" in Anlehnung an Belkadi[1]

Für die Just-In-Time-Spezifikation der Kundenbestellungen wurde ein mathematisches Modell erstellt, welches die Bestell-, Konfigurations- und Planungsphasen beinhaltet. (Buergin et al. 2016, S. 333–334; Buergin et al. 2018, S. 67–68)

Der Ansatz von Buergin und Belkadi et al. stellt eine umfangreiche Vorgehensweise dar. Sie beruht sowohl auf der strategischen, taktischen, als auch operativen Ebene in Bezug auf den globalen modularen Produktansatz (Belkadi et al. 2016, S. 593; Helming et al. 2019, S. 642). Die Auftragsverteilung im Produkti-onsnetzwerk wird lokal und global betrachtet (Urgo et al. 2018, S. 434–435). Die Beschreibung erfolgt auf einer abstrakten Ebene und liefert kaum konkrete Handlungsfelder für die Praxis. Positiv hervorzuheben ist die ganzheitliche Betrachtung, von der Kundenanforderung, über gesamte Wertschöpfungskette hin zu einem frugalen Produkt. Der Ansatz und das Modell sind durch eine Fallstudie in der Luftfahrtindustrie validiert.

[1] Belkadi et al. 2016, S. 589–594

„Systematik zur lösungsmusterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations" nach Lehner

Gegenstand der von Lehner entwickelten Systematik ist eine lösungsmusterbasierte Entwicklung frugaler Innovationen innerhalb von vier Phasen (Lehner 2016, S. 95–96):

1. Identifikation von Zielmärkten: Mittels makroökonomischer Faktoren werden erfolgsversprechende Zielmärkte (Entwicklungs- und Schwellenland) identifiziert und in ein Marktleistungs- und Geschäftsmodellkonzept transferiert.

2. Analyse des Umfelds: Durch weitere Recherchen wird das Umfeld im Zielmarkt und somit die vorhandenen Rahmenbedingungen erfasst. Anhand einer definierten Lösungsmustersystematik werden die Problemursachen „Umwelt, Infrastruktur, Bildung, Kulturkreis, Regulierung, Finanzen" analysiert und in Problemfelder überführt.

3. Lösungsmusterbasierte Ideenfindung: Geeignete Lösungsmuster oder -kombinationen werden identifiziert und in Lösungsideen überführt. Abschließend findet ihre Bewertung statt, auf deren Basis eine Rückstellung, Optimierung oder Konkretisierung der Ansätze erfolgt.

4. Konkretisierung der Lösungsideen: Hier erfolgt die Konkretisierung und Umsetzung der als „gut" bewerteten Ideen. Mittels Prüfung von Kundenanforderungen, Rahmenbedingungen und Wirtschaftlichkeit wird das erfolgversprechendste Konzept ausgewählt und in eine Machbarkeitsstudie überführt.

Lehner stellt einen umfangreichen Ansatz zur Entwicklung frugaler Innovationen unter Berücksichtigung der Unternehmensumwelt zu Verfügung. Die Basis bilden die gefundenen Lösungsansätze zu bestehenden Problemstellungen in Entwicklungs- und Schwellenländern. Der Ansatz fokussiert die Anpassung bestehender Produkte an diese Märkte oder eine entsprechende Neuentwicklung. Der Schwerpunkt liegt auf der Auswahl des Zielmarktes, der Erfassung der Anforderungen und das Lösen von Problemen. Auf eine detaillierte Betrachtung bestehender Produkte und der Auswirkungen hinsichtlich der Anpassung an die Kriterien frugaler Innovationen wird nicht eingegangen. Eine Betrachtung der Vision des Unternehmens findet nicht statt und auch die Mitarbeitenden werden nicht direkt mit einbezogen. Die Unternehmensgröße und die Herausforderungen des Maschinenbaus werden im Ansatz nur teilweise berücksichtigt.

Ausgestaltung und Konzepterarbeitung frugaler Innovationen nach Weyrauch

Im Rahmen einer Aktionsforschung hat Weyrauch Ansätze zur Ausgestaltung des Innovationsprozesses analysiert und eine Verfahrensweise zur Konzepterarbeitung frugaler Innovationen modelliert. (Weyrauch 2018)

Ausgestaltung des Innovationsprozesses: Hierbei werden verschiedene iterative Ansätze, wie das Design Thinking, Lean Startup mit MVP, Design to Value, betrachtet. Die klassische Verortung der Innovationsansätze im Innovations-, Produktmanagement, Marketing/Vertrieb stellte sich für frugale Innovationen als nicht zielführend heraus. Vielmehr spielt die frühzeitige prozessuale Miteinbeziehung der Entwicklung sowie die Auflockerung der bekannten Gate-Kriterien im Rahmen des Stage-Gate-Prozesses, eine wichtige Rolle. (Weyrauch 2018, S. 113–127)

Konzepterarbeitung frugaler Innovationen: Weyrauch hat Ansätze zur Entwicklung einer frugalen Alternative aus einem bestehenden Produkt untersucht. Die analysierten Methoden, wie das QFD, TRIZ und die widerspruchsorientierte Innovationsstrategie, zeichnen sich alle durch eine sehr komplexe Vorgehensweise aus, die zumeist eine inkrementelle Innovation hervorbringen. Die gewonnenen Erkenntnisse setzte Weyrauch in einer Methodik mit zehn Schritten um: 1. Formulierung von Entwicklungszielen aus Kundensicht, 2. Formulierung von Entwicklungszielen aus Herstellersicht, 3. Gewichtung der Entwicklungsziele, 4. Identifikation beeinflussender Parameter, 5. Bestimmung der Optimierungsrichtung der Parameter, 6. Identifikation von Widersprüchen, 7. Formulierung der Widersprüche, 8. Bewertung und Auswahl der Widersprüche, 9. Lösungsfindung und Konzepterarbeitung, 10. Konzeptvergleich und Auswahl. (Weyrauch 2018, S. 209–232)

Weyrauch liefert mit dieser Methodik ein systematisches Verfahren zur Konzeption frugaler Innovationen. Bei der erstmaligen Validierung der Methode an einer Wälzkörper-Kupplungsnabe, werden trotz bereits erfolgter konventioneller Optimierungen am Produkt und Herstellungsprozess, die Herstellkosten um circa 15-20 % reduziert. Zudem wird die Performance gesteigert, was die TCO positiv beeinflusst. (Weyrauch 2018, S. 235–237) Weiterhin als positiv hervorzuheben ist die Berücksichtigung der Kunden- und Herstellerziele, denen beeinflussbare Parameter eines Produkts gegenübergestellt werden. Ziel ist es, die positive (steigern) oder negative (reduzieren) Beeinflussung auf ein Produkt sichtbar zu machen, um Widersprüche zu identifizieren. Für diese Widersprüche sollen im weiteren Verlauf der Methodik Lösungen gefunden

sowie Konzepte erarbeitet und bewertet werden. Weyrauch empfiehlt darüber hinaus auch die Nutzung von Target Costing, Vergleiche mit Wettbewerbsprodukten sowie Conjoint-Analysen, zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft von Kunden. (Weyrauch 2018, S. 241) Durch den Ansatz können auf einfache und praxistaugliche Weise Lösungskonzepte für Detailprobleme im allgemeinen Maschinenbau erarbeitet werden. Weitere Produkte oder gar eine gesamte Maschine werden im Rahmen der Arbeit nicht untersucht. Der Untersuchungszeitraum endete nach 19 Monaten mit dem Abschluss der Konzepterarbeitung, ein Prototyp, die Herstellung oder die Markteinführung werden nicht betrachtet. (Weyrauch 2018, S. 242–245) Auch werden Vision und Strategie eines Unternehmens nicht berücksichtigt. Hervorzuheben bei der Methodik ist die Anwendbarkeit unter geringem Ressourceneinsatz.

Zwischenfazit zu Methoden und Ansätzen zur Entwicklung frugaler Innovationen

Die generischen als auch spezifischen Ansätze zur Entwicklung frugaler Innovationen zeigen eine hohe Fokussierung auf die Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Innovationen. Sowohl die Neuentwicklung als auch die Anpassung von Produkten wird in den Ansätzen aufgegriffen. Die Identifikation und Bewertung von Anpassungspotenzialen sowie die Wissensbasis der Mitarbeitenden wird nur teilweise berücksichtigt. Aus diesem Grund müssen nachfolgend, einen Schritt allgemeiner, Methoden der strategischen Produktplanung und -entwicklung analysiert werden. Die detaillierte Bewertung der spezifischen Ansätze, hinsichtlich der aufgestellten Anforderungen, sind in Kapitel 4.3 zusammengefasst dargestellt.

4.2.2 Methoden der strategischen Produktplanung und -entwicklung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen. Der zu entwickelnde Ansatz ist mit seiner Systematik der strategischen Produktplanung und -entwicklung zuzuordnen. Die Autoren, beispielsweise Gerst, Braun und Weyrauch, deren Ansätze im Rahmen der Literaturrecherche analysiert wurden, haben bereits bestehende Entwicklungsmethoden (beispielsweise TRIZ, Design Thinking, Lean Startup mit MVP) diskutiert. (Gerst 2003; Braun 2005; Gausemeier et al. 2012; Weyrauch 2018) Im Vergleich waren die Entwicklungsmethoden wesentlich besser in den Unternehmen

verbreitet, als die Planungsmethoden. Die Planung wird oft wegen des Fokus auf die Technik und deren Produktverbesserung übergangen. Zudem ist sie zeit- und kostenintensiv. Die Entwicklungsmethoden können beispielsweise je nach Ausgangssituation, gewünschtem Ergebnis und verfügbaren Ressourcen, innerhalb des Produktentwicklungsprozesses eingesetzt werden. Eine Übersicht hierzu ist im Anhang U zu finden. Im Weiteren werden nun bestehende relevante Methoden der Produktplanung und -entwicklung diskutiert und bewertet.

Methodische Produktplanung nach Seidel

Seidel analysiert zahlreiche phasenorientierte Abläufe zur Produktplanung (zum Beispiel VDI 2220, Pahl/Beitz) sowie eine Vielzahl an Gate-orientierten Ansätzen (beispielsweise Stage-Gate, Quality Gates). Dazu hat er eine Einordnung hinsichtlich der Spezifizierungstiefe vorgenommen und eine Diskrepanz festgestellt: Während sich allgemein formulierte Ansätze gut auf den jeweiligen Kontext übertragen lassen, sind detailliertere Ansätze aussagekräftiger und bieten mehr Unterstützung in spezifischen Fragestellungen. In diesem Kontext wird auch auf die Entscheidungsunsicherheit während der frühen Phasen des Innovationsprozesses verwiesen, dem die Produktplanung nach Seidel unterliegt. (Seidel 2005, S. 11) Zur Entscheidungsunterstützung schlägt Seidel die QFD-Methode vor (Seidel 2005, S. 48–50) und entwickelt darauf aufbauend eine eigene Vorgehensweise mit sieben Schritten (fünf Hauptschritte, einen Vor- und Nachbereitungsschritt): 1. Planungsauftrag konkretisieren, 2. Kundenwünsche analysieren, 3. Relevante Produkte benchmarken, 4. Konzepterstellung vorbereiten, 5. Produktkonzepte erstellen, 6. Entscheidung vorbereiten, 7. Produktplanung nachbereiten. (Seidel 2005, S. 109–122)

Die Methodik basiert auf einer informationszentrieren Prozesssicht und unterstützt bei der Definition von Arbeitsmethoden und der Implementierung betrieblicher Abläufe. Berücksichtigt werden sowohl die Rahmenbedingungen (Unternehmens- / Produktstrategie und Ressourcen) als auch Informationen zu Technologie- und Marktentwicklung. Der Prozess beginnt mit einem konkreten Planungsauftrag über einen Produktbenchmark. Unter Zuhilfenahme der Erkenntnisse aus der Forschung und Entwicklung sowie dem strategischen Unternehmensziel wird der Rahmen für die Konzeptfindung gebildet. Aus den identifizierten und bewerteten Handlungsbedarfen werden Konzeptvarianten erarbeitet und hinsichtlich technischem und wirtschaftlichem Potenzial sowie Risiko bewertet. Zuletzt wird der gesamte Planungsprozess reflektiert und

Anpassungsvorschläge an betriebliche Prozesse definiert. Weiter soll im Rahmen der Nachbereitung des Planungsprozesses die Realisierung des Produktkonzepts begleitet werden. (Seidel 2005, S. 127–130)

Obwohl Seidel mit seinem Ansatz eine Vielzahl von wichtigen Aspekten berücksichtigt, hat er dennoch eine sehr generische Struktur. Weiter wird der Fokus der Entwicklungsziele auf den Wettbewerbsvergleich, Kundenwünsche und die Entwicklung neuer Produkte gerichtet und nicht die Anpassung eines bestehenden Produkts beziehungsweise einer Maschine.

Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung nach Braun

Braun stellt eine weitere Arbeit im Bereich der strategischen Produktplanung und -entwicklung zur Verfügung und fokussiert darin die Schnittstellen zwischen strategischer Unternehmensplanung und Produktentwicklung bei mittelständischen Unternehmen. (Braun 2005, S. 15–19) Dabei wird eine erhebliche Diskrepanz hinsichtlich der geringen Anzahl an Methoden für die Produktplanung gegenüber den Methoden zu Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben ersichtlich. (Braun 2005, S. 65–88) Der von Braun erarbeitete Lösungsansatz bietet in Abhängigkeit von der Erfahrungsstufe des Anwenders (Methoden Anfänger, Fortgeschrittene und Experten) eine Methodenauswahl entlang eines aufgabenspezifischen Voraussetzungsspektrums (Analyse und Vorgehen zur Bearbeitung einer strategischen Stoßrichtung, Auswahl sowie Anpassung und Implementierung von Methoden zur Bearbeitung einer Aufgabenstellung). Zu den Methoden zählen Ansätze der Entscheidungslogik, Checklisten, Leitfäden oder Prozessbaukästen zur Herbeiführung strategischer Entscheidungen im Kontext der Produktplanung. Die Hinweise bei der Auswahl ressourcenspezifischer Methoden sind angepasst an die Bedürfnisse mittelständischer Unternehmen. (Braun 2005, S. 152–154) Ein weiterer bedeutender Beitrag der Arbeit von Braun ist die bewusste Wahrnehmung fehlender pragmatischer Ansätze, die an den tatsächlichen Problemstellungen der Unternehmen ansetzen. (Braun 2005, S. 195–196) Braun liefert folglich einen umfassenden Ansatz zur Produktplanung in mittelständischer Unternehmen. Auf den Maschinenbau im Speziellen, die Anpassungskonstruktion oder die Kriterien frugaler Innovationen wird hingegen in seinem Ansatz nicht eingegangen.

Planung und Konzipierung von Marktleistungen nach Stoll

Das Verfahren von Stoll gliedert sich in sieben Phasen, wobei die ersten beiden hintereinander und die restlichen fünf Phasen durch eine Rückkopplung iterativ durchlaufen werden können: 1. Potenzialfindung, 2. Potenzialanalyse, 3. Ableiten von Anforderungen, 4. Aufstellen der Funktionshierarchie, 5. Generieren von Teillösungen, 6. Bilden von Kombinationen, 7. Bewertung und Auswahl. (Stoll 2010, S. 84) Der Ansatz stellt eine systematisierte Vorgehensweise dar, ausgehend von dem Anspruch eine Gesamtlösung zu konzipieren. Dazu werden Nutzenpotenziale (durch beispielsweise Szenario-Technik, Trendanalysen) ermittelt, in eine Anforderungsliste sowie Funktionshierarchie überführt und dann in Teillösungen umgesetzt.

Stoll bietet Anwendern eine sehr umfangreiche Vorgehensweise bei der grundlegenden Planung und Entwicklung neuer Marktleistungen (Sach- und Dienstleistung). Die Anpassung bestehender Produkte, zum Beispiel aus dem Maschinenbau, steht hierbei nicht im Vordergrund, sondern die Kundenintegration zur Identifikation von Potenzialen.

Prozessorientierte Generierung standortgerechter Fertigungssysteme nach März

Die Methodik von März zur prozessorientierten Generierung und Bewertung standortgerechter Fertigungssysteme unterteilt sich in sieben Phasen: 1. Voranalyse, 2. Identifikation, 3. Analyse, 4. Prüfung, 5. Definition, 6. Risikoanalyse, 7. Ganzheitliche Bewertung. (März 2011, S. 105) Durch den Ansatz können Unternehmen die Produktionserweiterung im Ausland systematisch planen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Analyse der zu produzierenden Produkte und den standortspezifischen Rahmenbedingungen / Einflussfaktoren im Zielland. Eine Bewertung der beiden Aspekte unterstützt die Unternehmen hinsichtlich dem Nutzen und dem Aufwand zur standortgerechten Anpassung der Fertigungssysteme oder der Verwendung standardisierter Fertigungssysteme in einem internationalen Produktionssetzwerk. (März 2011, S. 7–10)

Die Methodik von März bietet Unternehmen, die eine Produktion ins Ausland verlagern möchten und vor der Entscheidung hinsichtlich standardisierter oder angepasster Fertigungssysteme stehen, einen ganzheitlichen, transparenten und systematischen Planungsansatz. Maschinenbauunternehmen die „auftragsneutral" eine frugale Maschine entwickeln möchten stehen nicht im Fokus. Hervorzuheben ist die Berücksichtigung von Wechselwirkungen (zum Beispiel zwischen Qualität, Kosten und Zeit) sowie die übersichtliche Ergebnisdarstellung.

Produkte und Produktionssysteme integrativ konzipieren nach Gausemeier et al.

Nach Gausemeier et al. erstreckt sich der Produktentwicklungsprozess von der Produkt- über die Geschäftsidee bis hin zum Serienanlauf in der Produktion. Weiterhin gliedert sich der Produktentwicklungsprozess in die drei Phasen der strategischen Produktplanung, Produktentwicklung und Produktionssystementwicklung. Diese folgen nicht zwingend aufeinander, sondern sind vielmehr ein Wechselspiel von Aufgaben innerhalb mehrerer Zyklen. Die Phase der Produktplanung stellt die Basis des Entwicklungsprozesses dar und umfasst die Potenzialfindung, Produktfindung und -konzeption sowie die Geschäftsplanung. Aufbauend darauf wird das Produkt und das Produktionssystem entwickelt. (Gausemeier et al. 2012, S. 14; Gausemeier 2014, S. 11; Gausemeier et al. 2016, S. 8; Gausemeier et al. 2018, S. 89–92) Zur Entwicklung maschinenbaulicher Produkte ist eine interdisziplinäre und fachübergreifende Vorgehensweise (beispielsweise VDI-Richtlinie 2206) ebenso wichtig wie die frühzeitige Bewertung der Herstellkosten und deren Prognose. Auch die Bewertung der Robustheit des Produkts und des Produktionssystems spielen eine wichtige Rolle. (Gausemeier et al. 2012, S. 69–192)

Gausemeier et al. fokussieren mit dem Ansatz die Konzeption eines Produktionssystems auf Basis der spezifizierten Produktkonzeption. Produkt- oder kundenneutrale Maschinen werden nicht betrachtet. Besonders hervorzuheben ist die Kosten- und Robustheitsbetrachtung im Rahmen der ganzheitlichen Vorgehensweise.

Strategische Produktplanung nach Kremer

Kremer beschäftigt sich mit Methoden zur systematischen, strategischen Produktplanung. Er macht hierbei auf die technologische Weiterentwicklung im Maschinenbau aufmerksam, die zu hochfunktionalen, variantenreichen und sehr hochpreisigen Produkten führt. Dabei werden die resultierenden Gefahren (wie zum Beispiel die Marktverdrängung in Nischenbereiche) aufgezeigt. Kremer fordert eine Umorientierung der Entwicklungsrichtung vom „Technology Push" zum „Market Pull". Hierfür muss eine Komplexitätsreduzierung und Optimierung der Produktarchitektur unter Berücksichtigung der Technologie-, Modul- und Komponentenebene stattfinden. (Kremer 2018, S. 1) Vor dem Hintergrund fehlender Ressourcen in den Unternehmen stellt Kremer einen Lösungsansatz mit vier Teilschritten vor (Kremer 2018, S. 2–3): 1. Auf-

bau einer sinnvollen Marktsegmentierungslogik, 2. Stringente qualitative und quantitative Bewertung der Segmente, 3. Faktenbasierte Priorisierung der zukünftigen Aktivitäten, 4. Ableitung des zukünftigen Portfolios für die priorisierten Segmente. Mit diesem Vorgehen kann das Produktportfolio systematisch definiert und bewertet werden. Präsenzvertretungen aus allen wichtigen Unternehmensbereichen tragen zur offenen Kommunikation sowie Dokumentation und damit zu einem klaren ganzheitlichen Verständnis hinsichtlich der Maßnahmen zur Veränderung und Zielerreichung bei. Zur effizienten Umsetzung empfiehlt Kremer weiterhin ein Baukastensystem, welches die kostengünstige Realisierung spezifischer Kundenanforderungen ermöglicht. (Kremer 2018, S. 2–8)

Kremer stellt mit dieser Vorgehensweise einen umfangreichen Ansatz für die frühe Phase der Produktplanung bereit. Es entsteht eine konkrete Produktportfoliostrategie, die ausgehend vom Markt die Leistung und Preisbereitschaft abprüft. Einen Abgleich mit den bestehenden Produkten erfolgt nicht. Auch im Umgang mit den identifizierten priorisierten Aktivitäten und der Entwicklung eines Realisierungsprozesses weist der Ansatz Defizite auf.

Zwischenfazit zu Methoden der strategischen Produktplanung und -entwicklung

Die Ansätze zur strategischen Produktplanung und -entwicklung liefern hilfreiche Erkenntnisse, durch die Betrachtung der Zuverlässigkeit und Robustheit im Rahmen der Produktanpassungen. Darüber hinaus setzen zahlreiche Ansätze auf mitarbeitergebundenes und organisationales Wissen sowie auf die Adaptierbarkeit des Prozesses. Defizite sind im Bereich der Frugalität sowie der Ganzheitlichkeit, Aktivität und Messbarkeit ersichtlich. Daher werden im nächsten Kapitel Ansätze der Unternehmensführung und -steuerung betrachtet. Die ausführliche Bewertung der Ansätze der strategischen Produktplanung und -entwicklung, hinsichtlich der aufgestellten Anforderungen, in Kapitel 4.3 zusammengefasst dargestellt.

4.2.3 Ansätze der Unternehmensführung und -steuerung

Da frugale Innovationen gemäß den Analysen aus Kapitel 2.2 und 3 immer von der strategischen Ausrichtung eines Unternehmens beeinflusst werden und damit abhängig vom übergeordneten strategischen Management sind, werden nachfolgend verschiedene bestehende Ansätze der Unternehmensführung und -steuerung inklusive der Ergebnismessung betrachtet.

Für die Einordnung aktueller Ansätze ist ein Rückblick notwendig. Doerr beschreibt die Historie der Führungstheorien aus dem frühen 20. Jahrhundert bis hin zur kennzahlengestützten Unternehmenssteuerung des 21. Jahrhunderts. Der Ursprung zahlreicher kennzahlengestützter Ansätze liegt in der Produktion. Frederick Winslow Taylor und Henry Ford haben systematisch die (Produktions-)Leistung von Mitarbeitenden und Anlagen gemessen sowie analysiert. Die Auswertungen zeigten eine hohe Effizienz und Profitabilität bei einer autoritären Führung. Peter Drucker überarbeitete das Führungsmodell und bezieht eine soziale Komponente mit ein. Mit Blick auf die Mitarbeitermotivation und Erreichbarkeit verabschiedeter Ziele sollen Angestellte selbst bei der Zielabstimmung mit einbezogen werden. Der Ansatz wurde „management by objectives and self-control“ genannt und 1954 im Buch „The Practice of Management“ veröffentlicht. Zahlreiche Unternehmen, wie beispielsweise Hewlett-Packard, setzten diesen Ansatz ein. In der Praxis erreichte der „Management-by-Objectives“-Ansatz oftmals nur bei intensiver Anwendung den gewünschten Erfolg. Hintergrund ist die zentrale Steuerung von Zielen bei vielen Unternehmen. Folglich können Mitarbeitende in unteren Ebenen nur in geringem Maß Einfluss auf die Zielfindung nehmen. Zusätzlich fehlt oftmals die regelmäßige Aktualisierung der Zielvorgaben oder die abteilungsübergreifende Denkweise geht durch das Erreichen der Ziele innerhalb einer Abteilung (Silodenken) verloren. Das ursprüngliche „Führen durch Zielvereinbarung“ entwickelte sich weiter zu einem sogenannten Key-Performance-Indicators-Ansatz, der laut Doerr oftmals aus kontextlosen Kennzahlen besteht. Vor diesem Hintergrund macht Doerr auch auf den Fehler aufmerksam, dass die Boni an die Gehälter der Mitarbeitenden gebunden und Risikobereitschaft bestraft wird. (Doerr 2018, S. 36–38)

Müller-Stewens et al. stellen in ihrem Lehrbuch die historische Entwicklung der strategischen Performance-Measurement-Systeme (beispielsweise KPIs) vor. Die Sammlung führt chronologisch durch die einzelnen Konzepte, beginnend mit klassischen Kennzahlen aus dem Finanz-

und Rechnungswesen bis hin zu nichtfinanziellen Messgrößen. Ausgelöst durch den technologischen Fortschritt und die Digitalisierung waren Wissenschaft und Praxis zunehmend gezwungen, strategische Pläne zu jeder Zeit messbar und steuerbar zu machen. Relevante Bezugsgruppen der Unternehmen fordern beispielsweise kontinuierlich eine Auditierung oder Evaluation innerhalb eines Berichtszeitraums. Ziel der aktuellen strategischen Performance-Measurement-Systeme ist es somit, Handlungen kurzfristig ausrichten zu können, um die langfristigen Unternehmensziele erreichbar zu machen. Die Ansätze hierfür basieren auf dem Prinzip einer „Scorecard". Durch die Erfassung und Bewertung quantitativer und qualitativer Zielgrößen werden relevante Entwicklungen frühzeitig sichtbar und die Performance kann maßgeblich beeinflusst werden. Die Fähigkeit, frühzeitig auf Veränderungen zu reagieren, bedeutet Wettbewerbsvorteile und – in letzter Konsequenz – Erfolgsunterschiede zwischen Unternehmen gemäß des ressourcenorientierten Führungsansatzes. Kennzahlensysteme entwickeln sich daher immer mehr weg von der traditionellen rückwertigen Betrachtung hin in Richtung Echtzeiterfassung und Vorausschau. Zu den gängigen Ansätzen zählen unter anderem die „Balanced Scorecard" (BSC), die „Performance-Pyramide", das „Performance-Prisma" oder das „European Foundation for Quality Management Model". Alle genannten Kennzahlensysteme richten den Fokus auf die Betrachtung verschiedener Dimensionen eines Unternehmens mit dem Ziel, langfristige Strategien erfolgreich umzusetzen. Herausforderung bei diesen Ansätzen ist vor allem die Auswahl einer ausgewogenen Anzahl an Kennzahlen zur Steuerung, damit Zusammenhänge auch bei einer hohen Menge an Daten nicht verloren gehen. (Müller-Stewens et al. 2016, S. 571–602)

Eine Managementmethode, welche die Ziele eines Unternehmens mit den Zielen eines jeden einzelnen Mitarbeitenden verbindet, ist der von Intel-Mitbegründer Andy Grove entwickelte „Objective and Key Results"-(OKR)-Ansatz. Er beruht auf der Idee, einem qualitativen Ziel, dem „Objective" (O), messbare Ergebnisse, die „Key Results" (KR), gegenüberzustellen. Auf diese Weise werden vage, schwer erfassbare Visionen greifbar gemacht. OKR ist eine Weiterentwicklung von Peter Druckers Management-by-Objective-Ansatz und verbindet diesen mit Top-Down-Kennzahlen und Vorgaben des Managements. (Doerr 2018, S. 37–39) John Doerr, ein ehemaliger Mitarbeiter von Groves, formuliert das Vorgehen wie folgt: „We will [objective] as measured by [set of key results]". (Ithia 2019, S. 15–16; Levit 2019, S. 170) Anstatt Ziele zentral

vorzugeben, entwickelt jeder Mitarbeitende seine eigenen OKRs und zeigt damit, wie er die übergreifenden Ziele des Unternehmens unterstützen möchte. (Doerr 2018, S. 37–39)

Der Mitarbeitende sollte sich für eine hohe Fokussierung und Motivation an möglichst wenigen Objectives (Ziele) orientieren. (Doerr 2018, S. 62) Die Key Results stellen Schlüsselereignisse dar, bestehend aus Maßnahmen mit transparenten, messbaren und akzeptierten Indikatoren (qualitativ / quantitativ oder gekoppelt). (Doerr 2018, S. 60) Die Anzahl der Key Results je Objective sollte für eine effektive und effiziente Bearbeitung zwischen zwei und fünf liegen. (Petry 2019, S. 246; Rittershaus 2020, S. 116) Durch die Key Results mit messbaren, transparenten und akzeptierten Indikatoren ist eine zeitnahe Erfassung erster qualitativer, aber auch quantitativer Erfolge möglich. Die Key Results beeinflussen somit die KPIs, wie Verkaufsahlen oder Umsatz. (Petry 2019, S. 246) Jeder Mitarbeitende sieht direkt seinen Beitrag zu Erreichung der Unternehmensziele und somit zur Erfüllung von Vision und Strategie. Die Sichtbarkeit des messbaren Fortschritts und das Wissen über die eigene Entwicklung motiviert oft mehr, als finanzielle Anreize. (Doerr 2018, S. 116) Je nach Bedarf kann der Mitarbeitende wöchentlich den Status in der OKR-Tabelle erfassen, wenn das zur weiteren Motivation und Transparenz beiträgt. Der Aufwand hierfür liegt im Bereich von Minuten. (Rittershaus 2020, S. 118)

Über John Doerr fand Objective and Key Results 1999 seinen Weg zu Larry Page, Mitbegründer von Google, welcher OKRs als einen einfachen Ansatz beschreibt, um eine Organisation voranzubringen. (Doerr 2018, S. 11–12) OKR ist ein agiler Führungsansatz und bietet Vorteile, wenn sich Unternehmen mit einer Wachstumsstrategie in dynamischen und technologiegetriebenen Branchen befinden. (Engelhardt et al. 2017, S. 34) Prof. Dr. Klaus Möller (Universität St. Gallen) bezeichnet in diesem Kontext die OKRs auch als Ablöse für die klassische BSC. (Doerr 2018, S. 13–15) OKRs sind im gesamtheitlichen Vergleich zu BSCs jedoch unvollständig, da sie eine Leistungsbeurteilung und Belohnung nicht berücksichtigen. (Engelhardt et al. 2017, S. 36) Hintergrund hierfür ist Groves Entwicklungsgrundsatz: „Weniger ist mehr". Er setzt auf die Mitarbeitermotivation durch Sichtbarkeit von Erfolgen. Die Anzahl der Objectives muss gering gehalten werden, um den Fokus auf wesentliche Aktivitäten zu setzen. Hierfür sind auch die Tugenden wie Mut, Ehrlichkeit und Disziplin erforderlich sind. Aus vielen Zielen oder Maßnahmen gilt es somit, sich auf wenige bedeutende zu konzentrieren, um eine große Hebelwirkung mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen zu erzielen und einen Wettbewerbsvorteil zu erreichen. (Do-

err 2018, S. 62–63) Engelhardt et al. bestätigen den erfolgreichen Einsatz von OKRs bei innovativen Unternehmen in dynamischen Branchen und stellt eine Anwendbarkeit unabhängig von der Unternehmensgröße fest. Zusätzlich beeinflusst die Methode die Unternehmenskultur positiv hinsichtlich Offenheit, Mitarbeiterorientierung, Risikobereitschaft und Ambition. (Engelhardt et al. 2017, S. 36)

Zwischenfazit zu Ansätzen der Unternehmensführung und -steuerung

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden zahlreiche Ansätze und Methoden zur Unternehmenssteuerung und -führung, prozessorientierte Organisationsgestaltung sowie Methoden zur Prozessverbesserung analysiert. (Becker et al. 2012; Dillerup et al. 2016; ifaa 2016; Müller-Stewens et al. 2016; Bertagnolli 2018; Heller et al. 2018) Ganzheitliche Ansätze wie zum Beispiel das St. Galler Management-Modell oder Lean Management bilden ein sehr umfängliches Rahmenwerk, besitzen jedoch einen grundlegend ähnlichen Aufbau wie der dargestellte aktuelle Stand der Unternehmensführung. Für die Planung und Umsetzung einer frugalen Maschine in einem mittelständisch geprägten High-Tech-Unternehmen ist eine gesamtheitliche Umstrukturierung des Managementprozesses nicht verhältnismäßig. Der OKR-Ansatz hingegen ist unabhängig von der Unternehmensgröße anwendbar und fördert die Mitarbeiterorientierung sowie -motivation, um eine große Wirkung mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen zu erzielen.

4.3 Zwischenfazit und Herleitung des Handlungsbedarfs

In Kapitel 4.2 wurden relevante Ansätze aus Wissenschaft und Praxis im Kontext der Problemstellung dieser Arbeit analysiert und diskutiert. Die Analyse belegt die Aktualität des Themas sowie die zeitliche Entwicklung der Ansätze (Grobkonzepte bis anwendbare Vorgehensweisen, Kapitel 4.2.1). Die zusammengefasste Bewertung in Abbildung 14 zeigt, dass keiner der analysierten Ansätze in Kapitel 4.2.1 und 4.2.2 alle Anforderungen in vollem Umfang erfüllt.

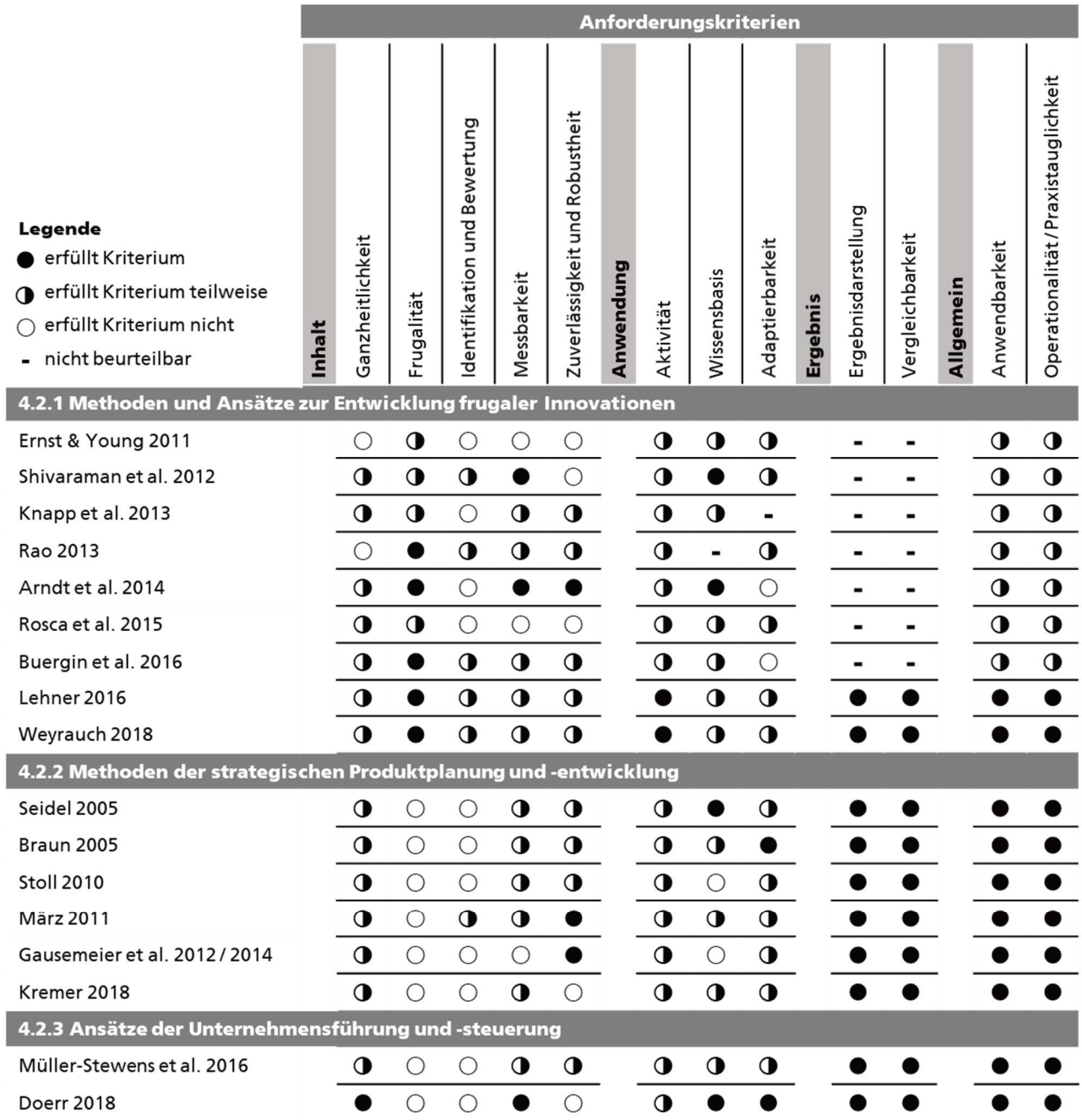


Abbildung 14: Bewertung der Anforderungserfüllung bestehender Ansätze

Es konnten maßgebliche Defizite in der Fokussierung der Aktivitäten, dem Bereich der Mitarbeitermotivation und -integration sowie bei der Allokation der benötigten Ressourcen identifiziert werden. Signifikant ist die Ausrichtung der meisten Ansätze/Methoden auf die Neuentwicklung von Produkten oder die dazu benötigten Produktionssysteme. Die Berücksichtigung bestehender Produkte und Produktionen wird hingegen oftmals vernachlässigt. Weiter berücksichtigen nur die wenigsten Ansätze die Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Innovationen.

Die Wechselwirkungen bei Reduzierungen von Produktmerkmalen werden meist nur unzureichend betrachtet und bewertet. Neuere Ansätze zur Entwicklung frugaler Innovationen sowie die Methoden zur Produktplanung und -entwicklung sind anwendbar, praxistauglich und zeichnen sich durch eine entsprechende Ergebnisdarstellung sowie Vergleichbarkeit aus. Zugleich wird die Anwendbarkeit unter geringem Ressourceneinsatz sowie die Mitarbeitermotivation und -integration nur von wenigen Ansätzen berücksichtigt.

Die in Kapitel 4.2.3 analysierten Ansätze zur Unternehmensführung liefern weitere relevante Aspekte zur Lösung der Problemstellung dieser Arbeit. Allerdings priorisieren die Methoden der Unternehmensführung und -steuerung andere Anwendungsaspekte und liefern keinen ausführlichen Ansatz, welcher der Zielstellung dieser Arbeit entspricht. Jedoch liefern sie fundierte Beispiele für die Konzeption einer Methodik.

Zusammenfassend betrachtet existiert nach derzeitigem Kenntnisstand kein Ansatz der Wissenschaft oder Praxis, der den Anforderungen zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen gerecht wird und mittelständische Unternehmen zielorientiert unterstützt. Im Folgenden wird daher auf den verbleibenden Forschungs- und Handlungsbedarf (HB) in Tabelle 3 eingegangen, der sich an den Anforderungen aus Kapital 4.1 orientiert und in der anschließenden Konzeption einer Methodik berücksichtigt wird.

Tabelle 3: Handlungsbedarf aus Wissenschaft und Praxis

HB1	Ganzheitliche Betrachtung unter Berücksichtigung der Ressourcenbeschränktheit und der geringen Losgrößen der Maschinenbauunternehmen sowie Fokussierung der kurzfristigen Aktivitäten auf die langfristigen Ziele (Kriterien / Erfolgsfaktoren frugaler Innovationen).
HB2	Berücksichtigung der bestehenden Maschinen /-linien zur risikominimierten und iterativen Annäherung (inkrementell oder radikal) an eine „ideale" frugale Innovation. Rücksichtnahme auf die Wechselwirkungen bei Reduzierungen von Produktmerkmalen hinsichtlich Robustheit und Zuverlässigkeit.
HB3	Gewährleistung einer interdisziplinären und interaktiven Anwendung der Methodik, um mitarbeitergebundenes Wissen zu nutzen, durch Transparenz und Kommunikation ein Verständnis hinsichtlich der Veränderungen aufzubauen und ein entsprechendes Mindset für frugale Maschinen zu schaffen.
HB4	Angemessenes Komplexitätsniveau, welches das Verständnis der Entscheidungsträger fördert und den Planungs- und Entscheidungsprozess beschleunigt sowie nachvollziehbar und reproduzierbar gestaltet ist.

5 Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen

Zunächst wird das Framework der Methodik zur „Ressourcenorientierten Planung und Umsetzung Frugaler Maschinen“ (RPFM) entwickelt und erläutert (Kapitel 5.1). Zur Sicherstellung einer zielgerichteten Durchführung der Methodik wird anschließend auf die Initialisierung und damit die Teamzusammenstellung sowie die erforderlichen Grundvoraussetzungen eingegangen (Kapitel 5.2). Darauf aufbauend werden die einzelnen Bausteine der Methodik detailliert dargestellt und unter Zuhilfenahme einzelner fiktiver Beispiele zur Nachvollziehbarkeit veranschaulicht (Kapitel 5.3 bis 5.5). Innerhalb des definierten modularen und adaptiven Rahmens der Methodik werden für einzelne Bausteine neue Methoden entwickelt. Es werden bereits existierende Methoden integriert, indem diese auf die Problemstellung adaptiert werden. Entsprechend der Zielsetzung dieser Arbeit entsteht so eine neue und praxistaugliche Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen.

5.1 Konzeption des Frameworks

Gemäß dem unter Kapitel 1.4 beschriebenen Forschungsprozess nach Ulrich wurde im ersten Teil dieser Arbeit der Stand der Praxis (Kapitel 3) und der Forschung (Kapitel 4.3) analysiert. Für den resultierenden Handlungsbedarf (Kapitel 4.3) wird nun das Framework der neuen Methodik konzipiert. Die bisherigen Erkenntnisse aus den Analysen und theoretischen Vorüberlegungen sind an dieser Stelle auf das Problemfeld der vorliegenden Arbeit zu übertragen. Damit eine Zielorientierung der Methodik sichergestellt werden kann, sind hinsichtlich des dargelegten Umfangs und der Komplexität der Problemstellung (Kapitel 1.2) als auch der Forderung nach einer für die Praxis tauglichen Anwendung (Kapitel 4.1) nachfolgende Aspekte als organisationale Basis vorausgesetzt:

- Qualifiziertes Personal, welches die operative Umsetzung und somit die Gestaltungsstrategie der Maschine (beispielsweise einzelne Komponenten) sowie die Ausgestaltung von beispielsweise Produktions- oder Beschaffungsprozessen vornehmen kann.
- Eine Kapazitäts- und Budgetplanung sowie eine TCO Betrachtung.
- Kenntnisse über beispielsweise das Inverkehrbringen, die Auftragsabwicklung, den Service-/ Inbetriebnahme, die Nutzung und Entsorgung.
- Kenntnisse über standortspezifische Einflussfaktoren, wie beispielsweise handelspolitische Regelungen und Produktpiraterie.
- Wissen über branchenübliche Standards, erwartete Qualitätskriterien, die wettbewerbliche Einordnung sowie die Anforderungen des Zielmarkts und der Zielkunden.

Ausgehend von den Handlungsbedarfen (siehe Tabelle 3) wird nun im Folgenden das Framework der Methodik konzipiert. Der Handlungsbedarf HB1 (gesamtheitliche Betrachtung) erfordert eine grundlegende Ausrichtung der Methodik an den drei Ebenen der Unternehmensführung: normativ, strategisch und operativ (siehe Abbildung 2: Integriertes System der Unternehmensführung in Anlehnung an Dillerup et al. in Kapitel 2.1.2 und die Ansätze der Unternehmensführung und -steuerung in Kapitel 4.2.3). Frugal muss auf der normativen Ebene als strategischer Managementansatz in die Vision und die Ziele integriert werden. Zudem beeinflusst die Orientierung hinsichtlich frugal die Kultur und Governance im Unternehmen.

Auf der strategischen Ebene ist das Identifizieren von Strategien und Potenzialen zur Anpassung der Produkte und Prozesse erforderlich (HB2). Zudem erfordert die ressourcenorientierte Planung und Umsetzung frugaler Maschinen eine entsprechende Organisationsstruktur und Personalführung, die bereitgestellt werden muss (HB3).

Im Rahmen der Umsetzung muss auf der operativen Ebene die Sicherstellung von Leistungsorientierung sowie effektiven und effizienten Prozessen gewährleistet sein. Die Berücksichtigung der Ressourcenbeschränktheit sowie der geringen Losgrößen von Maschinenbauunternehmen begrenzt in diesem Kontext den möglichen Aufwand sowie die anzuwendenden Methoden. Zur Gewährleistung der Praxistauglichkeit und Anwendbarkeit der Methodik muss zusätzlich das Komplexitätsniveau dem Verständnis der Anwendenden angemessen sein (HB4). Hierfür

stellt nach der Analyse in Kapitel 4.2.3 der Management-Ansatz mit OKRs eine geeignete Basis dar.

Das Framework der Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen lässt sich ausgehend von einer Checkliste zur Prüfung der Grundvoraussetzungen bis hin zur Erfolgsmessung in drei Phasen untergliedern. Veranschaulicht wird der strukturelle Gesamtaufbau in Abbildung 15 mit den einzelnen Phasen, den einzelnen Bausteinen und deren Verbindungen zueinander.

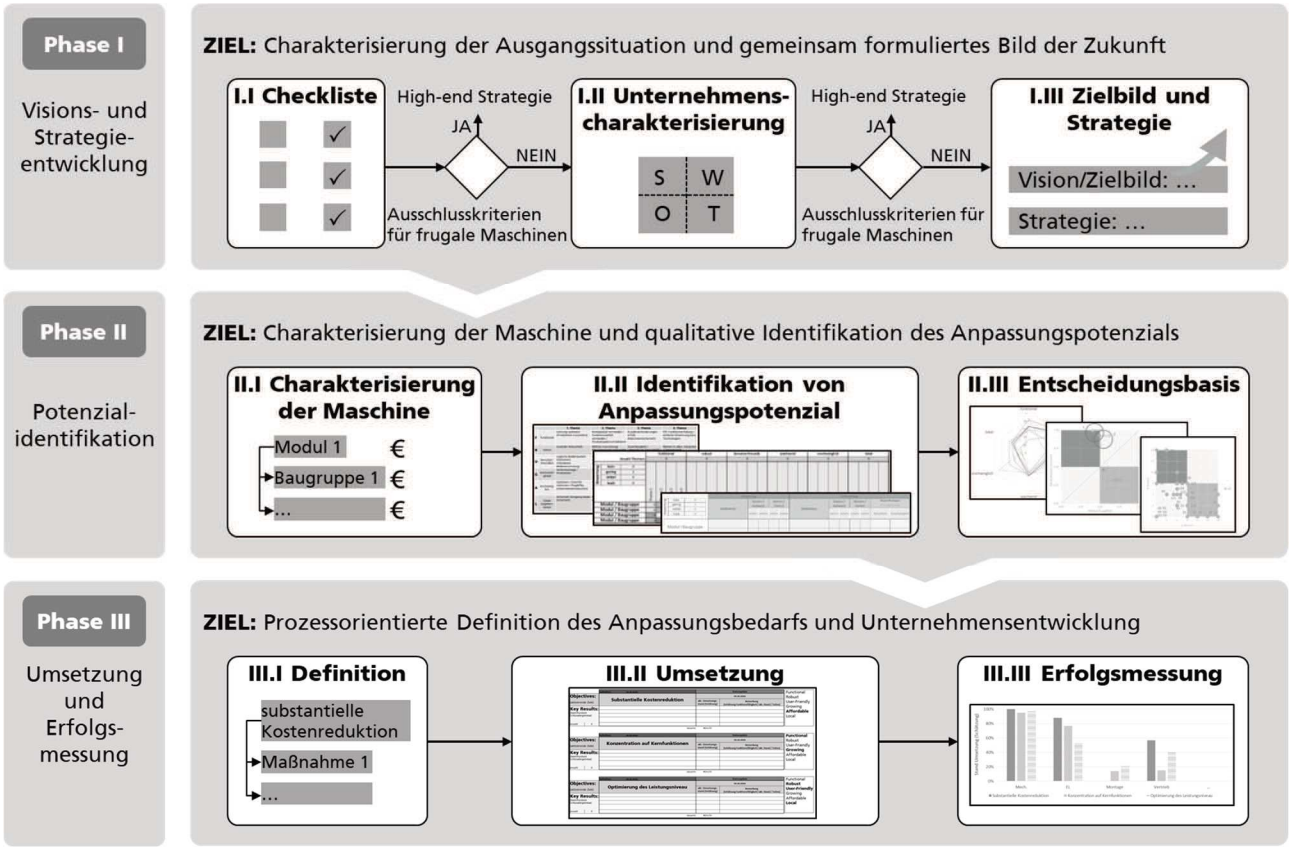


Abbildung 15: Framework der RPFM-Methodik

Nachfolgend wird die Bedeutung der einzelnen Phasen und Bausteine erläutert sowie in einer Kurzzusammenfassung die wesentlichen Merkmale, Inhalte und Aufgaben dargestellt.

Phase I – Visions- und Strategieentwicklung: Eine erfolgreiche Unternehmensplanung greift als Ausgangsbasis auf die in der Unternehmensanalyse herausgearbeiteten Potenziale eines Unternehmens zurück, vgl. Kapitel 2.1.2. Folglich müssen für einen ganzheitlichen Ansatz auf der normativen Ebene zunächst (HB3) die Potenziale (Potenziale und Maßnahmen werden in dieser

Arbeit als Synonyme verwendet) des Unternehmens (intern) den Anforderungen der Unternehmensumwelt (extern) bereichsübergreifend gegenübergestellt werden, um die Maßnahmen zur Lebens- und Entwicklungsfähigkeit eines Unternehmens zu identifizieren. Die SWOT-Analyse stellt hierfür eine geeignete Methodik dar (vgl. Kapitel 2.1.2). Mit der Analyse der Stärken und Schwächen werden interne Faktoren berücksichtigt. Zur Fokussierung auf frugale Maschinen empfiehlt sich im Kontext dieser Arbeit eine zweiteilige Chancen- und Risikoanalyse für die externen Faktoren. Es stellt sich einerseits die Frage, welche Chancen und Risiken das Unternehmen erwartet, wenn bisherige Produkte und Prozesse unverändert bleiben. Andererseits wird beleuchtet, was geschieht, wenn Produkt und Prozess an die Kriterien frugaler Innovationen ausgerichtet werden. Aus den im Rahmen der Analyse identifizierten Potenziale lassen sich im Weiteren strategische Erfolgsfaktoren ermitteln, welche die erfolgsrelevanten Stärken und Schwächen charakterisieren. Hierzu werden die Potenziale bewertet und ein Kompetenzprofil für das Unternehmen erstellt (vgl. Kapitel 2.1.2). Das Vorgehen deckt sich damit in Teilen mit Ansätzen aus Kapitel 4.2.2. Auch diese Autoren führen im Rahmen der strategischen Produktplanung zunächst eine Ausgangssituationsanalyse, gefolgt von einer Vorausschau sowie einer Identifikation von Erfolgspotenzialen und Risiken durch, bevor die Phase der Produktkonzipierung startet. Die vorausgehenden Analysen bieten die Möglichkeit, die Vision eines Unternehmens nochmals zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren. Eine offene Kommunikation und Transparenz gegenüber allen Mitarbeitenden sowie den relevanten Bezugsgruppen spielt an dieser Stelle eine besonders wichtige Rolle (HB3). Ansätze in Kapitel 4.2.3 zeigen, dass wenn sich die Belegschaft mit der Strategie und Vision des Unternehmens identifizieren kann, dies ein wesentlicher Erfolgsfaktor hinsichtlich der Strategieumsetzung im Rahmen der Unternehmensführung ist. Aus der strategischen Ebene der Unternehmensführung wird der Ausbau bestehender sowie neuer Erfolgspotenziale aufgegriffen (vgl. Kapitel 2.1.2). Die interviewten Experten in Kapitel 3 sowie die Autoren der analysierten Ansätze in Kapitel 4.2 verweisen in diesem Kontext auf eine besonders erfolgreiche Umsetzungsquote von identifizierten Potenzialen, wenn eine interdisziplinäre Betrachtung sowie die Miteinbeziehung von mitarbeitergebundenen Wissen erfolgt. Ein Schwerpunkt stellt folglich die Nutzung von organisationalem Wissen dar, das als Grundlage für die Optimierung der Maschinen und Prozesse genutzt wird. Die Identifikation möglichst vieler bereichsübergreifender Potenziale fördert zusätzlich, wie im Bereich

des Double Diamond bei Design Thinking, das Verständnis für andere Sichtweisen und die Entwicklung von einem Mindset für frugale Maschinen (HB3). (Schleinkofer et al. 2019b, S. 616)

Kurzzusammenfassung Phase I: In der ersten Phase wird die Ausgangssituation des Unternehmens analysiert. Die Charakterisierung der Ausgangssituation erfolgt anhand einer Checkliste sowie mittels angepasster SWOT-Analyse. Werden die Grundvoraussetzungen der Methodik zur ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschine erfüllt, erfolgt im Anschluss die Überprüfung der bestehenden, beziehungsweise die Entwicklung einer neuen, gemeinsamen Vision und Strategie für das Unternehmen. Diese werden transparent und nachvollziehbar für alle Mitarbeitenden dargestellt, um die erforderliche Unterstützung jedes Einzelnen zur Erreichung der Ziele zu erhalten.

Phase II – Potenzialidentifikation: Zur Erfüllung des Handlungsbedarfs HB2 muss die risikominimierte und iterative (inkrementell oder radikal) Annäherung der bestehenden Maschinen an die Kriterien frugaler Innovationen berücksichtigt werden. Hierzu ist zunächst eine grundlegende Analyse der Maschine als mechatronisches System (Mechanik, Elektrik und Software) erforderlich. Im Zuge der Definition der System- und somit Betrachtungsgrenze werden die relevanten

Produkteinheiten (wie zum Beispiel Module, Baugruppen oder Komponenten) sowie die dazugehörenden Kosten als Eingangsinformationen für die Methodik erfasst und definiert. Anschließend erfolgt die schematische Aufstellung der Produktarchitektur. Die empirische Untersuchung in Kapitel 3 hat eine unterschiedliche Bedeutung der Kriterien frugaler Innovationen hinsichtlich der verschiedenen Maschinenarten und Unternehmensbereiche gezeigt. Die Formulierung einer allgemeingültigen Definition würde sich folglich als nicht zielführend erweisen. Daher wird eine unternehmensspezifische Definition von frugal empfohlen. Die bestehenden Produkteinheiten lassen sich so hinsichtlich der Erfüllung dieser Kriterien bewerten und es können Potenziale identifiziert werden. Die Erfolgspotenziale aus der normativen und strategischen Ebene können durch Steigerung oder Reduzierung direkt auf den wirtschaftlichen Erfolg Einfluss nehmen. Damit die erforderliche Qualität der Maschine erreicht werden kann und es sich bei der Umsetzung der Potenziale nicht um ein isoliertes Entscheidungsproblem handelt – die

Maßnahmen im Rahmen des Anpassungspotenzials haben zahlreiche Wechselwirkungen auf andere Bereiche (beispielsweise Unternehmensbereiche, aber auch angrenzende Komponenten) – müssen potentielle Wechselwirkungen unter Produktmerkmalen hinsichtlich Robustheit und Zuverlässigkeit (Definition siehe Kapitel 2.1.1) der Maschinen berücksichtigt werden (Handlungsbedarf HB2).

Kurzzusammenfassung Phase II: Als Grundlage für die Potenzialidentifikation erfolgt zunächst eine Charakterisierung der bestehenden Maschine. Ergänzend dazu werden erste Ideen der Mitarbeitenden hinsichtlich Verbesserungspotenzialen erfasst. Daraufhin erfolgt ein interner Wissensaufbau zu frugalen Innovationen (hinsichtlich Erfolgsfaktoren und Kriterien), um anschließend das unternehmensspezifische Verständnis von frugal zu definieren. Die bestehende Maschine wird daraufhin im Ist-Zustand hinsichtlich der spezifischen Definition bewertet. Ausgehend von dieser Bewertung können Maßnahmen zur Anpassung erfasst und klassifiziert werden. Abschließend erfolgt im letzten Teil der Phase eine Gesamtauswertung als Vergleichsbasis für die Auswahl der durchzuführenden Maßnahmen unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Ressourcen.

Phase III – Umsetzung und Erfolgsmessung: Auf der operativen Ebene werden alle laufenden Aktivitäten geplant, gesteuert und kontrolliert (vgl. Kapitel 2.1.2). Unter Berücksichtigung des Handlungsbedarfs HB1, HB3 und HB4 ergibt sich aus der Analyse der Ansätze zur Unternehmensführung und -steuerung der zunehmende Trend hin zum Management mit OKRs. Mit OKRs findet sowohl eine Ausrichtung der kurzfristigen Aktivitäten auf langfristige Ziele statt als auch die Gewährleistung einer interdisziplinären und interaktiven Zusammenarbeit bei einem angemessenen Komplexitätsniveau (siehe Kapitel 4.2.3). Bei der Anwendung von OKRs dürfen auf Grund der hohen Fokussierung nur wenige Ziele (Objectives) definiert werden. Durch Vorarbeiten zu dieser Arbeit und die Analysen in Kapitel 3 hat sich bei frugalen Maschinen eine Fokussierung auf die drei Kriterien von Weyrauch et al. 2016 als zielführend erwiesen: substantielle Kostenreduktion, Konzentration auf Kernfunktionalitäten (mit der Erweiterung auf Kernaufgaben hinsichtlich der technischen Prozesse sowie die der einzelnen Mitarbeitenden) und

ein optimiertes Performancelevel (im weiteren bezüglich der Fokussierung auf technische Produkte und Prozesse „Leistungsfähigkeit“ genannt), siehe Kapitel 2.1.1. Die Unternehmensbereiche und somit jeder einzelner Mitarbeitende orientiert sich an den drei Objectives (Tabelle 4).

Tabelle 4: Bereichsübergreifende aktivierende Projektziele für die Umsetzung frugaler Maschinen mit den Objectives nach den (*) Kriterien von Weyrauch et al. 2016

O	substanzielle Kostenreduzierung*	Fokus auf Kernfunktionen* und Kernaufgaben	optimierte (Performancelevel*) Leistungsfähigkeit
Bedeutung	• geringer Anschaffungspreis • niedrige Unterhaltskosten • geringe Inbetriebnahme-/ Schulungskosten • …	• Kunden die Kernfunktionen mit dem höchsten Mehrwert bieten • extreme Effizienz (Standard-/Gleichteile) • Komplexität senken (Teileanzahl reduzieren) • …	• Zweck bestmöglich / einfachstmöglich erfüllen • robuste Gestaltung für den lokalen Nutzungskontext / Rahmenbedingungen • Verwendung vereinfacht und benutzerfreundlicher gestaltet • …

Die gesamtunternehmerischen, traditionellen KPIs zur Erfassung verkaufter Maschinen und daraus resultierender Umsätze sind, aufgrund der späten Sichtbarkeit von Auswirkungen der Aktivitäten, kein Ansatz für die Ebene der Planung und Umsetzung frugaler Maschinen. Die Key Results hingehen können von jedem Mitarbeitenden innerhalb seines Fachbereichs selbst definiert werden, mit dem Ziel, zum Erfolg des Unternehmens und zur Erfüllung der Vision beizutragen. Die Key Results (beeinflussbare Schlüsselergebnisse) sind den Objectives untergeordnet und dienen der Kontrolle, ob die Tätigkeiten der Mitarbeitenden die Ziele des „Frugalprojekts“ positiv beeinflussen. Hierzu setzen sich die Key Results aus Maßnahmen sowie transparenten, messbaren und akzeptierten Indikatoren (qualitativ / quantitativ oder gekoppelt) zusammen. Die Anzahl der Key Results je Objective wird zwischen zwei und fünf festgelegt. Jeder Fachbereich oder Mitarbeitende hat somit minimal sechs bis maximal 15 Potenziale gleichzeitig in der Umsetzung, auf die er sich konzentrieren kann. Eine höhere Anzahl ist nicht effektiver. Die Erfolge werden durch den Fortschritt der Key Results sichtbar gemacht: Auf der einen Seite, um die Mitarbeitenden während der Umsetzung zu motivieren, auf der anderen Seite, um zeitnah die Auswirkungen der Aktivitäten (Umsetzung der Potenziale) nachweisen zu können und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen. Die Vorgehensweise fördert nicht nur die Transparenz und Kommunikation im Projekt, sie deckt auch weitere bereichsübergreifende Potenziale,

zum Beispiel im Bereich der Unternehmensprozesse, auf und unterstützt hinsichtlich einer lernenden und sich entwickelnden Organisation. Erkenntnisse im Projekt zu reflektieren ist ein wichtiger Schritt der Vorgehensweise. (vgl. Kapitel 4.2.2 und 4.2.3)

Kurzzusammenfassung Phase III: Auf Grundlage der Potenzialidentifikation werden nun konkrete Ergebnisse (Key Results) hinsichtlich der Ziele (Objectives) definiert. Die agile Vorgehensweise während der Umsetzung erlaubt eine kurzfristige Priorisierung der Maßnahmen mit Zielsteuerung. Im Weiteren wird eine Erfolgsmessung zur Sicherstellung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit sowie zur Steigerung der Motivation im Unternehmen durchgeführt.

5.2 Initialisierung

Für die Durchführung der Methodik und Gestaltung einer frugalen Maschine sind verschiedene Grundvoraussetzungen erforderlich, die nachfolgend beschrieben werden.

5.2.1 Teamzusammenstellung

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor stellt die Zusammenstellung eines interdisziplinären Teams dar. Das Expertenteam sollte sich aus Mitarbeitenden aller Unternehmens-/Fachbereiche zusammensetzen. Jeweils ein bis zwei Mitarbeitende pro Bereich bilden das Kernteam und werden dem Frugalprojekt (zeitlich befristet) zur Verfügung gestellt. Da nicht alle Mitarbeitende gleichermaßen für die Rolle im Kern-team geeignet sind, liegt bei der Auswahl ein besonderes Augenmerk auf der individuellen Bereitschaft und Offenheit für „Neues“. Weitere Fachkräfte werden je nach Bedarf und Kompetenzanforderung für einzelne Aktivitäten hinzugezogen, siehe Abbildung 16. Interkulturelle Teams sowie die Ernennung eines Prozessverantwortlichen für die Methodik üben ebenfalls positiven Einfluss auf das Gelingen des Projektes aus.

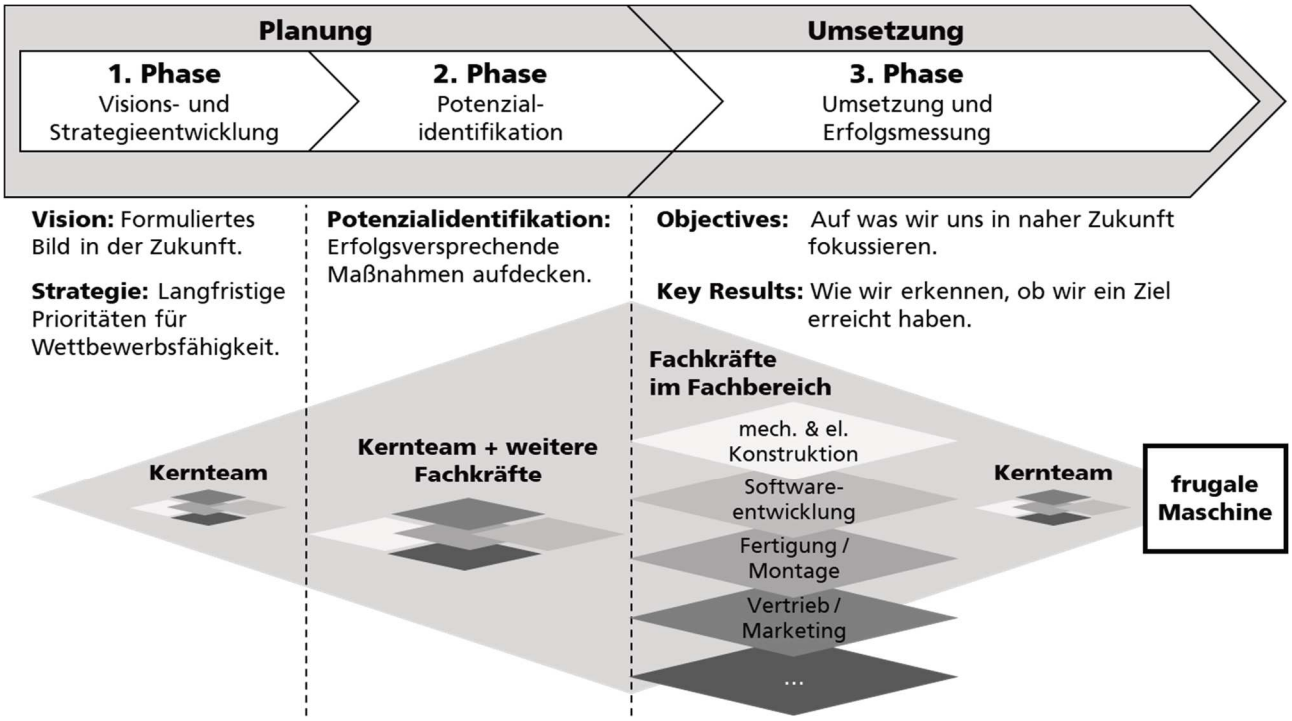


Abbildung 16: Teamzusammenstellung für die RPFM-Methodik und inhaltliche Schwerpunkte je Phase

Die Vision und Strategie (Phase I) sind in Bezug auf frugal im Gesamtkontext des Unternehmens zu betrachten, um Restriktionen und Synergien übergreifend erfassen und berücksichtigen zu können. Die Potenzialidentifikation und Umsetzung (Phase II & III) kann je nach Unternehmensgröße im gesamten Unternehmen oder in einer strategischen Geschäftseinheit erfolgen.

5.2.2 Erforderliche Grundvoraussetzungen

Für die Gewährleistung eines gemeinsamen Verständnisses und einer Fokussierung auf die Zielstellung ist die konstante Teilnahme der Kernteammitglieder bei Regelterminen absolute Grundvoraussetzung der Methodik. Für die Aufrechterhaltung des Wissensstands während der Abarbeitung der einzelnen Bausteine der Methodik sind zeitnahe aufeinanderfolgende Termine festzulegen. Zusätzlich müssen die Geschäftsführung und die Führungskräfte hinter dem Vorhaben stehen, um für den notwendigen Rückhalt des Projektes zu sorgen. Sofern die Entschei-

der (beispielsweise Geschäftsführung und Führungskräfte) nicht Teil des Kernteams sind, müssen sie in regelmäßigen Abständen miteinbezogen werden, um sowohl den Unternehmenskontext zu berücksichtigen als auch die nötige Unterstützung und den Rückhalt zu gewährleisten.

5.3 Phase I - Visions- und Strategieentwicklung

Ausgangspunkt für diese Phase ist eine Prüfung der Freiheitsgrade des Unternehmens sowie deren derzeitige Ausgangslage zur Entscheidung für oder gegen die Planung und Umsetzung einer frugalen Maschine. Dazu werden im ersten Schritt grundlegende Voraussetzungen zur Durchführung der Methodik mittels eines Checklistenverfahrens abgefragt (vgl. Kapitel 4.2.2).

5.3.1 Prüfung der Grundvoraussetzungen mittels Checkliste (I.I)

Mit Hilfe dieser Prüfung sollen Restriktionen identifiziert und die Sinnhaftigkeit der Durchführung der RPFM-Methodik geprüft werden (Baustein I.I). Die fünf Grundvoraussetzungen, siehe Abbildung 17 (Anhang V), sind aus der Problemstellung (Kapitel 1.2) und der empirischen Untersuchung zur Umsetzung frugaler Maschinen (Kapitel 3) abgeleitet und geclustert. Diese Voraussetzungen müssen alle erfüllt sein, um die Methodik zielführend anwenden zu können. Die Identifikation weiterer (unternehmensspezifischer) Restriktionen, die die Zielerreichung während der Durchführung der Methodik beeinflussen, werden hierdurch nicht ausgeschlossen.

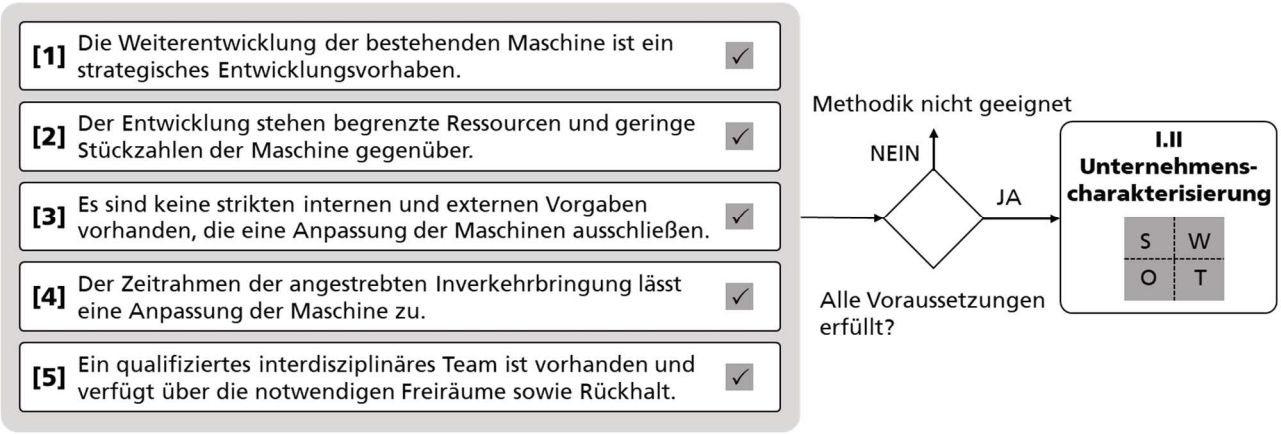


Abbildung 17: Prüfung der Grundvoraussetzungen für die Anwendung der Methodik

Handelt es sich bei der Weiterentwicklung nicht um eine bestehende Maschine oder ein strategisches Entwicklungsvorhaben [1], ist der mit der Methodik verbundene Aufwand im Verhältnis zum zu erwartenden Nutzen zu prüfen. Steht dem Unternehmen hohes Investitionskapital mit geringem Unternehmensrisiko zur Verfügung oder sind die zu erwartenden Verkaufszahlen als valide „hoch" einzuschätzen [2], so ist eine radikale (Neu-)Entwicklung der Maschine vorzuziehen. Interne und externe Vorgaben an die Maschine müssen bekannt sein und hinsichtlich der Einschränkungen und Freiheitsgrade der Weiterentwicklung geprüft werden können [3]. Sind die analysierten Einschränkungen zu groß und die Freiheitsgrade der Anpassung zu gering, kann die Methodik nicht umfänglich eingesetzt und das gewünschte Ziel folglich nicht erreicht werden. Da es sich bei der Methodik um einen ganzheitlichen Ansatz handelt, sollte bei der erstmaligen Anwendung der Methodik ein angemessener Zeitraum für Planung, Umsetzung und Inverkehrbringung der Maschine zur Verfügung stehen [4]. Kann kein interdisziplinäres Team über alle Unternehmensbereiche für die Durchführung der Methodik bereitgestellt werden oder erhält dieses Team nicht den notwendigen Rückhalt der Unternehmensführung, ist die Methodik ebenfalls nicht geeignet [5]. Wird die Planung und Umsetzung durch eine oder mehrere dieser Restriktionen begrenzt, ist eine alternative Vorgehensweise zu der in dieser Arbeit vorgestellten Methodik zu wählen. Werden keine Restriktionen hinsichtlich der Durchführung der Methodik identifiziert, wird Phase I fortgesetzt.

5.3.2 Charakterisierung des Unternehmens (I.II)

Nachdem keine Restriktionen hinsichtlich der Durchführung der Methodik vorliegen, erfolgt in diesem Schritt die Charakterisierung des Unternehmens (Baustein I.II).

Im ersten Analyseteil ist hierfür eine Selbsteinschätzung zur aktuellen Situation in Bezug auf das Unternehmen (intern) sowie hinsichtlich der Unternehmensumwelt (extern) durchzuführen (vgl. Kapitel 2.1.2). Basis für die Selbsteinschätzung bildet der Katalog der Erfolgsfaktoren des strategischen Managements (vgl. Kapitel 2.1.2), modifiziert mit den im Rahmen der empirischen Untersuchung zur Umsetzung frugaler Maschinen identifizierten Erfolgsfaktoren (Kapitel 3.4).

Aufgrund der ressourcenorientierten Planung und Umsetzung wird der Schwerpunkt der Analyse auf die internen Leistungspotenziale und nicht auf die Wettbewerbsanalyse gelegt (vgl. Kapitel 2.1.3). Die Bekanntheit und Einschätzung des Wettbewerbs wird vorausgesetzt.

Das interdisziplinäre Kernteam hat die Aufgabe, die Punkte der Selbsteinschätzung (Anhang W) mit dem derzeitigen Wissensstand gewissenhaft und selbstständig zu beantworten. Sollten keine Kenntnisse zu einzelnen Punkten vorliegen, können diese Fragen auch unbeantwortet bleiben. Ziel der Selbsteinschätzung ist der Aufbau eines gemeinsamen Verständnisses über die aktuelle Unternehmenssituation und die gegebenenfalls bevorstehenden Veränderungen. Hierzu werden die Ergebnisse kombiniert ausgewertet und jeweils als Mittelwert und errechnete Standardabweichung dargestellt, siehe beispielsweise Tabelle 5. Durch die interdisziplinäre Diskussion der Ergebnisse im Kernteam lassen sich so erste Maßnahmen zur generellen Steigerung der erforderlichen Kompetenzen zur Planung und Umsetzung frugaler Maschinen ableiten. Die Berücksichtigung der Sichtweisen von Mitarbeitenden aus allen Unternehmensbereichen unterstützt hierbei die nachhaltige Umsetzung.

Tabelle 5: Beispielhafte Auswertung der Selbsteinschätzung interner Prozesse

Fertigung / Montage			
Eigene Fertigungstiefe (Produktion Einzelteile / Baugruppen)	gering		hoch
Eigene Fertigungstiefe (Baugruppen- / Endmontage)	gering		hoch
Entwicklungskompetenz für einfache / günstige Lösungen	gering		hoch

Hilfestellung zur Identifikation und Sammlung von Maßnahmen zur Anpassung der einzelnen Punkte können die Erkenntnisse der empirischen Untersuchung in Kapitel 3 liefern.

Im zweiten Analyseteil folgt eine an die Problemstellung angepasste SWOT-Analyse. Hierdurch wird das Unternehmen tiefergehender charakterisiert und entsprechende Maßnahmen können abgeleitet werden. Die angepasste SWOT-Analyse besteht aus zwei Teilen und beinhaltet Leitfragen für das Unternehmen (siehe Abbildung 18), zur Fokussierung hinsichtlich der strategischen Frage, ob eine frugale Maschine entwickelt soll, vgl. Kapitel 1.3.

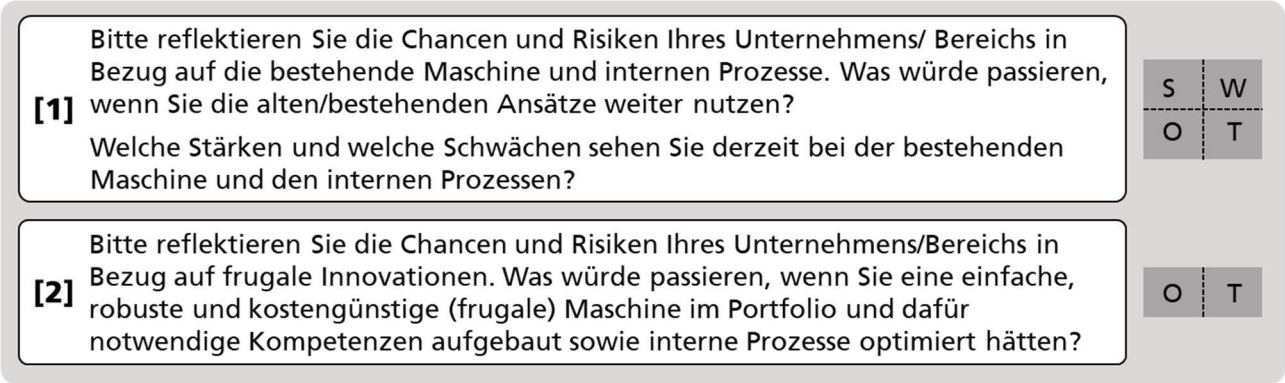


Abbildung 18: Angepasste SWOT-Analyse zur Unternehmenscharakterisierung

Die erste SWOT-Analyse bezieht sich auf den derzeitigen Ist-Zustand des Unternehmens und die Konsequenzen im Falle der Fortsetzung des bisherigen Vorgehens [1]. Alle Kernteammitglieder erarbeiten die vier Kernfragen der Dimensionen zunächst einzeln und tragen die Ergebnisse später gemeinsam zusammen. Dadurch wird die Unternehmenssituation im Hinblick auf die bisherigen Erfolge und Herausforderungen sichtbar gemacht. Weiterhin liefern die Ergebnisse Aufschluss und Verständnis für die Notwendigkeit potentieller Veränderungen.

In der zweiten SWOT-Analyse wird der Fokus auf die Zukunft gerichtet. Dazu wird hypothetisch eine frugale Maschine in das Portfolio des Unternehmens mit aufgenommen und notwendige Kompetenzen sowie intern optimierte Prozesse vorausgesetzt. Da sich die Stärken und Schwächen der Zukunft nicht valide schätzen oder ermitteln lassen, befasst sich das Team an dieser Stelle nur noch mit den Chancen und Risiken einer möglichen Veränderung [2]. Die in Kapitel 3.3 vorgestellten Fallstudien sowie weitere veröffentlichte Beispiele (wie beispielsweise in Kapitel 2.2.4) können an dieser Stelle für eine bessere Vorstellung bei der Entwicklung möglicher Szenarien herangezogen werden. Ziel der zweiten Analyse ist die Ermittlung möglicher Potenziale durch frugale Innovationen für das Unternehmen und die Abwägung entsprechender Risiken durch die Gegenüberstellung und Einschätzung der Gefahren.

Basierend auf den beiden SWOT-Analysen erfolgt im letzten Schritt die Ableitung detaillierter Maßnahmen. Alle Maßnahmen (abgeleitet aus der Selbsteinschätzung und SWOT-Analyse) werden anschließend in einem Katalog zusammengefügt, welcher die Basis für alle weiteren Schritte der Methodik bildet. Die Maßnahmen werden dazu gemäß der Kriterien: Prozess, Produkt, Kunde/Markt und Wettbewerb geclustert, siehe Abbildung 19.

Abbildung 19: Aufbau eines Maßnahmenkatalogs für die Produkt- und Prozessoptimierung im Rahmen der RPFM-Methodik

Je nach Anzahl an identifizierten Maßnahmen empfiehlt es sich hinsichtlich der Übersichtlichkeit Untergruppen (beim Produkt zum Beispiel hinsichtlich der Produktstrukturebenen) zu bilden. Eine Kennzeichnung, aus welchem Fachbereich beziehungsweise von welchem Mitarbeitenden eine Maßnahme stammt, ist für die spätere Detailierung und Umsetzung hilfreich.

Die Prüfung der prinzipiellen Eignung der RPFM-Methodik durch die Abfrage der Restriktionen, Durchführung der Selbsteinschätzung und der angepassten SWOT-Analyse zur aktuellen Unternehmenssituation liefert die erforderlichen Grundlagen für die nachfolgende Visions- und Strategieentwicklung.

5.3.3 Zielbild definieren und Strategien ableiten (I.III)

Aufbauend auf der Unternehmenscharakterisierung gilt es, eine gemeinsame Unternehmensvision aufzustellen und eine entsprechende Strategie zur Erreichung dieses Zielbildes abzuleiten (Baustein I.III). Das gemeinsame Verständnis der Führungs- und Fachkräfte sowie eine glaubwürdige, verständliche Formulierung der Vision unterstützen die nachhaltige Umsetzung.

Die Visionsformulierung kann dabei sehr unternehmensspezifisch sein, beschreibt jedoch immer ein positives, motivierendes Bild einer möglichen Zukunft. Eine Vision ist folglich keine konkrete Maßnahme, sondern gibt vielmehr eine Richtung vor, in die sich ein Unternehmen entwickeln soll. Sie drückt aus, wofür ein Unternehmen in der Zukunft stehen möchte und berücksichtigt im besten Fall auch die langfristigen Interessen der Mitarbeitenden sowie anderer relevanter Bezugsgruppen (vgl. Kapitel 2.1.2). Die im Rahmen der SWOT-Analyse erarbeiteten Stärken eines Unternehmens können die Grundlage für die Formulierung einer tragfähigen Vision bilden

oder die Bestehende hinterfragen und gegebenenfalls anpassen. Ergänzt um die Zukunftsbetrachtung hinsichtlich Markt/Kunden und den erforderlichen Veränderungen ergibt sich ein klares Bild, wo ein Unternehmen in Zukunft stehen möchte. Die Vorgehensweise, wie die Vision erreicht werden soll, ergibt sich aus der Unternehmensstrategie.

Eine Strategie ist ein längerfristig ausgerichtetes, geplantes Bündel an Maßnahmen zur Erreichung konkreter Unternehmensziele und zur Gestaltung der dazu erforderlichen Ressourcenbasis (vgl. Kapitel 2.1.2). Zur Strategieformulierung im Rahmen der RPFM-Methodik bilden die identifizierten Maßnahmen aus Baustein I.II die Grundlage. Die Strategie kann somit durch ein oder mehrere konkrete Ziele und Maßnahmen formuliert werden, siehe Abbildung 20.

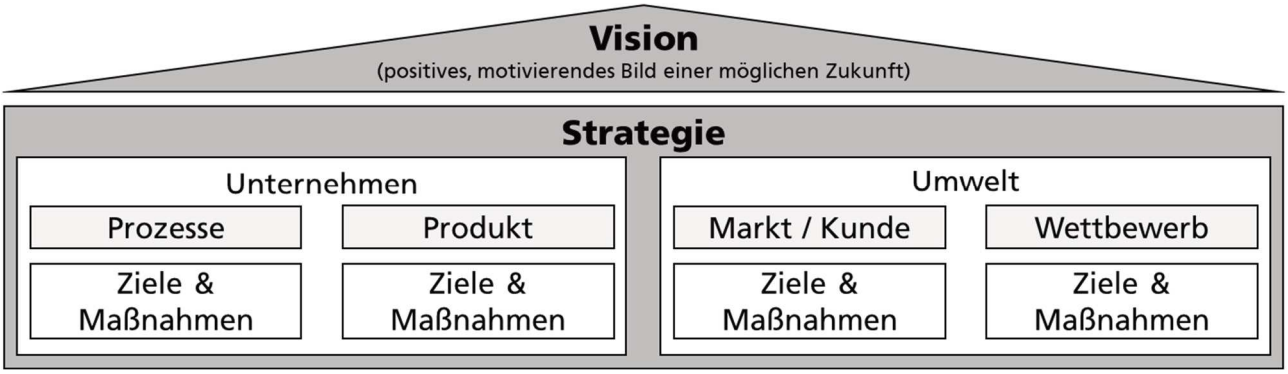


Abbildung 20: Übersichtsgrafik zur Visions- und Strategieentwicklung

Im Rahmen der Visions- und Strategieentwicklung müssen sowohl die Zielkosten (Anschaffung und TCO) als auch die geforderte Leistungsfähigkeit der Maschine für das Frugalprojekt definiert werden. Eine Wettbewerbs- und Kundenanalyse wird hierfür vorausgesetzt (vgl. Kapitel 5.1).

Die Vision und Strategie können im laufenden Prozess durch neue Erkenntnisse konkretisiert werden, sollten jedoch in den Grundsätzen als gegeben betrachtet werden. Sollte sich als Ergebnis der ersten Phase die Entwicklung einer frugalen Maschine als falscher oder aktuell nicht zielführender Ansatz herausgestellt haben, können an dieser Stelle die bereits identifizierten Maßnahmen genauer geprüft und eine alternative Vorgehensweise identifiziert werden. Ist frugal ein Bestandteil der Strategie, kann mit der Phase II der Methodik begonnen werden.

5.4 Phase II - Potenzialidentifikation

Ausgehend von Vision und Strategie werden in dieser Phase Produkt- und Dienstleistungsideen zur Potenzialerschließung ermittelt. Dazu wird eine bestehende Maschine anhand der Kriterien frugaler Innovationen untersucht und hinsichtlich des Anpassungspotenzials bewertet.

5.4.1 Charakterisierung der Maschine (II.I)

Die Charakterisierung der Maschine (Baustein II.I) bildet den Ausgangspunkt der Potenzialidentifikation und ist somit das Bindeglied zu den nachfolgenden Schritten. Basierend auf einer expliziten Untersuchung der Bestandsmaschine werden retrospektiv Einzelmaßnahmen zur Optimierung und iterativen Annäherung an eine „ideale" frugale Maschine konzipiert.

Voraussetzung für eine valide Charakterisierung ist die virtuelle Zerlegung der Maschine in für die Methodik praxistaugliche Produkteinheiten (zum Beispiel Module oder Baugruppen). Dabei müssen sich die Produkteinheiten jeweils auf der gleichen Ebene der Produktstruktur befinden, um ein Verzerrungen der Ergebnisse zu vermeiden, siehe Abbildung 4. Die Methodik kann grundsätzlich alle Produktstrukturebenen berücksichtigen. Vorarbeiten zu dieser Arbeit haben gezeigt, dass es sich empfiehlt, mit einer relativ „hohen" Ebene in der Produktstruktur zu starten, um sich dem Thema schrittweise zu nähern. Für die Durchführbar- und Übersichtlichkeit sind mindestens vier und maximal 20 Produkteinheiten zu wählen, sonst leidet die Handhabbarkeit und der Ressourceneinsatz ist unverhältnismäßig. Durch eine Mehrfachbetrachtung, beispielsweise im ersten Schritt auf Modulebene und im zweiten Schritt auf Baugruppenebene eines identifizierten relevanten Moduls, kann die Detaillierung einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn bringen. Weiterer Bestandteil der Maschinencharakterisierung ist die Erstellung einer Funktionsstruktur, sofern diese nicht bereits vorliegt, siehe Abbildung 4. Diese Struktur und somit die Zusammenhänge bieten allen beteiligten Mitarbeitenden des Frugalprojekts ein besseres Gesamtverständnis für den nachfolgenden Arbeitsschritt.

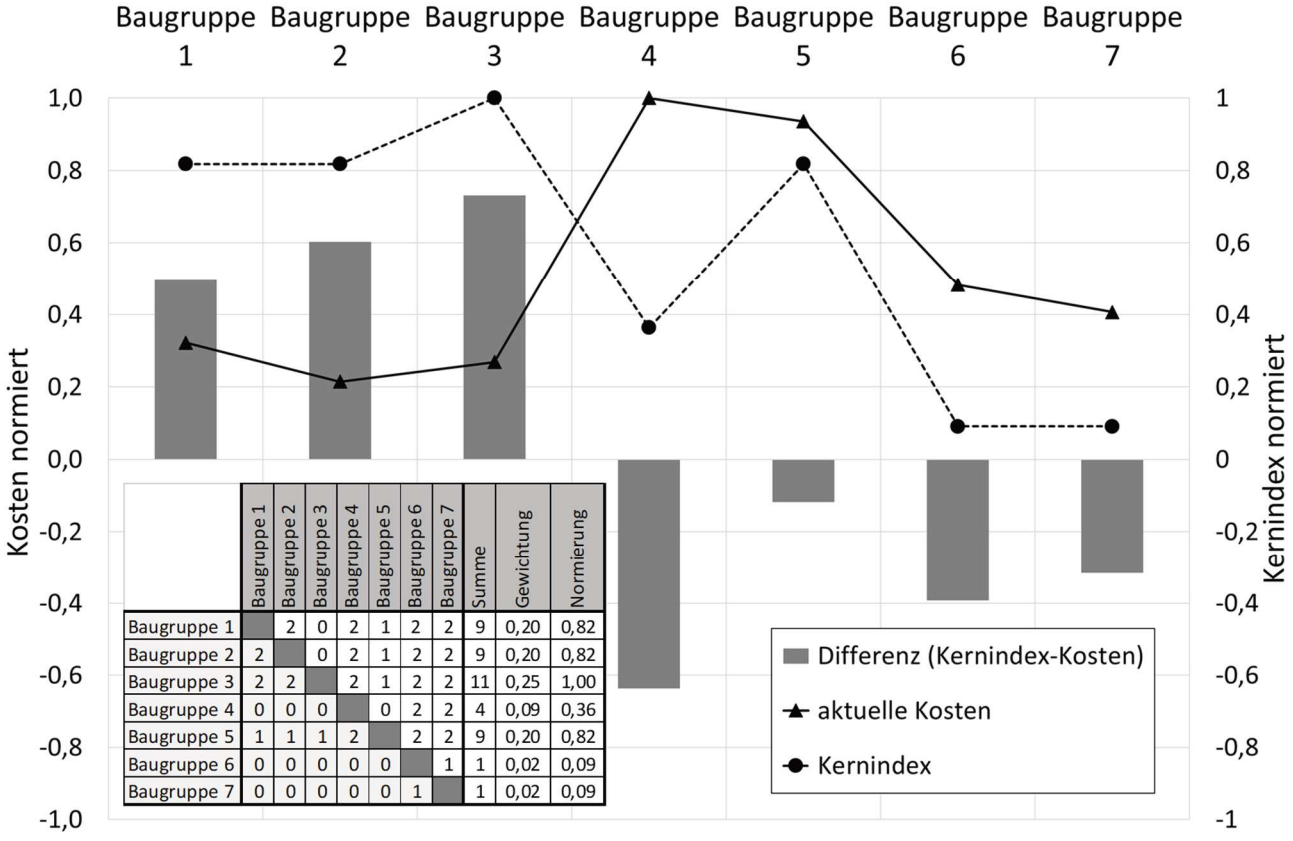
Im Rahmen der Charakterisierung ist es weiter erforderlich, die Kostenstruktur der Bestandsmaschine und der Produkteinheiten zu ermitteln, sofern noch nicht vorhanden. Ziel ist es, mit Hilfe einer detaillierten Auflistung der einzelnen Kostenarten (siehe hierzu Abbildung 6), eine

ganzheitliche Identifizierung der Kostentreiber sowie des Potenzials in Abhängigkeit der ressourcenorientierten Vorgehensweise dieser Arbeit, innerhalb des Unternehmens zu ermitteln. Wenn Abstriche hinsichtlich der Ergebnisqualität (beispielsweise geringere Kostenreduktion oder geringe Reduktion der Montagezeit) grundsätzlich für das Kernteam akzeptabel sind, kann die Detaillierung reduziert werden und beispielsweise nur Materialeinzelkosten der Produkteinheiten betrachtet werden. Eine Optimierung interner Prozesse ist ohne Kostenstrukturanalyse jedoch nicht möglich, da Kostentreiber in Form von Gemein- oder Vertrieb-/Verwaltungs- oder Sonderkosten nicht identifiziert werden können. Bei den Materialeinzelkosten der Maschine ist beispielsweise nur begrenzt Potenzial vorhanden. Für eine maximal erfolgreiche Umsetzung einer frugalen Maschine müssen alle Unternehmensbereiche analysiert und deren Beitrag zur Zielerreichung (Vision und Strategie) definiert werden. Nur mit einer ganzheitlichen Betrachtung können alle Auswirkungen auf die Herstell- und Selbstkosten berücksichtigt werden.

Aufbauend auf der Produktarchitektur (Produkt- und Funktionsstruktur) und der Kostenstruktur werden als letzter Schritt der Maschinencharakterisierung die allgemeinen Optimierungspotenziale durch eine Ideensammlung identifiziert. Hierfür wird eine Ergänzung des Kernteams durch weitere Fach- und Führungskräfte empfohlen. Ziel ist es, gemeinsam Ideen und Maßnahmen zur Optimierung der aktuellen Maschine und Prozesse sowie Informationen zum Kunden/Markt und Wettbewerb zu erheben. Der im Rahmen der Unternehmenscharakterisierung (Kapitel 5.3.2) eingeführte Maßnahmenkatalog wird hierbei um die neuen Aspekte ergänzt. Die in Abbildung 19 dargestellte Gliederung dient als Orientierung. Im Nachgang wird eine Konsolidierung des Maßnahmenkatalogs durch den Projektverantwortlichen vorgenommen, der eventuelle Dopplungen entfernt. Aspekte, die nicht zugeordnet werden können, sind unter dem Aspekt „allgemein“ zusammenzufassen. Vorteil einer derartigen Erfassung allgemeiner Optimierungsmaßnahmen vor der eigentlichen Potenzialidentifikation ist die Miteinbeziehung eines jeden einzelnen Mitarbeitenden in den Prozess und dessen Möglichkeit, bisher erkannte Potenziale einzubringen. Die Erfahrungen des Autors in vorgelagerten Projekten zeigen, erst wenn diese allgemeine Erfassung von Ideen und Maßnahmen erfolgt ist, sind Mitarbeitende „frei“ im Kopf und unbefangen. Anschließend kann die Durchführung einer Methode zur Findung neuer kreativer Lösungen zielführend angewandt werden.

5.4.2 Identifikation des Anpassungspotenzials (II.II)

Ausgehend von den allgemeinen Optimierungsmaßnahmen der Maschinencharakterisierung wird in diesem Baustein (II.II) weiteres Anpassungspotenzial identifiziert. Hierzu wird zunächst eine Kernfunktion-Kostenanalyse durchgeführt. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf einer Fokussierung auf die Maschinenkernfunktion(en). Grundlage der Analyse bildet die Funktionsstruktur. Hieraus wird innerhalb der betrachteten Systemgrenze im Kernteam die Kernfunktion ermittelt, die die Hauptaufgabe zur Erfüllung der zentralen Kundenforderungen darstellt (siehe Abbildung 4). Die identifizierte Kernfunktion wird im Weiteren der für das Frugalprojekt definierten Ebene der Produktstruktur gegenübergestellt. Hierfür wird im Kernteam ein paarweiser Vergleich (vgl. Feldhusen et al. 2013, S. 388–389) zwischen den einzelnen Produkteinheiten in Bezug auf deren Beitrag zur Erfüllung der Kernfunktion durchgeführt, siehe Abbildung 21 unten links.



	Baugruppe 1	Baugruppe 2	Baugruppe 3	Baugruppe 4	Baugruppe 5	Baugruppe 6	Baugruppe 7	Summe	Gewichtung	Normierung
Baugruppe 1		2	0	2	1	2	2	9	0,20	0,82
Baugruppe 2	2		0	2	1	2	2	9	0,20	0,82
Baugruppe 3	2	2		2	1	2	2	11	0,25	1,00
Baugruppe 4	0	0	0		0	2	2	4	0,09	0,36
Baugruppe 5	1	1	1	2		2	2	9	0,20	0,82
Baugruppe 6	0	0	0	0	0		1	1	0,02	0,09
Baugruppe 7	0	0	0	0	0	1		1	0,02	0,09

Abbildung 21: Beispielhafte Kernfunktion-Kostenanalyse auf Baugruppenebene

Die gegenübergestellten Produkteinheiten können somit den gleichen, höheren oder geringeren Beitrag wie die zweite Einheit zur Erfüllung der Kernfunktion leisten. Die Gewichtungs-

ergebnisse werden anschließend normiert und in einem Diagramm, zusammen mit den normierten Kosten der Produkteinheiten, als Kernindex je Produkteinheit (Beispielhaft in Abbildung 21 für sieben Baugruppen) dargestellt. (Schleinkofer et al. 2018, S. 857–859)

Auf Basis der Produktstruktur ist eine hohe Praxistauglichkeit der Analyse gegeben. Alternativ ist auch die Analyse auf Basis der Funktionsstruktur möglich, jedoch mit der Herausforderung der exakten Kostenzuordnung. Vorteil der Durchführung auf Basis der Funktionsstruktur ist die Lösungsunabhängigkeit, welche jedoch für die weitere Analyse nicht notwendig ist.

Die oben beschriebene Vorgehensweise hat zum Ziel, die Kostenverteilung mit der Erfüllung der zentralen Aufgabenstellung des Kunden abzugleichen. Dies ist relevant, da die meisten Kunden bereit dazu sind, in Komponenten zu investieren, die einen hohen Beitrag zur Erfüllung ihrer Aufgabe leisten. Je weniger eine Komponente beitragen kann, desto weniger ist der Kunde bereit hierfür zu bezahlen. Die Vorgehensweise trägt dazu bei, die bestehende Maschine systematisch schrittweise zu bewerten und jene Produkteinheiten zu identifizieren, die verändert, entfernt oder in Optionspakete ausgegliedert werden können. In Abbildung 21 ist beispielhaft die negative Differenz von Baugruppe 4 hervorzuheben. Diese Baugruppe hat den höchsten normierten Kostenwert, jedoch einen vergleichsweise niedrigen Kernindex und besitzt daher einen hohen Handlungsbedarf. Durch eine klare Fokussierung auf Kernfunktion(en) und relevante Produkteinheiten wird der ressourcenorientierte Planungs- und Umsetzungsansatz für mittelständische Unternehmen im Maschinenbau unterstützt. Gleichzeitig kann durch die Vorgehensweise ein Over-Engineering reduziert werden. Zusätzlich gestaltet sich durch die Erkenntnisse der Analyse die Ermittlung einfacher, kostengünstiger und effizienter Lösungen zur Erfüllung der Kundenanforderungen einfacher. Potenziale, die während der Analyse und Auswertung erfasst werden, werden dem bestehenden Maßnahmenkatalog hinzugefügt.

Nachdem erste Optimierungspotenziale der Bestandsmaschine und internen Prozesse offengelegt sind, ist es wichtig, einen einheitlichen Kenntnis- und Wissensstand zu den Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Innovationen aufzubauen. Hierzu können die Fallstudien aus Kapitel 3.3 sowie weitere veröffentlichte Beispiele (siehe auch Kapitel 2.2.4) zur Unterstützung miteinbezogen werden. Die Umsetzung frugaler Innovationen erfordert von jedem Unternehmen ein Hinterfragen bestehender Prozesse und damit ein Neudenken im Produktentstehungsprozess. Dazu sind grundlegende Veränderungen im Mindset der Organisation notwendig, die mithilfe

einer Checkliste für frugale Maschinen angestoßen werden können. Diese Checkliste durchleuchtet einzelne Unternehmensbereiche. Im Weiteren verhilft die Liste dem Kernteam beim Aufbau einer eigenen unternehmensspezifischen Definition von frugal. Darauf aufbauend können im Rahmen der Potenzialidentifikation Maßnahmen zur Produktanpassung offengelegt werden. Alternativ kann die Checkliste auch zur Ermittlung von Anforderungen an frugale Maschinen und deren Überführung in ein Lastenheft eingesetzt werden. (Schleinkofer et al. 2019c, S. 249–250) Dieses Vorgehen empfiehlt sich vor allem bei Neuentwicklungen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist bezüglich des Fokus auf Anpassungskonstruktionen und einen ressourcenorientierten Ansatz, der erste Teil der Checkliste zum Kenntnis- und Wissensaufbau um frugale Maschinen relevant. Er wird daher im Weiteren als Wissensaufbauliste bezeichnet. Hierbei werden jedem Kriterium, nach dem FRUGAL-Akronym von Roland Berger, zugehörige Produktmerkmale untergeordnet. Jedes Kernteammitglied wählt aus seinem Fachbereich eigene Produktmerkmale aus. Damit entstehen nicht nur neue Unterdefinitionen, sondern vielmehr werden die sechs Kriterien von Roland Berger (nachfolgend mit „FRUGAL-Kriterien" bezeichnet) für das Unternehmen und die Mitarbeitenden greifbar. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit und Transparenz können unterstützende Fragen ergänzt werden, die der jeweilige Mitarbeitende mit dem Produktmerkmal verbindet. Beispielhaft werden in Tabelle 6 zwei der sechs FRUGAL-Kriterien (funktional und robust) mit Produktmerkmalen und unterstützenden Fragen dargestellt. Die Anzahl der Produktmerkmale und Fragen ist nicht begrenzt.

Tabelle 6: Wissensaufbauliste zur Planung und Umsetzung frugaler Maschinen

Produktmerkmalsanalyse zum Aufbau des unternehmensinternen Wissens zu frugalen Maschinen			
FRUGAL-Kriterium	**Nr.**	**Produktmerkmale**	**unterstützende Fragen**
funktional	1.1	Kernfunktion	Welche Mindestaufgaben müssen erfüllt sein? Kann ein Standard …
	1.2	Einfachheit	Wer muss die Maschine bedienen können? Welche Funktionen bringen …
	1.3	Kundennutzen	Was ist der Kunde bereit für welche Funktion zu bezahlen? Was braucht …
robust	2.1	Lebensdauer	Welche Bauteile sind betroffen? Gleiche Lebensdauer für alle oder …
	2.2	Klimabeständigkeit	Tropenausführung ja oder nein? Beeinträchtigt die Temperatur die …
	2.3	Reparaturfreundlichkeit	Wie reparieren wir möglichst einfach? Wartungsintervalle für …

Die Wissensaufbaulisten der einzelnen Kernteammitglieder sind Grundlage für den nächsten Schritt. Die jeweils vier relevantesten Produktmerkmale je „FRUGAL-Kriterium" werden gemeinsam im Team ausgewählt und festgelegt. Die Anzahl vier hat sich in der Praxis als tauglich erwiesen. Produktmerkmale mit gleicher oder ähnlicher Bedeutung können hierbei durch einen Überbegriff zusammengefasst werden. Damit werden die FRUGAL-Kriterien nach Roland Berger für Mitarbeitende greifbar und die internen Fragestellungen untermauern die Relevanz für das Unternehmen und den Kunden. Zur Beurteilung der Relevanz wird an dieser Stelle eine Kenntnis über Markt und Kunden vorausgesetzt (vgl. Kapitel 5.1). Durch das beschriebene formalisierte Vorgehen entsteht aus der generischen Definition frugaler Innovationen mit sechs Produktmerkmalen eine unternehmensspezifische Definition mit 24 Produktmerkmalen, siehe beispielhaft in Abbildung 22 links.

F	R	U	G	A	L
funktional	**robust**	**benutzer-freundlich**	**wachsend / global**	**erschwinglich**	**lokale Gegebenheiten**
Kernfunktion	Lebensdauer	logische Bedienbarkeit	Serienmontage-tauglichkeit	Options-möglichkeit	lokale Sicherheit
Einfachheit	Klima-beständigkeit	Digitalisierung	Vormontage-tauglichkeit	Grundmaschinen bestandteil	Einhaltung von Normen
Kundennutzen	Reparatur-freundlichkeit	Schnittstellen-standard	Plattform-kompatibilität	TCO-Berechnung	Sicherung der Schutzrechte
Leistungs-fähigkeit	Verfügbarkeit	einfache Herstellung	Preis-Leistungs-Verhältnis	Betriebskosten	Lizenzierbarkeit

	F (funktional)	R (robust)	U (benutzerfreundlich)	G (wachsend)	A (erschwinglich)	L (lokal)	Summe	Gewichtung	Normierung
F		1	1	2	1	2	7	0,23	0,78
R	1		2	2	0	2	7	0,23	0,78
U	1	0		2	0	1	4	0,13	0,44
G	0	0	0		0	2	2	0,07	0,22
A	1	2	2	2		2	9	0,30	1,00
L	0	0	1	0	0		1	0,03	0,11

Abbildung 22: Beispielhafte unternehmensspezifische Definition von frugal mit 24 Produktmerkmalen (links) und paarweiser Vergleich zur Gewichtung und Normierung der sechs stellvertretenden Produktmerkmale (Roland Berger Akronym) (rechts)

Die 24 Produktmerkmale sind im nächsten Schritt für die Bewertung des Erfüllungsgrads der bestehenden Maschine relevant. Für eine Abweichungsanalyse (Soll-Ist-Vergleich) sind gewichtete und normierte Produktmerkmale erforderlich. Zur Vereinfachung wird ein paarweiser Vergleich der sechs Produktmerkmale (FRUGAL-Kriterien) durchgeführt. Diese stehen hierbei stellvertretend für die 24 Produktmerkmale der unternehmensspezifischen Definition von frugal (siehe Abbildung 22 rechts).

Im nächsten Schritt erfolgt die eigentliche Potenzialbewertung der bestehenden Maschine. Hierfür wird jede Produkteinheit auf der definierten Produktstrukturebene hinsichtlich der 24 Produktmerkmale bewertet: wie hoch ist der Erfüllungsgrad oder der derzeitige Umsetzungsstand bei der aktuellen Maschine (Punkteskale 0-3-6-9), siehe Abbildung 23.

FRUGAL-Kriterium			funktional				robust				benutzerfreundl.			
Bewertung	kein	0												
	gering	3												
	mittel	6												
	hoch	9												
Produktstrukturebene			Kernfunktion	Einfachheit	Kundennutzen	...	Lebensdauer	Klimabeständigkeit	Reparatur-freundlichkeit	...	...	...	...	...
Produkteinheit 1			6	3	9		9	9	6					
Produkteinheit 2			6	3	9		9	9	9					
Produkteinheit 3			9	6	9		3	6	3					
•••														

Abbildung 23: Beispielhafte Bewertung des Erfüllungsgrads von drei Produkteinheiten anhand zweier FRUGAL-Kriterien mit je drei unternehmensspezifischen Produktmerkmalen

Bei der Bewertung handelt es sich um eine subjektive Einschätzung der einzelnen Kernteammitarbeitenden, die gemeinsam diskutiert und in gegenseitigem Einvernehmen festgelegt wird. Die interdisziplinäre Diskussion zur jeweiligen Einschätzung der einzelnen Fachbereiche ist hierbei der zentrale Punkt zur Potenzialidentifikation. Wichtig ist, dass es sowohl für eine hohe als auch eine geringe Bewertung der einzelnen Produktmerkmale Argumente gibt. Die bereichsübergreifende Diskussion relevanter Produktmerkmale gibt den Anstoß, um verborgene Potenziale zu heben. Durch konstruktiven Austausch lassen sich so Potenziale zur Steigerung im Falle einer niedrigen Bewertung und zur Reduzierung bei hoher Bewertung von Produktmerkmalen einzelner Produkteinheiten erarbeiten. Im zweiten Fall könnten damit Übererfüllungen und Over-Engineering reduziert werden. Die erfassten Potenziale werden unter Berücksichtigung der Kategorie und gegebenenfalls Unterkategorie dem Maßnahmenkatalog (siehe Abbildung 19), mit den bereits gewonnenen Potenzialen aus der Unternehmens- und Maschinencharakterisierung, ergänzt. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit und Transparenz sollte der verantwortliche Fachbereich oder Mitarbeitende, von dem der Vorschlag kommt, ebenfalls erfasst werden. Diese übergreifende Erfassung aller potentiellen Maßnahmen erlaubt nicht nur eine übergreifende Bewertung und Priorisierung der Aktivitäten, sondern auch die Nutzung von Synergieeffekten im Rahmen des ressourcenorientierten Ansatzes dieser Arbeit. Der Aufbau von Wissen, die Kommunikation und Transparenz über alle Fachbereiche hinweg schafft Akzeptanz sowie Motivation bei den Mitarbeitenden und unterstützt die Zielerreichung des Projekts.

Aufgrund der eingeschränkten Ressourcenverfügbarkeit mittelständischer Unternehmen ist im weiteren Verlauf eine Fokussierung auf die Potenziale mit dem größten Mehrwert bedeutend.

Jedes identifizierte Potenzial im Maßnahmenkatalog wird daher hinsichtlich interner sowie externer Aufwände (beispielsweise Kosten) und Vorteile (beispielsweise Nutzen) bewertet (Punkteskale 0-3-6-9), siehe beispielhaft in Abbildung 24.

Bewertung			Steigerung					Reduzierung							
kein	0														
gering	3														
mittel	6		Potenziale	Kosten / Aufwand		Nutzen / Vorteil		Potenziale	Kosten / Aufwand		Nutzen / Vorteil		Auswirkungen (-- / - / 0 / + / ++)		
hoch	9														
Kategorie		Unterkategorie		intern	extern	intern	extern		intern	extern	intern	extern	Robustheit	Zuverlässigkeit	Bemerkung
Produkt		Baugruppe 1	Maßnahme 1	6	3	3	3	Maßnahme 4	9	0	9	0	0	-	…
			Maßnahme 2	3	0	9	3	Maßnahme 5	6	0	6	0	++	0	…
			Maßnahme 3	6	3	6	3								

Abbildung 24: Beispielhafte Bewertung von fünf Maßnahmen im Katalog in der Kategorie Produkt und Unterkategorie Baugruppe 1

Dabei wird konkret die Verbesserung für das Unternehmen (intern) und den Kunden (extern) berücksichtigt. Bewertet werden einerseits die internen Aufwände in Form von (einmaligen und laufenden) Kosten für die Umsetzung des Potenzials auf Unternehmensseite und andererseits die Aufwände in Form von (einmaligen und laufenden) Kosten auf Kundenseite. Weiterhin werden der zu erwartende Nutzen oder die Vorteile für das Unternehmen sowie den Kunden mit dem umgesetzten Potenzial bewertet. Eine Trennung der Potenziale hinsichtlich deren Auswirkung auf die Produkteinheit beziehungsweise Produktmerkmale (Steigerung oder Reduzierung) wird zur Aufrechterhaltung der hohen Qualität frugaler Maschinen berücksichtigt. Die Potenziale, die zu einer Reduzierung von Produktmerkmalen führen, werden zusätzlich hinsichtlich der Robustheit und Zuverlässigkeit bewertet (Punkteskala mit fünf Zuständen, von stark negativ bis stark positiv). Weiter müssen die Bemerkungen der Kernteammitarbeitenden festgehalten und bei der Umsetzung berücksichtigt werden. Dadurch können gegebenenfalls Auswirkungen auf Produktmerkmale anderer Produkteinheiten, die gesamte Maschine oder den Fertigungs-/Produktionsprozess frühzeitig identifiziert und entsprechende Maßnahmen abgeleitet werden.

Die erstmalige Erfassung des Erfüllungsgrads aller Produkteinheiten hinsichtlich der unternehmensspezifischen Definition von frugal sowie der Identifikation und Bewertung der Potenziale ist ein aufwändiger, aber wichtiger Prozess im Rahmen dieser Methodik. Die Identifikation sowie Bewertung aller Potenziale im Maßnahmenkatalog werden durch das Kernteam durchgeführt. Jedoch können zusätzliche Fachkräfte hinzugezogen werden. Wichtig sind das gemeinsame Verständnis und die Akzeptanz der zuvor festgelegten unternehmensspezifischen

Definition von frugal mit den 24 Produktmerkmalen. Die Analyse innerhalb dieser Phase ist mit der Bewertung der Potenziale abgeschlossen.

5.4.3 Ergebnisdarstellung als Entscheidungsbasis (II.III)

Im letzten Baustein (II.III) der Phase II erfolgt die Gesamtbewertung der Potenzialanalyse. Diese dient als Entscheidungsgrundlage für eine ressourcenorientierte Umsetzung der Potenziale bei mittelständischen Unternehmen. Ausgehend von der unternehmensspezifischen Definition von frugal, den gewichteten FRUGAL-Kriterien und dem erfassten Erfüllungsgrad aller Produkteinheiten kann die Frugalität für das Unternehmen quantifiziert werden. Die Frugalität ist bisher ein qualitativ beschriebener Begriff, vgl. Kapitel 2.2.1. Die Berechnungen ermöglichen nun eine Abweichungsanalyse zur Priorisierung der Aktivitäten hinsichtlich relevanter Produkteinheiten. Zusätzlich können durch die „Frugalitätswerte" die Veränderungen der Maschine im Frugalprojekt nachgewiesen und für die Mitarbeitende sichtbar gemacht werden.

Berechnung des „Frugalitätswertes"

Der „Frugalitätswert" (kurz „Frugalität") wird jeweils bezogen auf eine Produkteinheit berechnet und durch einen Zahlenwert von 0 bis 1 dargestellt. Je höher der Wert, desto höher die Frugalität. Die Frugalität setzt sich aus dem summierten, durchschnittlichen und normierten Erfüllungsgrad einer Produkteinheit hinsichtlich der 24 bewerteten Produktmerkmale zusammen (Gleichung 1). Hierdurch können die Produkteinheiten innerhalb einer Systemgrenze gegenübergestellt und verglichen werden. Existieren innerhalb der betrachteten Systemgrenzen mehrere Produkteinheiten, dann kann die Frugalität von allen Produkteinheiten summiert und der Durchschnitt für die nächst höhere Produktstrukturebene errechnet werden, beispielsweise von Baugruppen für die gesamte Maschine (Gleichung 2). Diese Berechnung ermöglicht die Betrachtung der gesamtheitlichen Veränderung der optimierten Maschine zur Referenz.

Frugalität der Produkteinheit: $$F_{PE} = \frac{1}{m \cdot b_max} \sum_{i=1}^{m} (y_i)$$ (Gleichung 1)

Frugalität der Maschine: $$F_M = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^{a} (F_{PE\ j})$$ (Gleichung 2)

Variablen für die Berechnungen: *a = Anzahl Produkteinheiten, b_max = maximale Bewertungspunktzahl, F = Frugalität, i und j = Index, m = Anzahl Produktmerkmale, M = Maschine, y = bewerteter Erfüllungsgrad, PE = Produkteinheit*

Mit der quantifizierten Frugalität und den normierten Kosten (Sach-, Herstell- oder Materialkosten) aus der Maschinencharakterisierung (Kapitel 5.4.1) lässt sich zusammen eine Frugalität-Kosten-Matrix erstellen. Jeder Quadrant der Matrix erfordert unterschiedliche Strategien, beispielhaft in Abbildung 25 links für zwei Produkteinheiten dargestellt.

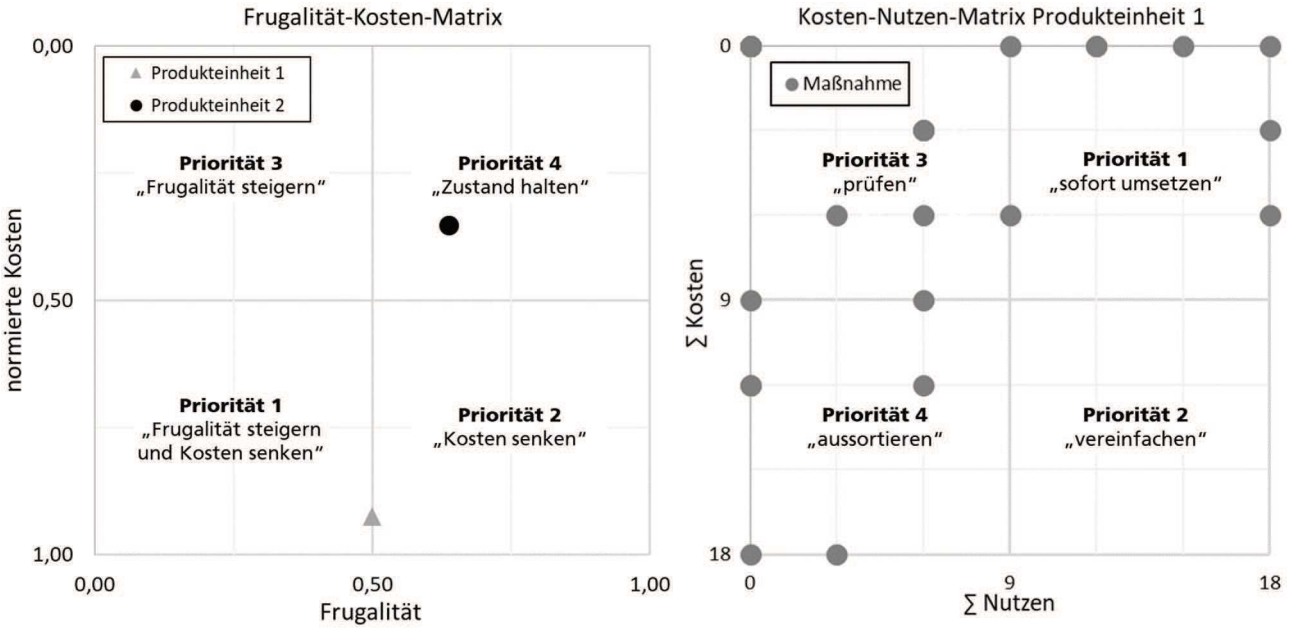


Abbildung 25: Beispielhafte Gesamtauswertung mit der Frugalität-Kosten-Matrix von zwei Produkteinheiten (links) und Kosten-Nutzen-Matrix der Maßnahmen von Produkteinheit 1 (rechts) als Entscheidungsbasis für Phase III

Die Produkteinheiten sollten sich im Idealfall im oberen rechten Quadranten (bestenfalls in der Ecke: Frugalität = 1 und Kosten = 0) befinden (Priorität 4). Im Rahmen der Effektivitätssteigerung ist die Normstrategie zur Vorgehensweise bei Produkteinheiten die außerhalb des oberen rechten Quadranten liegen wie folgt: die Frugalität zu steigern (Priorität 3), die Kosten zu reduzieren (Priorität 2) oder beides (Priorität 1). Gleiches gilt für Produkteinheiten die zu weit von der Ecke entfernt sind. Die vom Idealfall am weitesten entfernten Produkteinheiten besitzen folglich den größten Handlungsbedarf und sind bei den Anpassungen zu priorisieren. In der beispielhaften Auswertung (Abbildung 25 links) ist somit die Produkteinheit 1 bezüglich der Ressourcenverteilung sowie der Anzahl an umzusetzenden Maßnahmen zu bevorzugen.

Weiterhin lässt sich der Maßnahmenkatalog (Abbildung 24), bestehend aus allen bewerteten Potenzialen, in eine Kosten-Nutzen-Matrix überführen. Hierbei wird der summierte Nutzen (intern & extern) den summierten Kosten (intern & extern) gegenübergestellt. Die Auswertung lässt sich sowohl ganzheitlich über alle Potenziale hinweg durchführen als auch auf zuvor definierte Kategorien anwenden, wie in Abbildung 25 rechts beispielhaft für die Produkteinheit 1 dargestellt. Die Potenziale mit dem größten Nutzen und den geringsten Kosten sind hinsichtlich der ressourcenorientierten Umsetzung bei der Abarbeitung zu bevorzugen (Quadrant 1 „sofort umsetzen"). Die Potenziale aus dem 2. und 3. Quartanten müssen bei verfügbaren Ressourcen hinsichtlich Vereinfachungen (Kostenreduktion) und Synergien (Mehrwerte) geprüft werden. Die Potenziale im 4. Quadranten sollten hinsichtlich der Übersichtlichkeit bei der Abarbeitung aussortiert oder ausgeblendet werden, jedoch hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit und Transparenz im Projekt weiterhin Bestandteil des Maßnahmenkatalogs bleiben. Alternativ zur Matrix-Darstellung kann der Maßnahmenkatalog gesamtheitlich oder kategorisch sortiert und verwendet werden. Beide Vorgehensweisen eignen sich für die nächsten Schritte der Methodik.

Berechnung der „Frugalitäts-Kriterium-Werte"

Für eine detailliertere Analyse der Frugalität wird jedes Kriterium der sechs FRUGAL-Kriterien einzeln betrachtet und nachfolgend als „Frugalitäts-Kriterium-Wert" (kurz F_k-Wert) bezeichnet. Die Werte setzen sich jeweils aus dem summierten, durchschnittlichen und normierten Erfüllungsgrad einer Produkteinheit hinsichtlich der vier bewerteten unternehmensspezifischen Produktmerkmale je Kriterium zusammen (Gleichung 3 bis 8).

Existieren innerhalb der betrachteten Systemgrenzen mehrere Produkteinheiten, dann können die „F_K-Werte" von allen Produkteinheiten (einzeln je Kriterium) summiert und der Durchschnitt für die nächst höhere Produktstrukturebene errechnet werden, zum Beispiel von Baugruppen für die gesamte Maschine (Gleichung 9). Diese Berechnung ermöglicht die gesamtheitliche Betrachtung der Ausprägung jedes einzelnen der sechs FRUGAL-Kriterien.

„F_F-Wert" der Produkteinheit: $$F_{F_PE} = \frac{1}{\frac{m}{6} \cdot b_max} \sum_{i=1}^{4} (y_i)$$ (Gleichung 3)

„F_R-Wert" der Produkteinheit: $$F_{R_PE} = \frac{1}{\frac{m}{6} \cdot b_max} \sum_{i=5}^{8} (y_i)$$ (Gleichung 4)

„F_U-Wert" der Produkteinheit: $$F_{U_PE} = \frac{1}{\frac{m}{6} \cdot b_max} \sum_{i=9}^{12}(y_i)$$ (Gleichung 5)

„F_G-Wert" der Produkteinheit: $$F_{G_PE} = \frac{1}{\frac{m}{6} \cdot b_max} \sum_{i=13}^{16}(y_i)$$ (Gleichung 6)

„F_A-Wert" der Produkteinheit: $$F_{A_PE} = \frac{1}{\frac{m}{6} \cdot b_max} \sum_{i=17}^{20}(y_i)$$ (Gleichung 7)

„F_L-Wert" der Produkteinheit: $$F_{L_PE} = \frac{1}{\frac{m}{6} \cdot b_max} \sum_{i=21}^{24}(y_{i)})$$ (Gleichung 8)

„F_k-Wert" der Maschine: $$F_{k_M} = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^{a}(F_{k_PE\ j})$$ (Gleichung 9)

Variablen für die Berechnungen: *a = Anzahl Produkteinheiten, b_max = maximale Bewertungspunktzahl, F = Frugalität, i und j = Index, k = Kriterium, m = Anzahl Produktmerkmale, M = Maschine, y = bewerteter Erfüllungsgrad, PE = Produkteinheit, F_F = functional, F_R = robust, F_U = user-friendly, F_G = growing, F_A = affordable, F_L = local*

Berechnungen zur Abweichungsanalyse (Soll-Ist-Vergleich)

Die „Soll-Frugalität" je Kriterium ($F_{k_PE_Soll}$) wird aus der unternehmensspezifischen Gewichtung der FRUGAL-Kriterien in Baustein II.II berechnet (siehe Abbildung 22). Hierzu wird die Gewichtung je FRUGAL-Kriterium durch den Maximalwert geteilt und somit normiert. Die „Ist-Frugalität" je Kriterium ($F_{k_PE_Istl}$) basiert auf den Frugalitäts-Kriterium-Werten, entweder für eine einzelne Produkteinheit (Gleichung 3 bis 8) oder auf einer übergeordneten Ebene der Produktstruktur (beispielsweise Maschine) mit der Gleichung 9. Wird die Soll- und Ist-Frugalität in Form eines Netzdiagramms dargestellt, kann eine Abweichungsanalyse durchgeführt werden, beispielhaft siehe Abbildung 26 links. Die Darstellung ermöglicht eine qualitative Bewertung der Produkteinheit hinsichtlich der Erfüllung oder Abweichung der einzelnen FRUGAL-Kriterien.

Wird die Differenz („Frugalitätsdifferenz" $F_{k_PE_D}$) zwischen der Soll-Frugalität und der Ist-Frugalität je Produkteinheit berechnet (Gleichung 10), ist eine quantitative „Soll-Ist-Bewertung" hinsichtlich jedes einzelnen „FRUGAL-Kriteriums" möglich (Abbildung 26 rechts). Hieraus lassen sich einerseits die Produkteinheiten mit den höchsten Defiziten je Kriterium identifizieren (negative Werte) als auch jene Einheiten mit Übererfüllung durch besonders hohe positive Werte.

„Frugalitätsdifferenz": $$F_{k_PE_D} = F_{k_PE} - F_{k_PE_Soll}$$ (Gleichung 10)

Variablen für die Berechnung: *D = Differenz, F = Frugalität, k = Kriterium, PE = Produkteinheit*

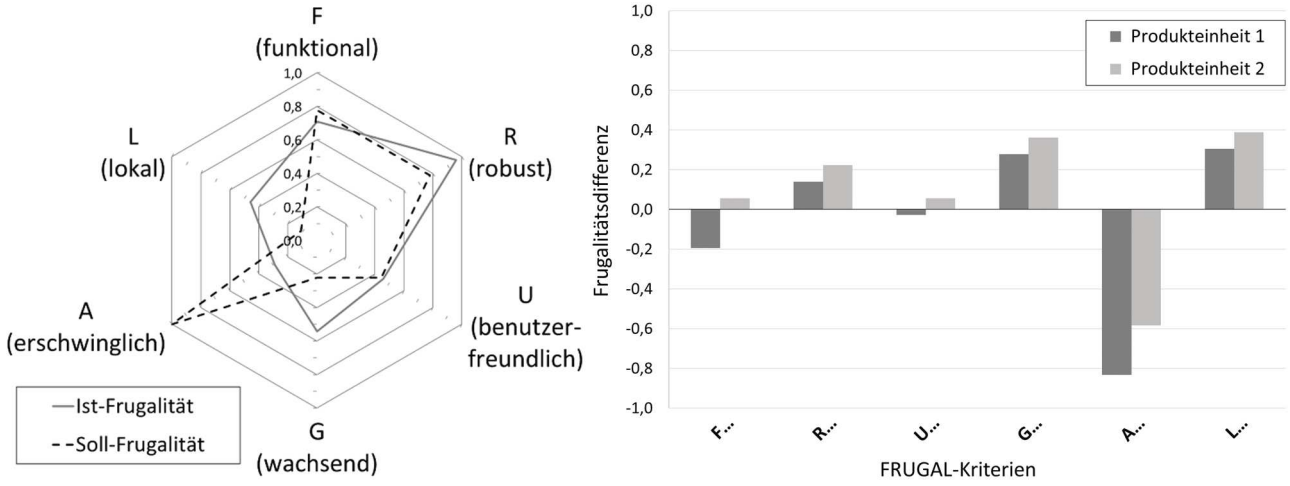


Abbildung 26: Beispielhafte Darstellung der Soll-/ Ist-Frugalitäts-Kriterien-Werte einer Produkteinheit (links) und die Frugalitätsdifferenz zweier Produkteinheiten (rechts)

Zusammenfassend liefert die Gesamtbewertung der Potenzialanalyse Wissen über die Produkteinheiten mit der höchsten Handlungspriorität (Frugalität-Kosten-Matrix). Weiterhin werden die dazugehörenden Potenziale nach dem größten Nutzen (Vorteil) sowie geringsten Kosten (Aufwand) klassifiziert (Kosten-Nutzen-Matrix). Damit eine effiziente Anpassung an die unternehmensspezifische Definition von frugal und somit an die Produktmerkmale erfolgen kann, hilft die Frugalitätsdifferenz dabei die Potenziale aus der Kosten-Nutzen-Matrix nochmals zu differenzieren. Potenziale können nun konkret, hinsichtlich Steigerung oder Reduzierung der sechs stellvertretenden Produktmerkmale bei der Abarbeitung, ausgewählt werden. Damit ist eine effiziente Planung des Ressourceneinsatzes möglich. Die priorisierten und sortierten Potenziale in der Kosten-Nutzen-Matrix oder im Maßnahmenkatalog stellen nun die Entscheidungsbasis für die Auswahl und Umsetzung in Phase III dar.

5.5 Phase III - Umsetzung und Erfolgsmessung

Die Zusammenführung von Vision und Strategie mit den bewerteten Potenzialen findet in Phase III statt. Um weiterhin dem Gedanken eines ganzheitlichen Ansatzes zu folgen, wird die Vorgehensweise zur Miteinbeziehung aller Fachbereiche eines Unternehmens auf zwei Ebenen aufgeteilt, siehe Abbildung 27 rechts.

Der Überblick über den Status (identifiziert, bewertet, in Bearbeitung, abgeschlossen, zurückgestellt) aller Potenziale im Maßnahmenkatalog, die Zusammenführung der Ergebnisse und den

bereichsübergreifenden Austausch bleibt weiterhin in Verantwortung des Kernteams. Die Umsetzung der Potenziale kann sowohl im Kernteam als auch auf der zweiten Ebene, in den Fachbereichen des Unternehmens, erfolgen. Begonnen wird in dieser Phase mit dem Baustein III.I, der Auswahl und Definition der Potenziale.

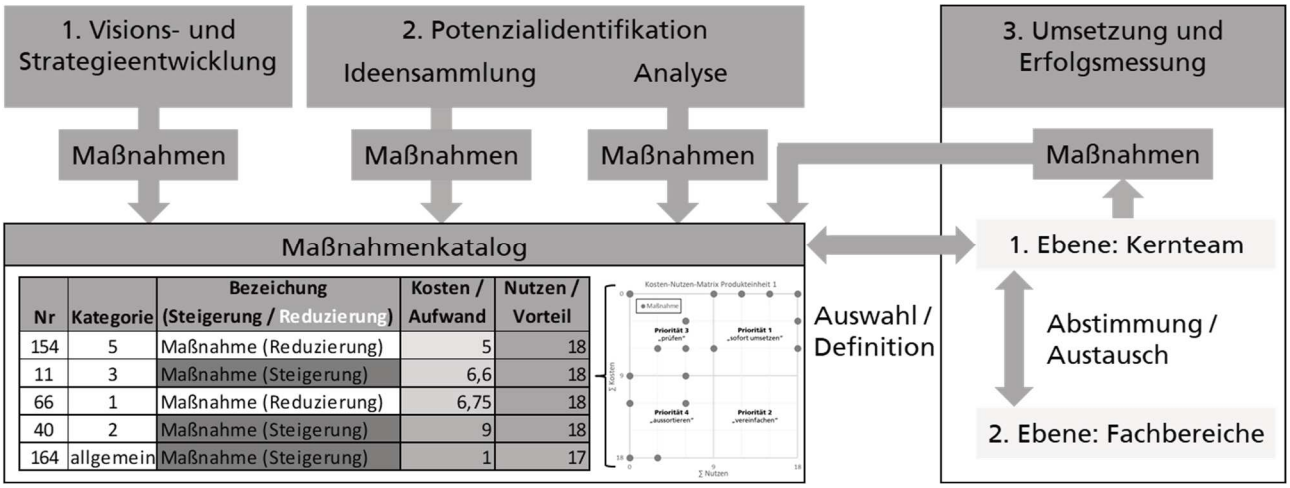


Abbildung 27: Prozessuale Übersichtsgrafik zum Vorgehen der Potenzialentwicklung

Der Maßnahmenkatalog stellt im weiteren Prozess kein statisches Instrument dar. Vielmehr ist es eine sich stetig verändernde, transparente und nachvollziehbare, prozessuale Übersicht zum Vorgehen der Potenzialentwicklung. Hier wird der aktuelle Stand der Umsetzung der Potenziale erfasst und es können weiter neue Maßnahmen, die im Laufe des Umsetzungsprozesses identifiziert, bewertet und mit hinzugefügt werden.

5.5.1 Auswahl und Definition der Potenziale (III.I)

In diesem Baustein werden in den einzelnen Fachbereichen die am besten bewerteten Potenziale für die Umsetzung ausgewählt und definiert. Vorzugsweise wird mit Produkteinheiten mit einer hohen Handlungspriorität gestartet. Dem Kernteammitglied wird hierbei eine besondere Aufgabe zuteil, denn es fungiert als Bindeglied zwischen dem Frugalprojekt und weiteren Mitarbeitenden in deren Fachbereichen. Die Aufgabe besteht darin, die erarbeiteten und bewerteten Potenziale aus dem Maßnahmenkatalog im eigenen Fachbereich vorzustellen. Gemeinsam werden dann die Potenziale ausgewählt, welche für die Mitarbeitenden eine hohe Relevanz haben. Zur Erreichung einer hohen Fokussierung und Motivation wurde in der Konzeption der

Methodik bereits entsprechend dem OKR-Prinzip die Anzahl der Objectives und Key Results eingeschränkt (vgl. Kapitel 5.1). Die Mitarbeitenden in den Fachbereichen haben somit die Möglichkeit, zwei bis fünf der zuvor identifizieren und bewerteten Potenziale je Objective (Definition: substanzielle Kostenreduzierung, Fokus auf Kernfunktionen /-aufgaben, optimierte Leistungsfähigkeit) auszuwählen. Diese Potenziale beziehungsweise Maßnahmen ergeben gemeinsam mit abgeleiteten transparenten, messbaren und akzeptierten Indikatoren die Key Results. Um konkrete Aktivitäten zu definieren, kann eine Produkteinheit innerhalb des Fachbereichs auf die nächst detaillierte Produktstrukturebene aufgeteilt werden. Im Falle einer Kostenreduzierung können so beispielsweise Baugruppen auf Komponentenebene aufgeteilt werden, um folgende Aktivitäten abzuleiten: „Fertigungstechnologie oder -toleranzen verändern", „Werkstoff verändern", „Teileanzahl reduzieren", „Gewicht reduzieren", „Make or Buy".

Nach der Auswahl der jeweiligen Key Results in den Fachbereichen stimmen sich die Kernteammitarbeitenden nochmals zur Vermeidung von Überschneidungen ab. Grundsätzlich orientiert sich zum Beispiel die Entwicklung/Konstruktion bei der Auswahl an Potenziale der Kategorie „Produkt", der Vertrieb an „Markt/Kunde", das Management an „Prozess" oder „allgemein" im Maßnahmenkatalog. Andere Bereiche wie Montage, Einkauf und Logistik finden ihre Potenziale zur Umsetzung in allen Kategorien. Viele Maßnahmen sind bereichsübergreifend, daher findet die Erfassung und Steuerung der Umsetzung im Kernteam statt. Die Auswahl und Definition der Potenziale ist der erste Schritt im Rahmen der iterativen Anpassung einer bestehenden Maschine hin zu einer frugalen Maschine.

5.5.2 Umsetzung der ausgewählten Potenziale (III.II)

Die Umsetzung der definierten Key Results erfolgt vom Kernteammitglied oder den Mitarbeitenden in den Fachbereichen (Baustein III.II). Dazu stehen dem Unternehmen oftmals hoch qualifizierte Mitarbeitende zur Verfügung, denen jedoch gegebenenfalls der nötige Fokus auf die Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Maschinen fehlt. Diese müssen im Rahmen des Projekts hinsichtlich der Ziele sensibilisiert werden sowie für Tätigkeiten im Rahmen des Frugalprojekts klare Zielvorgaben erhalten. Für die Bearbeitung einzelner konkreter Fragestellungen sind in der

Literatur weitere Methoden und Ansätze zu finden (siehe hierzu Kapitel 4.2) oder dem Zwischenfazit der empirischen Analyse zu entnehmen (siehe Kapitel 3.5 und Anhang U).

Einer der wichtigsten Bestandteile bei der Umsetzung frugaler Maschinen ist der bereichsinterne und -übergreifende Austausch im Unternehmen. Für den gezielten Austausch während der Umsetzung werden daher sogenannte Status-Updates, vergleichbar zu anderen agilen Entwicklungsmethoden, durchgeführt.

Zu den Inhalten der Status-Update-Meetings zählen Updates zum Erfolgsfortschritt der bearbeitenden Potenziale, die Festlegung der nächsten Schritte und eventuell ein Brainstorming zu bestehenden Herausforderungen. Neue Ideen und Lösungsansätze können von allen Meeting-Teilnehmenden eingebracht und diskutiert werden. Die Informationen zum aktuellen Stand sollten unter „Bemerkung" festgehalten werden. Eine Schätzung zum aktuellen Umsetzungsstand der einzelnen Key Results hilft bei der Ressourcenplanung. Sobald einzelne Key Results mit einer vollständigen Umsetzung (100 %) bewertet werden und vom Kernteam als erledigt eingestuft werden, werden diese in die „Done-Liste" verschoben. Neue abzuarbeitende Potenziale können bei jedem Meeting, aus dem Maßnahmenkatalog, mit aufgenommen werden. Die maximale Zahl von fünf Key Results je Objective darf jedoch nicht überschritten werden. Die Status-Update-Meetings können je nach Bedarf im ein- oder zweiwöchentlichen Rhythmus von den Fachbereichen und in zwei- bis vierwöchentlichem Rhythmus vom Kernteam durchgeführt werden. Die Intervalle sind von den zur Verfügung stehenden Ressourcen abhängig und somit auch vom Umsetzungszeitraum sowie von der Anzahl der zu bearbeitenden Potenziale. Diese Aspekte stehen wiederum den definierten Zielen (Kosten und Leistungsfähigkeit) der Visions- und Strategieentwicklung gegenüber. Ein schneller „Time to Market" ist zwar meistens von Vorteil, jedoch müssen die Ziele mindestens „erreicht" sein, um das frugale Produkt erfolgreich absetzen zu können. Eine verfrühte Markteinführung kann sich negativ auf die Akzeptanz und den Absatz auswirken. Ein projektbegleitendes „Product Cost Controlling" bietet sich folglich an, um die quantitativen Ziele der frugalen Maschine im Fokus zu behalten. Weiterhin unterstützt ein „Product Cost Controlling" eine effektive und effiziente Umsetzung im Hinblick auf die Anzahl der umzusetzenden Maßnahmen. Je früher die Ziele erreicht werden, desto weniger Maßnahmen sind umzusetzen. Dies wirkt sich positiv auf Entwicklungs- und Umsetzungskosten beziehungsweise die Umsetzungszeit zur Anpassung der bestehenden Maschine hin zu einer frugalen Maschine aus.

Durch die erforderliche substantielle Kostenreduktion von frugalen Maschinen ist die Sensibilisierung aller Mitarbeitenden im Unternehmen äußerst relevant. Mühsam erarbeitete Kosteneinsparpotenziale in einem Bereich (zum Beispiel Materialkosten in der Entwicklung) dürfen nicht durch Verschwendungen in anderen Bereichen verloren gehen. Aufgrund der geringen Losgrößen in mittelständischen Maschinenbauunternehmen (siehe Tabelle 3) haben Einkauf-, Logistik-, Fertigung- und Montageprozesse erheblichen Einfluss auf die Gesamtkosten der Maschine. Preisschwankungen und Überschreitungen der vorkalkulierten Kosten tragen maßgeblich zu Gewinn oder Verlust der verkauften Maschinen bei. Daher müssen die Erfolge während der Umsetzung für alle Mitarbeitenden transparent und nachvollziehbar gestaltet werden.

Die gezielte Diskussion jedes Key Results wird im Rahmen der Status-Update-Meetings entlang der Vorlage in Abbildung 28 geführt. Damit wird die Transparenz sowie das gegenseitige Verständnis erhöht. Die Status-Updates finden sowohl im Kernteam als auch in den Fachbereichen statt.

	Definition:			Status-Update	
				Datum 16.10.2018	
O	Nr.	Datum	**Substantielle Kostenreduktion** (Affordable)	Stand Umsetzung (Schätzung in %)	Bemerkung (Zielerreichung / Funktionsfähigkeit / akt. Stand / ToDos)
KR	154	21.08.2018	Fahrwerk vereinheitlichen, Kosten um 25 % reduzieren	20%	...
	11	16.10.2018	Hauptantrieb + Lagerung überarbeiten, Kosten um 40 % reduzieren	0%	...
			Durchschnitt:	10%	

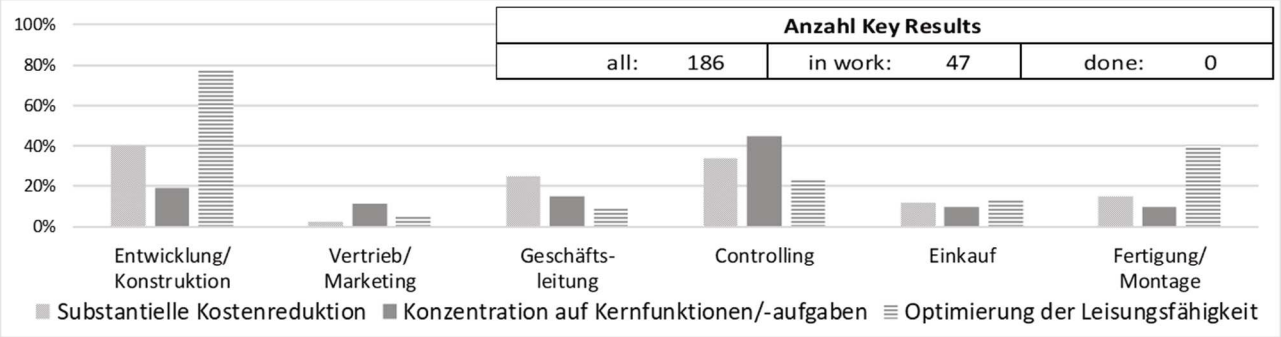
	Definition:			Status-Update	
				Datum 16.10.2018	
O	Nr.	Datum	**Konzentration auf Kernfunktionen / -aufgabe** (Funktional, Growing)	Stand Umsetzung (Schätzung in %)	Bemerkung (Zielerreichung / Funktionsfähigkeit / akt. Stand / ToDos)
KR	11	25.09.2018	Hebelbaugruppe vereinfachen, Teileanzahl um 40 % reduzieren	5%	...
	66	21.08.2018	Schwenkbaugruppe als Modul ausführen, Schnittstellen und Optionspaket definieren	30%	...
			Durchschnitt:	18%	

	Definition:			Status-Update	
				Datum 16.10.2018	
O	Nr.	Datum	**Optimierung der Leistungsfähigkeit** (Robust, User-Friendly, Local)	Stand Umsetzung (Schätzung in %)	Bemerkung (Zielerreichung / Funktionsfähigkeit / akt. Stand / ToDos)
KR	40	21.08.2018	Zykluszeit Dreheinheit optimieren, Gewicht um 30 % reduzieren	50%	...
	164	21.08.2018	Montagehilfe für Dreheinheit, Montagezeit um 40 % reduzieren	30%	...
			Durchschnitt:	40%	

Abbildung 28: Beispielhafte RPFM-OKR-Tabelle für die Status-Update-Meetings zur Erfassung der Umsetzungsstände für die Erfolgsmessung

5.5.3 Erfolgsmessung zur Sicherung der Zielerreichung und Motivation (III.III)

Die Motivation der Mitarbeitenden und die Kommunikation im gesamten Unternehmen ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor zur Umsetzung frugaler Maschinen (Baustein III.III). Durch die definierten Key Results ist eine zeitnahe Erfassung erster qualitativer, aber auch quantitativer Erfolge möglich (vgl. Kapitel 5.1). Für die Sichtbarkeit werden verschiedene Faktoren ausgewertet, siehe Abbildung 29. Das Kernteam eines Unternehmens wird beispielhaft durch sechs Fachbereiche abgebildet. Dargestellt wird zusätzlich die Anzahl der Key Results mit entsprechendem Status („all", „in work" und „done"). Die prozentuale Einschätzung der einzelnen Umsetzungsstände von „Key Results" werden in der Übersicht für einen Bereich und ein Objective zusammenfassend angezeigt (vgl. Kapitel 5.5.2).



	Status-Update / Datum: 16.10.2018					
	Entwicklung/ Konstruktion	**Vertrieb/ Marketing**	**Geschäfts- leitung**	**Controlling**	**Einkauf**	**Fertigung/ Montage**
Substantielle Kostenreduktion	40%	3%	25%	34%	12%	15%
Konzentration auf Kernfunktionen/-aufgaben	19%	11%	15%	45%	10%	10%
Optimierung der Leisungsfähigkeit	77%	5%	10%	24%	13%	40%

Abbildung 29: Beispielhafte Erfolgsmessung in sechs Fachbereichen bei der Umsetzung einer frugalen Maschine

Die Auswertung kann auf beiden Ebenen (Kernteam und Fachbereich) erfolgen, aber auch spezifisch für eine einzelne Produkteinheit. Somit ist die Erfolgsmessung individuell für Führungs- und Fachkräfte je nach Bereich einsetzbar. Die Vorgehensweise fördert nicht nur die Transparenz und Kommunikation im Projekt, sie deckt auch weitere bereichsübergreifende Potenziale in Bezug auf die Unternehmensprozesse auf und unterstützt hinsichtlich einer lernenden und sich entwickelnden Organisation. Erkenntnisse im Projekt zu reflektieren hat sich im Rahmen der Arbeit als ein sehr wichtiger Faktor herausgestellt.

6 Validierung der Methodik anhand umgesetzter Beispiele

Ziel eines Forschungsprozesses ist es, durch die erarbeiteten Ergebnisse einen verbesserten Umgang mit realen Herausforderungen zu erreichen. Gemäß Ulrich muss der Forschungsprozess daher beim Anwendungskontext beginnen und enden. (Ulrich 1984, S. 192)

Die Validierung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Methodik erfolgte anhand zweier umgesetzter Beispiele aus verschiedenen Teilbereichen des Maschinenbaus. Aufgrund der Vertraulichkeit und Menge an Informationen, werden die Daten normiert und Bezeichnungen verallgemeinert dargestellt. Die erste Validierung dient der ausführlichen Darstellung der Anwendung der Methodik (Kapitel 6.1 bis 6.6). Die zweite Validierung startete zeitversetzt, um Erkenntnisse aus dem ersten Beispiel bereits zu berücksichtigen. Durch die zweite beispielhafte Umsetzung wurde die Anwendung der Methodik zusätzlich unter Beweis gestellt, daher werden nur einzelne Ergebnisse und neue Erkenntnisse vorgestellt (Kapitel 6.7). Abschließend erfolgt eine kritische Reflexion der entwickelten Methodik (Kapitel 6.8).

Zur Komplexitätsbeherrschung der Prozesse wurde parallel zur Validierung eine praxistaugliche, flexible IT-Lösung entwickelt, welche die Anwendung der Methodik in der Praxis mit geringem Aufwand unterstützt.

6.1 Ausgangssituation Validierungsbeispiel 1

In diesem Kapitel wird zunächst das erste an der Validierung beteiligte Unternehmen sowie der Anwendungskontext vorgestellt (Kapitel 6.1.1). Anschließend wird auf die Herausforderungen und Zielsetzung des Unternehmens eingegangen (Kapitel 6.1.2).

6.1.1 Vorstellung Unternehmen und Maschine

Das erste Beispiel stellt die Anwendung der Methodik bei der Wilhelm Bahmüller Maschinenbau Präzisionswerkzeuge GmbH (nachfolgend „Bahmüller“ genannt) dar. Das Unternehmen wurde 1945 gegründet. In rund 75 Jahren hat sich der Betrieb zu einem lokal produzierenden Familienunternehmen mit circa 380 Mitarbeitenden und einem Jahresgesamtumsatz von circa 80 bis 90 Millionen Euro (2018/2019) entwickelt. In seinen drei Geschäftsbereichen (Präzisionsschleifen, -werkzeuge und Wellpappenverarbeitung) zählt das Unternehmen heute zu den Markt- und Technologieführern weltweit. (Bahmüller 2019, S. 3–13)

Die Validierung im Rahmen dieser Arbeit fokussierte sich auf den Geschäftsbereich der Wellpappenverarbeitung, die dem Teilbereich der Verpackungsmaschinen im Maschinenbau zuzuordnen ist. In diesem Geschäftsbereich entwickeln, produzieren und vertreiben etwa 100 Mitarbeitende Maschinen und Anlagen, die Wellpappe verarbeiten. Ein weiterer Fokus der Validierung lag auf der Betrachtung der sogenannten „End-of-Line-Automation“ (EOL-A). Diese Maschine ist am Auslauf der Faltschachtelklebemaschine (Schritt 4) angeschlossen und übernimmt den sogenannten Schuppenstrom an vorgefertigten Kartonagenverpackungen zur automatisierten Sortierung und Paketierung (Schritt 5), innerhalb der Prozesskette zur Warenverpackung, siehe Abbildung 30.

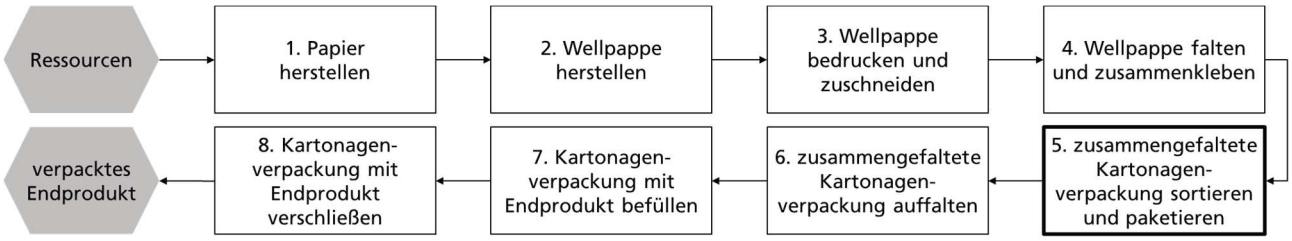


Abbildung 30: Vereinfachte Darstellung der Prozesskette zur Warenverpackung

Die EOL-Automation ist in vier Module unterteilt, siehe Abbildung 31. Eine integrierte automatische Zähl- und Trennstation (Modul-1) überführt die vorproduzierte Kartonagenverpackung in eine Dreh- und Sammeleinheit (Modul-2), wonach sie in einer Puffereinheit (Modul-3) sortiert zwischengelagert und zum Schluss in einer Umreifungsstation (Modul-4) vollautomatisch mit einem (Kunststoff-)Band als Pakete zusammengebunden werden. (Bahmüller 2020)

Abbildung 31: Bahmüller EOL-Automation (Version 3)[22]

6.1.2 Herausforderung und Zielsetzung

Bahmüller ist ein mittelständisches Unternehmen, das für höchste Präzision in der Entwicklung und Produktion von Sondermaschinen steht. Neben der EOL-Automation führt das Unternehmen noch weitere Baureihen, wie zum Beispiel die der EOL-Automation vorgelagerte Faltschachtelklebemaschine, die Halbautomaten oder die „Bahmüller und Göpfert Maschinen" (BGM) Flexo Folder Gluer. (Bahmüller 2019, S. 17) Alle Baureihen ermöglichen eine spezielle Anpassung der Maschinen an individuelle Kundenwünsche. Diese Vielfältigkeit stellte eine große Herausforderung für die nur sehr begrenzt verfügbaren Ressourcen des Unternehmensbereiches dar. Ein sehr effektiver und effizienter Einsatz der vorhandenen Ressourcen war erforderlich. Weiterhin sind neue Baureihen grundsätzlich mit einem hohem Invest- und Pflegeaufwand sowie Risiko verbunden. Für das mittelständische Unternehmen hatte letzteres eine zusätzliche quantitative und qualitative Unsicherheit in einem ohnehin volatilen Markt zur Folge. Aufgrund der genannten Punkte war die Entwicklung einer frugalen Maschine in Form einer Neukonstruktion und damit einer neuen Baureihe nicht möglich. Zielsetzung des Unternehmens war schlussfolgernd die gezielte Weiterentwicklung der bestehenden Maschine (EOL-Automation Version 3 / 2018) hin zu einer neuen wirtschaftlichen Maschinengeneration (EOL-Automation Version 4 / 2020).

[22] Bahmüller 2020

6.2 Initialisierung des Anwendungsbeispiels

Für die Validierung der Methodik wurde, wie in Kapitel 5.2 beschrieben, ein Kernteam aus Führungs- und Fachkräften zusammengestellt, um die Bausteine der Methodik effizient zu bearbeiten. Die Zusammenstellung erfolgte in Zusammenarbeit zwischen dem Projektpartner und dem Verfasser dieser Arbeit.

Das interdisziplinäre Kernteam bestand aus acht Mitarbeitenden (Produktmanagement, Vertrieb, Konstruktion (Mechanik, Elektrik und Software), Verfahrenstechnik, Produktion und Montage). Je nach Bedarf konnten im Kontext eines effizienten und effektiven Einsatzes der Ressourcen, weitere Fach- und Führungskräfte mit hinzugezogen werden. Bis zu 15 Personen standen dem Frugalprojekt so zur Verfügung.

Die Moderation der einzelnen Workshops und das Anleiten der durchzuführenden Bausteine innerhalb der drei Phasen wurden durch den Verfasser dieser Arbeit übernommen.

6.3 Phase I - Visions- und Strategieentwicklung

Die Validierung der Phase I erfolgte mit dem Kernteam, um effizient an der Visions- und Strategieentwicklung zu arbeiten.

6.3.1 Prüfung der Voraussetzungen und Unternehmenscharakterisierung (I.I & I.II)

Im Rahmen des ersten Workshops wurden die Grundvoraussetzungen der Methodik, mit Hilfe der Checkliste (Kapitel 5.3.1 und Anhang V), geprüft. Die Methodik stellte sich als anwendbar heraus. Weiter wurde im ersten Workshop auf den aktuellen Stand des Unternehmens im Rahmen der Unternehmenscharakterisierung eingegangen (Kapitel 5.3.2). Die ermittelnden unternehmensinternen und -externen Rahmenbedingungen stellten die Basis für die weiteren Schritte dar. Die Selbsteinschätzung hinsichtlich des Kompetenzprofils zur Umsetzung frugaler Maschinen (Anhang W) wurde zunächst von jedem Kernteammitglied eigenständig ausgefüllt.

Alle Einschätzungen über das Unternehmen, das Produkt, den aktuellen Stand und die Zukunftsszenarien, wurden im Nachgang im Team diskutiert. Im Weiteren wurde die angepasste SWOT-Analyse durchgeführt, um die Chancen und Risiken aktueller sowie frugaler Konzepte zu diskutieren. In diesem Zusammenhang wurde auch, mit den aktuellen und zukünftigen Mitbewerbern, eine Betrachtung der Branche durchgeführt. Resultierend wurden zwei Szenarien (mit und ohne frugal) abgeleitet. Letzteres diente als Übersicht für mögliche Entwicklungswege der EOL-Automation und dem dazugehörenden Geschäftsmodell. Die identifizierten Ansätze, wie zum Beispiel „Definition Basispacker", „Zykluszeit definieren", „realistisches Ziel von X % Reduzierung", „Stückzahl pro Jahr" und weitere, wurden abschließend in einem Maßnahmenkatalog zusammengefasst und kategorisiert.

6.3.2 Leitbild und Strategie des ersten praktischen Beispiels (I.III)

Ausgehend von einem gemeinsamen Grundverständnis bezüglich der Rahmenbedingungen wurde in diesem Baustein das Leitbild für das Unternehmen definiert und verschiedene Strategieansätze als Bündel von Maßnahmen abgeleitet (siehe Kapitel 5.3.3).

Als erster Schritt wurden die bisher erfassten Maßnahmen reflektiert. Im Zuge dessen wurde ein eher konservativer Weg als zielführend identifiziert. Grund war das zu hoch eingeschätzte Risiko einer radikalen Änderung in Bezug auf den derzeitigen Stand der Maschine und dem dazugehörenden Geschäftsmodell. Beispielsweise sollte keine radikale Änderung der eingesetzten Technologien vorgenommen werden, sondern eine gezielte Weiterentwicklung der EOL-Automation stattfinden. Der Fokus wurde auf die Verbesserung des Preis-Leistungs-Verhältnisses und der Wettbewerbsfähigkeit gelegt. Dem Ansatz frugal wurde somit bei der Weiterentwicklung eine besondere Bedeutung zuteil.

Als Leitbild wurde das positive Bild in der Zukunft mit der „gewünschten" Maschine, den strategischen Märkten und Identifikationsmerkmalen formuliert. Darauf aufbauend erfolgte die Ableitung der Strategie. Die Vorgehensweise entsprach dem vorgestellten dualen Ansatz aus Fallstudie 1 (Kapitel 3.3.1). Auf der einen Seite sollte aus dem Bestand eine Maschine mit gleichbleibender Leistungsfähigkeit, aber substantieller Kostenreduktion (größer zehn Prozent, aus Firmensicht ein hoher Wert nach bereits zwei Optimierungsschleifen) entwickelt werden. Auf

der anderen Seite sollte zu den aktuellen Herstellkosten eine Maschine mit optimierter Leistungsfähigkeit (größer 50 Prozent Durchsatz in Stück/Stunde) entwickelt werden. Weiter sollten beide Ansätze durch die entwickelten Phasen der vorliegenden Arbeit, die EOL-Automation in ihrer nächsten Generation, dem „Ideal" einer frugalen Maschine, iterativ annähern.

Das richtungsweisende Leitbild und die Strategie (resultierendes Bündel an Maßnahmen) wurde zusammenfassend wie in Abbildung 20 aufbereitet. Anschließend wurde beides dem erweiterten Teilnehmerkreis kommuniziert. Ziel war es, die Hintergründe zur Entstehung der Strategie und Vision zu vermitteln sowie die Zustimmung aller Projektbeteiligten einzuholen, damit eine weitgehende Identifikation mit dem Vorgehen gewährleistet ist und alle Mitarbeitenden effektiv zum Projekterfolg beitragen können.

6.4 Phase II - Potenzialidentifikation

Die Validierung der Phase II erfolgte zunächst mit dem Kernteam. Weitere Mitarbeitende wurden bei erforderlichen Schritten (siehe Initialisierung Kapitel 6.2) hinzugezogen.

6.4.1 Charakterisierung der Beispielmaschine (II.I)

Zur Analyse der Potenziale erfolgte als vorbereitender Schritt zunächst die Produktcharakterisierung, die eine detailliertere Betrachtung der Produktstruktur sowie der zugehörenden Kosten beinhaltet (siehe Kapitel 5.4.1). Hierbei wurden die Produkteinheiten und -kosten hinsichtlich der Ebenen in der Produktstruktur geprüft, damit es zu keinen Verschiebungen kommt. Hierzu wurden die bereitgestellten Daten für die Auswertung analysiert und entsprechend angepasst. Anschließend erfolgte die Funktionsanalyse der Produkteinheiten. Die Kostenaufstellung, Funktionsstruktur und Produktstruktur bildeten die Basis für das weitere Vorgehen der Phase II.

Im zweiten Schritt der Produktcharakterisierung wurde mit dem erweiterten Teilnehmerkreis die Ideensammlung durchgeführt. Im Kontext ressourcenorientierter Entwicklungen erwies sich die Zusammenstellung mehrerer Beteiligten aus jedem Bereich als zielführend, um eine sehr umfangreiche Sicht auf die Maschine und Unternehmensprozesse zu erhalten. Aufgrund des bestehenden Vorgängerprodukts gab es viele Ideen und Anmerkungen zur Weiterentwicklung,

die bisher nicht systematisch erfasst wurden. Die Ideen wurden für eine bessere Übersichtlichkeit analog zur Abbildung 19 kategorisiert und dem Maßnahmenkatalog ergänzt. Mit den Ergebnissen aus der ersten Phase beinhaltete der Katalog nun 86 Maßnahmen. Die Ideen und Anmerkungen gingen hierbei von „Modulverriegelung elektrisch angesteuert" über „Brückenhalterung instabil" bis hin zu „bessere Ordnung in der Montage, Teile auf Gestelle lagern". Das Feedback der Mitarbeitenden zu diesem Vorgehen war durchweg positiv. Es herrschte eine einstimmige Zufriedenheit, da alle beteiligt waren und jeder seine Themen einbringen konnte.

6.4.2 Anpassungspotenzial der Beispielmaschine identifizieren (II.II)

Zu Beginn dieses Bausteins wurde die Maschine mittels der Kernfunktion-Kostenanalyse (siehe Kapitel 5.4.2) untersucht, um die Kostenverteilung mit der Erfüllung der zentralen Aufgabenstellung des Kunden abzugleichen. Die gewonnenen Erkenntnisse unterstützten die Entscheidungsfindung hinsichtlich des Handlungsbedarfs einzelner Produkteinheiten in Phase III.

Hauptgegenstand dieses Bausteins II.II war es, einen Bezug zwischen den FRUGAL-Kriterien und Erfolgsfaktoren des Unternehmens herzustellen. In einem ersten Workshop erfolgten daher zunächst der Aufbau eines gemeinsamen Verständnisses sowie der Wissensaufbau rund um das Thema frugale Maschinen. Hierzu wurden die Fallstudien aus Kapitel 3.3 sowie die Erfolgsfaktoren aus der übergreifenden Analyse (Kapitel 3.4) vorgestellt und diskutiert. Weiter wurden die Kriterien frugaler Innovationen sowie existierende frugale Produkte im Kernteam analysiert. Zur Herstellung einer Sensibilität hinsichtlich der einzelnen Produktmerkmale frugaler Maschinen wurde die in Kapitel 5.4.2 beschriebene Wissensaufbauliste angewandt. Jedes Kernteammitglied hatte hierbei Zeit, sich mit den FRUGAL-Kriterien zu beschäftigen und passende Ansätze für sich und seinen Bereich zu finden. Als Hilfestellung dienten erste Produktmerkmale sowie unterstützende Fragen, die vom Moderator gestellt wurden. Anschließend wurde jedes Kriterium einzeln mit den identifizierten Produktmerkmalen, die das Kriterium für den jeweiligen Unternehmensbereich näher beschreiben, diskutiert. Entsprechend der Methode wurden hieraus vom Kernteam jeweils vier Produktmerkmale je Kriterium definiert, siehe Tabelle 7. In einem weiteren Schritt wurde durch das Team ein paarweiser Vergleich (analog wie in

Abbildung 22) zur Gewichtung der FRUGAL-Kriterien durchgeführt. Daraus entwickelte sich die unternehmensspezifische Definition von frugal mit den 24 Produktmerkmalen.

Tabelle 7: FRUGAL-Kriterien nach Roland Berger und die von Bahmüller definierten 24 Produktmerkmale zur unternehmensspezifischen Definition von frugal

F	R	U	G	A	L
funktional	robust	benutzer-freundlich	wachsend / global	erschwinglich	lokale Gege-benheiten
Leistungsfähigkeit	Grad der Robustheit	logische Bedienbarkeit	Serienmontage-tauglichkeit	Options-möglichkeit	lokale Sicherheit
Komplexität vermeiden	Verfügbarkeit	Digitalisierung	Vormontage-tauglichkeit	Grundmaschinen-bestandteil	Einhaltung von Normen
Maschinen-sicherheit	Lebensdauer	Schnittstellen-standard	Plattform-kompatibilität	TCO Berech-nungsmöglichkeit	Sicherung der Schutzrechte
effektive Funkti-onserfüllung	Verschleiß-beständigkeit	einfache Herstellung	Preis-Leistungs-Verhältnis	Betriebskosten	Lizenzierbarkeit

Mit der unternehmensspezifischen Definition von frugal konnte die Erfassung des Erfüllungsgrads der definierten Produkteinheiten einer bestehenden Maschine erfolgen. Die Bewertung zeigte den aktuellen Stand der EOL-Automation hinsichtlich der 24 Produktmerkmale auf und identifizierte zusätzliches (Optimierungs-)Potenzial. Die Erfassung des Erfüllungsgrads wurde bei Bahmüller auf Modulebene (vier Module, siehe Abbildung 31) vorgenommen.

Die Identifikation des zusätzlichen Potenzials erfolgte während und nach der Erfassung des Erfüllungsgrads. Die Anzahl Maßnahmen erhöhte sich hierbei auf 124. Neue Potenziale waren zum Beispiel „vier Module mit vier gleichen, statt unterschiedlichen Fahrwerken“ oder „Puffermodul als Optionspaket“. Alle identifizierten Maßnahmen wurden im Weiteren (hinsichtlich Nutzen (Vorteil), Kosten (Aufwand), Robustheit und Zuverlässigkeit) bewertet, analog zur beispielhaften Durchführung in Abbildung 24. Die Bewertung wurde in mehreren Stufen durchgeführt, da die Anzahl der identifizierten Maßnahmen zu groß für die Diskussion in einer Gruppe mit 15 Personen war. Zuerst wurden die Punkte im Kernteam bewertet und anschließend mit dem erweiterten Teilnehmerkreis diskutiert sowie gegebenenfalls angepasst. Das Vorgehen erwies sich als praxistauglich, da das kleinere Team eine effizientere Arbeitsweise ermöglichte und im erweiterten Teilnehmerkreis eine schnellere Entscheidung herbeigeführt werden konnte.

6.4.3 Entscheidungsbasis zur Umsetzung der Potenziale (II.III)

In diesem Baustein steht die detailliertere Auseinandersetzung mit den Erkenntnissen der Charakterisierung und Potenzialidentifikation zur Weiterentwicklung der Maschine im Fokus. Dazu wurden zunächst die Berechnung der „Frugalität", „F_k-Werte" sowie der „Frugalitätsdifferenz" durchgeführt. Veranschaulicht werden die Ergebnisse hinsichtlich der positiven wie negativen Abweichungen zur unternehmensspezifischen Definition von frugal in Abbildung 32.

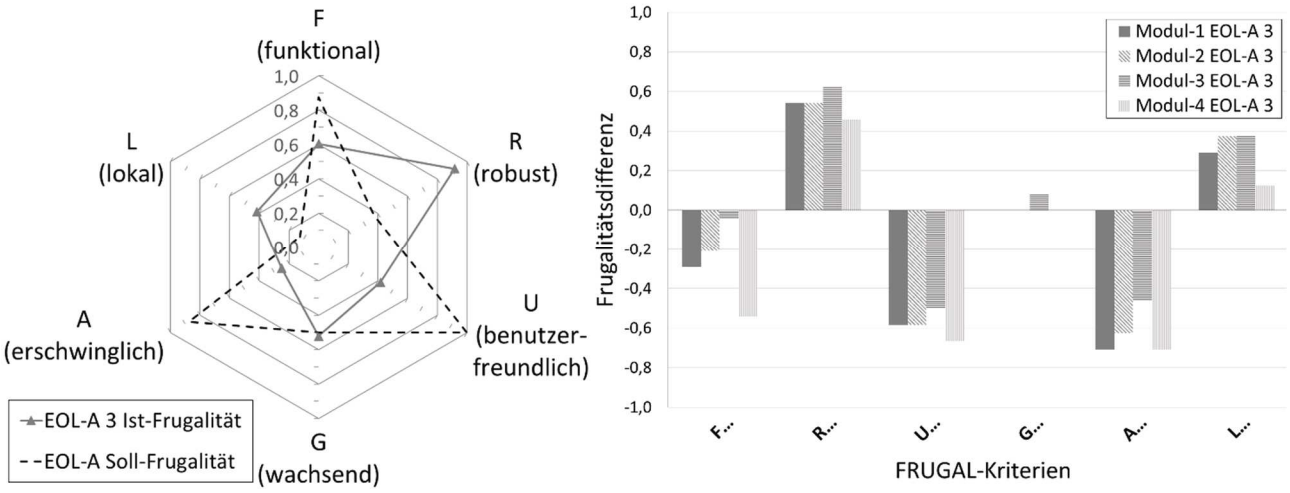


Abbildung 32: Soll-Ist-Vergleich der Frugalitäts-Kriterien-Werte bezogen auf die Produkteinheit Maschine (links) und die Frugalitätsdifferenz je Modul (rechts)

Die Abweichungsanalyse zeigt eine Diskrepanz bei der EOL-Automation. Beispielsweise ist der „F_R-Wert" (Kriterium robust) deutlich übererfüllt. Der Wert liegt außerhalb Soll-Frugalität (Abbildung 32 links) und weist bezogen auf die Produktstrukturebene der Module positive Werte auf (Abbildung 32 rechts). Defizite wurden hinsichtlich der „F_U- und F_A-Werte" identifiziert (innerhalb Soll-Frugalität Abbildung 32 links und negative Werte Abbildung 32 rechts).

Im nächsten Schritt wurde die Frugalität auf Ebene der Module den Kosten gegenübergestellt, siehe Frugalität-Kosten-Matrix in Abbildung 33 links. Damit konnten Handlungsprioritäten hinsichtlich der Fokussierung auf einzelne Module definiert werden. Wie die Abbildung zeigt, fallen für Modul-1 und Modul-4 nicht nur die höchsten Kosten an, sondern sie besitzen zudem auch die geringste Frugalität. Resultierend aus der Analyse wurden folglich die meisten Maßnahmen zur Optimierung bei Modul 4 ausgewählt. Fokus bei der Bearbeitung lag auf den Zielen der Kostenreduktion und Erhöhung der Frugalität. Modul-1 und Modul-4 besaßen die gleiche

Zielstellung. Die beiden übrigen Module sollten hingegen nur bei frei verfügbaren Ressourcen weiterentwickelt werden.

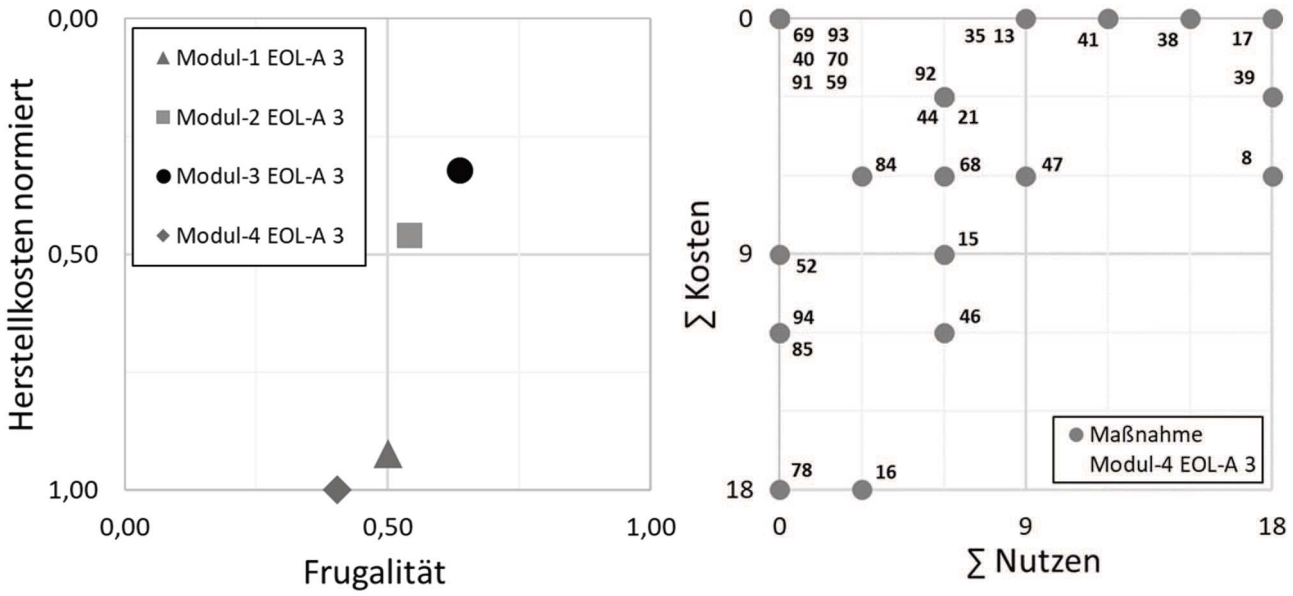


Abbildung 33: Gesamtauswertung mit Frugalität-Kosten-Matrix der bestehenden EOL-Automation (links) und Maßnahmen für Modul-4 in einer Kosten-Nutzen-Matrix (rechts)

In Abbildung 33 rechts werden die nummerierten und bewerteten Maßnahmen von Modul-4 darstellt. Dabei sind vorwiegend die Aspekte im oberen rechten Quadranten interessant, da hier der größte Nutzen mit dem geringsten Kostenaufwand zu erwarten ist. Der gesamte Planungsprozess der frugalen Maschine (RPFM-Methodik Phase I und II) wurde nach circa 3 Monaten bei Bahmüller abgeschlossen, anschließend startete die Umsetzung (Phase III).

6.5 Phase III - Umsetzung und Erfolgsmessung

Zur Validierung der Phase III wurde die Methodik auf zwei Ebenen im Unternehmen angewandt, siehe hierzu auch Kapitel 5.5 und Abbildung 27 rechts. Einerseits auf bereichsübergreifender Ebene im Kernteam (ganzheitlich / übergeordnet) und andererseits im Fachbereich Entwicklung / Konstruktion (konkrete technische Lösungen). Durch die zweiteilige Betrachtung konnte die Anwendbarkeit der Methodik in unterschiedlichen Detailierungsstufen analysiert und bewertet werden.

6.5.1 Definition der Potenziale der ersten Beispielmaschine (III.I)

Das Kernteam definierte zunächst die Key Results, bestehend aus den priorisierten Maßnahmen der Potenzialidentifikation sowie den abgeleiteten transparenten, messbaren und akzeptierten Indikatoren. Die Definition erfolgte für die einzelnen Fachbereiche, unter Rücksprache mit weiteren Mitarbeitenden. Waren die Key Results sehr groß und abstrakt, erforderte dies eine detailliertere Betrachtung. Im Folgenden wird daher das Vorgehen im Bereich der Entwicklung / Konstruktion bei Bahmüller dargestellt.

Die Aufteilung der Zuständigkeiten innerhalb des Fachbereichs (Entwicklung / Konstruktion) erfolgte anhand der vier Module der EOL-Automation mit den jeweiligen verantwortlichen Mitarbeitenden. Dies ermöglichte den Projektteilnehmenden je vorgegebenem Objective (Substanzielle Kostenreduzierung, Fokus auf Kernfunktionen und Optimierte Leistungsfähigkeit) die individuellen zwei bis fünf Key Results, basierend auf den Potenzialen im Maßnahmenkatalog (Erweiterungen möglich, siehe Kapitel 5.5), zu definieren. Letztere wiederum waren verknüpft mit den übergeordneten Key Results des Kernteammitglieds aus dem Fachbereich Entwicklung / Konstruktion. In Tabelle 8 sind beispielhaft fünf Key Results (Maßnahmen inklusive der Indikatoren) für das Objective der substantiellen Kostenreduktion des Moduls-4 dargestellt.

Tabelle 8: Beispielhafte Darstellung der RPFM-OKR-Tabelle für das Modul-4 der EOL-Automation mit dem Objective der substantiellen Kostenreduktion

	Definition:		
Objectives: (aktivierende Ziele)	**Nr.**	**Datum**	**Substantielle Kostenreduktion**
Key Results: (beeinflussbare Schlüsselergebnisse)	40	07.06.2019	Schiebeeinheit Ist-HK Reduzierung um 50 %
	11	07.06.2019	Seitenführung Ist-HK Reduzierung um 40 %
	121	07.06.2019	Hubeinheit Ist-HK Reduzierung um 50 %
	105	07.06.2019	Fahrwerk Ist-HK Reduzierung um 25 %
	99	07.06.2019	Maschinengestell Ist-HK Reduzierung um 20 %

6.5.2 Umsetzung und Erfolgsmessung der Potenziale (III.II & III.III)

Nachdem alle Kernteammitglieder zusammen mit den jeweiligen Mitarbeitenden der Fachbereiche die Maßnahmen ausgewählt und OKRs definiert hatten, wurden diese im Kernteam-

Meeting vorgestellt, um Überschneidungen zu identifizieren und Transparenz zu schaffen. Anschließend begannen die iterativen Umsetzungszeiträume im zweiwöchentlichen Rhythmus (beim Kernteam mit einem vierwöchentlichen Rhythmus). Jedem beteiligten Mitarbeitenden war hierbei bekannt, was er fokussieren soll und womit er im Einzelnen zum Erfolg des Frugalprojekts und zur Maschine beitragen kann. Nach jeweils zwei Wochen erfolgte ein Status-Update, bei dem der aktuelle Stand jedes Key Results vorgestellt und diskutiert wurde. Darüber hinaus wurden neue Konzepte der angepassten oder teils neu entwickelten Komponenten und Baugruppen sowie weitere Aktivitäten erfasst. Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgte in jedem Status-Update. Der Fortschritt und somit die prozentuale Veränderung wurde grafisch aufbereitet (analog wie in Abbildung 29 dargestellt). Bei der EOL-Automation wurden innerhalb des Umsetzungszeitraums zahlreiche Potenziale erarbeitet, ein Auszug zeigt Abbildung 34.

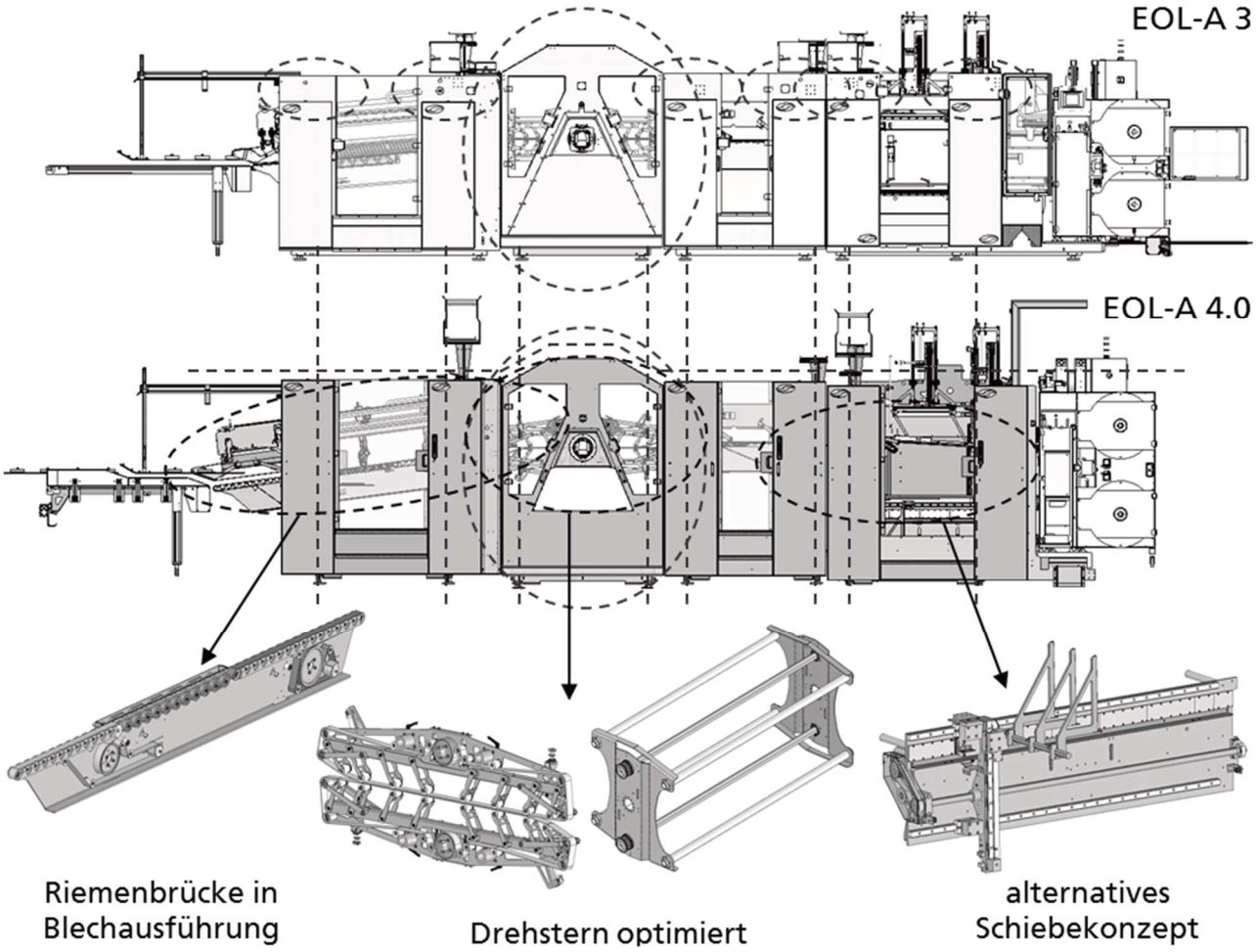


Abbildung 34: Beispielhafte Darstellung optimierter Produkteinheiten[23]

[23] Bahmüller 2020

Das Fahrwerk wurde beispielsweise über alle Module hinweg vereinheitlicht und eine Funktionsintegration führte zu einem alternativen und kostengünstigeren Fertigungsverfahren. Ebenfalls vereinheitlicht wurden die Seitenwände, die nun als Gleichteile in allen Modulen verwendet werden. Bei Modul-1 wurden die Riemenbrücken in Blechbiegebauweise ausgeführt, die zuvor aus einzelnen Komponenten zum Schweißen und Schrauben bestanden. Beim Drehstern in Modul-2 fand eine Gewichtsoptimierung sowie zusätzlich eine Funktionsintegration der Grundplatten und Hebeln statt, sodass die Teileanzahl reduziert werden konnte. Ein neues Schiebekonzept in Modul-4 ermöglichte eine höhere Flexibilität der Maschine hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und somit auch der Ausbaustufen der Maschine.

6.6 Zusammenfassung und Ergebnisse des Validierungsbeispiel 1

Das Unternehmen Bahmüller wurde mit der entwickelten RPFM-Methodik über 16 Monate (Februar 2019 bis Mai 2020) hinweg begleitet. Hierbei wurden mehrere Workshops mit bis zu 15 Teilnehmenden durchgeführt. Ausgehend von der Unternehmensvision, wurden die einzelnen Strategien sowie die konkreten Aktivitäten der Beteiligten fokussiert. Phase III des Frugalprojekts erfolgte in iterativen Schritten und mit dem Ergebnis, dass im März/April 2020 die Inbetriebnahme der EOL-Automation Version 4.0 (2020) durchgeführt werden konnte, siehe Abbildung 35. Der verkaufte Prototyp wurde anschließend an den Kunden ausgeliefert.

Abbildung 35: Prototyp der End-of-Line-Automation 4.0 (2020) bei der Inbetriebnahme

Für die Erfolgsmessung der ersten frugalen Variante der EOL-Automation wurde ein direkter Vergleich vorgenommen. Hierzu wurde zunächst der Erfüllungsgrad der EOL-Automation 4.0, bezogen auf die bestehende unternehmensspezifische Definition von frugal (24 Produktmerkmale aus Kapitel 6.4), durch die Mitarbeitenden des Unternehmens erfasst. Im Weiteren wurden die Ergebnisse der Referenzmaschine und Soll-Frugalität gegenübergestellt, siehe Abbildung 36 links.

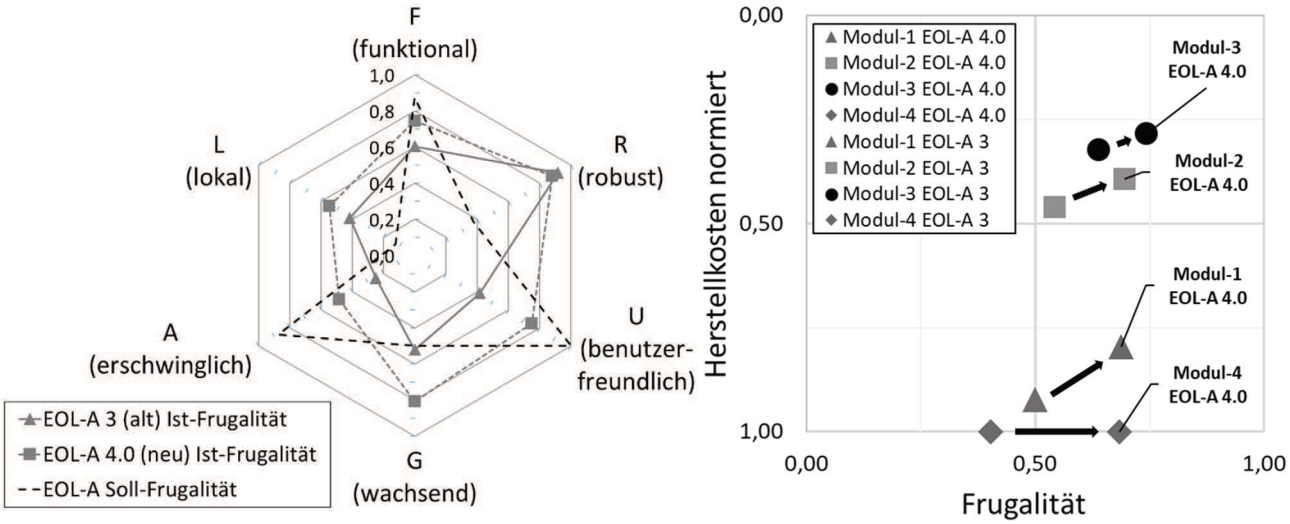


Abbildung 36: Vergleich der alten (EOL-A 3) und neuen (EOL-A 4.0) Maschine – Veränderung der Frugalitäts-Kriterien-Werte hinsichtlich der Soll-Frugalität (links) und Veränderung der Module hinsichtlich Frugalität und Kosten (rechts)

In der Grafik wird ersichtlich, dass die Ist-Frugalität der EOL-Automation 4.0 bei nahezu gleicher Robustheit in allen anderen fünf FRUGAL-Kriterien verbessert werden konnte. Die Auswertung rechts zeigt eine Verbesserung aller Module hinsichtlich Frugalität. Außer bei Modul-4 war zusätzlich eine Kostenoptimierung aller Module gelungen. Bei Modul-4 konnte trotz gleichbleibender Kosten die Frugalität signifikant gesteigert werden.

Durch die Planung und Umsetzung der frugalen EOL-Automation 4.0 (2020) konnten gleich mehrere Verbesserungen erreicht werden. Nachfolgend herausragende Ergebnisse:

- Bei zahlreichen Produkteinheiten konnte eine Reduktion der Herstellkosten erreicht werden: Beispielsweise bei den Verkleidungskomponenten der Umreifungsstation von circa

85 %, bei den Fahrwerken der Module von 36 % bis 53 % und bei den Antrieben der Dreheinheit von circa 51 %. In der Dreh- und Sammeleinheit (Modul-2) konnte durch konstruktive Maßnahmen, insbesondere durch Funktionsintegration und Änderung der Fertigungsverfahren, beim Drehstern eine Kosteneinsparung von circa 21 % erreicht werden.

- Die Änderungen am Drehstern im Modul-2 wirkten sich positiv auf die Komplexität und Vielfalt der Produkteinheit aus. Die Teilevarianz konnte hierbei um circa 26 % und die Teileanzahl um circa 19 % reduziert werden. Die Montagezeit des Moduls konnte dadurch von drei Wochen auf eine Woche reduziert werden.
- Die Leistungsfähigkeit der Maschine wurde auf mehreren Wegen gesteigert. Hierzu zählen zum Beispiel die erhöhte Durchlaufhöhe um circa 43 % in allen Modulen sowie die schnellere Prozessgeschwindigkeit von circa 33 % mit dem neuen Schiebersystem in Modul-4 und der Gewichtsreduktion des Drehsterns in Modul-2 von circa 60 %.
- Bei der neuen EOL-Automation kann dem Kunden darüber hinaus eine Maschine entsprechend seinem derzeitigen Geschäftsmodell angeboten werden. Die Maschine kann von einer Ausbaustufe „Basic“ (Leistungsfähigkeit etwas höher wie die Vorgängerversion) und mit über 20 % reduzierten Herstellkosten schrittweise (in drei Stufen) mit Optionspaketen auf eine Ausbaustufe „High Performance“ nachgerüstet werden.
- Für Kunden mit speziellen Kartonagenverpackungsaufträgen wurde noch eine Maschine außerhalb der oben genannten Grenzen generiert, bei welcher die Herstellkosten über 25 % reduziert werden konnten (Bezeichnung: „Low Basic“).

Gesamtheitlich betrachtet konnte ein großer Schritt in Richtung „ideale“ frugale Maschine und des definierten dualen Ansatzes („Basic“ und „High Performance“) erreicht werden (vgl. Zieldefinition in 6.3.2). Eine Übersicht hinsichtlich Herstellkosten- und Leistungsfähigkeitsentwicklung im Vergleich zur bestehenden Referenzmaschine (EOL-A 3) und den Zielwerten des Frugalprojekts (Leistungsfähigkeit +50 % / Herstellkosten -10 %) gibt Abbildung 37.

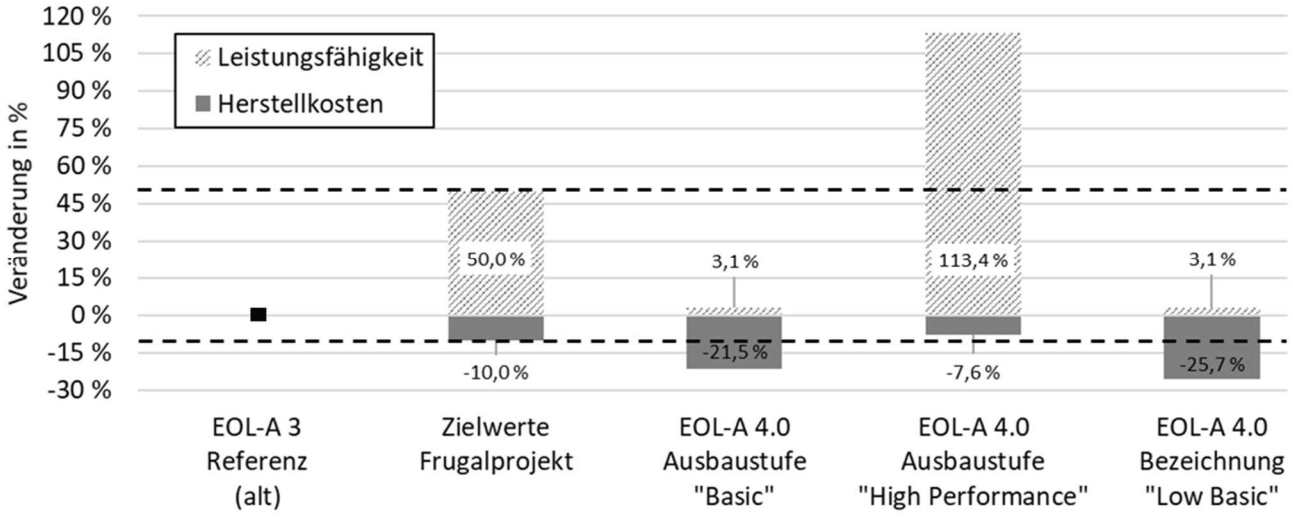


Abbildung 37: Übersicht der Ergebnisse des Validierungsbeispiels 1 mit Vergleich zur Referenzmaschine und den Zielwerten des Frugalprojekts

Bei der Durchführung des ersten Validierungsbeispiels wurde die Notwendigkeit eines unternehmensinternen Prozessverantwortlichen erkennbar. Die Mitarbeitenden verlangten nach einem dauerhaften Ansprechpartner, was ein externer Berater nicht leisten kann. Auch wurde der Wunsch nach einer Prozessübersicht geäußert, die zum Zeitpunkt des ersten Validierungsbeispiels noch nicht in das unterstützende Software-Tool integriert war. Beide Aspekte wurden im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigt und sind der Methodik in Kapitel 5 hinzugefügt. Als positiv erwies sich die einfache Einbindung der Methodik in die Strukturen der technischen Unternehmensbereiche. Die kaufmännischen Bereiche, wie zum Beispiel Vertrieb, Controlling und Einkauf, hatten hingegen zunächst Mühen, die geforderten Key Results in der frühen Projektphase zu definieren. Eine intensive Unterstützung durch den Moderator der Workshops sowie Beispiele aus der Analyse in Kapitel 3 erwiesen sich als hilfreich. Als Schlussfolgerung ist festzuhalten, dass eine frühzeitige und intensive Einbindung dieser Bereiche empfehlenswert ist, um die Notwendigkeit zur Zielerreichung von Vision und Strategie zu vermitteln.

6.7 Validierungsbeispiel 2

Eine zusätzliche Validierung fand im Rahmen der Anwendung der Methodik bei der J.G. Weisser Söhne GmbH & Co. KG (nachfolgend „Weisser“ genannt) statt.

6.7.1 Vorstellung Unternehmen und Maschine

Weisser produziert seit dem Jahre 1830 kleine Drehbänke und Schraubstöcke (offizielles Gründungsdatum: 1856). Heute zeichnet sich das Familienunternehmen durch seine knapp 500 Mitarbeitenden, einen Jahresumsatz von circa 100 Millionen Euro (2019) sowie die lokale Produktion aus. Als ein global agierender Hersteller von multifunktionalen Präzisions-Drehmaschinen und Drehzentren sind sie dem Teilbereich Werkzeugmaschinen zuzuordnen. (Weisser 2020a)

Im Rahmen der Validierung dieser Arbeit wurden die Pick-up-Drehmaschinen (Univertor-Baureihe IV) näher betrachtet, siehe Abbildung 38.

Abbildung 38: Weisser Pick-up-Drehmaschine (Univertor IV)[24]

Die Pick-up-Drehmaschinen sind für die stückkostengünstige Komplettbearbeitung bei sehr hohen qualitativen Anforderungen von Futterdrehteilen wie beispielsweise Getrieberädern ausgelegt. Die Maschinen ermöglichen durch integrierte Revolver und Schleifspindeln eine simultane Bearbeitung von zwei Werkstücken. Das Pick-up-Konzept ermöglicht ein hauptzeitparalleles Teilehandling und sorgt mit einer integrierten Wendestation für kurze Be- und Entladezeiten. (Weisser 2020b)

[24] Weisser 2020b

6.7.2 Herausforderung und Zielsetzung

Weisser, ein mittelständisches Unternehmen aus Baden-Württemberg, stand im Jahre 2019 zahlreichen Veränderungen gegenüber. Als einflussreichste Veränderung sind die neuen Antriebstechniken der Automobilbranche zu nennen. In der Konsequenz verlagerte sich die Automobilproduktion von den Erstausrüstern (englisch: Original Equipment Manufacturer, kurz OEM) hin zu den Lieferanten / Tiers (englisch: Rang). Letztere forderten aufgrund der kleinen Losgrößen und unterschiedlichen Auftraggebern ein breiteres Anwendungsspektrum von den Werkzeugmaschinen als die OEM. Bei gleichzeitig wachsendem Wettbewerb erforderte eine neue Antriebstechnik weiterhin neue Bearbeitungs- und Zerspanprozesse. Aus Kapazitätsgründen war bei Weisser die Einführung einer neuen Baureihe nicht möglich. Daher wurde die Entwicklung einer neuen Version der bestehenden Pick-up-Drehmaschine fokussiert.

6.7.3 Initialisierung des Anwendungsbeispiels

Das interdisziplinäre Kernteam bestand aus neun Mitarbeitenden, die aus den Bereichen: Entwicklung/Konstruktion, Controlling, Geschäftsführung, Vertrieb/Marketing, Einkauf und Montage zusammenkamen. Das Team konnte bei Bedarf auf 16 Mitarbeitende erweitert werden.

Der Verfasser dieser Arbeit übernahm die Moderation der einzelnen Workshops und das Anleiten der durchzuführenden Bausteine innerhalb der drei Phasen. Zusätzlich wurde im Unternehmen ein Verantwortlicher für das Frugalprojekt benannt. Letzterer übernahm sowohl unterstützende Tätigkeiten hinsichtlich des Verfahrens als auch schrittweise die Leitung und Durchführung der Workshops in Phase III. Das Projekt startete im Juni 2019.

6.7.4 Phase I - Visions- und Strategieentwicklung

Die Validierung der ersten Phase wurde entsprechend der Bausteine umgesetzt. Mittels der Checkliste wurde zunächst die Eignung der Methodik festgestellt. Mit Hilfe der Selbsteinschätzung und SWOT-Analyse wurde im Weiteren das Unternehmen charakterisiert. Hierdurch wur-

den erste Ansätze hinsichtlich der Pick-up-Drehmaschine und dem dazugehörenden Geschäftsmodell identifiziert und abschließend in einem Maßnahmenkatalog kategorisiert zusammengefasst. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wurden die Vision und Strategie im Kernteam definiert. Hauptverantwortlich war die Geschäftsleitung, die von allen beteiligten Fachbereichen unterstützt wurde. Die Vision und Strategie wurde in einem weiteren Workshop nochmals reflektiert und gemäß Abbildung 20 dargestellt. Die Ergebnisse wurden somit transparent für die Kommunikation im Unternehmen aufbereitet. Die Vision schloss eine Erweiterung des Geschäftsmodells mit ein, was einen Wandel im Unternehmen voraussetzte. Die Strategie zur Erreichung der Vision fokussierte die interne Prozessoptimierungen, um die Effizienz und Effektivität bestehender Aktivitäten zu steigern. Hinsichtlich der Maschine wurden Maßnahmen zur Erreichung von Standards und Flexibilität definiert. Frugal erhielt einen besonderen Stellenwert innerhalb der gesamten Strategie. Ziel des Frugalprojekts war die Maschinen in ihrer nächsten Generation, dem „Ideal" einer frugalen Maschine iterativ anzunähern. Weitere Ziele und Nicht-Ziele, die definiert wurden, sind zum Beispiel: „einheitliche Baugruppen für eine Plattformstrategie", „kostenoptimierte Maschine ohne Berücksichtigung von Liefervorschriften", „Lieferzeit < vier Monate", „einfaches und modulares Konzept zur Verkettung der Maschinen", „keine eierlegende Wollmilchsau!". Die Zielherstellkosten der neuen Generation sollten im Vergleich zur bestehenden Maschine um circa 20 bis 35 % geringer sein. Aufgrund von Sonderausführungen beziehungsweise Liefervorschriften im Automobilbereich variierte der Zielbereich um bis zu 15 %. Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit sollte die Maschine trotz der Kostenreduktion eine gleichbleibende Robustheit und Zuverlässigkeit wie das Vorgängerprodukt aufweisen.

6.7.5 Phase II - Potenzialidentifikation

Die bestehende Drehmaschine wurde zunächst charakterisiert (Struktur, Funktion und Kosten). Anschließend fand die Erfassung allgemeiner Ideen zur Verbesserung der Maschine sowie Prozesse statt. Hierbei wurden 62 Potenziale erfasst und kategorisiert. Viele der Potenziale lagen im Bereich der Erhöhung der Kommunikation, Entwicklung neuer technischer Konzepte unter Berücksichtigung der Montageaufwände, Kostenkontrolle, Prozessstandards und Kundennutzen.

Im Weiteren erfolgte die unternehmensspezifische Definition von frugal inklusive Gewichtung. Damit konnte anschließend die Erfassung des Erfüllungsgrads der definierten Produkteinheiten (Produktstrukturebene Baugruppe mit 15 Einheiten) erfolgen. Im Zuge der Berechnungen der „Frugalität" und „F_k-Werte" wurde eine Übererfüllung der FRUGAL-Kriterien „wachsend, lokal und benutzerfreundlich" aufgedeckt, wohingegen das Kriterium „erschwinglich" Defizite an der bestehenden Maschine aufzeigte, siehe Abbildung 39 links.

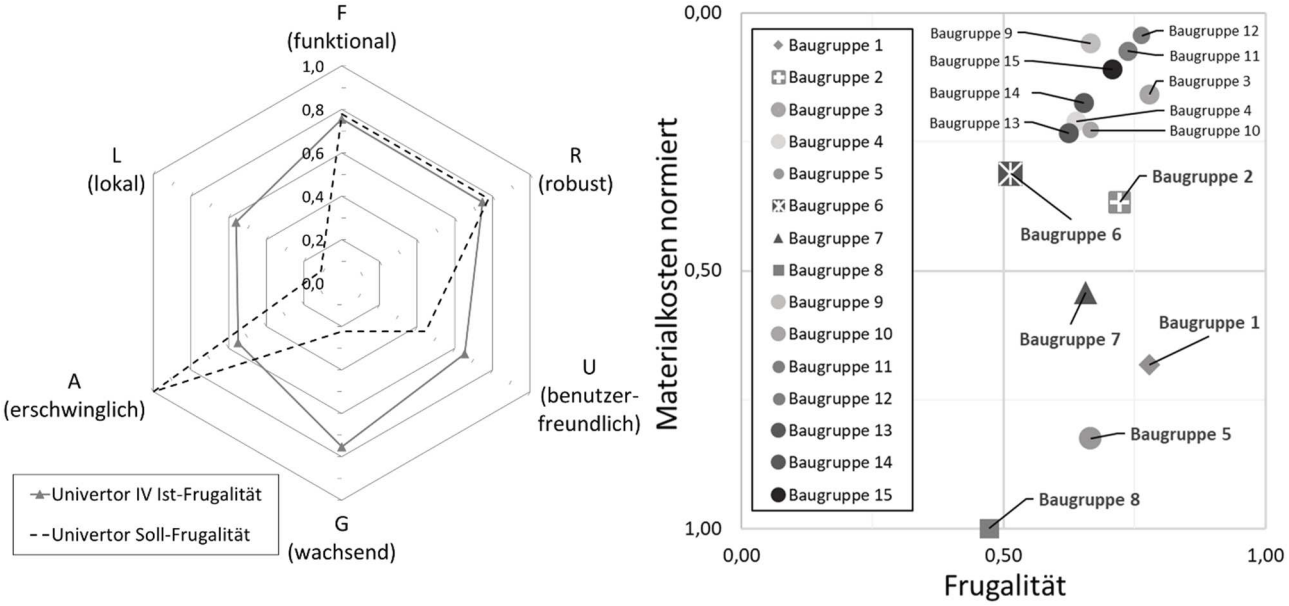
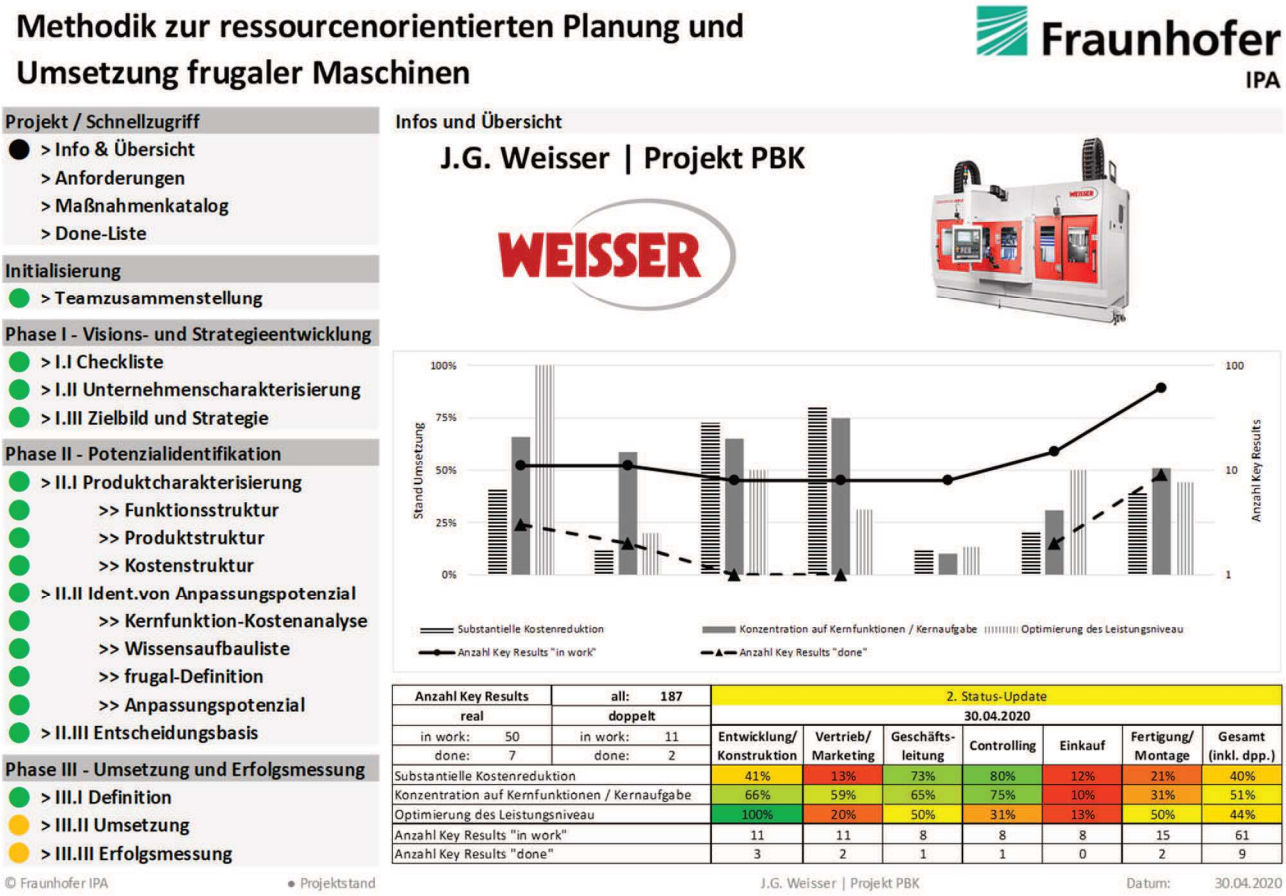


Abbildung 39: Soll-Ist-Vergleich der Frugalität der gesamten Pick-up-Drehmaschine (links) und der Frugalität-Kosten-Matrix auf Baugruppenebene (rechts)

In der Abbildung 39 rechts sind die sechs Baugruppen mit den höchsten Kosten und gleichzeitig höchstem Defizit hinsichtlich Frugalität hervorgehoben. Die Aufbereitung der Ergebnisse unterstützte das Kernteam bei der Entscheidung hinsichtlich der Priorisierung der zur Verfügung stehenden Ressourcen. Die Identifikation des zusätzlichen Potenzials fand während und nach der Erfassung des Erfüllungsgrads der bestehenden Maschine hinsichtlich der 24 Produktmerkmale statt. Die Anzahl Maßnahmen erhöhte sich hierbei auf 187. Beispielsweise wurden im Bereich des Maschinengrundaufbaus hinsichtlich der Herstellung zahlreiche neue Potenziale identifiziert. Weitere Maßnahmen standen im Zusammenhang mit Standards bei Werkzeugträgern, Achsen sowie der Montage. Alle Potenziale wurden im Weiteren bewertet (analog Abbildung 24). Die Bewertung erfolgte aufgrund der hohen Anzahl an Potenzialen in einem mehrstufigen Prozess. Jedes Kernteammitglied bewertete die Maßnahmen zuerst eigenständig oder im Fachbereich, bevor diese anschließend im Kernteam bereichsübergreifend bewertet wurden.

6.7.6 Phase III - Umsetzung und Erfolgsmessung

In einem gemeinsamen Workshop definierte jedes Kernteammitglied stellvertretend für seinen Bereich oder in Abstimmung zu den vorgegebenen Objectives die Key Results (Maßnahmen inklusive transparenten, messbaren und akzeptierten Indikatoren). Für die Übersichtlichkeit im Prozess wurde die entwickelte IT-Lösung für die RPFM-Methodik eingesetzt. In Abbildung 40 wird exemplarisch die Projektübersichtsseite des Validierungsbeispiels dargestellt.



Anzahl Key Results	all: 187	2. Status-Update						
real	doppelt	30.04.2020						
in work: 50	in work: 11	Entwicklung/ Konstruktion	Vertrieb/ Marketing	Geschäfts-leitung	Controlling	Einkauf	Fertigung/ Montage	Gesamt (inkl. dpp.)
done: 7	done: 2							
Substantielle Kostenreduktion		41%	13%	73%	80%	12%	21%	40%
Konzentration auf Kernfunktionen / Kernaufgabe		66%	59%	65%	75%	10%	31%	51%
Optimierung des Leistungsniveau		100%	20%	50%	31%	13%	50%	44%
Anzahl Key Results "in work"		11	11	8	8	8	15	61
Anzahl Key Results "done"		3	2	1	1	0	2	9

Abbildung 40: Darstellung der Projektübersichtsseite des RPFM-Tools im Validierungsbeispiel 2 mit der grafischen und numerischen Ergebnisdarstellung der Umsetzung

Die Navigationsleiste links bietet auf der Projektübersichtsseite die Möglichkeit eines Schnellzugriffs auf die einzelnen Bausteine der Methodik. Weiter werden unter der Rubrik „Info & Übersicht“ die prozentualen Ergebnisse aus dem letzten Status-Update-Meeting grafisch und numerisch für alle definierten Unternehmensbereiche dargestellt.

Bei Validierungsbeispiel 2 erfolgte die Aufteilung in sechs Bereiche, siehe Abbildung 40 unten. Das Kernteam definierte im ersten Iterationsschritt 47 von 187 Key Results für die Bearbeitung.

Hierbei gab es zahlreiche Überschneidungen, was zum Austausch und zur gemeinsamen Erarbeitung von Lösungen führte. Beispielhaft kann die Maßnahme „Kostentreiber identifizieren » fünf ausgelieferte Maschinen komplett analysieren“ genannt werden, an der die Fachbereiche Entwicklung/Konstruktion und Controlling gemeinsam arbeiteten.

Das Kernteam sowie alle beteiligten Mitarbeitenden konnten durch die Verwendung des RPFM-Tools sowohl auf den Gesamtstatus als auch auf Teilergebnisse, wie zum Beispiel einzelne Vorschritte eines bestimmten Key Results in einem anderen Bereich, zugreifen.

6.7.7 Zusammenfassung und Ergebnisse

Das Unternehmen Weisser wurde mit der Methodik über 21 Monate (Juni 2019 bis Februar 2021) begleitet. Hierbei wurden mehrere Workshops mit bis zu 16 Teilnehmenden durchgeführt. In iterativen Schritten wurde das Frugalprojekt umgesetzt, sodass voraussichtlich im Mai 2021 die Präsentation der Pick-up-Drehmaschine „Univertor V“ erfolgen kann. Die Abbildung 41 zeigt den frugalen Prototypen bei Weisser in der Montage und bei der Inbetriebnahme.

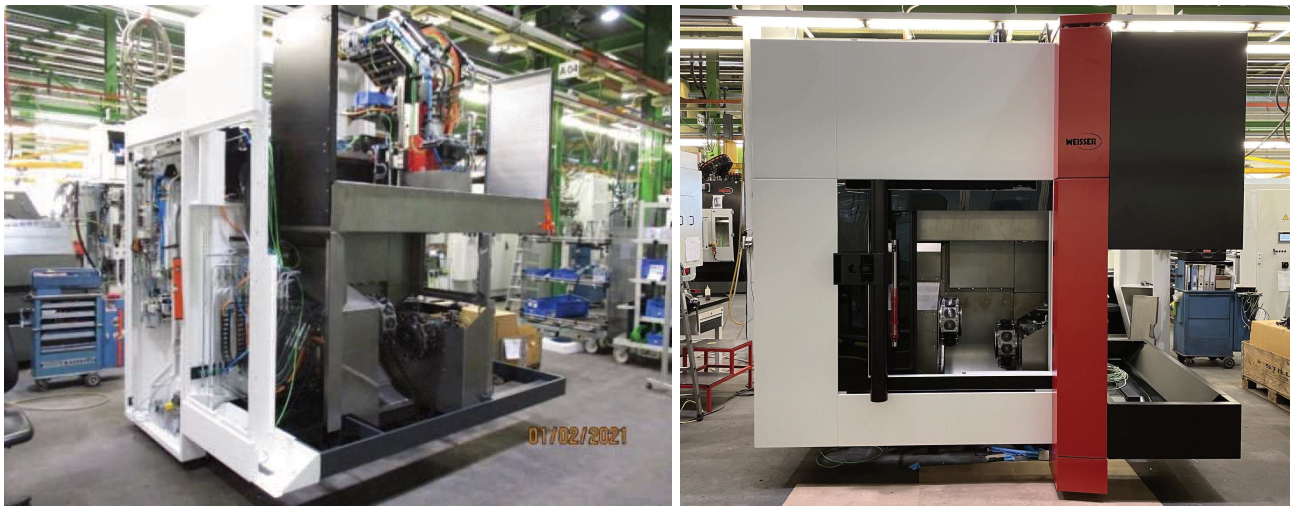


Abbildung 41: Montage (links) und Inbetriebnahme (rechts) des frugalen Prototypen[25]

Im Umsetzungszeitraum des Projekts konnten zahlreiche durch die Methodik identifizierte Potenziale fokussiert bearbeitet werden, was zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit und Reduzierung der Herstellkosten der Maschine führte. Beispiele sind nachfolgend aufgelistet:

[25] Weisser 2021

- Bei zahlreichen Produkteinheiten konnte eine Reduktion der Herstellkosten erreicht werden: Beispielsweise beim Spindelträger mit Motorspindel von circa 22 %, bei der Elektrik/Software von circa 23 %, Maschinengrundaufbau circa 30 % und Bereich Fluid (Hydraulik, Pneumatik, Schmierung) durchschnittlich circa 50 %.
- Die Änderungen Bereich der Maschinenverkleidung und Fluid wirkten sich positiv auf die Komplexität und Vielfalt in der Produkteinheit aus. Eine drastische Reduktion der Teile wurde im Bereich Fluid erzielt. Das neue Filterkonzept konnte zu einem Modul zusammenfasst und die Teileanzahl von 36 und neun reduziert werden.
- Durch Klemmleisten an den Führungsschienen wird die Montage deutlich erleichtert und verbessert zusätzlich die Tätigkeit der Monteure hinsichtlich Ergonomie.
- Der neue Maschinenaufbau (Maschinenständer auf geschweißter Spänewanne) eliminiert das Fehlerrisiko in der Montage hinsichtlich Undichtigkeit der Maschine. Die Änderung der Bewegungsrichtung der Späneschutztür reduziert Störungen im Prozessablauf.
- Durch die Auslagerung der Kreuzschlitten in die Vormontage konnte die Durchlaufzeit der Grundmaschine in der Montage um 20 % reduziert werden.
- Die gleichbleibende Leistungsfähigkeit der Maschine, gegenüber dem Vorgängerprodukt, konnte durch den Einsatz qualitativ hochwertiger Komponenten erreicht werden. Die Positioniergenauigkeit der Maschine konnte durch die Optimierung des Antriebsystems (Motor, Riemen und Kugelgewindetrieb) erhöht werden.
- Bei der neuen Pick-up-Drehmaschine existiert zum einen eine definierte Grundmaschine, die auftragsneutral in einer Taktmontage montiert werden kann. Zudem wurden Auswahloptionen definiert, aus denen der Kunde eine Maschine zusammenstellen kann. Die Möglichkeit der Maschinenkonfiguration reduziert (beziehungsweise verhindert bestenfalls) den Aufwand der auftragsbezogenen Konstruktion und spart Ressourcen.

Für die Erfolgsmessung der ersten frugalen Variante der Pick-up-Drehmaschine wurde im Kernteam die neue Frugalität ermittelt. Für den direkten Vergleich der alten und neuen Pick-up-Drehmaschine werden in Abbildung 42 links die Frugalitäts-Kriterien-Werte hinsichtlich der Soll-Frugalität dargestellt. Ersichtlich wird hierbei das gleichbleibende Produktmerkmal funktional und eine minimale Verbesserung aller anderen fünf FRUGAL-Kriterien.

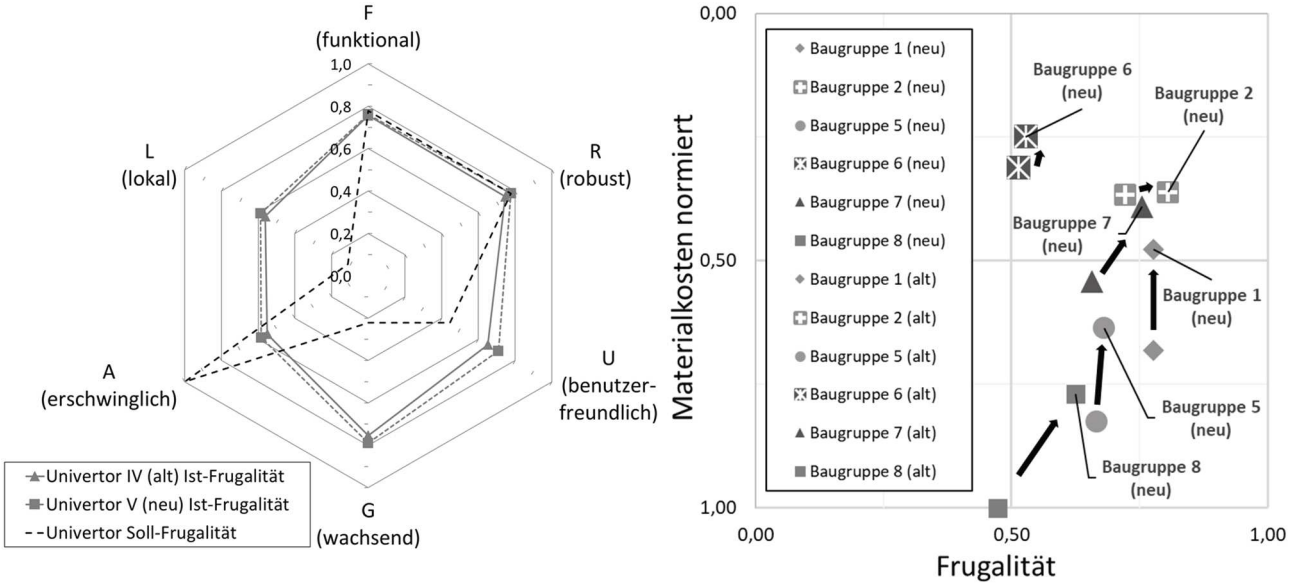


Abbildung 42: Vergleich der Frugalitäts-Kriterien-Werte der alten und neuen Pick-up-Drehmaschine hinsichtlich der Soll-Frugalität (links) und Frugalitäts-Kosten-Matrix hinsichtlich der Veränderung der Baugruppen der Pick-up-Drehmaschine (rechts)

In der Abbildung 42 rechts werden die sechs Baugruppen mit der höchsten Handlungspriorität hinsichtlich der Veränderung von Univertor IV (alt) auf V (neu) in der Frugalitäts-Kosten-Matrix gegenübergestellt, die restlichen neun Baugruppen sind nahezu unverändert. Die Auswertung zeigt eine Verbesserung der Frugalität bei den Baugruppen, ausgenommen von Baugruppe 1. Eine Kosteneinsparung wurde bei allen sechs Baugruppen der Pick-up-Drehmaschine erreicht.

Die definierten Ziele des Frugalprojekts hinsichtlich der Kosten und Leistungsfähigkeit wurden mit der neuen Variante der Maschine erreicht (Kosten circa -20 bis -35 % bei gleichbleibender Robustheit und Zuverlässigkeit, vgl. Kapitel 6.7.4). Die Herstellkosten konnten bezogen auf die schwankenden Werte der Referenzmaschine um circa 25 % reduziert werden. Der größte Anteil fällt hierauf den Bereich der Montage, der durch die Komplexitätsreduktion der Produkteinheiten bis zu 50 % an Arbeitsstunden und somit Kosten eingespart hat. Durch die Reduzierung an Varianten und Optionen konnte auch das Ziel der Leistungsfähigkeit bei gleichbleibendem Einsatz hochwertiger Komponenten erreicht werden.

Zusätzlich zu den erreichten Zielen des Frugalprojekts konnte ein Prozess im Unternehmen etabliert werden, der sowohl von den Mitarbeitenden als auch den Führungskräften mitgetragen und umgesetzt wird. Ausschlaggebend hierfür war die hohe Transparenz im Frugalprojekt. Eine klare Zielsetzung, klare Rahmenbedingungen und ein Entscheidungsgremium verhalfen zu umfassendem Einblick und Motivation aller Beteiligten über die Projektdauer hinweg. Durch den

ressourcenorientierten Ansatz der Methodik konnte das unternehmensinterne Wissen um Produkt und Prozesse gesteigert werden, was zu einer nachhaltigen Verbesserung der Wettbewerbsposition des Unternehmens führt.

6.8 Kritische Reflexion

Durch die Anwendung der Methodik an zwei praktischen Beispielen wurde deren Anwendbarkeit und Operationalität validiert. Beispielhaft wurden die Zusammenhänge der einzelnen Bausteine und Phasen verdeutlicht sowie Ergebnisse dargestellt. Eine schriftliche Befragung (siehe Anhang X) unter den an der Validierung beteiligten Teilnehmenden (n=13) bestätigt im quantitative Befragungsteil, dass die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Methodik den definierten Anforderungen gerecht wird, siehe Abbildung 43.

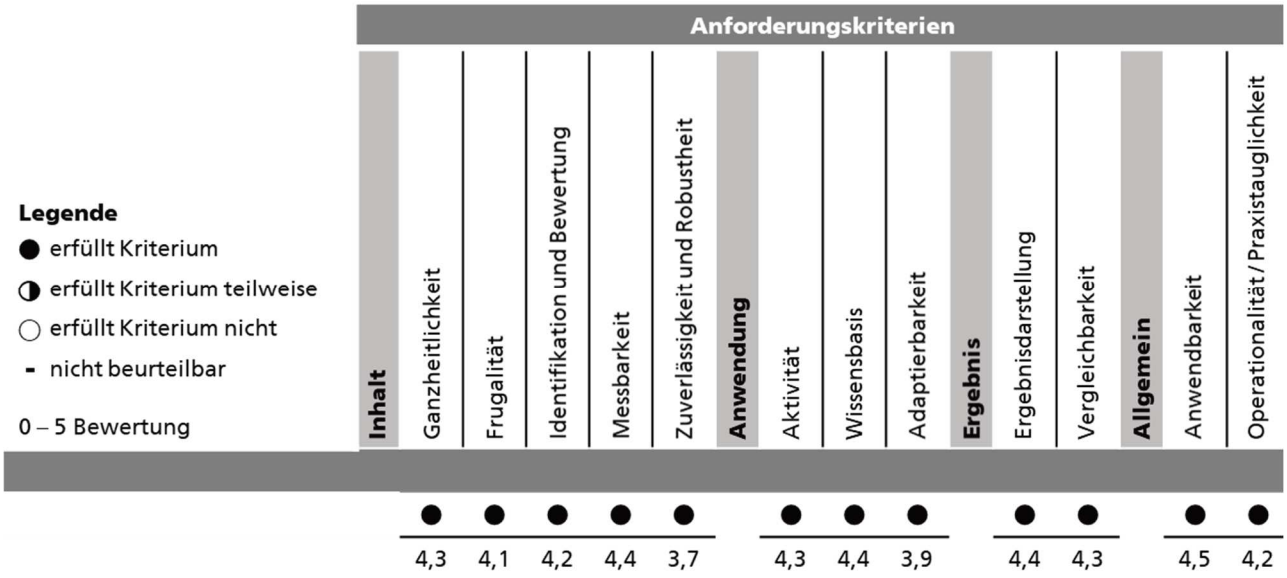


Abbildung 43: Bewertung der Methodik hinsichtlich der Anforderungen durch die Teilnehmenden der Validierung

Im qualitativen Befragungsteil wurden die Teilnehmenden des Frugalprojekts aufgefordert, Feedback zu den Anforderungskriterien sowie allgemein zur Methodik und Vorgehensweise zu geben, siehe auch Anhang Y. Das Feedback zeigt ein sehr positives Bild. Die Methodik sei „eine sinnvolle Ergänzung zu bekannten Herangehensweisen und Konstruktionsmethoden", da sie das intuitive Vorgehen von erfahrenen Konstrukteuren abbildet sowie junge Konstrukteure unterstützt. Die Abläufe seien klar strukturiert und die Visualisierung des gesamten Prozesses sei

sehr gut gelöst. In den Workshops entwickelte sich eine positive Dynamik, wodurch die Teilnehmenden keine Scheu hatten, vermeintlich abstruse Ideen auszusprechen. Die Priorisierung der Maßnahmen wiederum half den Mitarbeitenden sich im Projekt zu fokussieren. Der regelmäßige Austausch bietet eine gewisse "Rückversicherung" bei späterer Beanstandung, da alle Fachbereiche beteiligt und informiert werden. Die Anzahl und Dauer der Status-Updates in den Kernteams sowie in den Fachbereichen wurde von den Teilnehmenden unterschiedlich wahrgenommen. Zumeist waren die Teilnehmenden sehr motiviert und engagiert im Frugalprojekt beteiligt. Dies förderte den Wunsch nach noch mehr und detaillierterem Austausch. Nicht alle identifizierten Potenziale konnten bei den beteiligten Unternehmen der Validierung während des Umsetzungszeitraums bearbeitet oder realisiert werden. Die Methodik kann von den Unternehmen im Gesamten oder adaptiv angepasst weiter angewendet werden, was für die Teilnehmenden der Befragung wünschenswert ist (4,3 von 5,0 Punkten). Ohne externe Begleitung fühlen sich die Personen unterschiedlich bereit, die Methodik weiter anzuwenden (Bewertungen von 2 bis 4 Punkten). Die Unterstützung durch die Methodik sehen die Beteiligten sowohl kurz- als auch langfristig als sehr positiv (kurz- 4,4 und langfristig 4,5 von 5,0 Punkten).

Nachfolgend findet eine Gegenüberstellung der zwei Validierungsbeispiele statt, um übergreifende Erkenntnisse zu gewinnen. Beide mittelständischen Unternehmen agieren in volatilen Märkten und standen zum Zeitpunkt der Validierung sich verändernden Rahmenbedingungen gegenüber. Weiterhin sind die begrenzt vorhandenen und verfügbaren Ressourcen sowie die geringe Risikobereitschaft hinsichtlich radikalen Änderungen, beispielsweise der Technologie, merkmalsgebend. Bei beiden Validierungsbeispielen wurde das Ziel der Weiterentwicklung einer bestehenden Maschine gewählt. Zur Weiterentwicklung konnten die Unternehmen jeweils auf ein sehr hohes technologisches Know-how und qualitativ hochwertige Produkteinheiten zurückgreifen. Die größte Herausforderung lag bei beiden zunächst in der bereichsübergreifenden Herangehensweise. Bestehende Wege zu verlassen und sich auf einen neuen Weg einzulassen, begleitet durch die RPFM-Methodik, war für einzelne Teilnehmende zunächst nicht einfach. Durch die Anwendung der Methodik wurde jedoch bei beiden Validierungsbeispielen eine sehr hohe Anzahl an Potenzialen zur Verbesserung des Preis-Leistungs-Verhältnisses der Maschinen identifiziert. Eine gewisse Skepsis bezüglich des neuen Prozesses herrscht weiterhin, da erst umgesetzte Maßnahmen zu einer Verbesserung führen und in der Vergangenheit oftmals

eine konsequente Umsetzung fehlte. Die Anwendung der Methodik führte zu einer Zielstrebigkeit in den Frugalprojekten. Die Unternehmensbereiche Konstruktion und Montage konnten sich bei beiden Beispielen als Erste mit der neuen Vorgehensweise identifizieren, da sie den Nutzen für sich erkannten. Die übrigen Unternehmensbereiche hatten zum Teil Schwierigkeiten, sich in der frühen Projektphase in den Prozess einzubringen. Gegen Ende hat sich deren Beteiligung jedoch als hilfreich erwiesen, da sich ein gemeinsamer Kenntnisstand positiv auf die Entscheidungsprozesse auswirkte. Die RPFM-Methodik führte bei Validierungsbeispiel 1 zu einem Umdenken und neuen Strukturen im Bereich der Beschaffung. Bei Validierungsbeispiel 2 wurde dem Bereich Controlling und internes Normungs-und Standardisierungswesen eine bedeutende Rolle zu Teil. Beide Unternehmen hatten ähnliche Rahmenbedingungen und haben sich für ähnliche Ziele sowie Strategien entschieden. Die bedeutendsten Faktoren waren: Transparenz, Kommunikation und Disziplin. Tabelle 9 stellt zusammenfassend die grundsätzlichen Rahmenbedingungen und Ergebnisse der beiden Umsetzungsbeispiele gegenüber.

Tabelle 9: Rahmenbedingungen und Ergebnisse der beiden Umsetzungsbeispiele

	Validierungsbeispiel 1	**Validierungsbeispiel 2**
Teilbereich des Maschinenbaus	Verpackungsmaschinen	Werkzeugmaschinen
Unternehmensgröße	circa 380 Mitarbeitende	circa 500 Mitarbeitende
Herausforderung	Vielfältigkeit der Maschinen und begrenzte Ressourcen	Veränderung in der Automobilbranche/-produktion
Zielsetzung	Weiterentwicklung der bestehenden Maschine Version 3 auf 4	Weiterentwicklung der bestehenden Maschine Version 4 auf 5
- Herstellkosten	circa -10 %	circa -20 bis -35 %
- Leistungsfähigkeit	circa +50 % (Durchsatz Kartonagen in Stück/Stunde)	gleichbleibende Robustheit und Zuverlässigkeit zur Referenz
Zielerreichung	Grundmaschine mit Optionspaketen	Grundmaschine mit Optionskombination
- Herstellkosten	circa -8 bis -26 %	circa -25 %
- Leistungsfähigkeit	Ausbaustufe „Basic“ (circa +3 %) erweiterbar in drei Stufen mit Optionspaketen bis Ausbaustufe „High Performance“ (circa +113 %), Reduzierung der Komponenten und Komplexität (Drehstern, Brücken, Fahrwerk)	Erhöhung der Positioniergenauigkeit, Grundmaschine für auftragsneutrale Taktmontage, Optionspakete für Kundenanpassungen, Reduzierung der Schmierstoffkosten, Reduzierung der Komponenten (Filter, Kühlung) und Fehleranfälligkeit

Zusammenfassend kann durch die Anwendung bei beiden Validierungsbeispiele im Maschinenbau festgehalten werden, dass sich die Methodik als geeignetes Hilfsmittel zur systematischen sowie ressourcenorientierten Planung und Umsetzung frugaler Maschinen erwiesen hat. Die interdisziplinäre Anwendung integriert mitarbeitergebundenes Wissen und baut unternehmensinternes Know-how auf. Die Methodik fördert die Fokussierung der kurzfristigen Aktivitäten und unterstützt das Unternehmen bei der Zielerreichung.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Zum Abschluss erfolgt in Kapitel 7.1 eine Zusammenfassung dieser Arbeit sowie in Kapitel 7.2 ein Ausblick auf weitere mögliche Schritte und Forschungsschwerpunkte.

7.1 Zusammenfassung

Ausgehend von der empirischen Identifikation des Handlungsbedarfs auf dem Gebiet der frugalen Maschinen zeigte sich die Notwendigkeit dieser Arbeit und damit die Beantwortung der Forschungsfrage, wie mittelständische Maschinenbauunternehmen die Entwicklung frugaler Maschinen methodisch und unter eingeschränkter Ressourcenverfügbarkeit umsetzen können.

Ziel der Arbeit war die Konzeption und Validierung einer Methodik unter Berücksichtigung bestehender Ansätze, um Anwendern aus dem deutschen Maschinenbau eine Grundlage für die Planung und Umsetzung frugaler Maschinen zu bieten. Eine zentrale Anforderung lag daher in der Verknüpfung der operativen Planung und Umsetzung mit dem strategischen Management, um Effizienzvorteile für das Unternehmen im Wettbewerb zu erreichen.

Die Anforderungen an die Methodik wurden differenziert aus Sicht der industriellen Praxis und der wissenschaftlichen Theorien betrachtet. Für den Bereich der Praxis wurden zum einen branchenübergreifende und interdisziplinäre Diskussionsgruppen, Experteninterviews sowie fallinterne Studien im Maschinen- und Anlagenbau durchgeführt. Die Ansätze aus der Entwicklung frugaler Innovationen, Produktplanung und -entwicklung sowie Unternehmensführung und -steuerung bildeten den theoretischen Teil. Ausgehend davon wurde der Handlungsbedarf abgeleitet und eine Methodik konzipiert.

Ergebnis ist eine interagierende Methodik, deren übergeordneter Bezugsrahmen der Managementansatz mit Objectives und Key Results nach Doerr bildet. Diese Grundlage ermöglicht die Verknüpfung der kurzfristigen Fokussierung von Aktivitäten mit langfristigen Unternehmenszielen sowie die Integration aller Mitarbeitenden. Letzteres hat sich durch die empirische

Analyse als ein zentraler Erfolgsfaktor zur Umsetzung frugaler Maschinen herauskristallisiert. Die Methodik gliedert sich in drei Phasen und wird durch ein interdisziplinäres Kernteam mit einem Prozessverantwortlichen im Unternehmen zentral gesteuert. Mit Hilfe der ersten Phase können Unternehmen die aktuelle Situation (intern und extern) sowie bestehende Prozesse analysieren und in Bezug auf den „frugalen Ansatz" reflektieren. Letzteres dient als Basis um die Unternehmensvision und -strategie zu überprüfen sowie gegebenenfalls zu korrigieren. In der zweiten Phase wird die bestehende Maschine charakterisiert, um im weiteren Schritt die Potenziale zu einer iterativen Anpassung an eine „ideale" frugale Maschine zu identifizieren. Hierfür finden ein Wissensaufbau und die unternehmensspezifische Definition von frugal statt. Die Identifikation des Potenzials kann auf allen Ebenen der Produktstruktur erfolgen, sodass die Anwendung der Methodik den verfügbaren Ressourcen angepasst werden kann. Zur Integration von mitarbeitergebundenem Wissen werden die (Leistungs- und Führungs-)Potenziale erfasst sowie anschließend kategorisiert, bewertet und sortiert. Die Zusammenfassung der bewerteten Potenziale erfolgt in einem Katalog, ausgehend von dem höchsten Nutzen und dem geringsten Aufwand. Potenziale, die in jeglicher Hinsicht eine Reduzierung von Produkt-merkmalen erwirken, werden gesondert in Bezug auf deren Wechselwirkungen sowie Auswirkungen auf die Robustheit und Zuverlässigkeit der Maschine analysiert. Die beiden ersten Phasen bilden zusammen die Entscheidungsbasis für die dritte Phase. In letzterer werden die Ziele (Objectives) auf die drei wesentlichen Kriterien frugaler Innovationen nach Weyrauch (substantielle Kostenreduktion, Konzentration auf Kernfunktionen, optimiertes Performancelevel), vordefiniert. Jeder Mitarbeitende hat im Weiteren die Möglichkeit, einen Beitrag zur Erreichung dieser Ziele und somit zur Unternehmensvision zu leisten, indem er seine Aktivitäten in Form von Key Results diesen unterordnet. Letztere bestehen aus den bisher identifizierten Potenzialen im Maßnahmenkatalog sowie einem messbaren Indikator für die Zielerreichung. Jeder Mitarbeitende darf aufgrund der Fokussierung nur zwei bis fünf Key Results je Objective gleichzeitig wählen und bearbeiten. Abgearbeitete Potenziale werden als erledigt markiert, was den Prozess transparent und nachvollziehbar gestaltet. Die Maschine wird somit im Rahmen einer Weiterentwicklung an die Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Innovationen angepasst. Wie weit sich die Maschine dem „Ideal" einer frugalen Maschine im Rahmen einer Anpassung annähert, hängt von den zur Verfügung stehenden Ressourcen des Unternehmens ab und kann damit individuell an den Bedarf angepasst werden. Die dritte Phase kann folglich einen definierten

Zeitraum einnehmen, kontinuierlich oder phasenweise im Unternehmen Anwendung finden. Die iterative Anwendung der Methodik in einem interdisziplinären Kernteam erhöht die Interaktivität und Kommunikation im Unternehmen. Dies hilft dem Unternehmen das erforderliche Mindset aufzubauen und die erforderlichen Veränderungen umzusetzen.

Die Validierung der Methodik fand anhand zweier umgesetzter Beispiele in der Praxis statt, einer Verpackungsmaschine und einer Werkzeugmaschine. Beide Unternehmen wurden bei der Weiterentwicklung ihrer Maschinen mit der vorgestellten Methodik unterstützt. Die Erkenntnisse bei der Durchführung der Methodik wurden reflektiert und Verbesserungen eingearbeitet.

Die in dieser Arbeit entwickelte Methodik ermöglicht es Maschinenbauunternehmen, die Planung und Umsetzung frugaler Maschinen in bestehende Entwicklungsabläufe und -prozesse systematisch und strukturiert einzubinden. Aufgrund der Flexibilität, hinsichtlich der betrachteten Detailierungsstufe der bestehenden Maschinen sowie des iterativen Ansatzes zur Anpassung und Optimierung hinsichtlich der Erfolgsfaktoren und Kriterien frugaler Innovationen, ist die Anwendbarkeit für Unternehmen mit eingeschränkter Ressourcenverfügbarkeit gegeben.

7.2 Ausblick

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Validierung mit zwei Industrieunternehmen wurde in Kapitel 6.8 reflektiert, wodurch Anregungen zur Weiterentwicklung der Methodik ersichtlich werden. Eine neue Methodik zu erlernen, ist für die Anwendenden immer eine Herausforderung. Diese Arbeit unterstützt zukünftig an dieser Stelle mit einer ausführlichen Beschreibung der einzelnen Schritte (siehe Kapital 5). Darüber hinaus kann das vorhandene intuitive Software-Tool weiterentwickelt und die Anwendenden bei der Eingabe oder auftretenden Fragen zielgerichtet unterstützt werden. Zudem könnte eine in die IT-Infrastruktur des Unternehmens eingebundene Software direkt auf Informationen, beispielsweise im Rahmen der Unternehmens- und Produktcharakterisierung, zugreifen. Dies würde die Ergebnisse transparent und nachvollziehbar für alle Mitarbeitenden zugänglich machen. Die Methodik muss weiter in der Praxis verbreitet und bei weiteren Unternehmen zur Unterstützung implementiert werden.

Weiterer Forschungsbedarf setzt an dem in Kapitel 3 identifizierten Bedarf an, mehr und genaueres Wissen über den Einsatzzweck und -ort der Maschine sowie den Kunden selbst zu

sammeln. Die oft unzureichenden Informationen über den tatsächlichen Bedarf bedingen oft ein Over-Engineering hinsichtlich Funktionalität sowie Ausstattung und führen zur Entwicklung von ökonomisch unwirtschaftlichen Maschinen. Herkömmliche Methoden der Anforderungserhebung sind oft aufgrund fehlender Bereitschaft, hoher Produktkomplexität oder des monetären Aufwands im Maschinenbau nicht zielführend einsetzbar. Zusätzlich sind sich die Maschinenbetreiber ihrer eigenen Anforderungen oftmals selbst nicht im Detail bewusst. Neue Methoden und Verfahren müssten entwickelt und validiert werden, um kundenzentrierte und wettbewerbsfähige Maschinen, unter steigendem globalem Wettbewerbsdruck, anbieten zu können. Ein weiterer Aspekt in diesem Zusammenhang ist die Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Maschine. Werden die Maschinen nicht ordnungsgemäß bedient, bleibt die integrierte Funktionalität virtuell, da das Potenzial nicht ausgenutzt wird. Die ersten Forschungsansätze in diesem Bereich zeigen die zunehmende Wichtigkeit der Mensch-Maschinen-Interaktion, angepasst auf den kulturellen Nutzungskontext. (Schleinkofer et al. 2019a) Diese Forschungsarbeit könnte einen bedeutenden Mehrwert zur Erreichung des erforderlichen Preis-Leistungs-Verhältnisses schaffen, da die Potenziale in der Maschine nicht nur virtuell vorhanden sind, sondern real durch den Anwender abgerufen werden können. Letzteres kann zu einer Leistungssteigerung bei reduzierter Fehlbedienung und somit Störfällen der Maschinen führen.

Wie in Kapitel 3.3 und 3.4 dargestellt, spielt die Verwendung von Gleichteilen, Modularisierung und Plattformen zur Nutzung von Synergieeffekten eine wichtige Rolle bei frugalen Maschinen. Die RPFM-Methodik unterstützt diesen Ansatz durch die Fokussierung der Aktivitäten auf die wesentlichen Merkmale frugaler Innovationen. Modularisierung muss wissenschaftlich im Spannungsfeld des Maschinenbaus zwischen frugalen und High-End-Lösungen detailliert untersucht werden. Die strategischen Ansätze benötigen für eine Entscheidungsbasis definierte Kriterien, welche bewertet und priorisiert werden können. Dies könnte durch eine fundierte Methodik erreicht werden. Die Methodik müsste zusätzlich eine Kosten-Nutzen-Einschätzung umfassen, um die zur Verfügung stehenden Ressourcen optimal einsetzen zu können.

Unter Berücksichtigung des Standort-Managements (Kapitel 2.1.3) und dem Blick auf die Funktionsbereichsstrategie des Kundendienst/Service (Kapitel 3.4.3), sollten die Aufwände für den Service an frugale Maschinen, bei einem zuzurechnenden Servicenetz im Zielmarkt, möglichst gering gehalten werden. Für die Produktentwicklung gibt es zur Lösung zwei grundlegende Zieldimensionen: „einfach zu reparieren/warten“ oder „wartungsfrei gestalten“. Ein erster

Ansatz wurde im Zentrum für Frugale Produkte und Produktionssysteme in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Maschinenelemente (IMA) der Universität Stuttgart und dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA erarbeitet. (Schleinkofer et al. 2019d) Der gemeinsam entwickelte Ansatz bedarf im Weiteren einer wissenschaftlich fundierten Aufarbeitung und Validierung.

8 Literaturverzeichnis

Agarwal et al. 2017 Agarwal, Nivedita; Grottke, Michael; Mishra, Shefali; Brem, Alexander, 2017. A Systematic Literature Review of Constraint-Based Innovations: State of the Art and Future Perspectives.
IEEE Transactions on Engineering Management **64** (1), S. 3–15
DOI: 10.1109/TEM.2016.2620562

Albeck 2016 Albeck, Wolfgang, 2016. *Geschäftsmodellinnovationen für das mittlere Marktsegment*.
Wiesbaden: Springer Gabler.
Mannheim, Univ., Diss., 2015.
ISBN 978-3-658-12471-7

Altgilbers et al. 2020 Altgilbers, Nora; Walter, Lothar; Moehrle, Martin G., 2020. Frugal invention candidates as antecedents of frugal patents – the role of frugal attributes analysed in the medical engineering technology.
International Journal of Innovation Management **87** (10), 2050082-1 - 2050082-23
DOI: 10.1142/S1363919620500826

Amit et al. 1993 Amit, Raphael; Schoemaker, Paul, 1993. Strategic Assets and Organizational Rent.
Strategic Management Journal **14**, S. 33–46

Andersch AG 2015 Andersch AG, 2015. *Paradigmenwechsel im deutschen Maschinen- und Anlagenbau: Analyse der Herausforderungen und Chancen unter Verwendung eines innovativen, Big-Data-gestützten Ansatzes*.
Verfügbar unter: http://maschinenbau.andersch-ag.de/downloads/Studie_Andersch.pdf
Zugriff am: 10.12.2021

Arndt et al. 2014 Arndt, Tobias; Hochdoerffer, Jan; Moser, Emanuel; Peters, Stecen; Lanza, Gisela, 2014. Customer-driven Planning and Control of Global Production Networks: Balancing Standardisation and Regionalisation.
In: *Proceedings of the 18th Cambridge International Manufacturing Symposium: Balancing Standardisation and Regionalisation*.
Cambridge (UK), 24-25 September, S. 60–74

Atteslander 2010 Atteslander, Peter, 2010. *Methoden der empirischen Sozialforschung.*
13., neu bearbeitete und erweiterte Auflage.
Berlin: Erich Schmidt Verlag.
ESV basics.
ISBN 978-3503126187

Averbeck-Lietz et al. 2016 Averbeck-Lietz, Stefanie; Meyen, Michael (Hrsg.), 2016. *Handbuch nicht standardisierte Methoden in der Kommunikationswissenschaft.*
1. Aufl.
Wiesbaden: Springer VS.
ISBN 978-3-658-01656-2

Bahmüller 2019 Wilhelm Bahmüller Maschinenbau Präzisionswerkzeuge GmbH, 2019. *Invest*.
Verfügbar unter: https://www.bahmueller.de/fileadmin/unternehmen/downloads/bahmueller_image_2019.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Bahmüller 2020 Wilhelm Bahmüller Maschinenbau Präzisionswerkzeuge GmbH, 2020. *Powerpacker: Turn Speed Into Output*, Abbildungen auf Anfrage vom Unternehmen erhalten.
Verfügbar unter: https://www.bahmueller.de/de/wellpappenverarbeitung/produkte/faltschachtelklebemaschinen/powerpacker.html
Zugriff am: 10.02.2021

Barney 1991 Barney, Jay, 1991. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage.
Journal of Management **17** (1), S. 99–120
DOI: 10.1177/014920639101700108

Bauernhansl et al. 2014 Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.), 2014. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration*.
Wiesbaden: Springer Vieweg.
ISBN 978-3-658-04681-1

Bauernhansl et al. 2015 Bauernhansl, Thomas; Emmrich, Volkhard; Döbele, Mathias; Paulus-Rohmer, Dominik; Schatz, Anja; Weskamp, Markus, 2015. *Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0: Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau*.
München.
Verfügbar unter: https://www.wieselhuber.de/migrate/attachments/Geschaeftsmodell_Industrie40-Studie_Wieselhuber.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Bauknecht et al. 2013 Bauknecht, Klaus; Demmer, Kurt; Kann, Günter; Vogt, Carolin; Hell-Radke, Stephanie; Trischler, Josef; Wiechers, Ralph, 2013. *Maschinenbau und Investitionsgüterindustrie – weiter auf Erfolgskurs: Report der IKB Deutsche Industriebank AG in Kooperation mit VDMA*.
Düsseldorf.
Verfügbar unter: http://www.robert-schlosser.de/Web_Buchprojekt/_private/Industrie%20und%20Industrialisierung.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Baur et al. 2014 Baur, Nina; Blasius, Jörg (Hrsg.), 2014. *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*.
Wiesbaden: Springer VS.
ISBN 978-3-531-18939-0

Bea et al. 2019 Bea, Franz Xaver; Haas, Jürgen, 2019. *Strategisches Management.*
10., überarbeitete Auflage.
München: UVK Verlag.
ISBN 978-3-8252-8753-5

Becker et al. 2008 Becker, Wolfgang; Staffel, Michaela; Ulrich, Patrick, 2008. *Mittelstand und Mittelstandsforschung*.
Bamberg: Deloitte.Mittelstandsinst. an der Univ. Bamberg.
Bamberger betriebswirtschaftliche Beiträge 153.
ISBN 3-931810-67-4

Becker et al. 2012 Becker, Jörg; Kugeler, Martin; Rosemann, Michael (Hrsg.), 2012. *Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung.*
Siebte, korrigierte und erweiterte Auflage.
Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.
ISBN 978-3-642-33844-1

Belkadi et al. 2016 Belkadi, Farouk; Buergin, Jens; Gupta, Ravi Kumar; Zhang, Yicha; Bernard, Alain; Lanza, Gisela; Colledani, Marcello; Urgo, Marcello, 2016. Co-Definition of Product Structure and Production Network for Frugal Innovation Perspectives: Towards a Modular-based Approach.
Procedia CIRP **50**, S. 589–594
DOI: 10.1016/j.procir.2016.04.160

Bertagnolli 2018 Bertagnolli, Frank, 2018. *Lean Management: Einführung und Vertiefung in die japanische Management-Philosophie*.
Wiesbaden: Springer Gabler.
ISBN 978-3-658-13124-1

Bertsche et al. 2004 Bertsche, Bernd; Lechner, Gisbert, 2004. *Zuverlässigkeit im Fahrzeug- und Maschinenbau: Ermittlung von Bauteil- und System-Zuverlässigkeiten.*
3., überarbeitete und erweiterte Auflage.
Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
ISBN 3-540-20871-2

Bhatti 2012 Bhatti, Yasser Ahmad, 2012. What is Frugal, What is Innovation? Towards a Theory of Frugal Innovation.
Said Business School Working Paper Series, Oxford
DOI: 10.2139/ssrn.2005910

Bhatti et al. 2012 Bhatti, Yasser Ahmad; Ventresca, Marc J., 2012. The Emerging Market for Frugal Innovation: Fad, Fashion, or Fit?
Said Business School Working Paper Series, Oxford
DOI: 10.2139/ssrn.2005983

Bhatti et al. 2013 Bhatti, Yasser Ahmad; Ventresca, Marc J., 2013. How Can 'Frugal Innovation' Be Conceptualized?
Said Business School Working Paper Series, Oxford
DOI: 10.2139/ssrn.2203552

Bhatti et al. 2018 Bhatti, Yasser Ahmad; Basu, Radha Ramaswami; Barron, David; Ventresca, Marc J., 2018. *Frugal innovation: Models, means, methods*.
Cambridge: Cambridge University Press.
ISBN 978-1-107-18897-6

Bortz et al. 2006 Bortz, Jürgen; Döring, Nicola, 2006. *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler ; mit 87 Tabellen.*
4., überarb. Aufl., [Nachdr.].
Heidelberg: Springer-Medizin-Verl.
ISBN 978-3-540-33305-0

Bound et al. 2012 Bound, Kirsten; Thornton, Ian, 2012. *Our Frugal Future: Lessons from India's Innovation System*.
London.
Verfügbar unter: https://media.nesta.org.uk/documents/our_frugal_future.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Braun 2005 Braun, Thomas E., 2005. *Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld*.
München: Verlag Dr. Hut.
München, TU, Diss., 2005.
ISBN 3-89963-274-5

Brem et al. 2014 Brem, Alexander; Wolfram, Pierre, 2014. Research and development from the bottom up - introduction of terminologies for new product development in emerging markets.
Journal of Innovation and Entrepreneurship **3** (1), S. 1–22
DOI: 10.1186/2192-5372-3-9

Buergin et al. 2016 Buergin, Jens; Blaettchen, Philippe; Qu, Chuanqi; Lanza, Gisela, 2016. Assignment of Customer-Specific Orders to Plants with Mixed-Model Assembly Lines in Global Production Networks.
Procedia CIRP **50**, S. 330–335
DOI: 10.1016/j.procir.2016.04.182

Buergin et al. 2018 Buergin, Jens; Belkadi, Farouk; Hupays, Christoph; Gupta, Ravi Kumar; Bitte, Frank; Lanza, Gisela; Bernard, Alain, 2018. A modular-based approach for Just-In-Time Specification of customer orders in the aircraft manufacturing industry.
CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology **21**, S. 61–74
DOI: 10.1016/j.cirpj.2018.01.003

Corsi et al. 2014 Corsi, Simone; Di Minin, Alberto, 2014. Disruptive Innovation … in Reverse: Adding a Geographical Dimension to Disruptive Innovation Theory.
Creativity and Innovation Management **23** (1), S. 76–90
DOI: 10.1111/caim.12043

Day 1996 Day, Donald L., 1996. Cultural Bases of Interfaces Acceptance: Foundations.
In: Sasse, Martina A; Cunningham, R. J; Winder, Russel L. (Hrsg.)*: People and Computers XI*.
London: Springer, S. 35–47
ISBN 978-3540760696

Dayal 2012 Dayal, Ravi, 2012. Frugal Manufacturing — Stepping-up Efficiencies.
Auto Tech Review **1** (5), S. 14–15
DOI: 10.1365/s40112-012-0059-z

Dehnen 2012 Dehnen, Hermann Sebastian, 2012. *Markteintritt in Emerging Market Economies: Entwicklung eines Internationalisierungsprozessmodells*.
Wiesbaden: Gabler Verlag.
Bergische Univ. Wuppertal, Diss., 2012.
ISBN 978-3-8349-4218-0

Dillerup et al. 2016 Dillerup, Ralf; Stoi, Roman, 2016. *Unternehmensführung: Management & Leadership : Strategien - Werkzeuge - Praxis.*
5., komplett überarbeitete und erweiterte Auflage.
München: Verlag Franz Vahlen.
ISBN 978-3-8006-5112-2

Doerr 2018 Doerr, John, 2018. *OKR: Objectives & Key Results : wie Sie Ziele, auf die es wirklich ankommt, entwickeln, messen und umsetzen*.
München: Verlag Franz Vahlen GmbH.
ISBN 978-3-8006-5773-5

Dudenverlag 2020a Dudenverlag, 2020. *Methode*.
Verfügbar unter: www.duden.de/rechtschreibung/Methode
Zugriff am: 11.03.2020

Dudenverlag 2020b Dudenverlag, 2020. *frugal*.
Verfügbar unter: www.duden.de/rechtschreibung/frugal
Zugriff am: 10.01.2020

Dudenverlag 2020c Dudenverlag, 2020. *Frugalität*.
Verfügbar unter: www.duden.de/rechtschreibung/Frugalitaet
Zugriff am: 25.09.2020

DWDS 2020 DWDS – Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, 2020. *frugal*.
Verfügbar unter: www.dwds.de/wb/frugal
Zugriff am: 10.01.2020

Eckert 2004 Eckert, Stefan, 2004. Grounded Theory als methodische Konzeption für wirtschaftswissenschaftliche Forschungsprojekte.
WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium **33** (12), S. 694–699
DOI: 10.15358/0340-1650-2004-12-694

Ehrlenspiel et al. 2014 Ehrlenspiel, Klaus; Kiewert, Alfons; Lindemann, Udo; Mörtl, Markus, 2014. *Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren: Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung*.
7. Aufl.
Berlin: Springer Vieweg.
ISBN 978-3-642-41959-1

Eigner et al. 2016 Eigner, Martin; August, Urban; Schmich, Matthias, 2016. *Smarte Produkte erfordern ein Umdenken bei Produktstrukturen und Prozessen: Digitalisierung, Integration, Interdisziplinarität und Föderation*.
Verfügbar unter: https://www.plm.automation.siemens.com/media/global/de/Siemens-PLM-Smarte-Produkte-erfordern-ein-Umdenken-wp_tcm73-252475_tcm53-35246.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Eisenhardt 1989 Eisenhardt, Kathleen M., 1989. Building Theories from Case Study Research.
The Academy of Management Review **14** (4), S. 532–550
DOI: 10.2307/258557

Engelhardt et al. 2017 Engelhardt, Philipp; Möller, Klaus, 2017. OKRs - Objectives and Key Results: Kritische Analyse eines neuen Managementtrends.
CONTROLLING **29** (2), S. 30–37
DOI: 10.15358/0935-0381-2017-2-30

Ernst & Young 2011 Ernst & Young (Hrsg.), 2011. Innovating for the next three billion: The rise of the global The rise of the global middle class - and how to capitalize on it.
London: Ernst & Young.
Verfügbar unter: https://www.wall-street.ro/files/114747-178.pdf

Ernst et al. 2019 Ernst, Jaana; Jacob, Klaus; Mocka, Larissa; Nemitz, Fred; Röhricht, Karin; Sikora, Christine; Spaeth, Birgit; Walz, Jörg-Dieter; Weik, Hannes, 2019. *Frugale Ansätze bieten stabilere Absätze*.
Verfügbar unter: https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Publikationen/interaktiv/Interaktiv_01_2019_Web_offen.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Esch 2019 Esch, Franz-Rudolf, 2019. *Handbuch Markenführung*. Wiesbaden: Springer Gabler. Springer Reference Wirtschaft. ISBN 978-3-658-13342-9

Feldhusen et al. 2013 Feldhusen, Jörg; Grote, Karl-Heinrich (Hrsg.), 2013. *Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung.* 8., vollständig überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-642-29568-3

Freitag et al. 2017 Freitag, Michael; Kotzab, Herbert; Pannek, Jürgen (Hrsg.), 2017. *Dynamics in Logistics: Proceedings of the 5th International Conference LDIC, 2016 Bremen, Germany*. Cham, Switzerland: Springer. ISBN 978-3-319-45117-6

Froitzheim et al. 2016 Froitzheim, Ulf; Sommer, Christiane, 2016. Stimmen aus der Praxis: Die Digitalisierung hat auch die Beratungsbranche fest im Griff. *brand eins Wissen: Unternehmensberater* **3** (5), S. 14–18

Fuchs et al. 2015 Fuchs, Hans Joachim; Quitter, Dorothee, 2015. *Frugal Engineering: Von Premium zu gut genug – Produkte für Schwellenländer entwickeln*. Verfügbar unter: https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/von-premium-zu-gut-genug-produkte-fuer-schwellenlaender-entwickeln-a-479214/ Zugriff am: 10.02.2021

Gausemeier 2014 Gausemeier, Jürgen, 2014. *Strategische Planung und integrative Entwicklung der technischen Systeme von morgen*. Paderborn: Verlag Ferdinand Schöningh. Schriftenreihe der Nordrhein-Westfälische Akademie der Wissenschaften 42. ISBN 978-3-506-77945-8

Gausemeier et al. 2012 Gausemeier, Jürgen; Lanza, Gisela; Lindemann, Udo (Hrsg.), 2012. *Produkte und Produktionssysteme integrativ konzipieren: Modellbildung und Analyse in der frühen Phase der Produktentstehung.*
1. Aufl.
München: Carl Hanser Verlag.
ISBN 978-3-446-42825-6

Gausemeier et al. 2016 Gausemeier, Jürgen; Ovtcharova, Jivka; Amshoff, Banjamin; Eckelt, Daniel; Elstermann, Matthes; Placzek, Markus; Wiederkehr, Olga, 2016. *Strategische Produktplanung: Adaptierbare Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die Planung der Marktleistungen von morgen*.
Paderborn.
Verfügbar unter: https://www.hni.uni-paderborn.de/fileadmin/Fachgruppen/Seniorprofessur_Gausemeier/adistrastudie/Studie_ADISTRA_web.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Gausemeier et al. 2018 Gausemeier, Jürgen; Dumitrescu, Roman; Echterfeld, Julian; Pfänder, Thomas; Steffen, Daniel; Thielemann, Frank, 2018. *Innovationen für die Märkte von morgen: Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen*.
München: Carl Hanser Verlag.
ISBN 978-3-446-42972-7

George et al. 2012 George, Gerard; McGahan, Anita M; Prabhu, Jaideep C., 2012. Innovation for Inclusive Growth: Towards a Theoretical Framework and a Research Agenda.
Journal of Management Studies **49** (4), S. 661–683
DOI: 10.1111/j.1467-6486.2012.01048.x

Gerst 2003 Gerst, Manuel, 2003. *Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung*.
München: Verlag Dr. Hut.
München, TU, Diss., 2002.
ISBN 3-934767-79-6

Gestring et al. 2016 Gestring, Ingo; Gonschorek, Torsten; Haubold, Anne-Katrin; Sonntag, Ralph; Weth, Rüdiger von der (Hrsg.), 2016. *Ethik im Mittelstand: Grundlagen und Instrumente zur praktischen Umsetzung*.
Wiesbaden: Springer Gabler.
ISBN 978-3-658-09552-9

Ghosh 2007 Ghosh, Rabin, 2007. *Ghosn back to praising 'frugal engg'*.
Verfügbar unter: https://www.dnaindia.com/business/report-ghosn-back-to-praising-frugal-engg-1130636
Zugriff am: 10.02.2021

Gläser et al. 2010 Gläser, Jochen; Laudel, Grit, 2010. *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen.*
4. Auflage.
Wiesbaden: VS Verlag.
Lehrbuch.
ISBN 978-3-531-17238-5

Götz et al. 2004 Götz, Klaus; Schmid, Michael, 2004. *Praxis des Wissensmanagements*.
München: Vahlen.
ISBN 3-8006-3062-1

Graf 2016 Graf, Kerstin, 2016. Digitaler Wandel.
Wochenblatt für Papierfabrikation **144** (3), S. 113

Hauschildt et al. 2016 Hauschildt, Jürgen; Salomo, Sören; Schultz, Carsten; Kock, Alexander, 2016. *Innovationsmanagement.*
6., vollst. akt. u. überarb. Aufl.
München: Franz Vahlen.
ISBN 978-3-8006-4728-6

Hayllar et al. 2019 Hayllar, Will; Sorensen, Deidre; Carall-Green, Sarah, 2019. *A generation without borders: Embracing Generation Z*.
Verfügbar unter: https://www.occstrategy.com/media/1806/a-generation-without-borders.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Heller et al. 2018 Heller, Thomas; Prasse, Christian, 2018. *Total Productive Management - ganzheitlich: Einführung in der Praxis*. Berlin: Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-53257-7

Helming et al. 2019 Helming, Sina; Buergin, Jens; Bitte, Frank; Haefner, Benjamin; Lanza, Gisela, 2019. Integrated Production and Logistics Planning and Control in Global Production Networks. In: Schmitt, Robert; Schuh, Günther (Hrsg.)*: Advances in Production Research*. Cham: Springer International Publishing, S. 637–646 ISBN 978-3-030-03450-4 DOI: 10.1007/978-3-030-03451-1_62

Hesseldahl 2013 Peter Hesseldahl, 2013. *Frugal Innovation – A manual.* Sønderborg, Universe Foundation. Verfügbar unter: http://peterhesseldahl.dk/in-english/jugaad-innovation.html Zugriff am: 10.02.2021

Hildebrandt et al. 2016 Hildebrandt, Sabrina; Hönl, Ramona; Nemitz, Fred; Noss, Michelle; Sikora, Christine; Spaeth, Birgit; Röhricht, Karin; Walz, Jörg-Dieter, 2016. *Frugale Produkte erfordern andere Denkmuster*. Verfügbar unter: https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/UeberUns/Leitthemen/Industrie40/Fraunhofer_IPA_Interview_Drexel_frugal.pdf Zugriff am: 10.02.2021

Hönl et al. 2016 Hönl, Ramona; Nemitz, Fred; Christine, Sikora; Spaeth, Birgit; Röhricht, Karin; Walz, Jörg-Dieter, 2016. *Preiswert, aber nicht billig: frugal*. Verfügbar unter: https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Publikationen/interaktiv/Interaktiv_03_2016.pdf Zugriff am: 10.02.2021

Hossain 2017 Hossain, Mokter, 2017. Mapping the frugal innovation phenomenon.
Technology in Society **51**, S. 199–208
DOI: 10.1016/j.techsoc.2017.09.006

Humann et al. 2019 Humann, Sven; Gushurst, Klaus-Peter; Wolf, Thomas, 2019. *PwC Maschinenbau-Barometer Q3/2019*.
Verfügbar unter: https://www.pwc.de/de/industrielle-produktion/pwc-maschinenbau-barometer-q3-2019.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

ifaa 2016 Institut für Angewandte Arbeitswissenschaft, 2016. *5S als Basis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses*.
Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
ISBN 978-3-662-48552-1

Immelt et al. 2009 Immelt, Jeffrey Robert; Govindarajan, Vijay; Trimble, Chris, 2009. How GE Is Disrupting Itself.
Harvard Business Review **87** (10), S. 56–65

IMPULS-Stiftung 2014 IMPULS-Stiftung, 2014. *Implications of Chinese Competitor Strategies for German Machinery Manufacturers*.
Verfügbar unter:
https://www.vdma.org/documents/105628/3237822/VDMA_Impuls_Chinastudie.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Ithia 2019 Ithia, Asomi, 2019. *Product Management: Bringing new products to market*.
Leicester: Matador.
ISBN 978-1838592318

Jacob et al. 2016 Jacob, Klaus; Gillhuber, Andrea, 2016. *Frugale Produkte – Das Wesentliche im Blick: Verzicht auf Schnickschnack*.
Verfügbar unter: https://www.maschinenmarkt.vogel.de/frugale-produkte-das-wesentliche-im-blick-a-567674/?p=2
Zugriff am: 10.02.2021

Kalogerakis et al. 2017 Kalogerakis, Katharina; Tiwari, Rajnish; Fischer, Luise, 2017. *Potenziale frugaler Innovationen: Handlungsimplikationen für das deutsche Forschungs- und Innovationssystem*. Hamburg: Technische Universität Hamburg, Technologie- und Innovationsmanagement W-7. Arbeitspapier 99 DOI: 10.15480/882.1429

Kampker et al. 2017 Kampker, Achim; Gerdes, Jürgen; Schuh, Günther (Hrsg.), 2017. *Think Big, Start Small: Streetscooter, die e-mobile Erfolgsstory: Innovationsprozesse radikal effizienter : Streetscooter, the e-mobile success story: radically more efficient innovation processes.* 1. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-662-54997-1

Kharas et al. 2010 Kharas, Homi; Gertz, Geoffrey, 2010. The New Global Middle Class: A Cross-Over from West to East. In: Li, Cheng (Hrsg.)*: China's emerging middle class*. Washington, D.C: Brookings Institution Press, S. 32–51 ISBN 978-0815704058

Knapp et al. 2013 Knapp, Oliver; Böhler, Christian; Zollenkop, Michael, 2013. *FRUGAL products*. Verfügbar unter: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_frugal_products_20130212.pdf Zugriff am: 10.02.2021

Knapp et al. 2015 Knapp, Oliver; Zollenkop, Michael; Durst, Sebastian; Graner Marc, 2015. *SIMPLY THE BEST: Frugal products are not just for emerging markets: How to profit from servicing new customer needs*. Verfügbar unter: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_frugal_products_1.pdf Zugriff am: 10.02.2021

Kremer 2018 Kremer, Anno, 2018. *Strategische Produktplanung: Der erste Schritt zu einem erfolgreichen Produktportfolio*. Aachen.
Verfügbar unter: https://schuh-group.com/site/assets/files/1998/strategische_produktplanung_2018.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Krohn et al. 2018 Krohn, Malte; Herstatt, Cornelius, 2018. *The question of a frugal mindset in Western MNCs: Framing an emerging phenomenon with a systematic literature review*.
Hamburg: Technische Universität Hamburg, Technologie- und Innovationsmanagement W-7.
Arbeitspapier 103
DOI: 10.15480/882.1577

Krys et al. 2017a Krys, Christian; Fuest, Klaus, 2017. *Roland Berger Trend Compendium 2030: Megatrend 2 Globalization & future markets*.
Verfügbar unter: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_trend_compendium_2030_trend_2_globalization_and_future_markets_1.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Krys et al. 2017b Krys, Christian; Fuest, Klaus, 2017. *Roland Berger Trend Compendium 2030: Megatrend 3 Scarcity of resources*.
Verfügbar unter: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_trend_compendium_2030___trend_3_scarcity_of_resources_1.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Krys et al. 2017c Krys, Christian; Fuest, Klaus, 2017. *Roland Berger Trend Compendium 2030: Megatrend 5 Dynamic technology & innovation*.
Verfügbar unter: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_trend_compendium_2030___trend_5_dynamic_technology_and_innovation.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Kuckartz 2010 Kuckartz, Udo, 2010. *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten.*
3., aktualisierte Aufl.
Wiesbaden: VS Verlag.
ISBN 978-3-531-16661-2

Kumar et al. 2012 Kumar, Nirmalya; Puranam, Phanish, 2012. *India inside: The emerging innovation challenge to the West*.
Boston, Mass.: Harvard Business Review Press.
ISBN 978-1422158753

Lasserre 2018 Lasserre, Philippe, 2018. *Global strategic management.*
Fourth edition.
London: Macmillan Education Palgrave.
ISBN 978-1-137-58458-8

Laufenberg 1996 Laufenberg, Ludger, 1996. *Methodik zur integrierten Projektgestaltung für die situative Umsetzung des Simultaneous Engineering*.
Aachen: Shaker.
Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1995.
ISBN 978-3826514852

Lehner 2016 Lehner, Anne-Christin, 2016. *Systematik zur lösungsmusterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations*.
Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.
Paderborn, Universität, Diss., 2016.
ISBN 978-3-942647-78-6

Levit 2019 Levit, Alexandra, 2019. *Humanity works: Merging technologies and people for the workforce of the future*.
London, New York: Kogan Page.
ISBN 978-0749483463

Lindemann 2016 Lindemann, Udo (Hrsg.), 2016. *Handbuch Produktentwicklung*.
München: Hanser.
ISBN 978-3-446-44581-9

Locke 2001 Locke, Karen, 2001. *Grounded theory in management research*.
London, Thousand Oaks, Calif.: Sage Publications.
ISBN 978-0-7619-6427-8

Maiser et al. 2019 Maiser, Eric; Moller, Björn; Voglhuber-Slavinsky, Ariane, Schirrmeister, Elna, 2019. *VDMA Future Business: Trendradar für den Maschinen- und Anlagenbau*.
Verfügbar unter:
https://www.vdma.org/c/document_library/get_file?uuid=4e92a6a9-e58e-bf3e-e6a6-457d3fee0ebf&groupId=34570
Zugriff am: 10.02.2021

März 2011 März, Raffael H. Benjamin, 2011. *Methodik zur prozessorientierten Generierung und Bewertung standortgerechter Fertigungssysteme*.
Aachen: Shaker.
Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2011.
ISBN 978-3844001235

Mayring 2015 Mayring, Philipp, 2015. *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken.*
12., überarb. Aufl.
Weinheim: Beltz.
Beltz Pädagogik.
ISBN 978-3407257307

McKinsey et al. 2014 McKinsey & Company; VDMA e.V., 2014. *Zukunftsperspektive deutscher Maschinenbau: Erfolgreich in einem dynamischen Umfeld agieren*.
Verfügbar unter: https://www.vdma.org/publikationen/-/publications/detail/4380633
Zugriff am: 10.02.2021

McMurray et al. 2020 McMurray, Adela; Waal, Gerrit Anton de (Hrsg.), 2020. *Frugal innovation: A global research companion*.
Abingdon, Oxon, New York, NY: Routledge.
ISBN 978-0-429-02567-9

Merkens 2017 Merkens, Hans, 2017. Auswahlverfahren, Sampling, Fallkonstruktion.
In: Flick, Uwe; Kardorff, Ernst v; Steinke, Ines (Hrsg.)*: Qualitative Forschung: Ein Handbuch*.
12. Auflage, Originalausgabe.
Reinbek bei Hamburg: rowohlts enzyklopädie im Rowohlt Taschenbuch Verlag, S. 286–299
ISBN 978-3-499-55628-9

Mey et al. 2011 Mey, Günter; Mruck, Katja, 2011. *Grounded Theory Reader*.
Wiesbaden: Springer Fachmedien.
ISBN 978-3-531-17103-6

Mikfeld 2017 Mikfeld, Benjamin, 2017. *Digitale Transformation und die Arbeitswelt der Zukunft: Diskurse über den Wandel von Wirtschaft, Gesellschaft und Arbeit im digitalen Zeitalter*.
Verfügbar unter: https://www.boeckler.de/pdf/arbeit_zukunft_diskussionspapier_mikfeld.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Miles et al. 2020 Miles, Matthew B; Huberman, A. Michael; Saldaña, Johnny, 2020. *Qualitative data analysis: A methods sourcebook.*
Fourth edition.
Thousand Oaks, California: SAGE Publications Inc.
ISBN 978-1-5063-5307-4

Mourtzis et al. 2016 Mourtzis, Dimitris; Vlachou, Evangelia; Giannoulis, Constantinos; Siganakis, E; Zogopoulos, Vasilios, 2016. Applications for Frugal Product Customization and Design of Manufacturing Networks.
Procedia CIRP **52**, S. 228–233
DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.055

Mourtzis et al. 2019 Mourtzis, Dimitris; Zogopoulos, Vasilios; Vlachou, Evangelia; Mourtzis, D; Zogopoulos, V; Vlachou, K., 2019. Frugal Innovation and its application in manufacturing networks.
Manufacturing Letters **20**, S. 27–29
DOI: 10.1016/j.mfglet.2019.04.001

Müller-Stewens et al. 2016 Müller-Stewens, Günter; Lechner, Christoph, 2016. *Strategisches Management: Wie strategische Initiativen zum Wandel führen : der Strategic Management Navigator.*
5., überarbeitete Auflage.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
ISBN 978-3-7992-6982-7

Nair 2008 Nair, Chandran, 2008. *Frugal Engineering - Ghosn has it wrong?*
Verfügbar unter: http://chandr-anrn.blogspot.com/2008/05/frugal-engineering-ghosn-has-it-wrong.html
Zugriff am: 10.02.2021

Nakata et al. 2012 Nakata, Cheryl; Weidner, Kelly, 2012. Enhancing New Product Adoption at the Base of the Pyramid: A Contextualized Model.
Journal of Product Innovation Management **29** (1), S. 21–32
DOI: 10.1111/j.1540-5885.2011.00876.x

Niroumand et al. 2020 Niroumand, Marjan; Shahin, Arash; Naghsh, Amirreza; Peikari, Hamid Reza, 2020. Frugal innovation enablers: A comprehensive framework.
International Journal of Innovation Science **12** (1), S. 1–20
DOI: 10.1108/IJIS-10-2019-0099

Pechlaner et al. 2018 Pechlaner, Harald; Tretter, Michael (Hrsg.), 2018. *Keine Strategie ohne Verantwortung: Perspektiven für eine nachhaltige Standort- und Regionalentwicklung.*
1. Auflage 2018.
Wiesbaden: Springer Gabler.
ISBN 978-3-658-22557-5

Petry 2019 Petry, Thorsten, 2019. *Digital Leadership: Erfolgreiches Führen in Zeiten der Digital Economy.*
2. Auflage.
Freiburg im Breisgau: Haufe Fachbuch.
ISBN 978-3-648-13301-9

Pini et al. 2018 Pini, Rebecca; Prumbohm, Felix; Schmidt, Karin, 2018. Passgenau statt billig: Frugale Innovationen: Frugal – was nach Früchten klingt, ist in der Tat sehr fruchtbar, um noch wettbewerbsfähiger auf neuen und bekannten Märkten zu werden.
VDMA-Nachrichten **6**, S. 64–66

Prahalad et al. 2010 Prahalad, Coimbatore Krishnarao; Mashelkar, Raghunath Anant, 2010. Innovation's Holy Grail.
Harvard Business Review **7/8**, S. 132–141

Radjou et al. 2016 Radjou, Navi; Prabhu, Jaideep, 2016. *Frugal innovation: How to do better with less*.
London: Economist Books.
ISBN 978-1781257609

Rao 2013 Rao, Balkrishna C., 2013. How disruptive is frugal?
Technology in Society **35** (1), S. 65–73
DOI: 10.1016/j.techsoc.2013.03.003

Ray et al. 2010 Ray, Pradeep Kanta; Ray Sangeeta, 2010. *Resource-Constrained Innovation for Emerging Economies: The Case of the Indian Telecommunications Industry*.
Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/profile/Sangeeta_Ray/publication/224078899_Resource-Constrained_Innovation_for_Emerging_Economies_The_Case_of_the_Indian_Telecommunications_Industry/links/555a9a7608aeaaff3bfad047/Resource-Constrained-Innovation-for-Emerging-Economies-The-Case-of-the-Indian-Telecommunications-Industry.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Reinhardt 2020 Reinhardt, Kai, 2020. *Digitale Transformation der Organisation: Grundlagen, Praktiken und Praxisbeispiele der digitalen Unternehmensentwicklung*.
Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
ISBN 978-3-658-28630-9

Rittershaus 2020 Rittershaus, Axel, 2020. *Führungspraxis für Ingenieure und IT-Experten*.
Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
ISBN 978-3-658-26599-1

Rosca et al. 2015 Rosca, Eugenia; Bendul, Julia, 2015. *Combining Frugal Engineering and Effectuation Theory: Insights for Frugal Product Development in Entrepreneurial Context*.
Proceedings of the 14th R&D Management Conference, Pisa (Italy), 23-26 Juni.
Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/profile/Julia_Arlinghaus/publication/303280041_Combining_Frugal_Engineering_and_Effectuation_Theory_Insights_for_Frugal_Product_Development_in_Entrepreneurial_Context/links/5873876808ae329d621cf5ad/Combining-Frugal-Engineering-and-Effectuation-Theory-Insights-for-Frugal-Product-Development-in-Entrepreneurial-Context.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Rosca et al. 2017a Rosca, Eugenia; Bendul, Julia, 2017. Frugal and Lean Engineering: A Critical Comparison and Implications for Logistics Processes.
In: Freitag, Michael; Kotzab, Herbert; Pannek, Jürgen (Hrsg.)*: Dynamics in Logistics*.
Cham, Switzerland: Springer, S. 335–345
ISBN 978-3-319-45117-6

Rosca et al. 2017b Rosca, Eugenia; Arnold, Marlen; Bendul, Julia C., 2017. Business models for sustainable innovation – an empirical analysis of frugal products and services.
Journal of Cleaner Production **162**, 133-145
DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.02.050

Schauer 2019 Schauer, Reinbert, 2019. *Betriebswirtschaftslehre: Grundlagen.*
6., erweiterte Auflage.
Wien: Linde.
ISBN 978-3707339260

Schleinkofer et al. 2018 Schleinkofer, Uwe; Laufer, Felix; Zimmermann, Michael; Roth, Daniel; Bauernhansl, Thomas, 2018. Resource-efficient manufacturing systems through lightweight construction by using a combined development approach.
Procedia CIRP **72**, S. 856–861
DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.123

Schleinkofer et al. 2019a Schleinkofer, Uwe; Klöpfer, Kevin; Schneider, Marco; Bauernhansl, Thomas, 2019. Cyber-physical Systems as Part of Frugal Manufacturing Systems.
Procedia CIRP **81**, S. 264–269
DOI: 10.1016/j.procir.2019.03.046

Schleinkofer et al. 2019b Schleinkofer, Uwe; Herrmann, Thorsten; Maier, Ina; Bauernhansl, Thomas; Roth, Daniel; Spath, Dieter, 2019. Development and Evaluation of a Design Thinking Process Adapted to Frugal Production Systems for Emerging Markets.
Procedia Manufacturing **39**, S. 609–617
DOI: 10.1016/j.promfg.2020.01.429

Schleinkofer et al. 2019c Schleinkofer, Uwe; Moz, Daniel; Bauernhansl, Thomas; Lang, Alexander, 2019. Knowledge Acquisition in Product Planning of Frugal Manufacturing Systems for Emerging Markets.
Procedia CIRP **81**, S. 246–251
DOI: 10.1016/j.procir.2019.03.043

Schleinkofer et al. 2019d Schleinkofer, Uwe; Dazer, Martin; Lucan, Kevin; Mannuß, Oliver; Bertsche, Bernd; Bauernhansl, Thomas, 2019. Framework for Robust Design and Reliability Methods to Develop Frugal Manufacturing Systems.
Procedia CIRP **81**, S. 518–523
DOI: 10.1016/j.procir.2019.03.148

Schmitz 2005 Schmitz, Heribert, 2005. *Raus aus der Demotivationsfalle: Wie verantwortungsbewusstes Management Vertrauen, Leistung und Innovation fördert*.
Wiesbaden: Gabler Verlag.
ISBN 978-3-322-84417-0

Schonberger 1987 Schonberger, Richard J., 1987. Frugal Manufacturing.
Harvard Business Review (9), S. 95–100

Schuh 2012 Schuh, Günther, 2012. *Innovationsmanagement: Handbuch Produktion und Management 3.*
2., vollst. neu bearb. und erw. Aufl.
Berlin, Heidelberg: Springer.
ISBN 978-3-642-25050-7

Sehgal et al. 2010 Sehgal, Vikas; Dehoff, Kevin; Panneer, Ganesh, 2010. *The Importance of Frugal Engineering: Providing new goods and services to "bottom of the pyramid" customers requires a radical rethinking of product development*.
Verfügbar unter: https://www.strategy-business.com/media/file/sb59_10201.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Seidel 2005 Seidel, Michael, 2005. *Methodische Produktplanung: Grundlagen, Systematik und Anwendung im Produktentstehungsprozess*.
Karlsruhe: Univ.-Verlag.
Karlsruhe, Universität, Diss., 2005.
ISBN 978-3-937300-51-1

Shivaraman et al. 2012 Shivaraman, Shiv; Mathur, Manish; Kidambi, Ram, 2012. *Frugal re-engineering: innovatively cutting product costs*.
Verfügbar unter:
https://www.de.kearney.com/documents/20152/434573/Frugal_Re-Engineering.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Soni et al. 2014 Soni, Pavan; T. Krishnan, Rishikesha, 2014. Frugal innovation: Aligning theory, practice, and public policy.
Journal of Indian Business Research **6** (1), S. 29–47
DOI: 10.1108/JIBR-03-2013-0025

Spur 1998 Spur, Günter, 1998. *Technologie und Management: Zum Selbstverständnis der Technikwissenschaften*.
München: Hanser.
ISBN 3-446-21033-4

StBA 2018 Statistisches Bundesamt, 2018. *Megatrends*.
Verfügbar unter: https://de.statista.com/statistik/studie/id/40300/dokument/megatrends-statista-dossier/study_id40300_megatrends-statista-dossier.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

StBA 2019a Statistisches Bundesamt; Verband der Chemischen Industrie, 2019. *Umsätze der wichtigsten Industriebranchen in Deutschland in den Jahren von 2016 bis 2018*.
Verfügbar unter: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/241480/umfrage/umsaetze-der-wichtigsten-industriebranchen-in-deutschland/
Zugriff am: 17.12.2019

StBA 2019b Statistisches Bundesamt, 2019. *Umsatzverteilung im Maschinenbau in Deutschland nach Beschäftigtengrößenklassen im Jahr 2019*.
Verfügbar unter: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/236314/umfrage/umsatzverteilung-im-deutschen-maschinenbau-nach-beschaeftigtengroessenklassen/
Zugriff am: 10.02.2021

StBA 2020 Statistisches Bundesamt, 2020. *Anzahl der Betriebe im Maschinenbau in Deutschland nach Beschäftigtengrößenklassen im Jahr 2019*.
Verfügbar unter: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/236301/umfrage/betriebsanzahl-im-deutschen-maschinenbau-nach-beschaeftigtengroessenklassen/
Zugriff am: 10.02.2021

Stelter 2020 Stelter, Peter, 2020. Modulare mechatronische Produktentwicklung im Maschinen- und Anlagenbau mit Anwendungen zur Smart Factory.
In: Hompel, Michael ten; Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas (Hrsg.)*: Handbuch Industrie 4.0*.
Berlin, Heidelberg: Springer, S. 1–40
ISBN 978-3-662-45537-1

Stoll 2010 Stoll, Karsten, 2010. *Planung und Konzipierung von Marktleistungen*.
Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.
Paderborn, Universität, Diss., 2009.
ISBN 978-3939350897

Strauss et al. 2010 Strauss, Anselm L; Corbin, Juliet M., 2010. *Grounded theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung.*
Unveränd. Nachdr. der letzten Aufl.
Weinheim: Beltz.
ISBN 978-3-621-27265-0

The Economist 2010 The Economist (Hrsg.), 2010. First break all the rules - The charms of frugal innovation.
The Economist Newspaper Limited, London (17. April 2010)

Tiwari et al. 2014 Tiwari, Rajnish; Herstatt, Cornelius, 2014. *Aiming big with small cars: Emergence of a lead market in India*.
Cham: Springer.
India studies in business and economics.
ISBN 978-3-319-02066-2

Tiwari et al. 2016 Tiwari, Rajnish; Fischer, Luise; Kalogerakis, Katharina, 2016. *Frugal Innovation in Scholarly and Social Discourse: An Assessment of Trends and Potential Societal Implications*.
Verfügbar unter: http://www.global-innovation.net/publications/PDF/Tiwari_et_al_2016_Frugal_Innovation_BMBF_ITA.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Tiwari et al. 2018a Tiwari, Rajnish; Buse Stephan; Kalogerakis, Katharina, Scheitza, Jakob; Herstatt, Cornelius, 2018. *Relevanz und Potenziale frugaler Innovationen für Österreich*.
Verfügbar unter:
https://tore.tuhh.de/bitstream/11420/1751/1/RFTE_Studie_TUHH_vFinal_print_DOI.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Tiwari et al. 2018b Tiwari, Rajnish; Prabhu, Jaideep, 2018. *Soft Power of Frugal Innovation and its Potential Role in India's Emergence as a Global Lead Market for Affordable Excellence*.
Hamburg: Technische Universität Hamburg, Technologie- und Innovationsmanagement W-7.
Arbeitspapier 104
DOI: 10.15480/882.1737

Ulrich 1984 Ulrich, Hans, 1984. Die BWL als anwendungsorientierte Sozialwissenschaft.
In: Ulrich, Hans; Dyllick, Thomas; Probst, Gilbert J.B. (Hrsg.)*: Management*.
Bern & Stuttgart: Haupt, S. 168–199
ISBN 978-3-258-03446-1

Ulrich 2001 Ulrich, Hans (Hrsg.), 2001. *Systemorientiertes Management: Das Werk von Hans Ulrich.*
Studienausg.
Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.
ISBN 978-3-258-06359-1

Ulrich et al. 1976 Ulrich, Peter; Hill, Wilhelm, 1976. Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre.
WiSt (7), S. 304–309

Urgo et al. 2018 Urgo, Marcello; Buergin, Jens; Tolio, Tullio; Lanza, Gisela, 2018. Order allocation and sequencing with variable degree of uncertainty in aircraft manufacturing.
CIRP Annals **67** (1), S. 431–436
DOI: 10.1016/j.cirp.2018.04.038

Vahs et al. 2015 Vahs, Dietmar; Brem, Alexander, 2015. *Innovationsmanagement: Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung*.
5., überarbeitete Auflage.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
ISBN 3-7910-3420-0

Wack 2018 Wack, Oliver, 2018. *Das Chinageschäft der Zukunft: Herausforderungen und Strategien für den deutschen Maschinenbau*.
Verfügbar unter: https://aussenwirtschaft.vdma.org/viewer/-/v2article/render/26925137
Zugriff am: 10.02.2021

Weisser 2020a J.G. Weisser Söhne GmbH & Co. KG, 2020. *Mein Weisser*.
Verfügbar unter: www.weisser-web.com/mein-weisser/
Zugriff am: 10.02.2021

Weisser 2020b J.G. Weisser Söhne GmbH & Co. KG, 2020. *Univertor AM*.
Verfügbar unter: www.weisser-web.com/produkt/univertor-am/
Zugriff am: 10.02.2021

Weisser 2021 J.G. Weisser Söhne GmbH & Co. KG, 2021. *Univertor V*, Abbildungen auf Anfrage vom Unternehmen erhalten

Welling 2009 Welling, Heinz, 2009. *Das Handbuch für den Praxiserfolg: Praxismarketing und Praxisorganisation für niedergelassene Ärzte*.
Norderstedt: Books on Demand.
ISBN 978-3839172841

Westkämper et al. 2009 Westkämper, Engelbert; Zahn, Erich, 2009. *Wandlungsfähige Produktionsunternehmen: Das Stuttgarter Unternehmensmodell*.
Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
ISBN 978-3-540-68890-7

Weyrauch 2018 Weyrauch, Timo, 2018. *Frugale Innovationen: Eine Untersuchung der Kriterien und des Vorgehens bei der Produktentwicklung*, Dissertation.
Wiesbaden: Springer Gabler.
Hamburg, Technische Universität, Diss., 2018.
ISBN 978-3-658-22213-0

Weyrauch et al. 2016 Weyrauch, Timo; Herstatt, Cornelius, 2016. What is frugal innovation?: Three defining criteria.
Journal of Frugal Innovation **2** (1), S. 1–17
DOI: 10.1186/s40669-016-0005-y

Widmaier 2000 Widmaier, Ulrich, 2000. Kontinuität und Wandel der Betriebsorganisation im deutschen Maschinenbau.
In: Widmaier, Ulrich (Hrsg.)*: Der deutsche Maschinenbau in den neunziger Jahren*.
Frankfurt/Main, New York: Campus, S. 279–305
ISBN 3-593-36507-3

Wiechers et al. 2019 Wiechers, Ralph; Meyerhoff, Annette; Paul, Holger, 2019. *Maschinenbau in Zahl und Bild 2019*.
Verfügbar unter:
https://www.vdma.org/documents/14969753/26250981/Maschinenbau+in+Zahl+und+Bild+2019.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Wiechers et al. 2020 Wiechers, Ralph; Scholl, Florian, 2020. *Maschinenbau in Zahl und Bild 2020*.
Verfügbar unter: https://www.vdma.org/v2viewer/-/v2article/render/48262358
Zugriff am: 10.02.2021

Winterhalter et al. 2017 Winterhalter, Stephan; Zeschky, Marco B; Neumann, Lukas; Gassmann, Oliver, 2017. Business Models for Frugal Innovation in Emerging Markets: The Case of the Medical Device and Laboratory Equipment Industry.
Technovation **66-67**, S. 3–13
DOI: 10.1016/j.technovation.2017.07.002

Wittwer et al. 2019 Wittwer, Claudia; Aufmuth, Martin; Weis, Brigitte, 2019. *Jahresbericht 2019: EinDollarBrille*.
Verfügbar unter: https://www.eindollarbrille.de/wp-content/uploads/2020/05/EinDollarBrille_Jahresbericht_2019_web.pdf
Zugriff am: 10.02.2021

Wohlfart et al. 2016 Wohlfart, Liza; Bünger, Mark; Lang-Koetz, Claus; Wagner, Frank, 2016. Corporate and Grassroot Frugal Innovation: A Comparison of Top-Down and Bottom-Up Strategies. *Technology Innovation Management Review* **6** (4), 5-17

Wohlfart et al. 2019 Wohlfart, Liza; Sturm, Flavius; Wagner, Frank, 2019. Erschließen neuer Märkte durch frugale Innovationen. In: Abele, Thomas (Hrsg.)*: Fallstudien zum Technologie- & Innovationsmanagement*. Wiesbaden: Springer, S. 213–225 ISBN 978-3-658-25067-6

Worna 2005 Worna, Thomas, 2005. *Die Fallstudienanalyse als wissenschaftliche Forschungsmethode*. Berlin: Europäische Wirtschaftshochschule Berlin, Lehrstuhl für Organisation & Empirische Managementforschung. ESCP-EAP working paper 10

Yin 2003 Yin, Robert K., 2003. *Case study research: Design and methods.* 3. ed. Thousand Oaks, Calif.: Sage. Applied social research methods series 5. ISBN 0-7619-2553-8

Zahn et al. 1995 Zahn, Erich; Weidler, Andreas, 1995. Integriertes Innovationsmanagement. In: Zahn, Erich (Hrsg.)*: Handbuch Technologiemanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 358–378 ISBN 3-7910-0758-0

Zeeb 2016 Zeeb, Hartmut, 2016. Vision wird Wirklichkeit: Intelligente Lösungen für die digitale Transformation von Montage, Produktion und Logistik durch Industrie 4.0. *ZWF* **111** (11), S. 759–761

Zehetbauer 2013 Zehetbauer, Robert, 2013. Wie man neue Produkte für die asiatischen Märkte entwickelt. *MaschinenMarkt* (49), S. 22–23

Zeschky et al. 2011 Zeschky, Marco; Widenmayer, Bastian; Gassmann, Oliver, 2011. Frugal Innovation in Emerging Markets: Successful frugal innovation requires a strong local presence in the emerging markets that are demanding affordable, good-enough products.
Research Technology Management **54** (4), S. 38–45
DOI: 10.5437/08956308X5404007

Zeschky et al. 2014a Zeschky, Marco B; Winterhalter, Stephan; Gassmann, Oliver, 2014. From Cost to Frugal And Reverse Innovation: Mapping the Field and Implications for Global Competitiveness.
Research Technology Management **57** (4), S. 20–27
DOI: 10.5437/08956308X5704235

Zeschky et al. 2014b Zeschky, Marco; Winterhalter, Stephan; Gassmann, Oliver, 2014. *Resource-constrained innovation: Classification and implications for multinational firms*, XXV ISPIM Conference – Innovation for Sustainable Economy & Society, Dublin (Irland), 8-11 Juni.
Oslo: ISPIM.
ISBN 978-952-265-591-2

Zühlke 2012 Zühlke, Detlef, 2012. *Nutzergerechte Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen*.
Dordrecht: Springer.
ISBN 978-3-642-22074-6

9 Anhang

Anhang A: Zusammengefasste Aussagen der Teilnehmenden am Workshop zu den Chancen frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

	aktuelle Konzepte „weiter wie bisher“	frugale Ansätze
Chancen	**allgemein:** • Technologieführerschaft beibehalten • Innovationsfähigkeit erhalten • Wettbewerb auf Distanz halten durch Fokus auf High-Tech-Innovationen • Markt bezahlt für „Made in Germany“ mit globalem Servicenetzwerk und I4.0 • auch Kunden im mittleren Marktsegment wollen High-End-Maschinen (zum Beispiel für den Export ihrer Produkte in westl. Industrieländer) • Bedarf an High-End steigt langfristig auch in Emerging Markets • Marke und Ansehen am Markt bleibt bestehen • Konzentration auf spezifische Kundenbindung	**wachsende Märkte:** • neue Marktanteile sichern • Umsatzsteigerung / Wachstum • wegbrechenden EU-Umsatz kompensieren • Vorbereitung der Kunden auf MR+HE Produkte • Sicherstellen der einfachen Bedienbarkeit • Deutsche Servicenetzwerke • High-Tech deutscher Kooperationsnetzwerke • Kundenbindung • Trendsetter (Monopol) • Nutzung von Kreativität für einfache Benutzung **gesättigte Märkte:** • halten der Produktion in Deutschland • halten/Verteidigung/Gewinnung von Marktanteile • Kundenbindung • Automatisierung und I4.0 bieten weiterhin hohe Margen im High-End • neue Marke – Einstiegsmaschine • Wettbewerbsverdrängung • Preis/Leistung – HK-Optimierung • Reaktion auf neue Anforderung • Möglichkeit des global Sourcing • Gute Infrastruktur • Know-how • Leistungssteigerung **allgemein:** • Erschließung neuer Marktsegmente, Generierung von Wachstum, bessere Absicherung gegen Marktschwankungen • frugale Produkte können parallel zu High-End-Produkten erfolgreich sein • bisherige Maschinen vereinfachen und Kosten senken • frugale Ansätze und Produkte sind erforderlich, wenn sie als strategisch wichtig im gesamten Unternehmen anerkannt sind • Weiterentwicklung der eigenen Konstruktion und Entwicklung

		• Reduktion von Komplexität im Produktportfolio • Global Sourcing wird durchgängig ermöglicht • Fokussierung auf „must have“ und nicht „nice to have“ • KISS → keep it stupid simple

Anhang B: Zusammengefasste Aussagen der Teilnehmenden am Workshop zu den Risiken frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

	aktuelle Konzepte „weiter wie bisher“	frugale Ansätze
Risiken	**allgemein:** • Verlust globaler Massenmärkte durch preisgünstigeren Wettbewerb, trotz toller High-End-Produkte • Generierung von nur noch komplizierten Aufträgen • Markt bewegt sich „weg“ vom Produktportfolio • Kunden wollen, jedoch können aufgrund des Preises nicht bei uns einkaufen • nicht robust genug • technischer Vorsprung schrumpft • Wettbewerb holt uns ein. Good enough! • Überflügelt durch andere Märkte / Marktpreise können nicht erreicht werden • Wachstumsmärkte wie Asien können nicht bedient werden	**wachsende Märkte:** • Aufrechterhaltung der Preisdifferenzierung • Hürde für kleine Unternehmen, global zu agieren • Zukunftsfähigkeit des Geschäftsmodells im Maschinenbau • Anforderungen • Markteintritt • Wettbewerb • Produktionsqualität im Ausland • fehlendes Vertriebsnetz • fehlendes Know-how • hoher Betreuungsaufwand • Kosten • Umdenken der Ingenieure **gesättigte Märkte:** • Beeinflussung der Kundenbindung durch volle Markttransparenz • je niedriger das Techn.-Niveau, desto einfacher ist es die Technik zu kopieren • Kannibalisierung • Preis-Kampf • Gefahr der Vernachlässigung von High-End-Lösungen / Produktportfolio • „Imageschäden“ **allgemein:** • keine „Billigprodukte“ unter dem Firmennahmen vermarkten • Erhöhung der Variantenvielfalt, Zersplitterung der Marktsegmente • Verwässerung von Sicherheitsaspekten und High-End-Produkten • Kannibalisierung der High-End-Produkte • preistechnische Chancen sind nur über Stückzahlen erreichbar • Aufbau einer parallelen Welt • Konflikt mit bestehenden Produkten • Innovationen werden reduziert • höhere Kosten und reduzierte Marge

Anhang C: Zusammengefasste Aussagen der Teilnehmenden am Workshop zu den Stärken und Defizite der einzelnen Unternehmens-/Betrachtungsbereiche zur Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

	Stärken	Defizite
Kunde	• global, große Nachfrage • sehr heterogen • Baukastensystem für alle Kundenanforderungen	• wollen <-> brauchen • Schwierigkeiten in der Informationsgewinnung der Kunden • Nähe/Vertrieb • „am Bedarf vorbei entwickelt," Schnittstelle Kunde zu Entwicklung • Konzentration auf High-Tech, Low-Tech wird vernachlässigt • Wissen was unsere Kunden benötige ist nur begrenzt vorhanden
Mitarbeiter	• Veränderungsbereitschaft • Regional Ausbau relevant • Flexibilität • Qualifikation der Mitarbeiter	• Verständnis der MA zum Thema frugal → setzen aktuell frugal mit billig gleich • Philosophie, die MA abholen • Qualifizierte Mitarbeiter nicht vorhanden in D und CN • eingefahrene Strukturen → Sturheit der MA
Management	• stark im Veränderungsmanagement • Notwenigkeit zur Veränderung erkannt • flexible Reaktion von KMU in Deutschland • Bereitschaft für neue Lösungen • bietet mehr Spielraum für Wachstum	• frugal nicht als firmenweites Veränderungsprojekt erkannt • Schwierigkeiten des Paradigmenwechsel → High-Tech <-> Standard • Konzern • fehlende durchgängige Kommunikation ist ein Hindernis „Silo-Denken" • ungenügendes regionales Marktverständnis • hohe Erwartungen
Marketing	• recht flexibel • ausgebildet	• ausbaufähig • Market Pull vs. Technology Push → Bedeutung • unzureichende Marktkenntnisse • Vertriebsnetz (KMU)
Vertrieb	• bisher auf High-End-Lösungen abgestimmt • derzeit im Wandel • hohe Qualität • Variantenvielfalt	• zeitintensiv • „Kunden finden" wollen • Prozessstart: Kunde ruft an • große Distanz zum Kunde • unzureichende Kenntnisse über den Markt, Kunde und Anforderungen • Vertriebsnetz (KMU) • Offenheit gegenüber neuen Dingen fehlt • Einarbeitung in frugale Komponente ist Zeitintensiv und ist mit Kosten verbunden • Variantenvielfalt

Entwicklung	• fundierte Kenntnisse • Kompetenz etabliert • immer stärker auf Kundennutzen fokussiert • mit High-Tech einfache Produkte entwickeln • Patente / Innovation • nur so gut wie nötig, nicht so gut wie möglich! • Variantenvielfalt • gezielter über den Tellerrand schauen v.a. andere Branchen • für jedes Problem die passende Lösung	• fehlende Kompetenz zum entwickeln preiswerter Lösungen • KISS vs. Ausbildung • schlechter Fokus • Overengineering • Offenheit gegenüber neuen Dingen fehlt • Einarbeitung in frugale Komponente ist zeitintensiv und ist mit Kosten verbunden • nur so gut wie nötig, nicht so gut wie möglich! • Variantenvielfalt • gezielter über den Tellerrand schauen v.a. andere Branchen fehlt
Fertigung	• Partner-Serie • Prototype In-house • Flexibilität in der Fertigung einfacher Produkte • Qualität „Made in Germany“	• starr • derzeit nur Deutschland, weitere Standorte angedacht • viele Produktionsstandorte mit hohem Logistikaufwand • hohe Fertigungskosten • Offenheit gegenüber neuen Dingen fehlt • Einarbeitung in frugale Komponente ist zeitintensiv und ist mit Kosten verbunden
Logistik	• nicht optimal • zu vielfältig • Lieferanten	• zu strukturiert • Lieferanten
Einkauf	• Purchasing office in China	• agiert zu lokal (EU)

Anhang D: Zusammengefasste Aussagen der Teilnehmenden am Workshop zu den Handlungsfeldern zur Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

	konkrete Handlungsfelder
Kunde	• Verständnis für Kunden aufbauen, was benötigt wird und was nicht: sprechen, zuhören, verstehen • sprechen mit Endanwendern • genaue Bedarfsermittlung (Marktanalyse) • Bildungsniveau • Veränderung der Kundenbedürfnisse zeitnah analysieren und Maßnahmen ableiten • Kundennutzen erkennen und in Produkte / Maschinen einbringen • Marktstudien in Zielmärkten durchführen, um Kundenbedürfnisse daraus abzuleiten (Regionale Studien) • Studie über Low-Tech-Produkte erstellen • Kunden in die Entwicklung miteinbinden
Mitarbeiter	• sensibilisieren • motivieren • mitnehmen • Weiterbildung / Zusatzqualifikation • Mitarbeiterschulungen und Freigeist fördern • Akzeptanz • Mindset der Mitarbeiter ändern • kritische Betrachtung der Prozesslandschaft (was wird gebraucht?)
Management	• durchgängige Kommunikation • Vorleben des Wandels • Roadmap festlegen (Abgrenzung frugal und Bestand): Festlegen einer klaren Aufgabenstellung und Projekte fördern (→ Entscheidung treffen) • MA motivieren und überzeugen sowie geeignete Personen finden • Förderung der Neuausrichtung: Einführen einer Fehlerkultur, freigeben von notwenigen Ressourcen und Invest tätigen • Change Management • Budget und Kapazitäten bereitstellen • Szenarien mit/ohne passgenaue Produkte darstellen • Rückhalt des Managements für Veränderungen • klare strategische Formulierung (Differenzierung) • Baukastenanalyse (darlegen von „Entschlackungspotenzial“)
Marketing	• Markt- und Bedarfsanalyse • besseres/neues Vermarktungskonzept • externe Kooperationen • Reduzierung der Variantenvielfalt im Verkauf • vorbereiten des Vertriebs auf „Good-enough“ • Stärkung des Design-Thinkings

Vertrieb	• Aufbauen des Vertriebsnetzes • Gewinnung neuer Kunden • Anreizsystem schaffen: Provision • Lastenheft erstellen • Kunden direkt adressieren und ansprechen • Kunde zu seinem Glück zwingen • gemeinsame Erhebung der Kundenbedarfe: Neue Techniken nutzen
Entwicklung	• konsequente Durchführung von Wertanalysen • Reduzierung der Herstellkosten • Richtlinien festlegen • Freiheit einräumen • Ziele definieren • Entwickler befähigen zum Beispiel neue Produktentwicklungsmethodik • führen eines Pflichtenhefts • Learning by Doing • Fokussierung • gemeinsame Erhebung der Kundenbedarfe: neue Techniken nutzen • Standardkomponenten • Nutzung von Synergien • Entwicklungsteam zusammenstellen und für diese Aufgabe freistellen • Schulung der einzelnen Mitarbeiter • Konstruktion und Entwicklung teilweise in Schwellenländern durchführen • „neue“ Methoden zur Lösungsfindung • kritische Betrachtung der Prozesslandschaft, was wird gebraucht? • loslösen von bisherigen Methoden
Fertigung	• optimieren des Fertigungsverfahrens und Produktionsmethoden • Ausbau der Standorte • „Global Sourcing“ • lokale Fertigung • Standardkomponenten • Nutzung von Synergien
Logistik	• Lieferanten einbeziehen • Service • Verkürzung der Lieferzeiten
Einkauf	• Beschaffungsquellen breiter aufstellen • Internationalisierung des Einkaufs

Anhang E: Aufbereitung und Auswertung der Ergebnisse der Gruppendiskussion (Aussagen der Workshopteilnehmenden - Anhang A-D) nach Mayring zur Bildung der Kernaussagen (K) und Ableitung der hypothetischen Anforderungen (HA) an eine Methodik

(A) Welche Relevanz haben frugale Innovationen aus Sicht des deutschen Maschinenbaus?			
Nr.	**Kernaussagen/Paraphrase**	**Codierung/Generalisierung**	**Kernaussagen/Kategorien**
1	Verwässerung von High-End-Produkten	geringe Akzeptanz (Qualität muss bleiben)	K1: Frugale Innovationen haben eine hohe Relevanz wegen: - steigendem Wettbewerb, - neuen Marktanforderungen, - Abdrängung in Nischenmärkte.
2	Markt bezahlt für "Made in Germany" mit globalem Servicenetzwerk	geringe Akzeptanz (Qualität muss bleiben)	
3	Low-Tech wird vernachlässigt	geringe Akzeptanz (Qualität muss bleiben)	
4	technischer Vorsprung schrumpft, Wettbewerb holt uns ein	hohe Relevanz (Wettbewerb steigt)	
5	es dürfen keine Imageschäden entstehen	geringe Akzeptanz (Qualität muss bleiben)	
6	es wird am Bedarf vorbei entwickelt	hohe Relevanz (Neue Marktanforderungen)	
7	höhere Kosten und reduzierte Marge	geringe Akzeptanz (Fehlende Vergleichbarkeit)	K2: Frugale Innovationen werden mit geringerer Qualität gleichgesetzt und finden daher wenig Akzeptanz im deutschen Maschinenbau.
8	Verlust globaler Massenmärkte durch preisgünstigeren Wettbewerb	hohe Relevanz (Wettbewerb steigt)	
9	Generierung von nur noch komplizierten Aufträgen	hohe Relevanz (Abdrängung in Nische)	
10	Markt bewegt sich weg vom Produktportfolio	hohe Relevanz (Neue Marktanforderungen)	
11	Reaktion auf neue Anforderungen: "Fokussierung auf "must have" nicht "nice to have"	hohe Relevanz (Neue Marktanforderungen)	
12	eigene hochpreisige Produkte müssen mit frugalen Lösungen „kannibalisiert“ werden, da dies sonst die Wettbewerber tun	hohe Relevanz (Neue Marktanforderungen)	

(B) Welche Herausforderungen bezüglich der Umsetzung frugaler Innovationen gibt es?			
Nr.	**Kernaussagen/Paraphrase**	**Codierung/Generalisierung**	**Kernaussagen/Kategorien**
1	Schwierigkeiten in der Informationsgewinnung der Kunden	Kundenanforderungen unklar	K3: Es fehlt ein klares Verständnis über die Anforderungen der Kunden.
2	es wird am Bedarf vorbei entwickelt	Kundenanforderungen unklar	
3	ungenügendes regionales Marktverständnis seitens des Managements	fehlende ganzheitliche Betrachtung	
4	zu hohe Erwartungen seitens des Managements	unklares Zielbild	K4: Seitens des Managements fehlt oft eine ganzheitliche Betrachtung, Vision und Strategie zu frugalen Innovationen.
5	Wissen was unsere Kunden benötigen, ist nur begrenzt vorhanden	Kundenanforderungen unklar	
6	es wird am Bedarf vorbei entwickelt	Kundenanforderungen unklar	
7	Entwicklung und Vertrieb tauschen sich nicht genug aus	Kundenanforderungen unklar	
8	fehlende durchgängige Kommunikation ist ein Hindernis, "Silo-Denken"	fehlende ganzheitliche Betrachtung	K5: Es fehlt an Ressourcen in Form von Wissen und Kapital für neue Markteintritte.
9	frugal wird nicht immer als firmenweites Veränderungsprojekt erkannt	fehlende ganzheitliche Betrachtung	
10	fehlende Kompetenz zur Entwicklung neuer Lösungen	fehlende Ressourcen	

11	Einarbeitung in frugale Kompetenz ist zeitintensiv und mit Kosten verbunden	fehlende Ressourcen	K6: Es fehlt an einem klaren Zielbild hinsichtlich Erwartungen und Ziele.
12	schlechter Fokus / Overengineering: "nur so gut wie nötig, nicht so gut wie möglich"	unklares Zielbild	
13	das gezielte "über den Tellerrand schauen" vor allem in andere Branchen fehlt	fehlende ganzheitliche Betrachtung	
14	Hürde für kleine Unternehmen, global zu agieren (Markteintritt, Wettbewerb)	fehlende Ressourcen	

(C) Wo besteht Unterstützungsbedarf bei frugalen Innovationen?			
Nr.	**Kernaussagen/Paraphrase**	**Codierung/Generalisierung**	**Kernaussagen/Kategorien**
1	es bedarf einem Hilfsmittel zur Umsetzung	Prozessgestaltung	K7: Eine Methodik, die klar in ihrer Anwendbarkeit ist: - systematischer Ablauf, - nachvollziehbar und reproduzierbar, - einfach beherrschbar, - mit beherrschbarem Komplexitätsniveau. K8: Die Methodik muss operationalisierbar sein: - praxistauglich, - transparent und nachvollziehbar, - effektiv - verständlich.
2	stufenweiser/ Iterativer Prozess	Prozessgestaltung	
3	transparenter Prozess	Prozessgestaltung	
4	neue Methoden zur Lösungsfindung	Prozessgestaltung	
5	systematischer Verfahrensablauf	Anwendbarkeit	
6	beherrschbares Komplexitätsniveau	Anwendbarkeit	
7	praxistauglicher Prozess	Operationalität	
8	angemessenes Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen	Operationalität	
9	Zusammenhänge und Wirkungsweisen verständlich formuliert	Operationalität	

Ableitung der hypothetischen Anforderungen an die Methodik	
HA1	Es bedarf eines Prozesses, der einen Kulturwandel im Unternehmen systematisch begleitet und damit eine positive sowie unterstützende Grundhaltung der Mitarbeitenden für frugale Produkte bewirkt. (K2, K3)
HA2	Es wird ein ganzheitlicher Ansatz gefordert, der sowohl Visions- und Strategieentwicklung beinhaltet als auch eine Fokussierung der Aktivitäten zur Zielerreichung berücksichtigt. (K4, K6)
HA3	Es bedarf eines iterativen Prozesses, der eine Priorisierung von Maßnahmen vorantreibt und die Sichtbarkeit von Erfolgen während des Prozesses ermöglicht. (K5, K6, K7, K8)
HA4	Es bedarf eines Prozesses, der mitarbeitergebundenes und organisationales Wissen nutzt und den Aufbau eines frugalen Mindsets sowie Wissensmanagements unterstützt. (K4)
HA5	Es bedarf eines adaptiven Prozesses, der mit geringem Aufwand durchführbar und an unterschiedliche Anforderungen und Umfeld Bedingungen / Kontexte anpassbar ist. (K7, K8)
HA6	Es bedarf eines Prozesses, der die Identifikation des Anpassungspotenzials von bestehenden Maschinen an die Kriterien frugaler Innovationen erlaubt. (K7/ K8)

Anhang F: Teilstandardisierter Fragebogen für die Experteninterviews im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit zur Umsetzung frugaler Maschinen

Untersuchung zur Umsetzung frugaler Maschinen	**Datum: xx.xx.xxxx**
Uwe Schleinkofer, Fraunhofer IPA	
Unternehmen:	
Interviewpartner:	**Position:**

ZIEL:
- Was hat Sie dazu veranlasst, ein Produkt mit frugalem Ansatz zu entwickeln? / Welche Ziele verfolgen Sie damit? (zum Beispiel Konkurrenz, Wachstum, Markterschließung, Bedarf, Trend??)
- Von welchem internen Bereich kam der Wunsch nach einem frugalen Produkt?
- Wie sind die Meinungen / die Haltung innerhalb des Unternehmens dazu aus?
- Um wie viel Prozent hat sich der Preis im Vergleich zu High-End verringert?

MARKT / ZIELGRUPPE:
- Welche Kunden sollen mit dem frugalen Produkt angesprochen werden? Wer hat Bedarf?
- Wurde/Wird für einen regional begrenzten Markt entwickelt?
- Welche besonderen Bedürfnisse haben diese und wie wurden die ermittelt?
- Differenzierung zum High-End?

PRODUKT:
- Welche Funktionen wurden/werden als „reduzierbar" eingestuft und warum?
- Wie ist oder war die Vorgehensweise im Entwicklungsprozess?
- Wurde der Kunde/ ausgewählte Kunden verstärkt mit einbezogen?
- Optischer Unterschied im Design, andere Materialien?
- Ist der Aufwand für Instandhaltung/Wartung gleich geblieben?
- Welchen Nutzen bringt das Produkt den Kunden?

PRODUKTION:
- Wo wird für diese Märkte produziert?
- Zukauf oder viel Eigenfertigung?
- Schlüsselkomponenten aus Deutschland?

VERTRIEB/ KOMMUNIKATION/ MARKE:
- Vertrieb ebenfalls über Fachhändler?
- Wie haben Sie das Produkt beworben? Wurde der Nutzen klar?
- Was hält der Vertrieb von dem Ansatz? Skepsis?
- Wird das Produkt auch hier in Deutschland angeboten?
- Wird alles unter der Unternehmensmarke angeboten?
- Gab es Überlegungen die Markenstrategie für das frugale Produkt anzupassen oder es unter einer anderen Marke anzubieten? (Mit Bezug auf Unternehmensmarke?)
- Sehen Sie Auswirkungen auf die High-End-Produkte?

SERVICE:
- Gleicher Service wie bei den High-End-Produkten?

Anhang G: Übersicht der geführten Experteninterviews (nach Datum sortiert) und bereitgestellten Dokumente im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit zur Umsetzung frugaler Maschinen

Nr.	Id.	Position	Branche	Unternehmensgröße	Datum (Interviewdauer)	Dokumente
1	A1	Leiter Vertrieb, Produktmanager und Entwicklung / Konstruktion Mechanik	Holzbearbeitungsmaschinen	ca. 2.300 Mitarbeiter (MA)	14.01.2016 (ca. 2 Stunden)	
2	B	Geschäftsführer	Industrietechnik	ca. 6.000 MA	05.02.2016 (ca. 2 Stunden) 01.04.2016 (ca. 2 Stunden)	
3	C1	Geschäftsführer	Textilmaschinen	ca. 2.700 MA	11.03.2016 (ca. 2 Stunden)	Vortrag 23.06.2016
4	D1	Kaufmännischer Geschäftsführer	Fräsmaschinen	ca. 70 MA	21.03.2016 (ca. 2 Stunden)	Vortrag 23.06.2016
5	D2	Technischer Geschäftsführer	Fräsmaschinen	ca. 70 MA	08.04.2016 (ca. 2 Stunden)	
6	D3	Konstruktionsleiter	Fräsmaschinen	ca. 70 MA	01.09.2016 (ca. 2 Stunden) 06.02.2017 (ca. 2 Stunden)	
7	E	Konstruktionsleiterin, Marketingmitarbeiter, Leiter Vertrieb und Marketing	Kennzeichnungsmaschinen	ca. 100 MA	19.10.2016 (ca. 1,5 Stunden)	
8	C2	Geschäftsbereichsleiter, Entwicklungsleiter, Abteilungsleiter Entwicklung Mechanik	Textilmaschinen	ca. 2.700 MA	03.11.2016 (ca. 2 Stunden)	
9	F	Viertriebs- und Marketingleiterin	Telekommunikationsgeräte	ca. 50 MA	16.01.2017 (ca. 1 Stunde)	Vortrag 21.03.2017
10	G	Mechanische Konstruktion und Leiter Mechanische Konstruktion	Profilbearbeitungsmaschinen	ca. 700 MA	23.01.2017 (ca. 1,5 Stunden)	
11	H	Vizepräsident Marketing und Vertrieb	Anlagenhersteller	ca. 3.000 MA	24.01.2017 (ca. 0,5 Stunden)	Vortrag 21.03.2017

					12.12.2018 (ca. 1,5 Stunden)	
12	I1	Konstruktionsleiter Mechanik	Verpackungsmaschinen	ca. 400 MA	23.02.2017 (ca. 2 Stunden)	
13	J	Projektleiter Entwicklung, Entwicklungsingenieur	Umformmaschinen	ca. 1.100 MA	28.02.2017 (ca. 2 Stunden)	
14	K	Produktmanager	Land- und Forstwirtschaftsgeräte	ca. 16.000 MA	11.04.2017 (ca. 2 Stunden)	
15	I2	Teamleiter Entwicklung	Verpackungsmaschinen	ca. 400 MA	18.04.2017 (ca. 2 Stunden) 04.05.2017 (ca. 2 Stunden)	
16	L1	Entwicklung	Werkzeugmaschinen	ca. 12.000 MA	17.05.2017 (ca. 2 Stunden)	
17	M1	Senior Vizepräsident - Produktmanagement	Papiermaschinen	ca. 19.000 MA	13.06.2017 (ca. 3,5 Stunden)	Vortrag 23.04.2017 Vortrag 18.04.2018 Vortrag 08.11.2018
18	N	Geschäftsführer	Automatisierungsanlagen	ca. 50 MA	08.08.2017 (ca. 1 Stunde)	Vortrag 10.10.2017 Vortrag 08.11.2018
19	O1	Geschäftsführer	Sägemaschinen	ca. 260 MA	19.09.2017 (ca. 0,5 Stunden) 22.03.2018 (ca. 0,5 Stunden)	Vortrag 16.04.2015
20	M2	Vizepräsident Produktsegment	Papiermaschinen	ca. 19.000 MA	22.09.2017 (ca. 3 Stunden)	
21	L2	Leiter Industrial Engineering, Referent der Geschäftsführung	Werkzeugmaschinen	ca. 12.000 MA	23.11.2017 (ca. 2,5 Stunden)	Vortrag 10.10.2017 Vortrag 08.11.2018
22	P	Leiter zentrale Entwicklung	Verpackungsmaschinen	ca. 400 MA	19.02.2018 (ca. 2 Stunden)	
23	A2	Vorstands Vorsitzender, Leitung technisches Marketing	Holzbearbeitungsmaschinen	ca. 2.300 MA	22.03.2018 (ca. 1 Stunde) 14.05.2018 (ca. 2 Stunden)	

24	Q	Geschäftsführer (Technik), Geschäftsführer (Vertrieb), Entwicklungsleiter	Drehmaschinen	ca. 2.000 MA	12.04.2018 (ca. 2 Stunden)	
25	R	Produktmanager	Flaschenreinigungsmaschinen	ca. 5.000 MA	18.04.2018 (ca. 0,5 Stunden)	Vortrag 18.04.2018
26	O2	Leiter Entwicklung	Sägemaschinen	ca. 260 MA	25.04.2018 (ca. 1 Stunde)	
27	S	Technischer Leiter	Werkzeugmaschinen	ca. 200 MA	08.08.2018 (ca. 1 Stunde)	
28	T	Geschäftsführer	Absauganlagen	ca. 200 MA	14.08.2018 (ca. 1 Stunde)	
29	U	Geschäftsführer	Drehmaschinen	ca. 500 MA	14.08.2018 (ca. 1 Stunde)	
30	V	Leitender Direktor Produktmanagement	Reinigungsmaschinen	ca. 13.000 MA	30.10.2018 (ca. 1,5 Stunden)	Veröffentlichung 2013 und Produktdatenblatt
31	W	Geschäftsführer, Leiter Entwicklung und Konstruktion	Sägemaschinen	ca. 600 MA	14.11.2018 (ca. 1 Stunde)	
32	X	Senior Programmanager, Entwicklungsleiter	Medizingeräte	ca. 50.000 MA	03.12.2018 (.ca. 3 Stunden)	Vortrag 21.03.2017
Summe Interviewpartner: 46 Personen				**Summe Interviewzeit: ca. 64 Stunden**		
Id. = Index der Interviews (Unternehmen A-X / Interviewpartner/-gruppen 1-3)						

Anhang H: Kernaussagen der Experteninterviews zur Unternehmensstrategie bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
1	A1, A2, B, F, K, J, L1, L2, V, X	Wachstums-strategie	• wirtschaftlich gute Unternehmenslage • Potenzial frugaler Produkte erkannt • Erschließung / Wachstum bei preissensitiven Kunden und im mittleren Marktsegment
2	C1, C2, M1, M2	Desinvestiti-onsstrategie	• Reaktion auf drastische Marktveränderungen • Rückzug aus bestehenden Märkten • strategische Neuausrichtung erforderlich • Umsetzung aus dem Druck heraus sehr schwierig
3	D1, D2, D3, E, I1, I2, N, O1, O2, P, T, U	Stabilisierungs-strategie	• Sicherung der Marktposition, bei sich kontinuierlich verändern-der Rahmenbedingungen • Rolle des Strategiefolgers zur Risikominimierung • Konzentration auf zukunftsfähige Geschäftsbereiche • Optimierung des Preis-Leistungs-Verhältnis

Anhang I: Kernaussagen der Experteninterviews zur Produkt-Markt-Strategie bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
4	K, L2, V, X	neue Produkte	• (kleinere) Anlagen oder Geräte • Wahl eines völlig neuen Lösungsansatzes • keine bestehenden Restriktionen • Lösung kostengünstigere und nutzerzentrierter Lösungen • hoher Ressourceneinsatz notwendig • hohes technisches und wirtschaftliches Risiko
5	C1, C2, M1, M2	Produktanpas-sung	• bestehende Produkte als Basis nutzen • Bei großen, komplexen Maschinen/Anlagen erfolgt die Betrach-tung auf der Ebene einzelner Produkteinheiten, hierbei erfolgen Neuentwicklungen oder Optimierungen/Anpassungen. • Neuheits- oder Änderungsgrad im Rahmen der Produktentwick-lung hängt hierbei vom Produkt und den zur Verfügung stehen-den Ressourcen ab. • eingeschränkter Lösungsraum bei Anpassungskonstruktionen • geringer Ressourceneinsatz • geringes technisches und wirtschaftliches Risiko
6	C1, C2, K, M1, O1, X	Time-to-Mar-ket	• je schneller sich der angestrebte Markt verändert, desto schneller verlieren bestehende Produkte an Relevanz • keinen Erfolg, wenn bestehende Produkte ohne Anpassungen auf die Kunden/-Nutzerbedürfnisse in neuen oder veränderten bestehenden Märkten platziert werden • frühzeitige Planung der Markteintrittsstrategie

Anhang J: Kernaussagen der Experteninterviews zur lokalen, nationalen, internationalen und globalen Strategie bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
7	M1, V	lokale Strategien	• größte Erfolge (Einsparung von Kosten/Zeit) durch (lokale) Produktentwicklung
8	C2, M1, O1,	lokale und globale Strategien	• Produktoptimierung hatte zumeist die Aufgabe eine einfache lokale Fertigung/Montage oder globale Beschaffung zu ermöglichen
9	C1, M1, V	globale Strategien	• Globale Wertschöpfung stellt ein zentraler Punkt dar. Mit Produktionen im Ausland konnte die Wirtschaftlichkeit erhört werden, wobei hier die Sicherung des Qualitätsniveaus eine deutliche Herausforderung und einen ressourcenaufwendigen Prozess darstellt.
10	C1, C2, K, M1, M2, L2, R, V, X	lokale Strategien	• Regional eigenständigen Organisationseinheiten, denn je näher am Kunden die Entwicklung und Wortschöpfung stattfindet, umso erfolgreicher können die Produkte um- und abgesetzt werden.

Anhang K: Kernaussagen der Experteninterviews zur Autonomie-, Kooperations- und Integrationsstrategie bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
11	L2, X	Autonomiestrategie	• Breite Aufstellung durch die (Aus-)Gründung eines Tochterunternehmens oder der Erwerb eines Unternehmens für die Bearbeitung des Marktsegments für frugale Produkte.
12	L2, X	Autonomiestrategie	• Durch die Aufteilung in Sub-Unternehmen findet eine klare Differenzierung statt, wodurch Kannibalisierung durch eine nicht direkte Zuordnung zum High-End-Maschinenbauunternehmen vermieden werden kann.
13	L2, X	Autonomiestrategie	• Ein weiterer Vorteil liegt in der leichteren Überwindung organisatorischer Hürden. Oftmals können mit bestehenden Strukturen neue Arbeitsabläufe und Vorgehensweisen nicht umgesetzt werden, was die Gründung neuer Unternehmen oder Organisationen notwendig macht.
14	C1, L2, M1, X	Autonomiestrategie	• Eine Zusammenfassung des Projektteams in einer eigenen strategischen Organisationseinheit ist jedoch für alle Unternehmensgrößen zu empfehlen.

Anhang L: Kernaussagen der Experteninterviews zur (Produkt-)Strategie im Rahmen der hybriden-Wettbewerbsstrategien bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
15	M1, M2, P, X	globale Produktstrategie	• Allein die Kunden mit ihren Anforderungen betrachtet werden, eine lokale oder länderspezifische Clusterung findet ebenso wenig statt, wie die Einordnung der Kunden in die Marktsegmentpyramide. • Fokus liegt auf einem modularen Produkt, innerhalb genau definierten Grenzen (so groß wie möglich für eine flexible Reaktion auf Kundenwünsche, so klein wie möglich damit die Komplexität begrenzt wird).
16	M1, M2	globale Produktstrategie	• Einer Verletzung der Baukastengrenzen wird erst nach umfangreicher Prüfung von Konsequenzen und Möglichkeiten zugestimmt.
17	M1, M2, X	globale Produktstrategie	• sehr großen Planungsaufwand sowie anschließend eine ganzheitliche und konsequente Umsetzung • bindet eine große Anzahl an Ressourcen und benötigt einen längeren Zeitraum, bis Erfolge sichtbar werden • Risiko ist im Vergleich zum lokalen Ansatz wesentlich höher • flexible Anpassung der Systeme an die Bedürfnisse der Kunden, ohne offensichtliche Sprünge in der Leistungsklasse, ist jedoch attraktiv für viele der analysierten Unternehmen und deren Kunden
18	A1, E, F, K, O1, V	lokale Produktstrategie	• Clusterung der Kunden hinsichtlich Leistungs- und Qualitätsumfang, Regionen und gegebenenfalls anhand der Marktsegmentpyramide.
19	A1, D1, E, J, I2, V	lokale Produktstrategie	• Kein allgemein gültiges Vorgehen für alle Kundengruppen, sondern eine Unterteilung in mehrere Baureihen, um das Risiko im Falle eines Scheiterns zu reduzieren.
20	K	lokale Produktstrategie	• Für definierte Kunden(-gruppen) werden Produkte entwickelt und mit einem passenden Vertriebsmodell an den entsprechenden Märkten platziert.
21	V	lokale Produktstrategie	• Einfacher Einstieg in ein neues Marktsegment oder einen neuen Markt sowie geringer Ressourceneinsatz hinsichtlich der Planung und Umsetzung.
22	I1,I2,	lokale Produktstrategie	• Pflegeaufwand durch mehrere Produktvarianten erheblich.
23	D1, D2, D3	lokale Produktstrategie	• Ein breites Produktportfolio führt zu einer besseren Auslastung der Produktion. Die High-End-Maschinen im oberen Teil des Marktsegments sind oft Sonderlösungen und der Auftragseingang unterliegt starken Schwankungen. Die breitere Produktpalette, mit einer Maschine die auftragsneutral vor-/moniert wird, erhöht in der Auslastung von Fertigung und Montage.
24	I2, O1, T	lokale Produktstrategie	• Kooperationen oder Einkaufsstrategien bei „keinen“ Ressourcen und Kompetenzen in Betracht ziehen

Anhang M: Kernaussagen der Experteninterviews zu den Erfolgsfaktoren auf Ebene der Unternehmensführung bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
25	B, C1, H, K, M1, V, X	Kommunikation und Transparenz	• positive Auswirkung durch die Einbeziehung von Vertretern aller Unternehmensbereiche in den Strategiebildungsprozess • Hintergründe verstehen und Entscheidungen mittragen • überzeugte Führungsebene • Rückhalt der Mitarbeiter

Anhang N: Kernaussagen der Experteninterviews zu den Erfolgsfaktoren auf Ebene des Personals bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
26	M1, M2, X	Fehlerkultur	• Transparenz und der offene Umgang mit Fehlern • Zielsetzung, Fehler im Ergebnis zu reduzieren • neu gewonnene Freiheit Fehler zu begehen motiviert die Mitarbeiter
27	J, K, M1, M2, X	Mitarbeiterentwicklung	• nicht jeder Mitarbeiter gleichermaßen für frugale Projekte • ausbildungsbedingten Streben nach höherer Leistung und Qualität • frugale Projekte oftmals als nicht wichtig oder als zu einfach erachtet • Vorgaben missachtet / inkonsequent umgesetzt, Projekt scheitert • Zur Findung der einfachen und kostengünstigen Lösungen sind Mitarbeiter mit hoher Fachexpertise gefordert.
28	M1, X	Interdisziplinarität und Interkulturalität	• gemischte Teams aus erfahrenen und unerfahrenen Mitarbeitenden • interdisziplinär und interkulturell
29	K, X	Arbeitsorganisation	• klar fokussierten Arbeitsbereich mit akzeptierten Zielen zur Erfüllung der Vision

Anhang O: Kernaussagen der Experteninterviews zu den Erfolgsfaktoren auf Ebene des Marketings bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
30	D1, E, K, M1, V	Markenstrategie	• Großunternehmen: Dachmarke, Subbrand (Modifikation der Unternehmensmarke durch eine spezifische Ergänzung) oder Endorsed Brand (Unterstützung der Einzelmarke durch die Ergänzung der Unternehmensmarke) • Kleinere Unternehmen: Dachmarke • abweichenden Standards oder geänderten Serviceleistungen führt zu einer Abgrenzung hinsichtlich der Dachmarke • steigender Erfolg führt zu mehr Marketingmaßnahmen • Bestandskunden die Unterschiede (frugal und High-End) verdeutlichen, um einem Imageverlust des Unternehmens entgegnet, der durch die kostengünstigere Angebotspalette verursacht werden könnte. • Für Neukunden das Nutzenversprechen formulieren, um Kunden mit einem nachvollziehbaren oder messbaren Mehrwert für sich zu gewinnen. Produktmerkmale an sich sind noch kein Kundennutzen

Anhang P: Kernaussagen der Experteninterviews zu den Erfolgsfaktoren auf Ebene des Vertriebs bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
31	B, C1, K, L2, V, X	lokale Vertriebsstellen	• Je geringer die mentale Distanz zwischen Vertriebsmitarbeiter und Kunde, desto besser gelingt die Erfüllung von Kundenwünschen und umso höher das Verkaufspotenzial. • Je näher der Vertrieb am Kunden ist, desto besser ist das Verständnis für deren Bedürfnisse und umso höher das Verkaufspotenzial.
32	A1, D1, E, U	Vertriebsmanagement	• Vertriebsmitarbeiter muss von „frugal" „Fokussierung auf das Wesentliche) überzeugt sein. • Vergütung auf umsatzbezogener Provisionsbasis funktioniert nicht. • Angebote mit frugalen Lösungen an Bestandskunden, die im Vorhinein schon höhere Leistungsumfänge erwarten funktioniert nicht. • Vertriebsprozesse auf die Neukunden sowie Rückgewinnung verlorener Kunden ausrichten. • Verschiedenste Bezahlmodelle (beispielsweise pay per use) können die Hürde der preissensitiven Kunden hinsichtlich der Anschaffungskosten senken.

Anhang Q: Kernaussagen der Experteninterviews zu den Erfolgsfaktoren auf Ebene des Services bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
33	K, P, V	Wartungsarm	• Das Servicegeschäft wird von den Unternehmen aufgrund der geringen Zahlungsbereitschaft der Zielgruppe als eher schwierig eingeschätzt. • Serviceaufwände möglichst gering halten • Lösungsansätze: Einfach zu reparieren/warten (1) oder wartungsfrei gestalten (2).

Anhang R: Kernaussagen der Experteninterviews zu den Erfolgsfaktoren auf Ebene der Entwicklung und Konstruktion bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
34	C1, C2, K, M1, M2, X	Produktansatz	• Größter Erfolg durch eine Neuentwicklung mit einem speziellen Projektteam, ausreichend Budget und Zeit zu erzielen. • Kleinere Produkte, Baugruppen oder Komponenten mit geringerem Aufwand neu zu entwickeln. • Neuentwicklung von großen, komplexen Produkten, wie zum Beispiel Maschinen oder Anlagen im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen meist nicht möglich • Entwicklungs- und Pflegeaufwand ist für die meisten Unternehmen unverhältnismäßig gegenüber dem zu erwartenden Gewinn. • Produktstruktur einer der wichtigsten Faktoren • Eine frugale Maschine wird auf der einen Seite entweder auf Basis eines bestehenden Produkts oder Komponenten als Einzellösung entwickelt oder auf der anderen Seite auf Basis eines bestehenden Baukastens nach unten hin entwickelt. • Eine passende Baukastenstrategie (Modularisierung & Standardisierung) ist kostenintensive und gegebenenfalls können die Zielkosten für die frugale Lösung nicht erreicht werden, da die Anhängigkeit zur High-End-Lösungen zu groß ist.
35	K, M1, O1, T, V	Entwicklungsansätze	• keinen verallgemeinerbaren Lösungsansatz in der Entwicklung und Konstruktion • Projektteam mit sehr kreativem und innovativem Arbeitsumfeld • darf sich außerhalb bisheriger Grenzen bewegen • Fremdentwicklung im Zielland oder in einem Land mit anderer Denkweise zur Zielerreichung • Lösungsfindungsprozess kreativ und systematisch • Simultaneous Engineering, Design Thinking, SCRUM • Grundvoraussetzung: relevante Informationen zu den Kundenbedürfnissen, dem Zielpreis sowie der Wertschätzung der Lösung

Anhang S: Kernaussagen der Experteninterviews zu den Erfolgsfaktoren auf Ebene Einkauf und Logistik bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
36	C2, L1, M1, X	globale Beschaffung / Verfügbarkeit	• lokal-regional als auch global-überregional Beschaffung • globale Sicht auf Materialauswahl • gleiche Qualitätsstandards • globalen Verfügbarkeit aller notwendigen Werkstoffe und Komponenten • höhere Flexibilität bei der Beschaffung • günstigere Preise • lokale Produktion ermöglichen

Anhang T: Kernaussagen der Experteninterviews zu den Erfolgsfaktoren auf Ebene Produktion und Montage bei der Umsetzung frugaler Maschinen im Rahmen der empirischen Untersuchung dieser Arbeit

Nr.	Interview / Quelle (Anhang G)	Strategie / Ansatz	Zitate / Kernaussagen / Paraphrasen
37	C1, L2, M1, O1		• nahe am Kunden produzieren und montieren • Kostenvorteile durch die Einsparung von Transportkosten
38	C2, K, M1, M2,		• Entwicklung hat im Vorfeld relevante regionale Rahmenbedingungen (für Fertigung und Montage) am Produkt berücksichtigt • lokalen Gegebenheiten bereits in der Planung und Entwicklung berücksichtigt • Verwendung von Gleichteilen und Funktionsintegration sowie lokal vorhandene Fertigungstechnologien
39	M1, V		• Produktion im Ausland erzielt nicht die geforderten Qualitätsansprüche • Ausschuss oder Nacharbeit • Kostensenkung bei den Produkten durch vermeintlich geringere Produktionskosten im Ausland stellte sich oftmals als Trugschluss heraus
40	C1, C2, L2, V		• komplexe Komponenten weiterhin meist in Werken in Deutschland gefertigt • Endmontage der Maschine im Ausland

Anhang U: Zusammenstellung der Erkenntnisse aus der empirischen Untersuchung zur Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit

1. Wie müssen die Abläufe zur Entwicklung frugaler Maschinen im Unternehmen eingebunden und strukturiert sein?

- Eine gesamtheitliche Betrachtung von Produkt und Prozesse ist erforderlich, in welche alle Unternehmensbereiche einbezogen werden.
- Die Strukturierung der Entwicklungsabläufe ist stark vom Status quo, der Größe und den zur Verfügung stehenden Ressourcen der Unternehmen abhängig.
- Das Vorgehen muss eine strategische Entscheidung durch die Geschäftsführung / das Management sein, welche die Mitarbeiter nachhaltig unterstützt.
- Eine Vision/Strategie muss vorhanden sein, die von den Mitarbeitern verstanden wird und deren Frage nach dem „warum" beantwortet.
- Interdisziplinäre Teams sind notwendig, wenn möglich in Kombination von erfahrenen und jungen Mitarbeitern.
- Bevorzugt sollte das Team auch internationale Mitglieder umfassen.
- Mitarbeiter müssen offen für derartige Projekte/Vorhaben sein (Mindset).
- Freistellung der Mitarbeiter von anderen Projekte und Fokussierung auf frugale Maschinen. Team in separate Unit /Bereich ausgliedern oder eine Ausgründung in Betracht ziehen. Entwicklungsteam sollte jedoch zusätzlich auf Ressourcen der Fachabteilung zugreifen können.

2. Welchen Einfluss üben die Losgröße und die begrenzte Ressourcenverfügbarkeit bei (mittelständischen) Unternehmen auf den Entwicklungsprozess aus?

- Losgröße und beschränkte Ressourcen sind stark vom Status Quo, der Größe und den zur Verfügung stehenden Ressourcen der Unternehmen abhängig.

- Derzeitiges Vorgehen bei meist großen Unternehmen:
  - langfristige strategische Planung,
  - umfängliche Vorstudie/Marktanalyse,
  - Ausarbeitung eines Businessplans,
  - mehrjährige Umsetzungsstrategie,
  - neue/s Produkt/-linie mit gegebenenfalls Transfer in oder aus bestehenden Produkten,
  - eingeplante/freigestellte Ressourcen/Mitarbeiter für das Vorhaben.

- Derzeitiges Vorgehen bei mittelständischen Unternehmen:
  - meist kürzere Planung/Vorausschau
  - keine großen umfänglichen Vorstudien (oft basierend auf internem Wissen)
  - keine Ausarbeitung eines konkreten Businessplans
  - kürze Umsetzung erwünscht, ROI und Mitarbeitermotivation bedingt
  - meist keine Ressourcen für zusätzliche/s Produkt/-linie vorhanden
  - keine explizite Freistellung von Ressourcen/Mitarbeitern für das Vorhaben

3. Unter welchen Voraussetzungen gelingt ein Entwicklungsprozess, der auf Anpassungskonstruktion fokussiert ist?

- Das größte Potenzial kann durch eine Neuentwicklung mit einem speziellen Projektteam, ausreichend Budget und Zeit erzielen werden, → idealtypische Umstände.
- Grundsätzlich sind jedoch Komponenten, kleinere Baugruppen oder Produkte oftmals mit geringerem Auswand grundlegend neu zu entwickeln. Dementgegen ist eine Neuentwicklung von großen komplexen Produkten, Maschinen oder Anlagen im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht möglich. Frugale Maschinen sind daher zumeist keine kompletten Neuentwicklungen, sondern bestehende Maschinen bestehend aus frugalen Modulen, Baugruppen oder Komponenten.

- frugal als radikale Innovation:
  - Der größte Effekt und das größte Potenzial kann mit einer Neukonstruktion und unabhängig von bestehenden Rahmenbedingungen / Prozessen erzielt werden.
  - Fokussierung auf eine klar definierte, lokale Nutzergruppe.
  - Die Betrachtung der Anschaffungskosten und auch Total Cost of Ownership sind wichtig, um Kunden das optimale Paket bieten zu können.
  - Optimierung der Wertschöpfungskette (lokale Entwicklung, lokaler Einkauf/Logistik, lokale Produktion und weitere), je näher am Kunden desto besser.
- frugal als inkrementelle Innovation:
  - Die Anpassung bestehender Maschinen stellt eine große Herausforderung dar, da bestehende Ansätze hinterfragt werden müssen und Grenzen der Rahmenbedingungen und Prozesse ausgenutzt werden müssen.
  - Schrittweises annähern an die Vision einer frugalen Maschine minimiert jedoch das Risiko für die Unternehmen bezüglich Fehlinvestitionen / volatiler Märkte.
  - Zur Verfügung stehende Ressourcen müssen optimal zur Erreichung der Entwicklungsziele eingesetzt werden.
  - Kleine Erfolge müssen frühzeitig sichtbar gemacht werden, um Mitarbeiter zu motivieren.

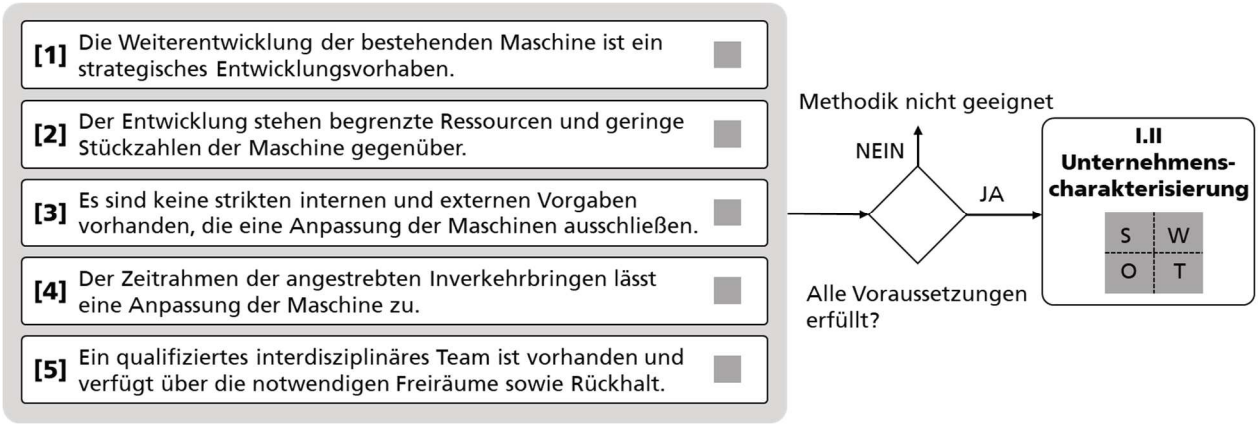
4. Wie können bestehende Entwicklungsmethoden in die Methodik integriert werden?

- Je nach Entwicklungsstatus/Umsetzungsstand, Erfahrung und der zur Verfügung stehender Ressourcen können einzelne Methoden zur Entwicklung genutzt werden:
  - Quality Function Deployment (QFD): wenn Mitbewerber und Vergleichsprodukte bereits auf dem Zielmarkt sind und man sich mit seinem Produkt entsprechend platzieren möchte
  - Target Costing: wenn genaue Kenntnis hinsichtlich Anschaffungskosten (Target Price) / Total Cost of Ownership (TCO) existiert, essentiell zur Erreichung der Kostenziele. Wenn zusätzlich genaue Kenntnis über das Preisbewusstsein der Kunden über einzelner Funktionen existiert, kann dies gezielt eingesetzt werden.
  - Simultaneous Engineering (SE): wenn eine hohe Verfügbarkeit von Ressourcen existiert, können hierdurch viele Lösungsansätze parallel verfolgt werden, eine optimale Lösung gefunden und die Entwicklungszeit verkürzt werden.
  - Design Thinking: wenn die Möglichkeit besteht, nahe am oder mit dem Kunden eine erste Idee zu einem Produkt zu entwickeln. Großer Mehrwert durch das schnelle Feedback für eine erste Lösung.
  - Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ): wenn konkrete technische Probleme oder Widersprüche existieren, um diese systematisch zu lösen. Es hilft somit bei der Lösungsfindung für konkreter Fragestellungen.
  - Scrum: wenn eine erste Idee oder ein Lösungskonzept existiert, um diese/s umzusetzen/auszuarbeiten. Schnelle Umsetzung erster Ansätze durch kurze Zyklen, Erfolge werden sichtbar gemacht und motiviert Mitarbeiter, Kundenfeedback möglich.
  - Lean-Startup mit Minimum Viable Product (MVP): wenn eine schnelle Rückmeldung vom Markt erwünscht ist und das Feedback zur Weiterentwicklung / Optimierung und Vervollständigung des Produktes genutzt werden soll.

Anhang V: Angewandte Checkliste im Rahmen Validierung der Methodik zur Planung und Umsetzung frugaler Maschinen

Checkliste zur Umsetzung frugaler Maschinen Identifikation der Restriktionen und Prüfung der Sinnhaftigkeit zur Durchführung dieser Methodik.	**Datum: xx.xx.xxxx**
Uwe Schleinkofer, Fraunhofer IPA	
Unternehmen:	
Kernteammitglied:	**Position:**

Bitte zutreffende Punkte ankreuzen.



Anhang W: Angewandter Kompetenzprofilbogen im Rahmen Validierung der Methodik zur Planung und Umsetzung frugaler Maschinen

Kompetenzprofil zur Umsetzung frugaler Maschinen Selbsteinschätzung der aktuellen Situation in Bezug auf das Unternehmen (intern) sowie hinsichtlich der Unternehmensumwelt (extern), basierend auf den Erfolgsfaktoren zur Umsetzung frugaler Maschinen.	**Datum: xx.xx.xxxx**
Uwe Schleinkofer, Fraunhofer IPA	
Unternehmen:	
Unternehmensbereich/Funktion:	
Für eine bessere Einordnung der Ergebnisse ist die Kenntnis über Ihren Unternehmensbereich/Ihre Funktion von Vorteil.	
Bewertung / Einschätzung des aktuellen Zustands und der Aufstellung hinsichtlich zukünftiger Herausforderungen. Bitte kreuzen Sie gemäß Ihrer persönlichen Einschätzung den entsprechenden Stand an.	

Umweltanalyse (Szenarien Ist-Zustand / Zukunft):				
Chance	bestehende Maschine/-linie („weiter wie bisher“)	hoch	□□□□□□	gering
Risiko	bestehende Maschine/-linie („weiter wie bisher“)	gering	□□□□□□	hoch
Chance	„frugale Maschine“ (angepasst aus Bestand)	hoch	□□□□□□	gering
Risiko	„frugale Maschine“ (angepasst aus Bestand)	gering	□□□□□□	hoch

Unternehmenscharakterisierung (Potenzialanalyse):	
Unternehmensstrategie	
- Wachstumsstrategie	□
- Stabilisierungsstrategie	□
- Desinvestitionsstrategie	□
Geschäftsbereichsstrategie	
- Strategie der Kostenführerschaft	□
- Produktdifferenzierungsstrategie	□
- Nischen-/Fokusstrategie	□
- Hybride-Strategie	□
Marktstrategie	
- bestehende Märkte sichern	□
- neue Segmente in bestehenden Märkten erschließen	□
- neue Märkte erschließen	□
- lokal	□
- national	□
- international	□
- international	□

- Industrieland			□
- Schwellenland			□
- Entwicklungsland			□
Geschäfts-/Marktpotenzial	gering	□□□□□□	hoch
Informationen zum Markt	gering	□□□□□□	hoch
Marktentwicklung	gering	□□□□□□	hoch
Mitbewerberentwicklung / Konkurrenzdruck	hoch	□□□□□□	gering
allgemeine Informationen zum Kunden	gering	□□□□□□	hoch
Bekanntheit der Wichtigkeit von Funktionen aus Kundensicht	gering	□□□□□□	hoch
Bekanntheit der Qualitätsanforderungen aus Kundensicht	gering	□□□□□□	hoch
Bekanntheit der Leistung- und Geschwindigkeitsanf. aus Kundensicht	gering	□□□□□□	hoch
Bekanntheit der Lieferzeit aus Kundensicht	gering	□□□□□□	hoch
Informationen zum Zielpreis aus Sicht des Kunden	gering	□□□□□□	hoch
Mehrwert des Kunden durch neue frugale Maschine/-linie	gering	□□□□□□	hoch
aktive Kundenbeziehung / Leadkunden	gering	□□□□□□	hoch
Produktstrategie			
- bestehendes Produkt			□
- Produkt-Weiterentwicklung/-Anpassung			□
- Produkt-Neuentwicklung			□
- Einzelprodukt			□
- modulares Produkt			□
- mitwachsendes Produkt			□
- rekonfigurierbares Produkt			□
- Standard mit wenigen Optionen und wenigen Varianten			□
- Standard mit vielen Optionen und wenigen Varianten			□
- Sonder- / Problemlöser mit wenigen Optionen und viel Varianten			□
- Sonder- / Problemlöser mit vielen Optionen und viel Varianten			□
Funktionsbereichsstrategie			
Unternehmensführung			
Vision und Strategie von der Führungsebene verständlich definiert	gering	□□□□□□	hoch
Vision und Strategie von der Führungsebene verständlich kommuniziert	gering	□□□□□□	hoch
Mehrwert für das eigene Unternehmen durch neuen Baukasten	gering	□□□□□□	hoch
interne Mehrwerte / Synergien (Gleichteile / Plattform)	gering	□□□□□□	hoch
Mitarbeitende / Team			
Mitarbeitende verstehen die Gründe & stehen hinter der Entscheidung	gering	□□□□□□	hoch
Motivation der Mitarbeitenden hinsichtlich entwickeln, bauen und vermarkten einer „einfachen“ Maschine	gering	□□□□□□	hoch

Interdisziplinarität	gering	□□□□□□	hoch
Interkulturalität	gering	□□□□□□	hoch
Marketing / Vertrieb			
Wichtigkeit der Anschaffungskosten für den Kunden	gering	□□□□□□	hoch
Wichtigkeit der Total Cost of Ownership (TCO) für den Kunden	gering	□□□□□□	hoch
erfolgreicher Vertrieb durch aktuelle Konzepte und Partner	gering	□□□□□□	hoch
erfolgreiches Marketing durch aktuelle Konzepte und Strategien	gering	□□□□□□	hoch
Kundendienst / Service			
Dienstleistungsanteil	gering	□□□□□□	hoch
Entwicklung / Konstruktion			
Schnittstellendefinition	gering	□□□□□□	hoch
Teilestrategie	viele	□□□□□□	wenige
Entwicklungskompetenz für einfache / günstige Lösungen	keine	□□□□□□	hoch
Einkauf / Logistik			
Lieferantenbeziehung / Leadlieferanten	kompetitiv	□□□□□□	kooperativ
Fertigung / Montage			
Eigene Fertigungstiefe (Produktion Einzelteile / Baugruppen)	gering	□□□□□□	hoch
Eigene Fertigungstiefe (Baugruppen- / Endmontage)	gering	□□□□□□	hoch
Entwicklungskompetenz für einfache / günstige Lösungen	gering	□□□□□□	hoch
Allgemeine Leistungs- und führungspotenziale			
Einschätzung Potenzial zur Kostensenkung	gering	□□□□□□	hoch
Einschätzung Potenzial zur Konzentration auf Kernfunktionen	gering	□□□□□□	hoch
Einschätzung Potenzial zur Optimierung der Leistungsfähigkeit	gering	□□□□□□	hoch
Einschätzung notwendige Ressourcen zur Umsetzung einer frugalen Maschine	gering	□□□□□□	hoch
Einschätzung zur Verfügung stehende Ressourcen zur Umsetzung einer frugalen Maschine	gering	□□□□□□	hoch
Umsetzungsgeschwindigkeit Planung/Management	gering	□□□□□□	hoch
Umsetzungsgeschwindigkeit Konstruktion/Entwicklung	gering	□□□□□□	hoch
Umsetzungsgeschwindigkeit Einkauf / Logistik	gering	□□□□□□	hoch
Umsetzungsgeschwindigkeit Fertigung/Montage	gering	□□□□□□	hoch
Umsetzungsgeschwindigkeit Vertrieb / Marketing	gering	□□□□□□	hoch
Umsetzungsgeschwindigkeit Lösungsfindung	gering	□□□□□□	hoch
Umsetzungsgeschwindigkeit Entscheidungsfindung	gering	□□□□□□	hoch

Anhang X: Angewandter Fragebogen zur Bewertung und Reflektion der RPFM-Methodik durch die Projektbeteiligten im Rahmen der Validierung dieser Arbeit

Fragebogen Methodik Schleinkofer – Fraunhofer IPA	
Unternehmen:	**Maschine:**
Name (freiwillig):	
Datum:	
Unternehmens-/Funktionsbereich:	

Bitte nehmen Sie sich zur Vorbereitung kurz ein paar Minuten Zeit und lassen den Prozess anhand der beigefügten Zusammenfassung zur Weiterentwicklung des Packers kurz Revue passieren.

Der Fragebogen ist anhand der Anforderungen an die Methodik aufgebaut und beinhaltet jeweils einen einleitenden / erklärenden Text, ein paar Bewertungspunkte sowie offene Fragen.

Bitte bewerten und beantworten Sie die nachfolgenden Punkte eigenständig gemäß Ihrer persönlichen Einschätzung. Ich danke Ihnen für Ihr Feedback, viele Grüße Uwe Schleinkofer.

Allgemeine Anforderungen:

Anwendbarkeit: Es wird ein systematischer Verfahrensablauf gefordert, um die Anwendung der Methodik zielstrebig zu unterstützen. Die Methodik muss einfach und intuitiv umsetzbar sein und auf einem beherrschbaren Komplexitätsniveau durchführbar sein. Im Weiteren müssen die Gesamtvorgehensweise der Methodik sowie die Ergebnisse nachvollziehbar und reproduzierbar sein - Reliabilität. Eine weitere Anforderung an die Methodik ist die Objektivität (vorausgesetzt es existieren gleiche Rahmenbedingungen und es werden gleiche Annahmen getroffen). Bei unterschiedlichen Annahmen sollte zumindest eine intersubjektive Nachprüfbarkeit vorausgesetzt sein. Damit können Anwender zwar auf verschiedene Bewertungen kommen, können jedoch das jeweilige Zustandekommen der Ergebnisse des anderen nachvollziehen.

Operationalität: Die Hauptvoraussetzung der Methodik für die Anwendung in der Praxis ist die Praxistauglichkeit. Hierfür muss die Struktur der einzelnen Arbeitsschritte transparent und nachvollziehbar sein sowie der Anwendungsaufwand in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen stehen (Effektivität). Zusammenhänge und Wirkungsweisen sind dementsprechend verständlich in der Ausarbeitung formuliert.

	Erfüllungsgrad		
Anwendbarkeit (systematischer Verfahrensablauf / beherrschbares Komplexitätsniveau / Objektivität oder intersubjektive Nachprüfbarkeit)	nicht	□□□□□□	hoch
Operationalität / Praxistauglichkeit (transparente und nachvollziehbare Struktur / angemessenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen)	nicht	□□□□□□	hoch

Was ist gut gelöst und was ist weniger gut gelöst:

Weitere Anmerkungen / Feedback:

Inhaltliche Anforderungen an die Methodik:

Für die Zweckmäßigkeit der Methodik zur Planung und Umsetzung frugaler Maschinen innerhalb der Anpassungskonstruktion werden im Folgenden die inhaltlichen Anforderungen definiert. Mit der Methodik soll im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung (beispielsweise Unternehmen, Mitarbeiter, Produkt, Prozesse) eine erste Aussage über die Relevanz einer frugalen Maschine im Kontext der jeweiligen Unternehmens- und Umfeldsituation ermöglicht werden. Aus dem Ergebnis müssen sich eine Vision und Strategie zur strategischen Planung einer frugalen Maschine sowie Handlungsfelder zur Anpassung der Organisationsstruktur und Prozesse ableiten lassen. Zudem sollte die Methodik eine Aussage über das Anpassungspotenzial der bestehenden Maschine in Bezug auf die Kriterien/Erfolgsfaktoren frugaler Innovationen hervorbringen. Die Maßnahmen des identifizierten Anpassungspotenzials müssen priorisiert und einzelne Erfolge während des Prozesses sichtbar gemacht werden können. Bei der Planung und Umsetzung frugaler Maschinen handelt es sich nicht um ein isoliertes Entscheidungsproblem – die Maßnahmen im Rahmen des Anpassungspotenzials haben zahlreiche Wechselwirkungen auf andere Bereiche. Wechselwirkungen im Bereich von Reduzierungen beispielsweise von Leistungen, Steifigkeiten, Material uvm. sind, insbesondere hinsichtlich Zuverlässigkeit und Robustheit, systematisch und transparent darzustellen. Die Methodik muss das daraus resultierende Risikopotenzial identifizieren und bewerten.

	Erfüllungsgrad		
Ganzheitlichkeit (von der Strategie zur Umsetzung methodisch strukturiert)	nicht	□□□□□□	hoch
Frugalität (Fokussierung / Berücksichtigung der Kriterien frugaler Innovationen)	nicht	□□□□□□	hoch
Identifikation und Bewertung (Erfassung des Anpassungspotenzials von Maschinen an die Kriterien frugaler Innovationen)	nicht	□□□□□□	hoch
Messbarkeit (Priorisierung der Maßnahmen und Sichtbarkeit der Erfolge)	nicht	□□□□□□	hoch
Zuverlässigkeit und Robustheit (Berücksichtigung der Wechselwirkungen bei der Reduzierung von Attributen)	nicht	□□□□□□	hoch

Was ist gut gelöst und was ist weniger gut gelöst:

Weitere Anmerkungen / Feedback:

Anforderungen an die operative Anwendung:

Für die Mitarbeitermotivation müssen Erfolge während des Prozesses ersichtlich sein. Von zentraler Bedeutung ist die interaktive Anwendbarkeit der Methodik in einem interdisziplinären Team, um das mitarbeitergebundene Wissen gezielt zu nutzen und die unterschiedlichen Sichtweisen zu integrieren. Dies erfordert eine in einer sinnvollen Detailierungsstufe stufenweise und transparente Gestaltung des Prozesses, um das gemeinsame und umfassende Verständnis der Mitarbeiter im Rahmen des Entscheidungsprozesses zu unterstützen.

Als weitere Anforderung an das Verfahren ist aus der inhaltlichen Anforderung zur Analyse des Anpassungspotenzials die bestehende Maschine im Gesamten oder unterteilt in Module, Baugruppen und Komponenten in

Bezug auf die Kriterien/Erfolgsfaktoren frugaler Innovationen bewerten und Anpassungsmaßnahmen ableiteten zu können. Da Maschinen komplexe Produkte darstellen und viele Aspekte berücksichtigt werden müssen, ist aufgrund der zu erwartenden hohen Anzahl an Maßnahmen der Bewertungsaufwand gering zu halten. Die Methodik muss folglich die Ressourcenbeschränktheit der mittelständischen Unternehmen berücksichtigen und daher insgesamt mit geringem Aufwand durchführbar und auch nur in Teilen durchführbar gestaltet sein. Die Methodik muss sowohl quantitative (zum Beispiel Herstellkosten, Lieferzeiten) als auch qualitative Kriterien (Risiken, Flexibilität) berücksichtigen.

	Erfüllungsgrad		
Aktivität (interdisziplinär, interaktiv, iterativ und kommunikationsfördernd)	nicht	□□□□□□	hoch
Wissensbasis (mitarbeitergebunden und organisational, Aufbau eines Mindset & Wissensmanagements)	nicht	□□□□□□	hoch
Adaptierbarkeit (geringer Aufwand und an unterschiedliche Anforderungen und Umfeld Bedingungen / Kontexte anpassbar)	nicht	□□□□□□	hoch

Was ist gut gelöst und was ist weniger gut gelöst:

Weitere Anmerkungen / Feedback:

Anforderungen in Bezug auf die Ergebnisse:

Die Zwischenergebnisse als auch das Gesamtergebnis muss transparent, nachvollziehbar und praktikabel dargestellt werden. Dies dient der sichtbaren Berücksichtigung aller Sichtweisen im Unternehmen und der Bildung einer objektiven Entscheidungsbasis. Diese unterstützt wiederum die Plausibilisierbarkeit von Entscheidungen sowie die daraus resultierende systematische Begründung für oder gegen die Umsetzung einer Maßnahme. Die Ergebnisse müssen auf derselben Ebene (Maschinen, Module, Baugruppen, Komponenten) vergleichbar sein.

	Erfüllungsgrad		
Ergebnisdarstellung (Zwischen- und Gesamtergebnisse / transparente, nachvollziehbare und praxistaugliche Darstellung / qualitative und quantitative Darstellung der Potenziale)	nicht	□□□□□□	hoch
Vergleichbarkeit (zwischen Modulen, Baugruppen oder Komponenten / zwischen Ausgangssituation und iterativer bzw. schrittweiser Anpassung)	nicht	□□□□□□	hoch

Was ist gut gelöst und was ist weniger gut gelöst:

Weitere Anmerkungen / Feedback:

Weitere Fragen:			
	Erfüllungsgrad		
Würden Sie die Methodik gerne zur begleiteten Fokussierung Ihrer Arbeit/Tätigkeiten weiter anwenden (Gesamt oder in Teilen)?	nein	□□□□□□	ja
Sehen Sie sich in der Lage, die Methodik selbst oder in der Gruppe weiter anzuwenden ohne externe Begleitung?	nein	□□□□□□	ja
Wie schätzen Sie allgemein die Hilfe / Unterstützung durch die Methodik ein? → auf kurzfristige Sicht	keine	□□□□□□	hoch
Wie schätzen Sie allgemein die Hilfe / Unterstützung durch die Methodik ein? → auf langfristige Sicht	keine	□□□□□□	hoch

Was empfanden Sie grundsätzlich durch die Methodik & Begleitung von Herrn Schleinkofer als hilfreich?

Ist eine derartige Methodik und begleitender Prozess für Sie grundsätzlich sinnvoll?

Fühlten Sie sich in den Prozess eingebunden und wurde/n Ihre Meinung/Vorschläge berücksichtigt und motivierte Sie dies hinsichtlich Ihrer Arbeit/Beitrag zur Zielerreichung?

Was würden Sie sich grundsätzlich wünschen, was könnte/sollte besser oder weiter bei der Methodik berücksichtigt werden?

Bei welchen Baugruppen/Komponenten hatten Sie die höchste Kosteneinsparung und/oder die größte Einsparung an Anzahl Teilen und/oder die größten Erfolge im Projekt?

Anhang Y: Zusammenstellung des Feedbacks der unternehmensseitig am Frugalprojekt beteiligten Mitarbeitenden (Umsetzungsbeispiel 1 und 2) zur Bewertung und Reflektion der RPFM-Methodik im Rahmen der Validierung dieser Arbeit

Allgemeine Anforderungen:

- Ablauf ist klar strukturiert; die Beteiligten wurden genau informiert über Vorgehensweise, Ablauf und Ziel
- Gut: "Objektive" Betrachtung, was muss die Maschine können? Weniger gut: Bei der Identifizierung von Potenzialen und daraus abgeleiteter Empfehlungen wird zu wenig auf die vorhandene (eingebaute) Technik eingegangen. Beispiel: Drehmodul, technisch Gürtel mit Hosenträgern, Trennmodul, anspruchsvolle Funktion, viel Technik nötig, dadurch allerdings auch weniger Einsparpotenzial.
- Sinnvolle Ergänzung zur bekannten Herangehensweisen und Konstruktionsmethoden
- Ein übersichtlicher und einfacher Aufbau nach Modulen, den angestrebten Anforderungen und Optimierungspotenzialen sowie ein 'lebendes' Dokument waren gute Werkzeug um Ziele zu definieren, Lösungen zu finden, Ideen zu entwickeln und dadurch den Anforderungen gerecht zu werden.
- Jede Abteilung ist am Prozess beteiligt und muss hier mitwirken. Somit wird die Verantwortung auf viele Bereiche verteilt. Dadurch kann frühzeitig auf Probleme, beispielsweise Montageoptimierungen, Einfluss genommen werden.
- Die Visualisierung des gesamten Prozesses ist sehr gut gelöst.
- Positiv: Konzentration auf das Wesentliche / Kernfunktionen werden auf den Prüfstand gestellt
- Intuitives Vorgehen von erfahrenen Konstrukteuren wird mit dieser Methode abgebildet ≙ sinnvolle Unterstützung von Newcomern und jungen Konstrukteuren.
- Gut: transparenter Prozessablauf, strukturiere Arbeitsschritte
- Vor der Anwendung die Teilnehmer in der Methodik schulen (circa 2 Stunden).
- Ganz grundsätzlich reflektiert die Methodik sehr gut die Situation von Produkten im Markt und ihrem Lebenszyklus. Die Methodik wirft die richtigen Fragestellungen auf und schafft einen Rahmen um Erfahrung und Gefühl mit Markterfordernissen abzugleichen.
- Die Methodik bietet eine gute Möglichkeit, Gedanken und Softfacts in Zahlen auszudrücken und zu bewerten. Nach der "Eingewöhnung" war das Tempo dann auch schneller.
- Bei großen Baugruppen ist es schwierig, nur fünf Maßnahmen zu bearbeiten, da sich oft mehrere überschneiden.
- Praxistauglich nur wenn Team + GL dahinterstehen.
- Vorlagen für die Bewertung vereinfachen die Zusammenführung der Ergebnisse sowie das allgemeine Verständnis.
- Erfordert ausreichend Vorbereitungszeit und Diskussionsbereitschaft unter den Fachabteilungen (jedem ist etwas anderes hierarchisch wichtig)

Inhaltliche Anforderungen an die Methodik:

- Gut gelöst ist die Priorisierung ---> Daraus lässt sich gut ableiten, auf was ich als Konstrukteur achtgeben muss, auch "Rückversicherung" bei späterer Beanstandung. Denn: ein Team hat sich auf die Maßnahmen geeinigt, nicht ein einzelner Konstrukteur hat sich selbst gesteckte Ziele verfolgt und technisch umgesetzt, die aber keiner braucht.
- Gut: Alle Fachbereiche beteiligt
- Gute Erklärungen seitens Herrn Schleinkofer, durch die man einen guten Einblick in frugale Maschinen erhalten hat und auch ohne tiefer in der Materie zu stecken den Überblick behalten konnte.
- Die Abstrahierung des Gesamtprozesses in die Teilprozesse ist sehr gut gelöst. Dadurch kann man sich von gegebenen Denkmustern frei machen.
- Für die Entwicklungsabteilung sehr gutes Tool
- Für Vertrieb ist diese Methode, zumindest bei uns im Haus, nicht einfach zu verstehen, obwohl „frugal" eigentlich vom Vertrieb angestoßen werden sollte/könnte.
- Moderation sollte von einem „quasi-neutralen" Beobachter durchgeführt werden.
- Gut: Erarbeitung der Vision und Strategie in interdisziplinärem Team → umfangreicher Maßnahmenkatalog
- Die Potenzialliste etwas ausführlicher beschreiben → Maßnahmen in der Excel-Tabelle vorab einem Funktions-(Unternehmensbereich zuweisen und genauer beschreiben (besseres Verständnis, was mit der jeweiligen Maßnahme ursprünglich gemeint war)
- Die Methodik bildet eine gute Basis um die Zielsetzung erstmal richtig zu definieren und zu fassen - und das für alle Teilnehmer. Das was man vielleicht "als Entwickler "voraussetzt" und jedem bekannt sein sollte wird transparent. Es entstehen Nachfragen.
- Die Gewichtung der Kriterien fand ich gut. Die Potenzialbewertung fand ich gut.
- Gut ist der Einblick, den alle Fachabteilungen begleitend von Beginn erhalten. Die FA's dürfen sich direkt einbinden und stehen nicht vor vollendeten Tatsachen.

Anforderungen an das Verfahren:

- Gute Methodik um "schnell" und strukturiert herauszufinden, was das konstruktive Ziel für eine Maschine ist.
- Während den Terminen konnten durch das Mitwirken aller Beteiligten immer wieder gute Lösungsansätze sowie Ideen entwickelt werden, wie die eine oder andere Zielsetzung einfacher und/oder schneller realisiert werden kann. Dies ist nur möglich, wenn ein regelmäßiger Austausch stattfindet!
- Positiv: Durch diese Methode kamen/kommen auch vollkommen neue Ansätze zur Lösungsfindung zustande.
- Negativ: Die Aufgaben waren für manche Bereiche nicht klar (definiert), „so wollen wir hin!"

- Es waren/sind alle im Konstruktionsteam maximal motiviert Ergebnisse termingerecht und den Anforderungen entsprechend „zu liefern".
- Gut: Wissen der einzelnen Funktions-/Unternehmensbereiche wird transparent kommuniziert
- Verschiedene Disziplinen beziehungsweise Mitarbeiter aus der Konstruktion involviert.
- Die Vorgehensweise war neu für das Team. Bisher wurde viel im stillen "Kämmerlein" entwickelt und auf Zuruf definiert. Für viele war es eine Umgewöhnung. Das hat Zeit gekostet um alle abzuholen. Auch der Wandel, vom "der Kunde sagt uns was er will" zum "wir überlegen was der Kunde benötigt" hat viel/ wird viel Zeit in Anspruch nehmen. Diesen teils psychologischen Aspekt könnte man noch stärker gewichten und Hilfestellungen anbieten.
- Wir sind uns bewusst, dass die Implementierung der "frugalen Idee" noch ein bis zwei Projekte in Anspruch nehmen wird. Wir werden versuchen 1-2 Mitarbeiter dafür zu definieren, die das auch treiben.
- Eine gute Moderation ist hilfreich, da Diskussionen schnelle abschweifen können. Sonst werden die Meetings überdehnt was erhöhten Aufwand bedeutet.

Anforderungen in Bezug auf die Ergebnisse:

- Weniger gut (Kompromiss), Transparenz des Gesamtprozesses für einzelne Teammitglieder nicht hoch. Sinnvoll wäre sicher vom Projektleiter eine Zusammenfassung der Ergebnisse und ein Status-Update wo die Methode gerade steht.
- Status-Update Key Results: abgefragt wurde meiner Meinung nach mehr der Konstruktionsfortschritt. Wichtig wäre auch kurz dem Team zu erläutern, wie technisch eine Anforderung umgesetzt wird.
- Durch die bereits erwähnte Untergliederung in einzelne Module, sowie die tabellarische Auflistung konnten die Ergebnisse jederzeit durch farbliche Hinterlegung und prozentuale Darstellung einfach verglichen und erreichte Zwischenziele abgehakt werden.
- Man weiß immer, wo man steht, was noch offen ist
- Die Ergebnisse der Aufgaben der einzelnen Bereiche sollten mit einer gewissen Erwartung verglichen werden.
- OKRs-Tabelle visualisiert den aktuellen Umsetzungsstand → Bemerkungen in den OKRs-Tabellen machen das Ergebnis nachvollziehbar
- Mit der Gewichtung haben wir uns schwer getan, da immer alles wichtig ist. Der "sanfte" Druck und die Systematik haben aber geholfen, Entscheidungen zu treffen. Das war wichtig, um voran zu kommen. Die eine oder andere Entscheidung wurde zwar im Verlauf der Konstruktion angepasst, das ist aber nicht entscheidend, sondern dass es weiter geht.
- Die Herausforderung für uns besteht darin, die Konstruktionsabläufe mit der Methodik zu vereinbaren. Problematisch war hier, wenn mehrere Loops zur Lösungsfindung erforderlich waren. Auch in Verbindung mit den Vertriebswünschen sind Zwänge entstanden, die nicht einfach zu lösen waren. Hier ist ein Vertrieb, der gut mitzieht und eine gute Marktkenntnis hat, sehr wichtig.

- Die Maßnahmen und Potenziale sollten genauer beschrieben werden. Es sollte der Ersteller notiert werden, falls Rückfragen entstehen.

Weitere Fragen:

Was empfanden Sie grundsätzlich durch die Methodik und Begleitung von Herrn Schleinkofer als hilfreich?

- Positiv und auch absolut notwendig war die persönliche Anwesenheit, die gezielten Fragen und die dezente Führung von H. Schleinkofer.
- TCO, Montagezeit vs. Bauteilkosten, Transparenz vom Verkaufspreis. Diese Punkte wurden zwar mal erwähnt, jedoch war nie (und ist bis heute nicht) ersichtlich, inwieweit sie den Konstruktionsprozess beeinflusst haben. Beispiel: Wie hoch darf der Maschinenstundensatz sein. Welcher Energieverbrauch ist dann zulässig? Auswahl Motoren, Betriebsdruck und weitere, Fokus lag sehr auf Teilekosten.
- Durch die Begleitung und einen regelmäßigen Austausch im Team waren alle Teammitglieder auf dem gleichen Stand und es konnten auch Ideen derer mit einfließen, die nicht ganz so viel mit der Weiterentwicklung des Packers beschäftigt waren.
- Das alle zuständigen Abteilungen gemeinsam die Maschine durchgesprochen haben und jeder die Möglichkeit hatte, seine Ideen und Anregungen einzubringen.
- Aufzeigen neuer Wege und Methoden und Verfahren.
- Einführung und Herangehensweise Frugal. Fokussierung auf Frugal (Vision, Strategie, Maßnahmen). Ergänzende Ansatzpunkte.
- Gute und detaillierte Aufklärungen, methodische Vorgehensweise, praxisorientierte Beispiele, Zeitmanagement
- Die Begleitung eines externen Moderators ist sehr wichtig. Gerade in der Situation in der wir eine Veränderung in der Konstruktionssystematik anstreben. Die Erfahrungen aus dem Vorläuferprojekt waren für uns sehr wichtig. Die Begleitung von Herrn Schleinkofer mit seiner ruhigen und zielgerichteten Art hat sehr geholfen.
- Die Mitarbeitenden sind durch externe, wie Herrn Schleinkofer, disziplinierter.
- Hilfestellung bei Maßnahmenauswahl; Betrachtung der einzelnen Objectives je FA für sich.
- Sachliche methodenbezogene Moderation durch einen „Unparteiischen".

Ist eine derartige Methodik und begleitender Prozess für Sie grundsätzlich sinnvoll?

- Ja, es ist absolut sinnvoll, denn für mich war es beeindruckend. welche Dynamik bei den Gesprächen aufkam. Es gab keine Scheu, vermeintlich abstruse Ideen auszusprechen, was vermutlich nur in so einem Rahmen möglich ist.

- Auf jeden Fall: Vorgehen bisher: Konstruktion besteht auf ein Lastenheft. Letztendlich "einigt" sich Konstruktion und Vertrieb auf ein Papier. Konstruktion beeinflusst sehr stark das Lastenheft und moderiert dies sogar, um überhaupt zu Vorgaben für eine Maschine zu kommen.
- Durch solch eine Methode, wird der Fokus während des Prozesses auf die wirklich relevanten
- Änderungen oder Verbesserungen gelenkt und Dinge die im ersten Moment möglicherweise sinnvoll waren könnten rechtzeitig gestoppt werden und andersherum.
- Auf jeden Fall 100 %.
- Grundsätzlich sinnvoll. Da aktuell die Frugal-Analyse als Versuch parallel zur Konstruktionsbesprechung abläuft überschneiden sich einige Maßnahmen → zukünftig nur eine Methode nutzen, um Ressourcen zu sparen.
- sehr praxistauglich und sinnvoll
- Die Konkretisierung von Gedanken uns Erfahrungen in ein bewertbares Schema ist bei technischen Themenstellungen sehr wichtig. Es macht den Prozess und das Ergebnis messbar.
- Absolut! Umfang des Meetings sollte individuell gestaltet werden.
- Ja! Das allgemeine Verständnis unter den Fachabteilungen wird gefördert und es kann zielgerichtet diskutiert werden.

Fühlten Sie sich in den Prozess eingebunden und wurde/n Ihre Meinung/Vorschläge berücksichtigt und motivierte Sie dies hinsichtlich Ihrer Arbeit/Beitrag zur Zielerreichung?

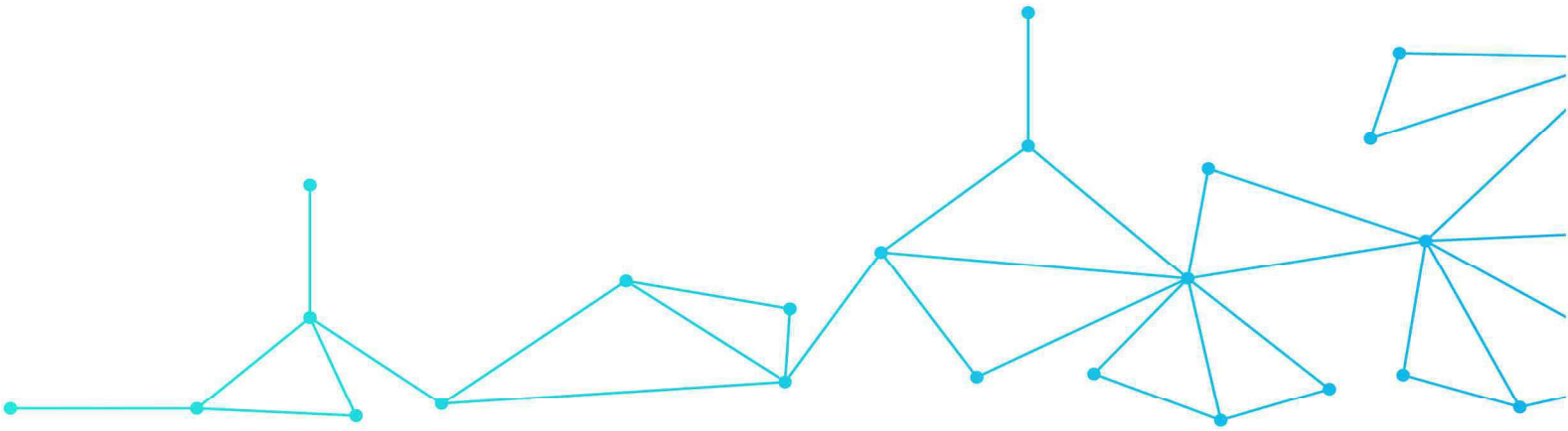
- Ja, insbesondere ist es sinnvoll ALLE Abteilungen zu befragen und deren Sichtweise in Erfahrung zu bringen. Nur so identifizieren sich später alle mit dem Ergebnis.
- Ja, da sinnlose Ansätze erst gar nicht konstruiert werden müssen.
- Interdisziplinäres Team, in dem jeder Teilnehmer eingebunden wurde und alle Vorschläge berücksichtigt werden. Die Priorisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen motivieren zur Zielerreichung.
- Ich konnte mich ausreichend einbringen. Durch die bereichsübergreifenden Bewertungen wurden sehr viele Themen berücksichtigt, was zur steigernden Motivation führte.
- Das war zu jeder Zeit gegeben. Jeder ist zu Wort gekommen, ob er wollte oder nicht ;-)
- Bedingt, da meine Aufgabe hauptsächlich in der Unterstützung der Frugal-Analyse bestand.

Was würden Sie sich grundsätzlich wünschen, was könnte/sollte besser oder weiter bei der Methodik berücksichtigt werden?

- Die Konstruktion (elektrisch / mechanisch) muss zum Beispiel bei einer Risikoanalyse oder Bauteilauslegung Berechnungen anstellen oder sich für Bauteilkosten rechtfertigen. Der Vertrieb sollte analog darlegen, wie und warum er Anforderungen stellt. --> zum Beispiel Nachweis einer Marktanalyse, Zusammenfassungen von Kundenmeinungen.

- Im Vorfeld ein klares Ziel definieren und die Teilnehmer von aktuellen Vorgehensweisen lösen, beziehungsweise befreien.
- Manche FA's können nicht gleich zu Beginn in jedem Meeting produktiv mitwirken → gegebenenfalls Aufteilung? Nur wenn sinnvoll!
- Unterschiedliche Starttermine der Fachabteilungen berücksichtigen. Beispielsweise kann nur angefragt werden, was konstruktiv „ausgearbeitet" ist.

Bei welchen Baugruppen/Komponenten hatten Sie die höchste Kosteneinsparung und/oder die größte Einsparung an Anzahl Teilen und/oder die größten Erfolge im Projekt?

- Die Erkenntnis, dass das Puffermodul nur noch als Option angeboten werden kann, ist meiner Meinung nach eine Erkenntnis, die nur in diesem Rahmen zustande kommen konnte.
- Drehmodul bedingt durch Overengineering, Fahrwerk (frugaler Ansatz der Methode) --> Reduktion auf das Nötigste
- Eine große Einsparung an Teilen hatten wir sicher in den Seitenführungen des Schachtmoduls durch den Einsatz von Blechteilen. Außerdem konnte durch den Einsatz von gleichen Rollenhebeln die Anzahl unterschiedlicher Teile weiter reduziert werden - mehr Gleichteile weniger Kosten!
- Bei den Seitenführungen von 3 Varianten mit je 18 Bauteilen auf 1 Variante mit 7 Bauteilen.
- In der detaillierten Ausarbeitung der Verkleidung, Pneumatik und Hydraulik sind einige Einsparungen sichtbar. Anzahl der Teile wurde im Bereich Fluid stark reduziert.
- Das wichtigste für uns war die Transparenz. Klare Zielsetzung, klare Rahmenbedingungen und ein Entscheidungsgremium. Das trägt zur Motivation bei und ermöglicht eine möglichst umfassende Sicht. Wir sind auf einem sehr guten Weg, die gesetzten Ziel-HK zu erreichen. Mittlerweile sind die Marktbedingungen aufgrund der Corona-Pandemie allerdings stark verändert. Wir werden daher mit den Lieferanten nochmals intensive Gespräche zu Preisreduktionen führen müssen.

Bewertung	**0 – 5 Punkte**
Würden Sie die Methodik gerne weiter zur begleiteten Fokussierung Ihrer Arbeit/Tätigkeiten weiter anwenden (Gesamt oder in Teilen)?	**4,3**
Sehen Sie sich in der Lage, die Methodik selbst oder in der Gruppe weiter anzuwenden ohne externe Begleitung?	**3,3**
Wie schätzen Sie allgemein die Hilfe / Unterstützung durch die Methodik ein? --> auf kurzfristige Sicht	**4,4**
Wie schätzen Sie allgemein die Hilfe / Unterstützung durch die Methodik ein? --> auf langfristige Sicht	**4,5**