



AiF-Forschungsvereinigung
„Energie- und Umwelttechnik“

2017

Innovationsreport

Industrielle Gemeinschaftsforschung

IGF Forschungsvorhabensnummer: 18849 N

**Entwicklung eines Modells zur
Positionsbestimmung und Beurteilung
der Energie-, Material- und
Personaleffizienz in produzierenden
KMU sowie Ableitung von
Handlungsempfehlungen zur
Steigerung der Ressourceneffizienz**

Laufzeit: 01.09.2015 – 28.02.2017

Beteiligte Forschungsstelle(n):

1. Technische Universität München,
Forschungsinstitut für Unternehmensführung,
Logistik und Produktion

Institut für Energie- und
Umwelttechnik e. V.
Bliersheimer Straße 58 - 60
47229 Duisburg

Bereich Industrielle
Gemeinschaftsforschung
www.iuta.de/igf

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 18849 N

Thema

Energie-, Material- und Personaleffizienz bei KMU

Entwicklung eines Modells zur Positionsbestimmung und Beurteilung der Energie-,

Material- und Personaleffizienz in produzierenden KMU sowie Ableitung von

Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz

Berichtszeitraum

September 2015 - Februar 2017

Forschungsvereinigung

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)

Forschungsstelle(n)

Technische Universität München

Forschungsinstitut Unternehmensführung, Logistik und Produktion

Leopoldstrasse 145, 80804 München

Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c.mult. Horst Wildemann

München, 15.05.2017

Ort, Datum



Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Horst Wildemann

Name und Unterschrift aller Projektleiter der Forschungsstelle(n)
Gefördert durch:

Das IGF-Vorhaben 18849 N der Forschungsvereinigung Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der Autor



Horst Wildemann
Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. mult.
Forschungsinstitut
Unternehmensführung, Logistik und Produktion
Technische Universität München

Die Mitarbeiter



Jens Kieninger
Dipl.-Ing.
Technische Universität München



Sabine Kücher
M.Sc.
Technische Universität München



Myriam Lutz
Dipl.-Ing., B.Sc.
Technische Universität München



Carl-André von Wiedersperg
Dipl.-Wirtsch.-Ing., MBA
Technische Universität München

Vorwort

In der Vergangenheit sorgte der Kostendruck aus Niedriglohnländern dafür, dass produzierende Unternehmen aus Hochlohnstandorten wie Deutschland ihre Produktionsstandorte verlagerten. Dass dies kein zielführender Weg ist, zeigt die steigende Zahl der Rückverlagerungen in den letzten Jahren. Damit jedoch Produktionsstätten in Hochlohnländern weiterhin wettbewerbsfähig am Weltmarkt partizipieren können ist ein effizienter Einsatz knapper Ressourcen von entscheidender Bedeutung. Gut geführte Unternehmen erkennen die Zeichen der Zeit und richten sich auf die Herausforderungen der Zukunft und weiteres Wachstum ein. Das übergeordnete Ziel ist Wachstum durch Hebung aller Reserven bei den vom Unternehmen und seinen Zulieferern genutzten Rohstoffen, der benötigten Energie und der optimale Personaleinsatz. Die optimale Nutzung der verwendeten Ressourcen muss zu einer entscheidenden Disziplin der Unternehmen werden. Während die Arbeitsproduktivität seit 1960 vervierfacht werden konnte, konnte die Materialeffizienz lediglich verdoppelt und die Energieproduktivität sogar nur um den Faktor 1,5 gesteigert werden konnte. Diese Potenziale zu heben ist nur mit einer gründlichen Analyse der Situation und der ganzheitlichen Bewertung des Produktlebenszyklus möglich. Bisherige Vorgehensweisen sind jedoch zum einen äußerst umfänglich und konzentrieren sich lediglich auf Teilaspekte. Insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen fehlen für eine umfassende Unternehmensbewertung die Personalkapazitäten. Eine fundierte Systematik kann den Aufwand deutlich reduzieren. Dieses Forschungsprojekt legt hierzu die Grundlage, indem ein Bewertungskonzept und darauf aufbauend Handlungsempfehlungen erarbeitet. Dies soll die nachhaltige Erhöhung der Ressourceneffizienz bewirken. Das entwickelte Konzept wird zur Erhöhung der Anwendungsfreundlichkeit in einem IT-Tool abgebildet und öffentlich zugänglich gemacht.

Das Forschungsprojekt wurde in enger Zusammenarbeit mit den Partnern durchgeführt. Für die produktiven und aufschlussreichen Diskussionen und Workshops bedanken wir uns bei allen Experten aus Forschung und Praxis: akzente kommunikation und beratung GmbH, Bergische Gesellschaft für Ressourceneffizienz mbH, BMW Group, CeramTec GmbH, Growth Consulting Europe GmbH, Krones AG, Münchener Schlüsseldienst Kilian GmbH, psm protech GmbH & Co. KG, Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, Rudolf GmbH, Rußwurm Ventilatoren GmbH, Seal Concept GmbH, Siemens AG, SSF-Verbindungsteile GmbH, Swoboda KG, Bridge to India, X-CAT Row & Sail GmbH. Das Forschungsprojekt wurde von der Mitgliedsvereinigung Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), unter der Nummer 18849 N., gefördert. Für die Unterstützung der Forschungsarbeit und die sehr gute Zusammenarbeit bedanken wir uns vielmals.

Mein Dank gilt auch meinen Mitarbeitern Herrn Dipl.-Ing. Jens Kieninger, Frau M.Sc. Sabine Kücher, Frau Dipl.-Ing. Myriam Lutz B.Sc. und Herrn Dipl.-Wirtsch.-Ing. Carl-André von Wiedersperg MBA für die Unterstützung bei der Forschungsarbeit und für die Erstellung des Berichts.

München, 15. Mai 2017

Horst Wildemann

Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung der Ergebnisse	7
1	Einleitung	10
1.1	Ausgangssituation	10
1.2	Behandlung der Fragestellung in der Literatur	15
1.3	Forschungsdesign	17
2	Untersuchungsbereich	20
2.1	Ressourcen in produzierenden Unternehmen	24
2.2	Ressourceneffizienz	34
2.3	Nachhaltige Ressourceneffizienz	42
3	Forschungsdesign	53
3.1	Fallstudienanalyse	53
3.2	Expertengespräche	105
3.3	Workshops	109
3.4	Unternehmensbefragung und Audits	119
4	Ressourceneffizienzindex	127
4.1	Modellaufbau anhand konsolidierten Matrizen	127
4.2	Ressourceneffizienz in der Entwicklungs- und Herstellungsphase	130
4.3	Ressourceneffizienz in der Nutzungsphase und Service	159
4.4	Ressourceneffizienz in der Recyclingphase	211
4.5	Kombination der gewichteten Kennzahlen zum Ressourceneffizienzindex	238

5	Handlungsfelder	240
5.1	Handlungsfelder für produzierende Unternehmen	240
5.2	Handlungsfelder in der Produktnutzung	255
5.3	Handlungsfelder im Service	259
5.4	Handlungsfelder im Recycling	262
5.5	Wirtschaftliche Bewertung der Handlungsempfehlungen	265
6	IT-Tool	272
6.1	Anforderungen an das IT-Tool	272
6.2	Vorgehen bei der Toolentwicklung	280
6.3	Entwicklungs- und Anwendungsumgebung	284
6.4	Beschreibung des IT-Tools	287
7	Pilotanwendung	341
8	Zuwendungen, Nutzen und Transfer	347
8.1	Verwendung der Zuwendungen	347
8.2	Gegenüberstellung Ziele und Ergebnisse	351
8.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeiten	352
8.4	Wissenschaftlich-technischer Nutzen	354
8.5	Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft	356
	Abbildungsverzeichnis	359
	Literaturverzeichnis	363
	Anhang	409

0 Zusammenfassung der Ergebnisse

Dem Kostendruck aus Niedriglohnländern begegneten deutsche Unternehmen mit dem Aufbau von Dependancen in diesen Ländern mit geringen Lohnkosten. Diese Phase der verstärkten Abwanderung hat sich als nicht zielführend erwiesen und ist inzwischen eine Phase der Rückverlagerung geworden (vgl. Kinkel und Maločá 2009). Dies zeigt, dass nicht nur die Lohnkosten die unternehmerische Standortwahl beeinflussen, sondern auch weitere Faktoren wie sprachliche und kulturelle Hürden, das politische Umfeld oder die Infrastruktur wesentlichen Einfluss auf die Wahl der Produktions- und Entwicklungsstandorte hat (vgl. Berlemann und Tilgner 2006). Die hohen Lohnkosten in Deutschland gilt es zu kompensieren, um die Wettbewerbsfähigkeit der hiesigen Unternehmen zu stärken und zu wahren (vgl. Wildemann 2010). Dies wird durch den effizienten Einsatz der Ressource Personal erreicht. Verglichen mit anderen Industrienationen herrschen in Deutschland hohe und volatile Energie- und Rohstoffpreise und weist hohe Potenziale der Material- und Energieproduktivität auf (vgl. World Energy Council 2015). Die Materialkosten verursachen über 40 Prozent der Gesamtkosten produzierender Unternehmen (vgl. Statistisches Bundesamt 2013). Der Anteil der Energiekosten kann bei über 20 Prozent liegen (vgl. Beumer und Schellnhuber 2008). Schwerpunkt lag bisher auf der Steigerung der Arbeitsproduktivität. Diese konnte seit 1960 vervierfacht werden, wohingegen die Materialeffektivität lediglich verdoppelt und die Energieproduktivität sogar nur um den Faktor 50 Prozent gesteigert werden konnte (vgl. Wildemann 2012c). Vor dem Hintergrund einer hohen Varianz unternehmensspezifischer Ausprägungen zielte das Forschungsprojekt auf die Identifikation von Schwachstellen beim Einsatz von Energie, Material und Personal und die Erhebung mittels

einer standardisierten Systematik zu unterstützen. Da ökologische Kriterien eine immer bedeutendere Rolle spielen, umfasst das Bewertungskonzept im Sinne einer ganzheitlichen, nachhaltigen Bewertung neben ökonomischen auch ökologische und soziale Kriterien. Die so gewonnenen Erkenntnisse dienen als Grundlage für die zielgerichtete Optimierung der Effizienz. Zur Hebung der Potenziale wurden Handlungsempfehlungen ausgearbeitet und gemeinsam mit den Industriepartnern validiert. Die Erkenntnisse der Forschungsarbeit mündeten in einem IT-Tool. Ausgangsbasis für die Erarbeitung des Konzeptes zur Bewertung der Ressourceneffizienz waren eine ausführliche Literaturrecherche und die Resultate aus vorausgehenden Projekten wie dem Vorhaben 17361N Krisenvermeidung durch Nutzung verborgener Ressourcen (vgl. Wildemann 2013). Diese Erkenntnisse sind um weitere Aspekte ergänzt worden. Besonderer Wert wurde auf die Einheitlichkeit und Umfänglichkeit des Bewertungsschemas gelegt. Zur Entwicklung einer für KMU anwendbare Methodik zur Quantifizierung der individuellen Unternehmenssituation in den Bereichen Energie, Material und Personal, wurden auf Grundlage aussagekräftiger Bewertungskriterien Indizes abgeleitet und diese zu einem Gesamtmodell zusammengefasst. So konnte für jede der drei Ressourcen eine individuelle Kennzahlenmatrix erstellt werden. Grundlage hierfür sind Kennzahlen, die in den meisten Unternehmen aus fiskalpolitischen Gründen erhoben werden. Diese Kennzahlen wurden nach einer wissenschaftlich begründeten Vorselektion im projektbegleitenden Ausschuss mit Vertretern aus der Industrie diskutiert. So konnte sichergestellt werden, dass sie den Anforderungen der industriellen Praxis genügen. Das der Bewertung zugrundeliegende methodisierte Vorgehen ermöglicht KMU eine einfache und effiziente Eigenbewertung, um potenzielle Bereiche zur Optimierung des Ressourceneinsatzes zu identifizieren. Darüber hinaus ermöglicht eine

Archivierung dieser Ergebnisse, wie sie mit Hilfe der vorgesehenen Funktionalität des IT-Tools erfolgt, ein Controlling der Ergebnisse über Zeitreihen und die Trendanalyse. Nach der Selbstevaluierung erhalten die Unternehmen strukturierte und situationsspezifische Methoden und Instrumente angeboten, die angewendet werden können, um die Effizienz des Einsatzes von Material, Energie und Personal zu steigern. Die Nutzung ist dabei nicht auf einen bestimmten Unternehmensteil beschränkt, sondern erstreckt sich über das gesamte Unternehmen und den Wertschöpfungsprozess, weshalb die Bewertung des Status Quo sich in die drei Phasen des Produktlebenszyklus einteilen lässt. Hierzu gehören die Entwicklung und Herstellung, die Nutzung und das After Sales sowie die anschließende Verwertung und Recycling.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden Handlungsempfehlungen erarbeitet, die als Basis für die zukünftige Entwicklung des Ressourceneinsatzes dienen. Das IT-Tool bietet neben der Möglichkeit einen historischen Verlauf auszuwerten auch eine Auswahl von Handlungsempfehlungen zur Steigerung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Effizienz von Energie, Material und Personal, entsprechend der individuellen Unternehmenssituation.

Zum Transfer der Ergebnisse des Forschungsprojekts wurden Workshops mit Unternehmen durchgeführt. Zudem wurden die Forschungsergebnisse online über Newsletter veröffentlicht. Auch erfolgte die Vorstellung und Diskussion der Inhalte und Ergebnisse des Forschungsprojekts auf Kolloquien. Das IT-Tool steht kostenlos unter folgendem Link zur Verfügung:

<http://www.bwl.wi.tum.de>

(Menüpunkt: Forschung => Forschungsprojekte)

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Unternehmen haben gelernt Krisen zu bewältigen und stehen nun vor einer neuen, bedeutenderen Herausforderung. Diese ist der Wettstreit um Ressourcen. Verglichen mit 1960 hat sich die Arbeitsproduktivität vervierfacht. Die Materialeffektivität konnte in demselben Zeitraum lediglich verdoppelt werden. Mit einer Steigerungsrate von 1,5 weist die Energieproduktivität das geringste Wachstum auf (vgl. Wildemann 2012c). Während die weltweite Industrialisierung, die zunehmende Vernetzung der Märkte sowie der Lohnkostendruck aus Niedriglohnländern zu einer Steigerung der Arbeitsproduktivität führte, zeichnet sich erst seit der Jahrtausendwende eine spürbare Verknappung der Rohstoffe ab. Dies führte nicht nur zu Warnungen von Wissenschaftlern, sondern zu rasant ansteigenden Rohstoffpreisen in allen Bereichen. Während früher die Rohstoffkosten und die Personalkosten einen vergleichbaren Anteil am Bruttoproduktionswert hatten, divergieren sie heute bereits um 25 Prozent. Für produzierende Unternehmen hat dies zur Folge, dass mehr als 40 Prozent der Gesamtkosten auf Material entfallen. Energiekosten sind für durchschnittlich 2,4 Prozent der Kosten verantwortlich. Allerdings variiert dieser Anteil so stark, dass 8 Prozent der Unternehmen einen Energiekostenanteil von über 20 Prozent aufweisen (vgl. Wildemann 2012b). Insbesondere vor dem Hintergrund des deutschen Ausstiegs aus der Kernenergie sind die nationalen Energiepreise besonders hoch und volatil, so dass neben Umweltbewusstsein und Klimaschutz Kostenreduktion durch die effiziente Nutzung von Energie eine Rolle für unternehmerische Entscheidungen spielt. Umfragen zeigen, dass das Potential hinsichtlich einer effizienteren Nutzung der Ressourcen

Energie, Material und Personal noch nicht vollständig gehoben ist. Über 50 Prozent der Unternehmen gehen davon aus, dass sich Materialkosten um mehr als 5 Prozent reduzieren lassen. Die Kostensenkungspotenziale in materialintensiven Branchen liegen sogar bei dem Vierfachen. Werden bereits heute verfügbare Technologien eingesetzt, so ist es möglich bis zu 30 Prozent der Energiekosten einzusparen. Zur Identifikation und Hebung der Optimierungspotentiale vor allem der Material- und Energieproduktivität fehlen praktikable Ansätze vor allem für kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Da über 99 Prozent der deutschen Unternehmen kleiner und mittlerer Größenordnung sind, ist eine Systematik zur Bewertung der Effizienzpotenziale besonders dringlich. Insbesondere in materialintensiven Branchen wie dem Anlagenbau können Materialkosten nicht unmittelbar an die Kunden weitergeben werden, so dass die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens hauptsächlich durch seine Materialkosten bestimmt wird. Vor allem in der Automobil- und Zulieferindustrie ist der Kostenfaktor enorm. So kostet etwa der Verlust einer Minute in der Produktion über die Laufzeit der Fahrzeuge bis zu einer Million Euro (vgl. Waltl 2017). Durch den Anstieg der Preise für viele Rohstoffe, aber auch der Energiekosten, stehen viele Unternehmen vor der Herausforderung, die Steigerung der Energie- und Materialeffizienz von heute zwei bis drei Prozent in den Bereich der mindestens doppelt so hohen Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität zu überführen. Nachhaltigkeit und eine nachhaltige Entwicklung wird dann erreicht, wenn nicht nur ökonomische Ziele realisiert, sondern gleichermaßen ökologische und soziale Aspekte betrachtet werden. Wie in Abbildung 1-1 dargestellt konzentrieren sich bestehende Konzepte zur Bewertung des Ressourceneinsatzes und damit auch der Ressourceneffizienz lediglich auf Teilbereiche aus den Dimensionen Material, Energie und Personal sowie der Nachhaltigkeit.

Mess- und Bewertungskonzept	Materialeffizienz	Energieeffizienz	Personaleffizienz	Entwicklungsphase	Herstellphase	Nutzungsphase	Recyclingphase	Eindimensional	Mehrdimensional	Handlungsoptionen
MIPS (Materialinput pro Serviceeinheit) (Schmidt-Bleek und Behrensmeier 1998)	●	○	◐	●	●	●	●	●	○	◐
CARE – Computergestützte Ressourceneffizienzrechnung (Busch und Beucker 2004)	◐	○	○	○	●	○	○	◐	◐	◐
Ressourcenkostenrechnung (Effizienzagentur NRW 2006)	◐	◐	◐	●	●	○	○	●	○	◐
Flusskostenrechnung (Loew et al. 2002)	●	●	○	●	●	○	○	●	○	◐
Ökobilanz (Life Cycle Assessment) (Feifel 2009)	●	●	○	●	●	●	●	◐	●	○
Öko-Effizienz-Check (Effizienz-Agentur NRW)	●	●	○	◐	●	○	○	●	◐	◐
PIUS-Check (Effizienz-Agentur NRW)	●	○	●	○	●	○	○	●	○	◐
EMAS-ECO-Management and Audit Scheme (Rohn 2009)	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	◐	●
SAFE-Sustainable Assessment for Enterprises (Rohn 2009)	◐	◐	◐	○	◐	○	○	◐	◐	◐
Faktor X (Merten und Rohn 2005)	●	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Ressourceneffizienz-Potential in der Fördermaßnahme r ² (Albrecht et al. 2013)	●	●	○	◐	●	○	○	◐	◐	◐
ESSENZ (Bach et al. 2016)	●	◐	◐	◐	●	◐	◐	○	●	○
Baukasten zur Identifikation von Ressourcenpotentialen (Wohlgemuth et al. 2014)	◐	◐	◐	◐	●	○	○	●	○	◐
Evaluation of energy and resource efficiency (Jochem et al. 2013)	●	●	○	○	●	○	○	○	●	◐

● komplett behandelt ● umfangreich behandelt ◐ teilweise behandelt ○ wenig behandelt ○ nicht behandelt

Abbildung 1-1: Mess- und Bewertungskonzepte

Darüber hinaus ist der Ressourceneinsatz im Laufe des Produktlebenszyklus unterschiedlich zu bewerten, weshalb die bestehenden Methoden nur unzureichend die Anforderungen von KMU nach einer ganzheitlichen Bewertungssystematik erfüllen, um Handlungsfelder zur Steigerung der Ressourceneffizienz zu identifizieren. Ziel der Forschungsarbeit ist ein Modell zur Analyse und Bewertung der Effizienz der Ressourcen Energie, Material und Personal anhand ökonomischer, ökologischer und sozialer Kriterien entlang des Produktlebenszyklus bei produzierenden kleinen und mittelständischen Unternehmen. Das Modell soll Unternehmen befähigen individuelle Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz systematisch zu definieren und die hierzu notwendigen Maßnahmen zu selektieren. Mit der Erreichung des Ziels werden produzierende Unternehmen in die Lage versetzt, zu bewerten und zu vergleichen wie effizient sie die Ressourcen Material, Energie und Personal einsetzen. Darauf aufbauend können Schwachstellen identifiziert sowie spezifische Maßnahmen zur Verbesserung identifiziert werden. Dies wird durch eine anwendungsnahe Methodik, die unter enger Einbindung der Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses in den Forschungsprozess, vor allem in die Methodenentwicklung, erreicht. Ein internetbasiertes Tool zur Selbsthilfe erleichtert die Umsetzung der entwickelten Bewertungssystematik und die Auswahl geeigneter Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz.

Grundlegend für die Forschungsarbeit sind folgende sowohl praktische als auch theoretische Fragestellungen.

Vor dem Hintergrund der betrieblichen Praxis von KMU:

- Welche Anforderungen stellen die KMU an die Gestaltung eines Konzepts zur Bewertung und Steigerung der Ressourceneffizienz in den Kernbereichen der Energie-, Material- und Personaleffizienz?

- Was sind die Erfolgsfaktoren für die Einführung und nachhaltige Nutzung eines KMU-spezifischen Ressourceneffizienz Konzepts?
- Wie muss ein Konzept zur Bewertung und Verbesserung der Ressourceneffizienzposition für die KMU strukturiert sein?
- Welche konkreten Strategien und Methoden sind für die Ausgestaltung eines Konzepts zur Steigerung der Energie-, Material- und Personaleffizienz bei KMU geeignet?
- Wie lassen sich Ressourceneffizienzmaßnahmen betriebswirtschaftlich und effizient bewerten?
- In wie weit ist die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen ganzheitlich von Relevanz?

Aus Sicht der Wissenschaft zur Erweiterung des aktuellen Stands der Technik:

- Was sind die Einflussgrößen bei der Gestaltung eines KMU-spezifischen Konzepts zur Steigerung der Energie-, Material- und Personaleffizienz?
- Welche Unternehmenstypen bezogen auf die KMU lassen sich aus den Einflussgrößen ableiten?
- Welche Gestaltungsfelder sind für die gebildeten Unternehmenstypen relevant?
- Welche relevanten Erfolgsfaktoren existieren im Zieldreieck Ökonomie, Ökologie und Soziales und wie können diese in ein Messkonzept zur Bestimmung der Ressourceneffizienz überführt werden?

1.2 Behandlung der Fragestellung in der Literatur

Die Literatur beschäftigt sich intensiv mit den Fragestellungen der Energie-, Material- und Personaleffizienz und deren Steigerung. Anhand der nachfolgenden Übersicht wird jedoch deutlich, dass sich die relevanten Studien lediglich Teilaspekte der vorliegenden Fragestellung widmen. Alle der dargestellten Studien können den Bereichen Ressourceneffizienz oder Nachhaltigkeit zugeordnet werden. Der Schwerpunkt liegt bei allen auf der Materialeffizienz. Energieeffizienz wird zwar ebenfalls betrachtet, wenn auch nicht in derselben Ausführlichkeit. Ursächlich dafür ist, dass die Untersuchung der Materialeffizienz eine längere Historie aufweist, als die Betrachtung der Energieeffizienz, die erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat. Daher werden in den Befragungen zur Ressourceneffizienz vor allem Materialaspekte untersucht (vgl. Wecus und Willeke 2015). Dies kann auch darauf zurückzuführen sein, dass durchschnittlich 42,8 Prozent der Gesamtkosten auf Materialausgaben entfallen, wohingegen die Energiekosten unter 10 Prozent liegen (vgl. Statistisches Bundesamt 2016b). Im Rahmen dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Analyse der Ressourceneffizienz anhand konkreter Kennzahlen. Von den betrachteten Studien mit Schwerpunkt auf KMU, werden zumeist nur einfache Kennzahlen wie Mitarbeiteranzahl oder Umsatz erhoben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass KMU deutlich weniger strengen Richtlinien hinsichtlich der Veröffentlichung und anderen Anforderungen des Publizitätsgesetzes unterliegen. Gemein ist nahezu allen Studien, dass sie den gesamten Produktlebenszyklus betrachten. Jedoch beleuchten die wenigsten der Studien alle drei Säulen der Nachhaltigkeit, insbesondere existiert eine Forschungslücke hinsichtlich der dritten Säule der Nachhaltigkeit, dem Sozialen.

Mess- und Bewertungskonzepte	Materialeffizienz	Energieeffizienz	Personaleffizienz	Ökologie	Ökonomie	Soziales	KMU	Produzierendes Gewerbe	Kennzahlen	Produktlebenszyklus
IW Köln (Biebeler 2004)	k.A.	k.A.	k.A.	◐	●	◐	◐	●	○	●
Fraunhofer IAO (Erhardt und Pastewski 2010)	●	●	◐	◐	●	●	◐	●	◐	●
VDI ZRE (Naujokat 2011)	●	◐	○	◐	●	●	◐	●	○	●
Roland Berger 2011	◐	●	◐	●	●	●	k.A.	○	◐	◐
Fraunhofer ISI (Schröter und Mattes 2011)	●	◐	○	◐	●	◐	◐	●	◐	◐
Friedrich-Ebert-Stiftung (Engelmann et al. 2013)	●	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐	k.A.	●
VDMA (Migendt und Täube 2013)	●	●	◐	◐	◐	◐	◐	●	◐	●
EEB (Beasley und Georgeson 2014)	●	◐	○	●	◐	◐	●	k.A.	◐	●
VDI ZRE (Wecus und Willeke 2015)	●	◐	○	◐	●	●	◐	●	○	●

● komplett behandelt ● umfangreich behandelt ◐ teilweise behandelt
◐ wenig behandelt ○ nicht behandelt

Abbildung 1-2: Studien und Forschungsinitiativen

1.3 Forschungsdesign

Das Vorgehen des Forschungsprojekts basiert auf einem mehrstufigen Verfahren, wie in Abbildung 1-3 dargestellt. Im ersten Schritt entstand durch Recherche von Fachliteratur und Artikeln ein Überblick zu den derzeit relevanten Fragestellungen und aktuellen Diskussionen in Bezug auf Ressourceneffizienz. Darüber hinaus wurde mit Hilfe der Literatur der Untersuchungsbereich der Ressourceneffizienz eingegrenzt und in Bezug auf Nachhaltigkeit konkretisiert. Zur Erfassung von Treibern und Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz wurde im zweiten Schritt eine strukturierte Fallstudienanalyse durchgeführt. Diese beinhaltet insgesamt 28 Fallstudien zu den einzelnen Aspekten der Ressourceneffizienz verteilt auf unterschiedliche Branchen.

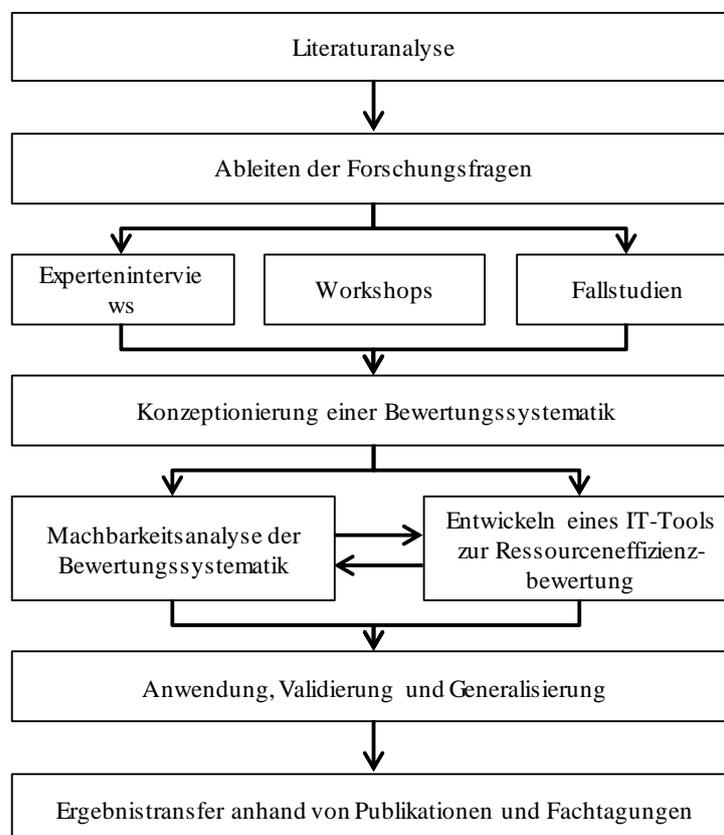


Abbildung 1-3: Forschungsdesign

Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wurde ein Interviewleitfaden für die zu führenden Expertengespräche entwickelt. Im Interview mit Experten aus der Industrie, vorwiegend produzierende kleine und mittelständische Unternehmen, wurde analysiert, welche Treiber mit welcher Priorisierung den Ressourceneinsatz beeinflussen. Zusätzlich wurden weitere Maßnahmen zur Bewertung und Steigerung des Ressourceneinsatzes identifiziert. Ziel war es, den Bezugsrahmen aus Nachhaltigkeit, Produktlebenszyklus und Ressourceneffizienz sowie die aktuellen Herausforderungen der Praxis zu erfassen. Projektbegleitend fanden vier Workshops mit Unternehmensvertretern der Praxispartner, in dem unterschiedliche Aspekte der Ressourceneffizienz intensiv diskutiert wurden. Diese waren zunächst die Anforderungen an Kennzahlen zur Ressourceneffizienz sowie Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz und des aktuellen Standes des zu entwickelnden Kennzahlenmodells. Im letzten Workshop lag der Diskussionsschwerpunkt auf der Umsetzung des Modells in ein IT-Tool. Zielgruppe der Expertengespräche und der Workshops waren die Mitarbeiter der Praxispartner. Zur Erweiterung der empirischen Basis wurde darüber hinaus eine Unternehmensbefragung unter Personen mit einer hohen Affinität zum Thema Ressourceneffizienz durchgeführt. Ziel der Befragung war die Überprüfung und Anpassung der identifizierten Einflussgrößen und das Schaffen einer Grundlage für die Umsetzung im IT-Tool zur Abfrage von Kennzahlen und Selbsteinschätzung. Danach erfolgten Unternehmensaudits, die weitere Erkenntnisse in Bezug auf Erfolgsfaktoren und Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz lieferten. Basierend auf der Literaturrecherche, den Fallstudien, den Experteninterviews, der Unternehmensbefragung und den Unternehmensaudits wurde das Modell des Ressourceneffizienzindex entwi-

ckelt und die Handlungsfelder zur Steigerung der Ressourceneffizienz produzierender Unternehmen abgeleitet. Die Umsetzung des Modells und der Handlungsempfehlungen erfolgt in einem IT-Tool, das es den Unternehmen einerseits ermöglicht eine aktuelle Positionsbestimmung hinsichtlich der Energie-, Material- und Personaleffizienz im Unternehmen vorzunehmen und mithilfe der Handlungsempfehlungen Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz abzuleiten. Anwenderfreundlichkeit und intuitive Bedienung des Tools wurden mittels Audits bei den projektbegleitenden Unternehmen überprüft. Das Tool steht den Unternehmen zum Onlineabruf zur Verfügung.

2 Untersuchungsbereich

Kostendruck aus Niedriglohnländern sorgte in der Vergangenheit dafür, dass produzierende Unternehmen in Hochlohnstandorten wie Deutschland ihre Produktionsstandorte verlagerten (vgl. Brecher 2011). Die zunehmende Zahl der Rückverlagerungen zeigt jedoch, dass dies, aufgrund unterschiedlicher Ursachen, in vielen Teilen keine zielführende Lösungsstrategie ist (vgl. Kinkel und Maločá 2009). Ein Vergleich von Personal- mit Material- und Energieproduktivität verdeutlicht, dass mögliche Potenziale bislang nicht ausreichend gehoben werden. So wurde seit 1960 die Arbeitsproduktivität in Deutschland um den Faktor vier erhöht. Die Materialeffektivität konnte im gleichen Zeitraum nur verdoppelt werden. Die Energieproduktivität wurde sogar nur um 50 Prozent gesteigert (vgl. Adam 2012). Die Kostensituation in Unternehmen verdeutlicht die Potenziale, die eine Steigerung der Material- und Energieproduktivität bieten kann. Mehr als 40 Prozent der Gesamtkosten von produzierenden Unternehmen am Standort Deutschland gehen auf Materialkosten zurück (vgl. Statistisches Bundesamt 2013). Einer Studie zufolge gehen über 50 Prozent der Unternehmen davon aus, dass sich ihre Materialkosten um mehr als 5 Prozent reduzieren lassen (vgl. Baron et al. 2005). Bei materialintensiven Branchen können die Kostensenkungspotenziale bei bis zu 20 Prozent der Materialkosten liegen (vgl. Irrek und Kora 2008). Energiekosten verursachen im Durchschnitt 2,4 Prozent der Gesamtkosten von produzierenden Unternehmen in Deutschland (vgl. Auerswald und Vogt 2010; Rudolph et al. 2010). Allerdings variiert dieser Anteil stark, so dass 8 Prozent der Unternehmen einen Energiekostenanteil von über 20 Prozent aufweisen (vgl. Beumer und Schellnhuber 2008). Mit den bereits heute verfügbaren Technologien ist es jedoch möglich, bis zu 30 Prozent der

Energiekosten einzusparen (vgl. Irrek und Kora 2008). Zur Optimierung der Material- und Energieproduktivität fehlen insbesondere bei KMU praktikable Ansätze zur Identifikation und Hebung von Optimierungspotenzialen (vgl. Thiede et al. 2013; Viere et al. 2010). Die Forderung nach derartigen Ansätzen wird durch ansteigende und zunehmend volatile Rohstoff- und Energiepreisentwicklungen untermauert. Materialkostensteigerungen können KMU oftmals nicht unmittelbar an ihre Kunden weitergeben, sodass insbesondere in materialintensiven Branchen, wie dem Anlagenbau, die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens vor allem durch die Höhe der Materialkosten bestimmt wird (vgl. Schomerus, T., Gonzalez, G.). Durch den Anstieg der Preise für viele Rohstoffe stehen Unternehmen vor der Herausforderung, die Steigerung der Energie- und Materialeffizienz, die heute bei zwei bis drei Prozent liegt, in den Bereich der mindestens doppelt so hohen Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität zu führen (vgl. Baron et al. 2005; Zentrum für Logistik & Verkehr (ZLV) 2009; Adam 2012). Neben der Material- und Energieeffizienz zeigt sich die Personaleffizienz als wesentlicher Erfolgsfaktor. Die Wirtschaftlichkeit im Personalbereich kann primär durch die Hebung unzulänglich genutzten Flexibilitätpotenzials erhöht werden. Hierzu gibt es zwei wesentliche Gestaltungsdimensionen. Zum einen müssen geeignete Instrumente der Personalflexibilisierung ausgewählt werden. Der reine Einsatz von Flexibilisierungsinstrumenten wie befristete Verträge, Zeitkonten, Altersteilzeit, Zeitarbeit, Springerpool und Outsourcing reicht jedoch nicht aus (vgl. Wildemann 1995). Sie müssen zum anderen in ein System von flexibilitätsfördernden Rahmenbedingungen wie Personalplanung und -entwicklung, Anreizsysteme, Unternehmenskultur und vertragliche Konditionen integriert werden. Ihr kombinierter Einsatz sichert und erhöht die Wirtschaftlichkeit im Personalbereich (vgl. Adam 2012). Während in der Vergangenheit

vor allem Lohnkosten der Haupttreiber für den effizienten Personaleinsatz waren, sehen sich deutsche KMU heute mit den Folgen des Fachkräftemangels, mangelnder Einsatzflexibilität des Personals und der demografischen Entwicklung konfrontiert (vgl. Mauritz 2011). Um in diesem Umfeld zu bestehen, gilt es vor allem für KMU, den Mitarbeiterereinsatz aktiv zu beeinflussen und gezielt zu steuern. Die Anzahl der Beschäftigten, die älter als 50 sind, wird mittelfristig von weniger als 20 Prozent auf 40 Prozent steigen, wohingegen sich die Zahl der 30- bis 35-Jährigen über den gleichen Zeitraum in etwa halbieren wird. Somit sind Strategien gefragt, wie die Unternehmen die geistige und körperliche Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter über deren gesamte Lebensphase erhalten, steigern und nutzen können (vgl. Bercu und Roman 2012; Patel und Conklin 2010). Ziel dieser Konzepte ist nicht nur der effiziente Einsatz der Ressource Personal, sondern auch die Transformation des Unternehmens zur lernenden Organisation, welche konsequent an den Leitlinien Kunden- und Prozessorientierung, Erhöhung der Problemlösungskapazitäten und organisatorischem Lernen ausgerichtet ist. Die Realisierung der mehrdimensionalen Potenziale der Ressourceneffizienz stellt jedoch KMU vor neue Herausforderungen, für die es praxistaugliche Lösungsansätze zu entwickeln gilt. Auch die betriebswirtschaftliche Bewertung, wo Lösungen ansetzen müssen und welche Lösungswege für die jeweiligen Unternehmen geeignet sind, erfordert gezielte Bewertungs- und Lösungsansätze. Ressourceneffizienz wird zu einem Schlüsselthema für KMU, insbesondere im produzierenden Gewerbe (vgl. Karl 2012). Die Akteure müssen sich konkret der Frage stellen, durch welche Technologien, Handlungsweisen und Konzepte sich Ressourcen, Emissionen und Kosten einsparen lassen (vgl. Fleiter et al. 2012). Dafür werden fundierte Informationen zu bestehenden Einsparpotenzialen und möglichen Lösungen benötigt. Zudem sind die

Lösungen betriebswirtschaftlich zu bewerten, da unter Umständen hohe Anschaffungskosten durch niedrige Betriebskosten binnen kurzer Zeit amortisiert werden können. Die Steigerung der Ressourceneffizienz bei KMU führt zum einen zu einer Verringerung der Kosten und zum anderen zu einer Vermeidung von Verschwendung im Sinne einer nachhaltigen Ressourcennutzung im gesamten Produktlebenszyklus. Der Produktlebenszyklus ist in die vier Phasen Entwicklung, Herstellung, Nutzung und Recycling einzuteilen. Die erste Phase der Produktentwicklung gliedert sich in vier Teilprozesse. Diese Teilprozesse reichen von der Produktplanung, über die Konzept- und Entwurfsphase, bis hin zur Ausarbeitungsphase und somit zur Anfertigung von Prototypen. Die zweite Phase des Produktlebenszyklus ist die eigentliche Herstellung des Produktes. Sie beinhaltet jegliche Wertschöpfungsschritte eines Produktes von Wareneingang bis zur Auslieferung an den Kunden. Die dritte Phase der Nutzung reicht von der Inbetriebnahme, beziehungsweise Erstnutzung des Produktes, bis zur Endnutzung. Abschließend beinhaltet die vierte Phase, die des Recyclings, Aktivitäten um das Produkt wieder in seine Bestandteile zu zerlegen, in den Produktionsbetrieb zurückzuführen oder zu verwerten. Das Thema Ressourceneffizienz im Maschinenbau ist für die deutsche Industrie von besonderem Interesse. Im Vordergrund der Diskussion steht die Leitfrage, wie die Ressourceneffizienz im Maschinenbau zu maximieren ist, um die damit verbundenen Potenziale auszuschöpfen. In Anlehnung an den aktuellen wissenschaftlichen Disput lassen sich einige Stellhebel identifizieren. Im Maschinenbau sind an dieser Stelle in erster Linie innovative Produktionsverfahren zu nennen. Mit neuen technologischen Ansätzen wird der Versuch unternommen, den Materialeinsatz in der Produktion zu reduzieren und den Energieverbrauch drastisch zu senken.

Ressourceneffizienz fängt bei der Erzeugnisgestaltung an. Alle Anstrengungen werden daher auf die Minimierung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Lebenszykluskosten der Produkte gerichtet. Nicht zuletzt eröffnet die Ausrichtung des Maschinenbaus auf ressourceneffiziente Produkt- und Prozessgestaltung den Unternehmen strategische Wettbewerbsvorteile. Insbesondere vor dem Hintergrund der starken ausländischen Konkurrenz gewinnt dieser Aspekt zunehmend an Bedeutung. Im Folgenden wird ein Ausblick auf die Potenziale der Ressourceneffizienz im Maschinenbau gegeben. Die Potenziale werden entlang der Wertschöpfungskette des Maschinenbaus veranschaulicht. Im weiteren Verlauf der Ausführungen wird die Relevanz des Themas aus Technologien vorgestellt, bevor die charakteristischen Merkmale einer ressourcenschonenden Produktion vorgestellt werden

2.1 Ressourcen in produzierenden Unternehmen

Die Abkürzung KMU steht für kleine und mittlere Unternehmen. Im Englischen und im Gebrauch der EU-Kommission ist die Abkürzung SME (small and medium sized enterprises) geläufig. Bedeutende Kennzahlen zur Einordnung eines KMU sind die Zahl der Mitarbeiter, der Umsatz und die Bilanzsumme. Die Trennung von KMU erfolgt gemäß der EU-Kommission in Kleinst-, Klein- und mittlere Unternehmen, die weniger als 10, 50 beziehungsweise 250 Mitarbeiter aufweisen. Die Umsatzgrenzen der verschiedenen Unternehmensklassen liegen bei maximal zwei, zehn respektive fünfzig Millionen Euro (vgl. Günterberg 2012). Das Institut für Mittelstandsforschung (IfM) in Bonn definiert die Grenzen für ein KMU in Deutschland anders. Grund hierfür sind die Besonderheiten des Mittelstandes in Deutschland. Der Begriff Mittelstand schließt alle Unternehmen ein,

bei denen die Inhaber gleichzeitig die Leitung übernehmen. Die meisten mittelständischen Unternehmen sind Familienunternehmen, die nahezu alle KMU sind. Der Begriff Mittelstand definiert nicht nur eine quantitative Abgrenzung, sondern beinhaltet auch ökonomische, gesellschaftliche und psychologische Aspekte (vgl. IfM Bonn 2016). Lediglich die Unterteilung in kleine und mittlere Unternehmen ist gebräuchlich, wobei sich die definierte Obergrenzen bei kleinen Unternehmen auf neun und bei mittleren Unternehmen auf 499 Beschäftigte belaufen (vgl. Ahlers und Trautwein-Kalms 2004). Die Umsatzgrenzen liegen bei weniger als eine Million, beziehungsweise weniger als 50 Millionen Euro (vgl. Günterberg 2012). Im Jahr 2012 galten waren 99,6 Prozent der Unternehmen in Deutschland als kleine und mittlere Unternehmen einzustufen (vgl. IfM Bonn 2015). Die Umsätze aus Lieferungen und Leistungen betragen 35,3 Prozent des nationalen Umsatzes und 59,4 Prozent der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten gingen einer beruflichen Tätigkeit in einem KMU (vgl. IfM Bonn 2015). Zwischen 2002 und 2010 schufen KMU 85 Prozent der neuen Arbeitsplätze innerhalb der Europäischen Union (vgl. European Commission, Directorate-General for Communication 2013). Somit sind KMU die sozial und wirtschaftlich vorherrschende Unternehmensgröße in Deutschland sowie in der EU und tragen erheblich zur europäischen Wirtschaft und Wettbewerbsfähigkeit bei. KMU lassen sich anhand der Definition der Europäischen Kommission in drei Unternehmenskategorien einteilen. Dies dient zu einem Ausschluss von sinnwidrigen KMU und zur Vermeidung von Missbrauch. Das produzierende Gewerbe ist gleichbedeutend mit dem industriellen Sektor und ist ein zentraler Bereich der deutschen Volkswirtschaft. Der Beitrag zur Bruttowertschöpfung belief sich im Jahr 2012 auf 45 Prozent (vgl. Statistisches Bundesamt 2014). 36 Prozent

aller Erwerbstätigen sind in diesem Bereich beschäftigt (vgl. Statistisches Bundesamt 2014). Die wichtigsten Industriezweige im produzierenden Gewerbe sind die Kraftfahrzeugindustrie, die chemische Industrie, die metallverarbeitende Industrie, die Ernährungsindustrie und der Maschinenbau.

Das Thema Ressourceneffizienz erfährt im Bereich des Wirtschaftswachstums der deutschen Unternehmen eine priorisierte Rolle, da ein effizienterer Einsatz der Ressourcen langfristig zu einer Kostensenkung in der Produktion und somit zu einer erhöhten Wettbewerbsfähigkeit führt. Obwohl KMU oftmals im Wirtschaftsbereich Forschung und Entwicklung vertreten sind und ihnen bedeutende Förderungen zustehen, gingen 79 Prozent der staatlichen Fördermittel an wenige größeren Unternehmen, die aber noch unter die Kategorie KMU fallen (vgl. Kladroba et al. 2010). Die ist unter anderem auf fehlende Informationen über Art und Beantragung von Fördermitteln zurückzuführen sein. Folgende externe und interne Hemmnisse und Herausforderungen kommen hinzu.

- Erschwerter Zugang zu finanziellen Fördermitteln: Finanzielle Fördermittel der Politik werden meist als Pull-Faktor angesehen, erreichen allerdings oft nicht die Bereiche in denen sie am notwendigsten sind. Bürokratische Hürden, fehlende personelle und zeitliche Ressourcen erschweren die Wirksamkeit politischer Fördermaßnahmen (vgl. Rennings et al. 2008).
- Erschwerter Zugang zu Kapital und Krediten: KMU können oftmals die geforderten Sicherheiten der Kreditgeber nicht leisten, was dazu führt, dass KMU bei jeder Art der kostenintensiven Umstrukturierung des Unternehmens vor großen Schwierigkeiten stehen (vgl. Europäische Kommission 2006). Die Unternehmen fürchten eine Nichtvereinbarkeit von existenziell wichtigen Geschäftszielen und den langfristigen Investitionen

- in Innovationen, wie der Einführung von Ressourceneffizienzmaßnahmen (vgl. Dreuw et al. 2011).
- **Erschwerter Zugang zu Forschung und Entwicklung:** Vor allem große Unternehmen kooperieren mit Universitäten und Forschungsinstituten, kleinere haben oftmals nicht die Möglichkeiten dazu. Sie können aufgrund fehlender Ressourcen nicht dieselben Mittel aufwenden, wie größere Wettbewerber (vgl. Dreuw et al. 2011; Kladroba et al. 2010). Deshalb ergreifen KMU oftmals wertvolle Gelegenheiten zu Forschung und Entwicklung nicht und es fehlt ihnen der Kontakt zu und die Zusammenarbeit mit zukunftssträchtigen Experten der Universitäten (vgl. Europäische Kommission 2006).
 - **Demographischer Wandel:** Die zurückgehenden Geburtenraten und die alternde arbeitende Bevölkerung führen in den kommenden Jahren zu einem Mangel an Fachkräften. Vor allem KMU müssen sich gegen große Unternehmen behaupten, die aufgrund ihrer globalen Präsenz die ersten Anlaufstellen für die wenigen jungen Fachkräfte darstellen (vgl. Preißing 2010). Dieses Phänomen wird als *War for Talents* bezeichnet (engl.: Kampf um die Talente) (vgl. Adenauer et al. 2015). Es wird in Zukunft erforderlich sein, das aktuelle und zukünftige Personal effizient einzusetzen und effektivere Rekrutierungsprozesse zu entwickeln. Dies erfordert ein zeitgemäßes Personalmanagement, was sich aufgrund der oftmals fehlenden Personalabteilungen in KMU schwierig gestaltet (vgl. Preißing 2010).
 - **Globalisierung:** Aufgrund der Globalisierung und des zunehmenden Kostendrucks, vor allem aus Niedriglohnländern, verändert sich der heimische Wettbewerb. Durch eine steigende Komplexität wirtschaftlicher Entwicklungen, schnelle techno-

logische Veränderungen und steigende individuelle Kundenansprüche, wird eine Partizipation im internationalen Wettbewerb für KMU zu einer Herausforderung (vgl. Dieckmann und Feldmeier 2007). Die Einführung ressourceneffizienter Maßnahmen in deutschen KMU kann langfristig zur Senkung der Kostenstruktur beitragen und zu einer Erhöhung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit führen.

- Interne Umstrukturierungsprozesse: Innovationsrisiken werden von KMU misstrauisch betrachtet. Die Unternehmenskultur muss vor der Einführung ressourceneffizienter Maßnahmen neu strukturiert werden. Meist fehlt es den KMU an Kompetenzen durch spezialisierte Fachkräfte, um Methoden zu entwickeln und erste Maßnahmen einzuleiten (vgl. Dreuw et al. 2011).

Es lässt sich festhalten, dass Herausforderungen und Hemmnisse für KMU in erster Linie auf fehlende finanzielle und personelle Mittel zurückzuführen sind. Für ein Unternehmen bringt das intelligente Management von Ressourcen strategische Vorteile. Als Grundlage ist es wichtig, eine klare Definition des Begriffs Unternehmensressource zu erstellen (vgl. Kraaijenbrink et al. 2009). Eine Ressource ist jegliche Sache, die für ein Unternehmen eine Stärke oder Schwäche darstellen kann, was sowohl materielle und immaterielle Güter, die mit dem Unternehmen verbunden sind, sein können (vgl. Wernerfelt 1984). Die Definition von Unternehmensressourcen kann um Organisationsprozesse, Wissen und Fähigkeiten, die von einem Unternehmen kontrolliert werden, erweitert werden, um die Effizienz und Effektivität seines Handelns zu verbessern (vgl. Barney 1991). Es wird deutlich, dass Ressourcen für Unternehmen einen entscheidenden Faktor in der strategischen Ausrichtung einnehmen. Daraus ergibt sich die Frage, welche Ressourcen für produzierende Unternehmen

von hoher Relevanz sind. Aus der Kostenaufschlüsselung von produzierenden Unternehmen lässt sich die Bedeutung der einzelnen Ressourcen ableiten. Abbildung 2-1 stellt die Kosten des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland anteilig am Bruttoproduktionswert dar (vgl. Schmidt und Schneider 2010). Die Materialkosten, wie Rohmaterialien und Betriebsstoffe, stellen mit 46 Prozent den größten Kostenblock dar. Die Ressource Personal folgt mit 18 Prozent. Beide Kostenblöcke sind für Unternehmen in der verarbeitenden Industrie die größten Kostenfaktoren. Deshalb werden Material und Personal als besonders relevante Ressourcen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens behandelt. Es gilt zu beachten, dass die Materialkosten sowohl Aufwendungen durch Leiharbeiter als auch den vom Lieferanten für das zugekaufte Material benötigte Personal- und Energieaufwand umfasst.

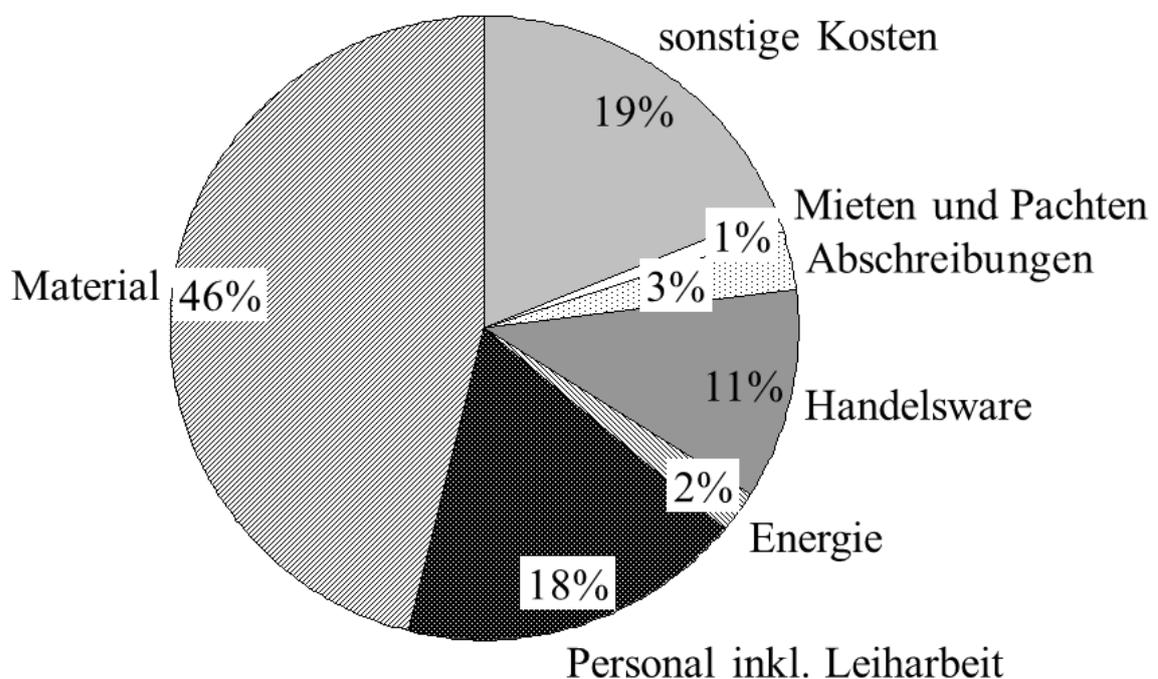


Abbildung 2-1: Kostenverteilung der verarbeitenden Industrie in Deutschland im Jahr 2008

Die Kosten für die Ressource Energie liegen durchschnittlich bei lediglich 2 Prozent und sind somit für Unternehmen von untergeordneter Bedeutung. Allerdings hat der Energiesektor in den letzten Jahren an Aufmerksamkeit gewonnen und neue Technologien sind an den Märkten verfügbar. Darüber hinaus sind durch geringe Effizienzmaßnahmen im Bereich Energie große Einsparpotenziale erreichbar (vgl. Schmidt und Schneider 2010). Die Ressourcen Energie und Material sind für das produzierende Gewerbe besonders kritische Faktoren, da die Rohstoff- und Energiepreise in Zukunft voraussichtlich weiter ansteigen werden. Ein effizienter und vor allem nachhaltiger Umgang mit den genannten Ressourcen hilft Unternehmen ihre Kosten zu senken, den Gewinn zu steigern und die Umwelt zu schonen. Dies hat entscheidenden Einfluss auf die globale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen (vgl. Sievers et al. 2013). Obwohl der Energiekostenanteil der verarbeitenden Industrie relativ gering ist, sollte diese Ressource nicht aus dem Schwerpunkt der Betrachtung fallen, da der weltweite Energieverbrauch bis zum Jahr 2030 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 1,7 Prozent weiter ansteigen wird. Der geschätzte Energieverbrauch im Jahr 2030 wird 60 Prozent höher sein als der im Jahr 2002. Dabei betrug der Anteil an fossilen Energieträgern im Jahr 2002 rund 80 Prozent und wird bei rund 82 Prozent im Jahr 2030 nahezu konstant bleiben (vgl. Bilen et al. 2008). Im Jahr 2013 betrug der gesamte Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland 9.179 Petajoule (PJ). Davon wurden im verarbeitenden Gewerbe inklusive des Bergbaus 2.551 PJ verbraucht, was einem Anteil von etwa 28 Prozent entspricht. Hierbei war der Gasverbrauch mit 35,3 Prozent und der Stromverbrauch mit 31,7 Prozent mit Abstand am höchsten. Der Verbrauch von Braun- und Steinkohle lag bei etwa 16 Prozent (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

2016). Mineralöle sind mitunter die wichtigsten Energieträger in der deutschen Industrie. Die Nutzung von Heizöl im verarbeitenden Gewerbe im Jahr 2014 jedoch nur bei etwa 3 Prozent, wohingegen mit 94 Prozent der Verkehrssektor ein bedeutender Verbaucher von Mineralölen (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2016). Darüber hinaus sind Energien aus der Verbrennung von Abfall und die Nutzung erneuerbarer Energien von zunehmender Bedeutung (vgl. Statistisches Bundesamt 2016b). Druckluft dient in vielen Unternehmen des produzierenden Sektors ebenfalls als Energieträger. Im Durchschnitt beträgt der Anteil von Druckluft am Gesamtenergieverbrauch etwa 20 Prozent. Da die für die Kompression der Luft notwendige Arbeitskraft des Stroms viermal so teuer wie die von Gas oder Öl ist, bieten Druckluftanlagen besonders großes Potenzial für Energieeffizienzmaßnahmen. Die Nutzung von Abwärme der Kompressoren oder die Minimierung von Luft-Leckagen sind Beispiele für solche Maßnahmen (vgl. o.V. 2016). Allerdings besteht aufgrund der weltweit dominierenden Stellung von Kohle, Gas und Öl keine nachhaltige Energieerzeugung (vgl. Bilen et al. 2008). Die Ressource Material lässt sich unterteilen in Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die für den Wertschöpfungs- und Produktionsprozess eines Unternehmens notwendig sind, beziehungsweise an andere Unternehmen zur weiteren Bearbeitung übergeben werden (vgl. Statistisches Bundesamt 2009). Dabei beträgt der Anteil von Rohmaterialien und Betriebsstoffen bei Unternehmen der produzierenden Industrie zwischen 30 Prozent und 45 Prozent der gesamten Produktionskosten (vgl. Sievers et al. 2013). Betriebsstoffe sind Waren, die „zur Aufrechterhaltung des Produktionsprozesses erforderlich sind und verbraucht, aber nicht Bestandteil der produzierten Güter werden“ (Statistisches Bundesamt 2009, S. 12). Dies ist unternehmensspezifische festzulegen und kann

eine Vielzahl von Waren umfassen, wie Schmieröle, Werbematerial, Reinigungsmaterial und Schutzbekleidung. Häufig werden auch Brenn- und Treibstoffe, sowie elektrischer Strom, der für den Betrieb der Maschinen notwendig ist, zu den Betriebsstoffen gezählt. Des Weiteren lassen sich die Erzeugnisse eines Unternehmens, die aus Roh- und Hilfsstoffen und sonstigen Vorprodukten erzeugt werden, nach Wertschöpfungsfortschritt in Halbzeuge und Halbfabrikate, in Einbau- und Einzelteile sowie Handelswaren unterteilen. Handelswaren sind Güter, welche ohne Bearbeitung weiter vertrieben werden (vgl. Statistisches Bundesamt 2009). Zwei weitere wichtige Materialgruppen sind Abfallstoffe und Abwasser, die aus der Produktion hervorgehen. Dabei kann das Recycling dieser Stoffe von hohem Wert für Unternehmen sein. Besonders das Recycling und die Wiederverwendung von Edelmetallen, wie Gold oder Platin, aber auch von Massemetallen wie Kupfer, Blei oder Aluminium kann für Unternehmen enorme Einsparmöglichkeiten bieten. Die Entsorgung weniger werthaltiger Materialien bedeutet häufig hohe Abfallkosten, die zudem in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen sind, wodurch die Bedeutung des Umgangs mit Abfallstoffen weiter zunimmt (vgl. Wilts et al. 2014). Speziell seit der Jahrtausendwende ist eine zunehmende Rohstoffnachfrage und deutlich größere Schwankungen in den Rohstoffpreisen zu beobachten (vgl. Dobbs et al. 2011). In Zukunft ist mit einer weiteren Zunahme der Rohstoffnachfrage zu rechnen. Die stärkere Vernetzung der Rohstoffe untereinander kann dazu führen, dass die Preisentwicklung eines Rohstoffs, bedingt durch beispielsweise Knappheit oder Überproduktion, direkten Einfluss auf die Preisentwicklung eines anderen hat (vgl. Wilts et al. 2014). Deswegen lässt sich eine optimierte Wertschöpfung des Unternehmens insbesondere durch die Reduktion und effizientere Nutzung von Material und der

resultierenden Verringerung der Abfallstoffe, erzielen (vgl. Umweltbundesamt 2013). Da die Personalkosten für Unternehmen des produzierenden Sektors die zweitgrößte Kostenart darstellen kommt der Ressource Personal große Bedeutung zu (vgl. Horsch 2015). Besonders der demographische Wandel stellt Unternehmen vor Herausforderungen im Bereich Personal. Die Bevölkerung wird immer älter, die Lebenserwartung steigt und die Geburtenrate nimmt ab. Das hat zur Folge, dass auch das Durchschnittsalter der Mitarbeiter in vielen Unternehmen, gerade in denen des produzierenden Sektors, ansteigt (vgl. Dachrodt 2014). Dem kann der aktuelle Flüchtlingszustroms in Europa entgegenwirken. Doch viele junge Menschen, die neu auf den Arbeitsmarkt kommen, werden durch bürokratische, sprachliche und qualifikationsbedingte Hindernisse aufgehalten. Für eine Integration und um davon zu profitieren erfordert es seitens der Industrie klarer Anforderungen und seitens der Politik eine effiziente Vorbereitung mit Schwerpunkt Verständigung, Sprache und Ausbildung. Diese Entwicklung ist komplex und die Folgen noch nicht abschätzbar (vgl. Thränhardt 2015). Die Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen benötigt ein effektives Personalmanagement, um den Herausforderungen der Personalbeschaffung, Personalentwicklung und des Personalerhalts zu begegnen (vgl. Thränhardt 2015). Eine geeignete, zeitgemäße Personalstruktur, um auch in Zukunft erfolgreich wirtschaften zu können, ist von hoher Bedeutung. Die Knappheit geeigneter Humanressourcen, die über die notwendige Qualifikation verfügen und eine adäquate Arbeitseinstellung pflegen, verlangt von Unternehmen vermehrt auf die Bedürfnisse von Mitarbeitern einzugehen (vgl. Müller-Christ und Hülsmann 2003). Das Wohlbefinden und die Zufriedenheit der Mitarbeiter ist eine der zentralen Aufgaben des Personalmanagements (vgl. Wildemann

2001). Dazu zählen unter anderem die Work-Life Balance, die Gesundheit der Mitarbeiter, die Flexibilität in der Arbeits- und Arbeitszeitgestaltung und der Umgang mit Kompetenzen (vgl. Kossek et al. 2014). So erwarten Angestellte von ihrem Unternehmen einen angemessenen und respektvollen Umgang, sowohl unter den Kollegen, als auch mit ihren Privatleben, Freiheiten und ihrer Autonomie (vgl. Kossek et al. 2014). Zur Erfüllung der Anforderungen der Arbeitnehmer, muss das Arbeitsumfeld, in dem die Leistung erbracht werden soll, in die Betrachtung mit einbezogen werden. Diese Umwelt soll Kreativität und Innovationen fördern, die Gesundheit des Personals gewährleisten und einen Wissenstransfer ermöglichen (vgl. Cooperrider und Fry 2012).

2.2 Ressourceneffizienz

Effizienz ist ein allgemeiner und vielseitig verwendeter Begriff. Sie ist der Wirkungsgrad der eingesetzten Energie, beispielsweise Zeit, Arbeitsaufwand oder Geld, ins Verhältnis zum erzielten Ergebnis unter Berücksichtigung des vorgegebenen Ziels gesetzt (vgl. Zimmermann 2012). Diese Definition ist sowohl im wirtschaftlichen als auch im physikalischen Sinne anwendbar. Der Duden liefert anstelle einer direkten Definition eine Beschreibung in Form von Synonymen „Effizienz (aus dem Lateinischen *efficere* ‚zustande bringen‘) Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit. Vgl. ‚efficiency‘ 1. Wirtschaftlichkeit, bestmöglicher Wirkungsgrad (wirtschaftliches Schlagwort, besonders in den USA und England)“ (Baer 2001, S. 253).

Die beiden Interpretationen liefern mit Wirkungsgrad, Wirksamkeit, Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit diverse ähnliche Begriffe, die vor allem in physikalischen und wirtschaftlichen Bereichen verwendet werden. Im physikalischen Sinne ist Effizienz die Relation

zwischen dem Output und dem Input eines Gerätes und somit das Verhältnis von Nutzen und Aufwand. Die Energieeffizienz drückt demnach aus, dass der Aufwand der eingesetzten Energie ins Verhältnis zu dem resultierenden Nutzen gesetzt wird. Im Gegensatz dazu umfasst die ökonomische Betrachtungsweise neben der Menge der eingesetzten Energie auch eine Bewertungsgröße, wie die Kosten, die der Energie zugeordnet werden. Demnach steht aus ökonomischer Sicht die Optimierung der Kosten anstelle der Energieverbräuche im Vordergrund (vgl. Diekmann et al. 1999).

„There is surely nothing quite so useless as doing with great efficiency what should not be done at all.“ (Drucker 1963, S. 54). Die Konzepte der Effizienz und Effektivität hängen zwar zusammen, sollten aber strikt voneinander getrennt betrachtet werden. Drucker definiert Effektivität als „doing the right things“ und Effizienz als „doing things right“ (Drucker 1963, S. 54). Effizienz und Effektivität werden zum einen immer wieder mit Produktivität gleichgesetzt, zum anderen aber auch immer wieder miteinander verwechselt werden (vgl. Tangen 2004). Klingebiel versteht unter Effizienz das Input-Output-Verhältnis beziehungsweise das Input-Ziel-Verhältnis und gehört damit zu jenen, die Effizienz mit Produktivität verwechseln (vgl. Klingebiel 2000). Ähnliches gilt für Matson und Prusak (2010), die erklären, dass Führungskräfte oft nicht genug tun, um die Produktivität ihrer Wissensarbeiter zu steigern. Dies liege daran, dass es Unternehmen noch nicht gelungen ist, zu ermitteln wie die Effektivität von Wissensarbeit gesteigert werden kann (vgl. Matson und Prusak 2010). Eine Übersicht über verschiedene Definitionen der Effektivität wie in Abbildung 2-2 dargestellt, zeigt, dass es nicht an verfügbaren Optionen, wohl aber an der Fähigkeit, im Geiste Druckers Komplexes einfach darzustellen (vgl. Tangen 2004).

Effizienz	Effektivität	Quelle
Efficiency is an input and transformation process question, defined as the ratio between resources expected to be consumed and consumed	Effectiveness, which involves doing the right things, at the right time, with the right quality, can be defined as the ratio between actual output and expected output	Sink und Tuttle 1989
Efficiency is used for passive or operational activity, which is usually defined technically so that the system and its behaviour are foreseeable in advance	Effectiveness is basically used in active or innovative activity performed by a risk taker and based on a rather broad perspective	Kurosawa 1991
Efficiency is the ratio of actual output attained to standard output expected, and reflects how well the resources are utilised to accomplish the result	Effectiveness is the degree of accomplishment of objectives, and shows how well a set of results is accomplished	Sumanth 1994
Efficiency is a measure of how economically the firm's resources are utilised when providing the given level of customer satisfaction	Effectiveness refers to the extent to which the customer requirements are met	Neely et al. 1995
Efficiency means how much cost is expended compared with the minimum cost level that is theoretically required to run the desired operations in each system	Effectiveness in manufacturing can be viewed as to what extent the cost is used to create revenues	Jackson 2000
Efficiency = ideal system dependent time/total time	Effectiveness = value added time/ideal system dependent time	Jackson 2000

Abbildung 2-2: Gegenüberstellung von Effizienz und Effektivität

Folglich ist Effektivität die Fähigkeit ein abgestrebtes, definiertes Ziel zu erreichen. Es gibt in der Regel keine Grenzen der Effektivität einer Organisation (vgl. Tangen 2004). Effektivität misst also den Grad der Zielerreichung, sie entspricht dem Verhältnis von erreichtem zu angestrebtem Ziel. Effizienz wiederum kann definiert werden als das Verhältnis von minimalen, theoretischen Ressourcenlevel, das zur Zielerreichung einer erwünschten Ergebnissen benötigt wird zum tatsächlich benötigten Ressourcenumfang (vgl. Tangen 2004). Effizienz beinhaltet also eine normative Komponente, einen Maßstab, der den ökonomischen Prinzipien entspricht. Effizienzbewertungen benötigen hierfür eine Referenz des minimalen In- oder maximalen Outputpotenzials einer Aktivität (vgl. Dellnitz 2015). Effizienz und Produktivität sind demnach eng verwandt, allerdings sind effiziente Produktion und höchste Produktivität nicht miteinander gleichzusetzen. Die reine Produktivitätskennziffer lässt keine Rückschlüsse darauf zu, ob es nicht eine bessere Kombination der aktuell verwendeten Inputs gibt. Produktivität und Effizienz sind dementsprechend keine Synonyme (vgl. Lasshof 2006). Profitabilität beschreibt das übergeordnete Geschäftsziel eines jeden Unternehmens und kann verstanden werden als das Verhältnis von Umsatz zu Kosten (vgl. Tangen 2004). Eine zu starke Konzentration auf dieses Konzept jedoch bedeutet auch einen starken Shareholder-Fokus und führt oftmals zu einer Vernachlässigung der Kundenperspektive (vgl. Tangen 2004). Dem gegenüber steht die Möglichkeit das Verhältnis von Output zu Input, also die Produktivität, mit Output- beziehungsweise Inputpreisen, zu bewerten. Dies ergibt die nominalen Leistungen und Kosten beziehungsweise die Profitabilität, wie sie auch in der Erfolgsrechnung Anwendung findet (vgl. Dellmann und Pedell 1994). Dieser Zusammenhang ist der Grund dafür, dass viele Unternehmen die Tendenz haben, Produktivität und Profitabilität zu verknüpfen.

Das könnte einer der Gründe dafür sein, dass sie eine isolierte Betrachtung der Produktivität oftmals vernachlässigen (vgl. Tangen 2004). Eine Verbesserung der Produktivität kann zwar eine Verbesserung der Profitabilität zur Folge haben, gilt aber nicht zwingend umgekehrt (vgl. Dellmann und Pedell 1994). Eine Verbesserung oder Verschlechterung der Profitabilität ist sich nicht auf eine Veränderung der Produktivität zurückzuführen. So kann zum Beispiel auch die Veränderung von Einkaufspreisen oder eine Änderung von Wechselkursen eine Veränderung der Profitabilität bewirken (vgl. Tangen 2004). Oder, anders ausgedrückt, würden sich die Preise für Input und Output im Zeitverlauf nicht verändern, so bliebe nach dieser Definition die Profitabilität ein Ausdruck für die Produktivität. Durch die in der Realität aber auftretenden Preisveränderungen legt sich ein Geldschleier über die Prozesse, weshalb Produktivität besser zu Unternehmensbeurteilung geeignet ist als Profitabilität (vgl. Dellmann und Pedell 1994; Tangen 2004). Eng verwandt mit dem Konzept der Profitabilität ist das Konzept der Wirtschaftlichkeit. Während die Profitabilität eben das Verhältnis von Erfolg zu dafür nötigem Einsatz darstellt, bezeichnet Wirtschaftlichkeit ein mehrdimensionales Beurteilungskriterium für Wertschöpfung. Darunter wird das Verhältnis von Ertrag zu Aufwand verstanden. Die Wirtschaftlichkeit ist dimensionslos, wobei in Zähler und Nenner jeweils monetäre Bewertungen von Outputs und Inputs stehen (vgl. Dellmann und Pedell 1994).

Der Begriff der Produktivität kommt ursprünglich aus dem Bereich der Landwirtschaft. Er wurde im 19. Jahrhundert von der Volkswirtschaft übernommen und bezeichnete die Ergiebigkeit der damals üblichen Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital. Die Produktivität war demnach eine Maßzahl für die Erzeugung landwirtschaftlicher Erträge (vgl. Dellmann und Pedell 1994). Es hat gedauert, bis

die Betriebswirtschaftslehre den Produktivitätsbegriff für sich nutzbar machen konnte und ein systematisches, einheitliches Produktivitätsdenken entstanden ist (vgl. Lasshof 2006). Trotzdem die Produktivität in der Forschung ein viel behandeltes Thema darstellt, gibt es eine große Varianz an Definitionen, die je nach Zielbestimmung unterschiedliche Schwerpunkte setzen, wie in Abbildung 2-3 dargestellt. Folglich ist Produktivität ein multidimensionaler Begriff, dessen Bedeutung unter anderem von dem Kontext, in dem er verwendet wird, abhängt (vgl. Tangen 2004). Verbale Definitionen der Produktivität zielen auf eine Erklärung des dahinterstehenden Konzepts ab, die das Verständnis erhöhen. Mittels mathematischer Definitionen wiederum versucht man, Produktivität zu verbessern, nicht sie zu erklären. Da die Übersetzung einer verbalen Definition in eine mathematische ausgesprochen schwierig ist, gehen dabei oft Elemente verloren. Außerdem werden bei der Formulierung mathematischer Definitionen oft Kompromisse eingegangen, wodurch diese meist nur einen kleinen Ausschnitt der Realität wiederzugeben vermögen (vgl. Tangen 2004). Zentrales Kriterium ist neben der Wertschöpfung auch die Berücksichtigung des angepassten Verhältnisses von Output zu Input. „Produktivität bezeichnet heute allgemein einen Ausdruck für die mengenmäßige Ergiebigkeit eines Transformationsprozesses und definiert sich als das Verhältnis zwischen den in einer Periode von einem Unternehmen hervorgebrachten Produkten und Dienstleistungen zu den dafür eingesetzten Produktionsfaktormengen, kurz als Output zu Input“ (vgl. Lasshof 2006, S. 27). Diese Definition ist heute allgemein anerkannt, wobei sie um eine Definition von In- und Outputs zu ergänzen ist. „Eingesetzte [Güter] bezeichnet man als Inputgüter oder kurz Inputs, ausgebrachte auch als Outputgüter beziehungsweise Outputs; beide können materieller oder immaterieller Natur sein“ (Dellnitz 2015, S. 3).

Definitionen von Produktivität	Quelle
Productivity = faculty to produce	Littré 1883 (nach Tangen 2004)
Productivity = value added/input of production factors	Aspén et al. 1991 (nach Tangen 2004)
Productivity = units of output / units of input	Chew 1988
Productivity = actual output/expected resources used	Sink und Tuttle 1989
Productivity = total income / (cost + goal profit)	Fisher 1990
Productivity is a comparison of the physical inputs to a factory with the physical outputs from the factory	Kaplan und Cooper 1998
Productivity = (output/input) * quality = efficiency * utilisation * quality	Al-Darrab 2000

Abbildung 2-3: Definitionen von Produktivität

Die Produktivität ist also eine relative Maßzahl, keine absolute (vgl. Bernolak 1997). Bei dieser Definition der Produktivität handelt es sich ausdrücklich um eine mengenmäßige und keine wertmäßige Definition. Es handelt sich also um Dimensionen wie Stück pro Stunde oder Kunden pro Mitarbeiter. Die Bewertung der mengenmäßigen Produktivität ist problematisch, da die Faktor- und Leistungspreise von verschiedenen Einflüssen wie Konjunktur, Inflation, Wechselraten und dergleichen abhängen. Änderungen einer wertmäßigen Produktivität könnten also nicht nur durch das Unternehmen initiiert werden, sondern auch von außerhalb des Unternehmens beeinflusst worden sein. Das ließe sich wiederum vermeiden durch die Bewertung der Faktoren und Leistungen nicht zu aktuellen Preisen, sondern

zu Preisen eines spezifischen Zeitpunkts (vgl. Dellmann und Pedell 1994). Durchgesetzt hat sich allerdings die rein mengenmäßige Betrachtung der Produktivität. Die Motivation hinter der Messung von Produktivität ist meist das Ziel der Steigerung derselben. Es gibt fünf verschiedene Wege, wie die Produktivität steigen kann (vgl. Misterek et al. 1992).

1. Die Outputmenge steigt schneller an als die Inputmenge, wobei die Steigerung der Inputmenge proportional geringer ist als die der Outputmenge.
2. Mehr Output bei gleichbleibendem Input.
3. Mehr Output bei weniger Input.
4. Gleicher Output bei weniger Input.
5. Weniger Output, aber noch weniger Input, wobei die Inputmenge verhältnismäßig stärker sinken muss als die Outputmenge (vgl. Misterek et al. 1992).

Trotz der Einfachheit des Konzepts gibt es eine Reihe anhaltender Diskussionen über verschiedene Aspekte der Produktivität. So wird unter anderem darüber diskutiert, ob die Qualität eine Dimension der Produktivität sein könnte. Für Al-Darrab (2000) ist Qualität ein Teil der Produktivität, weswegen er sie auch in seine Definition der Produktivität integriert (vgl. Al-Darrab 2000). Qualität und Produktivität gehen zwar oftmals miteinander einher, sind aber zwei unterschiedliche und voneinander zu trennende Konzepte (vgl. Tangen 2004). Darüber hinaus wird von einigen Autoren angeführt, die Produktivität eines Teams entspreche nicht einfach der Summe der Produktivität der Individuen (vgl. Bosch-Sijtsema et al. 2009).

2.3 Nachhaltige Ressourceneffizienz

Der Entstehung der Idee und des Begriffs der Nachhaltigkeit gingen verschiedene Entwicklungen voraus, die bis heute anhalten. In Abbildung 2-4 sind einige der wichtigsten Meilensteine, welche die Entwicklung von Nachhaltigkeit aufzeigen, aufgeführt. Die zeitliche Achse ist in drei Schwerpunkte eingeteilt, an Hand derer sich die Entwicklung des Begriffs herleiten lässt. Seit Elkington (1994) wird von den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit gesprochen (vgl. Elkington 1999). Seitdem wird die Nachhaltigkeit zunehmend ökonomisch betrachtet.

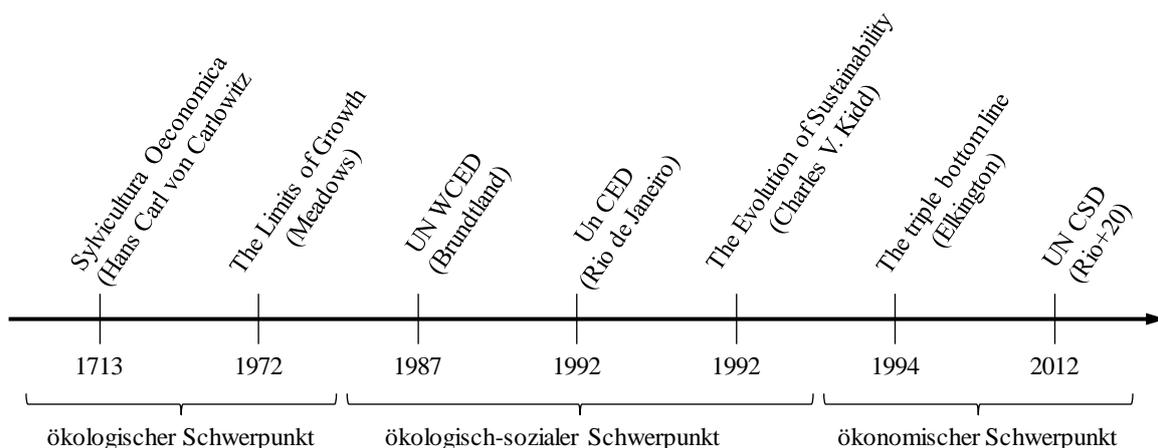


Abbildung 2-4: Entwicklung des Nachhaltigkeitsverständnisses

Aus den makro-ökonomischen Ansätzen und wissenschaftlichen Definitionen von Nachhaltigkeit lässt sich für Unternehmen nur schwer eine erfolgreiche und pragmatische Anleitung zur Identifizierung zukünftiger Nachhaltigkeitspotenziale entwickeln (vgl. Hart 1995). Die Potenziale nachhaltigen Wirtschaftens liegen unter anderem in der Reduzierung von langfristigen unternehmerischen Risiken. Diese Ri-

siken können durch unterschiedliche Maßnahmen beeinflusst werden, wie durch den bedachten Abbau von Ressourcen oder durch ein effizientes Umwelt- und Abfallmanagement (vgl. Shrivastava 1995). Speziell bei nicht erneuerbaren Ressourcen sollte auf eine verbrauchsarme und erhaltungsgerechte Nutzung geachtet werden (vgl. Shrivastava 1995). Fast jedes fünfte Unternehmen im produzierenden Gewerbe orientiert sich an den Prinzipien nachhaltiger Entwicklung, weswegen besonders praxisbezogene Konzepte von entscheidender Bedeutung sind (vgl. Linne und Schwarz 2003). Ein Konzept, welches viele Unternehmen, unter anderem Nike, Coca-Cola, BMW und Siemens, bereits umsetzen, um eine nachhaltige Strategie anzuwenden, ist die Corporate Social Responsibility (CSR). Diese ist aus verschiedenen Entwicklungen, unter anderem des in der akademischen Literatur verbreiteten Stakeholder Approachs, aber auch unterschiedlichen Einflüssen aus der Praxis, entstanden (vgl. Kakabadse und Morsing 2006). Stakeholder sind Anspruchsgruppen, welche in jeglicher Form Einfluss auf ein Unternehmen nehmen können oder auf die durch ein Unternehmen Einfluss genommen wird (vgl. Carroll und Buchholtz 2012). Unter CSR wird hauptsächlich die Verantwortung von Unternehmen gegenüber ihren Stakeholdern auf freiwilliger Basis verstanden. Dabei sollen gesellschaftliche Belange, wie die Einhaltung von Menschenrechten und die Einhaltung ethischen und ökologischen Umweltschutzes, in die gewöhnliche Geschäftstätigkeit eingebunden werden (vgl. Carroll und Buchholtz 2012). Eine Anwendung von CSR soll gemäß Europäischer Kommission Vorteile für Unternehmen in Bezug auf das Risikomanagement, Identifizierung von Kosteneinsparpotenzialen, Innovationsmöglichkeiten, Wettbewerb, Zugang zu Kapital und auf den Umgang mit Personal bringen. Häufig wird von Unternehmen das Ergebnis ihrer Bemühungen in einem Nachhaltigkeitsbericht oder im sogenannten Corporate

Social Responsibility Report festgehalten. Es existieren Ansätze für eine CSR – Berichterstattung bereits in zwei Drittel der großen deutscher Unternehmen (vgl. Hauser-Ditz und Wilke 2004). Allerdings existieren hierbei keine Vorschriften zum Inhalt und nur mäßig abgestimmte Richtlinien zum Format dieser CSR Reports, was eine Vergleichbarkeit erschwert (vgl. Ebinger und Schwarz 2003). Allerdings stellt etwa die Hälfte der befragten Betriebsräte die positive Bedeutung der CSR für die Wettbewerbsfähigkeit und Imagepflege des Unternehmens heraus (vgl. Hauser-Ditz und Wilke 2004). Viele Unternehmen befassen sich mit der Nachhaltigkeitsberichterstattung, jedoch meist ohne Anlehnung an Richtlinien, stattdessen wird diese online oder im Geschäftsbericht publiziert (vgl. Amerland 2014).

Im Konzept der Triple Bottom Line (TBL) werden die Anforderungen verschiedener Unternehmensstakeholder zu ökonomischen, ökologischen und sozialen Bedingungen zusammengefasst (vgl. Slapper und Hall 2011). Die Schnittmengen sind als offene Ursache-Wirkungsrelationen zu interpretieren, wobei Einflüsse innerhalb der Dimensionen, aber auch zwischen den Überlappungen, existieren (vgl. Lang 2005). Die jeweilige Leistung ist dabei nicht hierarchisch, sondern gleichrangig zu betrachten. Dies soll den klassischen Zielkonflikt zwischen wirtschaftlicher Maximierung zur Lasten ökologischer oder sozialer Komponenten einschränken. Persönliche Gewinnmaximierung und das Wohl der Allgemeinheit muss sich nicht widersprechen (vgl. Smith 1776). Die Ursprünge der TBL stammen aus dem Finanzwesen und dem Accounting, da hier häufig als dritte Dimension die finanzielle Performance gemessen wurde (vgl. Slapper und Hall 2011). Dies wird in aktuellen Publikationen oft unter dem weit gefassten Begriff der Ökonomischen Performance erfasst. In Unternehmen wird die ökonomische Leistung heutzutage hauptsächlich

über Finanzkennzahlen bewertet. Dennoch stellen Elkingtons Dimensionen auch den Zusammenhang aus vorhergehenden wissenschaftlichen Ideen, die auf lange Sicht die Aufrechterhaltung des Ökosystems durch Änderung des Umgangs mit der Natur fordern, mit der ökonomischen Performance von Industrien dar. Auch die soziale Performance wird von der TBL erfasst. Häufig liegt der Schwerpunkt dieser Perspektive jedoch auf dem Humankapital und dem Menschen und seiner Bedürfnisse, ein Bezug zur Industrie wird jedoch kaum hergestellt (vgl. Brown et al. 1967). Die drei Dimensionen der TBL nach Elkington erfordern eine ganzheitliche und ausgeglichene Betrachtung (vgl. Carter und Rogers 2008). Es reicht nicht aus, sich auf die Umsetzung einer Dimension zu konzentrieren denn sobald eine Dimension vernachlässigt wird, kann nicht von einem nachhaltigen Zustand gesprochen werden (vgl. United Nations 2002). Dass umfassende Anforderungen aus verschiedenen Bereichen Auswirkungen haben, zeigt, dass Unternehmen zu einem ganzheitlichen nachhaltigen Wirtschaften gedrängt werden (vgl. Zimmer 2001).

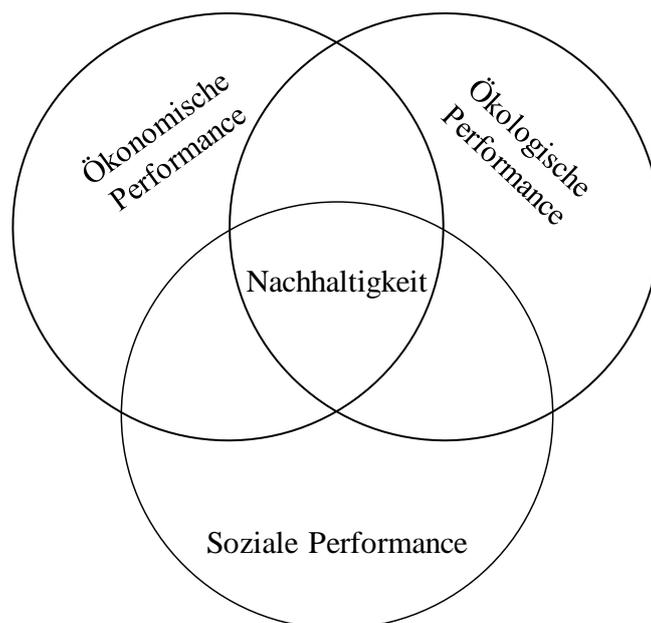


Abbildung 2-5: Drei Dimensionen der Triple Bottom Line

Diese Änderungen und Anforderungen, können beispielsweise rechtlicher, politischer oder gesellschaftlicher Natur sein (vgl. Rogall 2004). Die Akzeptanz der TBL ist seit 1999 ständig gewachsen. Zum aktuellen Zeitpunkt stellen die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit ein in Wirtschaft und Politik breit akzeptiertes Modell dar. Die große Herausforderung liegt vor allem in deren Messbarkeit und Definition (vgl. Slapper und Hall 2011). Es besteht aber eben auch in dieser recht offenen Auslegung die große Stärke dieses Konzeptes, denn so ist es verschiedenen Unternehmen und Projekten und über geographische Grenzen hinweg möglich, die TBL individuell anzuwenden (vgl. Slapper und Hall 2011). Die beschriebenen Konzepte weichen in wenigen Punkten voneinander ab, doch die Kernaussagen korrelieren stark. Den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit wird besondere Beachtung gewidmet, weswegen auch diese Studie ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit betrachtet. Diese werden für die spätere Bewertung als zentrale Instrumente eingesetzt. Daher ist eine präzise Definition, welche Auswirkungen jede der drei Dimensionen auf ein Unternehmen haben kann, von großer Bedeutung. Nachfolgend werden daher die drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales aufgeschlüsselt und Definitionsansätze dargelegt. Diese Definitionen beleuchten das Thema Nachhaltigkeit aus unternehmerischer Perspektive. Dies ermöglicht eine zunehmend präzisere Analyse der für Unternehmen relevanten Bewertung der Ressourcen Energie, Material und Personal. Der in Abbildung 2-6 dargestellte Nachhaltige Unternehmenswert zeigt anschaulich auf, welche Faktoren eine Auswirkung auf den Wert eines Unternehmens haben (vgl. Mussnig et al. 2003). Neben den Investoren (Shareholdern) werden noch weitere Stakeholder Gruppen in die Berechnung des nachhaltigen Unternehmenswertes mit einbezogen. Die weiteren Stakeholder Gruppen sind Kunden, Mitarbeiter, Partner und die Gesellschaft.

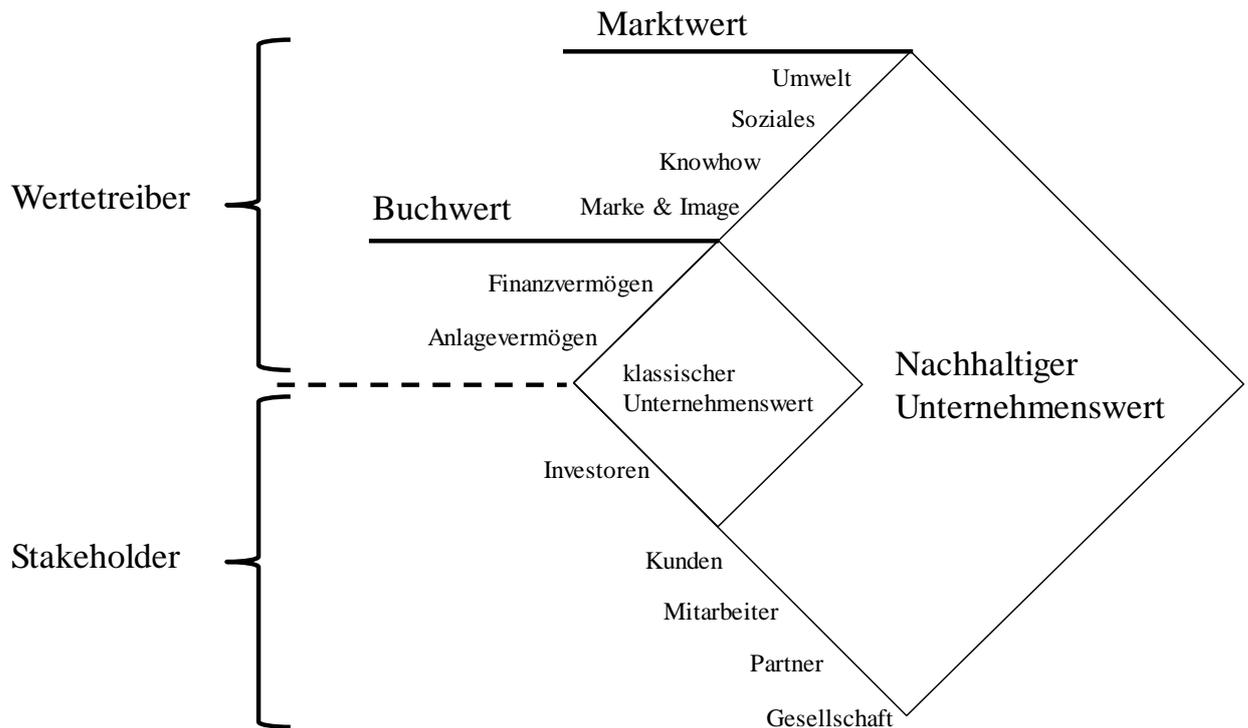


Abbildung 2-6: Nachhaltiger Unternehmenswert

Aus dieser Betrachtung ergeben sich dann, neben den klassischen Werttreibern wie das Anlagevermögen und das Finanzvermögen, weitere Werttreiber. Wie in Abbildung 2-6 zu sehen, fallen darunter Marke und Image, Knowhow, Soziales und die Umwelt. Besonders die zuletzt genannten Werttreiber bestimmen den Marktwert des Unternehmens, sind jedoch, aufgrund ihres immateriellen Charakters, häufig schwer bewertbar (vgl. Ebinger und Schwarz 2003).

Durch die Realisierung der drei Dimensionen, mit Schwerpunkt auf die Werttreiber und Stakeholder, ergeben sich für Unternehmen neue Chancen, wie die Reduzierung der Kosten in der Produktion, eine Steigerung der Mitarbeitermotivation und neue Möglichkeiten im Bereich Marketing und Imagebildung (vgl. Schaltegger et al. 2003). In der Literatur finden sich nur wenige klar ausgestaltete De-

finitionen, wie die ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit aus Unternehmensperspektive definiert werden kann. Doch durch die Gegenüberstellung verschiedener Ansätze lässt sich für jede Dimension eine Definition herleiten.

Globale Interdependenzen in der Produktion und Rohstoffbeschaffung führen zu steigendem Wettbewerbs- und Kostendruck und verlangen von Unternehmen eine immer stärkere wirtschaftliche Orientierung ihrer Unternehmensstrategie (vgl. Günther und Schuh 2003). Möglichst gute ökonomische Ergebnisse zu erzielen, fällt unter den Begriff der ökonomischen Effektivität. Diese hat im Rahmen nachhaltiger Entwicklung für Unternehmen eine besondere Bedeutung (vgl. Schaltegger et al. 2003). Häufig wird darunter eine rein finanzielle Verantwortung gegenüber den Shareholdern, also den Anteilseignern, verstanden (vgl. Slapper und Hall 2011). In diesem Zusammenhang gibt der Shareholder Value Ansatz den finanziellen Wert des Eigenkapitals eines Unternehmens an und bietet somit eine Möglichkeit Unternehmen zu bewerten (vgl. Busse von Colbe 1997). Mit der Shareholder Value Methode lässt sich nicht nur der Wert eines Unternehmens bestimmen. „Da sich ganz allgemein im ökonomischen Sinne der Wert eines Gutes aus den erwarteten künftigen finanziellen Erfolgen seiner Verwendung ableitet, kann man den Shareholder Value als den Ertragswert des Eigenkapitals bezeichnen“ (vgl. Busse von Colbe 1997). Somit lässt sich eine verallgemeinerte Form des Shareholder Value Ansatzes auch auf die Bewertung von Produkten, Ressourcen, Technologien, Wissen und Arbeitskraft übertragen. Es ist nicht nur die ökonomische Bewertung der vorhandenen Ressourcen und deren Nutzung von Relevanz, sondern auch das mögliche Einsparpotenzial, welches eine Ressource bietet. Deutlich schwieriger ist die Bestimmung des ökonomischen Werts eines immateriellen Guts. Werte wie der Umgang und das Management von

Wissen und Knowhow oder die soziale Ausrichtung und das Image eines Unternehmens lassen sich als immateriell charakterisieren. Diese immateriellen Anlagewerte können ebenfalls sehr wertvoll für Unternehmen sein und ihre Nutzung zu höheren finanziellen Einnahmen führen (vgl. Hillman und Keim 2001). Daraus ergibt sich für Unternehmen ein maßgeblicher Wettbewerbsvorteil.

Durch fortschreitende Globalisierung sind Unternehmen in der Lage umfangreiches ökonomisches Potenzial zu heben. Gerade in den letzten 200 Jahren ist der Wohlstand in den Industrienationen bedeutend angewachsen. Damit einhergehend haben aber auch die Eingriffe in die Natur stark zugenommen (vgl. Shrivastava 1995). Die Folgen aus diesen Eingriffen werden unter anderem in der globalen Erderwärmung, Abholzung der Regenwälder, Ausbeutung der natürlichen Ressourcen und im Rückgang der Artenvielfalt deutlich. Unter ökologischer Nachhaltigkeit kann der Eingriff in das betrachtete Ökosystem verstanden werden, in dem die Industrie und die Gesellschaft eingebettet sind (vgl. Thommen 2003). Mit stetigem Wachstum ist auch eine stetig wachsende Belastung der Umwelt, durch ein höheres Produktionsaufkommen, verbunden. Folglich entsteht ein höherer Bedarf an natürlichen Ressourcen und Energie, der wiederum zu erhöhter Produktion beziehungsweise Emission von Abfallstoffen führt (vgl. Shrivastava 1995). Gerade die kostengünstige Versorgung mit Rohstoffen stellt Unternehmen vor Herausforderungen, da knapper werdende natürliche Ressourcen eine quantitative und qualitative Bewertung erfordern (vgl. Günther und Schuh 2003). Es stellt sich die Frage, in wie weit das Ökosystem und die natürliche Umwelt diese Eingriffe mittel- bis langfristig tragen können. Für möglichst geringe Auswirkungen auf das Ökosystem, ist es entscheidend, Strategien einzuführen, welche die Sicherstellung des natürlichen Ressourcenreichtums und die Bewahrung der Biodiversität ermöglichen. Hierfür

ist nicht nur ein effektives Ressourcenmanagement nötig, sondern auch ein umfassendes Umweltmanagement (vgl. Shrivastava 1995). Als Konsequenz daraus muss die Betrachtung das gesamte Wirtschaftssystem umfassen, um die ökologische Performance zu optimieren (vgl. Shrivastava 1995). Als Beispiel für ein umfassendes Umweltmanagement System wird in der Literatur das Konzept des Total Quality Environmental Management (TQEM) angeführt, welches von der Global Environmental Management Initiative (GEMI) entwickelt wurde (vgl. Imai 1986). Das TQEM ist ein System zur Verbesserung der Umwelt Performance eines Unternehmens. Dabei wird zwischen zwei Methoden unterschieden, der End-of-Process Measure und der In-Process Measure. Erstere zeichnet sich durch die Messung und Bewertung des Outputs aus während zweite Aktivitäten und Inputparameter bewertet (vgl. Miles und Russell 1997). Die ganzheitliche Betrachtung von Unternehmen und deren Auswirkungen auf ihre Umwelt ermöglicht die Bewertung der ökologischen Performance, wobei die ökologischen Kosten des gesamten Produktlebenszyklus identifiziert werden sollten, beginnend mit Inputparametern, über den Produktionsprozess bis hin zu den Fertigerzeugnissen. Beispielsweise soll die Entsorgung von Produkten durch den Endverbraucher ebenfalls in die ökologische Performance eines Unternehmens eingerechnet werden. Unternehmen können durch die Verbesserung ihrer ökologischen Leistung und die Umsetzung verschiedener Richtlinien einen Zugewinn des öffentlichen Ansehens erreichen und die Berücksichtigung Interessen von unterschiedlichen Stakeholdern erreichen. Nachhaltigkeitszertifikate eignen sich gut für Marketingzwecke und der Verbesserung des Unternehmensimages (vgl. Roloff 2002). Außerdem ermöglicht das Einhalten bestimmter ökologisch nachhaltiger Richtlinien den Zugang zu weiteren Finanzie-

rungsmöglichkeiten, wie das Beispiel des B-Corp-Zertifikats, ein Gütesiegel, welches nachhaltige Unternehmen auszeichnet, zeigt (vgl. Rebmann 2015).

Aus sozialer Sichtweise gibt es einige Herausforderungen, denen sich Unternehmen stellen müssen. National und international zunehmende soziale Spannungen erfordern ein verstärkt sozialverantwortliches Handeln von Unternehmen. Das aktuelle Beispiel des europäischen Flüchtlingszuwachses verdeutlicht die entstehenden Spannungen, sowohl national, als auch international. Die Abwanderung von meist jungen Menschen aus Entwicklungsländern und Kriegsgebieten und folglich die Zuwanderung zu Industrienationen, erfordert ein sozialverantwortliches Handeln von Unternehmen. Eine Nachhaltigkeitsstrategie, die solch ein Handeln ermöglichen soll, ist eine Herausforderung für das Management. Diese bestehen darin, sowohl die Existenz und den Erfolg des Unternehmens zu gewährleisten, als auch die Vielfalt gesellschaftlicher, kultureller und individueller Ansprüchen zu berücksichtigen (vgl. Schaltegger et al. 2003). Soziale Nachhaltigkeit erfordert folglich sowohl eine externe als auch eine interne Betrachtung. Äußere Anforderungen an Nachhaltigkeit sind meist diffus formuliert und schwer zu greifen, doch die sogenannte Outside in – Inside out Perspektive zeigt aus der inneren Perspektive eine Unternehmensstrategie, die sich hauptsächlich der Zukunftsfähigkeit des Unternehmens verschreibt (vgl. Ebinger und Schwarz 2003). Die Outside in – Inside out Perspektive zeigt beispielhaft die äußeren Einflüsse und Anforderungen an das Leitbild Nachhaltigkeit. Diese Einflüsse können unter anderem die demographische Entwicklung der Gesellschaft, die Globalisierung internationaler Märkte oder Anforderungen politischer Natur sein und bedeuten für Unternehmen eine gesellschaftliche Verantwortung, aus der die innere Perspektive versucht Ansatzpunkte für unternehmerisches Handeln abzuleiten

(vgl. Ebinger und Schwarz 2003). Diese Ansatzpunkte bestehen hauptsächlich aus betrieblichen Management Systemen, Innovationsmanagement und dem Human Resource Management. Damit die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens gesichert werden kann, sind weitere Untergliederungen nötig. Ein funktionierendes Umweltmanagement oder die effiziente Einführung und Umsetzung von Entwicklungsperspektiven spiegeln die Zukunftsfähigkeit als zentrales Element der sozialen Nachhaltigkeit wider (vgl. Ebinger und Schwarz 2003). Hierbei gilt es zu beachten, dass Unternehmen ihre eigene kulturelle Vielfalt bewahren und gleichzeitig die Zufriedenheit der Stakeholder zu bewahren.

3 Forschungsdesign

3.1 Fallstudienanalyse

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden 28 Fallstudien aus unterschiedlichen Branchen identifiziert und analysiert (vgl. Abbildung 3.1). Die Fallstudien sind den Ressourcenkategorien Energie, Material und Personal zugeordnet. Ziel der Fallstudienanalyse ist, die Relevanz des Forschungsprojekts im Forschungskontext zu bestätigen und spezifische Problemstellungen, Einflussgrößen und Gestaltungsfelder aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Sicht zu erörtern. Ebenso wurden die identifizierten Fallstudien hinsichtlich ihrer Relevanz zur Beantwortung der Forschungsfragen bewertet und in die weiteren Ergebnisse des Forschungsprojekts integriert. Die relevanten Erfolgsfaktoren und Gestaltungsansätze aus den Fallstudien werden in das theoretische Modell übertragen. Bei der Fallstudienanalyse ist eine strukturierte Vorgehensweise von Bedeutung, um eindeutige Rückschlüsse auf Einflussgrößen und Erfolgsfaktoren zu ermöglichen sowie klare Aussagen zu möglichen Gestaltungsansätzen zu gewinnen. Zur Klassifizierung der Fallstudien bieten sich die Ressourceneffizienzdimensionen Energie, Material und Personal und die Nachhaltigkeitsdimensionen ökonomisch, ökologisch und sozial an, wie in Abbildung 3-2 zu sehen. Die Kategorisierung der Fallstudien nach diesen beiden Faktoren ermöglicht zum einen eine strukturierte Durchführung der Fallstudienanalyse. Zum anderen können Rückschlüsse auf die Wirkungen der in den Fallstudien aufgezeigten Gestaltungsansätze gezogen werden. Erfolgversprechende Methoden und Gestaltungsparameter lassen sich somit ressourcen- und wirkungsspezifisch in das theoretische Modell übertragen.

Nr.	Fallstudie	Branche
1	Kundenorientierte Produktion und Service von Lötssystemen	Elektroindustrie
2	Effizienter Personaleinsatz von Antriebs- und Steuerungskomponenten	Automobilindustrie
3	Mitarbeiterorientierter und umweltbewusster Textilveredelungsbetrieb	Chemieindustrie
4	Kundenorientierter Vertrieb	Elektronikindustrie
5	Spezialisierter Keramikhersteller	Chemieindustrie
6	Innovativer Marktführer der Versorgungstechnik	Bauindustrie
7	Optimierte Energieversorgung	Elektronikindustrie
8	Effizienzpotenzial in der Intralogistik	Logistik
9	Effiziente Produktions- und Logistiksysteme	Metallverarbeitungsgewerbe
10	Ökologische Nachhaltigkeitsstrategie	Automobilindustrie
11	Optimierte Energieeffizienz	Konsumgüterindustrie
12	Integration einer Photovoltaik Anlage	Lebensmittelindustrie
13	Geothermiefeld zur Hallenkühlung	Automobilindustrie
14	Einsatz innovativer Fertigungsverfahren	Kunststoffverarbeitende Industrie
15	Effiziente Energieversorgung durch zusätzliche Dämmung	Chemieindustrie
16	Reduktion von Zerspanungsverlusten	Metallverarbeitungsgewerbe
17	Optimaler Materialeinsatz	Bauindustrie
18	Innovative Antriebstechnik	Logistik
19	Aufbau eines Energiecockpits	Bauindustrie

20	Mensch-Roboter-Kollaboration	Automobilindustrie
21	Ganzheitliches Energiemanagementsystem	Elektrotechnik
22	Optimierter Energieverbrauch	Bauindustrie
23	Einsatz neuer Technologien zur Verbesserung der Materialeffizienz	Maschinenbau
24	Optimierung der Instandhaltung	Maschinen- und Anlagenbau
25	Mitarbeiterproduktivitätssteigerung	Automobilindustrie
26	Massenreduktion durch Leichtbau	Automobilindustrie
27	Umgestaltung der Montage	Logistik
28	Produktivitätssteigerung	Luftfahrtzulieferindustrie

Abbildung 3-1: Übersicht über die Fallstudien

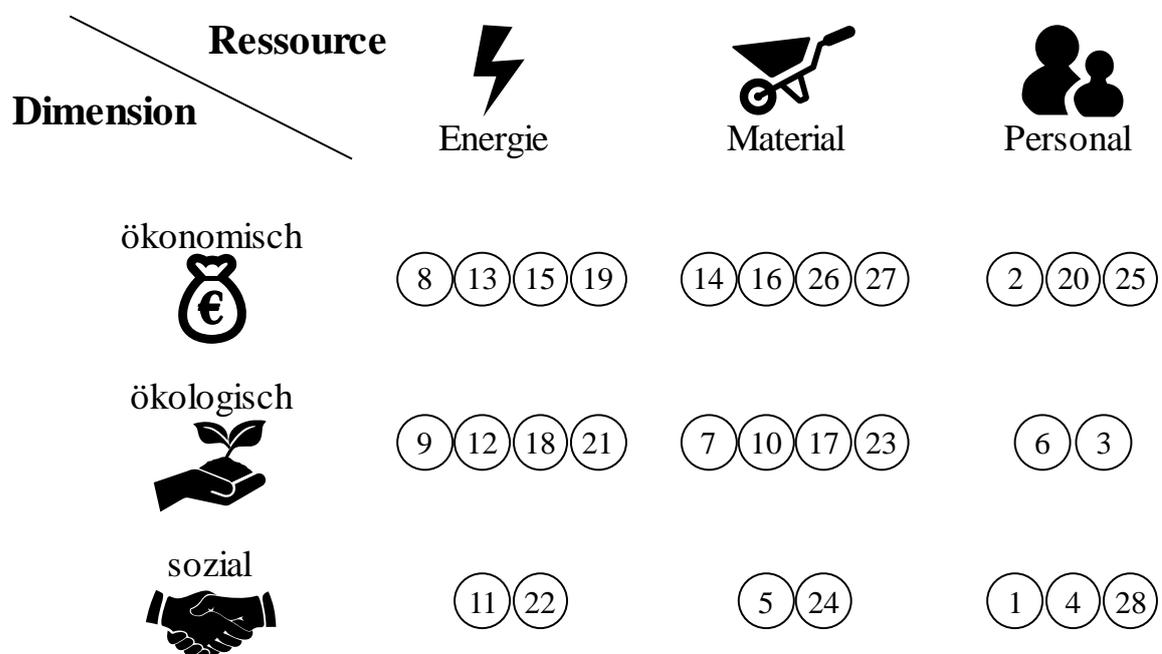


Abbildung 3-2: Klassifizierung der Fallstudien

Fallstudie 1: Betrachtungsgegenstand ist ein Betrieb der Elektrogeräteindustrie, der über 90 Prozent seines Jahresumsatzes von 37 Millionen Euro durch die Produktion von Spezialwerkzeugen und Arbeitsplatzvorrichtungen erwirtschaftet. Die Produkte werden weltweit verkauft, wobei Europa der bedeutendste Absatzmarkt ist, mit einem Anteil von 45 Prozent. Kernkompetenz des 220 Mitarbeiter starken Betriebs ist die Produktion und der Vertrieb von Arbeitsplatzsystemen für das Handlöten und die Lötrauchabsaugung. Die Unternehmensführung zielt bei der Produktqualität ganz bewusst auf das Gütesiegel Made in Germany ab. Sie verfolgt damit eine Strategie der Qualitätsführerschaft im stark umkämpften Markt. Das Produktmanagement ist kundenorientiert ausgerichtet. Die Erzeugnisse werden über Vertriebs- und Distributionskanäle weltweit an Groß- und Einzelhändler abgesetzt. Laut interner Einschätzungen im Rahmen von Expertengesprächen stehen die Kunden- und Lieferantenbeziehung an erster Stelle. Die Kundenbeziehung ist für den Betrieb elementar, da sie durch Wiederholungskäufe langfristig Umsätze generiert. Folglich ist eine Übereinstimmung der Beschaffenheit und Funktionalität der Produkte mit den Kundenerwartungen obligatorisch. Da das Unternehmen eine hauptsächlich industrielle Kundenklientel besitzt, ist hohe Qualität gleichermaßen von hoher Bedeutung. Denn nur mit einem hochwertigen Arbeitsmittel können die Abnehmer selbst qualitativ hochwertige Produkte herstellen. Die Strategie der Qualitätsführerschaft kann hierbei zu hohen Renditen und Wiederholungskäufen treuer Kunden führen. Ein weiterer wichtiger Bestandteil dieser Strategie sind die Lieferantenbeziehungen. Durch diese wird sichergestellt, dass die Bereitstellung und die Güter der angebotenen Produkte stets auf einem hohen Niveau produziert werden können. Eine qualitativ hochwertige Kundenbeziehung lässt sich nur durch

eine geeignete Vertriebsorganisation umsetzen. Diese wurde im beschriebenen Fall durch ein kompetentes Key Account Management realisiert. Die Vertriebsorganisation wird zusätzlich durch eine technische Kompetenz unterstützt, auf die im Fall einer Arbeitsplatzgestaltung für den Kunden zurückgegriffen werden kann. Die Kunden wissen diese kundenorientierte Vertriebsstruktur besonders zu schätzen. Auch der After Sales Service, den der Elektrogerätehersteller anbietet, spielt hier eine besondere Rolle. Die Kunden sind vielfach zertifiziert und müssen daher auf geprüfte Mess- und Betriebsmittel zurückgreifen können. Das Angebot des Herstellers die Arbeitsmittel in festgelegten Intervallen zu überprüfen, führt daher zu einem hohen Kundennutzen. Die Fallstudie ist unter den Personaleffizienzmaßnahmen zu verorten. Die Vertriebsstrukturen sowie das Wissen und die Kompetenz bei der Kundenberatung und dem -service sichern die nachhaltige Geschäftsbeziehung und damit den zukünftigen Umsatz.

Fallstudie 2: Ein Familienunternehmen aus der Automobilzuliefererindustrie entwickelt, produziert und liefert Antriebs- und Steuerungskomponenten für zahlreiche Automobil- und Maschinenhersteller. Der Jahresumsatz liegt bei ca. 250 Millionen Euro. Mit den über 1.000 Mitarbeitern und mehr als 20 internationalen Standorten sind konstante Marktanteilsgewinne und Umsatzsteigerungen möglich. Die konsequente Verfolgung der Unternehmensstrategie, mit den Zielen der Innovations- und Qualitätsführerschaft sowie einem Angebot von standardisierten und nichtstandardisierten Systemlösungen, ermöglichten den Aufstieg zum Marktführer. Dementsprechend spiegelt sich die Qualitätspolitik in einem ganzheitlichen und prozessorientierten Managementsystem wider, welches alle Geschäftsprozesse umfasst und integriert. Von besonderer Bedeutung erachten die befragten Experten aus der Fallstudie die unternehmensinternen

Ideen und Innovationen. Dies liegt in der brancheninternen Entwicklung von zukunftsfähigen Technologien begründet. Denn nur durch Innovationskraft kann technologischen Herausforderungen wie der Elektrifizierung des Antriebsstrangs oder der CO₂-Reduzierung im Automobilbau begegnet werden. Des Weiteren stellen Ideen und Innovationen die notwendige Basis für den Kundenwert des Produktportfolios und die Zukunftssicherung dar. Sie entstehen überwiegend aus der Motivation einer engagierten Belegschaft. Die Mitarbeiter beeinflussen den Erfolg des Betriebs direkt und sind daher in der Unternehmensphilosophie unverzichtbarer Bestandteil. Die Führung zielt darauf ab, dass alle Mitarbeiter ihre Aufgabe im Gesamtprozess kennen. Dadurch wird es ihnen ermöglicht, eigenständig Verantwortung zu übernehmen und zielorientierte Lösungen zu erarbeiten. Das Wissen um die vor- und nachgelagerten Prozessschritte und der ausgeprägte Teamgeist sind Garanten für die Qualitätspolitik und somit den Unternehmenserfolg. Potenziale der Mitarbeiter werden gezielt erschlossen, indem sie ihren Fähigkeiten entsprechend eingesetzt und in ihrer Kreativität gefördert werden. Erfolgreiche Methoden, die den Wissensaufbau fördern sind Job-Rotation und Job-Enrichment. Begeisterungsfähige Mitarbeiter sind zu Höchstleistungen gegenüber ihren internen und externen Kunden fähig. Die Befähigung der Mitarbeiter aus der Produktion, vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsprozesse auszuüben hat weiterhin zum Vorteil, dass der direkte Personaleinsatz reduziert werden kann. Durch die Flexibilität der Mitarbeiter sowie ein geeignetes Produktionslayout im betrachteten Unternehmen, konnte eine Mehrmaschinenbedienung umgesetzt werden. Dies steigerte die Effektivität des Personaleinsatzes, wodurch Einsparungen im Personal erreicht werden konnten. Auch das Mitarbeiter-Pooling trug im betrachteten Unternehmen dazu bei, Personal ef-

fizienter einzusetzen. Anstatt Arbeitskräfte an jedem einzelnen Produktionsprozess bereitzuhalten, der nur bei Abruf ausgelastet war, wurde ein Mitarbeiter-Pool eingerichtet, auf den von mehreren Produktionsprozessen zugegriffen werden konnte. Weitere Einsparpotenziale versprach der Abbau des hausinternen Werkzeugbaus. Durch die Ausgliederung und Inanspruchnahme als Dienstleistung konnten relevante Einsparungseffekte erzielt werden. Das Fazit der betrachteten Fallstudie lautete, dass durch die aufgezeigten Maßnahmen der Personaleinsatz wesentlich ressourceneffizienter ausgestaltet werden konnte.

Fallstudie 3: Das betrachtete Unternehmen ist ein mittelständischer Familienbetrieb aus der Chemieindustrie mit Hauptstandort in Bayern und einer Historie von über 80 Jahren. Aus dem regionalen Betrieb entstand über die letzten Jahrzehnte eine global operierende Unternehmensgruppe mit über 20 Auslandsgesellschaften. Die Organisation versteht sich als Zulieferer der weltweit produzierenden Textilveredelungsindustrie und hat die kundenspezifische Entwicklung neuer Textilhilfsmittel und Spezialchemikalien zum Ziel. Das Produktprogramm umfasst dabei über 500 unterschiedliche Produkte, die sich in die Produktbereiche Beschichtung, Vorbehandlung, Färberei und Ausrüstung untergliedern. Die Marktstruktur entspricht einem Polypol mit dementsprechender Wettbewerbsintensität. Der Umsatzerlös im letzten Geschäftsjahr, der mit einer Belegschaft von weltweit mehr als 700 Mitarbeitern erwirtschaftet wurde, betrug etwa 150 Millionen Euro. Die Unternehmensstrategie strebt eine Qualitätsführerschaft am Markt an. Die befragten Experten erachteten die eigenen Mitarbeiter und ein von Kundenorientierung geprägtes Unternehmensbild als wichtigste Ressource. Das Unternehmen ist sich seiner ökologischen Verantwortung bewusst, da der verantwortungsbe-

wusste Umgang mit Gefahrstoffen sowohl für die Sicherheit der Mitarbeiter als auch als Verkaufsargument eine wichtige Rolle spielt. Die vom Unternehmen entwickelten Spezialprodukte sind auf die hohen Anforderungen und die Tätigkeiten der Kunden abgestimmt. Die enge Beziehung zum Kunden ist elementar, da Forschungs- und Entwicklungsaufwände sowie Investitionen die Realisierung der Aufträge ermöglichen. Durch gezielte Kooperationen und entsprechende Kommunikation ist es möglich, die Anforderungen und Möglichkeiten eines Produkts in die Realität umzusetzen. Dabei wird auf die Umweltverträglichkeit der Produkte geachtet. Diese enthalten bei Auslieferung zusätzliche umweltbezogene Nutzungshinweise. Damit die Qualitätsanforderungen des Unternehmens entlang der gesamten Wertschöpfungskette garantiert werden können, wird von den Lieferanten die Erfüllung von Spezifikationen und Lieferbedingungen erwartet über die sie entsprechend informiert werden. Die Lieferantenbeziehung basiert dabei auf einem partnerschaftlichen Austausch, welcher sich durch hohe Transparenz und die Erreichung von Zielvorgaben auszeichnet. Im Rahmen der Fallstudie zeigte sich, dass Umweltmaßnahmen und deren Umsetzung ein entscheidender Wettbewerbsfaktor sein können.

Fallstudie 4: Eine Vertriebsgesellschaft für mobile Unterhaltungselektronik mit seinen 120 Mitarbeitern beliefert hauptsächlich qualitätsorientierte Kunden im Sport- und Freizeitbereich und konnte dadurch einen Umsatzerlös von 120 Millionen Euro erwirtschaften. Das Produktportfolio deckt hierbei verschiedene Anwendungen für unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten und Qualitätsansprüche ab. Das Produktprogramm besitzt im Vertrieb und Service eine hohe Bedeutung, da durch qualitative, innovative Fabrikate eine hohe Kundenbindung erzielt und Folgeanschaffungen initiiert werden können. Ferner führt der vornehmlich technikbegeisterte und trendbewusste

Kundenstamm zu einer erhöhten Nachfrage an innovativen und neuen Produktideen. Der Vertrieb erfolgt in primär über den Einzelhandel. Das indirekte Vertriebsnetz erstreckt sich deshalb flächendeckend über den gesamten Absatzmarkt. In den Interviews stellte sich heraus, dass die Kundenbindung und der direkte Kontakt zum Kunden von besonderer Bedeutung sind. Bei den Kunden handelt es sich um qualitätsorientierte Benutzer, hauptsächlich aus dem Fitness- und Outdoor-Bereich. Diese schätzen spezialisierte Produkte von hoher Güte und belohnen dies durch langanhaltende Treue. Für das Unternehmen sind die eigenen Mitarbeiter das wichtigste Kapital. Der Aufbau einer Vertrauensbasis der Mitarbeiter zum Kunden entscheidet über den erfolgreichen Verkauf von Produkten. Die hohe Serviceorientierung und das Auftreten der Mitarbeiter gegenüber Kunden wird deshalb im Rahmen von Schulungen gezielt trainiert und somit Wissen und Kompetenz erworben und ausgetauscht.

Fallstudie 5: Ein Keramikhersteller mit Hauptsitz in Deutschland entwickelt Hochleistungskeramiken für verschiedene Industriezweige. Die 7 Standorte in Deutschland und 19 weitere Standorte und Tochtergesellschaften im Ausland beliefern weltweit Geschäftskunden. Mit über 3.600 Mitarbeitern ist der Hersteller global vertreten und gehört zu einer großen Firmengruppe. Historisch umfasst der Betrieb mehr als 100 Jahre Entwicklungserfahrung für Keramikerzeugnisse. Angefangen mit Porzellanprodukten war die Ausweitung auf weitere Geschäftsfelder nur eine Frage der Zeit. Heute werden verschiedene Branchen wie die Chemie-, die Automobil-, und die Elektroindustrie sowie die Medizintechnik und der klassische Maschinenbau beliefert. Dabei findet das Produktprogramm mit seinen über 10.000 Produkten, Komponenten und Bauteilen Einsatz in einer Vielzahl von Anwendungen des täglichen Lebens. Zu den Einsatzgebieten zählen un-

ter anderem Implantate wie Dentalkeramiken, Werkzeuge und Wärmeisolationskomponenten. Die Managementpolitik strebt mit ihren Produkten die Qualitätsführerschaft auf dem Markt an. Der Umsatzerlös von 417 Millionen Euro im vergangenen Geschäftsjahr ist ausschließlich durch den Verkauf von physischen Gütern entstanden. In den Gesprächen stellte sich heraus, dass das große Produktportfolio nur durch eine effiziente Verwendung der vorhandenen Ressourcen realisiert werden kann. Investitionen in neue Produkte sind dabei von strategischer Bedeutung, da die Abnehmer die Unternehmensmarke mit Qualität und Innovation verbinden. Neue Produkte führen somit zu höherer Kundenzufriedenheit und Folgekäufen. Um Investitionen in neue Produkte und die dafür notwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeit tätigen zu können ist operative Expertise notwendig. Insbesondere die Materialverschwendung ist zu minimieren, da die zusätzliche Herstellung und Lieferung einzelner Komponenten großen Einfluss auf das Betriebsergebnis hat und aufgrund der hohen Qualitätsansprüche an die Produkte nur beim Einhalten bestimmter Regularien verbaut werden dürfen. Trotz der Mehrpreisfähigkeit der angebotenen Produkte aufgrund der höheren Qualität gegenüber Konkurrenzprodukten ist die Materialeffizienz in diesem Unternehmen also von großer Bedeutung. Im Rahmen der Fallstudie zeigte sich, dass Maßnahmen in Bezug auf die Materialeffizienz und deren Umsetzung ein entscheidender Wettbewerbsfaktor sein können.

Fallstudie 6: Untersuchungsgegenstand ist ein mittelständisches Unternehmen mit deutschem Hauptsitz. Dieses entwickelt und fertigt mit fast 200 Mitarbeitern Produkte der Heizungs-, Lüftungs-, und Klimatechnik für Gebäude jeglicher Art. Das familiengeführte Unternehmen besteht seit über 60 Jahren auf dem deutschen Markt und stellt im internationalen Vergleich einen gefragten Anbieter für regeltechnische Produkt- und Systemlösungen dar. Marktführerschaft

besteht in dem Bereich der thermoelektrische Stellantriebe. Weitere Bereiche des Produktportfolios umfassen Raumtemperaturregler, Anschlusssysteme, Unterflurkonvektoren und Abdeckroste. Die Produktion erfolgt zentral am deutschen Standort, wohingegen der Einsatz der Erzeugnisse weltweit erfolgt. Die Produkte werden ausschließlich an Geschäftskunden abgesetzt, wobei sich Unternehmensaktivitäten eng an den Bedürfnissen der Kunden und Märkte orientieren. Das Geschäftsergebnis im letzten Jahr beläuft sich auf einen Umsatzerlös von 31 Millionen Euro. Das Produktangebot umfasst Einzelkomponenten und komplette Regelsysteme, die dem Kundenwunsch nach Maß entsprechen und Serviceleistungen beinhalten. Die Erzeugnisse nutzen modernste Technologien und ermöglichen innovative Funktionen unter Zuhilfenahme von Softwaretechnologien, die zur zukünftigen Gebäudeautomation führen. Besonderes Augenmerk gilt den geringen Fehlerquoten im gesamten Produktportfolio. Die Qualität der Artikel wird durch eine hundertprozentige Funktionssprüfung vor Warenausgang gewährleistet und garantiert langlebige Produktlaufzeiten. Vor diesem Hintergrund sind für das Unternehmen Innovation und Langlebigkeit sowie die Umweltverträglichkeit der Produkte von besonderer Bedeutung. Die immer strenger werdenden Regularien im Gebäudebereich in Bezug auf Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien haben auch Auswirkungen auf den Einsatz und die Anforderungen an Heiz- und Klimatechnik. Um diese Anforderungen auch zukünftig erfüllen zu können, setzt das Unternehmen schon jetzt auf innovative Techniken und ermöglicht so einerseits eine Verbesserung der Leistung, andererseits aber auch eine Erhöhung der Umweltverträglichkeit durch niedrigen Stromverbrauch oder den Einsatz umweltverträglicherer Stoffe.

Fallstudie 7: Ein Elektronik- und Elektrotechnikunternehmen mit Hauptsitz in Deutschland sowie weitere Standorte und Tochtergesellschaften im Ausland beliefert Kunden weltweit. Der Betrieb mit über 100.000 Mitarbeitern in Deutschland versorgt durch sein differenziert aufgestelltes Portfolio ein breites Spektrum an Kunden und konnte dadurch einen Umsatzerlös von 11 Milliarden Euro generieren. Das Produktportfolio bietet eine große Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten und Qualitätsmerkmalen. Um in Zukunft die ökologische Nachhaltigkeit des Unternehmens in Bezug auf Emissionen zu optimieren und intelligente Energielösungen für Kunden in unterschiedlichen Regionen der Welt anbieten zu können, wurde innerhalb des Unternehmens ein eigenes Projekt durchgeführt, mit dem Ziel Potenziale der einzelnen Energiesysteme detailliert zu analysieren und Optimierungsmöglichkeiten zu identifizieren, die einen effizienteren Klima- und Umweltschutz, bessere Versorgungssicherheit sowie größere Effizienz möglich machen. Regionsabhängig ergaben sich daraus unterschiedliche Szenarien und Handlungsempfehlungen. Insbesondere in Europa ist dabei die effizientere Nutzung der vorhandenen Energieträger bedeutend, da Europa weltweit die Region mit den geringsten Energieressourcen bildet und ein großer Teil der Energie importiert werden muss. Eine größere Unabhängigkeit könnte hier einerseits durch den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien erreicht werden, andererseits aber auch über die effizientere Nutzung primärer Energieträger. So ist ein Wandel von Kohle- zu Gaskraftwerken sinnvoll, da die Energieeffizienz dadurch deutlich erhöht werden kann und eine höhere Klimafreundlichkeit durch die Reduzierung von CO₂-Emissionen erreicht wird. Insgesamt kommt das Projekt zu dem Schluss, dass eine Investition in effizientere Energieerzeugung und eine verstärkte Investition in erneuerbare Energien wie Wind und

Solar in allen Märkten auf lange Sicht wirtschaftlich ist und der Einsatz erneuerbarer Energien und nachwachsender Rohstoffe sowohl ökonomische Vorteile als auch Vorteile im ökologischen Bereich hat.

Fallstudie 8: Ein Anbieter für Intralogistiklösungen bietet ganzheitliche Intralogistik Lösungen für komplexe Systeme an. Die 14 Standorte in Deutschland und 20 weitere Standorte und Tochtergesellschaften im Ausland beliefern Kunden weltweit. Mit über 8.000 Mitarbeitern ist das Unternehmen international vertreten und gehört zu den größeren Anbietern von Intralogistiksystemen. Das Geschäftsergebnis des letzten Jahres beläuft sich auf einen Umsatzerlös von etwa 2 Milliarden Euro. Die Globalisierung und der Online Handel verändern den Warenfluss zwischen Kunden und Herstellern fundamental. Effiziente Logistikprozesse in Form von hochproduktiven und vollautomatischen Verteilzentren können ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für Unternehmen aus allen Branchen sein. Insbesondere die Intralogistik weist hier mit ihren eingesetzten elektrischen Antrieben einen großen Energieverbrauch auf und bietet Energieeinsparungspotenzial. Eine Möglichkeit, die vom Unternehmen angeboten wird, ist der Einsatz von intelligenter Antriebs- und Steuerungstechnik, als intelligenter, mechanisch kompatibler Baukasten für effiziente Antriebslösungen. Den Kern bildet dabei ein System mit inhärenter Teilintelligenz, das besonders schnell auf unterschiedliche Umweltbedingungen reagieren kann und damit sein Verhalten an die veränderten Bedingungen selbstständig anpassen kann. Das System kommuniziert und kooperiert darüber hinaus in Echtzeit mit anderen Systemen. Die Anwendung dieses Systems und die Anpassung an die tatsächliche derzeitige Auslastung führten zu Energieeinsparungen von bis zu 20 Prozent. Der wirtschaftliche Vorteil dieser Einsparungen zeigt sich deutlich im Betriebsergebnis.

Fallstudie 9: Ein großes mittelständisches Unternehmen aus der Metallverarbeitung entwickelt und produziert Werkstoffe mit magnetischen Eigenschaften und vermarktet diese weltweit. Mit über 4.000 Mitarbeitern ist das Unternehmen international vertreten. Der Jahresumsatz betrug im vergangenen Jahr 350 Millionen Euro. Durch die zunehmende Knappheit konventioneller Rohstoffe und die steigende Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen sowie des zunehmenden Wettbewerbsdrucks ist es insbesondere in Hochlohnstandorten notwendig die Nachhaltigkeit in der Produktion zu erhöhen und die Risiken in der Supply Chain zu verringern. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde im Unternehmen ein innovatives Konzept zur Erhöhung der Effizienz in den Produktions- und Logistiksystemen eingeführt, das insbesondere auch nachhaltige Energieerzeugung und -verbrauch beinhaltet. Mit dem neuen Konzept konnte die Fabrik durch intelligente Energiekaskaden deutlich energieeffizienter betrieben werden und der Einsatz erneuerbarer Energien beispielsweise durch die Installation von Solarpanelen auf dem Fabrikdach berücksichtigte den Nachhaltigkeitsgedanken.

Fallstudie 10: Ein mittelständischer Automobilzulieferer mit etwas über 200 Mitarbeitern erwirtschaftete im letzten Jahr 60 Millionen Umsatz und beliefert mit seinen insgesamt 5 Standorten Kunden weltweit. Bedingt durch die von den OEMs vorgegebenen Standards, die wiederum auf die Kundenforderungen zurückzuführen sind, hat sich das Management des Unternehmens entschlossen eine eigene Nachhaltigkeitsstrategie zu entwickeln und einzusetzen. Zu diesem Zweck wurde zunächst ein Projektteam gegründet, das in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern, Kunden und Lieferanten in der ersten Phase des Projekts eine Analyse der Prozesse durchführte sowie die Betroffenen in Bezug auf Nachhaltigkeitsaspekte sensibilisierte. Das

Ziel war es dabei, bestehende Vorbehalte zu beheben und die Mitarbeiter zu motivieren eigene Ideen zur Steigerung der Effizienz einzubringen. Im Laufe des Projekts richtete sich der Fokus auf die Beschaffungsgüter und die Produktgestaltung im Unternehmen, da sich gerade im Bereich der Materialkosten erhebliche Potenziale zur Effizienzsteigerung ergaben. Zum Ende der ersten Phase wurde ein Maßnahmenkatalog erarbeitet, der in der zweiten Phase des Projekts mit den entsprechenden Abteilungen diskutiert wurde. Im Rahmen der Diskussionen wurden dann Schätzkosten und Einsparpotenziale erarbeitet, die die Grundlage für die anschließende Kosten-Nutzen-Abschätzung bildeten. Insgesamt wurden 43 Maßnahmenpakete herausgearbeitet, von denen 18 Maßnahmen sofort umgesetzt werden konnten. Die verbleibenden 25 Maßnahmen wurden dann einer tiefergehenden Business Case Kalkulation unterzogen. Im Anschluss wurden von den 25 genauer untersuchten Maßnahmen dreizehn erfolgreich umgesetzt. Die umgesetzten Maßnahmen beinhalteten unter anderem die Senkung von Materialkosten durch die Verbesserung der Materialproduktivität, die Installation einer Wasseraufbereitungsanlage, die einen geschlossenen Wasserkreislauf in der Fertigung ermöglichte, ebenso wie den Bau eines Blockheizkraftwerks, das dem Unternehmen mehr Unabhängigkeit vom Strommarkt gewährt. Die Kosteneinsparungen der einzelnen Maßnahmen beliefen sich zwischen 10 Prozent und 30 Prozent.

Fallstudie 11: Ein mittelständisches Unternehmen aus der Konsumgüterindustrie entwickelt, produziert und vertreibt Kerzen. Am Standort in Deutschland sind insgesamt 86 Mitarbeiter beschäftigt. Das Unternehmen erzielte im Vorjahr einen Umsatz von 18 Millionen Euro. Die Kerzenindustrie unterliegt starken saisonalen Schwankungen, was zu deutlichen Differenzen bei den Energieverbräuchen

in der Produktion im Jahresverlauf führt. Zur Optimierung der Jahresverbrauchskurve, wurde im Unternehmen zunächst die Verbrauchshöhen der einzelnen Bereiche analysiert. Dafür sollten zunächst alle Verbraucher erfasst werden, allerdings haben Niedrigverbraucher dem Pareto Prinzip zufolge einen deutlich geringeren Einfluss auf mögliche Energieeffizienzpotenziale. Dies hat zur Folge, dass vor allem die Hauptverbraucher in die Betrachtung aufgenommen wurden. Das Pareto Prinzip wurde beispielsweise bei der Vielzahl von Antrieben und Motoren und Pumpen angewendet, um den Erfassungsaufwand möglichst effizient zu gestalten. Das Unternehmen setzt in verschiedenen Bereichen Motoren und Antriebe für die Herstellung der Kerzen ein. Die Mehrheit der Antriebe im Unternehmen wird mit Hilfe von Frequenzumrichtern geregelt. Die Analyse ergab, dass im Unternehmen keine Rückführung der Bremsenergie erfolgt. Dieses Potenzial wurde im Rahmen der Analyse erkannt und umgesetzt. Druckluft wird im Unternehmen zum Teil für Pressenzylinder benötigt und liegt bei einem notwendigen Druckluftniveau von 6,7 bar. Um die Werkzeuge und Anlagen zu säubern, werden des Weiteren Ausblaspistolen mit zylindrischen Düsen und einem Druckluftniveau von 7,1 bar eingesetzt. Das Unternehmen hat im Rahmen einer Revision die Druckluftsysteme auf Leckagen hin überprüft. Dennoch zeigte eine erneute Untersuchung, dass nicht alle identifizierten Leckagen lokalisiert und behoben wurden, dies erfolgte nun im Rahmen des Projekts. Im Unternehmen werden derzeit keine Niederdruckkompressoren eingesetzt, sondern der Netzdruck entsprechend gedrosselt. Allerdings sind im Unternehmen kaum Niederdruckanwendungen notwendig. Insbesondere die Reinigungsarbeiten könnten durch weniger energieintensive Mittel ersetzt werden. Der Austausch der Anlagen würde allerdings mit einer Steigerung der körperlichen Arbeit einhergehen, weswegen schlussendlich darauf

verzichtet wurde. Als Energieträger zur Herstellung von Prozesswärme wird im Unternehmen derzeit Heizöl eingesetzt. Die Beheizung des Heizkessels erfolgt manuell durch einen Mitarbeiter zwei Stunden vor Betriebsbeginn. Im Rahmen des Projekts ergab sich, dass die Umstellung auf andere Energieträger zu einer deutlichen Steigerung der Energiebilanz und damit Erhöhung der Energieeffizienz führen würde.

Fallstudie 12: Ein kleines Unternehmen mit etwa 30 Mitarbeitern aus der Lebensmittelindustrie stellt Fruchtsäfte her und füllt diese an fünf Arbeitstagen im Einschichtsystem ab. Dabei werden 10.000 Flaschen pro Stunde befüllt. Den Kern der Produktion und gleichzeitig Hauptenergieverbraucher bildet die Flaschenreinigungsanlage. In der Anlage werden wiederverwendbare Glasflaschen bei Temperaturen zwischen 40°C und 90°C gereinigt. Das Unternehmen hat sich in einem Projekt zum Ziel gesetzt, die Energieversorgung für die Produktion durch regenerative Energien möglichst wirtschaftlich zu ergänzen, beziehungsweise den Bezug von Energie teilweise durch eine Eigenversorgung zu substituieren. In diesem Zusammenhang wurden die Kosten und Potenziale unterschiedlicher Energieoptionen berechnet. Es ergab sich dabei, dass die wirtschaftlichste Möglichkeit für das Unternehmen die Integration einer Photovoltaikanlage ist. Aufgrund der niedrigen Einspeisetarife ist die Ersparnis beim Eigenverbrauch größer als der Verkauf des erzeugten Stroms. Dementsprechend wird der Strom zum Großteil im Unternehmen selbst verbraucht und nur Überschüsse ins Netz eingespeist. Die zusätzliche Integration eines Speichers, um die entstandenen Überschüsse zu einem späteren Zeitpunkt für den Eigenbedarf nutzen zu können, stellte sich unter den gegebenen Rahmenbedingungen jedoch als nicht wirtschaftlich heraus.

Fallstudie 13: Ein Automobilhersteller betreibt an zahlreichen Standorten, die weltweit verteilt sind, die Produktion und Montage von Personenkraftwagen. Charakteristisch für den Automobilbau werden an den Standorten die Gewerke Presswerk, Karosseriebau, Lackiererei und Montage betrieben. Für den untersuchten Standort wurde im Rahmen der Unternehmensstrategie entschieden, dass mit Einsatz einer neuen Modellgeneration die notwendigen Strukturinvestitionen nicht nur nach aktuellsten produktionstechnologischen, sondern auch nach neuesten energiewissenschaftlichen Gesichtspunkten getroffen werden. Damit sollten sowohl die umweltorientierte Verantwortung des Unternehmens zum Ausdruck gebracht, wie auch die ökonomischen Ziele unterstützt werden. Im Karosseriebau werden heutzutage zahlreiche hochautomatisierte Anlagen eingesetzt, bei denen Roboter das Handling und das Verschweißen der Blechteile übernehmen. Dabei entsteht sehr viel Prozesswärme, die, wie die erwärmte Abluft, aus der Halle abgeführt werden muss. Nachdem eine neue, 60.000 m² große Halle für den Karosseriebau zu errichten war, entschloss man sich, diese mit insgesamt 5.000 Pfählen im Erdreich zu verankern. Davon wurden 3.300 Pfähle als sogenannte Energiepfähle ausgestattet, die mehr als 20 Meter in die Tiefe ragen. Damit wird die Kälte des Bodens genutzt, um die Wassertemperatur auf 10 °C zu senken. Mit diesem Konzept konnte ein oberflächennahes Geothermiefeld errichtet werden, das zur Prozesskühlung wie auch zur Kühlung der Halle im Sommer dient. Im Winter wird die erzeugte Abwärme zurückgewonnen und zur Beheizung der Halle und der dort vorhandenen Büro- und Personalräume genutzt. Nach herkömmlicher Bauweise wäre ein Kühlturm errichtet worden. Gegenüber dem Kühlturm waren die Investitionen für den Einsatz der Geothermie deutlich geringer. Außerdem werden für den Betrieb der Halle jährlich

12.000 MWh weniger an Energie und 25.000 m³ weniger an Wasser benötigt und zusätzlich 2.640 Tonnen weniger CO₂ ausgestoßen.

Fallstudie 14: Ein mittelständisches Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie entwickelt und produziert Spielwaren und verkauft diese auf dem Weltmarkt. Trotz des hohen Lohnkostenniveaus in Deutschland und des globalen Wettbewerbs produziert das Unternehmen weiterhin auch in Deutschland zu wettbewerbsfähigen Kosten. Ein Schlüssel dazu besteht darin, den vorhandenen technologischen Vorsprung als Absprungbasis für die Entwicklung und Erprobung neuer Fertigungstechnologien zu nutzen und im Erfolgsfall in die eigene Produktion einzuführen. Zahlreiche Kunststoffteile in dem Unternehmen werden nach dem Extrusionsblasformverfahren hergestellt. Es wird dabei ein Kunststoffschlauch, der sogenannte Vorformling extrudiert und in einem Werkzeug mittels Druckluft zum definierten Formteil aufgeblasen. Durch die im Formteil stark variierenden Verstreckgrade, die sowohl axial und als auch über den Umfang unterschiedliche extrem voneinander abweichen, ergeben sich an einigen Stellen kleinere und an anderen größere Wanddicken. Eine ressourcenschonende Produktion bei gleichzeitig hohen Qualitätsanforderungen ist somit bedingt durch das Verfahren nur schwer möglich. Ein neuer Ansatz zur Optimierung einer materialsparenden Herstellung bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität lag in der Verwendung einer zylindrischen Großwanddicken-Steuerungs-Düse, die neue verfahrenstechnische Möglichkeiten eröffnete. So konnten sehr viel größere Dickengradienten im Vorformling realisiert werden, als es bisher möglich war. Mit der entscheidenden Verbesserung der Wanddickenverteilung wurden gleichzeitig beachtliche Qualitätsverbesserungen und erhebliche Materialeinsparungen bei reduzierten Zykluszeiten erzielt.

Fallstudie 15: Ein Chemiapark erzeugt in einem eigenen Kraftwerk sowohl Strom als auch den für die Verfahrenstechnik der ansässigen Chemieunternehmen benötigten Dampf. Dabei wird ein Energiekonzept verfolgt, das eine effiziente und wettbewerbsfähige Energieversorgung der Unternehmen gewährleistet. Anlagenbetreiber unterschätzen oft das Energieeinsparpotenzial durch das Dämmen von Rohrleitungen. In der Praxis wird die Dicke einer anzubringenden Dämmschicht meist nur nach Kriterien wie niedrigen Investitionskosten oder dem Berührungsschutz bestimmt. Dies besagt, dass die Oberflächentemperatur im Verkehrsbereich 60 °C nicht überschreiten darf. Um die vorhandenen wirtschaftlichen Effizienzpotenziale zu heben, also die Wärmeverluste von der Dampfauskopplung bis zur Wiedereinspeisung vor Ort möglichst effizient zu nutzen und die damit verbundenen Kosten zu bestimmen, ist jedoch eine systematische Analyse der betriebstechnischen Anlage durchzuführen. Zu diesem Zweck wandte sich der Betreiber an einen Dämmstoffhersteller. Nach mehreren Vergleichsrechnungen für verschiedene Dämm Lösungen und Ausführungsvarianten und einer zusätzlichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, entschied sich der Chemiaparkbetreiber für eine Ausführung als Mischinstallation. Dabei wurden für die zwei vorgegebenen Lagen zwei verschiedene Dämmstoffe eingesetzt. Als erste Lage kam ein Hochleistungsdämmstoff zum Einsatz, um die Wärmeverluste bei einer Dampftemperatur von mehr als 300 °C signifikant zu reduzieren. Als zweite Lage wurde eine Drahtnetzmatte aus herkömmlicher Steinwolle verwendet. Somit konnten die Wärmeverlustkosten über die Länge der Rohrleitungen möglichst geringgehalten werden. Mit der Umsetzung wurde deutlich weniger Überhitzungswärme abgebaut als bei der klassischen Steinwolle-Lösung, gleichzeitig verringert sich die Menge des Dampfcondensat. Die

jährliche Einsparung bildet damit einen wichtigen Baustein für die Zukunftssicherung und Leistungsfähigkeit des Standorts.

Fallstudie 16: Ein Unternehmen hat sich auf die Fertigung von Aluminium-Strangpresswerkzeugen spezialisiert, die in der Automobil- und Bauindustrie sowie in der Elektrotechnik zum Einsatz kommen. Dabei wirken auf die Werkzeuge, den Matrizen, hohe Temperaturen und mechanische Kräfte. Die Matrizen werden aus unterschiedlichen Stahlsorten, die als Rundmaterial angeliefert werden, hergestellt. Die wesentlichen Herstellungsschritte sind Sägen, Drehen, Fräsen, Härten, Schleifen und Erodieren. Insbesondere bei der spanenden Bearbeitung entstehen erhebliche Materialverluste durch Metallspänen und Schleifschlämme. Da insgesamt über 50 Prozent der teilweise kostenintensiven Stähle abgetragen werden, wurden in einem Materialeffizienzprojekt die einzelnen Prozessschritte auf Einsparmöglichkeiten untersucht. Zunächst wurden die einzelnen Herstellungsschritte hinsichtlich des Material-Inputs und -Outputs bilanziert. Danach wurden die Kosten für den Materialaufwand zugeordnet. Für den Massenfluss zeigte sich, dass über 50 Prozent des eingekauften Stahls abgetragen wurde und die Späne zu fast 100 Prozent verwertet wurden. Die Darstellung des Kostenflusses zeigte darüber hinaus deutlich, dass trotz der Verwertung der ursprüngliche Wert des Stahls mit der Zerspanung fast vollständig verloren geht. Obwohl materiell fast das gesamte Material zurückgewonnen wurde, verschwindet der Wert der Materialien nahezu vollständig. Nicht zuletzt auf Grund der hohen Wertminderung wurden die einzelnen Ursachen der hohen Zerspanungsverluste detailliert untersucht. Mit 70 bis 80 Prozent ist der überwiegende Teil durch die Konstruktion der Matrizen bedingt und kann nicht beeinflusst werden. Die verbleibenden 20 - 30 Prozent an Verlusten sind logistischer und technischer Natur und damit beeinflussbar. Eine wesentliche Ursache für diese Materialverluste sind

Zerspanungsverluste beim Abdrehen und Zuschnitt der Rohlinge. Da die Durchmesser der Matrizen nicht genormt sind, entstehen hohe Verluste durch das Abdrehen des Rundmaterials, das mit Standarddurchmessern bestellt wird. Die Verluste entstehen aber auch, weil in Einzelfällen der richtige Durchmesser nicht auf Lager war und dann der nächstgrößere Durchmesser genommen wurde, um eine Fertigungsverzögerung zu vermeiden. Beim Sägen und Abstechen entstehen ebenfalls große Verluste. Die Rohlinge werden im ersten Fertigungsschritt mit einer Bandsäge vom Rundmaterial abgesägt. Dabei wird aus Sicherheitsgründen ein hohes Aufmaß zugegeben. Kleinere Matrizendurchmesser werden auf einem Stangendreautomaten mit einem breiten Stahl abgestochen. Sowohl durch die Breite des Stahls, als auch durch das hohe Aufmaß entstehen beim Zuschnitt der Rohlinge große Verluste. Es konnten drei Ansatzpunkte für Einsparungen umgesetzt werden. Zum einen wurde der Durchmesser des Rundmaterials besser an den Matrizendurchmesser angepasst. Dazu wurde eine Häufigkeitsverteilung der in den letzten Jahren gefertigten Durchmesser aufgestellt. Dies bildete die Grundlage für die Ermittlung von Sonderdurchmessern, die trotz höherer Einkaufskosten auf Grund der Materialeinsparung einen Kostenvorteil ergeben. Als zweites konnte nach Durchführung von Testreihen das Aufmaß beim Sägen durch eine präzisere Sägetechnik vermindert werden. Die dritte Maßnahme stellt die Reduzierung der Dicke des Abstechstahls dar, wodurch insbesondere bei kleinen Matrizen, die in hoher Stückzahl gefertigt werden, deutliche Einsparungen erzielt werden konnten. Insgesamt konnten Materialeinsparungen von 10 Prozent realisiert werden.

Fallstudie 17: Mit einer Jahresproduktion der insgesamt sieben Produktionsstandorte von mehr als 10.000 Häusern, gehört das betrachtete Unternehmen zu einem der Marktführer im Bereich modularer

Fertighäuser im japanischen Markt und beschäftigt dort rund 20.000 Mitarbeiter. Die Produkte basieren maßgeblich auf zwei verschiedenen Stahl-Ständerwerkkonstruktionen in Raummodulbauweise, welche unterschiedliche Anforderungen bezüglich Bauphysik und Individualisierbarkeit der Gebäude erfüllen können. Das Unternehmen differenziert sich insbesondere durch eine hohe Individualisierbarkeit der angebotenen Produkte, einer gleichzeitig hohen Vorfertigung im Werk und somit einer kurzen Abwicklungsdauer, der konsequenten Einführung von Produktinnovationen sowie einem breiten Angebot an Zusatzservices. Bedient werden überwiegend private Kunden im Einzelhausbereich. Das Unternehmen unterteilt individuelle Architektenentwürfe von Einzel- und Mehrfamilienhäusern in zehn bis fünfzehn Einheiten. Diese werden jeweils als einzelnes Modul in der Fabrik mit einem Vorfertigungsgrad von 85 Prozent hergestellt. Innerhalb dieser Einheiten wird eine Vielzahl von Teilsysteme wie Bad- und Küchensysteme, in Gebäude mit bis zu sechs Stockwerken verbaut. Die angebotenen Produkte umfassen neben einer vollständigen Innenausstattung mit endveredelten Oberflächen und Mobiliar im Wohn-, Küchen- und Sanitärbereich eine Vielzahl an kontinuierlich weiterentwickelten Produktinnovationen. Diese beziehen sich insbesondere auf die lokalen Kundenanforderungen hinsichtlich Kosten, Zeit, Qualität, Individualität, Bauphysik und Nachhaltigkeit. Optionale Module bedienen die Nachfrage nach Lösungen im Bereich der Nachhaltigkeit. Moderne Speichersysteme dienen dazu, die durch Photovoltaik erzeugte Energie erst im Bedarfsfall freizugeben und sind wichtiger Bestandteil von Passivhauskonzepten. Die industrielle Vorfertigung in der Fabrik, in Verbindung mit der modularen Produktstruktur, ermöglicht eine Minimierung des notwendigen Material-, Personal- und Energieeinsatzes. Durch eine konsequente Strukturierung des Produkts fällt im Produktionsprozess ein minimaler

Verschnitt und Materialeinsatz an. Auf der Baustelle selbst wird der Montageprozess durch die standardisierten Schnittstellen erheblich vereinfacht. Der Ressourceneinsatz wird dadurch minimiert und die Produktivität gesteigert. Im Produktions- und Montageprozess auftretende Lerneffekte führen zu weiteren langfristigen Kostenvorteilen bedingt durch eine stetig optimierte Wiederholqualität. Die Fallstudie zeigt, dass Bauprojekte die mittels einer modularen Vorfertigung durchgeführt werden, gegenüber der traditionellen Vorgehensweise über 45 Prozent weniger Baustellenabfälle produzieren. Demnach werden wertvolle Ressourcen und insbesondere Energie bei der Herstellung und Montage wesentlich effizienter und schonender eingesetzt. Zusätzlich wird im modularen Stahl-Leichtbau zu einem großen Anteil des natürlichen Baustoffes Gips verwendet. Konstruktionsbedingt ist der eingesetzte Stahl in einem Recyclingprozess leicht von anderen Materialien zu trennen. Schon heute basiert die Stahlproduktion zu 50 Prozent auf recyceltem Altstahl.

Fallstudie 18: Schlüsselprodukte eines Herstellers von Anlagen für die Stückgutförderung, interne Logistik und Automation finden sich vor allem in der Lebensmittelverarbeitung, Flughafenlogistik, Post, Distribution und verschiedenen Industriezweigen. Dazu gehören leicht integrierbare Antriebslösungen wie Trommelmotoren für Bandförderer, Förderrollen und Gleichstrom-Antriebsrollen für Rollenförderer, energiefrei arbeitende Fließlagermodule für kompakte Paletten- und Behälterlagerung in Verteilzentren, Quergurtsorter, Gurtkurven und weitere anwenderfreundliche Fördermodule für wirtschaftliche Materialflussanlagen. Das Unternehmen bedient über 23.000 Kunden, insbesondere regionale Anlagenhersteller und Ingenieurbüros sowie Systemintegratoren, multinationale Unternehmen und Anwender. Der Konzern beschäftigt 2.000 Personen in 32 Unternehmen. Unter der Leitung einer strategischen Holding-Gesellschaft

stehen zwei weltweit tätige Konzernbereiche Global Sales und Service vertreibt die gesamte Produktpalette nach Kundentypen, Produkten und Technologien fasst die globalen Kompetenzzentren und andern Produktionsstandorte zusammen und ist verantwortlich für Forschung und Entwicklung, Produkt Management, strategischen Einkauf, Produktionstechnologie und Fertigung. Die Stetigfördersysteme werden in vielfältigen Branchen und Industriezweigen eingesetzt. Die Fallstudie beschreibt eine Produktinnovation, welche die Dimension Energieökonomie und -ökologie betrifft. Neben der klassischen 400 Volt Antriebstechnik findet in den letzten Jahren vermehrt die 24 Volt Antriebstechnik Verwendung. Im Rahmen der Produktinnovation wurde ein 24 Volt Antriebssystem zur Serienreife gebracht. In der vorliegenden Fallstudie wurde die 24 Volt und 400 Volt Antriebstechnik über Klassifizierungsmerkmale definiert und miteinander verglichen. Diese sind hier die Betriebsart, der Aufbau des Antriebstrangs oder die Förderaufgabe. Anhand des Stands der Technik wurden Vor- und Nachteile der 24 Volt Technik abgeleitet. Für die Quantifizierung des Energiebedarfs wurden sechs verschiedene Szenarien unterschieden. Ebenfalls wurden die drei Aufgaben Transport im Dauerbetrieb, Transport im Aussetzbetrieb und der Staufunktion für ein jeweils identisches Vergleichslayout untersucht. Hieraus ergibt sich, dass im Aussetzbetrieb eines Rollenförderers mit 24 Volt-Förderrollen-Antrieb, über den ein Ladungsträger mit 50 Kilogramm transportiert wird, im Vergleich zur 400 Volt Technik rund 30 Prozent Energie eingespart werden kann. Bei Betrachtung der Staufunktion kann der Energiebedarf sogar um 50 Prozent reduziert werden. Weiterhin können für kurze Förderstrecken bei Einsatz der 24 Volt Technik verglichen mit der 400 Volt Technologie die Anschaffungskosten reduziert werden.

Fallstudie 19: Ein mittelständisches Unternehmen produziert mit 70 Mitarbeitern jährlich zwischen 5.000 und 8.000 Tonnen Spezialbe- wehrungen für den internationalen Markt. Beliefert werden vor allem Kunden in Europa. Die steigenden Kosten für den Bezug von Energie stellt für das Unternehmen eine große Herausforderung dar. Energie- einsparpotenziale, die im Planungsprozess identifiziert wurden, wer- den im späteren Betrieb jedoch häufig nur unvollständig ausge- schöpft. Es besteht eine Diskrepanz zwischen den in der Planung prognostizierten und den tatsächlich realisierten Energiekostenein- sparungen. Trotz sorgfältiger Planung können solche Unterschiede aufgrund volatiler exogener Einflüsse wie Energietarife und Produk- tionsprogrammänderungen sowie endogener Einflüsse wie Störun- gen, falsches Nutzerverhalten oder ungeplante Eingriffe in das Ener- giesystem auftreten. Bei einer registrierten Abweichung ist die Iden- tifikation der Ursachenherde der erste Schritt zur Verbesserung der Energieeffizienz. In dem vorliegenden Unternehmen hat sich gezeigt, dass sich Einsparerfolge mit der Zeit verflüchtigen. Mit einem nach- haltigen Energieeffizienz-Controlling kann dem entgegengewirkt werden (vgl. Wildemann 1996). Ein grundlegendes Energiemoni- toring hilft bei der Identifikation von Energieverschwendungen. Das Energiecontrolling basiert darüber hinaus auf der Einführung einheit- licher Effizienzkennzahlen, über die der Energieverbrauch und die Effizienz von Produktionsanlagen und der Gebäudetechnik kontrol- liert und bewertet werden. So können Einsparpotenziale abgeschätzt und der Erfolg umgesetzter Maßnahmen kontrolliert werden. Daher wurde im Unternehmen ein IT-gestütztes Energiecontrolling im Rah- men des Energiemanagementsystems implementiert und in der Orga- nisation verankert. Um die erfolgreiche Implementierung des Ener- giecontrollingsystems zu gewährleisten wurde ein an die unterneh-

mensrelevanten Zusammenhänge angepasstes Energiecockpit entwickelt, mit dem die Umsetzung und Implementierung empfohlener Maßnahmen visualisiert und überwacht werden können. Das Energiecockpit stellt ein geeignetes Werkzeug dar, um im Unternehmen Kostentreiber der Energie zu identifizieren und auf deren Basis Korrekturmaßnahmen einzuleiten. Ein solches automatisierte Energiecockpit bietet eine effiziente Alternative zu einem ausführlichen Energieberichtswesen. Zusätzlich wurden spezifische Reaktionsmuster bestimmt. Diese führen zu konkreten Handlungsstrategien bei definierten Abweichungen von Soll-Ist-Werten. Die erfolgreiche Umsetzung der erarbeiteten Handlungsstrategien und Maßnahmen ist im Besonderen an die organisatorische und prozessuale Verankerung des Energiemanagements im Unternehmen gekoppelt. Durch den Einsatz des IT-gestützten Energiecontrollingsystems konnten Potenziale in Höhe von 11 Prozent der Energiekosten aufgedeckt und anschließend gehoben werden.

Fallstudie 20: Mensch-Roboter-Kollaboration bietet ein großes Verbesserungspotenzial für die Flexibilität, die Ergonomie und die wirtschaftliche Teilautomatisierung der Produktion und Montage. Die Automobilindustrie gilt als Vorreiter der Umsetzung innovativer Produktions- und Montagekonzepte. Doch Mensch-Roboter-Kollaborationen gelten selbst in der Automobilbranche als wenig erforscht. Die vorherrschenden Bauteile, Aufgaben und Prozessabläufe sind für eine Automatisierung mit heutigen Lösungen weitestgehend ungeeignet, sodass sich die Automatisierung in diesem Bereich noch nicht flächendeckend durchgesetzt hat. Doch die Mensch-Roboter-Kollaboration bildet einen potenzialträchtigen Entwicklungspfad für Produktions- und Montageprozesse, da sie die Vorteile des Menschen und die des Roboters vereint und optimal kombiniert. Denn die Fä-

higkeitsprofile von Mensch und Roboter ergänzen sich optimal. Menschen verfügen über eine hohe Flexibilität, Intelligenz, Feinfühligkeit, Erfahrungswissen sowie spontane Improvisationsfähigkeiten. Roboter hingegen sind in ihren Bewegungen präzise, schnell, prozesssicher, ausdauernd, wirtschaftlich und besitzen eine hohe Tragkraft. Durch eine Zusammenarbeit können Vorteile der Ergonomieverbesserung, der Prozesssicherheit, der Flexibilität und der intelligenten Automatisierung von Teilprozessschritten realisiert werden. Jedoch sind bei der flächendeckenden Einführung kollaborativer Arbeitsplätze etliche technische und wirtschaftliche Herausforderungen zu bewältigen. So dürfen Roboter im Kollaborationsbetrieb nur langsam verfahren und lediglich geringe Gewichte tragen. Spitzen sowie anderweitig gefährdende Bauteilgeometrien sind von der Kollaboration ausgeschlossen und eine Arbeit des Roboters im Kopfbereich des Menschen kann ausgeschlossen werden. Um diese und weitere Einschränkungen ganzheitlich zu erfassen, ist eine klare Definition der rechtlichen Rahmenbedingungen für den Kollaborationsbetrieb von Robotern erforderlich. Denn nur anhand durchgehend definierte Anforderungen an die Arbeitsplatzsicherheit sowie klare Grenzwerte im Falle einer Kollision können standardisierte und übertragbare Risikobewertungen durchgeführt werden. Aufbauend auf einer ganzheitlichen Analyse der rechtlichen, ergonomischen und prozesstechnischen Anforderungen wurde von dem Unternehmen ein standardisierter Bewertungsleitfaden entwickelt, der eine strukturierte Bewertung der Arbeitsplätze aller Montagelinien hinsichtlich der Implementierbarkeit Mensch-Roboter-Kollaboration-fähiger Robotersysteme ermöglicht. Für zukünftige Applikationen ist anzustreben, dass nicht mehr jede einzelne Komponente des Robotersystems, sondern das Gesamtsystem hinsichtlich seiner Konformität mit den geltenden

Sicherheitsbestimmungen bewertet werden kann. Hierdurch kann erreicht werden, dass höhere Traglasten und schnellere Verfahrensgeschwindigkeiten, die den Taktzeiten der Serienproduktion entsprechen, zugelassen werden. Dem derzeit noch hohen Implementierungsaufwand stehen große monetäre und qualitative Erfolgspotenziale gegenüber. So lässt sich die Fehlerquote insbesondere bei variantenreichen Prozessschritten um bis zu 80 Prozent reduzieren, während die Produktivität um 30-200 Prozent gesteigert werden kann. Als wichtigster qualitativer Mehrwert ist die Steigerung der Arbeitsplatzergonomie durch die Übergabe monotoner und stark beanspruchender Arbeitsinhalte hervorzuheben. Somit wird es möglich, die personellen Kapazitäten auf Aufgaben mit hohen kognitiven, sensorischen und haptischen Anforderungen sowie auf planerische Aufgaben sowie der kontinuierlichen Verbesserung zu verlagern und damit einen Beitrag zum Job Enrichment zu leisten.

Fallstudie 21: Gegenstand der Fallstudie ist die Einführung eines ganzheitlichen Energiemanagementsystems für Gebäude sowie Anlagentechnik bei einem produzierenden Mittelstandsbetrieb im Bereich der Elektrotechnik. Bisher wurde der Produktionsfaktor Energie in weniger energieintensiven Industriesektoren wie dem Maschinen- und Anlagenbau, der Automobil- oder Pharmaindustrie nur geringe Beachtung geschenkt. Energie spielt bei vielen Unternehmen als zu optimierender Kostenfaktor nur eine untergeordnete Rolle. Häufig werden bei Effizienzsteigerungsprojekten nur die Faktoren Zeit und Material betrachtet. Aufgrund kontinuierlich steigender Energiepreise, einem verstärkten Umweltbewusstsein der Bevölkerung und immer strengeren Umweltauflagen wird die Optimierung der Energieeffizienz jedoch ein Handlungsfeld mit zunehmend zentraler Relevanz. Das Unternehmen hat sich zum Ziel gesetzt, die Energie-

wende durch die Einführung eines ganzheitlichen Systems zur Überwachung und kontinuierlichen Optimierung der Energie- und Wärmeverbräuche frühzeitig und nachhaltig umzusetzen. Bei der Reduzierung des Energieverbrauchs konzentriert sich das Unternehmen auf zwei zentrale Stellhebel. Den größten Hebel zur Reduzierung des Stromverbrauchs ließ sich durch die Beschaffung neuer, energieeffizienter Maschinen und Anlagen und somit der Reduzierung des Energiebedarfs realisieren. Bei der Umsetzung wurde auf Basis einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung darauf geachtet, dass die neuen Anlagen durch eine höhere Prozesseffizienz und Geschwindigkeit sowie einen geringeren Energieverbrauch kurze Amortisationszeiten von weniger als 5 Jahren aufweisen. Weitere Energieeinsparungen konnten durch Prozessoptimierungen wie die Reduzierung der Durchlauf- und Stand-by-Zeiten erreicht werden. Über die Erneuerung der technischen Ausstattung durch beispielsweise die Verwendung energieeffizienter Beleuchtungen, Erneuerung der Gebäudeisolation wurde ein weiterer deutlich messbarer Beitrag zur Reduzierung des Energiebedarfs erzielt. Qualifikation und Schulungen der Mitarbeiter bildeten die übergreifende Grundlage des Effizienzprogramms. Die Schulungen umfassten sowohl die Verbesserung von soft-skills, die auf den Aufbau eines vertieften Grundverständnisses von Energieverschwendung und Energieeffizienz im Arbeitsalltag abzielten, als auch konkrete Methoden- und Anlagenschulungen mit dem Schwerpunkt Energie- und Prozesseffizienz. Neben der Reduzierung des Energiebedarfs, trug auch der zweite Hebel, der Ausbau einer eigenen Energieerzeugung am Standort dazu bei, Energiekosten zu reduzieren. Durch die Errichtung einer großflächigen Solaranlage sowie mehrerer Wärmetauschsysteme zur Rückgewinnung von Prozesswärme konnte der Grundlastbedarf des Standortes vollständig abge-

deckt werden. Das Programm wurde dabei nicht als Einmalmaßnahme, sondern als nachhaltig gelebter Prozess implementiert, der analog zu einem Programm zur kontinuierlichen Verbesserung aufgebaut ist und durch die Mitarbeiter eigenverantwortlich stetig weiterentwickelt und gelebt wird. 2 Jahre nach der Einführung zeigt das Programm bereits deutliche Potenziale. Der Energiekostenanteil an den Fertigprodukten konnte um 15 Prozent reduziert werden. Die Gesamtkosten zur Deckung des elektrischen und thermischen Energiebedarfs sind um 35 Prozent gesunken und der Anteil der fremdbezogenen Energie wurde von 100 Prozent auf 60 Prozent reduziert.

Fallstudie 22: Ein mittelständisches Unternehmen aus dem Wohnungsbau mit Hauptsitz in Deutschland ist für mehr als 45.000 Wohnungen sowie rund 30.000 weitere Mieteinheiten verantwortlich und verwaltet sowie vermietet diese. Darüber hinaus entwickelt das Unternehmen neue Immobilienprojekte mit privaten Partnern. Das Unternehmen erzielt mit seinen insgesamt 1.000 Mitarbeitern einen Umsatz von 500 Millionen EUR im Jahr 2015. Bei der Verwaltung von Gebäuden sind die Energiekosten ein wesentlicher Treiber. Der Energiebedarf im Gebäudemanagement unterliegt starken saisonalen Schwankungen, was zu deutlichen Differenzen bei den Energieverbräuchen in den jeweiligen Gebäuden führt. Um die Verbräuche im Laufe eines Jahres in einem Gebäude zu optimieren, wurde zunächst analysiert, in welchen Bereichen, zu welcher Jahreszeit sowie in welcher Menge Energie verbraucht wird. Dafür sind unterschiedliche Sensoren und Erfassungsgeräte in den Gebäuden installiert worden. Zur optimierten Verbrauchssteuerung wurde aufbauend dazu ein Energiemanagementsystem implementiert. Ziel dabei ist es, den optimalen Betrieb der Gebäudetechnik in Hinblick auf die aktuelle Bedarfssituation zu erreichen. Dazu werden neben diversen Messwerten

innerhalb des Gebäudes auch Umweltparameter, wie die Wettervorhersage, in das System eingepflegt und verarbeitet. Um die Energieeffizienz der Gebäude zu erreichen, müssen auch die jeweiligen Mieter der Gebäude direkt eingebunden werden. Die Mieter erhalten über ein Nutzerinterface einen detaillierten Einblick in ihre Verbrauchssituation sowie den aktuellen und prognostizierten Ertrag der Photovoltaikanlage, die auf den Gebäudedächern implementiert wurden. Hiermit können die Mieter aktiv ihr Energieverbrauchsverhalten optimieren. Durch ein Anreizsystem werden die Mieter zusätzlich motiviert ihr Verbrauchsverhalten zu verbessern. Die Einführung des Energiemanagements führte zu einem um 27 Prozent gesenkten Energieverbrauch in den Gebäuden.

Fallstudie 23: Betrachtungsgegenstand dieser Fallstudie ist ein Betrieb aus dem Maschinenbau, der seinen Umsatz von 31 Millionen EUR durch die Fertigung hydraulischer Sonderlösungen erwirtschaftet. Das familiengeführte Unternehmen beschäftigt aktuell über 100 Mitarbeiter. Die hergestellten Produkte finden in verschiedenen Branchen ausgehend von der Logistik, der Lebensmittelindustrie bis hin zur Chemieindustrie Anwendung. Um den steigenden Anforderungen der Kunden gerecht zu werden und eine bessere Materialeffizienz zu erreichen, wurde der Herstellungsprozess überarbeitet. Bei dem in dieser Fallstudie betrachteten Produkt handelt es sich um einen Hydraulikblock, welcher verschiedene Systeme, wie etwa Ventile, Pumpen und Stellglieder innerhalb des Produkts verbindet und somit eine reibungsfreie Funktionalität ermöglicht. Bei der aktuellen Herstellung des Hydraulikblocks wurden nur spanende Herstellungsverfahren verwendet. Durch ihr Anwendung konnte ein Großteil des Materials nicht vollständig genutzt werden. Um das Ziel einer verbesserten Materialeffizienz zu erreichen, musste der Materialver-

brauch bei der Herstellung gesenkt werden. Dies kann nur durch einen veränderten Herstellungsprozess erreicht werden. Mit dem Additive-Manufacturing-Verfahren konnte das Unternehmen das benötigte Materialvolumen senken sowie die Bauteileigenschaften signifikant verbessern. Dabei wurde das bestehende Produkt auf die neuen Anforderungen und Gestaltungsmöglichkeiten angepasst. Nach der Überarbeitung des Produkts wurde es auf eine mögliche Produktion mit dem Selective-Laser-Melting-Verfahren in einem Simulationsprogramm überprüft. Beim betrachteten Produkt konnte eine Reduktion von 41 Prozent der Materialmenge erreicht sowie Strömungseigenschaften verbessert werden.

Fallstudie 24: Ein Unternehmen aus der Prozessindustrie betreibt mehrere Werke in Europa, Asien und Südamerika. Anlagenstillstände haben in der Vergangenheit bereits mehrfach zu Auftragsverlusten geführt. Die Sicherung der Betriebsfähigkeit der Anlagen hat somit höchste Priorität für die zuständigen Mitarbeiter. Dies führte in der Vergangenheit dazu, dass die Instandhaltungsaufwendungen immer weiter erhöht wurden. Es zeigte sich jedoch, dass Anzahl und Dauer der Anlagenstillstände trotz wachsender Instandhaltungsbudgets nicht gesenkt werden konnten. Der ineffiziente Ressourceneinsatz in der Instandhaltung hatte drei Ursachen. Erstens existierte kein durchgängiges Konzept zur Fehleranalyse. Zwar wurden alle Störungen in den Schichtbüchern und in den Produktionsberichten erfasst, es fehlten aber Angaben zur genauen Fehlerursache. Wichtige Informationen gingen verloren, sodass einzelne Probleme wiederholt auftreten konnten. Zweitens sahen die Wartungspläne ausschließlich zeitlich fixierte Intervalle für Wartung von Verschleißteilen vor. Unterschiedliche Anlagennutzungsgrade wurden nicht berücksichtigt. Je nach Auslastung der Produktion führte dies zu einem unberechtigten,

häufigen Austausch von Teilen oder einer zu geringen Wartungshäufigkeit. Drittens agierten Instandhaltungsabteilung und Produktionsmannschaft weitgehend unabhängig voneinander. Dies wiederum war der Auslöser, dass beginnende Defekte an den Anlagen vor einem Störfall verspätet oder gar nicht an die Instandhaltung gemeldet wurden. Dies führte häufig zu Notlösungen, um Anlagenstillstände zu verkürzen oder im letzten Moment zu vermeiden. Die Konsequenz dieser ineffizienten und unreifen Instandhaltung waren Doppelarbeit und Ressourcenverschwendung. Die Kosten durch Überstunden und den vermehrten Einsatz externer Dienstleister stiegen, ohne einen positiven Effekt auf die Anlagenverfügbarkeit. Diesem wurde durch ein anforderungsgerechtes Konzept der zustandsorientierten Instandhaltung begegnet. Ziel hierbei ist es, dass Wartung und Reparatur immer dann durchgeführt werden, wenn dies aufgrund des Anlagenzustands erforderlich ist. Das Konzept ist dabei stark von den Daten zum Anlagenzustand abhängig. Dies bedeutet, dass die richtigen Informationen erhoben werden und der Instandhaltung zur Verfügung stehen müssen. Neben dem Einsatz von Sensorik ist es essenziell, dass Schnittstellen zwischen Produktion und Instandhaltung reibungslos funktionieren und Anlagenprobleme schnell an die zuständigen Stellen weitergegeben werden. So können Anlagenstillstände verhindert und die vorhandenen Kapazitäten dort eingesetzt werden, wo es am wirkungsvollsten ist. Die Etablierung eines Systems zur zustandsorientierten Instandhaltung gliedert sich in fünf Phasen. Zunächst wurden mit der Instandhaltungsabteilung alle Störfälle identifiziert, die sich in den vergangenen drei Jahren zugetragen hatten, um ein umfassendes Verständnis für die aufgetretenen Fehler zu erhalten. In Workshops wurden daraufhin die genauen Fehlerquellen identifiziert. Dies diente als Basis für die Bestimmung der zu erhebenden Daten, um zukünftige Störfälle bereits vor deren Eintritt verhindern

zu können. In einem weiteren Schritt wurden gemeinsame Workshops mit den verantwortlichen Produktions- und Instandhaltungsmitarbeitern durchgeführt, um die Abstimmung zwischen den beiden Abteilungen zu verbessern. Dies umfasste die optimierte Informationsweitergabe und andererseits die verbesserte Koordination zwischen Produktionsaktivitäten und der Instandhaltung der Anlagen. Im Speziellen wurde geklärt, wann welche Instandhaltungsaktivitäten durchzuführen sind, um den Produktionsablauf möglichst nicht zu behindern. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden neue Wartungspläne erstellt und die vorhandenen ergänzt. Das Ergebnis dieser Optimierung war nicht nur die Senkung der Anzahl und Dauer der Anlagenstillstände. Darüber hinaus wurde die Koordination und Durchführung der anfallenden Tätigkeiten verbessert. Die Handlungen der Mitarbeiter wurden auf ein gemeinsames Ziel ausgerichtet. Durch die organisatorische Implementierung von strukturierten Fehleranalysen sowie die verbesserte Koordination zwischen Produktion und Instandhaltung war es möglich die Anzahl der instandhaltungsbedingten Anlagenstillstände im Pilotwerk von über 40 auf unter 25 pro Jahr zu senken. Dies geschah ohne den Einsatz zusätzlicher Ressourcen. Zudem konnte die Dauer der Anlagenstillstände um über 50 Prozent reduziert werden. Dies ist vor allem auf die verbesserte Fehlererkennung und Fehlerbehebung zurückzuführen.

Fallstudie 25: Ein Automobilhersteller stand vor der Herausforderung, die Produktivität an einem seiner deutschen Standorte weiter zu steigern. Das Hauptaugenmerk bisheriger Bemühungen waren Analysen zur Arbeitsverdichtung auf den taktgebundenen Arbeitsplätzen direkt am Montageband. Infolge der steigenden Produktkomplexität wurden in den vergangenen Jahren immer mehr variantenreiche Komponenten und komplexe Vormontagen in vorgelagerte Bereiche

verlagert. Gründe hierfür waren mangelnde Materialbereitstellungsflächen an der Linie sowie hohe Wegeanteile durch lange Stationslängen. Zur Steigerung der Produktivität sollten nun Maßnahmen in den vorgelagerten Bereichen der Vormontage und Vorkommissionierung ergriffen werden. Schnell sichtbare Erfolge in einem Pilotprojekt dienen dazu, die Mitarbeitermotivation zu steigern und durch die Signalwirkung die Veränderungsgeschwindigkeit zu beschleunigen. Der Untersuchungsbereich des Projekts umfasste zehn der Fahrzeugmontage vorgelagerte Bereiche, in denen Teile vorkommissioniert beziehungsweise vormontiert wurden. Zunächst wurde der bestehende Wertstrom durch quantitative Kennzahlenanalysen unter Berücksichtigung der Mitarbeiterauslastung, der Spreizung der Auslastung, des Wegeanteils und den Wartezeiten durchgeführt. Die sogenannten Line walks an den einzelnen Arbeitsplätzen unter Verwendung der Kennzahlauswertungen und einer Ergonomie-Checkliste diente dabei der direkten Aufnahme von Optimierungsideen am Arbeitsplatz. Der Ist-Wertstrom wurde je Arbeitsplatz untersucht und Auffälligkeiten aus den Analysen dokumentiert. Als Ergebnis dieses Moduls konnten Handlungsbedarfe und Gaps zum Benchmark aufgezeigt werden, welche die Grundlage zur Ideen- und Maßnahmenableitung bildeten. Außerdem wurden die beobachteten Auslastungslevels und die hinterlegten Systemwerte auf Plausibilität geprüft. Darauf aufbauend wurden in Workshops Ideen zur Steigerung der Produktivität der einzelnen Vormontage- und Vorkommissionier-Arbeitsplätze erarbeitet. Die entwickelten Ideen wurden in Layout-Alternativen übersetzt und für jeden Bereich Ideenlisten erstellt. Ziel war die Überführung der priorisierten Ideen in Maßnahmenpläne. Dazu wurden die Ideen hinsichtlich Machbarkeit und Wirksamkeit in Workshops diskutiert. Die Methode der Wertstromanalyse ermög-

lichte dem Unternehmen eine systematische Abarbeitung aller Potenzialfelder und konnte bei den Mitarbeitern den Blick auf die Vermeidung nicht-wertschöpfender Tätigkeiten schärfen. Hauptaugenmerk lag dabei auf Wege- und Wartezeiten. Insgesamt konnte ein Potenzial zur Reduzierung der Personalkapazitäten in Höhe von 28 Prozent ausgewiesen werden. Es wurden einige schnelldrehende Teile wieder zurück an die Linie oder zumindest in liniennahe Vormontagen verlagert werden konnten. Hierdurch konnte der Aufwand in den vorgelegerten Bereichen und in der Intralogistik reduziert werden. Dieses Vorgehen erlaubte es, Teilumfänge neu zu verteilen, einzelne Bereiche zusammenzufassen und die Personaleffizienz erhöht. Des Weiteren wurden für mehrere Bereiche wegeoptimierte Layout-Alternativen erarbeitet und priorisiert. Um mehr Platz an der Linie zu schaffen und weitere Rückverlagerungen an die Linie zu ermöglichen, entschied sich das Projektteam, zukünftig Pauseneinrichtungen und Büros bei Bedarf in einen anderen Gebäudeteil zu verlegen. Des Weiteren wurden für sämtliche Arbeitsplätze ergonomische Verbesserungen erarbeitet. Hierzu gehören höhen- und neigungsverstellbare Lifter für Großladungsträger, Regalbrücken, Podeste, höhenverstellbare stationäre Arbeitsplätze, Stehhilfen und Trittmatten. Für den Pilotumfang konnte ein neues Konzept entwickelt werden, welches kurzfristig die Umstellung von zwei auf einen Mitarbeiter für das gleiche Tätigkeitsspektrum ermöglichte.

Fallstudie 26: In der Automobilbranche führt eine Reduzierung des Fahrzeuggewichts zu Kraftstoffeinsparungen und zu einer CO₂-Reduzierung. Ausgangspunkt des Leichtbaus ist die Karosserie, denn das Gewicht der Karosserie beträgt 43 Prozent des Gesamtgewichts eines Fahrzeugs. Der Karosserieleichtbau wird allerdings nicht nur mit Aluminium und durch faserverstärkte Kunststoffe ermöglicht.

Leichtbau wird eher selten mit dem Material Stahl in Verbindung gebracht. Was im ersten Moment wie ein Widerspruch klingt, erweist sich bei genauerer Betrachtung als bedeutender Hebel bei der Gewichtsreduzierung. Stahl ist vor allem aufgrund der Werkstoffeigenschaften und des Kostenvorteils gerade für das Volumengeschäft der dominierende Werkstoff. Trotz der hohen Dichte von Stahl, kann mit diesem Werkstoff Leichtbau betrieben werden, da sich durch den Einsatz von hochfesten Stahlgüten die Bauteilwandstärken gezielt verringern lassen. Die Treiber für den Leichtbau liegen in den gestiegenen Craschanforderungen hinsichtlich des Fußgängerschutzes oder des Pfahlaufpralls und in dem steigenden Komfortbedürfnis der Kunden, beispielsweise in Bezug auf eine erhöhte Steifigkeit der Struktur. Darüber hinaus wurden Aggregate im Laufe der Zeit immer leistungsstärker und somit auch immer schwerer. So wies die erste Fahrzeuggeneration von 750 Kilogramm auf. Bis zur fünften Generation stieg das Fahrzeuggewicht mit einer Rate von 10 Kilogramm pro Jahr immer weiter an. Erst mit der Entwicklung des Nachfolgermodells wurden 10 Prozent Stahl für die Karosseriestruktur eingespart. Dies führte dazu, dass auch die Angebotsbreite unterschiedlicher Stahlgüten wuchs. Das Angebot hat sich auch auf Sandwich-Lösungen ausgeweitet, bei denen heute zwei 0,2 Millimeter dünne Stahlbleche durch eine Kunststoffschicht schubsteif miteinander verbunden werden. Bei der Sandwich-Lösung kann eine Biegesteifigkeit von 90 Prozent eines Vollblechs gleicher Stärke erreicht werden, sodass ein zusätzlich benötigter Bauraum vom 1,44-fachen vernachlässigt werden kann, um dieselbe Biegesteifigkeit wie Stahl zu erreichen, verglichen mit dem Platzbedarf bei Aluminiemeinsatz. Die ersten Leichtbaumaterialien, die eingesetzt wurden, waren formgehärtete Stähle, anfänglich als Aufprallträger und Stoßfängerquerträger. Diese

müssen im Falle eines Aufpralls als erstes Kontaktelement einen hohen Widerstand erzeugen und in Abstimmung mit den weiteren Fahrzeugkarosserieelementen eine optimale Energieumsetzung gewährleisten. Die geringere Verformung durch den Einsatz formgehärteter Stähle bietet hier ein erhöhtes Maß an Sicherheit für die Passagiere. Zur Gewichtsreduktion der Karosserie wird die Integration von unterschiedlichen Funktionen in einem Bauteil angewandt, wodurch die Anzahl von Baugruppen verringert wird. Der belastungsabhängige Einsatz von unterschiedlichen Stahlgüten, um die Steifigkeit in bestimmten Bereichen gezielt zu erhöhen oder zu verringern, bietet weiteres Potenzial. Diese Leichtbaustrategie wird als Design-Leichtbau bezeichnet und gipfelt im Einsatz von einzelnen warmumgeformten Bauteilen, mit lokal angepassten Eigenschaften. Beim Teilformhärten werden innerhalb eines Bauteils durch unterschiedliche Abkühlraten verschiedene Streckgrenzen und Bauteilgüten erreicht. Die Abkühlrate während des Umformprozesses wird durch Abdeckungen, Verschattungen oder Bewegungen des Bauteils innerhalb und außerhalb des Ofens zielgenau für einzelne Areale verändert.

Das Unternehmen setzt das Warmumformungsverfahren ein und entwickelt es kontinuierlich weiter. Die Warmumformung ist ein wichtiger Baustein bei der Umkehr der Gewichtsspirale hin zu leichteren, verbrauchsärmeren und crashsichereren Fahrzeugen. Die Kosten der warmumgeformten Stähle von anfänglich Faktor 7 gegenüber herkömmlichem Stahl konnten gesenkt und auf ein ähnliches Niveau wie klassische Tiefziehbleche reduziert werden. Die Warmumformung ermöglicht dünnere, aber belastbarere Bauteile. Sie kommt bei der Herstellung von Karosseriebauteilen zum Einsatz. In einem Ofen werden Platinen auf über 900° C erhitzt. Danach werden sie in das Umformwerkzeug eingelegt und erhalten beim Zufahren die Eigenschaften des formgehärteten Materials. Die Streckgrenze entspricht

dann dem sechs- bis siebenfachen Wert des herkömmlichen Tiefziehstahls mit Streckgrenzen von 140 bis 160 Megapascal. Die so hergestellten Teile zeichnen sich durch eine hohe Festigkeit bei geringerem Gewicht aus. Das ermöglicht dünnere und damit leichtere Bauteile. Belastungsgerechte variable Blechdicken innerhalb eines Bauteils, sogenannte Tailor-Rolled-Blank reduzieren zusätzlich den Materialeinsatz bei gleichzeitiger Optimierung der Performance. Die Dicke kann dabei an den Bauteilen lokal eingestellt werden. Prozesse, die bisher in den Walzwerken der Zulieferer abliefen, werden durch die Methode der Warmumformung in die Presswerke verlagert. Was zu einer höheren Flexibilität hinsichtlich Festigkeit und Geometrie einzelner Bauteile bei gleichzeitig höchster Genauigkeit im Fertigungsprozess führt. Das Verfahren Tailor-Rolled-Blank zeichnet sich durch den Einsatz verstellbarer Walzen aus. So kann ein durchgängiges Bauteil mit unterschiedlichen Dicken realisiert und aufwändige Fügeverfahren vermieden werden. Bei herkömmlichen Tailored-Blanks wurden bisher Bleche unterschiedlicher Dicke und gegebenenfalls unterschiedlicher Güte mittels des Laserschweißens zu einem Bauteil verbunden, da Platinen mit vielen unterschiedlichen Blechdicken oder auch sehr langen Laserverbindungen kostenintensiv sind. Dass nicht nur hinsichtlich der verwendeten Materialmenge, sondern auch im Bereich des Materialnutzungsgrades Optimierungspotenzial besteht. Zusätzlich zur Anwendung der Tailor-Rolled-Blank Technologie für dieses Bauteil, konnte durch eine optimierte Anordnung der Schnittmuster für die Verstärkung der B-Säule der Materialnutzungsgrad auf über 60 Prozent verbessert und damit die benötigte Materialmenge reduziert werden. Die Blechdicke im Seitenteil außen wurde von 0,75 Millimetern auf 0,7 Millimeter reduziert. Da der Materialnutzungsgrad nur bei etwa 30 Prozent liegt,

werden statt 31,7 Kilogramm Stahl pro Seite jetzt noch 29,5 Kilogramm, 4,4 Kilogramm weniger, benötigt. Das Dachblech wurde von 0,8 Millimeter auf 0,7 Millimeter reduziert. So konnten an diesem Bauteil mehr als 10 Prozent des Gewichts eingespart werden. Besonders bei großvolumigen Fahrzeugfamilien haben hohe Stückzahlen einen Hebeleffekt, sodass auch vermeintlich kleine Einsparungen einen großen Effekt bewirken. Möglich sind inzwischen extrem dünne Blechdicken von bis zu 0,5 Millimetern. Gegenüber der Ursprungsversion, konnte das Gewicht der Karosseriestruktur von 231 auf 188 Kilogramm reduziert werden. Das entspricht einer Ersparnis von knapp 20 Prozent. Möglich machen dies hochfeste Stähle mit Festigkeitswerten von bis zu 1.500 Megapascal. Der Werkstoff Stahl wird aufgrund der Wirtschaftlichkeit auch in Zukunft eine bedeutende Rolle einnehmen, auch wenn zunehmend mehr Aluminium in der Automobilindustrie eingesetzt wird. Der Beginn des Aluminiumeinsatzes in der Automobilindustrie erfolgte ursprünglich bei Audi. Der Audi Space-Frame stellte 1994 den ersten Einsatz von Aluminium in einer Großserie dar, mit einem Gesamtgewicht von 249 Kilogramm. Es wurden 80 Fahrzeuge am Tag mit der Aluminium-Karosserie hergestellt. Durch eine Kombination aus Strangpressprofilen, Druckguss- und Blechteilen konnte die erste selbsttragende Vollaluminiumkarosserie produziert und mit ihr der industrielle Leichtbau revolutioniert werden. Auch Dach und Seitenteile wurden aus speziellen Aluminium-Bauteilen gefertigt. Auch in Großserienfahrzeugen konnte das Fahrzeuggewicht durch den Einsatz von Aluminium-Bauteilen bis zu 100 Kilogramm reduziert werden. Daneben werden Aluminium-Druckgusslegierungen ohne Wärmebehandlung für die Längsträger, hochfeste Aluminium-Mehrschicht-Blatt-Legierungen und vollgepresste Aluminium-Türen. Durch den Aluminium-Einsatz wurde die Anzahl der Fahrzeugteile reduziert und gleichzeitig die

Fahrzeugsicherheit erhöht. Die so entstandene Sicherheitszelle besteht aus Aluminium-Strangpressteilen, -guss und -blech. Aus hochfestem Aluminium-Blech sind der Dachrahmen, die Flügeltüraufhängung, der Überrollbügel hinter dem Fahrer, der Kofferraumbereich sowie die vordere Spritzwand. Aluminium-Strangpressteile werden bei dem Seitenschweller, der Querprofile und dem Vorder- und Hinterwagen eingesetzt. Neben dem geringeren Gewicht weist Aluminium verglichen mit Stahl andere Materialeigenschaften auf. So unterscheidet sich das Rückfederungsverhalten von Aluminium gegenüber Stahl. Diese Materialeigenschaft ist an Türen sowie Klappen und bei den Biegeradien zu beachten. Um die gleiche Steifigkeit wie Stahl zu erreichen muss die Materialdicke bei flächigen Bauteilen um den Faktor 1,44 ansteigen. So konnte das Fahrzeuggewicht durch den Aluminiumeinsatz um bis zu 40 Prozent reduziert werden. Auch der bis zu dreifach höhere Preis gegenüber Stahl ist ein Hauptargument gegen den Aluminiumeinsatz. Der CO₂-Ausstoß bei der Herstellung der Aluminiumfasern liegt bei 17 Kilogramm CO₂ pro Kilogramm Aluminium, wohingegen bei der Stahlproduktion lediglich 3 Kilogramm CO₂ pro Kilogramm Stahl entstehen. Der Aluminiumeinsatz erfordert andere Werkzeuge und angepasste Fügeprozesse. Für Aluminium-Teile werden die Fügeverfahren Metall-Inert-Gas-Schweißen, Laser-Schweißen, Halbhohl-Senknieten, Spezial-schrauben, Clinchen, Vollnieten, Widerstand-Element-Schweißen und Falzen verwendet. Deren Weiterentwicklung in einem speziellen Forschungszentrum erfolgt gebündelt. Hier wird an der weiteren Gewichtsreduktion durch Alu-Stahl-Mischbauweise gearbeitet, da durch die Kombination beider Werkstoffe eine hohe Steifigkeit gewährleistet wird ohne die technische Qualität oder die Festigkeit zu reduzieren. Vor allem die Kombination der Materialien Aluminium

und Stahl ist die zentrale Vorgehensweise für die Karosserieherstellung in der Großserie. So werden Dach und Seitenteile aus Aluminium-Bauteilen gefertigt, wohingegen die B-Säule sowie sicherheitsrelevante Bauteile aus formgehärtetem Stahl bestehen. Bei der Entwicklung und Herstellung von Alu-Stahl-Mischbau-Komponenten ergeben sich Herausforderungen bezüglich des Materials, des Produktdesigns und des Produktionsprozesses. Die unterschiedlichen Schmelzpunkte und Ausdehnungskoeffizienten der Materialien und der Korrosionseffekt durch hohe elektrochemische Potentialunterschiede müssen berücksichtigt werden. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Verbindungs- sowie Fügetechnik hat die Mischbauweise Einfluss auf die Anlageinvestitionen. So müssen für den Verbindungs- und Produktionsprozess extreme Festigkeiten und verringerte Umformbarkeiten berücksichtigt werden, wie sie bei pressgehärteten Stählen und hochfesten Aluminium-Legierungen vorzufinden sind. Das Widerstand-Element-Schweißen ist ein geeignetes Fertigungsverfahren, welches Kostenpotenziale und Großserientauglichkeit aufzeigt. So kann das Fahrzeuggewicht um 9 Kilogramm reduziert werden. Durch das Fügeverfahren mit Klebstoff wird nicht nur der direkte Kontakt zwischen Aluminium und Stahl vermieden, sondern auch die Spannungsunterschiede und damit die Korrosion. Im Crashfall reicht Klebstoff als einziges FügemitteI nicht aus, sodass zusätzlich das Hohlstanznieten und das Vollstanznieten nötig sind. Speziell bei Stählen mit Festigkeiten von über tausend Megapascal wird das Vollstanznieten vorgezogen. Weitere Fügetechnologien im Mischbau sind Flow Drill Screwing, Lasern, Halbhohlstanznieten, Rollfalzen, Clinchen und Reibelementschiweißen. Aufgrund der Komplexität und da der breite Einsatz von Stahl-Aluminium-Kombinationen im gesamten Karosserieraum innovative Fügeverbindungen

und -prozesse und Fachkompetenzen erfordert. Weswegen eine Plattform für die enge Zusammenarbeit mit den Lieferanten aufgebaut wurde, um emissionsärmere und zugleich kostengünstigere Fahrzeuge herzustellen. Auch das Teile-Handling innerhalb der Fertigungsschritte ist beim Einsatz der Alu-Stahl-Mischbauweise anspruchsvoll. Nach dem Aufkommen von Kohlefasern konnte eine Weiterentwicklung der Einsatz- und Verarbeitungsmöglichkeiten von Alu-Stahl-Mischbau beobachtet werden. So konnte durch den Einsatz eines vorderen Rahmenteils aus 69 Prozent Aluminium und 31 Prozent Stahl das Gewicht der Karosserieträger auf 68 Kilogramm reduziert werden, sodass die gesamte Fahrzeugkarosserie nur 276 Kilogramm wiegt. Durch die Kombination von Aluminium in der Karosserie-Außenhaut mit Bodengruppen und Fahrgastzellen aus hoch- und höherfesten und damit leichten Stählen ließen sich für das Modell 50 Kilogramm einsparen. Ebenso konnte der ein anderes Fahrzeug durch intelligente Mischbauweise um bis zu 100 Kilogramm reduziert werden. Der Einsatz von Alu-Stahl-Mischbau unterstützt auch die Etablierung der Elektromobilität, da das Fahrzeuggewicht durch die Mischbauweise reduziert und die Reichweite des Fahrzeugs dadurch erhöht wird. Eine Reduzierung des Fahrzeuggewichts um 100 Kilogramm ermöglicht Kraftstoffreduzierungen von bis zu 0,3 Liter pro 100 Kilometer. Eine Weiterentwicklung der Mischbauweise stellen Faserverstärkte Kunststoffe dar. Sie sind Verbundwerkstoffe, bei denen beispielsweise Glas- oder Kohlenstofffasern in einer Kunststoff-Matrix eingebettet sind. Die Fasern werden durch die Matrix fixiert, stabilisiert und vor äußeren Einflüssen geschützt. Dabei profitieren die mechanischen Eigenschaften des ausgehärteten Verbunds vor allem von der Zugfestigkeit der Fasern. Innovationen direkt in die Großserie einzupflegen stellt allerdings ein hohes Risiko

dar. Bei Einführung der faserverstärkten Kunststoffe war das sogenannte Prepreg-Verfahren Stand der Technik. Hierbei wird eine Mischung von Harz und Härter in einem Autoklav unter erhöhter Temperatur ausgehärtet. Dieses Verfahren weist jedoch lange Zykluszeiten von 3-4 Stunden auf und ist daher nicht geeignet, hohe Stückzahlen wirtschaftlich zu realisieren. Neben den hohen Prozesskosten ist ebenso das Material ein Kostentreiber, der mit einem Preis von 100 Euro pro Kilogramm zu beziffern ist und damit im Vergleich um ein Vielfaches über Stahl oder Aluminium liegt. Dennoch ergeben sich durch den neuen Werkstoff vollkommen neue Möglichkeiten für den Automobilbau. Mit faserverstärkten Kunststoffen lassen sich deutliche Verbesserungen für den Leichtbaugrad und die passive Sicherheit erzielen. Die Materialien sind korrosionsunempfindlich, haben ein hohes Absorptionsvermögen und sind nahezu beliebig formbar. Allerdings treten besonders hohe Potenzialunterschiede auf, wenn faserverstärkte Kunststoffe mit Aluminium oder Stahl kombiniert werden. Um der daraus resultierenden hohen Korrosionsgefahr entgegenzuwirken sind besondere Schutzmechanismen notwendig. Auf Grund der hohen Kosten der faserverstärkten Kunststoffe wurde die Beherrschung des Harzinjektionsverfahrens verfolgt, da die Prozesszeiten 50 Prozent geringer sind, als im Prepreg-Verfahren. Dieses Verfahren lässt sich in vier einzelne Prozessschritte unterteilen. In ein meist zweigeteiltes Werkzeug werden ungetränkte Verstärkungsfasern in Form eines vorkonfektionierten und konturnahen Preforms eingelegt. Nach dem Schließen des Werkzeugs wird das Harzsystem über einen Anguss in das Formnest injiziert. Bei der Injektion durchströmt das Harz die Faserlagen und härtet aus. Nach der Aushärtung kann das Bauteil im letzten Schritt aus dem Werkzeug entnommen werden. Die Entwicklung des Herstellungsprozesses im hauseigenen Kompetenzzentrum, wird mittels eines dreistufigen

Vorgehens und einer sukzessiven Substitution gezielt ausgesuchter Fahrzeugkomponenten vorangetrieben. Um die Technologie der faserverstärkten Kunststoffe zu beherrschen, ist es zwingend notwendig, die Prozesse im Detail zu verstehen. Die Grundlagentechnologien werden analysiert, entwickelt und weiter verfeinert. Dies beinhaltet insbesondere das Verständnis in Bezug auf Materialpaarungen (Faser in Verbindung mit Harz und Härter). Mit neuen Partnern aus der chemischen Industrie wurden gezielt Werkstoffe entwickelt, die ein schnelleres Aushärten ermöglichen und damit den Ansprüchen im Automobilbau besser genügen. Die Zykluszeit konnte hierdurch von 1-2 Stunden auf wenige Minuten optimiert werden. So war es möglich, trotz des hohen Materialeinsatzes, 50 Prozent der Herstellungskosten zu senken. Als erstes wurde die Motorraumabdeckung eines Kleinserienfahrzeugs aus faserverstärkten Kunststoff gefertigt. Die Herausforderung bestand in den größeren Abmessungen des Bauteils sowie der hohen Temperatur am Verbauort des Materials, nahe am thermisch hochbelasteten Motor. Neben der Weiterentwicklung der Fertigungsprozesse rückt nun auch die Weiterentwicklung der Materialeigenschaften in den Fokus. Insbesondere im Einsatz bei für den Kunden sichtbaren Bereichen müssen hinsichtlich der Oberflächengüte neue Maßstäbe gesetzt werden. Die Weiterentwicklung des Werkzeugbaus speziell für die faserverstärkten Kunststoffe ermöglicht ein größeres Einsatzspektrum im Karosseriebau für Strukturkomponenten. Im Vergleich zu den Vorgängermodellen konnte so bei einer leichteren Karosseriestruktur die Torsionssteifigkeit der Karosserie um 60 Prozent gesteigert werden. Mittlerweile gelten die faserverstärkten Kunststoffe nicht als teure Alternative zum Aluleichtbau oder Stahlleichtbau. In Stückzahlengrößen von 300-400 Einheiten lassen sich mit den bereits getätigten Entwicklungsmeilensteinen weitere Kostenvorteile realisieren. Dem hohen Materialwert stehen

relative günstige Werkzeugkosten gegenüber. Im Vergleich zu Presswerken für Stahl oder Aluminium betragen die Werkzeugkosten für die faserverstärkten Kunststoffe nur 1/15. Neben den technischen Aspekten ergeben sich durch den Einsatz von Sicht-Carbon Bauteilen neue Gestaltungsmöglichkeiten und bieten dem Kunden eine einzigartige Optik.

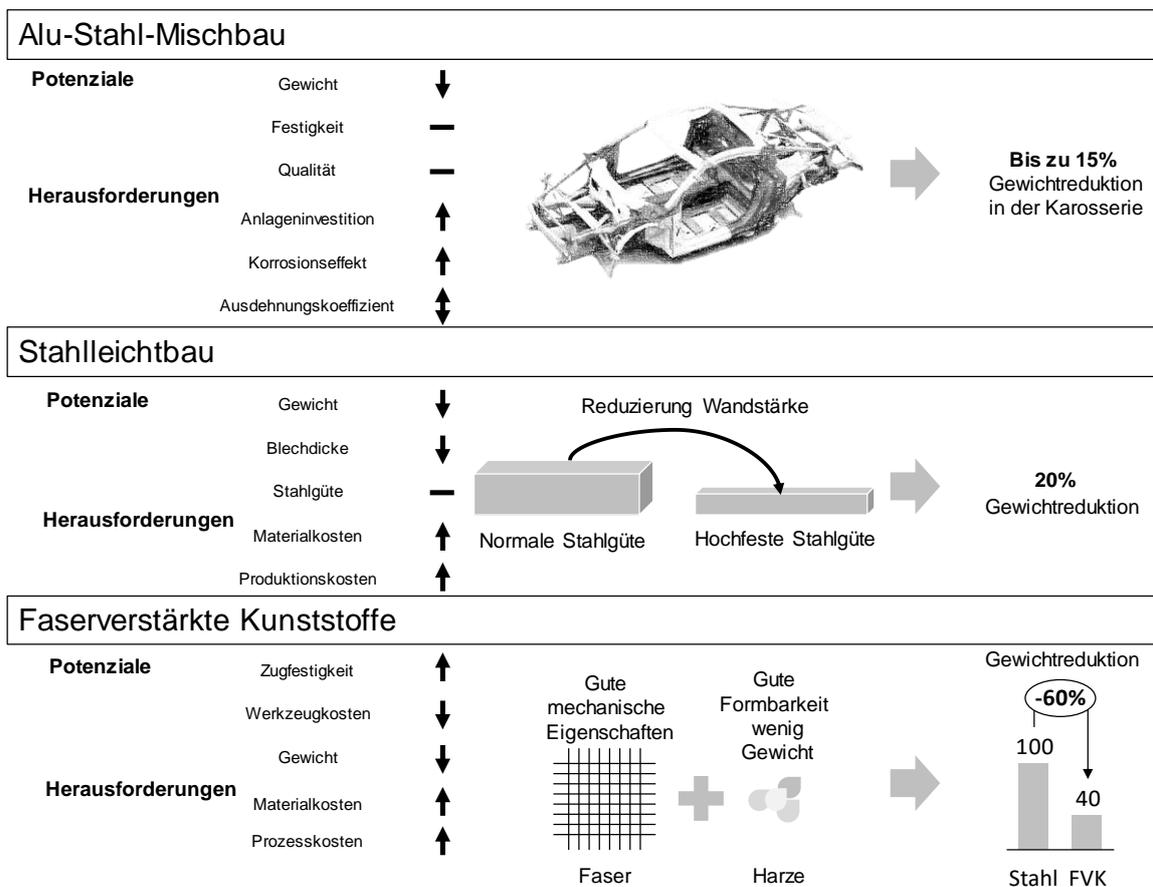


Abbildung 3-3: Potenziale und Herausforderungen unterschiedlichen Materialeinsatzes in der Automobilindustrie

Fallstudie 27: Ein Unternehmen, das Teil eines Konzerns, ist bietet Lösungen in der Materialflusstechnik und in der Intralogistik an. Zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit wurde ein neues Produktprogramm für Fördertechnikanlagen entwickelt. Um mit den neuen

Produkten die gestiegenen Kundenanforderungen an die Lieferzeiten zu erfüllen, mussten die Durchlaufzeiten in der Montage signifikant reduziert werden. Ferner mussten aufgrund prognostizierter Absatzsteigerungen die Montagekapazitäten erhöht werden. Bisher erfolgte die Produktmontage nach dem Werkstattprinzip. Eine Unterteilung des Montagebereichs bestand nur auf Produktgruppenebene. Das Produkt selbst wurde an einem einzelnen Montageplatz vollständig durch einen Mitarbeiter anhand seiner Erfahrung montiert. Eindeutige Vorgaben zum Montageablauf in Form von Arbeits- oder Verfahrensanweisungen existierten nicht. Die Folge waren stark unterschiedliche Montagezeiten sowie häufige Qualitätsmängel. Die Materialbereitstellung erfolgte vollständig nach dem Push-Prinzip auf einer einzelnen Bereitstellungsfläche für den gesamten Montagebereich. Die Folge waren hohe Bestände. Es kam zudem häufig zu Montageunterbrechungen aufgrund von unauffindbaren Teilen. Mit einer inkrementellen Verbesserung des bisherigen Montagekonzepts konnte dieses Ziel nicht erreicht werden. Um das Ziel der Produktivitätssteigerung auf Basis eines effizienteren Einsatzes von bestehenden Mitarbeiterressourcen zu erreichen, musste das Montageprinzip grundlegend verändert werden. Für die Neuplanung war das Produkt der erste Ansatzpunkt. Sämtliche Einzelprodukte aus denen sich die Fördertechnikanlagen des Unternehmens zusammensetzen, wurden zunächst in ihre Baugruppen zerlegt. Anschließend wurden eine entsprechende Montagesequenz mit Vor- und Endmontageumfängen definiert. Für jeden Sequenzschritt wurde die Montagezeit ermittelt. Basierend auf den ermittelten Werten, wurden die Sequenzschritte entsprechend des errechneten Kundentakts zusammengefasst. Für jeden der getakteten Montageschritte wurden Montageboxen entworfen. Die Anordnung der Montageboxen erfolgte so, dass sämtliche Produkte in einem gleichgerichteten Fluss durch den Montagebereich

laufen. In jeder Montagebox wird ein genau vordefinierter Montageumfang erledigt und das Produkt dann in die nächste Montagebox für die Fortführung des Montageprozesses transportiert. Der Arbeitsumfang für jeden montageboxspezifischen Takt wurde so aufeinander abgestimmt, dass ein kontinuierlicher Fluss der Produkte durch die Boxen gewährleistet ist. Die Anzahl der benötigten Boxen resultierte aus der Anzahl der Montageschritte und den notwendigen Produktionskapazitäten. Am Ende der Montagelinie befindet sich der Versandbereich, in dem die Produkte auftragsspezifisch kommissioniert und verpackt werden können. Eine inhaltliche, räumliche und zeitliche Gestaltung der Montageschritte nach dem Flussprinzip konnte auf diese Weise erreicht werden. Die Montageumfänge für jede Montagebox wurden in einer detaillierten Verfahrensanweisung festgehalten und die Mitarbeiter geschult. Durch den Aufbau von Kanban-Kreisläufen wurde die Bereitstellung für einen Großteil der Materialien vom Push- auf das Pull-Prinzip umgestellt. Auftragspezifische Teile oder Teile mit hoher Variantenvielfalt werden nach dem Just-in-Sequence-Prinzip an die Montageboxen angeliefert. Für die Teileversorgung wurde ein Routenzugsystem eingerichtet, das nach dem Milk-Run-Prinzip operiert. Auf diese Weise konnte hundertprozentige Materialverfügbarkeit erreicht werden. Unnötige Bestände wurden abgebaut. Die Wertschöpfungsgestaltung nach dem Fließprinzip führte zu Potenzialwirksamkeit in Form von Zeit- und Kostenreduktionen. Durch klar definierte Montageumfänge und -abläufe je Montagebox, konnten die Montagezeiten insgesamt um 20 Prozent reduziert werden. Zudem kann die exakte Nachverfolgbarkeit auftragspezifischer Montagefortschritte gewährleistet werden. Montagekosten und Auslastungsgrade sind transparent. Die Umstellung der Materialbereitstellung auf Kanban und Just-in-Sequence erhöhte die Ma-

terialverfügbarkeit auf 100 Prozent. Im Ergebnis konnte die Durchlaufzeit in der Montage um 40 Prozent verbessert werden. Die Herstellkosten des Produkts wurden um 15 Prozent gesenkt. Die Produktivitätssteigerung durch Vermeidung von Blindleistung und Verschwendung ermöglichte eine Erhöhung der Produktionskapazitäten bei gleichbleibendem Personaleinsatz.

Fallstudie 28: Ein Unternehmen der deutschen Luftfahrtzulieferindustrie stand vor der Aufgabe, die Profitabilität einzelner Produkte zu verbessern. Hintergrund dieser Herausforderung ist zum einen der steigende Wettbewerbsdruck, insbesondere aus Niedriglohnländern, zum anderen die strategische Zielvorgabe des OEMs Kosteneinsparungen in Höhe von 20-30 Prozent zu erzielen. Am betrachteten Standort war die kontinuierliche Umsetzung von Maßnahmen zur Kostensenkung und Produktivitätssteigerung auch aufgrund des hohen Lohnniveaus bereits seit Jahren zwingende Notwendigkeit. So wurden mit Hilfe einer Lean Initiative bereits die ersten Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung realisiert. Der Automatisierungsgrad in der Montage stieß aufgrund ihrer Komplexität bereits an eine nachvollziehbare Grenze. Um einerseits weitere Verbesserungsmaßnahmen zu erarbeiten und umzusetzen sowie andererseits das übergeordnete Ziel einer Produktivitätssteigerung zügig und zielgerichtet zu erreichen, entschied sich das Unternehmen, innerhalb der bestehenden Organisationsstrukturen ein Projekt mit insgesamt vier Modulen zur Bewältigung dieser Herausforderungen aufzusetzen. Der Untersuchungsbereich des Projekts umfasste alle Fertigungsprozesse von der Bearbeitung von Zukaufteilen, über die gesamte Fertigung bis hin zur Endmontage. Zunächst wurde im ersten Projektmodul der Untersuchungsbereich abgegrenzt und Basisdaten und Vorarbeiten zur Produktivitätssteigerung ausgewertet. Das Vorgehen basierte auf einer

regelmäßigen und engen Abstimmung zwischen den Projektmitarbeitern, dem Management und den Fachkräften aus den jeweiligen Bereichen. Das zweite Modul umfasste die Aufnahme und Analyse des Wertstroms und stützte sich auf folgende praxisbewährte Methoden. Der Begleitung jedes Prozessschrittes, einer quantitativen Analyse von Kennzahlen wie Mitarbeiter- und Maschinenauslastung, Wegeanteile und Fehlerraten sowie einer qualitativen Analyse der einzelnen Prozessschritte auf Basis strukturierter Experteninterviews. Der Ist-Wertstrom wurde je Prozessschritt sukzessiv untersucht und Auffälligkeiten aus den Analysen sowie der Prozessbegleitung visualisiert. Außerdem wurden je Prozessschritt die entstandenen Lohn- und Materialkosten dargestellt. Als Ergebnis dieses Moduls konnten Handlungsbedarfe und Leistungslücken zum Benchmark aufgezeigt werden, welche neben den Ideen der Fachkräfte die Grundlage zur Maßnahmenableitung bildeten. Bereits durch die reine Prozessbegleitung aller Arbeitsvorgänge und die darauffolgende Anpassung der in den Arbeitsplänen hinterlegten Bearbeitungszeiten konnte die Arbeitsproduktivität um bis zu über 30 Prozent erhöht werden. Bei der Umsetzung der neuen Planzeiten war ein kontinuierliches Controlling der endrückgemeldeten Zeiten durch die Projektmitarbeiter notwendig. Bei Abweichungen wurden in Gesprächen mit den Fachkräften die Gründe für die Abweichung diskutiert, Ideen zur weiteren Reduktion der Bearbeitungszeiten entwickelt und ein Change-Management betrieben, um den Mitarbeitern die Notwendigkeit der teilweise tiefgreifenden Änderungen zu erläutern und gleichzeitig diese für diese Veränderungen zu gewinnen. Die unerwartet hohen Produktivitätssteigerungen bereits an diesem Punkt des Projekts waren unter anderem auf ein Kapazitätsproblem in der Arbeitsvorbereitung zurück zu führen. Ziel des dritten Moduls war die Erarbeitung von Ideen

zur weiteren Steigerung der Produktivität bei einzelnen Arbeitsplätzen sowie der gesamten Produktion. Sowohl durch Auswertung der Ergebnisse der Analysephase als auch in Workshops mit Mitarbeitern wurden Verbesserungsideen erarbeitet und abgestimmt. Die entwickelten Ideen wurden dokumentiert und in eine übergreifende Ideenliste überführt. Um die Ideen weiter zu detaillieren und zu plausibilisieren wurden gewisse Prozessschritte mehrfach begleitet und angrenzende Funktionsbereiche mit der Begutachtung ausgewählter Ideen betraut. Durch die Analyse der Abhängigkeiten der Ideen konnten Konflikte bei der Realisierung der Optimierungspotenziale vermieden werden und realistische Abschätzungen zur Potenzialhöhe getroffen werden. Das vierte Modul diente der Bewertung und Priorisierung der Ideen hinsichtlich ihres Beitrags zur Produktivitätssteigerung. Ziel war zudem die Überführung der priorisierten Ideen in einen Maßnahmenplan, denn dadurch wird eine strukturierte Verfolgung der Ideen ermöglicht. Ideen hinsichtlich Liefertreue und Produktqualität wurden aufgrund der Ausrichtung des Projekts zunächst bewusst niedriger priorisiert, um sie zu einem späteren Zeitpunkt weiterzuverfolgen. Zur Erreichung dieses Ziels wurden zunächst die Ideen hinsichtlich Umsetzbarkeit und Wirksamkeit in Workshops bewertet. Des Weiteren wurden die notwendigen Voraussetzungen zur Ideenumsetzung bestimmt sowie erforderliche Veränderungen und Investitionen beurteilt. Daran schloss sich die Priorisierung der Ideen im Rahmen eines Priorisierungsworkshops an. Alle priorisierten Ideen wurden in einem Maßnahmenplan zur Produktivitätssteigerung zusammengefasst, um die weitere Verfolgung und Umsetzung sicherzustellen. Im Ergebnis konnte durch eine temporäre Verstärkung der Arbeitsvorbereitungsfunktion durch die Projektmitarbeiter die Arbeitsproduktivität um 50 Prozent erhöht werden. Das Ergebnis stellt die Basis für weitere Produktivitätssteigerungen im Rahmen eines

KVP Programms dar. Hier werden für die nächsten zwei Jahre Produktivitätssteigerungen um 5 Prozent pro Jahr erwartet. Außerdem konnte das Projekt Kapazitätsengpässe in einzelnen Funktionsbereichen aufzeigen, welche zu der bereits dargestellten Ausgangssituation geführt haben.

3.2 Expertengespräche

Die empirische Analyse der bereits eingesetzten Methoden zur Ressourceneffizienzbewertung erfolgt anhand von Experteninterviews. Ziel ist es, die bereits in der Praxis etablierten Vorgehensweisen standardisiert zu erheben und die so gewonnen Erkenntnisse als Grundlage in die Modellentwicklung einfließen zu lassen. Die befragten Experten konnten aus den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses rekrutiert werden. Eine detaillierte Übersicht der befragten Experten ist in Abbildung 3-4 dargestellt. Für die Durchführung der Expertengespräche wurde ein Leitfaden entwickelt, der insgesamt vier Blöcke umfasste (vgl. Anhang). Nach einer freien Einleitung mit der Vorstellung des Forschungsprojektes und einer Gesprächseinleitung werden im zweiten Themenblock allgemeine Informationen zum Unternehmen abgefragt. So werden die Interviewpartner unter anderem gebeten das Unternehmen in wenigen Stichpunkten kurz vorzustellen. Zusätzlich werden Fragen zu den Produkten und den Umsatzzahlen, sowie der Anzahl der Mitarbeiter und dem Energie-, sowie Materialeinsatz im Unternehmen gestellt. Der zweite Fragenblock beschäftigt sich mit Fragen zur Methoden zur Bewertung des effizienten Einsatzes von Energie, Material und Personal im Unternehmen. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der Erhebung der bereits zur Bewertung eingesetzten Methoden innerhalb des Unternehmens.

Unternehmen	Branche	Position des Experten
Bergische Gesellschaft für Ressourceneffizienz	Beratung	Projektleiter
BMW AG	Automobilindustrie	Abteilungsleiter
CeramTec GmbH	Werkstoffindustrie	Abteilungsleiter
Münchener Schlüsseldienst Kilian GmbH	Dienstleistungsbranche	Geschäftsführung
psm protech GmbH	Automobilzulieferindustrie	Geschäftsführung
Rußwurm Ventilatoren GmbH	Maschinen- und Anlagenbau	Geschäftsführung
Swoboda KG	Automobilzulieferindustrie	Geschäftsführung
Seal Concept GmbH	Werkstoffindustrie	Prokurist

Abbildung 3-4: Übersicht über die befragten Experten

Im vierten Abschnitt werden Methoden zur Steigerung der Ressourceneffizienz anhand des Produktlebenszyklus sowie definierter Auswahlkriterien erhoben. Die befragten Experten vertreten sowohl kleine als auch mittlere Unternehmen sowie internationale Konzerne. Alle Unternehmen geben zu Protokoll, dass sie einen hohen Personaleinsatz aufweisen. Jedoch ist es für kleine Unternehmen schwer, den Einfluss der Mitarbeiter aus den indirekten Bereichen auf die einzelnen Produkte zu bestimmen. Diese gilt vor allem, weil alle befragten Experten bestärken, dass hier hohe Effizienzpotenziale existieren. Mit 36 bis 58 Prozent Umsatzanteil weisen die Materialkosten den

höchsten Einfluss auf die Kostenstruktur der produzierenden Unternehmen auf. Demgegenüber stehen geringe Energiekosten, die primär durch Strombedarf getrieben werden.

Es zeichnet sich ein ambivalentes Bild hinsichtlich der Optimierung des Ressourceneinsatzes ab. Je größer das Unternehmen ist, desto höher ist die Bedeutung des Ressourceneinsatzes. Insbesondere bei starken Wettbewerbern und des von ihnen ausgehenden Kostendruck wird ein Streben nach einem optimalen Ressourceneinsatz testiert. Ähnliches ist bei den eingesetzten Methoden der Fall. Gerade kleine, inhabergeführte Unternehmen greifen auf Erfahrungswissen der einzelnen Mitarbeiter zurück ohne Prozesse zu dokumentieren. Größere Unternehmen greifen auf dokumentierte Methoden zurück. Allerdings werden lediglich Methoden mit ökonomischen Schwerpunkt eingesetzt, die lediglich einen Teilbereich der drei Ressourcen Energie, Material und Personal optimieren. Hierzu gehören Sankey-Diagramme, Benchmarking-Vergleiche, Teilaspekte der Ökobilanz oder die Verfolgung von Kennzahlen wie Wertschöpfung je Mitarbeiter, Umsatz je Vollzeitäquivalent, Nachkalkulationen oder Kostenrechnungsverfahren. Jedoch werden gerade Benchmark-vergleiche nur von zwei Unternehmen durchgeführt, weil es eine entsprechende Organisation, die den Vergleich vornimmt, existiert. Zielwerte werden von keinem der befragten Unternehmen erhoben. Über ein eigenes Ressourcencontrolling konnte kein Experte berichten. Vielmehr wird die Verfolgung des Ressourceneinsatzes und dessen Verbesserung von einzelnen Beauftragten durchgeführt. Zumeist jedoch werden lediglich die im Rahmen der Bilanzierung und Gewinn- und Verlustrechnung ermittelten Kennzahlen angewendet und verfolgt. Wird der Produktlebenszyklus differenziert beleuchtet, so ist auffällig, dass die Effizienz des Recyclings selbst bei den größten Unternehmen nicht

beeinflusst wird. Höhere Priorität wird auf die Entwicklung und teilweise die Herstellung gelegt. Insbesondere die Entwicklung ist für alle produzierenden Unternehmen von entscheidender Bedeutung, da hier das gesamte Produktdesign festgelegt wird. Hierzu gehört auch die Art und Weise der späteren Produktherstellung sowie, innerhalb eines bestimmten Bezugsrahmens, die effiziente Nutzung des Produkts. Dies ist auch ein Grund, weshalb im weiteren Verlauf eine gemeinschaftliche Betrachtung der Phasen der Entwicklung und Herstellung erfolgt. Weil kein Unternehmen die Nutzung durch seine Kunden beeinflussen kann wird auch die Nutzungsphase nur rudimentär und an den entsprechenden Schnittstellen durch den Einsatz von Methoden seitens des Herstellers unterstützt. Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Ressourcen findet nur in Einzelfällen statt. Insbesondere im Bereich des effizienten Personaleinsatzes wird kontinuierlich das Bewusstsein der Mitarbeiter gesteigert. Das kleinste der befragten Unternehmen hat für diesen Zweck, was eher untypisch für die Unternehmensgröße, einen eigenen Montageleiter eingestellt, der sich um den effizienten Personaleinsatz kümmert. Ein weiteres Unternehmen zeichnet sich dadurch aus, dass verschiedene Methoden zur Steigerung der Energieeffizienz gezielt einsetzt. Hierzu gehören einfache technische Lösungen wie der Austausch von Glühlampen durch LEDs aber auch Komplexeres wie die wassergekühlte Kompressoren, deren Abwärme für die Gebäudewärmung genutzt wird. Herauszuheben ist ferner, dass selbst das größte Unternehmen bisher bei lediglich einem einzigen Produkt eine ganzheitliche Ökobilanz über den gesamten Lebenszyklus des Produktes erstellt hat.

Diese Erhebung sowie die Antworten der Experten zeigt die bestehende Lücke in der Anwendung standardisierter Methoden. Es fehlt aber nicht nur in der Praxis eine Methode zur Bestimmung der Effi-

izienz des Energie-, Material- und Personaleinsatzes nach ökonomischen, ökologischen und sozialen Kriterien, sondern auch, wie in Kapitel 1.2 dargelegt, existieren in der Literatur und Forschung keine ganzheitliche Methode zur Bewertung der Ressourceneffizienz eines Unternehmens. Dies unterstreicht die Bedeutung des Forschungsprojektes sowie nicht nur die theoretische Relevanz, sondern auch die praktische Brisanz des Themas.

3.3 Workshops

Die Workshops zielten auf den Austausch von Forschung und Praxis. Es wurden die Forschungserkenntnisse präsentiert und mit den Teilnehmern diskutiert. Die konstruktive Auseinandersetzung ermöglichte eine hohe Praxisorientierung der Forschungstätigkeiten und den Transfer von Teil- und Ergebnissen in die Praxis.

1. Workshop

Der Workshop mit dem projektbegleitenden Ausschuss diente dem Abgleich der theoretisch-wissenschaftlichen und der praktischen Sichtweise des Forschungsprojekts. Dazu wurden die Definitionen, Zielsetzungen, Industrieanwendungen und Problemstellungen aufgezeigt und anschließend mit den Unternehmensvertretern diskutiert. So sollte sichergestellt werden, dass die vorgestellten Ansätze dabei helfen die Herausforderungen in der Unternehmenspraxis zu bewältigen. Zunächst stellten die Unternehmen ihren jeweiligen Ressourcenbedarf dar und schätzten das Potenzial zur Effizienzsteigerung der einzelnen Ressourcen Energie, Material und Personal in ihrem Unternehmen ein. Daraus ging deutlich hervor, dass hinsichtlich der Ressource Energie eine hohe Divergenz zwischen den einzelnen Branchen besteht. Der Bedarf und das Potenzial der Ressource Ma-

terial wurde im Gegensatz dazu homogen mit mittel bis hoch bewertet. Alle Teilnehmer schätzten den Personalbedarf als sehr hoch mit entsprechendem Potenzial ein. Die Unternehmen teilten damit auch das Verständnis für den Forschungsbedarf die praktischen Defizite beheben, mögliche Potenziale zu identifizieren und Möglichkeiten zu deren Hebung aufzuzeigen. Auf Basis dieser grundlegenden Diskussionen fußte die weitere inhaltliche Erörterung in der ein gemeinsames Verständnis der Definitionen und Begriffe geschaffen werden sollte. Hierzu wurden zunächst die einzelnen Begriffe diskutiert. Die Diskussionsrunde priorisiert dabei als wichtigsten Energieformen Strom, Gas, Heizöl und die meist dezentral erzeugte Druckluft. Eine Rangfolge ist vom jeweiligen Unternehmen und den entsprechenden Prozessen abhängig. So können beispielsweise durch den Wechsel des Anbieters bis zu 30 Prozent der Gaskosten eingespart werden. Ferner spielen nicht nur Wärmeenergie wie Heizöl, Fernwärme, Gas und Strom eine Rolle, sondern auch Kälteenergie. Die Abwärme der Maschinen werde bereits genutzt und in die Optimierung von Einzelverbrauchern investiert.

Nach dem gemeinsamen Verständnis der Unternehmen umfasst Material alle Werk-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die entlang des Produktlebenszyklus eingesetzt und benötigt werden. Diese könne analog der fertigungstechnischen Beziehung zum Erzeugnis in Werk-, Hilfs- und Betriebsstoffe eingeteilt werden. Alternativ kann eine Charakterisierung entsprechend des Fortschritts hin zum Fertigerzeugnis in Rohstoffe, Halbzeuge, Halbfabrikate, Fremdteile und Handelsware erfolgen. Das Personal wird als Ressource sowohl qualitativ als auch quantitativ unter den Aspekten der Mitarbeiterzahl, Kompetenz, Motivation, Flexibilität und Gesundheit berücksichtigt. Gerade im Personalbereich sei eine Messung der Effizienz schwer. Ebenfalls wichtig ist es den Unternehmen größere Transparenz über die Ressource

Personal zu erlangen. Hierfür werden beispielsweise bereits Qualifikationsmatrizen eingesetzt. Flexibilitätssysteme wie Zeitkonten und eine entsprechende Gestaltung der Arbeitsverträge werden bereits erfolgreich angewendet. Der wichtigste Aspekt sei aus Sicht aller Unternehmen die Motivation, die jedoch besonders schwer zu messen sei. Die Erfahrung zeigt, dass für Mitarbeiter von KMU insbesondere in der Fertigung sowie bei jüngeren Mitarbeitern monetäre Leistungen Hauptanreize sind. Der Begriff des Produktlebenszyklus sollte aus Sicht der Unternehmen in die vier Phasen Entwicklung, Herstellung, Nutzung und Recycling eingeteilt werden. Die Entwicklung unterteilt sich dabei in die Planung, Konzept, Entwurf und Ausarbeitung. Die Herstellung beschreibt alle Wertschöpfungsschritte eines Produktes von Wareneingang bis zur Auslieferung an den Kunden. Die Nutzung umfasst die Inbetriebnahme, Erstnutzung des Produkts bis hin zur Endnutzung. Das Recycling beinhaltet alle Aktivitäten, um das Produkt wieder weitestgehend in seine Bestandteile zu zerlegen und in den Produktionsbetrieb zurückzuführen. Die Dimensionen der Nachhaltigkeit entsprechen der Definition und Darstellung der Forschungseinrichtung, was eine mehrdimensionale Bewertung der Ressourceneinsätze ermöglicht. Ökonomische Nachhaltigkeit soll das gesamte Wirtschaften als dauerhaft Basis für Erwerb und Wohlstand auslegen. Ökologische Nachhaltigkeit zielt darauf, Natur und Umwelt für nachfolgende Generationen zu erhalten. Dies umfasst Artenvielfalt, Klimaschutz, Landschaftspflege, und den schonenden Umgang mit der natürlichen Umgebung. Unter sozialer Nachhaltigkeit versteht man die Entwicklung der Gesellschaft als partizipativen Weg für alle ihre Mitglieder, um eine zukunftsfähige und lebenswerte Gesellschaft zu erreichen. Die Einschätzung der Ressourcenbindung in den einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus zeigt, dass der Schwerpunkt der beteiligten Unternehmen auf der Herstellung liegt.

Weitere Ressourcen werden in geringerem Umfang durch die Entwicklung und das Recycling gebunden. Es werden nahezu keine Ressourcen während der Nutzungsphase des Produkts eingesetzt. Im Fall geringer beziehungsweise keiner Eigenfertigung verschiebt sich der Schwerpunkt aufgrund des stark ausgeprägten Servicegeschäfts auf die Nutzung. Anhand der Erkenntnisse konnten unterschiedliche Treiber für den Ressourcenverbrauch festgelegt werden. Für den Bereich Energie sind dies Gesetzgeber, Produkte, Prozesse, Produktionstechnologien, Maschinenpark, Kunde, Umweltbewusstsein und Kostendruck. Für den Bereich Material ergaben sich die Treiber Rohstoffmarkt, Lieferantenmanagement, Make-or-Buy Entscheidung, Kunde und Kostendruck. Für den dritten Bereich, Personal, wurden der Gesetzgeber, die Auslastung, die Produktionstechnologien, die Qualifizierung, der Kunde sowie der Kostendruck als Treiber identifiziert. In Bezug auf die Steigerung der Ressourceneffizienz in den Feldern Energie, Material und Personal sehen die Unternehmen unterschiedliche Herausforderungen und Hemmnisse. Für den Energiebereich sind vor allem fehlende Transparenz und Datenbasis, fehlender Fokus im Entwicklungsprozess, Notwendigkeit technischer Expertise, unklare Verantwortung sowie geringer Anteil an Herstellungskosten zu überwindende Hemmnisse. Im Materialbereich wird vor allem das Recycling, die Abhängigkeit von der Lieferantenkette, schwankende Rohstoffpreise und der effiziente Einsatz als Herausforderung genannt. Im Bereich Personal wurde der demografische Wandel, Fachkräftemangel, hohe Fluktuation, das Betriebsklima sowie den qualifizierten Einsatz genannt. Die Diskussion mit den Teilnehmern und die Expertengespräche zeigten, dass bei den Unternehmen keine spezifischen Methoden zur Messung der Personaleffizienz eingesetzt werden. Die Materialeffizienz wurde besonders von pro-

duzierenden Unternehmen als bedeutend eingestuft. Eine Effizienzsteigerung im Bereich Energie ist hingegen schon in vielen Unternehmen, beispielweise in der Beleuchtung, umgesetzt worden. Weswegen der effiziente Personaleinsatz von großer Bedeutung ist. Meist erfolgt die Umsetzung der Ressourceneffizienz intuitiv und dezentral und basiert nicht auf speziellen Methoden und Zielgrößen. Vor allem die Messung qualitativer Faktoren stelle Unternehmen vor Herausforderungen. Auch die Aspekte der ökologischen und sozialen Bewertung gehe über die gelebte, ökonomisch orientierte Unternehmenspraxis hinaus. Daher sei eine wichtige Fragestellung, inwieweit ein effizienter Ressourceneinsatz die Ökonomie beeinflusse. Die am Workshop teilnehmenden Praxispartner priorisieren abschließend die Kernpunkte des Forschungsprojekts entsprechend der größten Mehrwerte für ihr Unternehmen anhand der Bereiche Positionsbestimmung, Benchmarking, Methoden, Kennzahlen, Steigerung und Bewertung sowie Wirtschaftlichkeit. Kennzahlen sind branchenunabhängig für alle Teilnehmer ein sehr wichtiger Bestandteil des Forschungsprojekts. Auch die Vergleichbarkeit mit Wettbewerbern beziehungsweise anderen Standorten innerhalb des Unternehmens ist von großer Bedeutung.

2. Workshop

Der zweite Workshop mit den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses diente der Vorstellung und Diskussion weiterer Begrifflichkeiten und der Entwicklung der Kennzahlen für die Bereiche Energie, Material und Personal. Die Zielsetzung des Workshops war zu überprüfen, ob die im Rahmen der Literaturanalyse und den Expertengesprächen ermittelten Kennzahlen praxisnah sind und ob diese die Problemstellung in den Unternehmen ausreichend abdecken und quantifizierbar beziehungsweise trennscharf voneinander ab-

grenzbar sind. Zu diesem Zweck wurden jeweils die einzelnen Kennzahlen und ihre Zusammensetzung vorgestellt und anschließend wurden die Unternehmen befragt, welche in ihrem Unternehmen relevant sind und ob weitere hinzuzuziehen sind beziehungsweise welche Probleme sich bei Bestimmung unter anderem der Werte ergeben könnten. Die Diskussion ergab, dass sich die Unternehmen grundsätzlich mit den ausgewählten Kennzahlen identifizieren können. Allerdings entscheidet in vielen Fällen die Branchenzugehörigkeit über die Bedeutung und Auswertbarkeit der einzelnen Bereiche. Beispielsweise bilden im produzierenden Gewerbe die Energie- und Materialkosten einen größeren Hebel als bei Dienstleistern. Prinzipiell wurde jedoch bestätigt, dass die Bereiche Energie, Material und Personal in allen Unternehmen von Bedeutung sind. Für einige Kennzahlen, die die Unternehmen als schwierig zu steuern und zu erfassen beurteilen, wurde festgelegt, dass anstelle einer Kennzahl eine qualitative Frage genutzt wird, die in Verbindung mit anderen Fragen ausreichende Genauigkeit ermöglicht.

3. Workshop

Der dritte Workshop des projektbegleitenden Ausschusses diente der Diskussion der Bedeutung von Nutzungs- und Recyclingphase im Produktlebenszyklus und der Erarbeitung der Anforderungen an das IT-Tool. Hierzu gehören die zentralen Inhalte, die gewünschte Oberfläche, der Mechanismus und der Outputs. Zu Beginn wird die Bedeutung der Nutzungs- und Recyclingphase für die teilnehmenden Unternehmen diskutiert. Dabei wird deutlich, dass abhängig von Branchenzugehörigkeit, Unternehmensgröße und Position in der Wertschöpfungskette die Bedeutung dieser beiden Phasen als sehr unterschiedlich wahrgenommen wird. Für einen Teil der Unternehmen spielt insbesondere die Nutzungsphase eine sehr bedeutende Rolle zur Gewinnerzielung, bei anderen Unternehmen wiederum ist

der After-Sales kein Teil des Geschäftsmodells. Ähnlich verhält sich dies auch bei der Recyclingphase. Einige Unternehmen sehen hier ein stetig wachsendes Potential, vor allem im Produktrecycling, für die Dienstleistungsunternehmen hingegen spielt diese Phase eine untergeordnete Rolle. Für die Umsetzung im IT-Tool bedeutet dies, dass eine getrennte Auswertung und individuelle Kennzahlen der einzelnen Produktlebenszyklusphasen zu ermöglichen ist für eine branchenübergreifende Nutzung des Tools. Folgende Funktionen wurden von den teilnehmenden Unternehmensvertretern erarbeitet.

- Speichermöglichkeiten im Tool,
- Zeitverlauf zur Erfassung des Effizienzfortschrittes im Unternehmen,
- Sprachauswahl (Deutsch und Englisch),
- Vergleich mit anderen Unternehmen und Standorten,
- Simulation (zum Beispiel eine Was-Wäre-Wenn-Analyse),
- Unterschiedliche Modi für interne und externe Daten,
- Link zu weiterführenden Informationen,
- Kompatibilität mit Excel beziehungsweise Umsetzung des Tools in Excel und
- Einfachheit der Anwendung.

Das Tool soll außerdem dazu dienen ein Bewusstsein für Ressourceneffizienz zu schaffen, da bereits eine Sensibilisierung der Mitarbeiter zu sichtbaren Einsparungen führen können.

4. Workshop

Im Rahmen der vierten Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses wurden das IT-Tool und seine bereits implementierten Funktionen vorgestellt. Ziel des Workshops war es, die weitere Ausrichtung des IT-Tools, zusätzliche Funktionalitäten und Anforderungen der Pra-

xispartner festzulegen. Dazu wurden mit den Unternehmen vielfältige Sachverhalte diskutiert. Das Tool wurde entsprechend der im vorangegangenen Workshop definierten Anforderungen in Excel programmiert. Um die Bedienung zu erleichtern und eine Auswertung entsprechend der Bedeutung der einzelnen Produktlebenszyklusphasen zu ermöglichen, ist eine Priorisierung in der Eingabemaske sowohl hinsichtlich der Phase im Produktlebenszyklus als auch in Bezug auf den Detailgrad der Auswertung möglich. Mit den Unternehmen wird zunächst diskutiert inwiefern sich eine als gering bewerteter Detailgrad auf die Anzahl der zu beantwortenden Fragen auswirkt. Ergebnis der Diskussion ist, dass durchschnittlich etwas mehr als die Hälfte der ursprünglichen Fragen in einer verkürzten Version abgefragt werden sollten, damit ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Zeitersparnis und ausreichender Validität gewährleistet ist. Im Rahmen des Workshops wurde die Umsetzung folgender weiterer Funktionalitäten des IT-Tools erarbeitet.

- Aufrufbare Informationen über den Infobutton zu Fragen: Frage, Ausprägungen der Antwortmöglichkeiten auf der Skala, aber nur jeweils für die Extrema, detaillierte Begriffsdefinition und weiterführende Links.
- Aufrufbare Informationen über den Infobutton zu Parametern: Detaillierte Begriffsdefinition, Kennzahlen, die durch den Parameter beeinflusst werden, Gewichtung der Effizienz entsprechend der Bedeutung für das Unternehmen, Wert der letzten Bewertung.
- Antwortmöglichkeit N/A (nicht verfügbar), wenn die Daten nicht zur Verfügung stehen.
- Kommentarfunktion bei jeder Frage und Parametereingabe zur besseren Nachverfolgbarkeit durch Dritte oder im Rahmen einer erneuten Bewertung.

- Ausgabe einer Liste mit allen Fragen und notwendigen Parametereingaben, um diese an die zuständigen Kollegen weitergeben zu können, um fehlende Informationen einzuholen.
- Farbliche Markierung offener Fragen und Parameter.
- Zwischenspeichermöglichkeit im Tool für Zeitversetztes Weiterarbeiten.
- Vorgaben zum Auswertungszeitraum: Quartal und Monat für die Auswertung Ein- und Mehrjahresverläufen.
- Zuordnung der Handlungsempfehlungen in den Kategorien organisatorisch und technologisch.
- Anfängliche Anzeige von 10 bis maximal 30 Handlungsempfehlungen, Möglichkeit alle Handlungsempfehlungen einblenden.
- Dauerhaftes ausblenden von Handlungsempfehlungen mit der Option diese später wieder einblenden zu können.

Einige Teilnehmer merkten im Laufe der Diskussion immer wieder an, dass eine einzelne Kennzahl zur Bewertung des Unternehmens nur eine grobe Einschätzung zu bekommen diese vielleicht nicht schlecht ist. Dennoch wird aber eine detaillierte Auswertung mit mehreren Kennzahlen bevorzugt.

Die Erkenntnisse der Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses flossen konsequent in die Modellbildung und das IT-Tool ein. Durch den engen Kontakt mit den teilnehmenden Unternehmen und die Rücksprachen zwischen den Workshops war es zudem möglich die Erwartungen der Unternehmen kontinuierlich mit dem Stand der Modellbildung und in Bezug auf das IT-Tool abzugleichen. Abbildung 3-5 gibt eine Übersicht über die Unternehmen, die an den Workshops des projektbegleitenden Ausschusses teilgenommen haben sowie eine Zuordnung der entsprechenden Unternehmensgröße.

Unternehmen		Typ
	psm protech GmbH & Co. KG	KMU
	CeramTec GmbH	
	Münchener Schlüsseldienst Kilian GmbH	KMU
	Growth Consulting Europe GmbH	KMU
	Bergische Gesellschaft für Ressourceneffizienz mbH	
	Rußwurm Ventilatoren GmbH	KMU
	Rudolf GmbH	
	Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG	
	X-CAT Row & Sail GmbH	KMU
	Siemens AG	
	Seal Concept GmbH	KMU
	Krones AG	
	Swoboda KG	
	Bridge to India	KMU
	BMW Group	
	akzente kommunikation und beratung GmbH	KMU
	SSF-Verbindungsteile GmbH	KMU

Abbildung 3-5: Unternehmen im projektbegleitenden Ausschuss

3.4 Unternehmensbefragung und Audits

Das im Rahmen des Projektes entwickelte Kennzahlenmodell stellt die Grundlage für eine Unternehmensbefragung mittels eines Fragebogens dar. Mit diesen Daten und der Online-Umfragesoftware Uni-Park wird eine Umfrage zum Thema Positionsbestimmung und Beurteilung der Ressourceneffizienz erstellt. Auf der Startseite der Umfrage wird neben einer kurzen Einführung das Modell und somit der Fragebogaufbau mithilfe einer Übersichtsgrafik erläutert. Daneben sind Informationen zum Datenschutz angegeben. Der Fragebogen besteht aus fünf Blöcken. Der erste Block bezieht sich auf allgemeine Unternehmensangaben ohne direkten Bezug zur Ressourceneffizienz. Durch diese Einflussgrößen lassen sich die darauffolgenden Unternehmensangaben zu den einzelnen Ressourcen Energie, Material und Personal und deren Effizienz besser einordnen, verschiedene Unternehmen miteinander vergleichen und die Korrelationen zwischen den Einflussgrößen und den Clustern kann überprüft werden. Zu Beginn des Fragebogens werden die zwölf in Abbildung 3-6 dargestellten Einflussgrößen möglichst anhand exakter Daten erhoben.

Unternehmensbranche	Fertigungsbereich	Wertschöpfungstiefe	Umsatz
Marktanteil im Hauptgeschäftsfeld	Funktion im Unternehmen	Mitarbeiter in Deutschland	Mitarbeiter weltweit
Grund für das Interesse an Ressourceneffizienz	Tätigkeitsfeld Produkte	Umsatzanteil von speziellen Bereichen	Automatisierungsgrad

Abbildung 3-6: Im Fragebogen abgefragte Einflussgrößen

Unternehmensbranche	In welchem Bereich des verarbeitenden Gewerbes ist das Unternehmen tätig?
Fertigungsbereich	Gibt es Unterschiede bei der Ressourceneffizienz zwischen Unternehmen in verschiedenen Fertigungsbereichen?
Wertschöpfungstiefe	Gibt es Unterschiede bei der Ressourceneffizienz zwischen Unternehmen mit verschiedener Wertschöpfungstiefe?
Umsatz	Erfüllt das Unternehmen die Umsatzkriterien für KMU?
Mitarbeiter in Deutschland	Erfüllt das Unternehmen die Kriterien für ein KMU bezüglich der Mitarbeiteranzahl in Deutschland?
Mitarbeiter weltweit	Erfüllt das Unternehmen die Kriterien für ein KMU bezüglich der Mitarbeiteranzahl weltweit?
Marktanteil im Hauptgeschäftsfeld	Gibt es Unterschiede bezüglich der Ressourceneffizienz zwischen Unternehmen in den verschiedenen Marktformen?
Automatisierungsgrad	Gibt es Unterschiede bezüglich der Ressourceneffizienz zwischen Unternehmen mit verschiedenen Automatisierungsgraden?
Funktion im Unternehmen	In welcher Position arbeitet der Teilnehmer im Unternehmen? Welche Sichtweise hat er dadurch auf das Thema?
Tätigkeitsfeld Produkte	Ist das Unternehmen in der Entwicklung, der Herstellung, dem Recycling oder dem Service in der Nutzungsphase bezogen auf ihre Produkte tätig?
Umsatzteil von speziellen Bereichen	Wie teilt sich der Umsatz zwischen den Bereichen Service und Dienstleistungen, Physische Güter und Bündel aus Dienstleistungen und Gütern auf?
Grund für das Interesse an Ressourceneffizienz	Wieso beschäftigt sich das Unternehmen mit dem Thema Ressourceneffizienz?

Abbildung 3-7: Fragestellungen zur Einflussgrößenbestimmung

Vor dem Hintergrund für eine Vielzahl unterschiedlicher Unternehmen konkrete, individuelle Handlungsempfehlungen anzuzeigen ist eine große Anzahl an Einflussgrößen unabdingbar. Ausführungen zu den einzelnen Einflussgrößen sind Abbildung 3-7 zu entnehmen. Insgesamt werden vier verschiedene Fragetypen genutzt. Bei der konkreten Kennzahlenabfrage wie der Mitarbeiteranzahl wird mittels offener Fragen nach dem exakten Wert gefragt. Bei der Abfrage des Umsatzanteils eines speziellen Bereiches ist zu beachten, dass die drei Bereiche nicht mehr als 100 Prozent des Umsatzes ergeben dürfen. Andere Einflussgrößen, wie der Marktanteil im Hauptgeschäftsfeld oder die Wertschöpfungstiefe, ermitteln eine grobe Größenordnung mithilfe einer Skala und einer Einfachauswahl. Insgesamt wird darauf geachtet, dass abgesehen von der exakten Kennzahlenabfrage keine offenen Fragen verwendet werden. Offene Fragen sind nachteilig, da sie bei der Beantwortung für den Teilnehmer mehr Aufwand und Zeit erfordern, sodass die Wahrscheinlichkeit einer Nicht-Beantwortung höher ist (vgl. Kühl et al. 2009). Es können jedoch nicht alle potenziellen Antworten im Vorfeld bestimmt werden. Um die Anzahl der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten zu reduzieren wird in einigen Fällen für teilstandardisierte Fragen mit Einfach- oder Mehrfachauswahl ein zusätzliches Feld Andere hinzugefügt. In diesem Feld besteht für den Teilnehmer zudem die Möglichkeit die Nicht-Beantwortung der Frage zu begründen. Bei Fragen mit Mehrfachauswahl kann zwischen zwei Typen unterschieden werden. Der erste Fragentyp, der zum Beispiel für die Abfrage der Funktion des Teilnehmers im Unternehmen genutzt wird, sind beliebig viele Antworten auswählbar. Bei der zweiten Kategorie wie der Frage nach den ausschlaggebenden Gründen für das Interesse an dem Thema Ressourceneffizienz ist die Anzahl der Antwortmöglichkeiten beschränkt. In

Online-Umfragen kann die schnelle Überprüfung mithilfe von Plausibilitätschecks durchgeführt werden. Falls mehr Antwortoptionen als erlaubt ausgewählt werden, erscheint eine Fehlermeldung. Nach den Einflussgrößen werden übergeordnete Kennzahlen zum Thema Ressourceneffizienz abgefragt. Diese lassen sich entsprechend der betrachteten Ressourcen in Energie, Material und Personal einteilen. In den Blöcken zwei bis vier werden die drei Ressourcen jeweils entlang des Produktlebenszyklus untersucht. Dabei wird zwischen Pre-Sales und After-Sales unterschieden. Für eine bessere Übersichtlichkeit innerhalb des Fragebogens wird vor jedem neuen Block die Übersichtsgrafik mit entsprechender Hervorhebung abgebildet. Pre-Sales fasst dabei die Entwicklungs- und Herstellungsphase im Unternehmen zusammen. After-Sales umfasst die Produkte während der Nutzungsphase und die Servicetätigkeiten an den Produkten während ihrer Nutzung. Der fünfte Block beschäftigt sich mit dem Recycling und umfasst alle drei Ressourcen. Recycling wird im Fragebogen als eigener Block betrachtet, da die behandelten Themen sich nicht klar in die Ressourcen Energie, Material und Personal einteilen lassen. In den Blöcken zwei bis vier werden innerhalb der Unterteilung in Pre-Sales und After-Sales jeweils zuerst die Kennzahlen als Formeln oder Vorgehensweisen erläutert. Zusätzliche Informationen und Abgrenzungen der einzelnen Komponenten finden sich bei Bedarf in Tooltips, kleinen Pop-Up-Fenstern. Durch die Hilfsmöglichkeit entsteht ein kompakteres Verständnis und die Bearbeitungszeit verkürzt sich, da bei Kenntnis der Formel oder der Vorgehensweise die weiterführenden Informationen nicht mehr notwendig sind und eingeblendet werden müssen. Zu diesen dargestellten Formeln und Vorgehensweisen wird jeweils aufgenommen, inwiefern diese Kennzahl einen Beitrag zu einer erhöhten Transparenz der jeweiligen Ressour-

ceneffizienz leisten kann und ob diese Kennzahl bereits im Unternehmen erhoben wird. Zusätzlich werden die Teilblöcke der Ressourcen mit weiteren Fragen unterschiedlicher Skalentypen abgeschlossen. Die abgefragten Kennzahlen entsprechen dem erarbeiteten Modell. Nach den Fragen zum Transparenzbeitrag und der Verbreitung der Kennzahlen im Unternehmen werden die Komponenten der einzelnen Kennzahlen abgefragt. Auch hier sind zusätzliche Erklärungen in Tooltips ergänzt und können bei Bedarf aufgerufen werden. Auf jeder Seite stehen zunächst allgemeine Hinweise, in welcher Einheit die Werte einzutragen sind, dass sie auf das letzte Geschäftsjahr zu beziehen sind sowie, dass bei Nicht-Angabe eines Wertes dies begründet werden kann. Bei der Kennzahlenabfrage werden teilweise nur einzelne Komponenten der Formel abgefragt, wenn eine der anderen Formeln die anderen Bestandteile bereits abgefragt hat. Teilweise werden absolute, teilweise relative Angaben gefordert. Beide Vorgehensweisen sollen Erleichterungen für die Teilnehmer darstellen. Nach absoluten Werten wird gefragt, falls der Aufwand für Unternehmen zu groß ist, den Wert anhand der Formel selbst auszurechnen. Dies geschieht außerdem in dem Fall, dass Teilkomponenten in verschiedene Formeln einfließen und der Umfang des Fragebogens durch mehrfache Nutzung zur Berechnung unnötig vergrößern würden. Dann werden im Zuge der Auswertung die Kennzahlen anhand der erhobenen Komponenten zusammengefügt. Nach relativen Werten wird gefragt, wenn die entsprechende Kennzahl im Unternehmen in den Teilkomponenten wahrscheinlich nicht vorliegt oder für die Teilnehmer leichter eine Abschätzung in Prozent abzugeben ist, wie bei dem Umsatzanteil von Produkten mit einer Umweltdeklaration bezüglich der Materialeffizienz. Im fünften und letzten Block der Umfrage wird das Thema Recycling ressourcenübergreifend behandelt, da der Großteil der Fragen nicht klar einer der drei Ressourcen

zugeordnet werden kann. Hierbei wird zunächst anhand von Kennzahlen, wie Energieaufwand oder Beseitigungskosten, und der allgemeinen Einstellung abgefragt, welche Bedeutung Recycling im Unternehmen aufweist. Darauf folgt eine Betrachtung des umsatzstärksten Produktes aus Recyclingperspektive zur Konkretisierung der Erhebung. Das umsatzstärkste Produkt wird gewählt, da bei allgemeiner, unternehmensweiter Betrachtung nur Durchschnittswerte mit sehr großer Variabilität. Zuletzt wird abgefragt, wie verbreitet der Einsatz von Checklisten, Analysen und Wissensweitergabe ist. Der Fragebogen schließt mit einem Feld Anmerkungen.

Zur Erstellung des Fragebogens wird die Online-Umfragesoftware UniPark von Questback genutzt. Dieses Tool bietet vordefinierte Fragetypen an. Diese sind innerhalb gewisser Grenzen in der Eingabemaske für Fragen individuell bearbeitbar. In den Eingabemasken können die Antwortoptionen, die Fragetexte, die Ausfüllausweisungen und die Hilfetexte, die als Tooltip angezeigt werden, spezifisch ausgefüllt und angepasst werden. Dabei können unter anderem Bilder oder Verlinkungen oder unterschiedliche Schriftarten verwendet werden. Nach der Fertigstellung des Fragebogens wird mithilfe des Konsistenzchecks von UniPark getestet, ob der Filter und die Plausibilitätschecks zur Überprüfung der maximal erlaubten Antworten richtig gesetzt sind. Probedurchgänge testen die Vollständigkeit und die Verständlichkeit der Umfrage sowie die technische Machbarkeit. Dies geschieht in mehreren Schleifen und zu Beginn intern durch Mitarbeiter der Forschungsstelle. Anhand der Pretests kann zudem die voraussichtliche Dauer der Bearbeitung des Fragebogens ermittelt werden. Der Fragebogen umfasst einschließlich der Einflussgrößen 90 Fragen und in der Online-Version inklusive der Einführungsseite und den beiden Endseiten 21 Seiten. Er hat das Ziel in maximal 20 Minuten vollständig bearbeitbar zu sein. Der Median liegt bei 18

Minuten und 50 Sekunden. Falls die Teilnehmer eine telefonische Teilnahme an der Umfrage bevorzugen, wird diese exakt nach dem Online-Fragebogen durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte im letzten Quartal des Jahres 2016. Von den angefragten Personen rufen 64 Teilnehmer den Fragebogen auf, wobei 24 von ihnen bei der Einführungsseite abbrechen. Weitere 15 Teilnehmer beenden die Umfrage innerhalb der ersten Fragen nach den Einflussgrößen. Dreizehn Teilnehmer bearbeiten die Fragen bis zum Ende. Die folgende Auswertung umfasst die vollständigen Fragebögen der Onlinebefragung sowie die im Rahmen von Telefoninterviews erhobenen Daten. Durch die Anzahl an Rückläufern können die Signifikanzniveaus der Antworten nicht betrachtet werden, weshalb sich die Auswertung auf Häufigkeitsbetrachtungen beschränkt. Die Kriterien zur Einteilung in Unternehmensklassen zeigt, dass sich nicht nur kleine und mittlere Unternehmen am Fragebogen beteiligen, sondern auch Unternehmen mit mindestens 250 Mitarbeitern und mehr als 50 Millionen Euro Jahresumsatz.

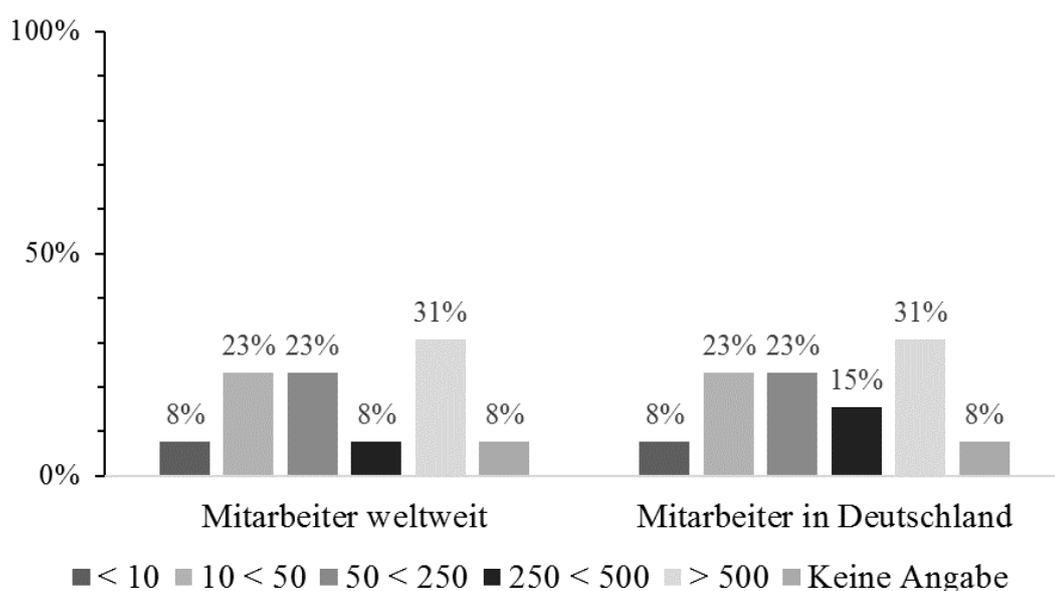


Abbildung 3-8: Unternehmensverteilung nach Mitarbeiteranzahl

Die weitere Auswertung des Fragebogens erfolgt mithilfe der Statistik-Funktion von Unipark sowie Excel und SPSS. Da diese Anforderungen im Rahmen dieser Befragung nicht erfüllt werden können, entfällt die vorgeschaltete Faktorenanalyse. Aufgrund der geringen Probengröße entfällt in diesem Falle die Faktorenanalyse (vgl. MacCallum et al. 1999; Backhaus et al. 2010; Hair et al. 2010; Schendera 2010). Abgeschlossen wird die empirische Arbeit im Rahmen dieses Forschungsprojektes durch Unternehmensaudits. Zum einen erfolgten Audits zur Erhebung des Status Quo hinsichtlich der Bewertung von Ressourceneffizienz. Diese Audits wurden anhand des Leitfadens für die Experteninterviews durchgeführt. Weitere Unternehmensaudits bei ausgewählten Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses dienen der Validierung der Forschungserkenntnisse. Grundlage dieser Audits war das Kennzahlenmodell und dessen Implementierung in einem IT-Tool. Ziel dieser Unternehmensaudits ist die Anwendung des Tools unter Realbedingungen sowie einer weiteren Anpassung, um die notwendige Anpassungen vorzunehmen. Ausgehend von einer kurzen Einführung zum Status des Projektes sowie der theoretischen Funktionsweise des Tools wurden die Praxispartner dazu aufgefordert eine Effizienzanalyse selbstständig anhand des Tools sowie des zur Verfügung gestellten Handbuchs durchzuführen. Die Vertreter der Forschungsstelle standen während dieser Analyse beratend zur Seite. Abschließend wurde die Kritikpunkte an dem Tool sowie dem Kennzahlenmodell diskutiert. Anhand dieser Erkenntnisse wurde das Kennzahlenmodell verfeinert und die Handhabbarkeit des IT-Tools verbessert. Die Anwendung des entwickelten Modells unter realen Bedingungen konnte zeigen, dass die Anforderungen der Praxispartner erfüllt wurden, weswegen von einer großen Verbreitung und Nutzung der Erkenntnisse dieses Projektes ausgegangen werden kann.

4 Ressourceneffizienzindex

4.1 Modellaufbau anhand konsolidierten Matrizen

Das Modell der drei Säulen der Nachhaltigkeit wurde mehrfach kritisiert, da ein zu starker Fokus auf die Optimierung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Teilbereiche gelegt wird und eine gesamtheitliche Betrachtungsweise fehlt (vgl. Ott und Döring 2004). Das heißt, dass Nachhaltigkeit und folglich auch Ressourceneffizienz nur möglich ist, wenn die Interdependenz aller Dimensionen beherrscht wird. Um diesem integrativen Ansatz gerecht zu werden, wird bei der Strukturierung des Kennzahlenmodells eine 3x3 Matrix gewählt, wie in Abbildung 4 1 dargestellt. Somit ist der gesamtheitliche Effekt durch die Optimierung einer Kennzahl erkennbar und nachvollziehbar. Verbesserungen von Einzelbereichen auf Kosten der Gesamteffizienz führen zu einer unmittelbaren Verschlechterung des Gesamtergebnisses. Die einzelnen Nachhaltigkeiten wurden im Rahmen des Forschungsprojekts folgendermaßen beschrieben. Ökonomische Nachhaltigkeit zielt darauf ab, die gesamte Wirtschaftsweise so auszulegen, dass sie langfristig Grundlage für Erwerb und Wohlstand bietet. Ökologische Nachhaltigkeit beschreibt das Ziel, Natur und Umwelt für nachfolgende Generationen zu sichern. Hierunter fallen beispielsweise Klimaschutz, Landschaftspflege und der schonende Umgang mit der natürlichen Umgebung. Soziale Nachhaltigkeit beschreibt die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens bezüglich der Ressourceneffizienz. Die Ressourcen Energie, Material und Personal werden jeweils unter den drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales der Nachhaltigkeit bewertet. Mit Hilfe mathematischer Operatoren werden diese verknüpft.

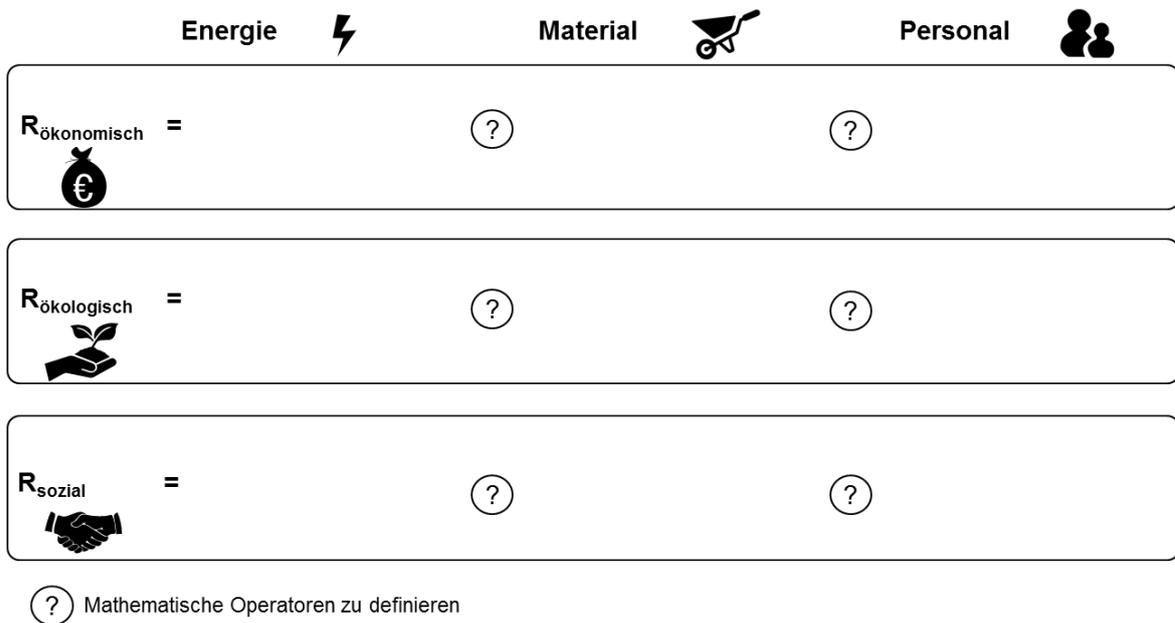


Abbildung 4 1: Ressourceneffizienz-Matrix

Die einzelnen Operatoren werden an dieser Stelle noch nicht definiert, sondern im letzten Schritt an die definierten Kennzahlen angepasst. Die Verknüpfung sollte sowohl horizontal entlang der Ressourcen Energie, Material und Personal als auch vertikal entlang der Nachhaltigkeitsdimensionen erfolgen können. Die Kennzahlen werden für diese Matrix normiert und betragen einen Wert zwischen 0 und 1. Dabei ist vorgesehen, dass 1 der beste und 0 der schlechteste zu erreichende Wert ist. Die theoretischen Grundlagen, auf welchen das konzipierte, matrixförmige Kennzahlensystem aufgebaut ist, ist nachfolgend dargelegt. Dazu wird untersucht, inwieweit sich die Ressourceneffizienz-Matrix in das Modell zur Klassifizierung von Kennzahlensystemen einordnen lässt. Die Ausgewogenheit und der Zusammenhang der Kennzahlen stellen hierbei eine besondere Herausforderung dar. Der Zusammenhang der Kennzahlen ist grundsätzlich durch die mathematische Verknüpfung der normierten Kennzahlen gegeben. Vor allem die Verdichtung zu einer übergeordneten Kennzahl weist Charakterzüge eines Rechensystems auf. Dennoch wird

deutlich, dass kein klassisches, pyramidenförmiges Rechensystem vorliegt, bei dem alle Kennzahlen aufeinander aufbauen. Die Matrixform ermöglicht somit die einzelnen Kennzahlen getrennt voneinander zu betrachten und verglichen, was die Aussagekraft der Kennzahlen erhöht. Die mathematische Verknüpfung ermöglicht dem Anwender mit Hilfe einer übergeordneten Kennzahl einen sehr schnellen Überblick über die Ressourceneffizienz des betrachteten Unternehmens oder Standorts zu erhalten. Zudem gestattet sie eine Erweiterung und individuelle Anpassung des Kennzahlenmodells, um dem Wandel, dem Unternehmen unterliegen gerecht zu werden. Weitergedacht ist es nicht auszuschließen, zusätzlich Kennzahlen aufzunehmen oder auszutauschen, sofern es der zukünftige Wandel der Umstände für die Unternehmen erfordert. Direkte sachlogische Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen werden in der Ressourceneffizienz-Matrix nicht herausgearbeitet.

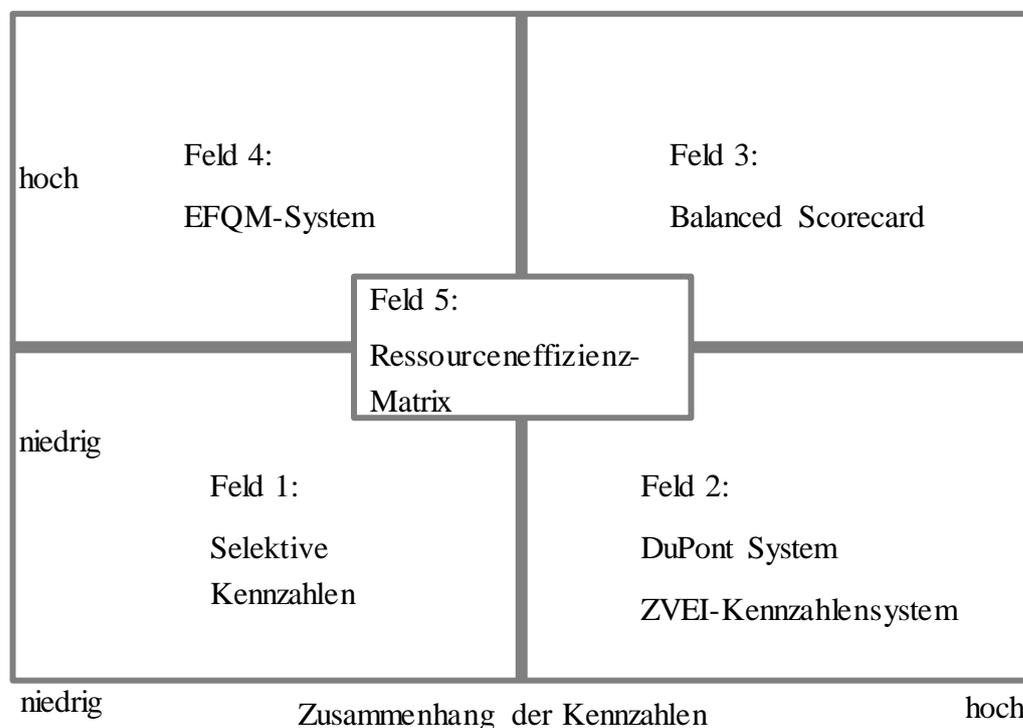


Abbildung 4 2: Klassifizierung der Ressourceneffizienz-Matrix

Dennoch lassen sich durch detaillierte Analyse der einzelnen Kennzahlen Handlungsempfehlungen ableiten. Hierbei ist zu beachten, dass die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Kennzahlen auch bei den entsprechenden Handlungsempfehlungen wirken können. Eine einseitige Betrachtung, wie es bei traditionellen Finanzkennzahlensystemen der Fall ist, ist durch die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit sowie eine gesamtheitliche Betrachtung von Energie, Material und Personal ausgeschlossen. Des Weiteren werden in die Matrix sowohl qualitative als auch quantitative Kennzahlen aufgenommen. Im Vergleich zur Balanced Scorecard oder dem EFQM-System wird deutlich, dass die Systematik der Matrix nicht vorgibt einzelne Teilbereiche, wie Führung, Prozesse, Kunden oder Partnerschaften, detailliert zu untersuchen, da die Zielsetzung der entwickelten Kennzahlenmatrix die Bewertung der Ressourceneffizienz ist. Dementsprechend müssen nicht alle Bereiche und Prozesse der Unternehmen in Kennzahlen abgebildet werden. Doch zeigt es, dass es Kennzahlensysteme mit höherer Ausgewogenheit gibt. Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass die entwickelte Ressourceneffizienz-Matrix eine mittlere Ausgewogenheit an Kennzahlen aufweist.

4.2 Ressourceneffizienz in der Entwicklungs- und Herstellungsphase

Iterativ werden die identifizierten Ressourcen Energie, Material und Personal jeweils unter den ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit vorgestellt. Innerhalb der Entwicklungs- und Herstellungsphase ergibt sich hieraus ein Kennzahlensystem, das insgesamt neun verschiedene Kennzahlen umfasst, wobei jede Ressource auf alle drei Nachhaltigkeitskriterien untersucht wird.

Energie, Ökonomisch

In der Literatur lassen sich verschiedene Kennzahlen zur ökonomischen Bewertung des Energieeinsatzes im Unternehmen finden. Beispielsweise sei auf den Energieverbrauch, die energiebezogene Leistung oder die Energieleistungskennzahl *EnPI* verwiesen (vgl. DIN EN 16247-1). Diese Kennzahlen sind jedoch nicht spezifisch genug und können nicht für Vergleiche herangezogen werden. Je nach Branche, Größe und Orientierung des Unternehmens würden sich stark divergierende Werte ergeben. Dieses Defizit gilt es mit dem erarbeitenden Kennzahlenmodell zu beheben. Um die ökonomische Nachhaltigkeit der Ressource Energie zu bewerten, wird die Energiekostenkennzahl erhoben. Sie ergibt sich entsprechend folgender Berechnung.

$$1 - \left(\frac{\frac{\text{Summe aller Energiekosten}}{\text{Gesamtumsatz}}}{\text{Durchschnittswert der Branche} * 2} \right)$$

Die einzelnen Elemente dieser Formel setzen sich wie folgt zusammen. Als Energiekosten werden grundsätzlich alle Kosten der Energieerzeugung oder des Fremdenergiebezugs definiert. Demnach "[...] sind Energiekosten weit zu fassen als der gesamte durch den Energieeinsatz im betrieblichen Leistungserstellungs- und -verwertungsprozess bedingte und bewertete Güterverzehr." (Bierer und Götze 2013, S. 4) Zur Energie im Fall der Energiekostenkennzahl zählt sämtliche Endenergie, die das Unternehmen bezieht, messbar über Abrechnungen oder Messungen des Energieversorgers. Endenergie ist dabei definiert als Energieinhalt aller von dem Unternehmen bezogenen Energieträger wie Elektroenergie, Erdgas und Kohle (vgl. Schenk et al. 2014). Darüber hinaus sind die Kosten für die Energierückgewinnung miteinzubeziehen. Zum Begriff Energie zählen Strom, Gas, Öl, Dampf, Wasser und sonstige Brenn- und Treibstoffe

sowie Druckluft, sofern diese energetisch genutzt werden (vgl. Dolezalek 1973; Stiller 2015). Ausgenommen sind Gaskosten, die für Gas, das Bestandteil von Fertigungsprozessen wie Schweißen entstehen oder auch Benzinkosten für Firmenfahrzeuge. Bei unklaren Posten ist insbesondere zu prüfen, ob die erzeugte Energie energetisch genutzt wird. Nachdem der Energiekostenanteil eines Unternehmens am Gesamtumsatz ermittelt wird, lassen sich Branchendurchschnittswerte hinzuziehen (vgl. Kapusta 2010). Dadurch ist ein direkter Vergleich möglich und Verbesserungspotenziale können schneller identifiziert werden. Die Aussagekraft der Kennzahl wird deutlich erhöht, wenn die Leistung des Unternehmens eingeordnet werden kann. So können auch andere Personen oder Institute einschätzen, wie energieeffizient das Unternehmen arbeitet, was die Kreditwürdigkeit oder das Unternehmensimage erhöht. Da auf einer Skala zwischen 0 und 1 der Durchschnitt genau mit 0,5 dargestellt werden sollte, wird der aus der KMU-Initiative ermittelte Wert mit 2 multipliziert. So ergibt die Formel bei einem Unternehmen, das genau im Durchschnitt liegt, als Ergebnis die Kennzahl 0,5. Zu beachten ist außerdem, dass 1 als optimal zu erreichender Wert festgelegt wurde und deshalb vor die Formel ein 1- gesetzt werden muss. Sollte das Ergebnis eines Unternehmens schlechter als 0 sein, wird die Kennzahl automatisch auf 0 zurückgesetzt. Ab einem bestimmten Grenzwert spielt es also keine Rolle mehr, wie schlecht das Unternehmen abschneidet. Es ist darauf hinzuweisen, dass es in die andere Richtung ebenso keine Überschreitung des Grenzwertes 1 geben kann, jedoch nur eine Annäherung an das Maximum von 1 möglich ist, da sonst der Energiekostenanteil am Umsatz des Unternehmens 0 Prozent sein müsste. Die Kennzahl ist also auf Grund der Beschaffenheit der Formel nicht linear verteilt. Zur Veranschaulichung zeigt folgendes Diagramm ein

Beispiel aus der Branche Großhandel, in dem 0.0112 der Branchendurchschnitt ist, also der Kennzahl 0.5 entspricht. Betriebswirtschaftlich betrachtet besteht das Interesse, eine möglichst hohe Kennzahl zu erzielen, da dies impliziert, dass entweder der Umsatz größer ist oder die Kosten geringer geworden sind. Bei dieser Kennzahl steht daher vor allem die potenzielle Verbesserung im Vordergrund. Aufgrund des Verhältnisscharakters hat die Energiekostenkennzahl keine Einheit.

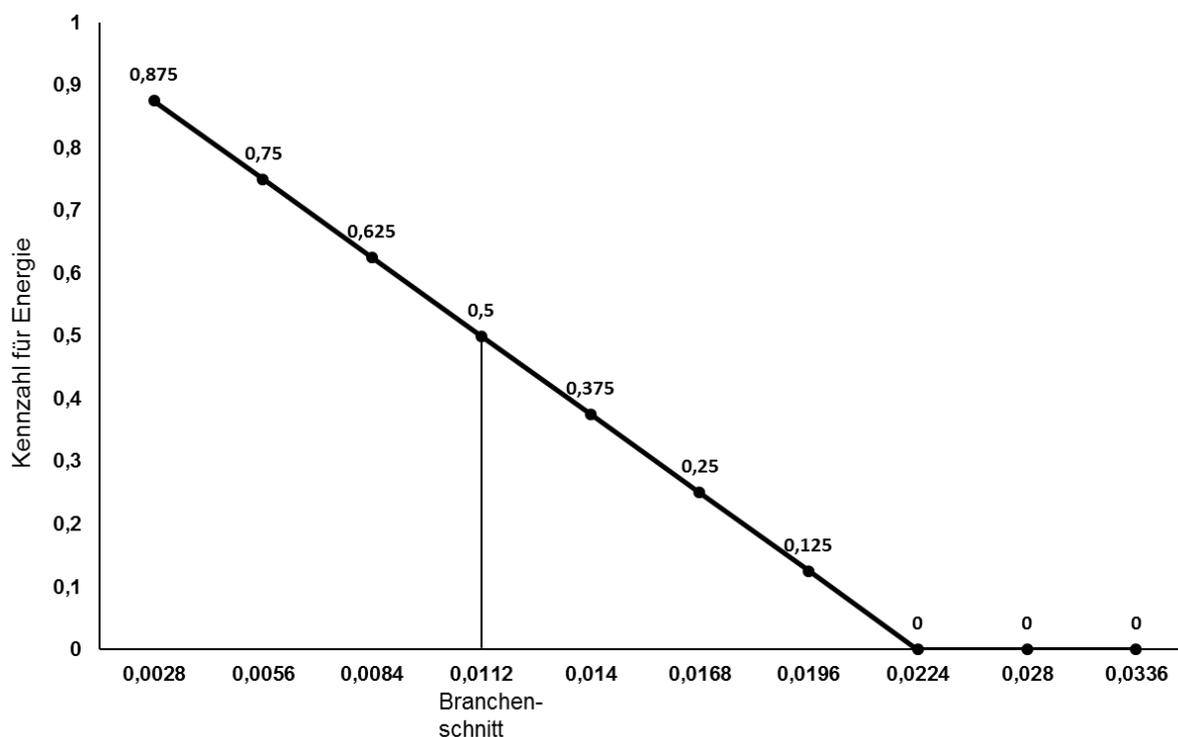


Abbildung 4-1: Energiekostenverlaus im Großhandel

Energie, Ökonomisch

Für die ökologische Bewertung des Energieverbrauchs im Unternehmen gibt es verschiedene Ansätze der Bewertung. Sie sollen im Folgenden kurz dargestellt werden. Der Verein Deutscher Ingenieure

(VDI) hat 2015 die Richtlinie 4600 Kumulierter Energieaufwand herausgebracht, die den Ressourcenverbrauch von Unternehmen berechenbar machen soll (vgl. VDI-Richtlinie 4600 - Blatt 1). Darin werden Begrifflichkeiten geklärt und Berechnungsmethoden festgehalten. Ein Teil der Richtlinie ist ein Bewertungsmodell mit verschiedenen Faktoren für die unterschiedlichen Energieträger, in dem erneuerbare Energien mit dem Faktor 1 bewertet werden, Kernenergie jedoch mit dem Faktor 3. Hieraus ergibt sich ein gewichteter Energiemix, aufgeteilt nach den Energieträgern, der als erste Basis für eine Kennzahl dient (vgl. VDI-Richtlinie 4600 - Blatt 1). Frank Figge stellt in seinem Werk *Öko-Rating. Ökologieorientierte Bewertung von Unternehmen* ein System vor, in dem grundsätzlich auf den Faktor Ökologie eingegangen wird und ein energetischer Bezug hergestellt wird. Dazu werden die Treibhauseffekt-Effizienz, die Ozonabbau-Effizienz und die Verwendung von Risikotechnologien jeweils mit den Branchendurchschnittswerten ins Verhältnis zu den unternehmensspezifischen Werten gesetzt (vgl. Figge 2000). Mittels unterschiedlich gewichteter Faktoren ist es möglich, die Ressource Energie explizit auf ihre ökologische Nachhaltigkeit zu testen. Dabei sind die Werte für das Global Warming Potenzial in CO₂-Äquivalenten und das Ozone Depletion Potenzial in CFC-II-Äquivalenten anschauliche Kennzahlen (vgl. Figge 2000). Der Deutsche Bundestag hat 2007 einen Info-Brief zum Thema CO₂-Bilanzen der verschiedenen Energieträger herausgegeben. Anhand dieser Zahlen ist es möglich, eine Bewertung bezogen auf den CO₂-Ausstoß des Unternehmens durchzuführen. Je nach Menge des bei der Herstellung ausgestoßenen Kohlenstoffdioxids des Energieträgers kann der bezogene Energiemix bewertet werden. Bezieht ein Unternehmen ausschließlich Energie aus Braunkohle, erhält es im Vergleich eine deutlich schlechtere Kennzahl, als ein Unternehmen, dessen Strombedarf

vollständig durch erneuerbare Energien gedeckt wird (vgl. Lübbert 2007). Eine ähnliche Variante zum CO₂-Verbrauch stellt die Betrachtung des Anteils erneuerbarer Energien dar.

$$\frac{\text{Summe der gesamten Erneuerbaren Energien [kWh]}}{\text{Summe der gesamten verbrauchten Energie [kWh]}}$$

Diese Kennzahl lässt sich relativ einfach erheben. Größte Herausforderung stellt die Ermittlung der Summe an erneuerbaren Energien dar. Meistens sollte der Energieversorger eine Aufschlüsselung der verkauften Energie bieten oder auf Nachfrage herausgeben können. Für die großen Energieversorger in Deutschland, zum Beispiel EON und RWE, sind die Werte online veröffentlicht (vgl. Statistisches Bundesamt 2015). Per Definitionem gehören zu den regenerativen beziehungsweise erneuerbaren Energien Solar-, Wasser- und Windenergie, sowie Biomasse, Geothermie und Brennstoffzellen (vgl. Schenk et al. 2014). Auch bei der Energie- und Wärmerückgewinnung fossiler oder atomarer Brennstoff zur Energiegewinnung herangezogen, jedoch fließt sie bereits in die ökonomische Kennzahl mit ein und ist somit nicht als Anteil von regenerativen Energien zu werten. Im Gegensatz zur ökonomischen Kennzahl kann das Unternehmen keinen direkten finanziellen Mehrwert aus einer hohen Kennzahl in diesem Bereich erzielen. Neben Umweltbewusstsein ist die öffentliche Wirkung ein Ansporn, die mit einem hohen Anteil an regenerativen Energien erzielt werden kann. Es kann explizit damit geworben werden, sich ökologisch nachhaltig zu verhalten. Somit kann eine breitere Kundenbasis erschlossen werden. Gerade in der heutigen Zeit legen Kunden vermehrt Wert auf Ökolabels, Nachhaltigkeitszer-

tifikate oder Auszeichnungen für ökologisch bewusstes Firmenverhalten. Unternehmen, die das berücksichtigen und dem Kunden reliabel mitteilen, können Vorteile auf dem Markt erlangen (vgl. Högner et al. 2012).

Energie, Sozial

Eine quantitative Kennzahl für die soziale Bewertung der Ressource Energie zu finden, ist nicht zufriedenstellend möglich. Im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Nachhaltigkeitsaspekten können hier keine Zahlen erhoben werden, aus der sich eine Kennzahl ableiten lässt. Zunächst war die Überlegung, anhand der Verbesserungsmaßnahmen die Zukunftsfähigkeit der Ressource zu evaluieren. Die Kennzahl hätte dann aus der Anzahl der geplanten oder im vergangenen Jahr durchgeführten Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung, multipliziert mit dem Wichtigkeitsfaktor, bestanden. Des Weiteren hätte der Erfüllungsgrad mit eingebracht werden können, um eine Verbesserung abzubilden. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit benennt in seinem Leitfaden zur Anwendung von Umweltkennzahlen die sogenannten Umweltmanagementkennzahlen. Diese „[...] befassen sich mit Aspekten rund um organisationsweite Prozesse, bei denen es vorrangig um die Steuerung der Umweltleistung geht.“ (Weiß et al. 2013, S. 75). Entweder wird die Umweltleistung mit der qualitativen Einschätzung der Umweltmaßnahmen, die das Management einleitet, gemessen oder es wird die Möglichkeit einer quantitativen Zahl genutzt, die das Verhältnis von Umsatz zu Investitionsmaßnahmen mit Umweltbezug darstellt. Alternativ zum Betrag der Investitionen kann auch das Verhältnis aller Abschreibungen für Aufwände, die die Energieeffizienz steigern, zum Gesamtvolumen der Abschreibungen des Unternehmens berechnet werden. Der Ansatz dieser Erhebung wird hier erweitert. Ein mit Hilfe des EDEN-Reifegradmodells entwickelter

Kurzfragebogen zur Bewertung des Prozessmanagements und dessen Verbesserung soll eine quantitative Kennzahl ausgeben. Um den Istzustand des jeweiligen Unternehmens zu ermitteln wird das Reifegradmodell eingesetzt, das anhand einiger Fragen den Reifegrad des Unternehmens ermitteln soll (vgl. Knuppertz 2009). Die Unternehmen füllen eigenständig den folgenden Fragebogen aus, wobei die Angaben nicht überprüft werden. Dies sollte jedoch keine Herausforderung darstellen, da die Erhebung aller Kennzahlen freiwillig und im Eigeninteresse des Unternehmens erfolgt.

Die ersten in Abbildung 4-2 aufgeführten sechs Fragen orientieren sich an dem Reifegradmodell, die letzten beiden quantifizierbaren Fragen sind konkret auf die entsprechende Kennzahl angepasst. Sie ergeben sich aus den vorangegangenen Überlegungen bezüglich der sozialen Energiekomponenten. Die Industriepartner bewerten den Fragenkatalog als sehr breit anwendbar ist, leicht zu handhaben und einen guten Überblick über die elementaren Aspekte der Kennzahl. Bei den letzten beiden Fragen ist darauf zu achten, dass die zu berechnenden Werte direkt abgefragt werden und keine Abstufungen ausgewählt werden können. Die fünf Kategorien werden anschließend unabhängig davon ermittelt und fließen so in die Kennzahl mit ein.

$$\frac{\textit{Summe der ermittelten Punkte}}{\textit{Maximal mögliche Punktzahl}}$$

Der Nenner ergibt sich aus der Multiplikation der zu erreichenden Punkte (fünf) und der Anzahl der Fragen (acht). Es ergibt sich eine Zahl zwischen 0 und 1, wobei 1 wieder der maximale Wert ist, der allein durch volle fünf Punkte in allen acht Fragen zu erreichen ist. Insbesondere bei den Antworten auf die letzte Frage ist realistischer Weise keine Bestnote zu erzielen, da dies bedeuten würde, das Unternehmen führe ausschließlich Energieeffizienzmaßnahmen durch.

	1	2	3	4	5
Wie schätzen Sie selber ihr Energieeffizienzmanagement ein?	Kaum vorhanden, stark verbesserungsfähig.				Optimal
Werden aufgedeckt Mängel bzgl. der Energieeffizienz unmittelbar mit Maßnahmen angegangen?	Das dauert immer sehr lange.				Maßnahmen werden umgehend definiert und in die Wege geleitet.
Wie zügig werden vorhandene Maßnahmen umgesetzt und vollendet?	Nur schleppend, nicht in geplanter/ gewünschter Geschwindigkeit.				Genau nach Plan, so schnell wie möglich.
Gibt es klare Verantwortliche für die Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung?	Es ist vollkommen ungeklärt.				Für jeden Bereich sind die Verantwortlichen definiert mit den festen Aufgaben sich darum zu kümmern.
Ist eine klar definierte Dokumentationsstruktur für das Energieeffizienzmanagement vorhanden?	Es wird gar nicht dokumentiert.				Eine einheitliche Dokumentationsrichtlinie liegt vor und wird immer angewendet.
Werden die Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung getackt und durch regelmäßige Überprüfung des Status aktualisiert?	Ein Maßnahmentracking findet nicht statt.				In definiert regelmäßigen Abständen wird nach einer bestimmten Vorgehensweise getackt, auf was für einem Stand das Unternehmen ist.
Wie weit weichen Plan und Ist der durchgeführten Maßnahmen tatsächlich zu einem definierten Stichtag voneinander ab? (Ist/Plan)	Das Verhältnis ist $\leq 0,2$	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	Das Verhältnis ist $> 0,8$
Verhältnis Anzahl Vorschläge zur Verbesserung der Energieeffizienz zur Anzahl der gesamten Effizienzverbesserungsvorschläge im Unternehmen	Das Verhältnis ist $\leq 0,2$	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	Das Verhältnis ist $> 0,8$

Abbildung 4-2: Fragebogen zur Kennzahl, Energie, sozial

Für die Überprüfung der Verwendung der Ressource Energie im Unternehmen auf Nachhaltigkeit stehen nun drei Kennzahlen zur Verfügung. Die ökonomische Nachhaltigkeit wird durch den Anteil der Energiekosten am Umsatz ermittelt. Die ökologische Nachhaltigkeit wird durch den Anteil an erneuerbaren Energien, die das Unternehmen nutzt bestimmt. Durch die Auswertung von acht Fragen wird die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens im Bereich der Energie untersucht. Analoge Ansätze zur Ermittlung der Kennzahlen für die Ressource Material sind im folgenden Kapitel zu aufgeführt, wobei insgesamt vier Kennzahlen erhoben werden.

Material

Die zweite zu untersuchende Ressource von Unternehmen ist Material. Die Materialeffizienz birgt ein hohes Einsparpotenzial in Unternehmen aller Art. Mit einer Steigerung der Materialeffizienz um 20 Prozent könnten die deutschen Unternehmen jährlich rund 100 Milliarden Euro einsparen. Es verwundert daher nicht, dass diese Ressource, respektive ihre Effizienzsteigerung als schlummernder Riese bezeichnet wird (vgl. Weiß et al. 2013). Die Fachliteratur differenziert diese Ressource nach Rohstoffen, Hilfsstoffen, Betriebsstoffen, Halbfabrikaten und Handelswaren, die direkt in den Produktionsprozess eingehen oder für den Absatz bereitgestellt werden (vgl. Thommen und Achleitner 2012). Innerhalb dieser klaren Abgrenzung bedarf der Posten der Betriebsstoffe einer näheren Untersuchung. Thommen und Achleitner definieren Betriebsstoffe als die Stoffe, die keinen Bestandteil des Fertigprodukts sind, sondern im Produktionsprozess verbraucht werden, wie Energie oder Kühlwasser (vgl. Thommen und Achleitner 2012). Neben der eigentlichen Ressourcen- definition gilt es ebenfalls den Begriff der Materialaufwendungen zu klären, der aber in der Literatur nicht eindeutig abzugrenzen ist. Die in der vierten EG-Richtlinie genannten Umschreibungen, die an die

handelsrechtlichen Vorschriften anknüpfen, gehen nicht näher auf die Frage der direkten Materialaufwendungen ein. Insbesondere bei den Betriebsstoffen wird variierend eine enge und eine weite Auslegung benutzt. Bei der engeren Auslegung werden nur am Fertigungsprozess beteiligte Stoffe berücksichtigt. Bei der weiten Auslegung werden alle Sachkosten im Materialaufwand erfasst (vgl. Handelsblatt 2006). Somit besteht ein gewisser Handlungsspielraum wie Materialaufwendungen bei Betriebsstoffen auszulegen sind. Da der Posten Energie bereits hinreichend untersucht wurde und mit drei Kennzahlen in das Gesamtergebnis miteinfließt, sollte eine Doppeluntersuchung vermieden werden. Energie zählt nicht explizit mit zu den Betriebsstoffen. Trotzdem ist die Definition noch immer nicht ganz eindeutig, denn der Begriff der Energie muss weiter differenziert werden. Sämtliche Energieposten, die klar von der Gesamtenergie des Unternehmens trennbar und die ausschließlich zu Produktionszwecken einsetzbar sind, werden zu den Betriebsstoffen gezählt und gehören somit zu den Materialien. Betriebsstoffe werden abgegrenzt als Materialien, die für die Aufrechterhaltung der betrieblichen Transformationsprozesse benötigt werden (Lück 2004, S. 456). Dies sind alle Energieträger, die direkt und ausschließlich auf den Transformationsprozess zu beziehen sind. Das häufigste Beispiel hierfür ist das Schweißgas. Mit dieser Definition können die drei folgenden Kennzahlen zur Ressourceneffizienz Material hinsichtlich ihrer ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit untersucht werden.

Material, Ökonomisch

Die Kennzahl zur ökonomischen Nachhaltigkeit der Ressource Material ist vergleichbar mit der für die Ressource Energie im ökonomischen Bereich. Es wird der Anteil an Materialkosten an den Gesamtkosten gemessen. Die Besonderheit beim Material stellen die negativen Kosten der Abfallerlöse dar, durch die ein Unternehmen andere

Kosten wieder ausgleichen kann (vgl. Männel 1995). Teile des Materials, die zunächst nicht in der Produktion verwendet werden, können wiederverwendet werden und senken so die Kosten, da weniger neues Material gekauft werden muss. Oder sie sind für das Unternehmen nicht mehr nutzbar und können weiterverkauft werden. In der Literatur gibt es noch einige weitere Abstufungen. An dieser Stelle sei lediglich auf die gröbste Einteilung verwiesen. Ein Unternehmen ist materialintensiv, wenn die Einzelkosten 50 Prozent oder mehr der Herstellkosten ausmachen. In einzelnen Branchen können es sogar 80 Prozent sein. Somit bilden die Materialkosten einen wesentlichen Einflussfaktor auf den Geschäftserfolg (vgl. Kluth 1996). Den Aspekt der Abfallerlöse gilt es in der Kennzahl wie folgt miteinzubeziehen.

$$1 - \left(\frac{\text{Materialkosten [€]} - \text{Abfallerlöse [€]}}{\text{Gesamtkosten [€]}} \right)$$

Auch hier wird zur Betrachtung das letzte Geschäftsjahr herangezogen. Die Kennzahl ist als Anteil prozentual erfassbar und hat somit keine Einheit. Um die gleiche Skalierung wie die anderen Kennzahlen zu erreichen, wird auch hier, genau wie bei der ökonomischen Betrachtung der Energie, ein 1- vor den Bruch gesetzt, um 0 als schlechteste, und 1 als beste Kennzahl zu definieren. Im Gegensatz zur Energiekostenkennzahl lassen sich in der Literatur keine Branchendurchschnitte ermitteln, sodass die Relativierung entfällt. Mit einem Wert zwischen 0 und 1 ist dennoch Vergleichbarkeit gegeben.

Hinter der Kennzahl verbirgt sich das Ziel, die Abfallquote so gering wie möglich zu halten. Je geringer der Materialüberschuss, beziehungsweise die Abfälle, desto effizienter arbeitet das Unternehmen. Somit bietet diese Kennzahl nicht nur einen Überblick über die Ressourceneffizienz, sondern kann gleichzeitig zu Steuerzwecken innerhalb der Unternehmensführung genutzt werden.

Material, Ökologisch

In der Literatur existieren verschiedene Kennzahlen, die auf unterschiedliche Weise widerspiegeln, wie ökologisch nachhaltig ein Unternehmen mit seinen Materialien umgeht. Im Leitfaden für betriebliche Umweltkennzahlen werden beispielsweise die Rohstoffeffizienz, der Anteil an Mehrwegverpackungen, die Verwertungsquote oder die Sonderabfallquote aufgeführt (vgl. Rauberger et al. 1997). Die beiden Kennzahlen Anteil grüner Materialien und Verbesserungspotenzial bezüglich Emissionen werden im Folgenden näher erläutert. Die erste Kennzahl zeigt konkret den Anteil des grünen Materials, der im Unternehmen verwendet wird.

$$\frac{\textit{Summe der grünen Materialien [€]}}{\textit{Summe aller Materialien [€]}}$$

Um Zähler und Nenner des Terms vergleichen zu können, werden im Zähler nur die Materialien betrachtet, die das Unternehmen selber verwendet, nicht solche, die zum Beispiel als recyclingfähiges Material nach der Verwertung weiterverkauft werden. Entscheidend für diese Kennzahl ist die Definition der grünen Materialien. Eine allgemeingültige Beschreibung für grüne Materialien existiert in der Literatur nicht. Es werden alle Materialien, die nachwachsen, wiederverwendet oder recycelt werden, als grüne Materialien betrachtet. Nachwachsende Rohstoffe sind land- und forstwirtschaftlich erzeugte Produkte, die stofflich oder zur Erzeugung von Wärme, Strom oder Kraftstoffen genutzt werden (vgl. Schütte 2011). Durch den Fokus des Forschungsvorhabens auf produzierende Unternehmen sind insbesondere stofflich genutzte Materialien von Interesse. Es ist zu beachten, dass Materialien als nachwachsend bezeichnet werden, sofern sie aus nachwachsenden Rohstoffen gefertigt wurden. Der Terminus der wiederverwendeten Materialien ist selbsterklärend, unterschieden

werden muss zwischen wiederverwendeten Materialien aus dem eigenen Betrieb oder extern bezogenen Materialien, die wiederverwendet sind. Die Materialien aus dem eigenen Wiederverwendungsprozess gehen in dieser Kennzahl nicht in den Zähler mit ein. Indirekt werden sie im Nenner berücksichtigt, da der Betrag der eingekauften Materialien sinkt, wenn das Unternehmen diese erneut benutzt. Ob die extern bezogenen Materialien wiederverwendet sind oder nicht, muss das Unternehmen mit dem Lieferanten klären, sofern es nicht bereits eindeutig ist. „Recycling [...] ist jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden; es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, nicht aber die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind“ (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2013, §3, Absatz 25). Die Ermittlung aller Materialien, die eine dieser drei Definitionen trifft, ist eine Herausforderung, aber die Kennzahl liefert eine Grundlage zur ökologischen Erstbewertung der Materialeffizienz. Zwar ist die Kennzahl nun leicht abhängig von Rohstoffpreisen, doch diese marginale Ungenauigkeit steht in keinem Verhältnis zu dem Mehraufwand, den die Erhebung in Gewichtseinheiten mit sich bringen würde. Metall und Kunststoff sind die beiden Materialien, die am meisten in den Unternehmen verwendet werden. Ob das Metall, das ein Unternehmen verwendet, zu den grünen Materialien zählt, hängt von der Frage der Wiederverwendung ab. Beim Kunststoff muss unterschieden werden, ob es sich um Bio-Kunststoff, also Kunststoff der aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt wird, handelt oder nicht. Die zweite ökologische Kennzahl zur Nachhaltigkeitsbewertung der Ressource Material ergibt sich aus einer

qualitativen Einschätzung des Unternehmens bezüglich seines Emissionsausstoßes. „Emissionen [...] sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnlichen Erscheinungen“ (Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz 1974, §3, Absatz 3). Das Unternehmen soll mit einer weitestgehend objektiven Selbsteinschätzung angeben, wie sehr es die eigenen Emissionen noch verbessern kann.

	1	2	3	4	5
Wie hoch schätzen Sie die Verbesserungsmöglichkeiten/-notwendigkeit Ihres Unternehmens bei Emissionen nach der genannten Definition ein?	Es gibt noch viel Verbesserungspotenzial, wir stoßen zu viele Emissionen aus				Wir sind maximal gut aufgestellt und können uns nicht weiter in dieser Kategorie verbessern.

Abbildung 4-3: Frage zur Kennzahl Material, ökologisch

Damit die eigentliche Kennzahl dem Anspruch einer durchgängigen Normierung gerecht wird, wird die angekreuzte Zahl durch die maximale Punktzahl geteilt.

$$\frac{\text{Angekreuzte Zahl}}{5}$$

Bei dieser Kennzahl besteht die Schwierigkeit das Verhältnis von Verbesserungspotenzial und bereits verbessertem Status auszudrücken. Grundsätzlich gilt bei einer Einschätzung auf der Likert Skala von der Bestnote 5, wie bei den anderen qualitativen Einschätzungen auch, dass das Unternehmen in diesem Thema überdurchschnittlich gut aufgestellt ist.

	1	2	3	4	5
Wie schätzen Sie selber Ihr Maßnahmenmanagement (Material) ein?	Kaum vorhanden, stark verbesserungsfähig.				Optimal
Werden Mängel der Materialeffizienz unmittelbar mit Maßnahmen behoben?	Das dauert immer sehr lange.				Maßnahmen werden umgehend definiert und in die Wege geleitet.
Wie zügig werden vorhandene Maßnahmen umgesetzt und vollendet?	Nur schleppend, nicht in geplanter/gewünschter Geschwindigkeit.				Genau nach Plan, so schnell wie möglich
Gibt es klare Verantwortliche für Maßnahmen zur Materialeffizienzsteigerung?	Es ist vollkommen ungeklärt.				Für jeden Bereich sind die Verantwortlichen definiert.
Existiert eine klar definierte Dokumentationsstruktur für das Materialeffizienzmanagement?	Es wird gar nicht dokumentiert.				Eine einheitliche Dokumentationsrichtlinie liegt vor und wird immer angewendet.
Werden die Maßnahmen zur Materialeffizienzsteigerung getackt und durch regelmäßige Überprüfung des Status aktualisiert?	Ein Maßnahmentracking findet nicht statt.				In definiert regelmäßigen Abständen wird nach einer bestimmten Vorgehensweise der Stand des Unternehmens verfolgt
Wie weit weichen Plan und Ist der durchgeführten Maßnahmen tatsächlich zu einem definierten Stichtag voneinander ab?	Das Verhältnis ist $\leq 0,2$	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	Das Verhältnis ist $> 0,8$
Verhältnis Anzahl Vorschläge zur Verbesserung der Energieeffizienz zur Anzahl der gesamten Effizienzverbesserungsvorschläge im Unternehmen	Das Verhältnis ist $\leq 0,2$	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	Das Verhältnis ist $> 0,8$

Abbildung 4-4: Fragebogen zur Kennzahl Material, sozial

Also in der Ressource Material eine sehr hohe ökologische Nachhaltigkeit vorzuweisen hat. Bei schlechter Unternehmenssituation stehen theoretisch Investitionen bevor, damit bessere Werte erzielt werden, um einerseits eine höhere Kundenakzeptanz zu erhalten und andererseits immer strengere Gesetze diesbezüglich zu erfüllen.

Material, sozial

Die Kennzahl zur sozialen Nachhaltigkeit für die Ressource Material ist analog der Energiekennzahl aufgebaut. Auch beim Material ist es beinahe unmöglich, eine quantitative Kennzahl zu erheben, die alle Indikatoren erfasst und mit den bisher erhobenen Kennzahlen in Relation gesetzt werden kann. Deshalb wurde auch hier auf den Pool von acht Fragen zurückgegriffen, der von den Unternehmen zu beantworten ist. So wird eine deutlich differenzierte Anzahl an Aspekten berücksichtigt, die nicht rein numerisch, sondern erst durch die explizite Bewertung durch die Unternehmen ausgedrückt werden können. Wie schon bei der Ressource Energie dient das Reifegradmodell des EDEN e.V. als Grundlage für den Fragenkatalog, der dem Grundgedanken folgt, dass ein Unternehmen nur durch stetige Verbesserung und Wachstum erfolgreich sein kann.

Äquivalent ergibt sich die quantitative Kennzahl durch folgenden Bruch aus den qualitativen Angaben des Unternehmens.

$$\frac{\textit{Summe der ermittelten Punkte}}{\textit{Maximal mögliche Punktzahl}}$$

Zusammenfassend lässt sich für die Ressource Material feststellen, dass vier Kennzahlen entwickelt worden sind. Die ökonomische Kennzahl wurde analog der Kennzahl für die Energiebewertung erhoben, berücksichtigt jedoch bei den Kosten die Abfallerlöse, die subtrahiert werden. Außerdem werden die Materialkosten nicht zum

Umsatz, sondern zu den Gesamtkosten ins Verhältnis gesetzt. Zur Berechnung der ökologischen Nachhaltigkeit können zwei Kennzahlen berechnet werden. Der Anteil der grünen Materialien sowie eine qualitative Kennzahl der ausgestoßenen Emissionen. Die soziale Nachhaltigkeit des Materials wird äquivalent zu der der Energie betrachtet, eine ebenfalls auf dem Reifegradmodell aufbauende Sammlung aus sechs qualitativen und zwei quantitativen Fragen.

Personal

Unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten stellt die dritte der hier untersuchten Ressourcen, das Personal, die größte Herausforderung dar. Schon die in Bezug auf Menschen befremdliche Begrifflichkeit Ressource zeigt das wissenschaftliche Dilemma hier objektivierbare, messbare Faktoren zu finden, die zur Erhebung einer Kennzahl führen. Kürzungen, Optimierungen oder Maßnahmen zur Ressourceneffizienzsteigerung können nicht ohne weiteres, wie bei Energie oder Material, umgesetzt werden, weil es deutlich striktere Vorschriften gibt, meist von staatlicher Seite zum Schutz des Arbeitnehmers. Diese Herausforderung kann aber mit entsprechenden Umschreibungen und Überlegungen entgegenwirkt werden und es können, wenn auch mit etwas mehr Aufwand, valide Aussagen zur Situation der Unternehmen getroffen werden.

Personal, Ökonomisch

Eine naheliegende Möglichkeit ist es, die ökonomische Nachhaltigkeit des Personals äquivalent zu den beiden vorherigen Ressourcen zu ermitteln, nämlich anhand des Anteils, den die Kosten an den Gesamtkosten haben (vgl. Wildemann 2001). Doch da einerseits viele andere Kennzahlen in diesem Bereich in der Literatur zu finden sind und andererseits aufgrund mangelnder Aussagekraft keine Anwendbarkeit durch die Praxispartner testiert werden konnte, wird diese

Kennzahl nicht in das Modell integriert. Stattdessen werden erneut zwei Kennzahlen erhoben, der Unternehmensgewinn je FTE und das Human Capital Value Added. Ziel dieser Kennzahlen ist es, den Gewinn pro Mitarbeiter im Unternehmen zu berechnen. Auf Grund von vielerlei Arbeitszeitmodellen und unterschiedlichen Stundenzahlen, würde es zu einem verfälschten Ergebnis führen, die Anzahl der beschäftigten Mitarbeiter eines Unternehmens zu betrachten. Stattdessen wird das sogenannte Vollzeitäquivalent (im englischen FTE = Full Time Employee) genutzt. Dies ist eine hypothetische Größe, die angibt wie viele Mitarbeiter tatsächlich im Unternehmen angestellt wären, würden alle Mitarbeiter Vollzeit arbeiten. FTE wird berechnet, indem das gesamte Arbeitsvolumen des Unternehmens durch die durchschnittliche Stundenzahl einer Vollzeitarbeitskraft dividiert wird (vgl. Asef et al. 2011). Weiterführend wird betrachtet, wie viel Gewinn je Mitarbeiter, beziehungsweise FTE erzielt wird.

$$\frac{\text{Gewinn [€]}}{\text{Summe FTE}}$$

Betrachtet wird auch in diesem Fall das letzte, abschließend dokumentierte Geschäftsjahr. Je höher das Ergebnis, desto effektiver arbeitet ein einzelner Mitarbeiter, trägt also mehr zur Wertschöpfung des Unternehmens bei. Sehr ähnlich zu der obigen Kennzahl, aber etwas detaillierter, ist das in der Literatur oft angewendete Human Capital Value Added (HCVA) (vgl. Klingler 2009).

$$\frac{\text{Umsatz [€]} - (\text{Operative Kosten [€]} - \text{Personalaufwand [€]})}{\text{Summe FTE}}$$

Der Vorteil des HCVA ist die erweiterte Aussagekraft, die die Wertschöpfung des Humankapitals erfasst. Dadurch, dass zu dem Gewinn des Unternehmens der Personalaufwand wieder hinzuaddiert wird, kann bestimmt werden, wie hoch der Ertragsbeitrag pro Mitarbeiter im Unternehmen ist. Auch hier gilt, dass der einzelne Mitarbeiter

umso effektiver ist, je höher die Kennzahl ausfällt. Die beiden ökonomischen Kennzahlen des Personals sind die einzigen der hier vorgestellten Kennzahlen, die nicht zwischen 0 und 1 normiert sind. Sie ergeben einen fünf- bis sechsstelligen Eurowert. Unter Berücksichtigung von branchenspezifischen Maximalwerten kann eine normierte Kennzahl gebildet werden.

Personal, Ökologisch

Im Rahmen der ökologischen Nachhaltigkeit soll festgestellt werden, inwieweit Personal im Unternehmen eingesetzt wird, um die ökologische Nachhaltigkeit zu verbessern. Ziel ist es dementsprechend, den Aufwand für Umweltmaßnahmen zu quantifizieren, den das Unternehmen betreibt. Hierzu ist es möglich, die Investitionen für die Umwelt oder die umgesetzten Umweltmaßnahmen zu betrachten, gegebenenfalls in Verhältnis zu Bezugsgrößen wie Umsatz oder Anzahl der Gesamtmaßnahmen (vgl. Weiß et al. 2013). Alternativ können als absolute Werte die Betriebskosten für den Umweltschutz, die Kosteneinsparungen durch Umweltmaßnahmen oder die Kosten für das Umweltmanagement betrachtet werden. Ein weiterer Ansatz ist es, die Schulungen des Personals in Umweltbereichen zu quantifizieren, indem entweder die absolute Anzahl an Gesamtschulungen beziehungsweise geschulter Mitarbeiter oder das Verhältnis zu den Gesamtmitarbeitern analysiert wird (vgl. Rauberger et al. 1997). Hieraus ergibt sich folgende, zweigeteilte Kennzahl.

$$0,5 * \left(x1 * \frac{\text{Umweltmanagementkosten [€]}}{\text{Gesamtkosten Personal [€]}} + x2 * \frac{\text{Abschreibungen Umweltmaßnahmen [€]}}{\text{Gesamtabschreibungen [€]}} \right)$$

Zum einen wird das Personal betrachtet, das sich dem Umweltmanagement widmet und zum anderen die Ausgaben für die Investitionen in Umweltmaßnahmen, in Form von Abschreibungen. In Einklang mit den Praxispartnern dienen Abschreibungen als Grundlage, da diese im Gegensatz zu den Investitionskosten eine langfristige Bewertung ermöglichen und so Einmaleffekte ausgeglichen werden. Dadurch werden sowohl Personal- als auch Sachaufwendungen betrachtet. Die Kennzahl kann nur rechnerisch 1 ergeben. Dazu müssten alle Personalkosten im Unternehmen in das Umweltmanagement einfließen und Investitionen ausschließlich für Umweltmaßnahmen getätigt werden. Zusätzlich müssten die Unternehmen die Faktoren x_1 und x_2 beide mit 5 in der Frage, die in Abbildung 4-5 aufgeführt ist, bewerten, was von einem sehr hohen Nutzen des Umweltmanagements und der Umweltmaßnahmen zeugt.

Um eine Normierung in dem Bereich zwischen 0 und 1 zu erhalten, werden beide Brüche mit 0,5 multipliziert, andernfalls hätte die Kennzahl einen Wertebereich zwischen 0 und 2. Die Faktoren x_1 und x_2 sind eine Abfrage an das Unternehmen für eine qualitative Einschätzung der effizienten Nutzung der Aufwendungen. x_1 und x_2 ergeben sich aus der angekreuzten Zahl dividiert durch 5 (der maximalen Punktzahl), um eine Normierung zwischen 0 und 1 herzustellen. Umweltmanagement bezeichnet die Bestrebungen des Managements, die betrieblichen Umweltauswirkungen zu reduzieren (vgl. Rauberger et al. 1997). Die Umweltmanagementkosten stellen sämtlichen Personalaufwand, der direkt und indirekt auf Umwelt- und Energiemanagement zu beziehen ist, dar. Die Umweltmanagementkosten sind unter Umständen im Vergleich zu den Gesamtkosten des Personals sehr gering, sodass ein Wert mit mehreren Nachkommastellen zu betrachten ist. Die Kennzahl muss branchenvergleichend ausge-

wertet werden, da ein hoher Aufwandsposten in Bereichen des Personals nicht bedeuten, dass das Unternehmen umweltfreundlich ist. Das Gegenteil ist oft der Fall, denn Unternehmen mit einer schlechten ökologischen Bilanz sind gezwungen, viel Geld in die Verminderung der Umweltbelastung zu investieren, gerade weil sie verhältnismäßig hohe Ausstöße haben. Zum Beispiel hat ein Chemiekonzern höhere und belastetere Emissionen als eine Bäckerei, weswegen der Chemiekonzern vermutlich auch mehr Personal beschäftigt, das mit Umweltmanagement beauftragt ist.

Personal, Sozial

Die Einschätzung bezüglich der Zukunftsfähigkeit der Ressource Personal umfasst viele verschiedene Bereiche und es bedarf einer umfangreicheren Abfrage als bei den anderen Kennzahlen. Es wird eine Detailanalyse vorgezogen, um eine Kennzahl ermitteln zu können. Um die soziale Nachhaltigkeit zu untersuchen, wird dem Unternehmen ein Fragenkatalog vorgelegt, der aus quantitativen und qualitativen Fragen besteht. Quantitativ bedeutet, dass keine Referenzwerte zur Verfügung stehen, sondern explizite Werte beziehungsweise Firmenkennzahlen einzutragen sind.

	1	2	3	4	5
Wie hoch schätzen Sie den tatsächlichen Nutzen Ihres Umweltmanagements (x_1)/ Ihrer Umweltmaßnahmen (x_2) ein?	Es bringt kaum etwas, die Prozesse sind zu ineffizient und unsere Bemühungen bringen quasi keinen Nutzen.				Es bringt uns sehr viel, wir verbessern uns stark durch das Umweltmanagement/ die Umweltmaßnahmen

Abbildung 4-5: Frage zur Kennzahl Personal, ökologisch

Die Auswertung findet dann über Durchschnittswerte statt, die entweder schon vorher bekannt sind oder im Laufe der Befragung entwickelt werden. Bei qualitativen Fragen wird eine Skala vorgegeben. Auf ihr kann angekreuzt werden, welche Situation am ehesten mit der Unternehmenslage übereinstimmt. Mitarbeiterstruktur, Wissensmanagement, Arbeitnehmerzufriedenheit und Gesundheit sind die Bereiche in die die qualitative Fragen oder quantitative Kennzahlen unterteilt sind (vgl. Wildemann 2012d). Die Kennzahl ergibt sich entsprechend folgender Gleichung.

$$\frac{\text{Summe der ermittelten Punkte}}{\text{Maximal mögliche Punktzahl}}$$

Die Mitarbeiterstruktur wird durch vier quantitative Fragen ermittelt. Die erste Frage lautet wie lange ein Mitarbeiter durchschnittlich im Unternehmen angestellt ist. Es soll die durchschnittliche Dauer der Betriebszugehörigkeit in Jahren ermittelt werden (vgl. Wickel-Kirsch et al. 2008). Als Durchschnittswert wird mit einer Betriebszugehörigkeit von 10,3 Jahren gerechnet. Die zweite Frage ist wie viele Überstunden ein Arbeiter durchschnittlich wöchentlich aufbaut. Die Berechnung sieht dazu wie folgt aus, wobei der Betrachtungszeitraum eine Woche umfasst (vgl. Klingler 2009).

$$\frac{\text{Gesamtüberstunden im Unternehmen [h]}}{\text{Summe FTE}}$$

Deutscher Durchschnitt ist ein Wert von 2,3 Stunden pro Woche (vgl. Schlitz 2014). Die dritte Frage, die den Unternehmen vorgelegt wird lautet wie hoch der Anteil an Arbeitnehmerüberlassung im Unternehmen sei. Arbeitnehmerüberlassung beschreibt den Zustand, wenn ein selbstständiger Unternehmer einen Mitarbeiter einstellt und diesen vorübergehend oder dauerhaft zur Leistung an einen Dritten abgibt, ein sogenanntes Leiharbeitsverhältnis (vgl. Corsten 2008). Dieser Anteil der Arbeitnehmerüberlassung ist eine anerkannte Kennzahl in

der Literatur (vgl. Wickel-Kirsch et al. 2008; Klingler 2009). Als Durchschnittswert gibt das Statistische Bundesamt bei deutschen Unternehmen eine Arbeitnehmerüberlassung von 2,5 Prozent an (vgl. Statistisches Bundesamt 2015). Die letzte Frage zum Thema der Mitarbeiterstruktur widmet sich der Nachfolgeplanung von Mitarbeitern über 55 Jahren. Sie gilt als wichtiger Faktor zur Beurteilung der Zukunftssituation eines Unternehmens (vgl. Wickel-Kirsch et al. 2008; Klingler 2009).

*Anzahl von besetzten Schlüsselpositionen über 55 Jahre
mit Nachfolgeplanung*

Anzahl von besetzten Schlüsselpositionen über 55 Jahre gesamt

Als Schlüsselposition gelten die Positionen, deren Inhaber einen direkten und starken Einfluss auf die Umsetzung der Unternehmensstrategie haben. Um eine Schlüsselposition als solche zu identifizieren, können die Kriterien strategische beziehungsweise finanzielle Relevanz, Vernetzung und Komplexität innerhalb des Unternehmens, Vernetzung mit Stakeholdern sowie Schwierigkeit der Neubesetzung hinterfragt werden (vgl. Huselid et al. 2005). Das Wissensmanagement des Unternehmens wird mit zwei quantitativen und einer qualitativen Frage bewertet. Die erste Frage ermittelt den sogenannten Schulungsinvestitionsfaktor, der einen Hinweis darauf geben soll, wie viel in die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter investiert wird (vgl. Klingler 2009).

Gesamtkosten für Ausbildungsmaßnahmen

Summe FTE

Bei der zweiten Frage wird das Verhältnis von Gesamtteilnehmern an allen Schulungen und Weiterbildungsmaßnahmen zur Anzahl an Mitarbeitern ermittelt. Im Gegensatz zu der vorherigen Frage geht es hier um die Anzahl, nicht um die Ausgaben in Euro. Betrachtet wird

das letzte Geschäftsjahr und alle darin durchgeführten Ausbildungsmaßnahmen (vgl. Klingler 2009).

$$\frac{\text{Anzahl der Mitarbeiter, die eine Aus – oder Weiterbildung absolvierten}}{\text{Anzahl der Mitarbeiter}}$$

Die dritte das Wissensmanagement betreffende Frage ist qualitativer Natur und ähnelt vom Aufbau den bisherigen qualitativen Fragen. Die Frage zielt auf die grundsätzlichen Prozesse in dem Unternehmen ab, die gerade bei KMU meist nicht hinreichend vorhanden sind (vgl. Orth 2013). Genau wie zum Thema Wissensmanagement werden bei der Kategorie Arbeitnehmerzufriedenheit zwei quantitative und eine qualitative Frage herangezogen, um ermitteln zu können, wie zufrieden die Mitarbeiter in ihrem Unternehmen sind, was für den Verbleib im Unternehmen eine entscheidende Rolle spielt. Je größer die Gestaltungsfreiräume der Mitarbeiter und ihrer Arbeitszeiteinteilung sind, desto zufriedener sind sie mit ihrem Arbeitgeber. Verschiedene Modelle erhöhen die Variabilität und machen es den Mitarbeitern möglich, den für sich optimalen Arbeitsrhythmus einzugehen (vgl. Wickel-Kirsch et al. 2008).

	1	2	3	4	5
Wie gut schätzen Sie die organisatorische Verankerung des Wissensmanagements in Ihrem Unternehmen ein (bspw. die Aufbau- und Ablauforganisation)	Schlecht, es läuft alles eher auf Zuzuruf und die Prozesse sind nicht klar definiert.				Optimal. Verantwortliche sind bestimmt, der Ablauf ist klar geregelt.

Abbildung 4-6: Frage zum Wissensmanagement

Die erste quantitative Frage der Kategorie beschäftigt sich mit der Krankenquote. Zwar unterliegt diese Kennzahl saisonalen Schwankungen, jedoch lässt sich auch ein Zusammenhang zur Zufriedenheit der Mitarbeiter herstellen (vgl. Wickel-Kirsch et al. 2008; Klingler 2009). Der durchschnittliche Krankenstand im Jahr 2004 lag bei 3,38 Prozent (vgl. Statistisches Bundesamt 2015).

	1	2	3	4	5
Wie schätzen Sie die Arbeitszeitmodelle im Unternehmen im Vergleich zu den Angeboten in anderen Unternehmen ein (Teilzeit, Altersteilzeit, Jobsharing, modulare Arbeitszeit).	Wir sind unflexibel und bieten den Mitarbeiter kaum verschiedene Arbeitszeitmodelle an.				Wir haben überdurchschnittlich viele verschiedene Möglichkeiten für alle Mitarbeiter zur Auswahl.

Abbildung 4-7: Frage zur Arbeitnehmerzufriedenheit

Die dritte Frage, die sich mit der Arbeitnehmerzufriedenheit auseinandersetzt, beschäftigt sich mit den Angeboten für die Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Dabei geht es nicht um die reine Anzahl dieser Angebote, sondern darum wie die Arbeitnehmer diese Angebote annehmen (vgl. Wickel-Kirsch et al. 2008).

$$\frac{\text{Zahl an Angeboten zur Vereinbarung von Beruf und Familie}}{\text{Zahl an durchschnittlich angenommenen Angeboten pro Mitarbeiter}}$$

Die bloße Existenz der Angebote ist nicht ausreichend um einen hohen Wert für diese Kennzahl zu erhalten, vielmehr müssen diese Angebote so attraktiv und bei den Arbeitnehmern bekannt sein, dass

diese sie nutzen. Gesundheitsdaten von Arbeitnehmern sind datenrechtlich geschützt und Unternehmen unterliegen bei Auswertung und Weitergabe solcher Daten einer strengen Sorgfaltspflicht. Deshalb wird diese Kategorie durch vier qualitative Fragen abgedeckt, ohne eine quantitative Frage zu berücksichtigen. Fragen 1, 3 und 4 lehnen sich an die Tools und Checklisten aus Integriertes Gesundheitsmanagement an (vgl. DGFP e. V 2014). Frage 2 orientiert sich an der Kennzahl Altersstruktur, die den altersmäßigen Aufbau der Belegschaft untersucht (vgl. Klingler 2009). Das betriebliche Vorschlagswesen (BVW) umfasst innerbetriebliche Regelungen über Anregungen für technische, kaufmännische oder organisatorische Verbesserungen, ihre Entgegennahme, Bewertung und Prämierung (vgl. Wildemann 2017). Es ist personalpolitisch ein wichtiges Instrument, um Mitarbeiter in einem transparenten Verfahren durch eine Prämie zu motivieren, Verbesserungsvorschläge für die innerbetrieblichen Abläufe einzubringen (vgl. Büdenbender und Strutz 1996). Jedoch ist eine Vergleichbarkeit von Personalkennzahlen zwischen Unternehmen und Branchen nur schwer. Die ökonomische Nachhaltigkeit wird durch das Human Capital Value Added oder mit dem Anteil von Gewinn zu FTE dargestellt. Die ökologische Komponente wird über Umweltmanagementkosten und Umweltabschreibungen abgedeckt. Bei der sozialen Nachhaltigkeit wird die Detailanalyse vorgezogen und die Unternehmen schätzen in den vier Bereichen Mitarbeiterstruktur, Wissensmanagement, Arbeitnehmerzufriedenheit und Gesundheit ihre Zukunftsfähigkeit ein.

	1	2	3	4	5
Sind Themen Gesundheit und Sicherheit fest organisatorisch im Unternehmen verankert?	Alles nur sehr vage, keine klaren Prozesse.				Klar organisatorisch verankert und ziel führend.
Führt das Unternehmen regelmäßig eine Altersstrukturanalyse durch und benutzt die gewonnenen Erkenntnisse um sich zu verbessern?	Führen wir generell nicht durch.				Führen wir regelmäßig durch und unternehmen gegebenenfalls etwas bei ungewollten Bildern.
Gibt es im Unternehmen ausreichend Maßnahmen für Bewertung und Optimierung der Ergonomie am Arbeitsplatz?	So etwas haben wir gar nicht.				Wir kümmern uns überdurchschnittlich viel um die Ergonomie am Arbeitsplatz.
Was spielt das betriebliche Vorschlagswesen (BVW) im Unternehmen für eine Rolle?	BVW haben wir gar nicht im Unternehmen.				Das BVW ist ein fester Bestandteil bei uns und es gibt klar definierte Prozesse wie es abläuft. Die Mitarbeiter werden ggf. mit Prämien belohnt

Abbildung 4-8: Fragen zur Gesundheit

Verknüpfung der Kennzahlen

Nachdem bis hierher für die drei untersuchten Ressourcen Energie, Material und Personal jeweils eine Kennzahl entwickelt worden ist, werden im nächsten Schritt diese elf Zahlen zur Auswertung zusammengeführt. Dafür wird das anfangs gezeigte Schaubild der Kennzahlen herangezogen und ausgefüllt. Mit verknüpfenden Rechenoperatoren ergibt sich folgende Darstellung. Es ergeben sich zwei Besonderheiten. Bei der ökologischen Betrachtung der Nachhaltigkeit des Materials sowie bei der ökonomischen Betrachtung des Personals muss entschieden werden, was in die Kennzahl eingehen soll. Beim Material kann entweder der Anteil an grünem Material herangezogen werden oder das Potenzial der Emissionsminimierung, beim Personal die Wertschöpfung je FTE oder das Human Capital Value Added. Sollen jeweils beide Aspekte in die Auswertung der Kennzahl einbezogen werden, müssen beide mit 0,5 multipliziert und anschließend addiert werden. Durch die Normierung einer jeden Kennzahl auf den Bereich zwischen 0 und 1, lassen sich die einzelnen Kennzahlen verknüpfen.

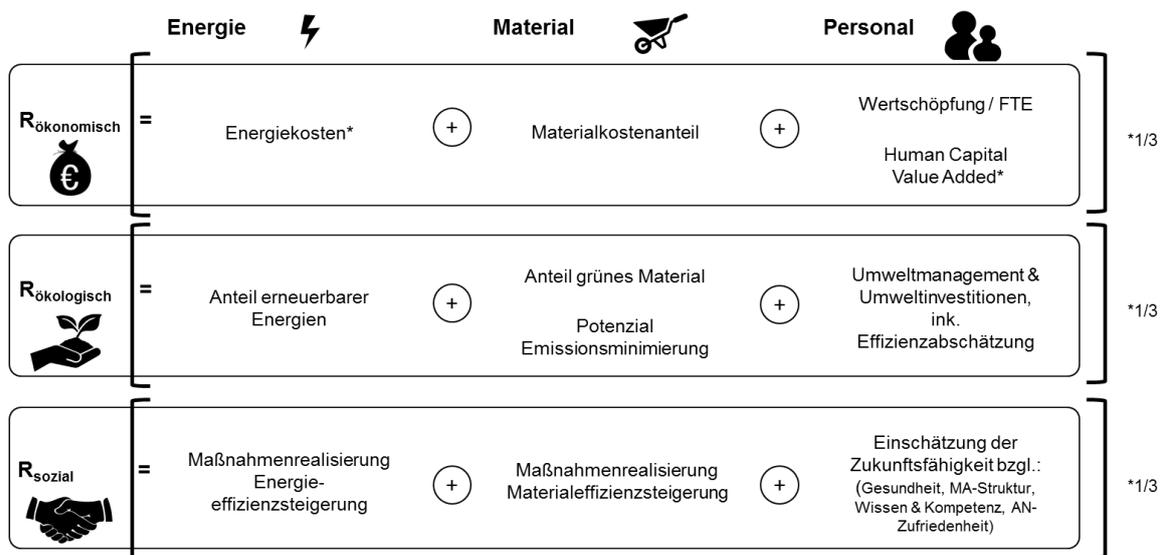


Abbildung 4-9: Überblick über die Kennzahlen

Es ergeben sich die Kennzahlen $R_{\text{ökonomisch}}$, $R_{\text{ökologisch}}$ und R_{sozial} , die jeweils die Nachhaltigkeit aller drei Ressourcen in einem Kennzahlenwert zusammenfassen, indem diese zunächst addiert und dann durch 3 dividiert werden. Die drei zusammenfassenden Kennzahlen sind wieder auf den Bereich 0 bis 1 normiert. Alternativ ist es möglich, drei zusammenfassende Kennzahlen entsprechend der Abbildung 4-9 zu errechnen, die nicht horizontal pro Säule der Nachhaltigkeit addiert werden, sondern vertikal für die einzelnen Ressourcen Energie, Material oder Personal. Unabhängig von der Ausrichtung der Zusammenführung lässt sich eine Gesamtkennzahl für das Unternehmen ermitteln, in die alle einzelnen Kennzahlen in der 3x3 Matrix einfließen. Dazu werden die drei Kennzahlen $R_{\text{ökonomisch}}$, $R_{\text{ökologisch}}$ und R_{sozial} abermals addiert und die Summe durch 3 dividiert. Ergebnis ist eine Zahl zwischen 0 und 1, die das Unternehmen gesamtheitlich bezüglich seiner Ressourceneffizienz einordnet. Für die Unternehmen sind die Zwischenergebnisse, die einzelnen, noch nicht zusammengeführten Kennzahlen von größerem Wert. Speziell diese ermöglichen es, Schwachstellen zu identifizieren und gezielte Optimierungsmaßnahmen zu suchen.

4.3 Ressourceneffizienz in der Nutzungsphase und Service

Zur Darstellung der gesamten Nutzungsphase werden zwei Ressourceneffizienz-Matrizen verwendet. Eine aus Produktsicht und eine aus Servicesicht. Sie können je nach Schwerpunkt der Unternehmen entsprechend modifiziert werden.

Ressourceneffizienz aus Produktsicht

Die Matrixform des Ressourceneffizienz-Kennzahlensystems erlaubt sowohl eine horizontale Betrachtung entlang der Nachhaltigkeitsdi-

mensionen als auch eine vertikale Betrachtung entlang der Ressourcen. Im Folgenden werden die Kennzahlen zuerst vertikal nach ihren Ressourcen beschrieben. Innerhalb der einzelnen Ressourcen wird horizontal auf die Nachhaltigkeitsdimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales eingegangen. Abbildung 4-10 veranschaulicht, inwiefern die Nachhaltigkeitsdimensionen aus Produktsicht zu interpretieren sind. Die Bewertung der ökonomischen Dimension erfolgt anhand der Wirtschaftlichkeit der Produkte für den Kunden. Die Wirtschaftlichkeit der Produkte wird unter Berücksichtigung der Kundenzufriedenheit hinsichtlich Energieeffizienz, Langlebigkeit und Personalservicekosten gebildet unter der Annahme, dass Investitionsentscheidungen für Produkte unter ökonomischen Gesichtspunkten getroffen werden. Damit besteht ein Zusammenhang zwischen der Wirtschaftlichkeit der Produkte und der Kundenzufriedenheit. Die Kundenzufriedenheit wird zusammengefasst über das gesamte Produktportfolio abgebildet. Die Bewertung der ökologischen Dimension erfolgt anhand des Umwelteinflusses der Produkte in ihrer Nutzungsphase. Damit wird die Umweltfreundlichkeit des Produktportfolios dargestellt. Zuletzt wird die soziale Dimension bewertet, indem die Zukunftsfähigkeit des Produktportfolios untersucht wird.

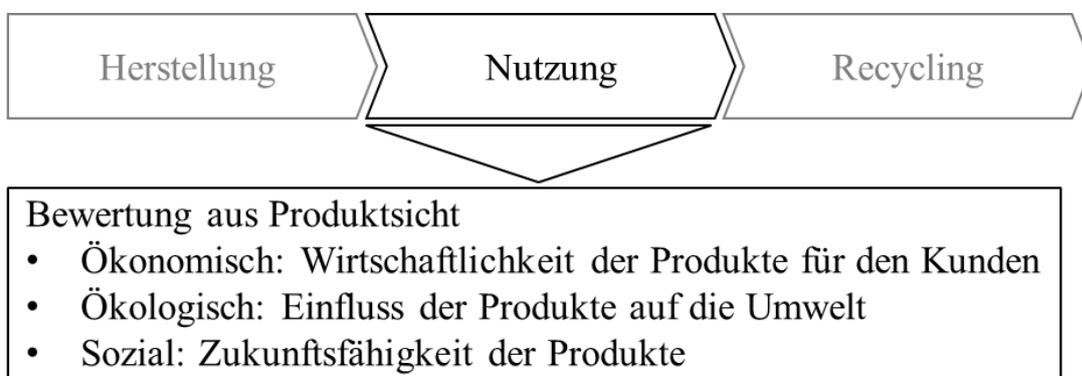


Abbildung 4-10: Nachhaltigkeitsdimensionen aus Produktsicht

Dies geschieht auf der Grundlage von Checklisten, welche den Umsetzungsgrad von Handlungsempfehlungen für zukünftige Produkte ermitteln.

Energieeffizienz

Die Bewertung der Energieeffizienz anhand der aufgeführten Kennzahlen richtet sich an energieverbrauchende Produkte. Die Realität zeigt, dass nur ein Bruchteil aller Produkte einen Energiebedarf in der Nutzungsphase aufweist. Dementsprechend beurteilen die Unternehmen selbst, ob dieser Teil der Produkt-Matrix eine Relevanz für sie darstellt. Grundsätzlich gibt es zur Bewertung der energetischen Ressourceninanspruchnahme, welche die Unternehmen für ihre Produkte selbst durchführen können, mehrere Methoden. Hopf (2015) nennt hierzu die gängigen Methoden wie den Product Carbon Footprint (PCF) oder den kumulierten Energieaufwand (vgl. Hopf und Müller 2016). Solche Methoden werden häufig im Rahmen von Ökobilanzanalysen über den gesamten Lebenszyklus angewendet. Damit erleichtern sie das Erkennen von Energieeinsparpotenzialen im komplexen Zusammenhang zwischen Herstellung, Nutzung und Recycling, indem Interdependenzen bei der Energieinanspruchnahme zwischen den einzelnen Phasen sichtbar werden. Die Siemens AG gibt in ihren Nachhaltigkeitsinformationen für das Jahr 2015 an, 69 Prozent ihres Umsatzes mit ökobilanzierten Produkten zu generieren (vgl. Siemens AG 2015). Allerdings sind Ökobilanzen und ihre genannten Methoden mit einem Aufwand verbunden, der das Leistungsvermögen kleinerer Unternehmen oftmals überschreitet. Dies manifestierte sich in den Gesprächen mit den Praxispartnern des Forschungsprojekts, welche angegeben haben, keine Ökobilanzen für ihre Produkte oder diese nur auf expliziten Kundenwunsch durchzuführen. Für eine Vielzahl an Produkten ist inzwischen ein Vergleich

der Energieeffizienz in der Nutzungsphase dank Energielabel transparent und ohne großen Aufwand möglich. Auf Grundlage der EU-Ökodesign-Richtlinie werden von der Europäischen Kommission in Zusammenarbeit mit Industrie-, Verbraucher- und Umweltverbänden Verordnungen zur umweltgerechten Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte entwickelt (vgl. Volz; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2014b). Hierzu schreibt auch die EU eine Kennzeichnungspflicht energieverbrauchsrelevanter Produkte durch ein einheitliches EU-Energielabel vor, welche in das Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz (EnVKG) und der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung (EnVKV) umgesetzt wurden (vgl. Europäische Union (EU) 2010). Ziel der Vorschriften ist es, mit dem EU-Energielabel mehr Transparenz und eine bessere Vergleichbarkeit von Produkten innerhalb einer Produktgruppe herzustellen und damit dem Verbraucher den Kauf von energieeffizienten Produkten zu erleichtern (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2014b).

Kundenzufriedenheit

Die Energieeffizienz von Produkten steht in engem Zusammenhang mit den ökonomischen Auswirkungen für die Nutzer. So sind Produkte eines besseren Energielabels auch energiekosteneffizienter als ihre Vergleichsprodukte schlechteren Energielabels. Geht man davon aus, dass die Kunden sich aus wirtschaftlichen Gründen für energieeffiziente Produkte entscheiden, ist eine ganzheitliche ökonomische Bewertung der Produkte zu wählen. Zudem sind nicht alle Produkte durch das EU-Energielabel abgedeckt. Eine gängige Methode hierzu bietet die Lebenszykluskostenanalyse, welche alle erforderlichen Aufwendungen zum bestimmungsmäßigen Gebrauch des Produkts betrachtet. Damit ermöglicht dieser Ansatz, ganzheitlich alle Kosten

über die Nutzungsdauer sowohl aus Hersteller- als auch aus Betreibersicht zu verdeutlichen. So kann zum Beispiel aufgezeigt werden, ob sich vergleichsweise kurzfristig höhere Investitionskosten durch geringere Energiekosten kompensieren lassen (vgl. Mattes und Schröter 2012). Trotz geeigneter Methoden zur ökonomischen Bewertung einzelner Produkte gestaltet sich die Entwicklung einer allgemeinen ökonomischen Energieeffizienz-Kennzahl als schwierig. Der Lebenszykluskostenansatz ist eine geeignete Methode, um eine Entscheidung bei direkt konkurrierenden Investitionsalternativen treffen zu können (vgl. Woodward 1997). Eine allgemeine ökonomische Bewertung der Energieeffizienz des gesamten Produktportfolios eines Unternehmens ist damit aber nicht möglich. Ansätze zeigen auf, wie viel Stromeinsparung insgesamt bei den Kunden durch den Verkauf ihrer gekennzeichneten sehr energieeffizienten Produkte gegenüber genormten Referenzprodukten erzielt wurde (vgl. BSH Bosch Siemens Hausgeräte GmbH 2011). Daraus lassen sich die insgesamt eingesparten Energiekosten ableiten. Setzt man diese in ein Verhältnis, zum Beispiel zu den anfallenden Gesamtenergiekosten aller verkauften Produkte eines Jahres, kann daraus eine Kennzahl gebildet werden. Bemessen an der Aussagekraft einer solchen Kennzahl erscheint dieser Ansatz insbesondere für KMU zu aufwändig. Die ökonomische Bewertung der Energieeffizienz des gesamten Produktportfolios eines Unternehmens soll durch direkten Kontakt mit den Produktnutzern in Form einer Kundenzufriedenheitskennzahl zur Energieeffizienz erfolgen. Dabei ist davon auszugehen, dass Investitionsentscheidungen für energieeffiziente Produkte wirtschaftlich begründet ist. Eine Kundenzufriedenheitskennzahl kann flächendeckend sowohl für Massenprodukte, die bereits ein Energielabel besitzen, als auch für Investitionsgüter, für die es kein Label gibt, eingesetzt werden. Für die Kunden spielen bei dieser Kennzahl mehrere Faktoren

wie Investitionskosten, Energiekosten und durch Herstellerangaben erzeugte Kundenerwartungen eine Rolle, die zusammen den Nutzen des energieeffizienten Produktes bewerten. Dies führt zu einer aussagekräftigen und einfach zu implementierenden Kennzahl. Ist die Energieeffizienz ihrer Produktionsanlagen messbar. Zudem kann dieses Erkenntnis den Herstellern der Produktionsanlagen weitergegeben werden und so zur nachhaltigen Verbesserung der nächsten Anlagengenerationen beitragen. Der Aufbau des folgenden Fragebogens und die Auswertungssystematik basieren auf den Kundenbefragungen zur Produktlebensdauer der Studie Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen Obsoleszenz (Prakash et al. 2016, S. 151). Entsprechend der Thematik werden die in dieser Arbeit aufgeführten Fragen modifiziert. Die Teilnehmer der Befragung kreuzen eine der folgenden Antwortmöglichkeiten an, die in Abbildung 4-11 dargestellt sind.

Wie zufrieden sind Sie mit der Energieeffizienz unseres Produkts?		
1	Meine Erwartungen hinsichtlich Energieeffizienz werden erfüllt.	X
2	Ich bin überrascht, wie energieeffizient das Produkt ist.	
3	Ich hätte eine bessere Energieeffizienz erwartet.	
4	Die Energieeffizienz liegt weit unter meinen Erwartungen.	
5	Diese Frage kann ich nicht beantworten.	
Angabe des Produktmodells		Weitere Anmerkungen

Abbildung 4-11: Kundenzufriedenheit zum Energieeinsatz

Zur Orientierung für die richtige Auswahl der Antwortmöglichkeit können sich die Produktnutzer folgende zusätzliche Fragen stellen.

- Welche Erwartungen wurden durch Herstellerangaben geschürt?
- Können Herstellerangaben eingehalten werden?
- Wie hoch ist der Energieverbrauch im Vergleich zu Produkten gleicher Preisklasse?
- Amortisiert sich der Investitionspreis durch Energiekosteneinsparungen?

In Abbildung 4-12 wird die Auswertungssystematik anhand eines Beispiels dargestellt. Ausgewertet werden nur die beantworteten Fragen (1-4), während die ersten beiden Antwortmöglichkeiten Zufriedenheit abbilden, zeigen die Antwortmöglichkeiten drei bis vier die Unzufriedenheit an. Der Anteil der positiv beantworteten Fragen stellt die Zufriedenheitskennzahl über die Energieeffizienz des Produktportfolios dar. Es ergibt sich eine Zufriedenheitskennzahl von 75 Prozent, welche dem Wert 0,75 entspricht.

Gesamtsumme (1-5)	220	
Auswertung beantworteter Fragen	Häufigkeit	Prozent
Gesamtsumme beantworteter Fragen (1-4)	200	100%
Gesamtsumme positiv beantworteter Fragen (1-2)	150	75%
Gesamtsumme negativ beantworteter Fragen (3-4)	50	25%

Abbildung 4-12: Kundenzufriedenheit zur Energieeffizienz

Effizienz-Portfolio

Die Kennzahl zur ökologischen Bewertung der Energieeffizienz des gesamten Produktportfolios eines Unternehmens wird aus der Praxis hergeleitet. Bei diesem Ansatz werden die sparsamsten Produkte ihrer Klasse zu einem Effizienz-Portfolio zusammengefasst. Anschließend wird der Absatzanteil in Stückzahl und der Umsatzanteil des Effizienz-Portfolios ermittelt (vgl. BSH Bosch Siemens Hausgeräte GmbH 2011). Daraus ergibt sich die entwickelte Kennzahl gemäß der Formel aus dem Verhältnis zwischen dem Umsatz des Effizienz-Portfolios und dem Umsatz aller verkauften physischen Produkte einer Periode.

$$\text{Effizienz - Portfolio} = \frac{\text{Umsatz Effizienz - Portfolio}}{\text{Umsatz Gesamtportfolio}}$$

Mit den Produkten des Effizienz-Portfolios wird der Energieverbrauch bei den Nutzern unmittelbar reduziert und damit die ökologisch negativen Folgen so gering wie möglich gehalten. Die Bewertung der sparsamsten Produkte erfolgt vordergründig durch das EU-Energielabel. Die Effizienzklassen des Labels sind grundlegend von A bis G definiert und werden bei entsprechendem technischen Fortschritt um die drei Effizienzklassen A+, A++ und A+++ erweitert (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2014a). Die Methodik aus der Praxis bewertet alle Produkte mit der besten Energieeffizienzklasse als effizient. Gegebenenfalls werden die nächstfolgenden Effizienzklassen einbezogen, solange der Marktstrukturanteil der besten Energieeffizienzklassen bei höchstens 15 Prozent bleibt (vgl. BSH Bosch Siemens Hausgeräte GmbH 2011). Die Abbildung 4-13 verdeutlicht dieses Vorgehen anhand einer beispielhaft ausgewählten Produktgruppe. In diesem Fall werden die Effizienzklassen A+++ und A++ als effizient eingestuft.

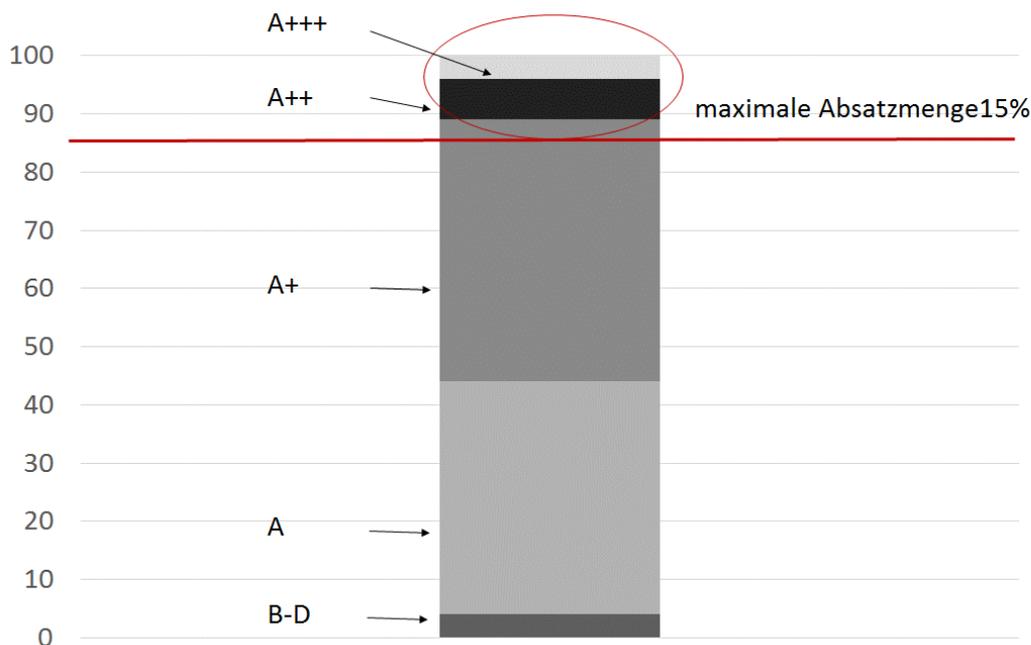


Abbildung 4-13: Einstufung effizienter Produkte

Da die Ermittlung der Marktstrukturanteile aufwändig erscheint und für KMU ein Hemmnis darstellen könnte, wird für die entwickelte Kennzahl vereinfacht vorgegangen. So müssen unabhängig von Marktstrukturanteilen die Produkte mit der besten möglichen Effizienzklasse ihrer Produktgruppe gekennzeichnet sein, um in das Effizienz-Portfolio aufgenommen zu werden. Dennoch ist in der Realität nicht jedes energieverbrauchende Produkt mit einem Energielabel gekennzeichnet. Speziell für Investitionsgüter sind standardisierte Kennzeichnungen kaum vorhanden. Um für diese Produkte trotzdem ein Effizienz-Portfolio zu gestalten, ist ihre Energieeffizienz über Referenzprodukte zu beweisen.

Die neue energieeffiziente Technologie muss dabei die herkömmliche Technologie substituieren (vgl. Becker et al. 2008). Mögliche Referenzsysteme können vom Unternehmen selbst herangezogene Referenzprodukte oder von einer auswertenden Stelle fest vorgeschriebene Referenzwerte sein. Dies sind beispielweise geeignete Normen

oder gesetzliche Vorgaben sowie Vorgaben variabler Referenzmodelle, die ihre Daten durch Analyse und Auswertung mehrerer Alternativen erhalten (vgl. Becker et al. 2008). Für die Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses erscheint eine solche Kennzahl sinnvoll und grundsätzlich möglich, obwohl die meisten Unternehmen die Produkte ihres Unternehmens nicht mit Energielabel kennzeichnen. Sie verweisen darauf, dass hergestellte Produkte einerseits durch DIN- oder ISO-Normen vorgegebene Wirkungsgrade einhalten müssen und sie dadurch bereits eine Mindesteffizienz aufweisen. Zudem sind die Wirkungsgrade auf Datenblättern eines jedes Produkts vermerkt, sodass ein direkter Vergleich mit Wettbewerbsprodukten möglich ist. Eine Bewertung über ausgewählte Referenzsysteme lässt einen Interpretationsspielraum der Unternehmen bei der Energieeffizienz zu.

Checkliste

Die soziale Bewertung richtet sich an die Zukunftsfähigkeit des Produktportfolios in Bezug auf Energieeffizienz. Hierzu wurde eine Checkliste aus fünf Fragen entworfen, welche sich aus Handlungsempfehlungen zur Energieeffizienz ableiten. Die Fragen können anhand von fünf verschiedenen Bewertungskategorien beurteilt werden, sodass die maximal zu erreichende Punktzahl 25 beträgt. Anschließend ergibt sich die Kennzahl gemäß der Formel aus dem Verhältnis der erreichten Punkte zu der maximal erreichbaren Punktzahl.

$$\text{Auswertung Checkliste} = \frac{\text{erreichte Punktzahl}}{\text{max. zu erreichende Punktzahl}}$$

Die Kennzahl ermöglicht dem Unternehmen einen Überblick inwieweit gängige Handlungsempfehlungen für energieeffiziente Produkte umgesetzt werden. In Abbildung 4-14 wird die Checkliste zur Überprüfung der Anwendung von Handlungsempfehlungen für energieeffiziente Produkte aufgeführt.

		1	2	3	4	5
1	Durch Produktumweltprofile (z.B. Ökobilanzen) werden die Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus erkannt und bei der Entwicklung neuer energieeffizienter Produkte berücksichtigt.					
2	Benchmarks bezüglich der Energieeffizienz Ihrer Produkte werden innerhalb einer Vergleichsgruppe durchgeführt.					
3	Zukünftige Produkte sind bezüglich Energieeffizienz stets auf dem neuesten Stand der Technik.					
4	Zukünftige Produkte sind mit einer Anzeige der aktuellen Energieverbräuche versehen.					
5	Die Energieeffizienz in der Nutzungsphase nimmt einen hohen Stellenwert bei der Produktentwicklung ein.					
<p>Beschreibung der Bewertungskategorien</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Trifft für keines unserer Produkte zu 2. Trifft für die wenigsten unserer Produkte zu 3. Trifft für etwa die Hälfte unserer Produkte zu 4. Trifft für die meisten unserer Produkte zu 5. Trifft für alle unserer Produkte zu 						

Abbildung 4-14: Checkliste zur Zukunftsfähigkeit Energie

Materialeffizienz

Ein wichtiger Aspekt der Materialeffizienz in der Nutzungsphase von Produkten ist die Produktlebensdauer. So messen auch die Praxispartner des Forschungsprojekts der Produktlebensdauer sowohl für ihre Produktionsanlagen als auch für ihre eigenen Produkte eine große Bedeutung bei. Eine Studie des Umweltbundesamts betrachtet ökonomische und ökologische Aspekte der Produktlebensdauer (vgl.

Prakash et al. 2016). Aufgrund der Bedeutung von Produktlebensdauern liegt der Schwerpunkt der Kennzahlen zur Materialeffizienz vorwiegend darauf.

Kundenzufriedenheit

Eine Ökonomische Bewertung der Produktlebensdauer kann mithilfe von Lebenszykluskostenanalysen durchgeführt werden (vgl. Prakash et al. 2016). Für ausgewählte Konsumgüter wurden Vergleichsrechnungen zwischen lang- und kurzlebigen Produktvarianten durchgeführt. Teilweise wurden auch Produktvarianten mit einer mittleren Lebensdauer in die Vergleichsrechnung einbezogen (vgl. Prakash et al. 2016). Für die jeweiligen Varianten wurden Investitions-, Betriebs- und Instandhaltungskosten auf Grundlage von Preisangaben aus Produktvergleichsportalen, Literaturrecherche und getroffenen Annahmen ermittelt, wobei die Erstinvestitionskosten für langlebige Produkte stets höher angesetzt wurden als bei den Referenzvarianten geringeren Lebensdauern. Die aus der Lebenszykluskostenanalyse ermittelten jährlichen Gesamtkosten der untersuchten Konsumgüter zeigen, dass sich langlebige Produkte zumeist amortisieren, dies aber auch von den getroffenen Annahmen des geringeren Reparaturanspruches abhängen (vgl. Prakash et al. 2016). Analog zur Energieeffizienz zeigt sich auch hier, dass die Lebenszykluskostenanalyse aussagekräftige Ergebnisse für direkt zu vergleichende Alternativen ermöglicht. Eine Anwendung für das gesamte Produktportfolio erscheint wiederum nicht sinnvoll, da sich die Produktportfolios der Unternehmen selbst bei gleichen Branchen zu stark differenzieren. Somit würde ein Durchschnittswert der jährlichen Produktgesamtkosten weniger von der Kosteneffizienz der Produkte, sondern vielmehr von den angebotenen Produktgruppen abhängen. Konsumgüter können durch eine gewisse Nutzungsdauer oder eine Anzahl von Zyklen bewertet werden. Zudem unterscheiden sich die Auslegung je

nach Hersteller und Produktvariante, was sich im Preis des Endprodukts widerspiegelt. Eine lineare Beziehung zwischen Produktpreis und seiner Lebensdauer ist nicht abzuleiten, da sich der Preis neben dem Materialeinsatz aus weiteren Faktoren wie Service, Funktionalität oder Ersatzteilverfügbarkeit ableitet (vgl. Prakash et al. 2016). Dies gilt auch für Industriegüter, wobei die Lebensdauer eines Produkts ein Kaufkriterium darstellt. Die vorgestellte ökonomische Vergleichsrechnung, die Expertenmeinungen der Studie und die Interviews mit den Praxispartnern des Forschungsprojekts verdeutlichen, dass Kunden bei Investitionen in Produkte gewisse Erwartungen an die Lebensdauer haben. Dies unterstreicht, dass eine ökonomische Bewertung der Materialeffizienz über die Kundenzufriedenheit der Produktlebensdauer aussagekräftig ist. Die Kundenzufriedenheitskennzahl eignet sich sowohl für Konsum- als auch Investitionsgüter. Die Auswertungssystematik ist identisch zu dem vorherigen Beispiel.

Wie zufrieden sind/ waren Sie mit der Lebensdauer unseres Produkts?		
1	Die Lebensdauer hat meine Erwartungen erfüllt.	X
2	Ich bin überrascht wie lange das Produkt hält.	
3	Es war an der Zeit das alte Produkt aus anderen Gründen durch ein Neues zu ersetzen.	
4	Ich hätte eine längere Lebensdauer erwartet.	
5	Das Produkt hat seine Funktion eine viel zu kurze Zeit erfüllt.	
6	Die Frage kann ich nicht beantworten.	
Angabe des Produktmodells		Weitere Anmerkungen

Abbildung 4-15: Kundenzufriedenheit zur Produktlebensdauer

Der ermittelte Zufriedenheitswert in Prozent stellt die Kundenzufriedenheit bezüglich der Lebensdauer über das gesamte Produktportfolio dar und kann als Wert zwischen 0 und 1 in die Kennzahlenmatrix eingetragen werden.

Effizienz-Portfolio

Zur ökologischen Bewertung der Materialeffizienz werden die langlebigen Produkte zu einem Effizienz-Portfolio zusammengefasst. Die Berechnung der Kennzahl ergibt sich gemäß der Formel aus dem Verhältnis des Umsatzes mit langlebigen Produkten zum Umsatz des Gesamtproduktportfolios.

$$\text{Effizienz – Portfolio} = \frac{\text{Umsatz Effizienz – Portfolio}}{\text{Umsatz Gesamtproduktportfolio}}$$

Als langlebig gelten Produkte, die zu vergleichbaren Produkten eine überdurchschnittlich lange Lebensdauer aufweisen. Im Gegensatz zu den EU-Energielabeln gibt es für die Langlebigkeit keine breit angelegte Zertifizierung, Ansätze sind aber vorhanden. So bezieht das Zertifikat der Blaue Engel die Langlebigkeit indirekt ein, indem die Reparaturfähigkeit und die Produktqualität berücksichtigt werden. Eine Vorreiterrolle bei der Zertifizierung der Langlebigkeit nimmt Österreich ein, welches ein Gütezeichen für langlebige, reparaturfreundlich konstruierte elektrische und elektronische Geräte vergibt. Es wird empfohlen zusätzlich die Langlebigkeit von Produkten anhand dieser Kriterien zu bewerten (vgl. Scholl und Rubik 2010). Für das anerkannte Langlebigkeitssiegel müssen die Produkte aus 39 Anforderungen 16 Muss-Kriterien erfüllen sowie einen bestimmten Punktwert aus den restlichen Kann-Kriterien erreichen. Eine Auswahl der Anforderungen zeigt die nachfolgende Auflistung der Abbildung 4-16 (vgl. Pirkner et al. 2008).

- Die Langlebigkeit des Gerätes wird durch adäquate Produktion und Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit gewährleistet,
- Die Vereinfachung der Reparatur wird durch Zugang zu Ersatzteilen, das zur Verfügung stellen der Serviceunterlagen für alle Reparaturwerkstätten und durch geeignete Konstruktion der Geräte ermöglicht,
- Eine möglichst kurze Fehlerbehebungsdauer wird durch vereinfachten Zugang zu allen Plänen eines Gerätes wie Verdrahtungs-, Schalt-, Zerlege und Anschlussplan gewährleistet,
- Garantierte Produktlebensdauer von 10 Jahren,
- Erreichbarkeit der Servicestelle des Herstellers für telefonischen Support bei Reparatur
- Sicherstellung der Zerlegbarkeit des Gerätes
- Bezugsquellenverzeichnis für Ersatzteile

Abbildung 4-16: Langlebigkeitsanforderungen der ONR 192102

Zur Aufnahme der Produkte in das Effizienz-Portfolio sollten die Hersteller die aufgeführten Anforderungen erfüllen oder die Langlebigkeit über transparente Referenzsysteme beweisen. Lebensdauer ist eine planbare Größe, weswegen Hersteller selbst einschätzen können, wie langlebig ihr Produkt ist (vgl. Prakash et al. 2016). Letztendlich bleibt es aber eine Selbsteinschätzung der Unternehmen, welche Produkte in das Effizienzportfolio aufgenommen werden. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Bewertung des Effizienzportfolios zur Langlebigkeit Interpretationsspielraum zulässt. Dennoch geben die vorgestellten Möglichkeiten einen guten Überblick, um das Produktportfolio zu bewerten. Durch das Umsatzverhältnis nimmt

		1	2	3	4	5
1	Durch Produktumweltprofile (z.B. Ökobilanzen) werden die Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus erkannt und bei der Entwicklung					
2	Benchmarks bezüglich der Produktlebensdauer Ihrer Produkte werden innerhalb einer Vergleichsgruppe durchgeführt.					
3	Kritische Bauteile Ihrer Produkte werden auf eine langfristige Lebensdauer ausgelegt.					
4	Die fertigen Produkte werden einer Überprüfung der technischen Lebensdaueranforderung unterzogen.					
5	Die einzelnen (kritischen) Komponenten der Produkte werden einer Überprüfung der technischen Lebensdaueranforderung unterzogen.					
6	Möglichkeiten zur Verlängerung der Produktlebensdauer (Reparierbarkeit, Erweiterbarkeit, modularer Aufbau, Funktionsoptimierung) werden bei Ihren Produkten angeboten. (VDI 4800)					
7	Eine nutzungsgerechte Produktgestaltung nimmt einen hohen Stellenwert bei der Produktentwicklung ein.					
<p>Beschreibung der Bewertungskategorien</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Trifft für keines unserer Produkte zu 2. Trifft für die wenigsten unserer Produkte zu 3. Trifft für etwa die Hälfte unserer Produkte zu 4. Trifft für die meisten unserer Produkte zu 5. Trifft für alle unserer Produkte zu 						

Abbildung 4-17: Checkliste zur Zukunftsfähigkeit Material

die Kennzahl einen Wert zwischen 0 und 1 ein und lässt sich somit direkt in die Matrix übertragen.

Checkliste

Die Zukunftsfähigkeit des Produktportfolios in Bezug auf Material-effizienz wird anhand einer Checkliste bewertet. Aufbau und Auswertung der Checkliste entsprechen dem Schema zur sozialen Bewertung der Energieeffizienz. Die maximal zu erreichende Punktzahl beträgt hierbei 35 Punkte. Die Kennzahl ergibt sich aus dem Verhältnis der erreichten Punktzahl zu der maximal zu erreichenden Punktzahl.

$$\text{Auswertung Checkliste} = \frac{\text{erreichte Punktzahl}}{\text{max. zu erreichende Punktzahl}}$$

Durch die Kennzahl erhalten die Unternehmen einen Überblick inwieweit ausgesprochene Handlungsempfehlungen für die Gestaltung zukünftiger Produkte im Unternehmen bereits umgesetzt werden. Die Fragen der Checklisten werden aus Handlungsempfehlungen abgeleitet und können aus Abbildung 4-17 entnommen werden.

Personaleffizienz

Die Bewertung der Personaleffizienz aus Produktsicht stellt die Interaktion zwischen dem Menschen und dem Produkt in den Vordergrund.

Kundenzufriedenheit

Die ökonomische Bewertung der Personaleffizienz der Produkte richtet sich an die personalbedingten Instandhaltungskosten. Die Instandhaltungsleistung ist das Resultat aus Tätigkeiten und Verwendung von Betriebsmitteln, um eine Einheit in einem funktionierenden

Zustand aufrecht zu erhalten oder sie in diesen Zustand wiederherzustellen (vgl. EN 15341; Wildemann 2016). Basierend auf einer empirischen Untersuchung zeigt die Abbildung 4-18 eine Aufteilung der Instandhaltungstätigkeiten nach den wichtigsten Leistungskategorien (vgl. Becker und Brinkmann 2000).

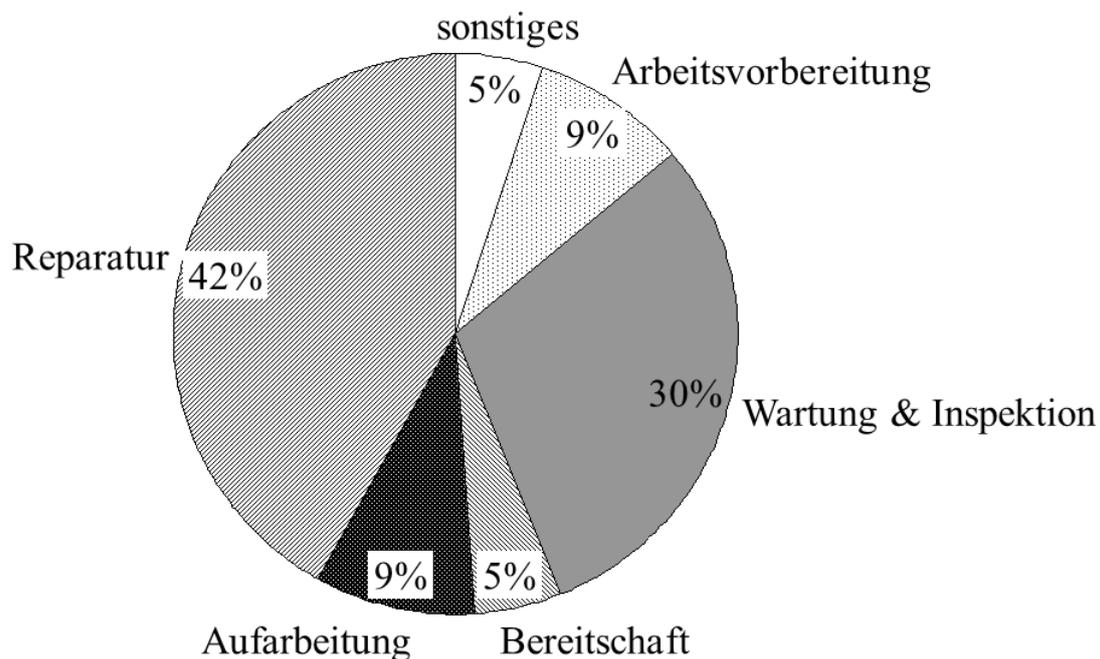


Abbildung 4-18: Leistungskategorien der Instandhaltung

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Reparatur sowie Wartung und Inspektion sehr wichtige Rollen einnehmen. Die Kostenstruktur unterschiedlicher Betriebstypen, wie in Abbildung 4-19 zu sehen, hebt die Bedeutung des Personals hervor (vgl. Becker und Brinkmann 2000) und unterstreicht damit die Entscheidung die Personaleffizienz anhand der Instandhaltung zu bewerten. Der zweitgrößte Kostenblock sind die Fremdleistungen, welche sich aus Arbeitsleistung und gestelltem Material zusammensetzen.

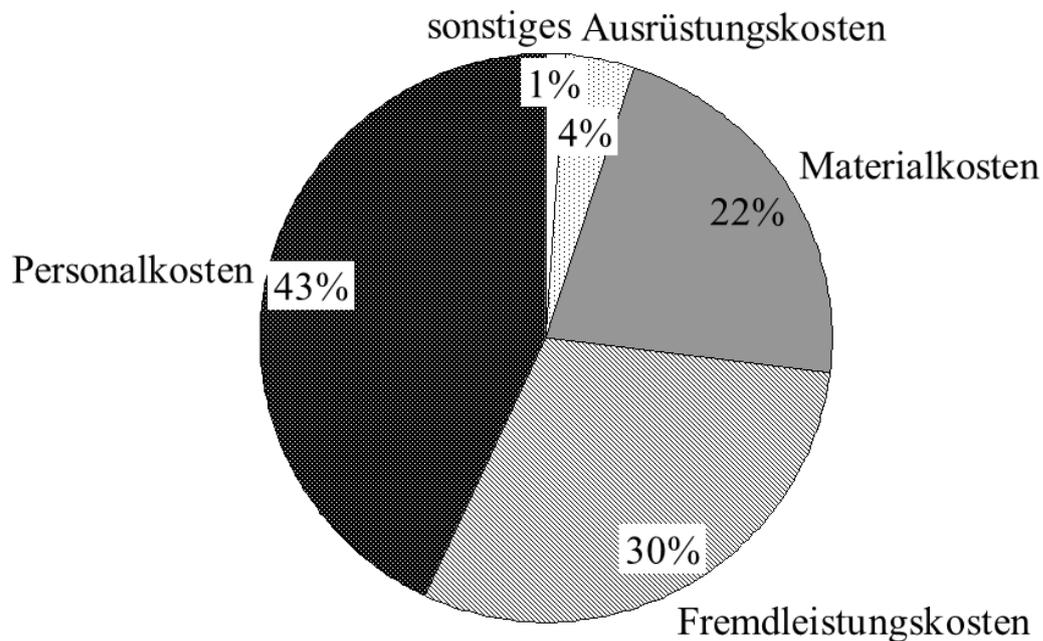


Abbildung 4-19: Kostenstruktur der Instandhaltung

In den Unternehmen bei der Rechnungsstellung und Verbuchung von Fremdleistungen findet jedoch nicht immer eine Unterscheidung zwischen Personal- und Materialkosten statt, aber es kann davon ausgegangen werden, dass die Fremdleistungen der internen Kostenstruktur entsprechen (vgl. Becker und Brinkmann 2000). Die ökonomische Bewertung von Personal können sowohl Personalkosten sein, die der Maschinenbetreiber intern für die Instandhaltung aufwenden muss, als auch Personalkosten, die der Hersteller für Instandhaltungsleistungen beim Maschinenbetreiber verbucht. Die Bewertung findet analog zur Energie- und Materialeffizienz über die Kundenzufriedenheit statt, wieder unter der Annahme, dass Investitionsentscheidungen der Anlagenbetreiber auf wirtschaftlicher Basis getroffen werden. Der Aufbau der Fragen hält sich an die vorherigen Kennzahlen zur Kundenzufriedenheit und wird in der Abbildung 4-20 dargestellt. Die Auswertungssystematik ist wiederum analog Abbildung 4-12.

Die Kennzahl gibt dem Produkthersteller einen geeigneten Überblick, wie personalkosteneffizient seine Produkt-Servicesysteme sind. Der ausgewertete Kundenzufriedenheitswert wird als Kennzahl zwischen null und eins in die Ressourceneffizienz-Matrix eingetragen.

Wie zufrieden sind Sie mit den personalbedingten Aufwänden bei unseren Produkten?		
1	Die mit der Anlage in Verbindung stehenden Personalaufwände entsprechen meinen Erwartungen.	X
2	Ich bin über die geringen Personalaufwände überrascht.	
3	Ich hätte geringere Personalaufwände erwartet.	
4	Die Personalaufwände übersteigen weit meine Erwartungen.	
5	Die Frage kann ich nicht beantworten.	
Angabe des Produktmodells		Weitere Anmerkungen

Abbildung 4-20: Kundenzufriedenheit zur Personaleffizienz

Nutzungsinformation

Zur ökologischen Bewertung der Personaleffizienz müssen die Begrifflichkeiten weitergefasst werden. Die Leitidee zu dieser Kennzahl besteht darin, eine Bewertung vorzunehmen, inwieweit den Kunden Informationen für eine ökologische Produktnutzung bereitgestellt werden. Denn die nutzungsbedingte Ressourceninanspruchnahme kann durch das Nutzungsverhalten maßgeblich positiv beeinflusst werden. Beispielhaft ist das Beilegen von Bedienungsanleitungen mit Hinweisen zur umweltfreundlichen Nutzung zu nennen (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Auch das Angebot von Schulungen und

Produktvorführungen zur Verbesserung einer umweltgerechten Nutzung sind zu bedenken. Die Kennzahl wird gemäß der Formel definiert und ist damit auf das gesamte Produktportfolio anzuwenden.

$$\text{Nutzungsinformation} = \frac{\text{Umsatz verkaufter Produkte mit umweltbezogenen Nutzungsinformationen}}{\text{Umsatz Gesamtproduktportfolio}}$$

Die Art der umweltbezogenen Nutzungsinformation wie Hinweise, Produktvorführung oder Schulung, wird bei hier nicht unterschieden. Die Produkte sind zu vielfältig und ihre Eigenschaften zu unterschiedlich, um beurteilen zu können, welche Art von bereitgestellter Information einen Mehrwert bringt. Die Kennzahl bewirkt eine Sensibilisierung der Hersteller für die Bedeutung des Nutzungsverhaltens bei ihren Produkten.

Serviceangebot

Die Zukunftsfähigkeit des Produktportfolios hinsichtlich Personaleffizienz wird gemäß der Formel durch den Anteil der Produkte ausgedrückt, die mit erlöserzielenden Services gekoppelt sind.

$$\text{Serviceangebot} = \frac{\text{Umsatz verkaufter Produkte mit gekoppelten erlöserzielenden Serviceangeboten}}{\text{Umsatz Gesamtproduktportfolio (physischer Produkte)}}$$

Mit dieser Kennzahl erhält der Hersteller einen Überblick, wie viele der abgesetzten Produkte das Potenzial haben auch in der Nutzungsphase Erlöse zu erzielen. Die Höhe der Serviceerlöse sowie der Umfang des Serviceangebots werden in der Kennzahl noch nicht berücksichtig-

sichtigt. Die Zukunftsfähigkeit wird durch diese Kennzahl widergespiegelt, da über die Garantiefälle hinausgehende Services inzwischen höchste Erträge erwirtschaften (vgl. Mahnel 2011).

Verknüpfung der Kennzahlen

Die einzelnen Kennzahlen wurden unter Berücksichtigung der Anforderungen an Kennzahlensysteme entwickelt. Sie stehen dabei nicht im Konflikt zueinander, sondern ergänzen sich, um die Ressourceneffizienz von Energie, Material und Personal in allen drei Nachhaltigkeitsdimensionen abzubilden. Ihre Akzeptanz und ihre wirtschaftliche Anwendbarkeit wurden durch Beispiele aus der Wirtschaft und durch die Interviews mit den Praxisteilnehmern verifiziert. Zusammengefasst ergeben die einzelnen Kennzahlen die Ressourceneffizienz-Matrix aus Produktsicht, wie in Abbildung 4-21 dargestellt. Die mathematische Verknüpfung der Kennzahlen erfolgt durch Addition. Dies ist sowohl horizontal entlang der Dimensionen, als auch vertikal entlang der Ressourcen möglich.

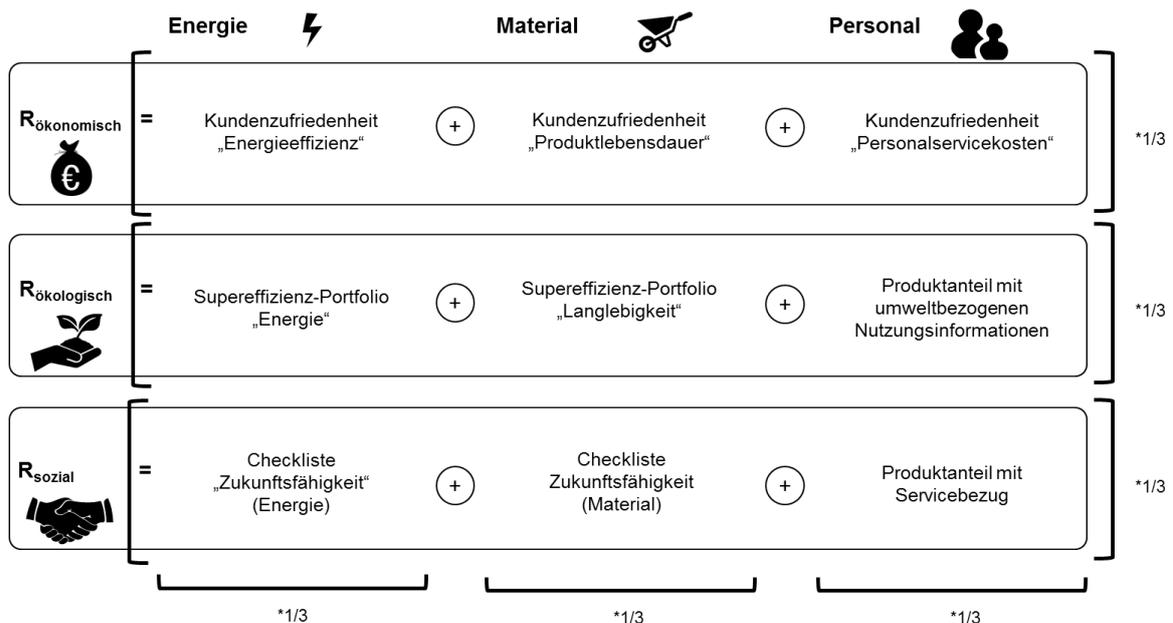


Abbildung 4-21: Ressourceneffizienz-Matrix aus Produktsicht

So können entweder die Teilergebnisse der Dimensionen $R_{\text{ökonomisch}}$, $R_{\text{ökologisch}}$, R_{sozial} oder die Teilergebnisse der Ressourcen R_{Energie} , R_{Material} , R_{Personal} berechnet werden. Die jeweiligen Teilergebnisse, werden durch 3 dividiert, um für diese wiederum normierte Werte zwischen 0 und 1 zu erhalten. Eine nochmalige Addition, entweder entlang der Teilergebnisse $R_{\text{ökonomisch}}$, $R_{\text{ökologisch}}$, R_{sozial} oder der Teilergebnisse R_{Energie} , R_{Material} , R_{Personal} , und eine anschließende Multiplikation mit $1/3$, ergibt die Spitzenkennzahl der Produktmatrix in einem Intervall zwischen 0 und 1.

Bewertung der Ressourceneffizienz aus Servicesicht

Wie von Zahn et al. (2004) beschrieben, richtet sich die Bewertung der Ressourceneffizienz aus Servicesicht an Kundendienstleistungen, welche in der Nutzungsphase eines Sachgutes ausgeführt werden. Leistungen mit diesbezüglichem Charakter lassen sich in das Geschäftsfeld des After Sales Services einordnen (vgl. Mahnel 2011). In der Fachliteratur werden unter dem Begriff After Sales Service kaufmännische und technische Kundendienstleistungen wie technische Einweisung, Installation und Montage, Garantiefälle, Reparatur und Wartung, Instandsetzung, Inbetriebnahme, schriftliche Anleitungen, Ersatzteillogistik, Schulungen, Beschwerdemanagement, Revisionen, Modernisierung sowie Telefon- und Onlinehilfe als Beispiele genannt (vgl. Kaerner et al. 2004; Hofbauer und Rau 2011; Mahnel 2013). Zusammengefasst sind dies alle Kundendienstleistungen, welche während der gesamten Nutzungsphase des Produkts getätigt werden (vgl. Mahnel 2013). Der After Sales Service hat sich in jüngster Vergangenheit stark gewandelt. Folgende Kosten können im After-Sales entstehen Garantiefälle, Gewährleistungen, Rückholaktionen, und Schadensersatzansprüche. Als erstes assoziieren viele Unternehmer mit After Sales Probleme, Reklamationen und Nacharbeiten (vgl.

SHS 2013). Diese Anschauung gilt inzwischen als überholt, denn inzwischen gewinnt der After Sales Service an Bedeutung (vgl. Kaerner et al. 2004; Mahnel 2013). Die Entwicklung von reinen Produktherstellern hin zu servicefokussierten Unternehmen verstetigt sich zunehmend (vgl. Wildemann und Luczak 2000). Es wird deutlich, dass zur Sicherstellung des Unternehmenserfolgs ein Produkt allein nicht mehr ausreicht (vgl. Capgemini Consulting 2014).

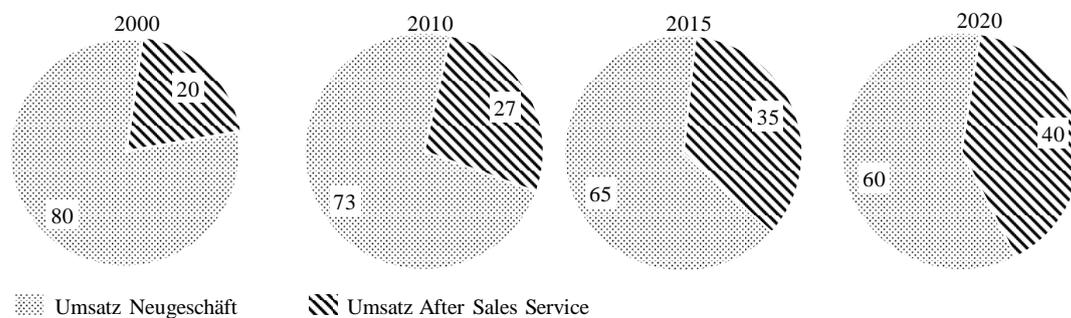


Abbildung 4-22: Entwicklung des Serviceanteils am Umsatz

Der durchschnittliche Umsatzanteil des After Sales Services ist zwischen den Jahren 2000 und 2015 um 15 Prozent gestiegen und für das Jahr 2020 wird ein weiteres Wachstum des Serviceumsatzes gemessen am Gesamtumsatz prognostiziert (vgl. Capgemini Consulting 2014). Abbildung 4-22 stellt diese Entwicklung dar (vgl. Mahnel 2013). Die Gründe hierfür sind vielschichtig, so gilt zum Beispiel das Servicegeschäft um einiges profitabler als die reine Herstellung von Gütern (vgl. Mahnel 2011; Capgemini Consulting 2014). Zum anderen führen Veränderungen im Marktumfeld in Verbindung mit einem limitierten Produktabsatzwachstum in traditionellen Märkten dazu, dass sich Unternehmen durch reinen Produktverkauf zunehmend

schwieriger von ihren Wettbewerbern unterscheiden können. Vor allem bei reifen Produktmärkten sind die Unternehmen gut beraten auf professionellen und individuellen Service zu setzen (vgl. Wildemann 2008). Hier gilt der After Sales Service als Differenzierungsmerkmal und Kundenbindungsinstrument zugleich (vgl. Capgemini Consulting 2014). Bei vergleichbaren Produktmerkmalen wird der After Sales Service in der Investitionsgüterindustrie zum wichtigsten Kriterium für einen Produktkauf wird (vgl. Mahnel 2013). Es ist davon auszugehen, dass die Bedeutung des Service mittelfristig und vor allem langfristig steigen wird. Die wachsende Bedeutung des After Sales Services beeinflusst die Unternehmensstrategie. Der Einfluss des After Sales Services auf die strategische Unternehmensausrichtung wird in den nächsten 5 bis 10 Jahren stark steigen (vgl. Mahnel 2013). Es ist unschwer zu erkennen, welches Potenzial der After Sales Service bereithält. Die Sachgüterhersteller dürfen sich nicht mehr fragen, ob, sondern vielmehr wie und wann sie in das Servicegeschäft eintreten. Trotz der positiven Entwicklung einiger Unternehmen haben gerade deutsche Industriegüterunternehmen hier noch Nachholbedarf. Die deutschen Industriegüterunternehmen haben im Jahr 2004 im Durchschnitt deutlich weniger als 25 Prozent des Umsatzes mit dem Service- und Dienstleistungsgeschäft erzielt (vgl. Kaerner et al. 2004). Damit lagen sie hinter ihren internationalen Vergleichsunternehmen zurück, welche im Durchschnitt über 30 Prozent ihres Umsatzes im Servicegeschäft erzielten. Zudem gab ein Großteil der deutschen Industriegüterunternehmen an, dass sie es für unwahrscheinlich halten, ihre Lage in den kommenden drei Jahren entscheidend zu verbessern. Als Gründe nennen sie den Mangel an geeigneten Ansätzen, um im After Sales Umsatz- und Ertragswachstum zu generieren. Vor allem fehle es den Unternehmen an innovativen und integrierten Informationssystemen. Beispielsweise schaffen es nur

25 Prozent der Unternehmen, einheitliche Qualitäts- und Leistungsstandards im Servicebereich durchzusetzen. Auch ist es nur der Hälfte der Unternehmen möglich, ertragsstarke Kundensegmente ausfindig zu machen. Im strategisch-organisatorischen Bereich sehen die Unternehmen weiteren Optimierungsbedarf. Nachholbedarf besteht zudem bei der Entwicklung effizienter und profitabler Geschäftsmodelle für den After Sales Service (vgl. Kaerner et al. 2004).

Kennzahlen zur Bewertung der Ressourceneffizienz

Die Ressourceneffizienz-Matrix aus Servicesicht bietet ein schnelles und übersichtliches Informationssystem über die Ressourceneffizienz im After Sales Service. Eine genauere Analyse der Kennzahlen in Verbindung mit den in diesem Kapitel aufgezeigten Handlungsempfehlungen ermöglicht es den Unternehmen, die noch vorhandenen Schwierigkeiten anzugehen und die aufgezeigten Potenziale zu nutzen. Die ökonomische und ökologische Ebene sind im Kontext der Kennzahlenmatrix aus Servicesicht eindeutig festgelegt. $R_{\text{ökonomisch}}$ ergibt sich aus Kennzahlen, welche die Wirtschaftlichkeit des After Sales darstellen. $R_{\text{ökologisch}}$ resultiert aus Kennzahlen, welche die Umwelt- und Ressourcenschonung des After Sales einbeziehen. R_{sozial} besteht aus Kennzahlen, welche die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens, insbesondere des Geschäftsfeldes After Sales widerspiegeln.

Energieeffizienz

Kennzahlen zur ökonomischen Bewertung der Energieeffizienz im After Sales Service können nicht explizit aus der Literatur entnommen werden. Allerdings gibt es Ansätze und Kennzahlen auf Gesamtunternehmensebene, welche modifiziert auf den Geschäftsbereich des After Sales anwendbar sind. Die existierenden Energiekennzahlen sind in der Regel in absoluten Größen, wie zum Beispiel dem ab-

soluten Energieverbrauch, oder in relativen Größen, bei welchen allgemein eine Energiegröße ins Verhältnis zu einer Bezugsgröße gesetzt wird, abgebildet. Absolute Kennzahlen sind aufgrund mangelnder Vergleichsfähigkeit für die Ressourceneffizienzmatrix nicht geeignet. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wird der Energieverbrauch durch die Energiekosten abgebildet, welche sich dementsprechend als geeignete Energiegröße zur Messung der ökonomischen Energieeffizienz erweisen (vgl. Löffler 2011). Als Bezugsgrößen werden Beispiele wie produzierte Einheiten, Wertschöpfung, Umsatz, Materialeinsatz, Personalaufwand, Gesamtkosten, Mitarbeiterzahl, Gebäudefläche oder Brutto-Rauminhalt aufgeführt (vgl. Löffler 2011).

Energieintensität

Unter Einbeziehung von Kennzahlenzweck, Zielsetzung, Aussagekraft, Erfassungsaufwand und der Möglichkeit, die Kennzahl zu normieren, wird die Energieintensität im After Sales Service zur Bewertung der Energieeffizienz aus ökonomischer Sicht herangezogen. Als Beziehungskennzahl kann sie als das Verhältnis von Energiekosten zu der Wertschöpfung angegeben werden (vgl. Würfel et al. 2016). Als Gliederungskennzahl entspricht sie dem Verhältnis von Energieaufwendungen oder -kosten zu den Gesamtaufwendungen beziehungsweise zu den Gesamtkosten, dabei wird die Energieintensität in der Literatur auch teilweise unter dem Begriff Energiekostenanteil geführt (vgl. Löffler 2011; Gleich 2012; Schauer 2016). Für die Ressourceneffizienz-Matrix wird die Energieintensität gemäß der Formel als Gliederungskennzahl mit Kosten verwendet, da die Wertschöpfung indirekt in einer weiteren Kennzahl zur ökonomischen Bewertung des After Sales einbezogen wird.

$$\text{Energieintensität (Gliederungskennzahl)} = \frac{\text{Energiekosten}}{\text{Gesamtkosten}}$$

Die Energiekosten fallen durch die eigene Energieerzeugung oder den Fremdenergiebezug an und setzen sich zusammengefasst aus den Kosten einer Periode für den energetischen Verbrauch der verschiedenen eingesetzten Energieträger zusammen. Hierzu sind für den Sektor, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Strom, Fernwärme, Kraftstoffe und Brennstoffe wie Gas, Öl, Holz und Kohle als relevant anzusehen (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2016). Auch spielen in nicht produzierenden Geschäftsbereichen Stromkosten durch Beleuchtung eine entscheidende Rolle. Die Energiekosten sind aus den Einzelposten der internen Kosten- und Leistungsverrechnung zu ermitteln, da sie aus einer Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) nicht direkt ersichtlich werden. In der GuV, welche bilanztechnisch zum externen Rechnungswesen gehört, fallen die Einzelposten der Energiekosten entweder als Betriebsstoffe der Materialaufwendungen an, wie beim Gesamtkostenverfahren oder sie sind nicht ersichtlich, wie beim Umsatzkostenverfahren (vgl. Lechner et al. 2008). Die Gesamtkosten umfassen alle Kosten einer Periode, welche durch operative Tätigkeiten entstehen und sind auch aus der internen Leistungsverrechnung zu entnehmen (vgl. Löffler 2011). Entsprechend den Rahmenbedingungen der Service-Matrix müssen sowohl die Energie- als auch die Gesamtkosten dem After Sales Service zugeordnet werden können. Die Kennzahl ist für strukturelle Analysen wie der Ermittlung der Aufwandstruktur des After Sales Services hilfreich (vgl. Löffler 2011; Schauer 2016). Des Weiteren kann sie für Vergleiche ähnlich strukturierter Unternehmen herangezogen werden mit der Zielsetzung Reduktionspotenziale bei den Energiekosten aufzudecken. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es sinnvoll eine möglichst geringe Energieintensität aufzuweisen. Dabei wird angenommen, das unternehmerisch gehandelt wird und damit die Gesamtkosten nicht unnötig erhöht werden, um diese Kennzahlen

besser erscheinen zu lassen. Sowohl Zähler als auch Nenner der Kennzahl werden in einer Währung angegeben, sodass sich die Einheiten letztendlich herauskürzen. Um die Kennzahl in die entwickelte Kennzahlens-Matrix zu integrieren wird wie folgt angepasst.

$$\text{Angepasste Energieintensität} = 1 - \frac{\text{Energiekosten}}{\text{Gesamtkosten}}$$

Somit wird die Anpassungsformel der Energieintensität, wie bei vorheriger Entwicklung des Kennzahlensystems festgelegt, im besten Fall 1 und im schlechtesten Fall 0.

Carbon Footprint

Die Bewertung der Energieeffizienz aus ökologischer Sicht erfolgt anhand der ausgestoßenen Treibhausgase, dessen Bilanzierung in anerkannten Richtlinien zur Erstellung von Nachhaltigkeitsberichten ein wichtiges Kriterium darstellt (vgl. Global Reporting Initiative 2015). Die entwickelte Kennzahl stellt die Treibhausgasemissionen, die den Objekten und Prozessen des After Sales Services zugeschrieben werden, den Treibhausgasemissionen des Gesamtunternehmens gegenüber. Damit gibt die Verhältniskennzahl den Einfluss des After Sales Services an den Treibhausgasemissionen des Gesamtunternehmens wieder. Um den Anforderungen an die Kennzahlen der Matrix zu entsprechen, wird die entwickelte Kennzahl gemäß Formel mathematisch angepasst.

$$1 - \frac{\text{Carbon Footprint (After Sales Service)}}{\text{Carbon Footprint (Gesamtunternehmen)}}$$

Die Methodik zur Erstellung von Treibhausgasbilanzen einer Organisation ist im internationalen Standard des Greenhouse Gas (GHG) Protocol geregelt (vgl. Hansen und Sato 2004). Diese sind unter anderem darauf ausgelegt, einzelne Geschäftsbereiche miteinander ver-

gleichbar zu machen (vgl. Smith 2004). Treibhausgasbilanzen werden in der Fachliteratur auch unter den Begriffen CO₂-Fußabdruck oder Carbon Footprint beschreiben. Je nach Energieträger werden bei der Verbrennung unterschiedliche Mengen verschiedener Treibhausgase emittiert. Bei der Erstellung eines Carbon Footprints wird empfohlen neben Kohlenstoffdioxid (CO₂), als dem bedeutendsten Treibhausgas, die weiteren im Kyoto-Protokoll geregelten Treibhausgase Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFCs), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFCs) und Schwefelhexafluorid (SF₆) berücksichtigt (vgl. Smith 2004; Wildemann 2012a). Zur Bilanzierung werden alle Treibhausgase gemäß ihrer Klimawirksamkeit in CO₂-Äquivalente umgerechnet und zusammengefasst (vgl. Global Reporting Initiative 2015). Umrechnungsbeiwerte mit Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger werden teilweise von öffentlichen Stellen wie dem Bayerischen Landesamt für Umwelt bereitgestellt. Hinsichtlich der Betrachtungstiefe wird die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen in drei Ebenen, sogenannten Bereiche unterteilt (vgl. Smith 2004). Im ersten Bereich werden alle direkt verursachten Emissionen von Anlagen zusammengefasst, die unter Kontrolle oder im Besitz des Unternehmens sind (vgl. Smith 2004). Der zweite Bereich umfasst alle indirekten Emissionen, die durch die Herstellung zugekaufter Energien wie Strom oder Fernwärme verursacht werden (vgl. Smith 2004). In den dritten Bereich fallen alle weiteren indirekten Emissionen, welche durch Aktivitäten Dritter verursacht werden, aber mit dem bilanzierenden Unternehmen in Verbindung stehen. Dazu gehören verursachte Emissionen aus der Produktion von Vorleistungen oder durch eingesetzte Fahrzeuge von Subunternehmen. Auch Emissionen, verursacht in der Nutzungsphase der hergestellten Produkte, werden im dritten Bereich bilanziert (vgl. Smith 2004). Eine Bilanzierung der

Emissionen nach dem Standard des GHG Protocol soll mindestens die ersten beiden Bereiche umfassen (vgl. Smith 2004). Für die Kennzahl ist auch eine Bilanzierung im Umfang der ersten beiden Bereiche vorgesehen, da der dritte Bereich von den Unternehmen als aufwändig angesehen wird. Heutzutage ist die Bilanzierung der Treibhausgase ein fester Bestandteil von Nachhaltigkeitsberichten (vgl. Global Reporting Initiative 2015). Der damit verbundene Aufwand kann aber ein Hemmnis für die Unternehmen darstellen. Insbesondere KMU sehen ihre personellen Ressourcen beschränkt, um solche Methoden durchzuführen. Alternativ kann hierzu die folgende Kennzahl herangezogen werden.

$$1 - \frac{\text{Stromverbrauch After Sales Service}}{\text{Stromverbrauch Gesamtunternehmen}}$$

Die Stromverbräuche sind einfach zu ermitteln und sollten allein durch das Erfassen der Energiekosten bekannt sein. Insbesondere in nicht produzierenden Geschäftsbereichen macht Strom den größten Anteil des Energieverbrauchs aus. Vor allem die Beleuchtung spielt eine tragende Rolle.

Maßnahmenrealisierung

Die Bewertung der Zukunftsfähigkeit des Energiemanagements im After Sales Service erfolgt anhand eines Fragebogens zur Selbsteinschätzung. Dieser wurde im Rahmen des Forschungsprojekts auf Basis des EDEN-Reifegradmodells entwickelt. Das Modell zielt darauf ab, den Ist-Zustand des Prozessmanagements im Unternehmen zu ermitteln und auf diesen Informationen aufbauend eine stetige Verbesserung herbeizuführen (vgl. Knuppertz 2009).

		1	2	3	4	5
1	Wie schätzen Sie selbst Ihr Maßnahmenmanagement (Energie) ein?	Nicht vorhanden, stark verbesserungswürdig				Optimal
2	Aufgedeckte Mängel und Potenziale bezüglich der Energieeffizienz werden unmittelbar mit Maßnahmen verfolgt.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
3	Geplante Maßnahmen werden zügig umgesetzt und vollendet.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
4	Es gibt Verantwortliche für die Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
5	Eine klar definierte Dokumentationsstruktur für das Energieeffizienzmanagement ist vorhanden.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
6	Die Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung werden überprüft und aktualisiert.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
7	Zukünftige Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im After Sales Service sind geplant.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
8	Wie zeitnah werden die geplanten Maßnahmen umgesetzt? (nur beantworten, wenn bei Frage 7 ein Wert >1 beantwortet wurde)	Die konkrete Planung der Umsetzung hat noch nicht begonnen. Es ist kein Zeitpunkt bekannt, wann die Maßnahmen umgesetzt werden.				Die Planungsphase ist abgeschlossen und die Umsetzung steht unmittelbar bevor.

Abbildung 4-23: Selbsteinschätzung zur Maßnahmenrealisierung im Bereich Energieeffizienz

Die in Abbildung 4-23 aufgeführten Fragen sind auf das Energiemanagement des After Sales Services zugeschnitten. Dabei untersuchen die Fragen eins bis sechs das gegenwärtige Prozessmanagement. Die Fragen sieben und acht beziehen sich auf zukünftige Maßnahmen, um den Fokus der Kennzahl, die Bewertung der Zukunftsfähigkeit, hervorzuheben. Die Auswertung erfolgt nach dem Prinzip einer Likert-Skala, mit welcher die Befragten den Grad der Zustimmung oder Ablehnung beziehungsweise des Zutreffens oder Nichtzutreffens der Aussage des Items wiedergeben. Die erreichte Punktzahl der acht Fragen wird anschließend in das Verhältnis der maximal möglichen Gesamtpunktzahl gesetzt. Daraus ergibt sich aufgeführte Formel der Kennzahl.

$$\text{Maßnahmenrealisierung} = \frac{\text{erreichte Punktzahl}}{\text{max. zu erreichende Punktzahl}}$$

Materialeffizienz

Im After Sales Service definiert sich die Ressource Material vorwiegend über die Ersatzteile, da diese einen großen Posten im Materialmanagement ausmachen (vgl. Capgemini Consulting 2014).

Materialintensität

Zur Bewertung der Materialeffizienz aus ökonomischer Sicht wird als Pendant zur Energieintensität die Materialintensität als Gliederungskennzahl herangezogen. Auch sie wird in der Literatur als Kennzahl zur allgemeinen Unternehmensbewertung aufgeführt und nun auf das Geschäftsfeld des After Sales Services angepasst. Als Materialgröße werden bei dieser Kennzahl die Materialkosten genommen und ins Verhältnis zur Bezugsgröße Gesamtkosten gesetzt, sodass sich entsprechende Formel ergibt (vgl. Kamiske 2015).

$$\text{Materialintensität (Gliederungskennzahl)} = \frac{\text{Materialkosten}}{\text{Gesamtkosten}}$$

Während die im Nenner betrachteten Gesamtkosten identisch zu denen der Energieintensität sind und ihre Beschreibung aus vorheriger Kennzahl zu entnehmen ist, werden die Materialkosten im Folgenden genauer untersucht. Die Materialkosten werden nach allgemeinem Verständnis der Fachliteratur in Kosten für Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffverbrauch, Verbrauch bezogener Teile und anderem materialähnlichen Aufwand, wie Reinigungs-, Verpackungs- und Reparaturmaterial differenziert (vgl. Lechner et al. 2008). Bilanztechnisch werden die entsprechenden Kosten als Materialaufwendungen geführt. Unter diesem Posten fallen des Weiteren auch die Aufwendungen für Energie und Aufwendungen für bezogene Leistungen an (vgl. Lechner et al. 2008). Da diese Aufwendungen vor allem im Produktionsprozess zu finden sind, ist eine Begriffsabgrenzung und dessen Aufgliederung für After Sales Services nicht sinnvoll. Stattdessen spielt die Ressource Material im After Sales Service in Form von Ersatzteilen eine große Rolle.

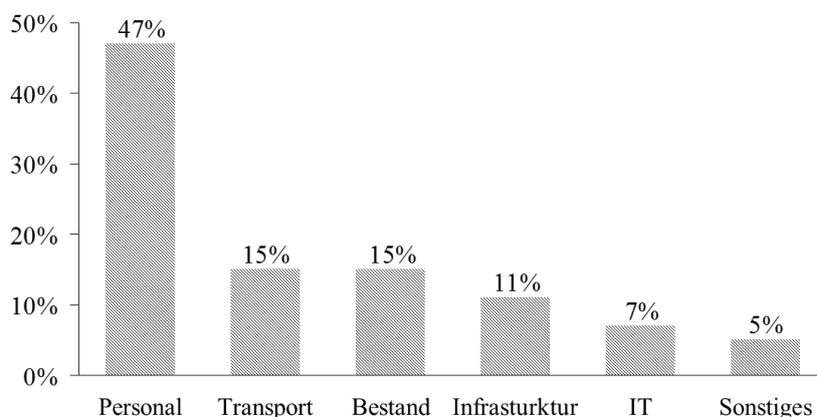


Abbildung 4-24: Kostenstruktur des After Sales Services

Die dabei entstehenden Kosten beschränken sich nicht nur auf den direkten Wert des Ersatzteiles, sondern umfassen auch dessen Prozesskosten wie das Lagern und die Distribution der Teile. Dementsprechend unterscheiden sich die Materialkosten des After Sales Services von den Materialaufwendungen aus klassischer Sicht (vgl. Kröber 2011). Der Posten Personal ist selbsterklärend und bedarf unter diesem Punkt keiner weiteren Erklärung. Die Posten Transport und Bestand mit jeweils 15 Prozent Anteil, lassen sich direkt zum Ersatzteilmanagement zuordnen. Die Infrastruktur- und IT-Kosten werden nicht näher erläutert, es dürfte sich hierbei vor allem um Logistikhilfsmittel handeln, welche damit auch den Ersatzteilen zuzuordnen wären. Auf Basis der ermittelten Kostenstruktur des After Sales von Kröber (2011) sowie Rücksprache mit den Praxispartnern, werden Herstellkosten selbstproduzierter Ersatzteile, Einkaufskosten fremd bezogener Ersatzteile, Lager- und Distributionskosten der Ersatzteile sowie Kosten für Hilfs- und Betriebsstoffe im After Sales Service als Materialkosten zusammengefasst. Explizit ausgeschlossen werden die Kosten für Energie, welche zwar nach herrschender Meinung unter dem Begriff Betriebsstoffe geführt werden, aber schon in der vorherigen Kennzahl der Energieintensität berücksichtigt werden. Die Materialkosten sind aus der internen Kosten- und Leistungsverrechnung zu ermitteln. Die Materialintensität dient als Teilkomponente der strukturellen Analyse der Aufwandsstruktur im After Sales Service.

Im direkten Vergleich zu ähnlich strukturierten Unternehmen kann die Kennzahl als Benchmark für die Materialeffizienz aus ökonomischer Sicht verwendet werden. Hiermit lassen sich Potenziale zur Kostenreduktion aufdecken, welche vorwiegend beim Ersatzteilmanagement zu finden sind. Zusammenfassend ist mit diesen Kennzahlen eine Kostenkontrolle und Schwachstellenanalyse möglich (vgl.

Kamiske 2015). Analog zur Energieintensität wird auch diese Kennzahl einer mathematischen Anpassung unterzogen, um sie in das entwickelte Kennzahlensystem zu integrieren.

$$\text{Angepasste Materialintensität} = 1 - \frac{\text{Materialkosten}}{\text{Gesamtkosten}}$$

Die Materialeffizienz wird unter ökologischen Gesichtspunkten gemäß der Formel durch das Verhältnis verbauter Austauschteile zu verbauten Ersatzteilen ausgedrückt.

Quote Austauschteile

Austauschteile sind Ersatzteile, welche aus zurückgenommenen Bauteilen hervorgehen und nach Aufbereitung qualitativ einem neuwertigen Ersatzteil entsprechen (vgl. Klug 2010). Die Kennzahl zeigt einen grundlegenden Umgang des Unternehmens mit Ersatzteilen auf.

$$\text{Quote Austauschteile} = \frac{\text{verbaute Austauschteile}}{\text{verbaute Ersatzteile gesamt}}$$

Aus ökologischer Sicht ist das Erreichen einer möglichst hohen Quote an verbauten Austauschteilen anzustreben, um die negativen Umwelteinflüsse, welche durch Neuproduktion der Teile entstehen würden, gering zu halten. Neben einer Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit, wirkt sich eine hohe Quote an Austauschteilen auch ökonomisch positiv auf die Unternehmen und Kunden aus (vgl. Klug 2010). Ein erfolgreiches Ersatzteilmanagement mit Austauschteilen setzt eine gute Kommunikation der Vorteile von Austauschteilen gegenüber den Kunden voraus.

Maßnahmenrealisierung

Die Zukunftsfähigkeit des Materialmanagements im After Sales Service wird analog zur Energiekennzahl mit einem entwickelten Frage-

bogen nach EDEN-Modell bewertet. Die Fragen eins bis vier beziehen sich auf das gegenwärtige Prozessmanagement, indem Aspekte zu Mängelmanagement, Maßnahmenumsetzung und Verantwortlichkeiten abgefragt werden. Der zweite Teil fokussiert sich auf das Ersatzteilmanagement, da Ersatzteile als Treiber von Materialaufwendungen im After Sales identifiziert wurden.

Die Fragen wurden aus literaturbasierten Checklisten abgeleitet und sind in Abbildung 4-25 dargestellt (vgl. Hofbauer und Rau 2011; Stich und Gundergan 2015). Ein Ersatzteilkonzept ist essenziell, um flexibel auf Nachfrageschwankungen reagieren zu können (vgl. Stich und Gundergan 2015). Dem Lagern und der Distribution von Ersatzteilen kommt beim Ersatzteilmanagement eine zentrale Rolle zu, was eine optimierte Ersatzteillogistik voraussetzt. Zudem sind steigende Kundenerwartungen beim Ersatzteilmanagement zu berücksichtigen. Diese drücken sich in Forderungen nach kürzeren Reaktions- und Lieferzeiten, nach durchgehender Bereitschaft von 24 Stunden und dem Verlangen nach Eskalationsprozeduren in Notfallsituationen aus (vgl. Hofbauer und Rau 2011). Die Kennzahl berechnet sich analog zu ihrem Pendant der Ressource Energie aus dem Verhältnis der erreichten Punktezahl zu den maximal zur erreichenden Punkten. Die Zielsetzung ist das Erreichen einer möglichst hohen Punkteanzahl, um ein bestmögliches Operationalisieren und Managen der Ressource Material zu gewährleisten

		1	2	3	4	5
1	Wie schätzen Sie selbst Ihr Maßnahmenmanagement (Material) ein?	Nicht vorhanden, stark verbesserungswürdig				Optimal
2	Aufgedeckte Mängel und Potenziale bzgl. der Materialeffizienz werden unmittelbar mit Maßnahmen verfolgt.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
3	Geplante Maßnahmen werden zügig umgesetzt und vollendet.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
4	Es gibt Verantwortliche für die Maßnahmen zur Materialeffizienzsteigerung.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
Ersatzteilmanagement						
5	Absatz- und Umsatzprognosen für Ersatzteile werden regelmäßig erstellt.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
6	Die Ersatzteilversorgung wird so geplant, dass flexibel auf Nachfrageschwankungen reagiert werden kann.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
7	Die Ersatzteillogistik ist optimal ausgelegt (Selbsteinschätzung).	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
8	Das Ersatzteilmanagement bezieht die Kundenerwartungen mit ein.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu

Abbildung 4-25: Selbsteinschätzung zur Maßnahmenrealisierung im Bereich Material

Personaleffizienz

Neue Technologien, globale Märkte und der Anspruch an individuelle Produkte höchster Komplexität lassen die Anforderungen an die Mitarbeiter eines Unternehmens zunehmend steigen. Das Personal trägt entscheidend für den Erfolg eines Unternehmens bei. Deshalb sollte der richtige Mitarbeiter an richtiger Stelle eingesetzt und geführt werden (vgl. Hering 2014). So gilt ein professionell betriebenes Personalmanagement als wesentlicher strategischer Wettbewerbsfaktor für ein Unternehmen (vgl. Dachrodt 2014). Im After Sales Service verursachen die Personalkosten fast die Hälfte der Gesamtkosten, demnach liegt ein Schlüssel zum Erfolg im effizienten Umgang mit dieser Ressource (vgl. Kröber 2011).

Personalintensität

Analog zu den Bereichen Energie und Material wird zur ökonomischen Bewertung des Bereichs Personal die Intensität als Gliederungszahl herangezogen. Entsprechend der Formel werden die Personalkosten ins Verhältnis zu den Gesamtkosten gesetzt (vgl. Kamiske 2015).

$$\text{Personalintensität (Gliederungskennzahl)} = \frac{\text{Personalkosten}}{\text{Gesamtkosten}}$$

Zusammengefasst setzen sich die Personalkosten aus allen durch den Einsatz von Arbeitnehmern entstehenden Kosten einer Periode zusammen. Darunter fallen Unternehmerlöhne, Fertigungslöhne und Hilfslöhne, Gehälter, gesetzliche und freiwillige soziale Aufwendungen sowie alle weiteren Personalnebenkosten (vgl. Lechner et al. 2008). Die Gesamtkosten sind wiederum der vorherigen Beschreibung zu entnehmen. Bei der Aufwandsstrukturanalyse des After Sales Service konnte ein direkter Kostenblock Personal ermittelt werden, der mit Abstand den größten Anteil an Kosten im After Sales

Service ausmacht (vgl. Kröber 2011). Diese zeigt, wie wichtig ein effizienter Umgang mit der Ressource Personal ist (vgl. Kröber 2011; Böttcher und Neuhaus 2014). Die Personalintensität ist die dritte und damit letzte Teilkomponente, um die Aufwandstruktur aus Ressourcensicht zu ermitteln. Einzelnen betrachtet kann sie im Vergleich mit anderen Unternehmen als Benchmark genutzt werden, um die Personaleffizienz aus ökonomischer Sicht abzuleiten. Dabei ist die betriebswirtschaftliche Zielsetzung, die Personalintensität durch Einsparungen der Personalkosten möglichst klein zu halten. Nicht zuletzt aufgrund des hohen Personalkostenanteils im After Sales Service bieten sich hierfür eine Menge Möglichkeiten, die heutzutage bei den wenigsten Unternehmen voll ausgeschöpft sind. In erster Linie geht es um den richtigen Einsatz des richtigen Personals am richtigen Ort. Die Personalintensität wird einer mathematischen Anpassung unterzogen, um den Rahmenbedingungen der entwickelten Kennzahlenmatrix gerecht zu werden. Daraus ergibt sich analog zu den Intensitäten der anderen beiden Ressourcen die neu angepasste Formel für die Personalintensität.

$$\text{Angepasste Personalintensität} = 1 - \frac{\text{Personalkosten}}{\text{Gesamtkosten}}$$

Abschließend sei noch zu erwähnen, dass die Personalintensität mit der Material- und Energieintensität korreliert. Bei der Verknüpfung der Kennzahl wird darauf nochmals näher eingegangen.

Ideenmanagement

Zur ökologischen Bewertung der Ressource Personal wird eine Kennzahl aus dem Ideenmanagement entwickelt. Das Ideenmanagement hat sich aus dem Betriebsführungsinstrument des betrieblichen Vorschlagswesens entwickelt. Während bei diesem die Ideenfindung in erster Linie spontan erfolgte, wird beim Ideenmanagement die Ideenfindung in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess aktiv

vorangetrieben (vgl. Kaschny et al. 2015). Aufgrund von finanziellen und personellen Defiziten erfolgt in KMU die Findung und Sammlung von Ideen oft nicht systematisch (vgl. Pfohl 2013; Kaschny et al. 2015). Dabei lässt sich aufgrund flacher Hierarchien und kurzer Kommunikationswege das Ideenmanagement bei KMUs ohne großen Ressourceneinsatz implementieren (vgl. Kaschny et al. 2015). Nach Winzer (2003) lässt sich anhand eines eingeführten Ideenmanagementsystems die Bereitschaft eines Unternehmens hinsichtlich Veränderungen und die Kreativität des Personals abschätzen (vgl. Winzer 2003). Das Ideenmanagement ist ein Ansatz, um das Umweltbewusstsein im Personalwesen zu messen, indem die absolute Anzahl an umgesetzten Verbesserungsvorschlägen mit Umweltbezug als Kennzahl herangezogen wird (vgl. Weiß et al. 2013). Da diese Kennzahl stark von der Mitarbeitergröße abhängig ist und damit für einen unternehmensübergreifenden Vergleich unpassend ist, wird sie nur als Grundlage verwendet und darauf aufbauend eine Verhältniskennzahl entwickelt. Zweck der neuen Kennzahl ist es, den Umweltgedanken der Mitarbeiter ersichtlich zu machen und gleichzeitig die Bereitschaft des Unternehmens gegenüber Umweltthemen zu erfassen. Folgender Ansatz wurde erarbeitet.

$$\textcircled{1} = \frac{\text{Anzahl eingereichter Verbesserungsvorschläge mit Umweltbezug}}{\text{Anzahl eingereichter Verbesserungsvorschläge (gesamt)}}$$

$$\textcircled{2} = \frac{\text{Anzahl umgesetzter Verbesserungsvorschläge mit Umweltbezug}}{\text{Anzahl eingereichter Verbesserungsvorschläge mit Umweltbezug}}$$

$$\text{Kennzahl Ideenmanagement} = \frac{\textcircled{1} + \textcircled{2}}{2}$$

Die erste Formel zeigt das Umweltinteresse der Mitarbeiter, indem es die Anzahl der eingereichten Verbesserungsvorschläge mit Umweltbezug in das Verhältnis der Anzahl aller eingereichten Verbesserungsvorschläge setzt. Umweltbezug soll dabei recht allgemein gehalten werden und beinhaltet jegliche Formen, um schädliche Umweltauswirkungen zu reduzieren. Die zweite Formel bewertet die Qualität und Realisierbarkeit der Verbesserungsvorschläge und gibt zudem einen Anhaltspunkt über die Umsetzungsbereitschaft von Umweltthemen seitens des Unternehmens. Damit ist der Kennzahlenzweck erfüllt und der Durchschnittswert beider Komponenten kann mithilfe der dritten Formel ermittelt werden. Das Ziel ist eine möglichst hohe Kennzahl zwischen 0 und 1 zu erreichen, da so die Effizienz des implementierten Ideenmanagements unterstrichen wird und gleichzeitig positive Auswirkungen auf die Umwelt erzielt werden. Zur Zielerreichung ist ein entwickeltes Vorschlagssystem, welches der Organisation die Möglichkeit bietet, das volle Potenzial ihrer Mitarbeiter auszuschöpfen, wichtig (vgl. Weiß et al. 2013).

Kennzahlenmix Personalzukunft

Die Bewertung der Zukunftsfähigkeit des Personalbereichs stützt sich auf vier Personalkennzahlen aus den drei Zielbereichen Mitarbeiterzufriedenheit, Qualifikationsentwicklung sowie Arbeits- und Gesundheitsschutz. Personalkennzahlen zählen heutzutage als wichtige Controlling-Instrumente zur Analyse des aktuellen Personalbestandes, zur Überprüfung personalwirtschaftlicher Maßnahmen und für eine vorausschauende Unternehmensführung (vgl. Baumfeld et al. 2014). Es wurden zunehmend mehr Personalkennzahlen erarbeitet, so können über 1.000 existierende Personalkennzahlen aufgezählt werden (vgl. Havighorst 2006). Allerdings muss das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen einbezogen werden, insbesondere bei kleinen

Unternehmen. Es bewährt sich ab 60 bis 80 Beschäftigten Personal-kennzahlen umfangreicher einzusetzen. Demnach können kleinere Unternehmen das Personalmanagement, mit dem bloßen Auge be-werkstelligen und brauchen, wenn überhaupt, wenige Kennzahlen (vgl. Baumfeld et al. 2014). Für eine einfache Anwendung basiert die Bewertung der Personalzukunft des After Sales Services auf ge-bräuchlichen Kennzahlen.

Mitarbeiterzufriedenheit (MZ): Bewertet von 0 bis 1 mit 1 als Bestwert

$$\text{Gesundheitsquote (GQ)} = \frac{\text{Sollarbeitsstunden} - \text{Fehlstunden}}{\text{Sollarbeitsstunden}} \text{ wg Arbeitsunfähigkeit}$$

$$\text{Schulungsquote (SQ)} = \frac{\text{Anzahl der Mitarbeiter, die eine Aus- / Weiterbildung absolviert haben}}{\text{Anzahl aller Mitarbeiter}}$$

$$\text{Mitarbeiterfluktuation (MF)} = \frac{\text{freiwillige dauerhafte Abgänge pro Jahr}}{\text{Gesamtanzahl Beschäftigte pro Jahr}}$$

$$\text{Anpassungsformel Personalzukunft} = \frac{MZ + GQ + SQ + (1 - MF)}{4}$$

Die vorgestellten Personalkennzahlen werden mit der Anpassungsformel zur Personalzukunft zu einer Kennzahl verknüpft.

Gesundheitsquote

Aus sozialer und ökonomischer Sicht stellen gesunde Mitarbeiter die Grundlage für eine erfolgreiche Unternehmensperformance dar (vgl. Siller und Stierle 2011). Die Kennzahl der Gesundheitsquote gilt als

geeigneter Indikator dafür, wie verantwortungsvoll das Unternehmensmanagement mit seinem sozialen Kapital umgeht (vgl. Kummert et al. 2013). Die Gesundheitsquote ist quantitativ messbar und gibt Auskunft über den prozentualen Anteil der Sollarbeitszeit, den ein Mitarbeiter in einer Periode anwesend war (vgl. Kummert et al. 2013; Stich und Gundergan 2015). Damit ist sie das Komplementär zum Krankenstand mit dem Ziel der Gesundheitsförderung und dem Vorteil das sensible Thema der Arbeitsunfähigkeit positiv zu formulieren (vgl. Ulich 2010). Unternehmen haben diesen Aspekt erkannt und greifen immer häufiger auf die Kennzahl der Gesundheitsquote zurück (vgl. Havighorst 2006).

Aus dieser lassen sich sowohl Rückschlüsse bezüglich des betriebsinternen Gesundheitsmanagements, der Mitarbeiterbelastung als auch indirekt der Mitarbeiterzufriedenheit ziehen. Je nach Branche kann die Gesundheitsquote variieren, da die Anfälligkeit für bestimmte Krankheitsbilder von den Arbeitsbedingungen und damit vom Tätigkeitsfeld der Branche abhängt. Die Gesundheitsquote gilt als Spätindikator und soll deshalb mit Frühindikatoren kombiniert werden. Frühindikatoren wie die Mitarbeiterzufriedenheit oder die Überstundenanzahl können entsprechende negative Entwicklungen, die sich in einer sinkenden Gesundheitsquote niederschlagen, anzeigen (vgl. Kummert et al. 2013).

Mitarbeiterzufriedenheit

Die Mitarbeiterzufriedenheit ist ein entscheidender Faktor für die langfristige Zukunftsfähigkeit des Unternehmens. Grundsätzlich lässt sie sich anhand von zwei verschiedenen Arten erheben. Einerseits indirekt durch Messung von Faktoren, welchen man unterstellt im Zusammenhang mit der Mitarbeiterzufriedenheit zu stehen wie Fluktuations- oder Gesundheitsquote oder andererseits durch direkte Erhe-

bung, beispielsweise mit Hilfe einer Mitarbeiterbefragung (vgl. Havighorst 2006; Kummert et al. 2013). Es ist davon auszugehen, dass eine direkte Erhebung der Mitarbeiterbefragung zu zuverlässigeren Ergebnissen und umfangreicheren Informationen führt (vgl. Havighorst 2006). Gleichzeitig verweist dieser auf den hohen Arbeitsaufwand zur Entwicklung, Durchführung und Auswertung der Befragung. Zudem ist darauf zu achten, mitbestimmungsrechtliche Regelungen einzuhalten sowie Betriebsvereinbarungen über die Befragung selbst als auch über die Verwendung der Ergebnisse abzuschließen. Eine Beteiligung des Betriebsrates bezüglich Themen wie Datenschutz, Fragebogengestaltung oder Gewichtung ist wichtig (vgl. Havighorst 2006). Aufgrund des Aufwands und der eben beschriebenen Hemmnisse kann für die Effizienzmatrix kein unternehmensübergreifender Fragebogen zur direkten Bewertung der Mitarbeiterzufriedenheit entworfen werden. Im Folgenden wird dennoch ein Ansatz zur Erhebung einer direkten Ermittlung der Mitarbeiterzufriedenheit in Form eines Mitarbeiterzufriedenheitsindex vorgestellt. Dieser soll eine Möglichkeit aufzeigen, um zukünftig die Mitarbeiterzufriedenheit direkt in die hier entwickelte Kennzahl zur Zukunftsfähigkeit des Personals zu implementieren. Im Vorfeld der Befragung sind die Bereiche zu bestimmen, welche innerhalb des Unternehmens einen Einfluss auf die Mitarbeiterzufriedenheit haben können. Einige Beispiele hierfür sind Arbeitsplatz, -sicherheit, -inhalt oder auch das Einkommen. Nach Ermittlung der relevanten Bereiche werden diese nach ihrer einzuschätzenden Bedeutung gewichtet. Anschließend werden konkrete Fragen zu den einzelnen Bereichen entworfen, wobei die Fragen so zu stellen sind, dass die Befragten den Grad an Zustimmung zur gestellten Frage angeben. Somit lässt sich aus den einzelnen gewichteten Bereichswerten ein Gesamtwert errechnen, wel-

cher den Mitarbeiterzufriedenheitsindex abbildet. Zuletzt ist es hinsichtlich der Verknüpfung mit den anderen Kennzahlen notwendig, dem Mitarbeiterzufriedenheitsindex zwischen 0 und 100 Prozent zuzuweisen, indem der errechnete Gesamtwert in Verhältnis zur maximal möglichen Punkteanzahl gesetzt wird (vgl. Havighorst 2006).

Schulungsquote

Die Förderung der Mitarbeiterpotenziale durch gezielte Maßnahmen zur Weiterbildung bringt signifikante Vorteile gegenüber den Wettbewerbern (vgl. Schneider 2008; Kummert et al. 2013). So beschreibt Schneider den engen Zusammenhang zwischen Weiterbildung und Wertsteigerung für die Unternehmen (vgl. Schneider 2008). Zudem wirken sich fachliche und persönlichkeitsbildende Weiterbildungsmaßnahmen positiv auf die soziale Nachhaltigkeit der einzelnen Mitarbeiter aus, indem sie die Beschäftigungssicherheit und den Marktwert ihrer Person gestärkt sehen und motivierter arbeiten (vgl. Havighorst 2006). Zusammengefasst sind das wichtige Gründe, um der Personalentwicklung einen hohen Stellenwert einzuräumen und diese effektiv mit einer Kennzahl zu messen (vgl. Kummert et al. 2013). Als wichtige Grundkennzahl zur Messung der Personalentwicklung gilt die Schulungsquote. Sie ist einfach zu ermitteln und Ausgangspunkt für weitere Auswertungen, wie zum Beispiel die Qualität der Schulung. Die Schulungsquote gibt den Anteil der Mitarbeiter an, welche in der gemessenen Periode eine Aus- oder Weiterbildung absolviert haben (vgl. Klingler 2009; Mahnel 2011).

Mitarbeiterfluktuation

Die Fluktuationsquote, auch Fluktuationsrate genannt, ist eine oft verwendete, servicerelevante Kennzahl (vgl. Mahnel 2011). Zu interpretieren ist sie als Maß für die Mitarbeiterbindung und damit ent-

scheidend für die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens (vgl. Kummert et al. 2013). Die Kennzahl setzt die freiwilligen und unfreiwilligen dauerhaften Arbeitnehmerabgänge einer Periode in das Verhältnis zu der in dieser Periode durchschnittlichen Gesamtanzahl der Mitarbeiter (vgl. Klingler 2009; Mahnel 2011; Kummert et al. 2013). Der Fluktuationsquote wird eine große Bedeutung beigemessen, da diese neben der Mitarbeiterbindung als Indikator der Mitarbeiterzufriedenheit angesehen werden kann, wie Untersuchungen durch Korrelation der beiden Kennzahlen Zufriedenheit und Fluktuation bestätigt haben (vgl. Pfennig 2009). Weitere Vorteile sind, dass die Fluktuationsquote relativ einfach zu ermitteln ist und aufgrund ihrer häufigen Anwendung viele unternehmensübergreifende Vergleichsmöglichkeiten bestehen (vgl. Klingler 2009).

Ressourcenunabhängige Effizienzbewertung

In der Literatur existieren praxisnahe und anwenderfreundliche Kennzahlen und Ansätze zur Bewertung des After Sales Services, welche sich nicht ausschließlich einer der Ressource Energie, Material und Personal zuordnen lassen. Deshalb werden für die ökonomische Bewertung einerseits und die soziale Bewertung andererseits zwei weitere Kennzahlen in die Ressourceneffizienz-Matrix aus Servicesicht aufgenommen.

EBIT-Marge

Die ökonomische Bewertung des After Sales Services wird um die Kennzahl der EBIT-Marge erweitert, da bisher rein die Aufwandsstruktur ohne Einbeziehung der Wertschöpfung untersucht wird. Die EBIT-Marge ist eine anerkannte Finanzkennzahl im After Sales Service und damit geeignet, für unternehmensübergreifende Vergleiche herangezogen zu werden (vgl. Mahnel 2011).

Konkret ist sie eine Messgröße zur Bewertung der Rentabilität von operativen Tätigkeiten eines Unternehmens (vgl. Waniczek 2009). Neben dem unternehmensübergreifenden Vergleich wird die Kennzahl zum Aufdecken operativer Verbesserungspotenziale herangezogen. Sie setzt sich gemäß der Formel aus dem Verhältnis von EBIT zu Umsatz zusammen (vgl. Mahnel 2011).

$$EBIT - \text{Marge} = \frac{EBIT}{Umsatz} \times 100\%$$

Dabei entspricht der EBIT (Earnings before interest and tax) dem operativen Ergebnis vor Steuern und Zinsen (vgl. Lechner et al. 2008). Der Umsatz, auch Erlös genannt, ist der Geldwert der abgesetzten Leistungen (vgl. Lechner et al. 2008). Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es sinnvoll, eine möglichst hohe EBIT-Marge aufzuweisen.

EBIT \geq 0,35	▶ 1	
0,35 > EBIT \geq 0,30	▶ 0,9	0,10 > EBIT \geq 0,05 ▶ 0,4
0,30 > EBIT \geq 0,25	▶ 0,8	0,05 > EBIT \geq 0,00 ▶ 0,3
0,25 > EBIT \geq 0,20	▶ 0,7	0,00 > EBIT \geq - 0,05 ▶ 0,2
0,20 > EBIT \geq 0,15	▶ 0,6	-0,05 > EBIT \geq - 0,10 ▶ 0,1
0,15 > EBIT \geq 0,10	▶ 0,5	EBIT < - 0,10 ▶ 0

Die durchschnittlichen EBIT-Margen in der Investitionsgüterindustrie liegen im Bereich zwischen 5 Prozent und 35 Prozent (vgl. Mahnel 2013). Zum Zweck der Service Matrix wird die EBIT-Marge folgendermaßen normiert. EBIT-Margen von größer oder gleich 35 Prozent erhalten für die Kennzahl den Bestwert 1. Der kritische Bereich der Kennzahl erstreckt sich von 0 bis 0,2, da in diesem Fall die EBIT-Marge in das Negative fällt.

After Sales-Service

Für die Ausrichtung eines zukunftsfähigen After Sales Services wurden aus den Literaturrecherchen die zwei wichtigen Aspekte Kundenbindung und Servicestrategie identifiziert. Diese Aspekte werden im Rahmen eines Fragebogens zur Selbstbewertung, der in Abbildung 4-26 aufgeführt ist, untersucht. Die ersten drei Fragen ermitteln, ob die Unternehmen die Kundenzufriedenheit mit geeigneten Methoden bewertbar machen, die Kundenerwartung durch die getätigten Serviceleistungen erfüllt und geeignete Maßnahmen für eine mittel- und langfristige Kundenbindung verfolgt werden. Die Fragen zur Servicestrategie ermitteln, inwieweit die Unternehmen Serviceziele für die nächsten ein bis drei Jahre festgelegt und dokumentiert haben. Zur Servicestrategie gehört, relevante Kennzahlen für den After Sales Service zu definieren und diese regelmäßig mit einheitlichen Erhebungsmethoden und fixen Messpunkten zu erheben (vgl. Mahnel 2011). Um den Fortschritt zur Zielerreichung überprüfen zu können, müssen Vergleiche mit Vergangenheitswerten durchgeführt werden (vgl. Mahnel 2011). Es wurden zwei Kennzahlen identifiziert, welche die Zukunftsfähigkeit des Gesamtunternehmens und des After Sales Services bewerten. Die beiden Kennzahlen werden in den Fragen sieben und acht abgefragt. Die erste der beiden Kennzahlen ist das Verhältnis des Serviceumsatzes zum Gesamtumsatz (vgl. Mahnel 2011). Angesichts der bereits dargelegten hohen Profitabilität des Servicegeschäfts ist ein möglichst großes Verhältnis anzustreben. Die andere Kennzahl ist der Servicemarktanteil, der dem Verhältnis des eigenen Serviceumsatzes zum potenziellen Serviceumsatz entspricht. Der potenzielle Serviceumsatz ist der monetäre Gesamtbedarf an Services, der im Markt vorliegt und mit den eigenen Services bedient werden könnte. Der Markt kann für den Anbieter auf bestimmte Tätigkeiten, Produktgruppen oder Regionen begrenzt sein (vgl. Mahnel 2011).

		1	2	3	4	5
Kundenbindung						
1	Die Kundenzufriedenheit des After Sales Services wird mit geeigneten Bewertungssystemen (z.B. Customer Satisfaction Index) analysiert.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
2	Die Serviceleistung deckt sich mit der Kundenerwartung, indem Serviceversprechen zuverlässig erfüllt werden.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
3	Es werden konstruktive Maßnahmen verfolgt, um die Kunden mittel- und langfristig an das Unternehmen zu binden.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
Servicestrategie						
4	Eine Servicestrategie, welche die Ziele der nächsten 1-3 Jahre festlegt, ist vorhanden und dokumentiert.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
5	Die Zielerreichung wird anhand von Kennzahlen überprüft. (einheitliche Erhebungsmethode, fixe Messpunkte, eingehaltene Frequenz)	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
6	Vergleiche mit Vergangenheitswerten werden durchgeführt, um die Entwicklung des Unternehmens zu verfolgen.	Trifft gar nicht zu				Trifft voll und ganz zu
Kennzahlen zur Zukunftsfähigkeit des After Sales Service						
7	Der Anteil des Servicegeschäftes am Gesamtunternehmen (gemessen Serviceumsatz/Gesamtumsatz) beträgt	0% - 10%	10- 20	20- 30	30- 40	>40%
8	Der Marktanteil im After Sales Service beträgt	0% - 10%	10- 20	20- 30	30- 40	>40%

Abbildung 4-26: Selbsteinschätzung des After-Sales Services

Verknüpfung der Kennzahlen

Wie bei der Produkt-Matrix wurden auch die einzelnen Kennzahlen der Service-Matrix unter Berücksichtigung der beschriebenen Anforderungen an Kennzahlensysteme entwickelt. Der Fokus bestand darin, die Wirtschaftlichkeit bei der Erhebung der Kennzahlen einzuhalten und damit die Akzeptanz der Anwender zu gewährleisten. Hierzu wurden Unternehmensbefragungen aus Studien analysiert und Interviews mit den Praxisteilnehmern des Forschungsprojekts geführt. Um alle wichtigen Aspekte des After Sales Services zu untersuchen und des Weiteren auf in der Praxis akzeptierte und gut vergleichbare Kennzahlen zurückgreifen zu können, wurden mit der EBIT-Marge und dem Fragebogen zur Zukunftsfähigkeit zwei ressourcenübergreifende Kennzahlen in die Matrix aufgenommen. Die ökonomische Bewertung basiert auf der EBIT-Marge sowie der Analyse der Aufwandsstruktur des After Sales Services. Die ökologische Bewertung des After Sales Services stützt sich auf die Methodik des Carbon Footprint, den Umgang mit Ersatzteilen sowie auf eine einfach zu erhebende Kennzahl aus dem Ideenmanagement. Da es für manche Unternehmen zu aufwändig ist den Carbon Footprint zu ermitteln, wird die Alternative über den Stromverbrauch angeboten. Die Betrachtung der sozialen Dimension erfolgt anhand von Checklisten und einem Personalkennzahlenmix von in der Praxis oft erhobenen Kennzahlen. Die Abbildung 4-27 stellt eine Übersicht der entwickelten Kennzahlen dar. Jede Kennzahl ist für sich so normiert, dass sie einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen kann. Die Verknüpfungsmethodik der Kennzahlen muss gegenüber der Produkt-Matrix modifiziert werden. Die Kennzahlen der Aufwandstruktur zur ökonomischen Bewertung sind für sich alleine aussagekräftig. Allerdings ist eine mathematische Verknüpfung dieser Kennzahlen nicht zielführend, da sie in gegenseitiger Relation stehen.

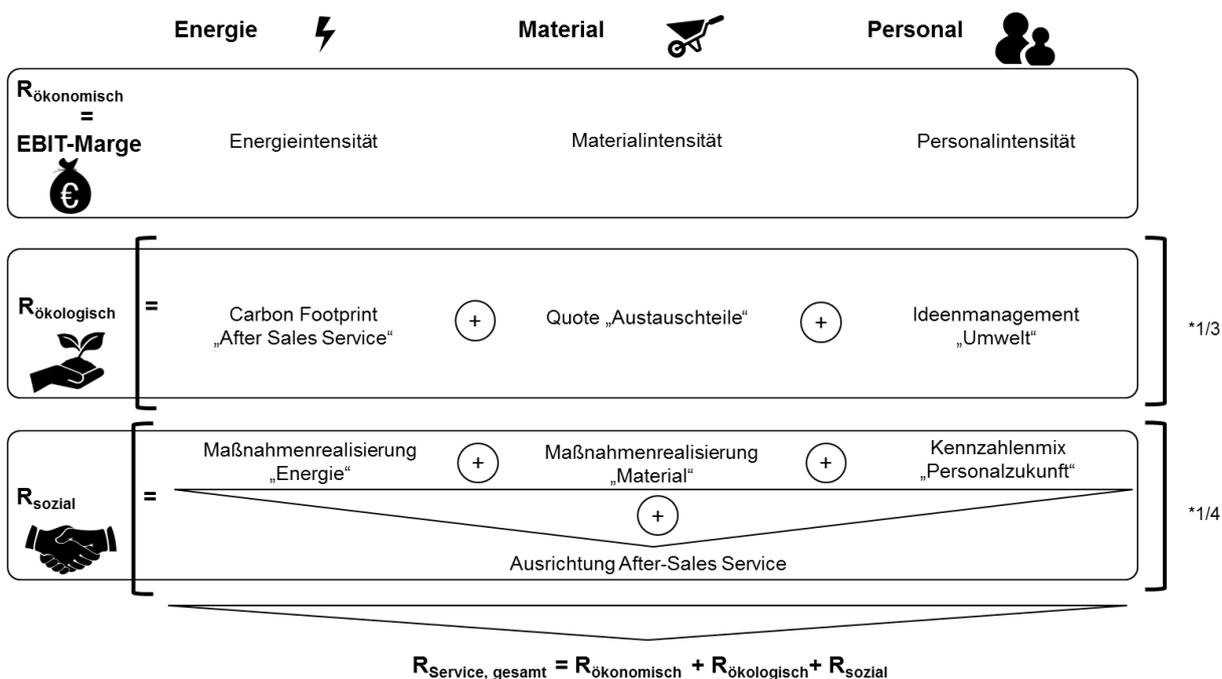


Abbildung 4-27: Ressourceneffizienz-Matrix aus Servicesicht

Folglich wird das Teilergebnis $R_{\text{ökonomisch}}$ ausschließlich über die EBIT-Marge ausgedrückt. Um $R_{\text{ökologisch}}$ und R_{sozial} zu erhalten werden die Mittelwerte der Einzelkennzahlen dieser jeweiligen Dimension gebildet. Die Spitzenkennzahl der Service-Matrix wird wiederum aus dem Mittelwert der Teilergebnisse $R_{\text{ökonomisch}}$, $R_{\text{ökologisch}}$ und R_{sozial} ermittelt und nimmt damit einen Wert im Intervall von 0 bis 1 an. Eine ressourcenbezogene Betrachtung der Matrix ist zusätzlich möglich. Hierbei werden vertikal entlang der Ressourcen die Mittelwerte der Einzelkennzahlen gebildet. Die beiden ressourcenübergreifenden Kennzahlen EBIT-Marge und Ausrichtung After Sales bleiben unberücksichtigt. Damit ist die übergeordnete Kennzahl der Service-Matrix nur über die horizontale Betrachtung entlang der Dimensionen abzulesen.

4.4 Ressourceneffizienz in der Recyclingphase

Um die Ressourceneffizienz der Unternehmen in der Recyclingphase erfassen und analysieren zu können, wird analog der Kennzahlenmatrix aus den Ressourcen Energie, Material und Personal vorgegangen, wie in Abbildung 4-28 dargestellt. Hierbei sind drei Schlüsselressourcen Energie, Material und Personal identifiziert worden, die leicht modifiziert wurden. Energie und Material wurden zusammengefasst und als ein Bereich bewertet. Die energetische Verwertung ist aufgrund der Produktauflösung und der daraus resultierenden niederen Wertigkeit nicht das primäre Ziel des Recyclings. Die Verwertungsquoten von Abfällen aus Produktion und Gewerbe in Deutschland verdeutlicht die dominante Rolle der stofflichen Verwertung mit 74 Prozent im Gegensatz zur energetischen Verwertung mit rund 26 Prozent (vgl. Statistisches Bundesamt 2016a). Nichtsdestotrotz hat auch die stoffliche Verwertung erheblichen Einfluss auf die Energieeffizienz.

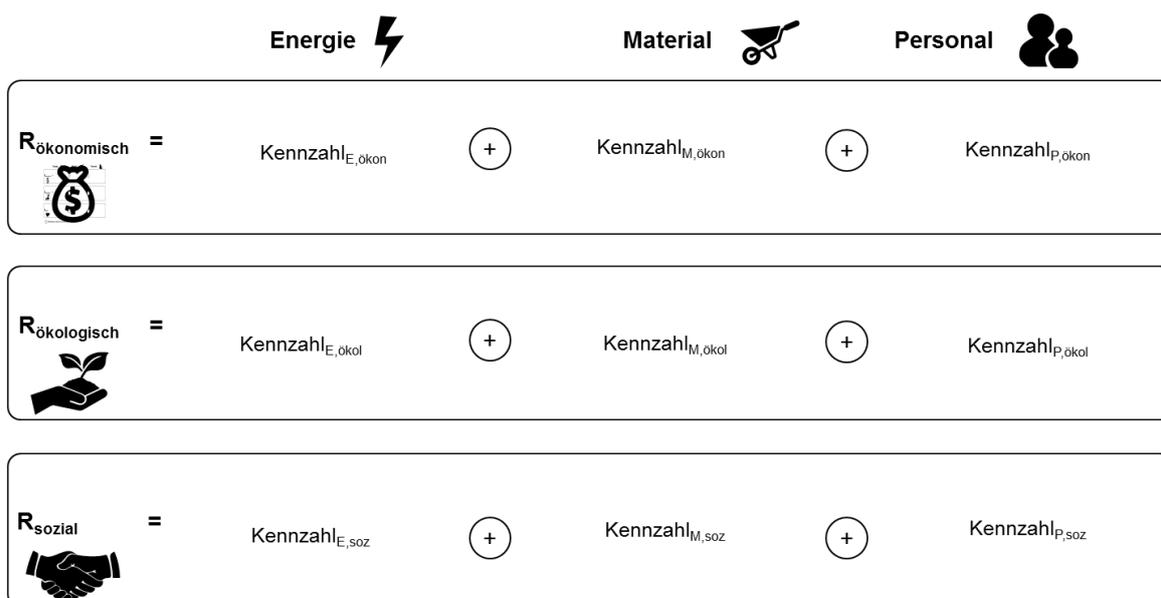


Abbildung 4-28: Standardisiertes Kennzahlensystem

Somit kann Aluminiumschrott fast verlustfrei mit circa 5 Prozent des Energiebedarfs des Primärprozesses wiederaufbereitet werden. Das bedeutet, dass rund 95 Prozent der Energie beim Aluminiumrecycling eingespart werden (vgl. Hiebel und Pflaum 2009). Jedoch stellt das Erfassen und Bewerten dieser energierelevanten Einflüsse insbesondere KMUs vor große Herausforderungen. Die Einflüsse auf den Energieverbrauch sind für KMU nicht ermittelbar, da die Materialien mittels Recyclingunternehmen verwertet und dementsprechend positive Energieeffekte nicht bei den KMU verzeichnet werden. Diese Überlegungen führen schlussendlich zu dem Zusammenschluss der Ressourcen Energie und Material zu einer Gruppe. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit den Praxispartnern wurde ersichtlich, dass Handlungsbedarf im Bereich des Produktrecyclings besteht. Dieses umfasst die Recycling-Kreislaufarten nach, beziehungsweise während der Nutzungsphase des Produkts. Die realisierten Änderungen führten zu der in Abbildung 4-29 illustrierten Kennzahlenmatrix.

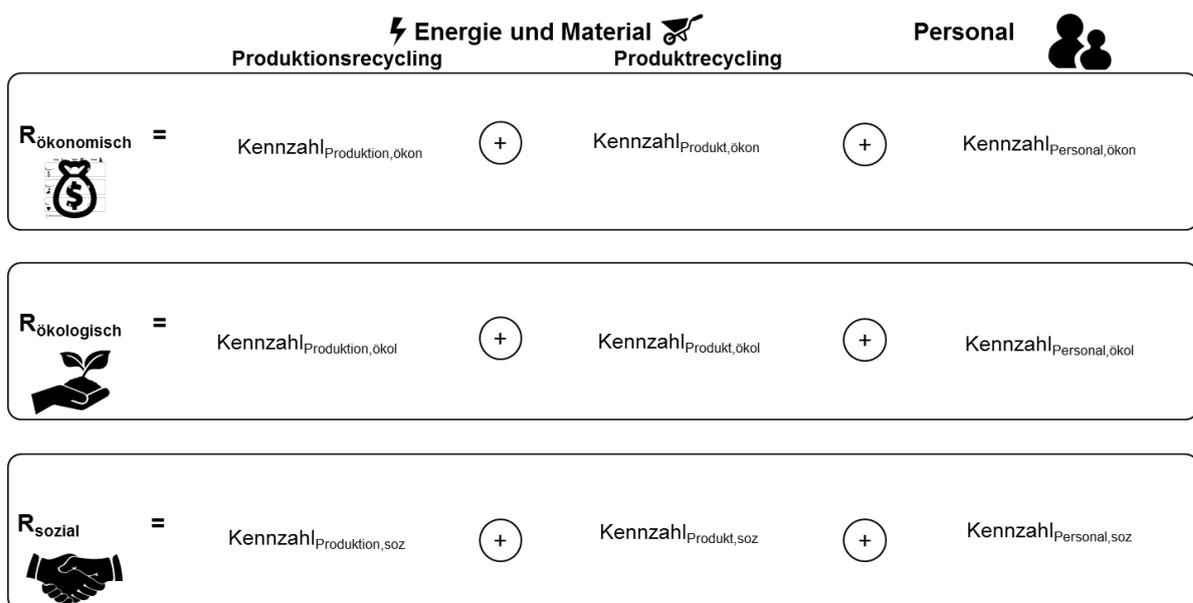


Abbildung 4-29: Kennzahlensystem der Recyclingphase

Eine weitere Bedingung war die Gleichwertigkeit der einzelnen Zellen und die branchenübergreifende Vergleichbarkeit. Deshalb sind die Kennzahlen auf 0 bis 1 normiert. Darüber hinaus wurde darauf geachtet, dass die Kennzahlen, wenn möglich, auf der Effizienzformel aufbauen und somit der Nutzen dem Aufwand gegenübersteht. Wie bereits im vorhergehenden Text beschrieben besteht ein Kennzahlensystem aus mehreren einzelnen Kennzahlen, welche im Folgenden sukzessiv vorgestellt werden.

Produktrecycling

Das Produktionsrecycling zielt auf die Vermeidung oder vorteilhafte Weiternutzung von Produktionsabfällen ab. Wie bereits erwähnt, kommt der Konstruktion eine wesentliche Rolle zu. Durch die Produktgestaltung und die eingesetzten Fertigungsverfahren beeinflusst der Konstrukteur maßgeblich die Abfälle und dementsprechend die Kosten, die Umweltbelastung (vgl. Steinhilper und Schneider 1996) und die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens. Die nachfolgenden Kenngrößen sollen bei der Erfassung der Energie- beziehungsweise Materialeffizienz im Produktionsrecycling helfen.

Entsorgungskostenanteil

Der Entsorgungskostenanteil ermöglicht die ökonomische Unternehmensbewertung und erfasst das Verhältnis zwischen Entsorgungs- und Herstellungskosten. Die Kennzahl analysiert die ökonomische Bedeutung der Entsorgung im Hinblick auf die gesamtheitlichen Herstellungskosten. Sie trägt dazu bei, die Transparenz über die relativen Entsorgungskosten, die innerhalb des Herstellungsprozesses anfallen, zu erhöhen (vgl. Krause und Arora 2010). Ein wesentlicher Entscheidungsträger ist die Konstruktion und Entwicklung, da hierbei

bereits 70 bis 90 Prozent der Herstell- sowie Entsorgungskosten festgelegt werden (vgl. Müller 2010). Der Entsorgungskostenanteil ist folgendermaßen definiert (vgl. Krause und Arora 2010).

$$\text{Entsorgungskostenanteil} = \frac{\text{Entsorgungskosten pro Periode}}{\text{Herstellkosten pro Periode}}$$

Aufgrund der Verwendung von monetären Werten ist das Ergebnis ohne Einheit. Die Entsorgungskosten sind Kosten in Euro, die durch Erfassung, Sammlung, Umformung, Selektieren, Aufbereitung, Regenerieren, Vernichten, Verwerten und Verkaufen der zu entsorgenden Stoffe entstehen. Ebenso zählen alle übrigen zur Entsorgung notwendigen Maßnahmen, wie logistische Aktivitäten, dazu (vgl. Alisch 2004). Die Herstellungskosten hingegen sind Kosten in Euro, die durch die Herstellung von Produkten auftreten. Hierbei werden die Materialeinzel- und Materialgemeinkosten sowie Fertigungseinzel- und Fertigungsgemeinkosten betrachtet (vgl. Alisch 2004). Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es sinnvoll, möglichst geringe Entsorgungskosten aufzuweisen. Mögliche Maßnahmen sind hierbei die mengenmäßige Verminderung des Abfallaufkommens oder insbesondere der Verzicht gefährlicher Güter, die in der Regel eine teure Entsorgung mit sich bringen. Die Kenngröße unterliegt jedoch noch weiteren Einflussfaktoren. Neben dem sparenden Ressourcenverbrauch wird diese auch durch staatliche Rahmenbedingungen, die durch Gesetze und Verordnungen zusätzliche Kosten verantworten, geprägt (vgl. Krause und Arora 2010). Um der gewünschten Ergebnisskala von 0 bis 1 gerecht zu werden, muss die von Krause und Arora vorgestellte Berechnung leicht angepasst werden.

$$\text{Entsorgungskostenanteil} = \frac{(\text{Herstellkosten} - \text{Entsorgungskosten})}{\text{Herstellkosten}}$$

Bei sehr geringen Entsorgungskosten weist die Kennzahl einen Wert von maximal 1 auf. Das Ziel ist es somit die Entsorgungskosten zu minimieren. Der Nutzen für das Unternehmen, dargestellt durch die Subtraktion, ist, dass der Wert für wertschöpfende Prozesse verwendet werden kann und nicht durch vermeidbare Entsorgungskosten geschmälert wird.

Materialeffizienz

Ein nachhaltiges Wirtschaften erfordert den sparsamen Umgang mit Ressourcen und ist deshalb fixer Bestandteil in der Umwelt- und Industriepolitik (vgl. Simon und Dosch 2010). Um diese Unternehmenseffizienz in Hinblick auf die Umwelt zu ermitteln, wird die Kennzahl Materialeffizienz definiert. Materialeffizienz beschreibt, wie wirksam Material bei der Produktion eines bestimmten Outputs eingesetzt wird. Somit kann festgestellt werden, ob die Produktionsfaktoren maximal genutzt werden (vgl. Krause und Arora 2010). Somit lässt sich die Produktivität wie folgt definieren (vgl. Clausen et al.; Krause und Arora 2010).

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Outputgröße} \\ (\text{gemessen in Mengeneinheiten})}{\text{Inputgröße} \\ (\text{gemessen in Mengeneinheiten})}$$

Bei den Output- beziehungsweise Inputfaktoren bietet die Literatur verschiedene Größen an. So ist es möglich Material, Arbeit, Kapital, Betriebsmittel oder auch Flächen in Bezug auf ihre Effizienz zu untersuchen (vgl. Krause und Arora 2010). Da die Kennzahl im Bereich Energie und Material angesiedelt ist, lässt sich die Materialeffizienz wie folgt definieren.

$$\text{Materialeffizienz} = \frac{\text{Materialoutput}}{\text{Materialinput}}$$

Der Output ist der mengenmäßige Ertrag eines Unternehmens, während der Input als mengenmäßiger Einsatz von Produktionsfaktoren in einem Betrieb angesehen werden kann (vgl. Alisch 2004). Der Materialertrag beziehungsweise das eingesetzte Material kann in Tonnen erfasst werden. Somit ist die Kenngröße einheitslos. Je besser die Effizienz, desto mehr nähert sich das Ergebnis der 1 an. Von daher ist keine weitere Anpassung notwendig. Die Kennzahl deckt sich zugleich mit der im Kreislaufwirtschaftsgesetz festgelegten Rangordnung, die das Vermeiden von Recycling als anzustrebendes Ideal sieht. Eine Materialeffizienz von 1 würde genau diesem Grundsatz folgen, da in diesem Fall jegliches Material Verwendung in den hergestellten Produkten findet und kein Abfall anfällt. Eine Steigerung der Materialeffizienz kann durch verschiedene Maßnahmen realisiert werden. So tragen die Reduktion der Verluste in der Logistikkette sowie der Produktion, die Ausrichtung des Produktdesigns in Richtung höhere Materialeffizienz, Materialsubstitution oder Produktionsrecycling zu einer erhöhten Kennzahl bei (vgl. Krause und Arora 2010; Simon und Dosch 2010). 68 Prozent der Unternehmer testieren sich selber Handlungsbedarf in Bezug auf Materialeinsparungen. Auffällig ist, dass viele Betriebe die Potenziale für die Materialeinsparungen überwiegend im Bereich der Prozesse und nicht beim Produkt ansehen. Es wird vermutet, dass es unternehmerische Vorbehalte gibt ein technisch ausgereiftes und vom Kunden akzeptiertes Produkt zu verändern (vgl. Blaeser-Benfer 2012). Gerade Zulieferer sind an viele produkttechnische Vorgaben fest definiert. Daher erfasst die abgefragte Materialeffizienz die Produktionsprozesse.

Unternehmensstrategie

Die Aktualität der Ressourceneffizienz nimmt stetig zu. Intensive Diskussionen in den einzelnen Wirtschaftsbereichen, aber auch die stärkere Integration in die Unternehmensstrategie, unterstreichen die

Rolle der Ressourceneffizienz bei KMU (vgl. Wecus und Willeke 2015). Das Thema Ressourceneffizienz tangiert jegliche Arbeitsbereiche sowie -prozesse und ist somit in der Unternehmensstrategie zu verankern (vgl. Hofmann et al. 2012). Jedoch wurde bei einer Umfrage festgestellt, dass insbesondere in kleinen Unternehmen noch Entwicklungspotenziale diesbezüglich bestehen (vgl. Wecus und Willeke 2015). Die Unternehmensstrategie ist die Ausrichtung einer Organisation zur Verwirklichung strategischer Ziele (vgl. Alisch 2004). Sie beschreibt Zweck und Umfang der Unternehmensaktivitäten, die zur Verfügung stehenden Ressourcen, mögliche Wettbewerbsvorteile sowie Synergien (vgl. Alisch 2004). Bei Voigt wird mittels einer Unternehmensstrategie das zukünftige Unternehmensgeschehen ausgerichtet, Ziele definiert, verschiedene mögliche Entwicklungen analysiert, Strategien abgeleitet, bewertet und abschließend die optimalste Lösung ausgewählt (vgl. Voigt und Wildemann 2011). Es ist jedoch für kleine Unternehmen eine große Herausforderung Zukunftsthemen zu identifizieren und benennen (vgl. Felger 2012). Umfrageergebnisse zeigen, dass 30 Prozent der mittleren und 40 Prozent der kleinen KMU das Thema Ressourceneffizienz nicht in der Strategie abdecken. Diese Zahl nimmt zwar stetig ab, jedoch verdeutlicht sie auch den Rückstand einiger Unternehmen (vgl. Wecus und Willeke 2015). Die Kombination aus dem zukünftigen Unternehmensbild und der zunehmenden Bedeutung von Ressourceneffizienz stützt die These, dass bei einer festen Verankerung des Recyclings in der Unternehmensstrategie ein ressourceneffizientes, zukunftsfähiges Unternehmen vorliegt. Wagner und Henle beklagen jedoch, dass die Bewertung und der Vergleich von Unternehmen in Bezug auf Zukunftsfähigkeit nahezu unmöglich sind. Problematisch sind hier die mannigfaltigen nationalen und internationalen Sozialstandards und Richtlinien (vgl. Wagner und Henle 2008).

Aufgrund dieser Feststellung ist eine objektive Abfrage der sozialen Effizienz nicht möglich. Recycling als Instrument der Nachhaltigkeit ist jedoch ein wichtiger Bestandteil der Zukunftsfähigkeit des Unternehmens. Somit wird eine subjektive Kennzahl den Stellenwert des Recyclings im Unternehmen festgehalten. Die Frage diesbezüglich lautet inwieweit ist Recycling in Ihrer Unternehmensstrategie verankert? Zur Einordnung dieser Frage bietet sich die Wirkungsfolge einer Balance Scorecard an. Die Balance Scorecard unterstützt bei der Umsetzung von Unternehmensstrategien in das operative Geschäft und lässt sich idealtypisch in drei aufbauende Aspekte untergliedern (vgl. Weber und Schäffer 2014). Da neben dem Vorhandensein einer strategischen Ausrichtung in Bezug auf Recycling auch die zielgerichtete und kontinuierliche Umsetzung eine wichtige Rolle spielt, wurden folgende Antwortmöglichkeiten definiert und passend normiert. Im schlechtesten Fall (=0) ist Recycling nicht in der Unternehmensstrategie des Mittelständlers fixiert. Bei der alleinigen Verankerung des Themas innerhalb der Strategie, wird die Zukunftsfähigkeit mit 0,33 bewertet. Positiver ist, wenn eindeutige, strategische Recycling-Ziele gesetzt sind.

Punkte	Beschreibung
0	Recycling ist nicht innerhalb der Unternehmensstrategie verankert
0,33	Recycling findet sich in der Unternehmensstrategie wieder
0,66	Es gibt eindeutige, strategisch gesetzte Recycling-Ziele
1	Die gesetzten Recycling-Ziele werden anhand von Messgrößen überprüft und vorangetrieben

Abbildung 4-30: Antworten im Bereich Unternehmensstrategie

Ein Beispiel ist, wenn das Unternehmen sich zum Ziel gesetzt hat, ohne den Einsatz von gefährlichem Material zu arbeiten. Hierbei können die Prämissen, Grundlagen und Quantifizierbarkeit der Zielsetzung geprüft werden. Ein weiterer Schritt ist die Auswahl von geeigneten Messgrößen zur kontinuierlichen Kontrolle und Priorisierung der Recyclingziele (vgl. Weber und Schäffer 2014). Das beständige Arbeiten mit der Strategie ist ein Faktor für den zukünftigen Unternehmenserfolg (vgl. Felger 2012) und dementsprechend mit 1 zu bewerten.

Ein wichtiger Bestandteil beim Schließen der Kreislaufwirtschaft ist das Produktrecycling (vgl. Bullinger et al. 2013). Produkte werden nach Gebrauch durch den Kunden ausgemustert. Hierbei können technische, wirtschaftliche, gesetzliche oder persönliche Gründe die Entscheidung auslösen. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die entscheidende Phase des Produktrecyclings (vgl. Bullinger et al. 2009). Ein Produktverbrauch ohne Recycling ist ökologisch wie auch ökonomisch nicht mehr zeitgemäß (vgl. Wiendahl et al. 2000). Die Verantwortung hierbei trägt der Unternehmer und somit ist die Recyclingphase bereits während der Produktentwicklung zu berücksichtigen (vgl. Bullinger et al. 2013). Der Gesetzgeber hat mittels Verordnungen und Gesetzen die Produktverantwortung der Hersteller von Fahrzeugen, Batterien oder Elektro- und Elektronikgeräten konkretisiert. So ist in der Altfahrzeug-Verordnung geregelt, dass bei der Entsorgung von Fahrzeugen mindestens 95 Prozent des durchschnittlichen Fahrzeugleergewichts wiederverwendet oder verwertet werden müssen, wobei die thermische Verwertung maximal nur 10 Prozent betragen darf (vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz). Die im Folgenden beschriebenen Kennzahlen sollen eine Bewertung des Produkts im Hinblick auf Recycling ermöglichen und mögliche Optimierungsansätze verdeutlichen. Da die in der Regel

mehrere Produkte vertreiben werden und der Aufwand zur Beantwortung der Fragen überschaubar gestaltet werden soll, kann aus Einfachheitsgründen nur das umsatzstärkste Produkt bewertet werden.

Wertschöpfung

Produktrecycling kann durch verschiedene Recyclingformen realisiert werden. Die vorhergehend beschriebenen Lösungen sehen neben einer Verwendung des Produkts auch eine Verwertung der Werkstoffe vor. Die Abbildung 4-31 ist das Ergebnis einer Studie, die verschiedene Methoden zur ökonomischen Produktbewertung aufzeigt (vgl. Kahmeyer und Rupprecht 1996). Hierbei wird ersichtlich, dass trotz vielfältigen Möglichkeiten die Aspekte des Recyclings nicht berücksichtigt werden, außer bei der Wertanalyse. Diese ist jedoch aufgrund des hohen Aufwands nicht für die Bewertungsmatrix geeignet.

		Kostenaussage	Recyclingaspekte können berücksichtigt werden	Reproduzierbarkeit	Geringer Aufwand	Datenverdichtung gewährleistet	Eignung für Konzeptionsphase	Eignung für Entwurfsphase	Eignung für Ausarbeitungsphase
+ gewährleistet 0 z.T. gewährleistet - nicht gewährleistet									
1	Wertanalyse	+	+	-	-	0	+	+	-
2	Kostenkataloge	0	0	0	0	+	0	+	+
3	Verfahren der Kurzkalkulation	+	-	+	+	0	0	+	0
4	Konventionelle Zuschlagskalkulation	+	-	+	-	-	-	-	0
5	Neue Kostenmodelle	+	0	0	-	0	-	-	0

Abbildung 4-31: Ökonomische Produktbewertung

Es gibt eine Reihe an Kennzahlen zur Bewertung von Aufarbeitungs- und Verwendungsprozessen (vgl. Wiendahl et al. 2000). Für die wirtschaftliche Betrachtung eignet sich der Wertschöpfungsfaktor.

$$\text{Wertschöpfungsfaktor} = \frac{\text{Verkaufspreis}}{\text{Kaufpreis des Altgeräts}} \times 100$$

Problematisch bei dieser Kenngröße ist, dass nur die Verwendung betrachtet wird und die Verwertung unberücksichtigt bleibt. Dies liegt daran, dass durch die Verwendung und der damit verbundenen Beibehaltung der Produktgestalt ein höheres Wertniveau vorliegt. Die Recycling-Kaskade verdeutlicht diese Abstufung der verschiedenen Recyclingformen. Bei Gesprächen mit den Praxispartnern wurde jedoch explizit die wichtige Rolle der Verwertung betont, was somit eine Abänderung der Basisformel bedingt. Um die Verwendung sowie die Verwertung abzudecken, wurde der Nutzen in Umsatz aus Recycling geändert. Der Umsatz aus Recycling ist als Ertrag in Euro, der mittels Produktrecycling erwirtschaftet wird, definiert. Der Umsatz kann entweder durch Verwendung oder Verwertung von Produkten nach der Gebrauchsphase generiert werden (vgl. Wiendahl et al. 2000). Es wird der Kaufpreis des Altgeräts als Kosten für die Aufarbeitung betrachtet. Diese Kosten umfassen den Aufwand für Personal, Betriebsmitteln und Material, die in den Phasen Demontage, Reinigung, Prüfung, Sortierung, Aufarbeitung und Remontage anfallen (vgl. Wiendahl et al. 2000). Für die gesamte ökonomische Betrachtung sind hierbei auch die Kosten für die Aufbereitung zu berücksichtigen, da die Kennzahl unabhängig von der Recyclingform genutzt wird. Um eine gute Verständlichkeit für den Leser zu gewährleisten und der gesamtheitlichen Betrachtungsweise gerecht zu werden, wird anstelle des Begriffs Kaufpreis des Altprodukts Aufwand für Pro-

duktrecycling verwendet. Neben den Begrifflichkeiten und den Definitionen erfordert auch die gewünschte Vergleichbarkeit der Messziffern eine Anpassung der Kennzahl. Ziel ist es, eine möglichst hohe Wertschöpfung zu schaffen. Das heißt, mit geringem Aufbereitungs- oder Aufarbeitungsaufwand einen möglichst hohen Erlös aus dem Produktrecycling zu erzielen. Das Resultat dieser Überlegungen ist folgende Formel.

$$\text{Wertschöpfung} = \frac{\text{Umsatz Produktrecycling}}{(\text{Umsatz Produktrecycling} + \text{Aufwand Produktrecycling})}$$

Das Ergebnis bewegt sich zwischen 0 und 1, wobei bei 1 eine maximale Wertschöpfung vorliegt. Dies ist nur möglich, wenn entweder keine Kosten beim Produktrecycling entstehen, was jedoch äußerst unwahrscheinlich erscheint, oder aber sehr geringe Kosten bei einem hohen Umsatz vorliegen. Bei 0 liegt keine ökonomische Effizienz vor, da keine Erlöse aus Produktrecycling generiert werden und somit das wirtschaftliche Potenzial von Altprodukten nicht genutzt wird. Um einen möglichst hohen Effizienzwert zu erhalten, ist eine Wieder- oder Weiterverwendung anzustreben, da hierbei die hohe Wertigkeit des Produkts erhalten bleibt und somit höhere Gewinne erzielbar sind (vgl. Bullinger et al. 2009).

Maßnahmen

Der Recyclingerfolg wird maßgeblich durch die Produktgestalt festgelegt (vgl. Friedel 2013). Zur Bewertung von Produkten im Hinblick auf die ökologischen Auswirkungen entwickelten sich verschiedene Instrumente. Eine Analyse der gängigsten Verfahren, dargestellt in Abbildung 4-32, zeigt, dass die untersuchten Verfahren nur teilweise Produktbezug aufweisen und einen hohen Aufwand mit sich ziehen (vgl. Kahmeyer und Rupprecht 1996). Somit sind diese Methoden für eine schnelle und einfache Bewertung ausgeschlossen.

		Bezug			Aufwand		Ergebnis		
		Standort	Technologie	Produkt	Aufwand gering	Datenverfügbarkeit	Verursachungsgerechte Bewertung	Gute Reproduzierbarkeit	Unterstützung der Entscheidung/Erfindung
		+ gewährleistet 0 z.T. gewährleistet - nicht gewährleistet							
1	Technikfolgenabschätzung	-	+	-	-	-	-	-	0
2	Umwelt-Audit	+	0	0	0	0	-	0	-
3	Ökobilanz	0	+	+	-	0	-	0	0
4	Produktlinienanalyse	0	0	+	-	-	0	-	+

Abbildung 4-32: Methoden zur ökologischen Produktbewertung

Im Hinblick auf die Entsorgung gibt es vier Strategien. Die Werkstoffauswahl, die Miniaturisierung, die recyclinggerechte Produktgestaltung und die effiziente Reinigung unterstützen bei der Steigerung der Ressourceneffizienz in der Phase Recycling. Bis auf die effiziente Reinigung besitzen die Maßnahmen einen Produktbezug (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Das heißt, dass aufgrund der produktspezifischen Ausrichtung dieses Teilabschnitts die effiziente Reinigung vernachlässigt wird. Die drei weiteren Maßnahmen sind im Folgenden genauer erläutert.

Werkstoffauswahl

Bei der Werkstoffauswahl wird entschieden, aus welchem Werkstoff beziehungsweise welcher Werkstoffkombination ein Produkt besteht (vgl. Seichter 2013). Die Werkstoffauswahl ist somit bei der Ressourcenanspruchnahme eines Produkts in allen Phasen des Lebenswegs entscheidend. Es gibt zahlreiche Möglichkeiten für die Produktentwicklung die Werkstoffauswahl ressourcenschonender zu gestalten.

Ein Beispiel ist der Einsatz von Sekundärrohstoffen, von Material mit umweltverträglicheren und effizienteren Herstellungsprozessen oder aus nachwachsenden Rohstoffen. Verbundmaterialien bringen zum Beispiel ein aufwendiges Trennverfahren zum Lösen des Verbunds mit sich. Besser geeignet zum Recycling ist dementsprechend die Verwendung von sortenreinen Materialien (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1).

Miniaturisierung

Die Miniaturisierung ist der Prozess zur Verkleinerung von der Produktstruktur unter Beibehaltung der Funktion und eventuell auch der äußeren Form. Neben Miniaturisierung werden auch die englischen Begriffe downgrading, downscaling oder miniturisation verwendet. Mittels dieser Maßnahme kann der Werkstoffverbrauch zur Fertigung der Produkte gesenkt werden. Eine Miniaturisierung von Baugruppen und Produkten ermöglicht eine produktbezogene Effizienzsteigerung. Jedoch bleibt zu beachten, dass durch die Miniaturisierung der Fertigungsaufwand überproportional steigt und es somit zu Rebound-Effekten kommen kann (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Der Rebound-Effekt ist ein ökonomischer Effekt, bei dem Maßnahmen zur Effizienzsteigerung nicht oder nur teilweise zur absoluten Einsparung von natürlichen Ressourcen führen (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Ein Beispiel für Zielkonflikte ist die Miniaturisierung von Bauteilen, was den Ressourcenverbrauch reduziert, aber oft auch eine trennfreundliche Produktgestaltung erschwert (vgl. Behrendt et al. 2013).

Recyclinggerechte Produktgestaltung

Die Produktgestaltung ist allgemein das Entwerfen der Erscheinungsform eines Produkts in Qualität, Form, Verpackung und Markierung (vgl. Alisch 2004). Bei der recyclinggerechten Produktgestaltung

wird das Produkt an potenzielle Recyclingverfahren angepasst (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Ziel ist es durch Gestaltungsmaßnahmen während des Produktentstehungsprozesses das Recycling in allen Phasen des Produktlebens mit minimalem technologischen und wirtschaftlichen Aufwand zu ermöglichen (vgl. Schmitz 1995). Folgende Aspekte sind bei der recyclinggerechten Konstruktion zu beachten (vgl. Wallau 1998).

- Produktstruktur,
- Bauteilstruktur,
- Werkstoffwahl und
- Verbindungstechnik.

Bei mülltonnengängigen Produkten sind die Mehraufwendungen einer recyclinggerechten Produktgestaltung meist nutzlos (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Ebenso muss der Konstrukteur die wechselseitigen Auswirkungen der Maßnahmen berücksichtigen (vgl. Wallau 1998). Um den drei Strategien der DIN 4800 gerecht zu werden, ist eine Kennzahl zu wählen, welche die Werkstoffauswahl, die Miniaturisierung und die recyclinggerechte Produktgestaltung gleichermaßen abdeckt.

Maßnahmen

*= Werkstoffauswahl + Miniaturisierung
+ Produktgestaltung*

Im Hinblick auf die Werkstoffauswahl finden sich bei Herter und Wangenheim zwei Recycling-Kennzahlen. Die Recyclingquote erfasst das Ausmaß der Substitution von Primärrohstoffen durch recycelte Materialien und steht somit am Eingang des Produktionsprozesses. Die Rücklaufquote wiederum zeigt das Potenzial des Materials, dass nach der Produktnutzung recycelt werden kann. Aufgrund des

Produktfokus wird die Rücklaufquote als Messgröße für die Werkstoffauswahl verwendet (vgl. Herter und Wangenheim 1997).

$$\text{Werkstoffauswahl} = \text{Rücklaufquote} = \frac{\text{Recyclbares Material}}{\text{Gesamtmenge}}$$

So wird in der Altfahrzeug-Verordnung eine 95 prozentige Rücklaufquote gefordert (vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz). Nutzen und Aufwand werden jeweils in Kilogramm oder Tonnen angegeben, bei einem Maximalwert von 1. Dieser ist erreicht, wenn das Produkt vollständig recycelbar ist und keine Stoffe deponiert werden müssen. Die Miniaturisierung ist qualitativ abzufragen, da aufgrund des Kennzahlensystems keine Referenzprodukte vorliegen und die objektive Bewertung der Materialeinsparungen in einer Skala, 0 bis 1, nicht möglich ist. Um die Beantwortung ob die Materialeinsparungen bei dem Produkt bei gleichbleibender Funktionalität möglich ist zu erleichtern, sind die folgende Antworten definiert. Es existieren zahlreiche Bewertungsansätze wie Checklisten, Demontageanalysen oder Recycling-Datenbanken für die Produktgestaltung auf (vgl. VDI 2243). Zur Durchführung einer schnellen und einfachen Analyse nach verschiedenen technischen Recyclingkriterien dient eine Checkliste wie in Abbildung 4-34 aufgeführt (vgl. VDI 2243).

Punkte	Beschreibung
0	Ja, Materialeinsparungen sind einfach umzusetzen. Diese werden jedoch aus verschiedenen Gründen (z.B. Design) nicht realisiert
0,33	Ja, es gibt wesentliche Potenziale
0,66	Ja, es gibt minimale Potenziale
1	Nein, das eingesetzte Material ist schon auf ein Minimum reduziert. Weitere Einsparungen würden die Funktionalität einschränken

Abbildung 4-33: Antwortmöglichkeiten Miniaturisierung

Punkte	Beschreibung
	Recyclingprozess
0	Es ist kein Recyclingprozess für einzelne Stoffe vorhanden
0,1	Es sind aufwändige Prozessschritte notwendig
0,2	Es ist ein optimaler Prozess vorhanden
	Demontagezeit
0	Die Demontagezeit ist sehr hoch und nicht akzeptabel
0,1	Die Demontagezeit ist vertretbar
0,2	Die Demontagezeit ist gering
	Vielfalt der Verbindungen
0	Es gibt unübersichtlich viele Verbindungen
0,1	Es gibt standardisierte und funktionsbedingt mehrere Verbindungen
0,2	Es gibt wenige und zugleich einheitliche Verbindungen
	Verbindungsart
0	Die Verbindungen sind nur zerstörend lösbar. Es kommt auch zu einer Bauteilschädigung
0,1	Die Verbindung wird beim Trennen zerstört
0,2	Die Verbindungen sind zerstörungsfrei lösbar
	Schad- und Gefahrstoffe
0	Es gibt Schad- und Gefahrstoffe. Diese sind unseparierbar
0,1	Sind vorhanden, jedoch leicht separierbar
0,2	Es sind keine Schad- und Gefahrstoffe vorhanden

Abbildung 4-34: Checkliste Produktgestaltung

Um die Effizienz innerhalb der Produktgestaltung zu messen, sind die einzelnen Punkte der Fragen zu addieren. Das Maximalergebnis beträgt auch innerhalb dieses Teilbereichs 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Punkte}_{\text{Produktgestaltung}} &= \text{Recyclingprozess} + \text{Demontagezeit} \\
 &+ \text{Vielfalt der Verbindungen} + \text{Verbindungsart} \\
 &+ \text{Schad- und Gefahrstoffe}
 \end{aligned}$$

Die Kennzahl Maßnahmen besteht somit aus drei Einzelergebnissen, deren jeweiliges Optimum 1 beträgt. Zur adäquaten Anpassung der Messgröße an das Kennzahlensystem ist eine leichte Modifikation notwendig.

$$\text{Maßnahmen} = \frac{\left(\frac{\text{Recyclbares Material}}{\text{Gesamtmenge}} + \text{Punkte}_{\text{Miniaturisierung}} + \text{Punkte}_{\text{Produktgestaltung}} \right)}{3}$$

Sozial: Methoden

Die Produktentwicklung ist ein komplexer Prozess, da ein umfangreiches spezifisches Wissen erforderlich ist. Im Hinblick auf die Ressourceneffizienz in allen Produktlebensphasen nimmt die Produktentwicklung eine entscheidende und wichtige Rolle ein. Zur Effizienzsteigerung der Produktentwicklung kann der Einsatz von Methoden beitragen (vgl. Graner 2015).

Auch im Bereich der recyclinggerechten Produktentwicklung gibt es eine Vielzahl an Hilfsmittel, Regeln oder Werkzeuge (vgl. VDI 2243). Unterstützende Methoden sind beispielsweise

- **Benchmarking:** Diese Methode beruht auf der Orientierung an den Besten einer vergleichbaren Gruppe. Hierbei können Unterschiede identifiziert, analysiert und Lösungen für das eigene Produkt eruiert werden.

- **Checklisten:** Entscheidungsprozesse werden durch Checklisten systematisch überprüft. Entscheidungsrelevante Aspekte werden übersichtlich aufgelistet und bei Entscheidungssituationen als Hilfsmittel herangezogen.
Ein Beispiel für eine Grobcheckliste ist die Abfrage bei der ressourceneffizienten Produktgestaltung.
- **Demontagesimulation:** Demontagesimulation ist ein Verfahren, das bei der Konstruktion von demontagegerechten Produkten unterstützt. Insbesondere hilfreich ist diese Methode bei der Ableitung eines optimalen Demontageplans (vgl. Kahmeyer und Rupprecht 1996).
- **Lebenszyklusanalyse:** Die Lebenszyklusanalyse (engl. Life Cycle Assessment) erfasst die Umweltwirkungen eines Produktlebenswegs von der Herstellung bis zur Entsorgung.

Die Kennzahl Methode soll erfassen, inwieweit Werkzeuge innerhalb des Unternehmens angewendet werden. Um den Umfang der Kennzahlen zu begrenzen, konzentriert sich die Abfrage auf die vier beschriebenen Methoden. Die dementsprechende Frage lautet ob das Unternehmen die folgenden Methoden bei der Produktentwicklung einsetzt.

Zur Beantwortung dient Abbildung 4-35. Das Unternehmen steigert ihre Ressourceneffizienz mit dem Einsatz dieser Methoden. Falls alle vier Werkzeuge eingesetzt werden, ist das Maximalergebnis von 1 erreicht. Somit ist diese Kennzahl mit den Normierungsanforderungen konform.

$$\begin{aligned} \text{Methoden} = & \text{Punkte}_{\text{Benchmarking}} + \text{Punkte}_{\text{Checklisten}} \\ & + \text{Punkte}_{\text{Demontagesimulation}} + \text{Punkte}_{\text{Lebenszyklusanalyse}} \end{aligned}$$

Die Punkte der einzelnen Antworten werden zur Ermittlung der Effizienz aufsummiert.

Punkte	Beschreibung
	Benchmarking
0	Nein
0,25	Ja
	Checklisten
0	Nein
0,25	Ja
	Demontagesimulation
0	Nein
0,25	Ja
	Lebenszyklusanalyse
0	Nein
0,25	Ja

Abbildung 4-35: Antwortmöglichkeiten Kennzahl Methoden

Personal

Das Personal ist branchenübergreifend ein entscheidender Erfolgsfaktor und von zentraler Bedeutung für Unternehmen (vgl. Süß 2012). Ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales bestätigt den bedeutsamen Zusammenhang zwischen Unternehmenserfolg und Mitarbeiterengagement (vgl. Hauser et al. 2008). Zur Stärkung des Mitarbeiterengagements wurden zahlreiche Modelle entwickelt. Teamarbeit, Schulungen oder auch Arbeiternehmerbeteiligungen sind nur einige Beispiele.

Auch bei der Ressourceneffizienzsteigerung spielt das Personal eine wichtige Rolle. So können Mitarbeiter durch verantwortungsbewussten Umgang mit Produktionsmitteln bereits die Effizienz steigern. Darüber hinaus sind sie auch Experten an ihren Arbeitsplätzen und

erkennen somit am besten Schwachstellen und Verbesserungspotenziale (vgl. Hofmann et al. 2012).

Ideenmanagement

Das Ideenmanagement beruht auf dem betrieblichen Vorschlagswesen und dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess (vgl. Schat und Pierson 2005). Das betriebliche Vorschlagswesen ermöglicht jedem Mitarbeiter seine Ideen und Verbesserungsvorschläge kundzutun und somit zum Unternehmenserfolg beizutragen. Die Mitarbeiter partizipieren in Form von Prämien an den Einsparungen oder am zusätzlichen Nutzen (vgl. Läge 2013). Ein Verbesserungsvorschlag muss nach folgende Eigenschaften aufweisen (vgl. Thom und Etienne 2000)

- Präzise Formulierung,
- Nutzbringende Neuerung für den Betrieb und
- Freiwillige Sonderleistung.

Die Verbesserungsvorschläge können Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsprozesse betreffen und gewinnen bei Unternehmen zunehmend an Bedeutung (vgl. Läge 2013). Ideenmanagement birgt ein hohes Potenzial an Einsparungen. Bei einer Umfrage des Deutschen Instituts für Betriebswirtschaft wurde durchschnittlich ein Effizienzgewinn von 5,5 Millionen Euro pro Unternehmen beziehungsweise Einsparungen von 700 Euro je Mitarbeiter festgestellt (vgl. Dobner 2009). Die Bedeutung des Ideenmanagements wurde auch seitens der Praxispartner bestätigt. So wird in den jeweiligen Unternehmen der Mitarbeiter und dessen Kreativität gefördert, um einen Nutzen für das Unternehmen zu erzielen. Zur Kontrolle und Steuerung gibt es mannigfaltige Kennzahlen (vgl. Läge 2013). Trotz der zahlreichen Messgrößen sind Kenngrößen in der Praxis zu wenig im Gebrauch sind

(vgl. Jeberien et al. 2013). Hauptsächlich konzentrieren sich Unternehmen nur auf die Anzahl der eingereichten Ideen, was eine gezielte Steuerung und Kontrolle des Ideenmanagements kaum möglich macht (vgl. Jeberien et al. 2013). Um die ökonomische Effizienz der Verbesserungsvorschläge zu messen, wird eine Kombination aus zwei Basiskennzahlen empfohlen. Als Nutzen werden alle Einsparungen und Zusatzerlöse durch Verbesserungsvorschläge im ersten Jahr der Nutzung nach Abzug hierfür notwendigen Aufwendungen definiert (vgl. Läge 2013). Als Aufwand für das Unternehmen sind die Gesamtkosten des Ideenmanagements anzusehen. Hierunter fallen die Kosten der Ideenmanagementabteilung, die gezahlten Prämien, die Gutachterkosten und die Kosten für die Bewertungskommission (vgl. Läge 2013).

Gesamtkosten

$$= \text{Kosten Abteilung Ideenmanagement} + \text{gezahlte Prämie} \\ + \text{Gutachterkosten} + \text{Kosten für Bewertungskommission}$$

Die Effizienzformel lässt sich wie folgt darstellen.

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Erstjahresnutzen}}{\text{Gesamtkosten}}$$

Die Kenngröße beschreibt das Verhältnis des Erstjahresnutzens und der Gesamtkosten und ist somit als Maß für die Wirtschaftlichkeit des Ideenmanagements zu verstehen. Aufgrund der Aufgabenstellung, ein geeignetes Kennzahlensystem für die Recyclingphase auszuarbeiten, sind Anpassungen vorzunehmen. Die Basisformel betrachtet das Gesamtunternehmen und alle realisierten Verbesserungsvorschläge. Um der Aufgabenstellung gerecht zu werden, werden für den Erstjahresnutzen nur recyclingspezifische Verbesserungsvorschläge betrachtet. Das bedeutet, dass nur der Nutzen aus Recyclingsicht berücksichtigt wird. Neben dem Recyclingfokus sollte das mögliche

Kennzahlergebnis in der gewünschten Wertungsskala 0 bis 1 vorliegen. Die Änderungen führen zu der nachstehenden Gleichung.

Ideenmanagement

$$= \frac{\text{Erstjahresnutzen für Recycling}}{(\text{Erstjahresnutzen für Recycling} + \text{Gesamtkosten})}$$

Die Kennzahl erlaubt die ökonomische Beurteilung der realisierten Verbesserungsvorschläge für das Recycling. Je größer das Ergebnis ausfällt, desto effizienter ist das Ideenmanagement im Bereich des Recyclings.

Schulungen

Die Herausforderung bezüglich einer geeigneten, effizienzmessenden Kennzahl ist die Zuordnung des Nutzens zum Aufwand. Gerade im ökologischen Bereich ist es schwierig, den direkten umweltrelevanten Nutzen des Personals im Hinblick auf Recycling zu erfassen. Die nachfolgende Kennzahl quantifiziert deshalb nur den Aufwand, den das Unternehmen betreibt, um das Personal ökologisch zu schulen, um die Mitarbeiter für einen verantwortungsvollen Umgang zu befähigen. So setzt zum Beispiel die Reduktion der Umweltbelastung in Form einer Verringerung des Rohstoffeinsatzes oder einer Einsparung von Emissionen entsprechendes Wissen voraus (vgl. Vorbach et al. 2003). Umfangreiche Schulungen und vielfältige Informationen fördern nicht nur das Bewusstsein und die Kompetenz, sondern unterstützen auch den kontinuierlichen Verbesserungsprozess im Unternehmen. Recycling beeinflusst den Ressourcenverbrauch und dementsprechend den Umweltschutz erheblich, weshalb Schulungen notwendig sind. Die Produktentwickler legen den zukünftigen Ressourcenverbrauch fest und die Mitarbeiter den Recyclingprozess

maßgeblich verantworten. Mitarbeiterschulungen sind von der Arbeitstätigkeit getrennte Maßnahmen, in der nicht nur Wissen vermittelt, sondern auch aktiv erarbeitet, diskutiert und eingeübt werden kann (vgl. Petersen 1997). Auch die Praxispartner betonten während der Interviews die hohe Einflussnahme der Mitarbeiter in Richtung ressourceneffizientes Recycling. Deshalb wird versucht, eine möglichst hohe Schulungsquote aufzuweisen. Die Messung von Mitarbeiterschulungen ist auch ein Indiz für die Qualifikation der Mitarbeiter (vgl. Gottmann 2016). Schulungen werden auch in Umweltmanagementsystemen eine wichtige Rolle zugeschrieben, weshalb alle Mitarbeiter mit entsprechenden Tätigkeitsbereichen eine solche Schulung erhalten sollen. Um die Schulungsquote zu messen kann das Verhältnis von Mitarbeitern, die jährlich eine Schulung oder Weiterbildung absolvieren zur Gesamtanzahl der Mitarbeiter ermittelt werden (vgl. Klingler 2009).

$$\text{Anteil geschulter Mitarbeiter pro Jahr} = \frac{\text{Mitarbeiter, die eine Schulung absolvieren}}{\text{Anzahl der Mitarbeiter}}$$

Aufgrund des Fokus auf Recycling muss die Kennzahl noch leicht modifiziert werden. Dementsprechend werden nur Mitarbeiter berücksichtigt, die eine Schulung, Weiterbildung oder Unterweisung im Bereich Recycling absolvieren. Als Bemessungszeitraum wird das Kalenderjahr angesehen.

$$\text{Schulungsquote} = \frac{\text{Anzahl der Mitarbeiter, die eine Recyclingschulung absolvieren}}{\text{Anzahl der Mitarbeiter}}$$

Das Ziel soll eine 100 prozentige Schulungsquote sein (=1). Das heißt, dass jährlich jeder Mitarbeiter bezüglich Recycling geschult worden ist und aktiv zur ökologischen Effizienzsteigerung beitragen kann.

Kooperationen

Kooperationen haben positive Auswirkungen auf den langfristigen Unternehmenserfolg (vgl. Koschatzky 2012). Sie eröffnen neue Marktchancen und sind eine wichtige Plattform des Wissenstransfers zwischen Mitarbeitern. Ebenso können sie Prozesse rationalisieren, Synergien nutzbar machen, Ressourcen bündeln und Risiken verteilen sowie mindern. Hinsichtlich der ressourceneffizienten Produktentwicklung und Herstellung sind einzelne Unternehmer aufgrund mangelnder Kompetenz überfordert. Vielfach wird deshalb eine zwischenbetriebliche Zusammenarbeit anvisiert. Die Bereiche Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Produktion und Entsorgung weisen eine hohe Kooperationsquote auf. Rund 35 Prozent der Unternehmen arbeitet im Bereich der Entsorgung mit Partnern zusammen. Ökologische Ziele, Produktverantwortung sowie dynamischer Produktentstehungsprozess sind Treiber dieser Entwicklung (vgl. Baum und Albrecht 2007). Kooperationen spielen auch bei den Praxispartnern eine bedeutende Rolle und sind als Instrument zur Bewältigung zukünftiger Probleme eingesetzt. Zudem trägt die Zusammenarbeit mit Kunden, Lieferanten und Dienstleistern zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit von Unternehmen bei. Der Erfolg von betrieblicher Zusammenarbeit hängt maßgeblich von den Mitarbeitern ab (vgl. Luczak und Killich 2003). So können sich Mitarbeiter aktiv mit aktuellen und zukünftigen Problemen im Recycling auseinandersetzen. Es gestaltet sich jedoch schwierig einen geeigneten Indikator für diesen Bereich zu finden. Zwar finden sich einige Kennzahlen, aber die Messung des Erfolgs ist nur schwer realisierbar (vgl. Luczak und Killich 2003). Aus diesem Grund wird eine qualitative Abfrage vorgezogen. Anhand der Intensität der Kooperationen wird festgestellt, dass den Unternehmen Erfahrungen bei ökologisch motivierten Partnerschaften fehlen und die Zusammenarbeit bei der Entsorgung

vor allem auf Erfahrungsaustausch und Abstimmung basiert (vgl. Baum und Albrecht 2007). Nur 23 Prozent der Unternehmen arbeiten an einer gemeinsamen Optimierungsstrategie bei der Entsorgung, was ein wesentliches Potenzial zur Steigerung der Ressourceneffizienz bedeutet (vgl. Baum und Albrecht 2007). Je intensiver in der Kooperation gearbeitet wird, desto höher fällt der Innovationserfolg aus (vgl. Holz et al. 2016). Deshalb soll die qualitative Kennzahl die Intensität der Kooperation erfassen und somit einen Aufschluss über die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens im Recycling geben. Zur Bewertung, wurden fünf Antwortmöglichkeiten mit aufsteigender Wertigkeit ausgewählt. Es wird angenommen, dass das Personal durch eine intensivere Zusammenarbeit mit Dritten effizienter Recyclingprobleme beherrschen und lösen kann.

Punkte	Beschreibung	Beispiel
0	Keine Kooperation	Recycling wird intern, ohne Unterstützung durch Dritte, gelöst
0,25	Erfahrungsaustausch	Forschungsprojekt, Benchmarks, Tagungen
0,50	Abstimmung	Workshops oder Projekte mit Kunden und Lieferanten
0,75	Gemeinsame Optimierung	Klare Aufgabenzuteilung und Ziele
1	Gemeinschaftsunternehmen	Recyclingunternehmen oder Zulieferer sind mit KMU vereint

Abbildung 4-36: Antworten zur Kennzahl Kooperation

Das Kennzahlensystem im Überblick

Recyclingspezifische Eigenschaften sind der Grund für eine leichte Anpassung der ursprünglichen Kennzahlenmatrix.

So wurden die anfänglich getrennt betrachteten Ressourcen Energie und Material zusammengefasst. Ursächlich hierfür waren der geringe Anteil der energetischen Verwertung sowie die aufwändige Erfassung der Energieströme im Recycling für die KMU. Wegen des erhöhten Interesses an Produktions- sowie Produktrecycling der Praxispartner wurde bei der Ressource Energie beziehungsweise Material eine Unterteilung in die zwei Kreislaufarten vorgenommen. Somit ist es möglich die Ressourceneffizienz des hergestellten Produkts und des Produktionsprozesses zu erfassen. Die einzelnen Kennzahlen wurden optimiert, wobei 1 als maximal erreichbares Ergebnis definiert wurde und folgerichtig die höchste Effizienzstufe darstellt. Diese Eigenschaft ermöglicht zwei Betrachtungsweisen. Zum einen kann, wie in der Abbildung 4-37 dargestellt, die ökonomische, ökologische und soziale Ressourceneffizienz gesondert erfasst werden.

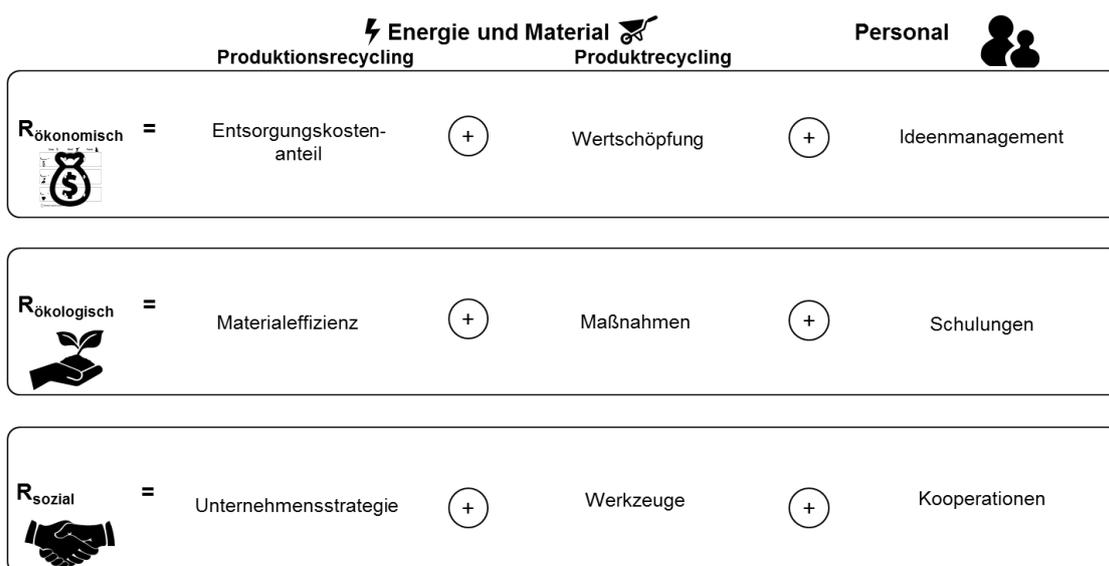


Abbildung 4-37: Kennzahlensystem der Recyclingphase

Zur Bewertung der ökonomischen Ressourceneffizienz in der Recyclingphase ist eine Addition der horizontal gelegenen Kennzahlen Entsorgungskostenanteil, Wertschöpfung und Ideenmanagement durchzuführen. Zum anderen ist auch die Möglichkeit gegeben, die Ressourcen beziehungsweise die Kreislaufart eigenständig zu beurteilen. Hierzu ist eine vertikale Auslegung der Addition vonnöten. Bei der Bewertung des Produktrecyclings sind die Kennzahlen Wertschöpfung, Maßnahmen und Werkzeuge zu addieren.

4.5 Kombination der gewichteten Kennzahlen zum Ressourceneffizienzindex

Insgesamt ergeben sich aus den im vorhergehenden Text dargelegten Kennzahlen 36 Kennzahlen. Diese können insgesamt zu einem Ressourceneffizienzindex zusammengefasst werden. Dazu werden diese zunächst zu einer Kennzahl pro Ressource zusammengefasst. Dabei werden die Einzelkennzahlen jeder Ressource pro Phase im Lebenszyklus entsprechend addiert und dann durch die zugehörige Anzahl geteilt. Damit ergibt sich für jede Ressource pro Phase im Produktlebenszyklus eine Kennzahl. Insgesamt sind dies 12 Kennzahlen. Im Anschluss wird die Ressourcenkennzahl pro Phase jeweils über die Einzelphasen hinweg addiert und durch die Anzahl der Phasen geteilt. Damit ergibt sich eine Ressourcenkennzahl über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg. Insgesamt also drei Kennzahlen. Die drei verbleibenden Kennzahlen werden ebenfalls noch einmal addiert und dann gedrittelt. Die verbleibende Kennzahl ist dann der Ressourceneffizienzindex des Unternehmens.

		Energie	Material	Personal
Entwicklung und Herstellung	Ökonomie	Energiekostenkennzahl	Materialquote	Human Capital Value Added (HCVA)
	Ökologie	Anteil erneuerbare Energien	Anteil grüne Materialien	Personalökonomie
	Soziales	Energieeffizienzmanagement	Materialeffizienzmanagement	Personaleffizienzmanagement
Nutzungsphase (Service)	Ökonomie	Energiekostenkennzahl	Materialkostenkennzahl	Personalkostenkennzahl
	Ökologie	Carbon Footprintanteil	Anteil Austausch-teile	Betriebliches Vorschlagswesen
	Soziales	Prozessmanagement	Ersatzteilmanagement	Personalmanagementeffizienz
Nutzungsphase (Produkt)	Ökonomie	Kundenzufriedenheit (Energie)	Kundenzufriedenheit (Material)	Personalaufwand
	Ökologie	Umsatzanteil energieeffizienter Produkte	Anteil langlebige Produkte	Anteil Umwelt-nutzungsinfos
	Soziales	Zukunftsfähigkeit	Nachhaltigkeitsstreben	Erlöszielende Serviceangebote
		Produktionsrecycling	Produktrecycling	Personal
Recycling	Ökonomie	Entsorgungskostenanteil	Recycling Wertschöpfung	Ideenmanagement
	Ökologie	Materialeffizienz	Maßnahmen	Schulungen
	Soziales	Unternehmensstrategie	Produktentwicklungsmethoden	Unternehmenskooperationen

Abbildung 4-38: Modell zur Ressourceneffizienzbewertung

5 Handlungsfelder

5.1 Handlungsfelder für produzierende Unternehmen

Energieeffizienz

Ein großer Teil der technologischen Handlungsempfehlungen bezieht sich auf den Bereich Wärme. Besonders eine effiziente Nutzung von Abwärme bietet Möglichkeiten die Energieeffizienz zu steigern. Innerbetrieblich kann Abwärme zum Beispiel durch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zu Heizzwecken oder zur Stromerzeugung effizient genutzt werden (vgl. Wosnitza und Hilgers 2012). Auch die Speicherung von Wärmespitzen in Latentwärmespeichern hilft dabei, Abwärme effizient zu nutzen (vgl. Berger 2005). Mittels Wärmeübertrager kann Abwärme außerdem direkt an andere Arbeitsmedien weitergegeben werden (vgl. Blesl und Kessler 2013; Grahl et al. 2015). Zudem kann eine außerbetriebliche Nutzung von Abwärme durch den Anschluss an ein bestehendes Fernwärmenetz realisiert werden (vgl. Blesl und Kessler 2013). Um Nutzwärme möglichst verlustarm zu erzeugen bieten sich nach Wosnitza et al. solarthermische Warmwasserheizungsanlagen, Holzpellettheizungen, Wärmepumpen und Brennwertkessel an (vgl. Wosnitza und Hilgers 2012). Auch hier kann der Anschluss an ein Fernwärmenetz genutzt werden, um die Nutzwärme nicht nur selbst zu erzeugen, sondern auch extern zu beziehen. Da sich Prozesswärme von Branche zu Branche sehr unterschiedlich darstellt und Potentiale zur energieeffizienten Nutzung vor allem in sehr spezifischer Fachliteratur zu einzelnen Branchen beleuchtet werden, werden hier nur zwei relativ allgemeine Ansätze betrachtet. Sowohl regelbare Brenner als auch eine Mehrkesselregelung können den Energieeinsatz für Prozesswärme möglichst wirtschaftlich gestalten (vgl. Grahl et al. 2015). Für alle Unternehmen relevant

ist dagegen die Wärmedämmung. Hier lässt sich die Energieeffizienz sowohl durch Dämmung der Anlagen, als auch durch Dämmung von Gebäuden steigern (vgl. Grahl et al. 2015; Geiger et al. 2013). Der Bereich Druckluft betrifft zwar nicht alle KMUs, wird aber auf Grund hoher Einsparpotentiale dennoch betrachtet. An Druckluftkompressoren kann beispielsweise die bereits erwähnte Abwärmenutzung angewandt werden (vgl. Müller et al. 2009; Brischke 2010). Um Druckluftanwendungen effizienter zu betreiben, ist zudem eine Anpassung des Druckniveaus an den tatsächlich erforderlichen Wert und die richtige Dimensionierung des Kompressors möglich (vgl. Müller et al. 2009; Blesl und Kessler 2013; Grahl et al. 2015). Ein häufiges Problem von Druckluftanlagen sind Leckagen. Eine effektive Maßnahme, um die Ineffizienzen durch Leckagen zu beseitigen, ist die regelmäßige Überprüfung der Leckage-Rate. Diese sollte bis auf einen Wert von etwa 10 Prozent reduziert werden, da der Aufwand zur Reduzierung weiterer Leckagen ab diesem Wert meistens unverhältnismäßig hoch wird. Lokalisiert werden können Leckagen beispielsweise akustisch, mit Hilfe von Seifenlauge oder durch Ultraschalldetektoren (vgl. Müller et al. 2009; Hesselbach 2012; Heyde 2012; Blesl und Kessler 2013). Wenn die Energieeffizienz der Druckluftanwendungen auch nach Durchführung der genannten Maßnahmen noch gesteigert werden soll, bleibt die Substitution der Druckluftanwendungen durch Elektrowerkzeuge, da der Wirkungsgrad von Druckluftanwendungen insgesamt sehr gering ist (vgl. Blesl und Kessler 2013). Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Energieeffizienz (in Herstellung und Entwicklung) durch technologische Maßnahmen bieten Elektromotoren. Keilriemen sollten durch Direktantriebe ersetzt werden, da diese verlustfrei und somit effizienter arbeiten (vgl. Kulterer und Energieagentur 2017). Bei der Anschaffung neuer Elektromotoren sollte darauf geachtet werden, dass diese über

einen Frequenzumrichter verfügen, der die Drehzahl immer an den tatsächlichen Bedarf anpasst (vgl. Hesselbach 2012). Da die Stromkosten den Großteil der Lebenszykluskosten von Elektromotoren ausmachen und die Effizienz bei neuen Modellen stetig weiter verbessert wird, lohnt es sich unter Umständen auch, alte, ineffiziente Elektromotoren durch neue, effizientere auszutauschen (vgl. Volz). Deutlich aufwändiger und nur unter gewissen Umständen geeignet ist die Umsetzung von Bremsenergierückgewinnung, bei der während des Bremsvorgangs der durch den Elektromotor angetriebenen Anlage, die kinetische Energie der Anfahrphase aufgenommen wird. Kühlung wird in der Literatur im Vergleich zum Bereich Wärme seltener behandelt. Deshalb sind hier nur drei Methoden beleuchtet, die Alternativen zu herkömmlichen Kompressionskältemaschinen darstellen. Sowohl Absorptions- als auch Adsorptionskältemaschinen bieten sehr energieeffiziente Möglichkeiten zur Kälteerzeugung, da sie Abwärme als Antriebsenergie nutzen. Da die Effizienz allerdings stark vom vorhandenen Abwärmestrom und der gewünschten Kühltemperatur abhängt, sollte vor einer Anschaffung eine ausführliche Wirtschaftlichkeitsrechnung erfolgen (vgl. BMWi 2010; Blesl und Kessler 2013). Wenn es die geografische Lage erlaubt, ist eine Kühlung von Produktionsprozessen auch durch Fluss- oder Grundwasser möglich (vgl. Hensler et al. 2009). Im Bereich Beleuchtung sind Potentiale zur Steigerung der Energieeffizienz sowohl aus technologischer, als auch aus organisatorischer Sicht vorhanden. Rein technologisch gesehen kann der Energieverbrauch von Gasentladungs- und Leuchtstofflampen verringert werden, indem man konventionelle Vorschaltgeräte durch induktive Vorschaltgeräte ersetzt (vgl. Blesl und Kessler 2013). Deutliche Einsparungen lassen sich auch durch die Wahl des Leuchtmittels realisieren. Besonders LED-Lampen ste-

chen sowohl durch eine hohe Lichtausbeute als auch durch lange Lebensdauer hervor. Weitere Maßnahmen im Bereich Beleuchtung fallen in die Kategorie organisatorisch und technologisch. Indem man Leuchtmittel tiefer anbringt und Reflektoren zur Lenkung des Lichts nutzt, kann man schwächere und weniger Leuchtmittel einsetzen und damit den Energieverbrauch verringern (vgl. Buschmann 2010). Die Implementierung eines Lichtmanagements ist als ganzheitlicher Ansatz zur präzisen Anpassung der Beleuchtung an den Bedarf des Nutzers zu verstehen. Darunter fallen zum Beispiel die Dimmbarkeit des Lichts, Tageslichtausnutzung und programmierbare Beleuchtungszeiten (vgl. Blesl und Kessler 2013). Falls in der Herstellung und Entwicklung Pumpen im Einsatz sind, kann die Energieeffizienz häufig mit Hilfe von Regelungstechnik und der richtigen Auslegung der Komponenten des Pumpensystems untereinander gesteigert werden (vgl. Blesl und Kessler 2013; Gülich 2014; Bauernhansl 2014).

Ventilatoren ermöglichen den Energieverbrauch stark zu reduzieren, da der Wirkungsgrad besonders im Teillastbetrieb stark von der Auswahl des Motors abhängt. Standard Asynchronmotoren sollten durch elektronisch kommutierte Motoren ersetzt werden, da deren Wirkungsgrad deutlich günstiger ist (vgl. Blesl und Kessler 2013). Eine relativ allgemeine, aber in der Literatur häufig vorkommende Empfehlung aus dem Prozessmanagement ist das Zusammenfassen von Fertigungsprozessen um auf diese Weise das Bearbeitungsvolumen und dadurch auch den Energieverbrauch zu minimieren (vgl. Thiel und Mette 2014; VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Eine weitere Maßnahme aus dem Prozessmanagement, welche sowohl organisatorische als auch technologische Anforderungen stellt, ist die Anwendung von Konzepten der Industrie 4.0. Durch das Digitalisieren von Produktionsprozessen kann die Transparenz im Produktionsprozess

verbessert werden, was wiederum Implikationen für Ressourceneffizienzoptimierungen liefert (vgl. Kagermann et al. 2013). Bei den rein organisatorischen Maßnahmen fallen die meisten unter den Bereich Energiemanagement. Die einfachste Maßnahme ist das Energieliefer- oder Einspar-Contracting nach DIN 8930-5. Dabei wird das Aufgabenfeld Energiebereitstellung an einen Dritten übertragen. Es kann angenommen werden, dass diese spezialisierten Energiedienstleistungsunternehmen intrinsisch an einer hohen Effizienz interessiert sind. Zudem werden hohe Investitionskosten und das Risiko einer Fehlinvestition vermieden (vgl. DIN 8930-5). Die Implementierung von Kaizen, einem Aspekt aus dem japanischen Qualitätsmanagement in die Unternehmensphilosophie kann langfristig auch die Energieeffizienz steigern, da Mitarbeiter hinsichtlich Verschwendung sensibilisiert werden (vgl. Dickmann 2008). Ein weiterer langfristiger Ansatz ist der Aufbau eines umfassenden Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001, DIN EN 16247-1 und VDI 4602. Dabei werden Zielvorgaben nach einem Plan-Do-Check-Act Zyklus umgesetzt, regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst. Durch die regelmäßigen Energieaudits nach DIN EN 16247-1 wird zudem die Grundlage für die Auswahl von Methoden zur Steigerung der Energieeffizienz und Transparenz über die Energieverbräuche geschaffen (vgl. Mattes et al. 2015; Schellong 2016). Ein ähnlich umfassender Ansatz mit dem Fokus auf einer 100 prozentigen Anlagenverfügbarkeit ist die Etablierung eines Total Productive Managements. Besonders relevant für die Energieeffizienz ist dabei die Visualisierung von Verlusten und Verschwendung (vgl. Dickmann 2008). Durch die Bildung von Umweltteams mit Mitarbeitern aus unterschiedlichen Arbeitsbereichen im Unternehmen kann das Detailwissen im Unternehmen gebündelt und als Grundlage für Projekte

zur Steigerung der Ressourceneffizienz mit dem Fokus auf Umweltthemen verwendet werden (vgl. Fresner et al. 2014). Eine stärkere Ausrichtung auf die konkreten Produktionsprozesse und deshalb als organisatorisch und technologisch kategorisiert ist das Konzept Cleaner Production. Die Nutzung aller Ressourcen soll durch konsequente Ursachenforschung der Entstehung von Abfall optimiert werden (vgl. Fresner et al. 2014). Den zweitgrößten Bereich der organisatorischen Maßnahmen bilden Analysen. Verglichen mit dem Bereich Energiemanagement werden hier Maßnahmen betrachtet, die deutlich einfacher durchgeführt werden können. Für einen ersten Überblick und als Anhaltspunkt für weitere Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bietet sich die Nutzung des Ressourcencheck-Tools der Vereinigung Deutscher Ingenieure – Zentrum Ressourceneffizienz an. Um einen Vergleich zu konkurrierenden Unternehmen zu erhalten, wird das Energieeffizienz-Benchmarking nach DIN EN 16231:2012-11 empfohlen. Neben Anhaltspunkten zur Verbesserung der Energieeffizienz in den eigenen Prozessen kann auch die Technologie des Klassenbesten identifiziert werden (vgl. Kamiske 2015). Eine ausführliche Darstellung sämtlicher Energieströme im Unternehmen kann eine Stoffstromanalyse liefern. Die Ergebnisse dienen dazu, Rationalisierungspotentiale aufzudecken. Als Ergänzung empfiehlt sich eine Analyse des Verhältnisses von Input zu damit generierten Output (vgl. Messner et al. 2005; Fresner et al. 2014). Der Bereich Förderprogramme umfasst speziell für KMUs ausgelegte Förderprogramme des Staates. Die Programme verfolgen jeweils unterschiedliche Zwecke und haben meistens eine bestimmte Laufzeit. Deshalb ist es ratsam, sich regelmäßig über aktuell laufende Förderprogramme zu informieren. Beispielsweise werden durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle Energieberatungen im

Rahmen des Förderprogramms Energieberatung im Mittelstand bezuschusst. Auch der Aufbau eines Energiemanagementsystems kann gefördert werden. Einen Überblick einiger Förderprogramme verschafft die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Auch unternehmensinterne Forschungsprojekte zur Steigerung der Ressourceneffizienz können durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert werden. Im Bereich IT-Hardware hängt das Potential zur Steigerung der Energieeffizienz stark von der Branche ab. Deshalb werden vor allem Handlungsempfehlungen mit möglichst geringem Investitionsaufwand betrachtet, damit auch Unternehmen mit wenig IT-Hardware davon profitieren können. Wichtig ist die richtige Dimensionierung der Server und Festplatten an den tatsächlichen Bedarf. Insbesondere vor Neuananschaffungen sollte der Kapazitätsbedarf ermittelt werden (vgl. Blesl und Kessler 2013). Ferner lässt sich der Energieverbrauch reduzieren, indem die Mitarbeiter bezüglich energieeffizienten Nutzverhaltens sensibilisiert werden. Auch der Austausch von Desktop PCs durch Notebooks hat meistens geringere Energiekosten zur Folge, da Letztere für einen verbrauchsarmen Betrieb ausgelegt sind (vgl. Barckhausen et al. 2015). Zuletzt bietet auch die Optimierung des Kühlmanagements von Serveranlagen eine Möglichkeit, den Energieverbrauch zu senken. Ein Ansatz ist zum Beispiel die bedarfsgerechte Regelung des Luftstroms mittels drehzahl geregelter Ventilatoren in Verbindung mit einer darauf abgestimmten Aufstellung der Rackreihen. Netzwerke zum Erfahrungsaustausch können auf der Suche nach effizienten Lösungen helfen. Diese werden sowohl vom Staat als auch von Unternehmen angeboten. Die von der Bundesregierung zusammen mit Verbänden und Organisationen der Wirtschaft initiierte Initiative Energieeffizienz-Netzwerke hat zum Ziel, bis Ende 2020

bis zu 500 neue Energieeffizienz-Netzwerke zum Erfahrungsaustausch aufzubauen und damit bis zu 75 PJ Primärenergie einzusparen (vgl. BMWi 2014). Ähnliche Ziele verfolgen die von der LEEN GmbH angebotenen lernenden Energieeffizienznetzwerke (vgl. Jochem et al. 2013). Zuletzt ist die Etablierung von Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung zu nennen. Durch das so genannte Virtual Prototyping kann das Risiko von unerfüllten Erwartungen nach der Fertigstellung und der daraus resultierenden Wiederholung von Entwicklungsschritten minimiert werden (vgl. Lorenz et al. 2012; Eberspächer et al. 2014; Witt 2014; Hakuli und Krug 2015). Da die Lebenszyklusphase Herstellung und Entwicklung grundsätzlich auch die folgenden Phasen hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs stark beeinflusst, ist das Potential zur Optimierung hier besonders hoch und es sollten möglichst viele Möglichkeiten für einen effizienten Ressourceneinsatz ausgeschöpft werden (vgl. Walther 2010; Lorenz et al. 2012). Sowohl aus technologischer als auch aus organisatorischer Sicht gibt es eine Vielzahl an Bereichen in denen die Energieeffizienz gesteigert werden kann. Vor allem die Bereiche Wärme und Energiemanagement sind hervorzuheben. Im Handlungsfeld Wärme gibt es unterschiedlichste Möglichkeiten den Nutzungsgrad zu steigern. Energiemanagementsysteme sind beispielsweise eine umfassende Maßnahme mit langfristiger Auslegung. In Verbindung mit der Teilnahme an Netzwerken und Förderprogrammen zum Erfahrungsaustausch und um Zugang zu externer Beratung zu erhalten, bietet ein Energiemanagementsystem auch die Chance, individuell auf das jeweilige Unternehmen zugeschnittene Maßnahmen zu identifizieren. Es haben 68 Prozent der Handlungsempfehlungen einen positiven nachhaltigen ökonomischen Einfluss. Die 32 Prozent ohne positiven Einfluss aus ökonomischer Sicht erklären sich zum Teil aus den oftmals hohen Investitionskosten für technologische

Maßnahmen. Beispielsweise sind Wärmepumpen in der Anschaffung so teuer, dass ein wirtschaftlicher Betrieb nur unter bestimmten Rahmenbedingungen möglich ist. Deshalb ist kein allgemein gültiger, positiver Bezug zur ökonomischen Nachhaltigkeit möglich.

Des Weiteren sind einige Handlungsempfehlungen nur ein erster Ansatz, um konkrete Maßnahmen zu identifizieren, so dass sie nur dem sozialen Aspekt der Nachhaltigkeit zugeordnet werden können. 12 Prozent der Handlungsempfehlungen wurden aus ökologischer Sicht nicht als Nachhaltig bewertet. Dies war zum Beispiel der Fall, wenn negative Auswirkungen für die Umwelt nicht auszuschließen sind. Ein konkretes Beispiel ist die Nutzung von Fluss- oder Grundwasser zu Kühlzwecken. Hierbei müssen auch die Folgen für die Umwelt durch die Wassererwärmung in Betracht gezogen werden um insgesamt ein Urteil über die ökologische Nachhaltigkeit treffen zu können. Soziale Nachhaltigkeit betrifft mit 91 Prozent die meisten Maßnahmen. Nur in Einzelfällen wie der Dimensionierung der Server und Festplatten steht der verringerte Energieverbrauch in Konflikt mit einer auf Wachstum ausgelegten Zukunftsorientierung. Ein Puffer für den Fall von steigendem Bedarf in der Zukunft wäre aus Sicht der sozialen Nachhaltigkeit sinnvoller.

Materialeffizienz

Da die Produktionsprozesse der Materialverarbeitung in der Herstellung sehr stark von der Branche des Unternehmens abhängen und hier Handlungsempfehlungen betrachtet werden, die von möglichst vielen KMUs angewendet werden können, sind in diesem Forschungsprojekt keine Maßnahmen der Kategorie technologisch aufgenommen. Trotzdem wird darauf hingewiesen, dass sich aus der Literatur viele Handlungsempfehlungen für spezifische Verarbeitungsprozesse ableiten lassen. In der Kategorie der organisatorischen Handlungsempfehlungen fallen die meisten auf den Bereich Materialmanagement.

Dazu zählen allgemein gültige Maßnahmen wie die Anpassung der Rohteilabmessungen an das spätere Fertigungsmaß um das Zerspan- und Abfallvolumen zu minimieren oder die Nutzung von Sekundärrohstoffbörsen, um die Entsorgungskosten zu reduzieren (vgl. Steinhilper und Schneider 1996). Auch eine Reduzierung der Werkstoffvielfalt kann die Materialeffizienz steigern, da sie einen größeren und einheitlichen Materialstrom sicherstellt (vgl. Kahmeyer und Rupprecht 1996). Um das Ausfallrisiko zu bewerten und Optimierungsmaßnahmen zu identifizieren bietet sich eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse an. Neben den im Bereich Energieeffizienz für Herstellung und Entwicklung zu erwähnenden Handlungsempfehlungen Kaizen anwenden, Total Productive Management, Bilden eines Umweltteams und Cleaner Production, welche für die Steigerung der Materialeffizienz relevant sind, stellt auch die Six Sigma Methode eine Möglichkeit dar den Fehleranteil in der Produktion zu minimieren. Einige Handlungsempfehlungen aus dem Bereich Materialmanagement implizieren auch technologische Maßnahmen und sind deshalb der Kategorie organisatorisch und technologisch zugeordnet. Dazu zählt der Ansatz von Poka Yoke, dem Verhindern von unbeabsichtigten Fehlern durch einfache Vorrichtungen (vgl. Dickmann 2008). Die Materialeffizienz umfasst auch den Verbrauch an Produktionsmitteln. Deren Lebensdauer kann oftmals verlängert werden, wenn verschlissene Werkzeuge durch Aufarbeitung wieder einsatzfähig gemacht werden. Zudem führt das Bewahren einer hohen Sortenreinheit bei kreislauffähigen Werkstoffen dazu, dass diese mehrmals den Produktionsprozess durchlaufen können (vgl. Steinhilper und Schneider 1996). Der Bereich Analysen umfasst die drei Analyseverfahren Ressourcenchecks, Stoffstromanalyse und Input-Output-Analyse, da diese auch für die Materialeffizienz in der Herstellung und Entwicklung relevant sind. Durch die Teilnahme an Netzwerken

wie dem Netzwerk Ressourceneffizienz oder dem PIUS-Netzwerk-Deutschland können durch den Erfahrungsaustausch mit anderen Unternehmen Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz gefunden werden. Auch das Innovationsradar und die Gute-Praxis-Beispiele des Zentrum Ressourceneffizienz bieten Möglichkeiten sich über neue Technologien zu informieren. In der Kategorie organisatorisch und technologisch gibt es neben den bereits erwähnten Maßnahmen aus dem Materialmanagement auch Handlungsempfehlungen die dem Bereich Prozessmanagement zuzuordnen sind. Darunter fällt das Zusammenfassen von unterschiedlichen Fertigungsschritten um den Material- und Werkzeugverschleiß zu minimieren (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1; Thiel und Mette 2014). Auch der Einsatz einer Steuerungs- und Regelungstechnik bietet sich in manchen Produktionsprozessen an, um den Verbrauch der Produktionsmittel zu reduzieren.

In der Literatur finden sich zahlreiche Methoden zur Steigerung der Materialeffizienz in der Herstellung und Entwicklung. Da diese jedoch oft sehr speziell auf bestimmte Produktionsverfahren abgestimmt sind, werden sie in diesem Forschungsprojekt nicht betrachtet. Besonders hervorzuheben ist die Vermeidung von Fehlern. Verschiedene Maßnahmen aus dem Bereich Materialmanagement, wie die Six Sigma Methode oder Poka Yoke bieten umfassende Ansätze, um die Fehlerquote und die damit verbundenen Ineffizienzen zu minimieren. Einen positiven Bezug auf die ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit weist etwa die Hälfte aller Handlungsempfehlungen der Materialeffizienz auf. Das liegt vor allem daran, dass diese Maßnahmen grundsätzliche Konzepte darstellen, die oft erst nach langfristiger Etablierung im Unternehmen oder in weiterführenden Schritten Ergebnisse erzielen.

Personaleffizienz

Maßnahmen zur Steigerung der Personaleffizienz fallen überwiegend in die Kategorie organisatorisch. Ein Großteil der organisatorischen Handlungsempfehlungen ist im Bereich Personalmanagement zusammengefasst. Das Einführen von regelmäßigen Feedback-Gesprächen steigert die Personaleffizienz indem es zu einem besseren Betriebsklima und einer höheren Motivation der Mitarbeiter beiträgt. Das Betriebsklima kann durch Mitarbeiterbefragungen in anonymen Umfragen oder Einzelgesprächen gemessen werden. Aus den Ergebnissen können nötige Veränderungen abgeleitet werden. Eine weitere sehr umfassende Maßnahme zur Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit ist der Aufbau eines Ideenmanagements im Unternehmen. Durch ein integriertes Controlling der Effektivität und der Nachhaltigkeit von neuen Ideen können Mitarbeiter ihre aktive Mitgestaltung transparent nachvollziehen (vgl. Kaschny et al. 2015). Zur Vermeidung von Problemen in der internen Kommunikation und den daraus folgenden Ineffizienzen, hilft es Unternehmenswerte klar ausformuliert in die Unternehmenskultur zu etablieren. Ein weiterer Teilaspekt aus dem Personalmanagement, welcher zur Steigerung der Personaleffizienz beiträgt, ist die Rekrutierung von passenden und hochqualifizierten Fachkräften. Hierfür empfiehlt sich sowohl die aktive Online-Rekrutierung in Form von Stellenanzeigen auf Webseiten und der Suche nach Bewerbern in Karrierenetzwerken als auch die Kommunikation der Arbeitgebermarke durch Employer Branding (vgl. Weitzel et al. 2015). Dies umfasst den Aufbau einer starken Arbeitgebermarke zum Beispiel über Social-Media-Kanäle oder auf Messen um das Unternehmen bekannter zu machen und ein positives Image bei hochqualifizierten Fachkräften zu erzeugen (vgl. Stracke et al. 2016; Blazek et al. 2015). Vor allem die typischen Vorteile von

KMUs gegenüber großen Unternehmen bieten sich an. Sehr viele unterschiedliche Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung des Personals bietet die Gestaltung der Arbeitszeitmodelle (vgl. Wildemann 1995). Stippler et al. beschreiben Gleitzeitmodelle, Home-Office, Arbeitszeitkonten, Vertrauensarbeitszeit, Teilzeit und Job Sharing als Methoden um die Motivation der Mitarbeiter durch eine bessere Work-Life-Balance zu steigern (vgl. Stippler 2007). Auch ein systematischer Wechsel der Tätigkeiten zwischen den Mitarbeitern im Unternehmen kann zu einem Kompetenzausbau und einer höheren Flexibilität führen (vgl. Bröckermann und Müller-Vorbrüggen 2006; Bhattacharyya 2012; Fölsing et al. 2014; Schlick et al. 2014). Durch externes oder internes Outsourcing können einzelne Kompetenzbereiche an eine spezialisierte Einheit übergeben werden. Dadurch wird der Grad der Arbeitsteilung intensiviert und das Kostenbewusstsein geschärft. Typische Outsourcing Bereiche sind das Facility Management, IT-Dienstleistungen, Lohn- und Finanzbuchhaltung sowie das Human Resource Management. Zuletzt sind noch die im Bereich Energieeffizienz in Herstellung und Entwicklung genannten Maßnahmen Total Productive Management und Kaizen in der Unternehmensphilosophie implementieren zu nennen, da die Minimierung von Verschwendungen auch das Verhalten der Mitarbeiter einbezieht (vgl. Wildemann 2015).

Einen weiteren Bereich zur Steigerung der Personaleffizienz in der Kategorie organisatorisch bildet die Mitarbeiterförderung. Hierzu gehört selbstgesteuertes Lernen mit Hilfe von Fachzeitschriften, Fachvorträge und Messen, selbstgesteuertes e-Learning, Anpassungsfortbildungen, berufsbegleitendes Studieren sowie Aufstiegsfortbildungen als Maßnahmen, um Mitarbeiter weiterzubilden. Spezielle Schulungen zur Verbesserung der Soft-Skills, wie gute Rhetorik, Kommunikationsfähigkeit und Einfühlungsvermögen bieten sich ebenfalls an

(vgl. Mahnel 2013). Weiterbildungsmaßnahmen auch speziell für ältere Mitarbeiter sollten im Unternehmen etabliert werden, damit deren Produktivität erhalten werden kann (vgl. Bruch et al. 2009). Ebenfalls in den Bereich Mitarbeiterförderung aber in die Kategorie organisatorisch und technologisch fällt der Einsatz von technischen Assistenzsystemen, um Mitarbeiter, die hohen physischen Belastungen ausgesetzt sind, zu entlasten und deren Produktivität zu steigern (vgl. Deuse et al. 2015). Als rein technologisch ist in der Gruppe 1-3 lediglich eine Handlungsempfehlung, die ebenfalls in den Bereich Mitarbeiterförderung fällt, kategorisiert. In die von den Mitarbeitern genutzten Ressourcen zur Ausübung ihrer Tätigkeit sollte regelmäßig investiert werden, um besonders durch neue Technologien enorme Steigerungen der Personaleffizienz zu erreichen (vgl. Wildemann 2005). Der Bereich Gesundheitsförderung umfasst insgesamt 8 organisatorische Maßnahmen und eine organisatorisch und technologische Maßnahme. Einfach anwendbare Maßnahmen sind das Bereitstellen von Infomaterial über Entspannungsübungen am Arbeitsplatz und Präventionsmaßnahmen gegen Rückenbeschwerden, sowie die Steigerung des Ernährungsbewusstseins (vgl. Sayed und Kubalski 2016). Vorbeugend wirken auch bewegungsfördernde Maßnahmen wie betriebsinterne Sportgruppen oder Kooperationen mit Sportvereinen und Fitnessstudios, Stressmanagement-Seminare und der Zugang zu einem Employee-Assistance-Programm, der stressbezogenen Beratung durch ein externes Unternehmen (vgl. Tucker et al. 1990; Schmid 2003). Eine umfassende Maßnahme, ist die Etablierung eines betrieblichen Gesundheitsmanagements, das neben Einzelmaßnahmen im Krankheitsfall vor allem auf die genannten präventiven Maßnahmen setzt. Die letzte Maßnahme aus dem Bereich Gesundheitsförderung fällt in die Kategorie organisatorisch und technologisch, da sie die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung umfasst.

Dabei sollte auf Körperhaltung, Raumklima, Geräuschpegel, Vibration, Licht und Arbeitswerkzeuge geachtet werden, um die körperliche Gesundheit der Mitarbeiter zu erhalten. Der Bereich Wissensmanagement umfasst 6 organisatorische Handlungsempfehlungen. Diese stellen Möglichkeiten dar, das Wissen im Unternehmen zu bewahren und leicht zugänglich zu machen. Dazu zählen das Ermöglichen und das Etablieren von Debriefings, Expertenverzeichnisse, unternehmensinterne Wikis, Erfahrungsdialoge und Mentorenprogramme zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern (vgl. Ulich und Wiese 2011). Neben der beschriebenen Analyse Ressourcenchecks bietet sich für die Steigerung der Personaleffizienz auch ein Demographie-Check und das Erstellen einer Kompetenzmatrix an. Ersterer wird zum Beispiel von der Demographie Netzwerke e.V. oder der IHK Bayern angeboten. Letzteres dokumentiert die Kompetenzen der Mitarbeiter und kann mit den betrieblichen Anforderungen abgeglichen werden um den Bedarf für Weiterbildungsmaßnahmen zu ermitteln. Das genannte Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie sowie die ebenfalls bereits erläuterte Maßnahme der Simulationen in frühen Stadien der Entwicklung können auch zur Steigerung der Personaleffizienz dienen. In der Kategorie organisatorisch und technologisch findet neben den genannten Maßnahmen aus der Gesundheits- und Mitarbeiterförderung auch der Bereich Prozessmanagement Platz. Dazu zählt die Digitalisierung von Produktionsprozessen durch Industrie 4.0, da dadurch auch die Produktivität der Mitarbeiter gesteigert werden kann. Des Weiteren birgt die Aufteilung zwischen Mensch und Maschine das Potential, dahingehend optimiert zu werden, dass die Mitarbeiter möglichst nur noch Aufgaben mit geistigem Anspruch erledigen und die Maschinen vor allem repetitive, gefährliche und monotone Arbeitsabläufe übernehmen (vgl. Dickmann 2008).

5.2 Handlungsfelder in der Produktnutzung

Energieeffizienz

Alle acht technologischen Maßnahmen fallen in den Bereich Produktmanagement. Zunächst sollten sehr ineffiziente Zustände von elektrischen Endverbrauchsgeräten durch technische Maßnahmen verhindert werden. Produkte, deren Einsatzzeit flexibel ist wie Wasch- oder Geschirrspülmaschinen, können durch Smart-Grid Lösungen sparsamer betrieben werden. Diese ermöglichen die Ausnutzung der niedrigen Stromtarife zu Zeiten niedriger Nachfrage. Oft führt auch eine Anzeige des aktuellen Verbrauchs am Produkt oder ein eingebauter, manueller Energiesparmodus zu einer Sensibilisierung der Nutzer gegenüber Energieverschwendung. Eine langfristige Maßnahme besteht darin, das Prinzip Ecodesign in der Herstellung zu etablieren und bereits in die Produktdesign- und Produktentwicklungsphase Umweltaspekte integriert. Die Umweltauswirkungen sollen über den gesamten Produktlebenszyklus betrachtet und mit sozialen, wirtschaftlichen, technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen abgestimmt werden. Auch eine Kaskadennutzung der Produkte, also die Weiternutzung in einem Anwendungsfeld mit geringeren Ansprüchen und anderen Nutzungsmustern kann die Energieeffizienz erhöhen, da sich der Nutzungszyklus verlängert (vgl. VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Die letzte Maßnahme aus dem Bereich Produktmanagement fällt in die Kategorie organisatorisch und technologisch und ist mit einer Umstellung des Geschäftsmodells verbunden. Statt dem Produkt selbst, kann unter Umständen auch nur der Nutzen des Produktes verkauft und in Form von Dienstleistungen angeboten werden. Ein Beispiel dafür ist das Flottenmanagement von Hilti. Der Werkzeughersteller Hilti bietet einen All-Inclusive-Service für seine Geräte an: Defekte Geräte werden ausgetauscht, ältere Geräte durch

die neueste Gerätegeneration ersetzt, Abholung und Lieferung sowie Geräteunterweisung sind dabei eingeschlossen. Dadurch ist eine effiziente Nutzung des Produktes gewährleistet, da der Hersteller das bestmögliche Know-how hat und daneben auch aus wirtschaftlicher Sicht an einer effizienten Nutzung interessiert ist (vgl. Kaerner et al. 2004; VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Aus organisatorischer Sicht sind die Bereiche Analysen, Netzwerke, Förderprogramme und Simulationen relevant für die Steigerung der Energieeffizienz in der Produktnutzungsphase. Das Virtual Prototyping aus dem Bereich Simulationen, die Netzwerke Initiative Energieeffizienz-Netzwerke und Netzwerke der LEEN GmbH aus dem Bereich Netzwerke, die Förderprogramme des Bundesamtes für Wirtschafts- und Ausfuhrkontrolle aus dem Bereich Förderprogramme sowie das Energieeffizienz-Benchmarking aus dem Bereich Analysen wurden in im Rahmen der Energieeffizienzsteigerung in Entwicklung und Herstellung bereits erläutert. Hinzu kommt das Erstellen von Umweltprofilen im Rahmen von Ökobilanzen nach DIN EN ISO 14040. Diese stellen die Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus transparent dar und können vor allem als Grundlage für die Entwicklung von energieeffizienten Produkten dienen (vgl. Hopf und Müller 2016).

Materialeffizienz

Aus technologischer Sicht spielt der Bereich Produktmanagement eine wichtige Rolle für die Steigerung der Materialeffizienz in der Produktnutzungsphase. Die Verlängerung der Produktnutzungsdauer eines Produktes kann nicht nur durch eine Kaskadennutzung, sondern auch durch das Produktdesign erreicht werden. Hierbei wird unterschieden zwischen der Zeitspanne, bis das Produkt, unabhängig von seiner Funktionsfähigkeit außer Betrieb genommen wird und der Zeitspanne bis zum Ausfall des Systems. Erstere kann zum Beispiel

durch die Wahl eines zeitlosen Designs, einen modularen Produktaufbau, Erweiterbarkeit, Aufrüstfähigkeit und updatefähige Softwarelösungen verlängert werden. Letztere wird maßgeblich von regelmäßiger Wartung und unverzüglicher Reparatur schadhafter Teile, sowie von Mindestqualitätsstandards kritischer und verschleißanfälliger Bauteile beeinflusst (vgl. Prakash et al. 2016; VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Weitere Methoden zur Verlängerung der Lebensdauer von Produkten sind der Bauteilschutz von wiederverwendbaren Teilen, der Einsatz von Nanotechnologie in der Material- und Oberflächenbehandlung zur Reduzierung des Verschleißes und die Durchführung von Lebensdauertests der einzelnen Produktkomponenten (vgl. Kahmeyer und Rupprecht 1996; Erhardt und Pastewski 2010; Prakash et al. 2016). Weiterhin erhöht die Werkstoffsubstitution in der Produktion von knappen Rohstoffen durch nachwachsende Rohstoffe die Materialeffizienz der Produktnutzung und bietet zudem mehr Unabhängigkeit von steigenden Preisen durch Verknappung (vgl. Hofacker 2016). Außerdem bieten sich auch die Maßnahmen Ecodesign, Produktnutzen statt Produkt verkaufen und Vermeidung ineffizienter Zustände durch technische Maßnahmen aus dem Bereich Produktmanagement an, um die Materialeffizienz zu steigern. Diese werden im Rahmen der Energieeffizienzsteigerung in der Produktnutzungsphase detaillierter erläutert. Des Weiteren kann auch das Erstellen von Umweltprofilen, die Teilnahme an Netzwerken wie dem Netzwerk Ressourceneffizienz oder PIUS-Netzwerk-Deutschland und Virtual Prototyping die Materialeffizienz in der Produktnutzungsphase positiv beeinflussen.

Personaleffizienz

Eine Handlungsempfehlung zur Steigerung der Personaleffizienz in der Produktnutzungsphase aus technologischer Sicht ist das Minimieren von Instandhaltungsmaßnahmen durch eine geringe Anzahl an

Inspektions- und Wartungsstellen. Die Festlegung der Wartungsintervalle sollte betriebsstunden- oder zustandsabhängig erfolgen und nicht zeitabhängig. Sollte es sich bei dem Produkt um eine größere Anlage handeln, hat die räumliche Gestaltung großen Einfluss auf die Personaleffizienz. Die Zugänglichkeit zu kritischen Wartungsstellen muss gewährleistet sein und Inspektions- und Wartungsmaßnahmen können durch Piktogramme bildlich an der Anlage veranschaulicht werden (vgl. Abele et al. 2009).

Auch in der Kategorie organisatorisch ist der Bereich Instandhaltungsmanagement vertreten. Zum einen ist die Zusammenarbeit mit dem zukünftigen Betreiber des Produktes frühzeitig und transparent zu gestalten um diesem eine hohe Personaleffizienz zu ermöglichen. Zum anderen helfen Angebote für Fernwartungen und Schulungen des Betreiberpersonals, einen personaleffizienten Betrieb zu ermöglichen (vgl. Abele et al. 2009). Produktmanagement: Wichtig für eine personaleffiziente Nutzung sind auch Bedienungsanleitungen und Informationsbroschüren. Damit kann vermieden werden, dass das Personal die Produkte falsch oder ineffizient benutzt. Dieser Punkt fällt in den Bereich Produktmanagement (vgl. Hofbauer und Rau 2011; VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1). Schon bezüglich der Energieeffizienz in der Produktnutzungsphase wurde die Handlungsempfehlung genannt, den Produktnutzen statt das Produkt zu verkaufen. Die Annahme dabei ist wieder, dass sich der Hersteller am besten mit dem Produkt auskennt und den Betrieb dementsprechend am personaleffizientesten gestalten kann.

5.3 Handlungsfelder im Service

Energieeffizienz

Die Energieeffizienz im Servicebereich ist sehr schwer allgemein zu fassen, da diese weitgehend von der individuellen Service-Strategie abhängt. Für den Fall, dass die Serviceabteilung auch in den Firmengebäuden untergebracht ist, eignen sich einige der bereits in Handlungsempfehlungsgruppe 1-1 (Energieeffizienz in der Entwicklung und Herstellung) beschriebenen technologischen Handlungsempfehlungen, wie die Abwärmenutzung zur Raumheizung oder Wärmepumpen zur Speisung des Warmwasserkreislaufs. Auch einige organisatorische Maßnahmen aus dieser Handlungsempfehlungsgruppe können die Energieeffizienz steigern, falls sich die Serviceabteilung in den Firmengebäuden befindet (vgl. Anhang). Speziell für den Servicebereich relevant sind die organisatorischen Handlungsempfehlungen Festlegen einer After Sales-Strategie, Regelmäßige Überprüfung des Service-Produkt-Portfolios, Aufbau von Service Profit Centern und Kundenzufriedenheit und Kundenbindung optimieren. Eine After Sales-Strategie dient primär dazu, den Servicebereich insgesamt zu stärken. Die Servicestrategie sollte über einen Zeitraum von ein bis drei Jahren klar definierte Ziele transparent an die Mitarbeiter vermitteln (vgl. Mahnel 2013). Hierfür bieten sich auch Ziele an, die sich auf die Energieeffizienz beziehen. Durch regelmäßige Überprüfungen, welche der angebotenen Serviceleistungen vom Kunden in welchem Maße nachgefragt werden, kann das Service-Produkt-Portfolio angepasst werden, um Ineffizienzen zu minimieren (vgl. Mahnel 2013; Stich und Gundergan 2015). Einen ähnlichen Ansatz verfolgt der Aufbau von Service Profit Centern, in denen der Periodenerfolg differenziert ausgewiesen wird. Dadurch können Schwachstellen der Leistungserbringung aufgedeckt werden (vgl. Hofbauer und

Rau 2011). Um Kunden langfristig an die eigenen Serviceleistungen zu binden und damit den Servicebereich insgesamt effizienter gestalten zu können, ist eine Maximierung der Kundenzufriedenheit anzustreben. Der Grad der Kundenzufriedenheit kann zum Beispiel durch ein Beschwerdemanagement analysiert werden (vgl. Mahnel 2013; Capgemini Consulting 2014).

Materialeffizienz

Eine Möglichkeit, den Materialverbrauch im Service zu reduzieren, ist die Einführung eines Rücknahmeprogramms. Dadurch wird dem Kunden angeboten, bereits gebrauchte Teile unter bestimmten Voraussetzungen wieder zurückzugeben und diese beispielsweise gegen neue Modelle auszutauschen. Die gebrauchten, aber noch intakten Produkte können dann wiederaufbereitet als Ersatzteile in Form von Austauschteilen eingesetzt werden (vgl. Baumbach 2004; Klug 2010). Auch in den Bereich Materialmanagement fallen die Maßnahmen Total Productive Management, Kaizen in die Unternehmensphilosophie etablieren und Festlegen einer After-Sales-Strategie. Die Effizienz der Distribution von Ersatzteilen hängt stark von der gewählten Strategie ab. Generell ist für teure, unregelmäßig nachgefragte Teile eine Postponement- und für günstige Klein- und Verschleißteile eine Speculation-Strategie zu empfehlen (vgl. Baumbach und Stampfl 2002; Hofbauer und Rau 2011; Pfohl 2016). Bei der Erzeugung der Ersatzteile liegt das Potential für Effizienzsteigerung vor allem in Synergieeffekten mit der Herstellung des Primärproduktes. Oft können die Fertigungskapazitäten aus der Herstellung auch für die Ersatzteilherstellung genutzt werden (vgl. Baumbach 2004; Hofbauer und Rau 2011). Auch speziell für die Materialeffizienz im Servicebereich relevant ist die Optimierung des Bestandsmanagements für Ersatzteile. Die Planung kann durch die Anwendung von Soft-

ware-Tools am effizientesten gestaltet werden. Diese sollten ein Auslaufkonzept für Ersatzteile unter Berücksichtigung der Garantielaufzeiten und Nachfrage umfassen (vgl. Baumbach 2004; Pfohl 2010; Hofbauer und Rau 2011). Die ebenfalls für die Materialeffizienz in der Servicephase relevanten Maßnahmen Regelmäßige Überprüfung des Service-Produkt-Portfolios, Aufbau von Service Profit Centern und Kundenzufriedenheit und Kundenbindung optimieren werden bereits hinsichtlich der Energieeffizienz in der Servicephase beschrieben.

Personaleffizienz

Zur Steigerung der Personaleffizienz in der Phase Nutzung – Service werden 54 relevante Handlungsempfehlungen identifiziert, die meisten davon in der Kategorie organisatorisch. Im sozialen Bereich fällt die Nachhaltigkeit mit 98 Prozent hoch aus, unter ökologischen Gesichtspunkten beträgt sie dagegen nur 11 Prozent. Im Bereich Prozessmanagement und Mitarbeiterförderung beziehen sich drei Maßnahmen nur auf die Handlungsempfehlung hinsichtlich Personaleffizienz im Servicebereich. Die Effizienz der Prozesse in der Auftragsabwicklung hat maßgeblichen Einfluss auf die Effizienz der Mitarbeiter. Deshalb sollten zum Beispiel die Verkürzung von Auftragsdurchlaufzeiten, die Verhinderung von Arbeitsrückständen und ein hoher Automatisierungsgrad angestrebt werden (vgl. Gleich 2014). Zudem sollte der Außendienst weitestgehend von administrativen Tätigkeiten entlastet werden, damit eine flexible, auftragsorientierte Disposition der Außendienstmitarbeiter ermöglicht werden kann. Ein weiteres Potential zur Auslastungsoptimierung bietet die Routen- und Einsatzplanung. Zur Planung bieten sich Software-Tools an, wie Installed Base Management, welches auch die Ersatzteil- und Werkzeugverfügbarkeit am Einsatzort mit einbezieht (vgl. SHS 2013). Der Außendienst kann auch durch den Einsatz von Virtual Augmented

Reality unterstützt werden. Ein Beispiel dafür sind Mobile Handhelds, welche einen unmittelbaren Zugriff auf Informationen und Dokumentationen zur Fehlerdiagnose ermöglichen. In manchen Fällen ist auch der sehr effiziente und 47 umweltschonende Einsatz von Remote Services, der IT-unterstützten Fernwartung möglich (vgl. Capgemini Consulting 2014).

5.4 Handlungsfelder im Recycling

Energieeffizienz

Im Produktionsrecycling fallen in den Bereich Materialmanagement Maßnahmen, wie die Anpassung der Rohteilabmessungen an das spätere Fertigungsmaß, um das Zerspan- und Abfallvolumen zu minimieren oder die Nutzung von Sekundärrohstoffbörsen, um die Entsorgungskosten zu reduzieren (vgl. Steinhilper und Schneider 1996). Auch eine Reduzierung der Werkstoffvielfalt kann die Effizienz des Produktionsrecyclings steigern, da sie einen größeren und einheitlichen Materialstrom sicherstellt (vgl. Kahmeyer und Rupprecht 1996). Wichtig ist zudem eine gute Zusammenarbeit von Konstruktion und Produktionstechnik. Wenn bereits in der Entwicklung die Abstimmung auf die späteren Produktionstechniken stärker beachtet wird, führt dies unter Umständen automatisch zur Erhöhung der Effizienz im Produktionsrecycling (vgl. Steinhilper und Schneider 1996). Um das Thema Recycling allgemein besser an die Mitarbeiter heranzutragen, bietet es sich an, es bereits in der Unternehmensstrategie zu verankern und Betriebsprojekte dazu durchzuführen (vgl. Hofmann et al. 2012). Das Produktionsrecycling umfasst auch den Verschleiß der Produktionsmittel. Deren Lebensdauer kann oftmals verlängert werden, wenn verschlissene Werkzeuge durch Aufarbei-

tung wieder einsatzfähig gemacht werden. Zur Minimierung des Material- und Werkzeugverschleißes ist unter Umständen das Zusammenfassen von unterschiedlichen Fertigungsschritten sinnvoll. Des Weiteren führt das Bewahren einer hohen Sortenreinheit bei kreislauffähigen Werkstoffen dazu, dass diese mehrmals den Produktionsprozess durchlaufen können (vgl. Steinhilper und Schneider 1996). Da Recycling in vielen Unternehmen noch sehr wenig Beachtung findet, kann es auch hilfreich sein, fehlendes Know-How zu Beginn durch externe Unterstützung auszugleichen (vgl. Steinhilper und Schneider 1996; Fresner et al. 2014). Da das Produktionsrecycling sehr eng mit der Herstellung verbunden ist, bieten sich auch einige der Maßnahmen, die zu Handlungsempfehlungen im Bereich Energieeffizienz in der Entwicklung und Herstellung sowie Materialeffizienz in der Entwicklung und Herstellung. Diese fallen in die Bereiche Wärme, Analysen, Energiemanagement, Förderprogramme, Netzwerke und Simulationen.

Materialeffizienz

Einige allgemeine Handlungsempfehlungen aus den Bereichen Analysen, Netzwerke, Simulationen und Wissensmanagement werden bereits in vorhergehenden Kapiteln erläutert und sind auch für das Produktrecycling anwendbar. Weitere Maßnahmen, speziell für das Produktrecycling relevant, können im Material-, Produkt- und Prozessmanagement ergriffen werden. Kahmeyer und Rupprecht beschreiben hierzu einige Möglichkeiten, die im Folgenden erläutert werden (vgl. Kahmeyer und Rupprecht 1996). Zunächst sollten Teile, die als Ganzes wiederverwendbar sind, sowohl während der Nutzung als auch während der Demontage besonders vor Beschädigung, Verschmutzung und Korrosion geschützt werden. Bei der Wahl der Materialien eines Produktes sollte auf die Verträglichkeit der entstehen-

den Werkstoffmischungen im Recyclingprozess geachtet werden, damit die Güte des Sekundärwerkstoffes, also des recycelten Materials, maximiert wird. Auch die Art und Anzahl der unterschiedlichen Materialien wirkt sich auf die Effizienz im Produktrecycling aus. Eine Reduzierung der Werkstoffvielfalt verringert die Demontagezeiten und der Bedarf an unterschiedlicher Recyclingtechnologie sinkt. Bei der Auswahl der Werkstoffe sollte der Fokus auf der Verwendung möglichst vieler wiederverwertbarer Materialien liegen, damit der Recyclingprozess erleichtert wird. Vor allem an nicht sichtbaren Stellen der Produkte, in denen die Oberflächenbeschaffenheit und optische Faktoren weniger wichtig sind, kann sich der Einsatz von Rezyklaten lohnen. Zudem sollten Verbundwerkstoffe möglichst durch konstruktive Maßnahmen ersetzt werden, zum Beispiel durch den Einsatz von Schrauben anstelle von Verklebungen, da Verbundmaterialien den Recyclingprozess erschweren. Wenn dies nicht möglich ist, sollten sich die physikalischen Stoffeigenschaften von Werk- und Verbundwerkstoff in mindestens einer Ausprägung so unterscheiden, dass sie leicht durch ein physikalisches Trennverfahren separiert werden können. Bezüglich der Produktgestaltung ist aus Sicht eines effizienten Recyclings auf eine einheitliche, geradlinige Füge- und Trennrichtung sowie den Einsatz modularer Baugruppen zu achten. Außerdem sollten wiederverwendbare Bauteile innerhalb einer Baugruppe bezüglich ihrer Funktion gekennzeichnet sein damit die Zuführung in die entsprechenden Aufarbeitungsprozesse erleichtert wird. Besonders kritisch für das Recycling sind die Verbindungselemente. Diese Personaleffizienz sollte bereits bei der Konstruktion hinsichtlich der Handhabung und Trennbarkeit für die Demontage optimiert werden. Wenn auf den Einsatz von Giftstoffen in der Produktion nicht verzichtet werden kann, ist mit oberster Priorität auf deren Separierbarkeit zu achten (vgl. Kahmeyer und Rupprecht

1996). Anzumerken ist außerdem, dass Unternehmen dem Produktrecycling häufig nur eine untergeordnete Bedeutung beimessen und es bestenfalls unter ökonomischen Gesichtspunkten betrachten. Um Änderungen herbeizuführen, die auch die ökologischen und sozialen Aspekte mehr berücksichtigen, müsste die Politik durch Gesetze oder die Öffentlichkeit durch ihr Konsumverhalten Anreize setzen. Die Bewertung der einzelnen Nachhaltigkeitsaspekte wird trotzdem unter der Annahme getroffen, dass das Unternehmen ein Produktrecycling betreibt.

Personaleffizienz

Zur Steigerung der Effizienz des Personals im Recycling werden insgesamt 51 Handlungsempfehlungen angeboten, 47 davon fallen in die Kategorie organisatorisch. Der Bezug zur ökologischen Nachhaltigkeit beträgt nur 18 Prozent. Die 51 Handlungsempfehlungen beziehen sich zum Großteil auf die allgemeinen Bereiche zur Effizienzsteigerung des Personals, wie der Gesundheits- und Mitarbeiterförderung. Das Fazit für die Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Personaleffizienz im Recycling entspricht weitestgehend denen für produzierende Unternehmen. Zusätzlich ist zu betonen, dass den Mitarbeitern vor allem der Sinn des Recyclings vermittelt werden sollte. Wenn die Mitarbeiter von den Maßnahmen überzeugt sind, lässt sich die Effizienz des Personals nachhaltig steigern.

5.5 Wirtschaftliche Bewertung der Handlungsempfehlungen

Der für die Durchführung von effizienzsteigernden Maßnahmen erforderliche Aufwand bemisst sich für KMU vor allem hinsichtlich der Aspekte Zeit, Kosten und Personal (vgl. Wildemann 1987). Dementsprechend werden alle in dieser Arbeit identifizierten Maßnahmen hinsichtlich dieser drei Ausprägungen bewertet. Anschließend wird

zur Beurteilung des Gesamtaufwandes aus allen drei Werten der Mittelwert berechnet. Für eine quantitative Aussage muss jede einzelne Maßnahme für jeden speziellen Anwendungsfall ausführlich getestet und bewertet werden. Da das nicht dem Ziel dieser Arbeit sowie des Forschungsprojektes entspricht, werden die Maßnahmen stattdessen in eine Rangfolge gebracht und die Bewertung dadurch immer im Verhältnis zu den anderen Maßnahmen der gleichen Handlungsempfehlungsgruppe betrachtet. Eine absolute quantitative Aussage über den Aufwand einer einzeln betrachteten Handlungsempfehlung kann anhand der vorgenommenen Bewertungen nicht getroffen werden. Alle drei Ausprägungen werden für jede Maßnahme auf einer 5-stufigen Skala bewertet, wobei der Wert 1 für den geringsten Aufwand und 5 für den höchsten Aufwand steht. Für die Einordnung in die 5 Stufen ist zunächst eine Differenzierung hinsichtlich der eigentlichen Durchführung der Maßnahme und dem Zeitraum nach Ausführung der Maßnahme erforderlich. In allen drei unterschiedlichen Aufwandsarten Zeit, Kosten und Personal existieren deshalb zwei unterschiedliche Sichtweisen. Um beide Sichtweisen zu berücksichtigen, werden die beiden Sichtweisen für jede der fünf Stufen durch UND oder ODER Bedingungen verknüpft. Die ODER Bedingungen dienen zur Beschreibung der Maßnahmen, bei denen nur eine der beiden Sichtweisen evaluiert werden kann weil über die andere keine Aussage getroffen werden kann.

Für den zeitlichen Aufwand stellen sich die beiden Sichtweisen in der Zeitspanne für die eigentliche Durchführung der Maßnahme und dem Zeitraum, bis positive Auswirkungen zu erwarten sind, dar. Der zeitliche Aufwand für die Durchführung wird entweder als gering oder hoch eingestuft und der Zeitraum bis positive Auswirkungen zu erwarten sind als kurz oder lang.

		zeitlicher Aufwand für die Umsetzung der Maßnahme	Verknüpfung	Zeitraum bis positive Auswirkungen zu erwarten sind
Zeitlicher Aufwand	niedrig			
	1	gering	UND	kurz
	2	gering	ODER	kurz
	3	hoch	UND	kurz
	4	hoch	ODER	lang
	hoch	hoch	UND	lang

Abbildung 5-1: Einstufungskriterien des zeitlichen Aufwands

Auch der finanzielle Aufwand kann aus zwei Sichtweisen betrachtet werden. Neben den Investitionskosten, die für die Umsetzung der Handlungsempfehlung erforderlich sind, können sich auch nachfolgende Kosten, die zur Aufrechterhaltung der Maßnahme nötig sind, ergeben (vgl. Wildemann 1985). Die Investitionskosten werden entweder mit gering oder hoch bewertet, wobei gering auch bedeuten kann, dass gar keine Kosten anfallen. Der nachfolgende finanzielle Aufwand wird ebenfalls mit keiner beziehungsweise gering oder hoch bewertet. Falls die Investitionskosten zur Durchführung einer Maßnahme je nach Umfang und Intensität sowohl gering als auch hoch ausfallen können, werden sie als gering bewertet, wenn dadurch trotzdem mit einer – wenn auch geringeren - Effizienzsteigerung gerechnet werden kann. Verdeutlicht wird diese Regel am Beispiel der Handlungsempfehlung Auf ergonomische Arbeitsplatzgestaltung achten. Maßnahmen können hier entweder sehr kostengünstig ausfallen wie das Umstellen der Schreibtische für eine bessere Raumgestaltung oder aber deutlich kostenintensiver sein wie die Investition in Dämpfende Stühle bei vibrationsintensiven Arbeiten. Da auch kleine Änderungen bereits in einer Steigerung der Personaleffizienz resultieren können, wird der finanzielle Aufwand für die Umsetzung der Maßnahme als gering bewertet.

		finanzieller Aufwand für die Umsetzung der Maßnahme	Verknüpfung	nachfolgender finanzieller Aufwand z.B. für Instandhaltungsmaßnahmen
niedrig				
Finanzieller Aufwand	1	keiner/gering	UND	keiner/gering
	2	keiner/gering	ODER	keiner/gering
	3	hoch	UND	keiner/gering
	4	hoch	ODER	hoch
	5	hoch	UND	hoch
hoch				

Abbildung 5-2: Einstufungskriterien des finanziellen Aufwands

Hinsichtlich des personellen Aufwands ist zu unterscheiden zwischen dem nötigen Einsatz von Personal zur Umsetzung der Maßnahme und dem daraus resultierenden Anpassungserfordernis der Mitarbeiter bei ihrer routinemäßigen Arbeit. Sowohl der personelle Aufwand für die Umsetzung der Maßnahme, als auch die daraus resultierenden Anpassungserfordernisse des Personals werden entweder mit gering oder mit hoch bewertet. Es kann aufgrund des Aufwandes anhand der Einstufungskriterien eine Rangordnung der einzelnen Maßnahmen erstellt werden.

		personeller Aufwand für die Umsetzung der Maßnahme	Verknüpfung	Anpassungserfordernis des Personals bei der Routinearbeit
niedrig				
Personeller Aufwand	1	gering	UND	gering
	2	gering	ODER	gering
	3	hoch	UND	gering
	4	hoch	ODER	hoch
	5	hoch	UND	hoch
hoch				

Abbildung 5-3: Einstufungskriterien des personellen Aufwands

1 5		
sehr grundlegend und nicht aufwendig	mäßig aufwendig	sehr speziell und aufwendig
L(ow)	M(id)	H(igh)

Abbildung 5-4: Aufwand der Handlungsempfehlungen

Mit Hilfe zweier fest definierter Werte, beispielsweise 30 Prozent und 70 Prozent wird diese Rangfolge in die drei Gruppen L (Low), M (Mid) und H (High) unterteilt (vgl. Abbildung 32). In der Gruppe L befinden sich die am wenigsten aufwendigen Maßnahmen, in der Gruppe H die aufwendigsten. Wenig aufwändige Maßnahmen sind dann am geeignetsten wenn die entsprechende Effizienzbewertung niedrig ausfällt, und sehr aufwendige Maßnahmen dann, wenn ein entsprechender Bereich schon sehr effizient ist, lassen sich die Segmente L, M und H fest definierten Bereichen der Effizienzauswertung zuordnen. In dem obigen Beispiel wäre es bei 0-33 Prozent eine Zuordnung zu Segment L bei 33-66 Prozent eine Einordnung in Segment M und 66-100 Prozent eine Maßnahme aus Segment H. Die Verknüpfung des Kennzahlenmodells mit den Handlungsempfehlungen lässt sich wie folgt beschreiben.

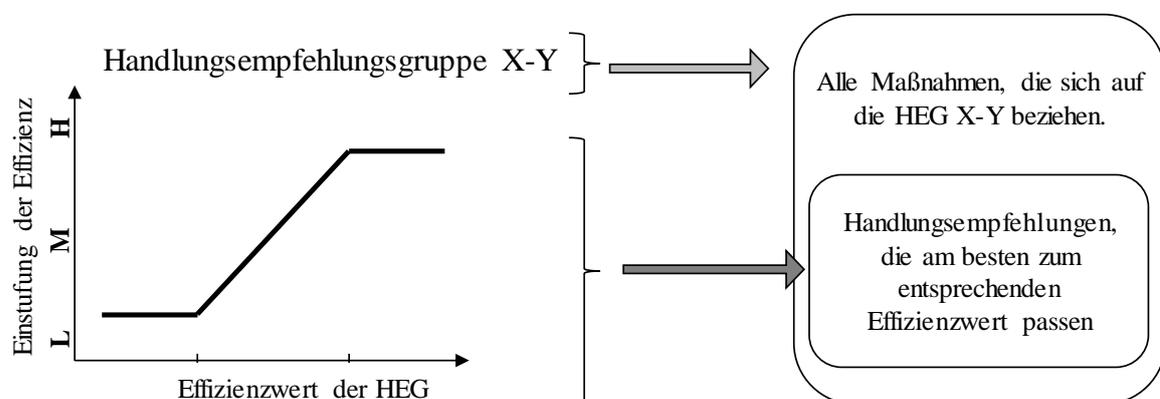


Abbildung 5-5: Handlungsempfehlungen im Kennzahlenmodell

1. Jeder der 12 Effizienzbewertungen pro Lebenszyklusphase und Ressource ist eine der 12 Handlungsempfehlungsgruppen zugeordnet, da diese ebenfalls nach Lebenszyklusphase und Ressource strukturiert sind.
2. Aus der Menge der Handlungsempfehlungen werden diejenigen vorgeschlagen, die dem Wert der Effizienzbewertung am besten entsprechen.

Um dem Nutzer des Tools zur Effizienzbewertung mehr Anpassungsmöglichkeiten an die eigenen Präferenzen zu ermöglichen, wird die Berechnung für die Einteilung der Segmente L, M und H von einer Gewichtung abhängig gemacht, die vom Nutzer manuell eingestellt werden kann. Mit einem stufenlosen Regler von 0-100 Prozent kann festgelegt werden, welche Arten des Aufwands weniger wichtig und welche sehr wichtig sind. Hat ein Nutzer beispielsweise begrenzte finanzielle Möglichkeiten aber genügend Zeit für die Umsetzung, so muss in diesem Fall der Regler für den finanziellen Aufwand nach rechts in Richtung sehr wichtig verschoben werden und für den zeitlichen Aufwand nach links, in Richtung auf weniger wichtig. Die Berechnung des Gesamtaufwands jeder Maßnahme und damit auch der Rangordnung innerhalb jeder Handlungsempfehlungsgruppe ist abhängig von den Präferenzen des Nutzers.

$$\text{Gesamtaufwand} = \frac{\sum(\text{Gewichtung} \times \text{Aufwand})}{\sum \text{Gewichtung}}$$

Wenn einem Unternehmen beispielsweise der zeitliche Aufwand einer Handlungsempfehlung sehr wichtig ist, da es die Ressourceneffizienz innerhalb einer kurzen Frist verbessern möchte und die finanziellen und personellen Aspekte eine untergeordnete Rolle spielen, weil zum Beispiel eine ganze Abteilung mit diesem Ziel beauftragt

ist und entsprechende Mittel zur Verfügung stehen, kann der Nutzer diese Ausgangssituation über die Regler einstellen. Der Gesamtaufwand hängt dann primär von der Bewertung für den zeitlichen Aufwand ab. Stellt der Nutzer die beiden Regler für den finanziellen und personellen Aufwand komplett auf null, so entspricht der Gesamtaufwand genau dem zeitlichen Aufwand.

6 IT-Tool

6.1 Anforderungen an das IT-Tool

Der einfache Zugang und die reibungslose Anwendung der Forschungsergebnisse wird über ein IT-Tool ermöglicht. Grundlage diese Tools ist die Durchführung des entwickelten Kennzahlensystems unter Berücksichtigung der Anforderungen der wie Anwendbarkeit, Adaptierbarkeit, Bedienfreundlichkeit sowie eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse, den sich daraus ergebenden Handlungsempfehlungen und die wirtschaftliche Bewertung ebendieser. Die Anforderungen an das Tool ergeben sich aus den Erkenntnissen der Workshops und Experteninterviews der Praxispartner, aus allgemeingültigen Aussagen, was bei der Programmierung zu berücksichtigen ist sowie einer umfangreichen Literaturlauswertung. Abbildung 6-1 zeigt das Schema eines Anforderungsprofils für Software (vgl. Hering und Schumy 1992). Ziel ist es, eine Anwendung zu entwickeln, die sowohl inhaltlich und methodisch korrekt als auch benutzerfreundlich und intuitiv zu bedienen ist. Die verschiedenen Analysemöglichkeiten dienen der Steigerung der innerbetrieblichen Transparenz im Bereich der Nutzung und Effizienz der Ressourcen Energie, Material und Personal. Darüber hinaus werden so die Grundsteine für Verbesserungsmaßnahmen sowie ein Vergleich mit einem historischen Zustand des eigenen Unternehmens. Stehen die Daten zu Verfügung, so ist auch ein Vergleich mit anderen Unternehmen möglich. Das IT-Tool soll eine große Gruppe an Nutzern aus der produzierenden Industrie ansprechen. Gleichzeitig gilt es auch, durch entsprechende Auswahl- und Einschränkungsmöglichkeiten den Nutzern in die Lage zu versetzen, dieses Tool an seine individuellen Bedürfnisse anzupassen.

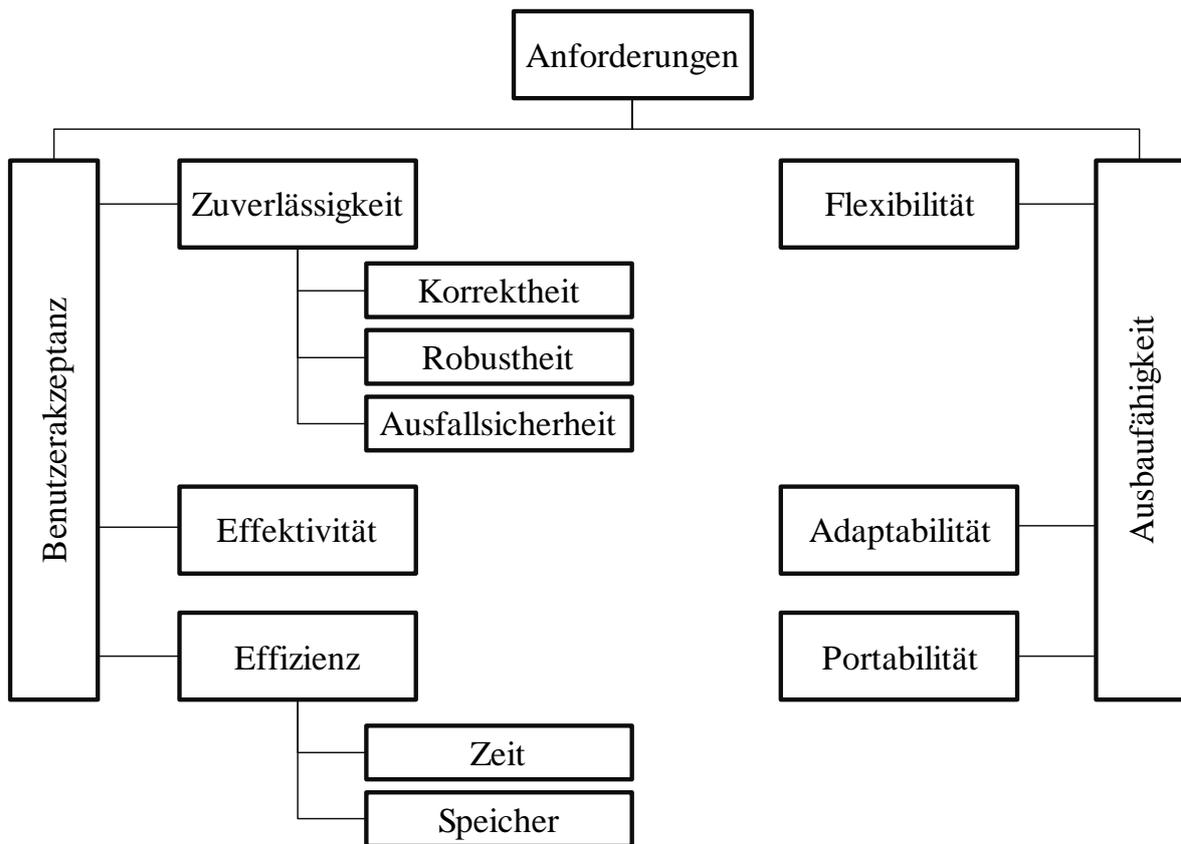


Abbildung 6-1: Anforderungsprofil für Software

Aus der Schnittstelle zum Menschen leitet sich die Benutzerakzeptanz als erste essentielle Komponente ab. Darunter fällt die Zuverlässigkeit in Form von Korrektheit der Ergebnisse, Robustheit bei Störungen der Hardware oder unvorhergesehenen Handlungen des Benutzers sowie die Ausfallsicherheit. Ein zweiter Punkt der Benutzerakzeptanz ist die Effektivität. Es ist unabdingbar, dass den Anforderungen des Benutzers bestmöglich entsprochen wird. Zuletzt muss die Software die genannten Herausforderungen noch effizient, also mit geringer Rechenzeit und wenig Speicherbelegung, bewältigen.

Die zweite wichtige Komponente des Anforderungsprofils beinhaltet die Ausbaufähigkeit. Darunter ist Flexibilität, Adaptabilität und Portabilität der Software zu verstehen (vgl. Hering und Schumy 1992). Flexibilität bedeutet in diesem Kontext die Möglichkeit bestehende

Programmteile an veränderte Anforderungen anzupassen. Adaptabilität wird benötigt, um zusätzliche Programm-Bausteine mit geringem Aufwand in die bestehende Struktur integrieren zu können. Beide Kriterien können durch Modularität, also die Unterteilung des Quellcodes auf mehrere Module, gefördert werden. Die letzte Anforderung ist Portabilität, die Möglichkeit die erzeugte Software auf verschiedenen Hardwaresystemen einzusetzen. Zusätzliche Orientierungshilfe für die Entwicklung guter Software bietet das Themengebiet der Software-Ergonomie, die sich mit der Gebrauchstauglichkeit von interaktiven Software-Systemen beschäftigt. Als interaktives Software-System wird dabei eine Einheit verstanden, die von den Benutzerinnen und Benutzern Eingaben entgegennimmt und unmittelbare Rückmeldungen gibt (vgl. Gross 2016).

DIN EN ISO 9241-11 nennt drei Kriterien für die Gebrauchstauglichkeit einer Software. Die Effektivität zur Lösung einer Aufgabe ist ein Maß für Umsetzungsgenauigkeit und Vollständigkeit der Anforderungen. Eine effiziente Handhabung des Systems bedeutet, dass die Anwender möglichst wenig Zeit und Ressourcen für die Benutzung aufwenden müssen. Das letzte Kriterium ist die Zufriedenheit der Nutzer einer Software. Grundsätzlich muss festgehalten werden, dass es sehr schwierig ist klare und gleichzeitig universell gültige Softwareanforderungen zu definieren (vgl. Seidler 2011). Der Großteil der spezifischen Praxis-Anforderungen an das IT-Tool zur Ressourceneffizienzbewertung wurde während des dritten Workshops erarbeitet. Die im Folgenden zusammengefassten Anforderungen sind in die Kategorien systemtechnisch, anwendungsbezogen und funktional unterteilt.

Systemtechnische Anforderungen

Bereits in einem sehr frühen Stadium des Entwicklungsprozesses wurde durch die Praxispartner angeregt das IT-Tool mit Hilfe von

Microsoft Excel umzusetzen oder aber es zumindest sehr gut kompatibel damit zu programmieren. Der Grund für diese Forderung liegt darin, dass in vielen Unternehmen ohnehin der überwiegende Teil des Reportings in Microsoft Excel durchgeführt wird. Für die Workshop-Teilnehmer war es daher wichtig, dass die entstehende Anwendung in die bereits bestehende IT-Infrastruktur passt. Dieser Anspruch der Unternehmensvertreter bekräftigt auch die beschriebene generelle Softwareanforderung nach Portabilität, also der Möglichkeit die Software relativ unabhängig von der spezifischen Infrastruktur der Praxispartner einsetzen zu können (vgl. Hering und Schumy 1992).

Das Microsoft Office Paket, welches auch Excel enthält, im Jahr 2014 einen Marktanteil von 92 Prozent in deutschen Büros (vgl. Brandt 2015). Dabei arbeitet ein durchschnittlicher Büromitarbeiter rund 72 Prozent seiner Arbeitszeit mit Office. Mit Hilfe der in Excel integrierten VBA Erweiterung ist es möglich sämtliche technische und inhaltliche Kernforderungen der Unternehmen zu erfüllen. Im Übrigen gilt VBA als sehr robuste, relativ leicht zu erlernende Programmiersprache und innerhalb des Entwicklerteams waren bereits Vorkenntnisse vorhanden. Durch die prozedurale Programmierweise in VBA kann außerdem der Forderung nach Ausbaufähigkeit Rechnung getragen werden (vgl. Hering und Schumy 1992). Eine Anforderung, die zwar nicht explizit von den Unternehmensvertretern genannt wurde, aber trotzdem notwendig war, ist die Berücksichtigung von Makro-Sicherheitseinstellungen. Die von Microsoft empfohlene Standardeinstellung erlaubt keinen Zugriff auf das VBA Projekt Objektmodell und schränkt somit die Funktionalität von VBA ein.

Anwendungsbezogene Anforderungen

Viele der anwendungsbezogenen Anforderungen der Praxispartner gehen mit der bereits vorgestellten allgemein gültigen Softwarean-

forderung der Benutzerakzeptanz sowie dem Verständnis von Nutzertauglichkeit einher (vgl. Hering und Schumy 1992; DIN EN ISO 9241-11). Explizit genannt wurde die Forderung nach einer intuitiven und selbsterklärenden Anwendung. Ein Benutzer soll demnach ohne große Vorkenntnisse und ohne vorherigem Studium der Anleitung bereits in der Lage sein zumindest die Grundfunktionen des IT-Tools nutzen zu können. Dazu essentiell ist ein klarer Weg im Bewertungsprozess, der nicht zu viele Ebenen enthält. In diesem Kontext wurde auch der Vorschlag geäußert mit Hilfe einer Statusanzeige stets einsehen zu können, wie weit der Bewertungsprozess bereits fortgeschritten ist. Wiederkehrende Icons mit hoher Aussagekraft sollen dabei helfen die Benutzeroberfläche schlank zu halten und den Fokus auf die wichtigen Informationen zu lenken.

Obwohl eine Effizienzanalyse natürlich die Bearbeitung verschiedener Stufen in einer festen Reihenfolge erfordert, sollte es auch immer möglich sein einen Schritt zurückzugehen. Bereits gemachte Eingaben sollten dabei – wenn möglich – nicht verloren gehen. Bei manchen Schnittstellen ist ein solcher Datenverlust jedoch unumgänglich. Außerdem sollte es jederzeit und auch inmitten einer Effizienzauswertung möglich sein zwischen zu speichern. An Stellen, an denen zusätzliche Informationen oder Erklärungen nicht immer zwingend notwendig aber oftmals hilfreich sind, sollen Info-Buttons eingesetzt werden, um entsprechende Zusatzinformationen bei Bedarf in einem extra Pop-up Fenster anzeigen zu können. Nicht umgesetzt wurde die Anforderung nach einer zusätzlichen englischsprachigen Version des IT-Tools, da die potentiellen Kunden der Anwendung zunächst ohnehin nur im deutschsprachigen Raum gesehen werden.

Funktionale Anforderungen

Die Vertreter der KMU haben den eindeutigen Wunsch geäußert, dass die Kernaufgabe des IT-Tools die Berechnung von Effizienz-kennzahlen sein soll. Erst wenn diese in ausreichender Qualität vorliegen, können basierend darauf Analysen durchgeführt werden.

Von übergeordneter Bedeutung ist bei den Unternehmen vor allem die Lebenszyklusphase Entwicklung und Herstellung. Nichtsdestotrotz soll die Anwendung aus Sicht der Universitätsvertreter den kompletten Produktlebenszyklus abdecken. Aufgrund des absehbaren Umfangs des Kennzahlenkatalogs und dem damit verbundenen hohen Aufwand einer vollumfänglichen Auswertung haben die Praxispartner darauf hingewiesen, dass es sinnvoll wäre diesbezüglich beim Start einer Effizienzbewertung eine differenzierte Auswahl treffen zu können. Dies lässt sich am effektivsten durch einen zweistufigen Prozess abbilden. Im ersten Schritt sollen Benutzer wählen können, welche Lebenszyklusphasen sie auswerten wollen. Im zweiten Schritt soll eine Priorisierung der Ressourcen und Nachhaltigkeitsdimensionen erfolgen. In beiden Stufen soll dem Anwender visuell und in Echtzeit mitgeteilt werden, welche Ausmaße er mit der derzeitigen Auswahl erwarten kann.

Im Bereich Analysefunktionalität forderten die KMU Vertreter vor allem zwei Komponenten. Zum einen soll es mit Hilfe einer Trendanalyse möglich sein seine eigene zeitliche Entwicklung zu beobachten. Zum anderen soll der Vergleich mit anderen Unternehmen oder anderen Standorten der gleichen Firma möglich sein (Benchmark Funktion). Diese zweite Komponente setzt eine Funktion zum Import und Export der Auswertungshistorie voraus. Obwohl bei den Unternehmensvertretern die Meinung vorherrschte, dass durch Formeln berechnete Kennzahlen am besten geeignet sind, um ein objektives Reporting zu realisieren, waren sich die Workshop-Teilnehmer einig,

dass in manchen Themengebieten auch qualitative Bewertungen notwendig sind. Vor allem die soziale Nachhaltigkeitsdimension lässt sich beispielsweise schwer quantitativ evaluieren. Selbst wenn eine quantitative Bewertungsmethodik für eine Kennzahl vorliegt, kann es nach Meinung der KMU dennoch sein, dass die benötigten Input Parameter im Unternehmen nicht vorliegen. Aus diesem Grund baten die Unternehmen um eine Möglichkeit bei Bedarf quantitative Kennzahlenberechnungen (Formeln) durch qualitative Bewertungen (Ersatzfragen) zu ersetzen.

Nach Vorstellung der Praxispartner soll das IT-Tool durch eine Best Practice Datenbank ergänzt werden, um nicht nur ungenügenden Ressourceneinsatz zu ermitteln, sondern auch gleich Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Die Vertreter der TU München haben sich daraufhin dahingehend geeinigt, nicht nur einen Katalog von Best Practice Beispielen zu integrieren, sondern eine Methodik zu entwickeln, welche konkrete Handlungsempfehlungen basierend auf den erreichten Effizienz Kennzahlen zur Verfügung stellt. Die Vertreter der KMU haben weiter den Vorschlag geäußert eine Möglichkeit zur Szenario-Analyse einzubauen. Diesem Wunsch wurde nicht in Form einer spezifischen Tool-Funktion entsprochen, da eine solche Simulation ohnehin bereits mit einer Standard-Effizienzanalyse durchgeführt werden kann.

Ergänzung und Verfeinerung der Anforderungen

Im Rahmen des vierten Workshops wurden den KMU Vertretern erste rudimentäre Grundstrukturen des IT-Tools präsentiert. Basierend darauf wurden bereits umgesetzte Anforderungen validiert, unklare Anforderungen verfeinert und einige zusätzliche Anforderungen aufgenommen. Vor dem Hintergrund, dass die benötigten Parameter und Fragen aus einer relativ weiten Bandbreite von Themengebieten stammen und somit oftmals nicht von einer einzigen Person

beantwortet werden können, wurde von den Praxispartnern um eine Funktion zum Export sämtlicher Parameter und Fragen gebeten. Dieser Export soll die vorgenommene Phasenauswahl und Priorisierung berücksichtigen und in Form einer Microsoft Excel Tabelle zur Verfügung gestellt werden.

Im Bereich der Fragebögen haben die KMU Vertreter darauf hingewiesen, dass es durchaus möglich ist, dass manche Fragen für ein Unternehmen schlicht nichtzutreffend sind. Resultierend daraus ergab sich die Bitte die Option Keine Antwort möglich als zusätzliche Antwortmöglichkeit aufzunehmen. Beim Öffnen von Eingabemasken beziehungsweise Fragebögen, die bereits bearbeitet wurden, soll die Anwendung außerdem noch leere Eingabefelder beziehungsweise nicht beantwortete Fragen farblich hervorheben, um den Fokus des Benutzers stärker darauf zu lenken.

Weiter soll es während der Auswertung der Kennzahlen möglich sein, deren Zustandekommen genau analysieren zu können und gegebenenfalls bei vorheriger Falscheingabe Parameter und Antworten direkt aus dieser Ansicht verändern zu können. In einer offenen Diskussion wurde zudem besprochen, welchen genauen Inhalt sich die Praxispartner bei den beschriebenen Pop-up Fenstern für zusätzliche Informationen wünschen. Dabei kamen die Diskussionsteilnehmer zu dem Konsens, dass die Zusatzinformationen vor allem Begriffserklärungen und weiterführende Links enthalten sollen. Außerdem würde sich die Möglichkeit in diesen Fenstern Kommentare hinterlassen zu können als sehr hilfreich erweisen. Im Fall von Parametereingaben wäre zudem der eingegebene Wert während der letzten Analyse sehr förderlich, bei den Fragebögen wurde das ausdrücklich nicht gewünscht.

Im Bereich der Handlungsempfehlungen wurde von den KMU Vertretern angeregt eine Funktion zum dauerhaften Ausblenden von ungeeigneten Empfehlungen zu implementieren. Andererseits wäre es hilfreich passende Vorschläge direkt in einer Microsoft Excel Tabelle exportieren zu können. Auf Vorschlag der Vertreter der TU München wurde außerdem eine individuelle Gewichtung von Umsetzungsaufwand zu den Anforderungen aufgenommen. Mit Hilfe dieser Gewichtung sollen die Handlungsempfehlungen noch besser auf die Gegebenheiten des Anwenders zugeschnitten werden.

6.2 Vorgehen bei der Toolentwicklung

Agile Softwareentwicklung ist ein Überbegriff für eine Reihe von Programmiermethoden, die ab Mitte der 1990er Jahre unabhängig voneinander entwickelt wurden. Sie entstanden vornehmlich aus dem Bedürfnis für eine Alternative zum Dokumentations-getriebenen, schwergewichtigen Softwareentwicklungs-Prozess und teilen alle dieselben Ideale und Praktiken (vgl. Basil und Turner 1975; Beck et al. 2001; Cohen et al. 2003).

Bei den traditionellen Herangehensweisen werden zunächst sämtliche funktionalen und nicht funktionalen Anforderungen erhoben und ausführlich dokumentiert. Es folgen detaillierte Überlegungen zur generellen Architektur und zum Software-Modell. Erst anschließend erfolgt die eigentliche Programmierung und letztendlich die Überprüfung des Resultats (vgl. Cohen et al. 2003). Abbildung 6-2 zeigt beispielhaft die Vorgehensweise bei einem sehr weit verbreiteten Ansatz, dem Wasserfallmodell (vgl. Royce 1987). Zudem steigen die Kosten für Änderungen in der Softwareentwicklung exponentiell mit der Zeit (vgl. Boehm 1981). Das heißt, je fortgeschrittener das Projekt ist, desto aufwändiger und teurer ist es nachträgliche Änderungen

zu implementieren. Aus diesem Grund gehen traditionelle Praktiken davon aus, dass die Anzahl von Änderungen und somit Kosten durch eine akribische Abschätzung von Anforderungen minimiert werden können.

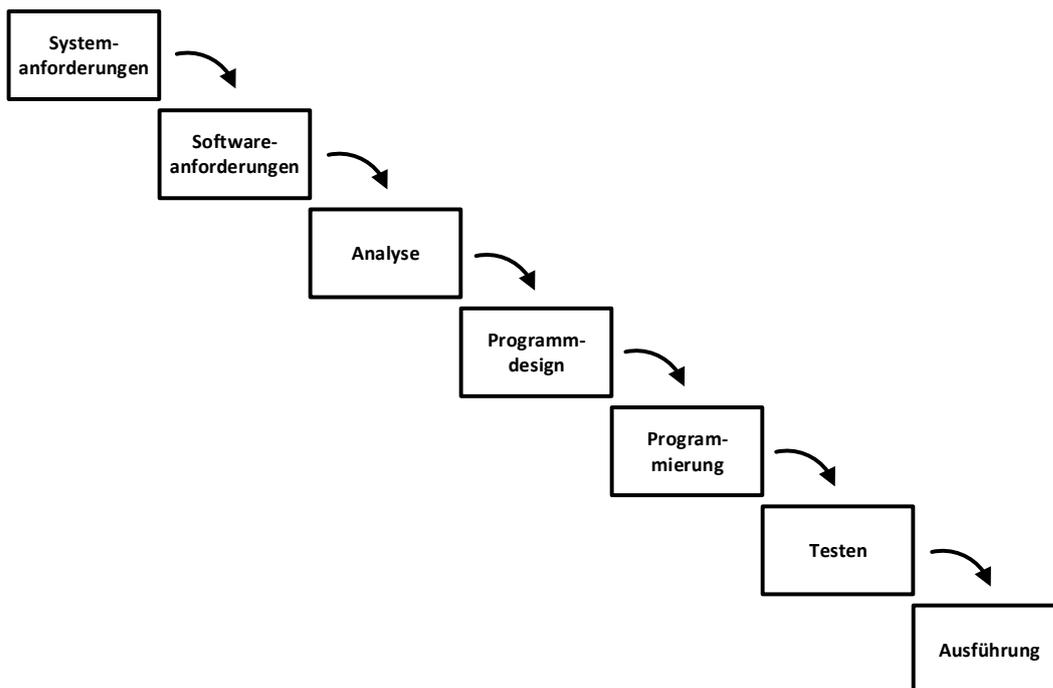


Abbildung 6-2: Vorgehen der klassischen Softwareentwicklung

Es wird dabei angenommen, dass etwaige spätere Abweichungen die Folge von Fehlern in der Konzeptionierung sind (vgl. Highsmith und Cockburn 2001). Das beschriebene Wasserfallmodell beispielsweise erlaubt nach der Fertigstellung der Anforderungen keine Änderungen mehr und friert den initialen Stand dieser ein (vgl. Cohen et al. 2003). Heute wird zwar berücksichtigt, dass solche Probleme im Prozess natürlich Fehler auslösen können, oftmals aber auch externe Ursachen dafür verantwortlich sein können (vgl. Highsmith und Cockburn 2001). In der schnelllebigen Geschäftswelt sind die Kunden teilweise

gar nicht in der Lage ihre Anforderungen vorab zu definieren und ändern diese oftmals (vgl. Cohen et al. 2003).

Ab Mitte der 1990er Jahre empfanden viele Entwickler das traditionelle Vorgehen deshalb mehr und mehr als frustrierend und vielleicht auch sogar unmöglich (vgl. Cohen et al. 2003). Die Pioniere der agilen Softwareentwicklung erkannten, dass eine geeignete Methodik Veränderungen akzeptieren muss anstatt Vorhersagbarkeit einzufordern (vgl. Schwaber 1996). Ihre Ansätze zielen daher nicht darauf ab sämtliche Änderungen zu vermeiden, sondern versuchen deren Umsetzung so einfach und kostengünstig wie möglich zu gestalten. Sie sind der Meinung, dass Kreativität der einzige Weg ist komplexe Softwareentwicklungen zu meistern, nicht zahlreich dokumentierte Regeln (vgl. Highsmith und Cockburn 2001).

Im Jahr 2001 kamen die führenden Köpfe dieser Bewegung in Utah, USA zu einer zweitägigen Konferenz zusammen, um neuartige Softwareentwicklungsmethoden zu diskutieren. Die Repräsentanten kamen dabei aus unterschiedlichen Unterströmungen wie SCRUM, Extreme Programming oder Crystal. Die Zusammenkunft endete im Manifesto for Agile Software Development, unterzeichnet von allen 17 Teilnehmern (vgl. Cohen et al. 2003). In dem Manifest sind folgende Grundsätze festgehalten (vgl. Beck et al. 2001).

- Individuen und Interaktionen über Prozesse und Werkzeuge
- Funktionierende Software über umfassende Dokumentation
- Zusammenarbeit mit dem Kunden über Vertragsverhandlung
- Reagieren auf Veränderung über Befolgen eines Plans

Die Unterzeichner weisen explizit darauf hin, dass sie die Werte auf der rechten Seite der Aussagen zwar wichtig finden, die Werte auf der linken Seite allerdings höher einzuschätzen sind (vgl. Beck et al. 2001).

Die genannten Grundsätze sind jedoch nicht unumstritten. Vor allem letzterer sorgt bei Vielen für Kritik. So wissen die Kunden beispielsweise zu Projektbeginn nicht immer, was sie wollen, und deswegen die Akzeptanz für Änderungen während der Projektdurchführung wichtig ist (vgl. Glass 2001). Gleichzeitig weist er jedoch darauf hin, dass Anforderungsänderungen eine der größten Ursachen für das Scheitern von Projekten ist. Ergänzt werden die Grundsätze des Manifests durch 12 weitere Prinzipien, welche helfen sollen den Kerngedanken dieser Bewegung zu verstehen (vgl. Beck et al. 2001). Sie sind nicht als strikte Regeln auszulegen, sondern lediglich als Leitfaden, an dem sich beteiligte Personen orientieren können.

- „Unsere höchste Priorität ist es, den Kunden durch frühe und kontinuierliche Auslieferung wertvoller Software zufrieden zu stellen.
- Heiße Anforderungsänderungen selbst spät in der Entwicklung willkommen. Agile Prozesse nutzen Veränderungen zum Wettbewerbsvorteil des Kunden.
- Liefere funktionierende Software regelmäßig innerhalb weniger Wochen oder Monate und bevorzuge dabei die kürzere Zeitspanne.
- Fachexperten und Entwickler müssen während des Projektes täglich zusammenarbeiten.
- Errichte Projekte rund um motivierte Individuen. Gib ihnen das Umfeld und die Unterstützung, die sie benötigen und vertraue darauf, dass sie die Aufgabe erledigen.
- Die effizienteste und effektivste Methode, Informationen an und innerhalb eines Entwicklungsteams zu übermitteln, ist im Gespräch von Angesicht zu Angesicht.
- Funktionierende Software ist das wichtigste Fortschrittsmaß.

- Agile Prozesse fördern nachhaltige Entwicklung. Die Auftraggeber, Entwickler und Benutzer sollten ein gleichmäßiges Tempo auf unbegrenzte Zeit halten können.
- Ständiges Augenmerk auf technische Exzellenz und gutes Design fördert Agilität.
- Einfachheit - die Kunst, die Menge nicht getaner Arbeit zu maximieren - ist essenziell.
- Die besten Architekturen, Anforderungen und Entwürfe entstehen durch selbstorganisierte Teams.
- In regelmäßigen Abständen reflektiert das Team, wie es effektiver werden kann und passt sein Verhalten entsprechend an.“

6.3 Entwicklungs- und Anwendungsumgebung

Als Entwicklungsumgebung für die Implementierung des IT-Tools wurde Microsoft Excel mit seiner Erweiterung Visual Basic for Applications (VBA) festgelegt. VBA gilt in der Informatik als relativ einfach zu erlernende und robuste Programmiersprache. Diese Charakteristika ergeben sich vor allem aus der Ursprungsgeschichte von VBA. Die Code-Syntax geht größtenteils auf die 1964 entwickelte prozedurale Programmiersprache BASIC zurück (vgl. Benker 2014). Die Abkürzung BASIC steht hierbei für „Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code“. Wie der Name bereits impliziert, wurde Programmiersprache speziell für Anfänger entwickelt und sollte eine möglichst weite Bandbreite an Funktionen abdecken (vgl. Lagotzki 2001).

Aufbauend auf BASIC hat Microsoft ab 1994 die objektorientierte Programmiersprache Visual Basic (VB) für Windows entwickelt. VBA wiederum stellt eine eingeschränkte Anwendung von VB inner-

halb einer Wirtsumgebung dar und wurde 1994 ebenfalls von Microsoft eingeführt (vgl. Benker 2014). Das bedeutet, dass ein in VBA entwickeltes Programm nicht selbständig innerhalb einer Microsoft Windows Umgebung gestartet werden kann. Es benötigt immer eine unterstützte Wirtsapplikation wie eine Komponente des Microsoft Office Pakets oder Software von Drittanbietern wie AutoDesk (AutoCAD) und Corel (Corel Draw) (vgl. Lagotzki 2001).

VBA enthält alle wichtigen Eigenschaften moderner Programmiersprachen wie arithmetische Operationen, Schleifen, Kontrollstrukturen sowie Ein- und Ausgaben und ist auch aus diesem Grund sehr gut für Anfänger geeignet (vgl. Benker 2014).

Die Syntax zählt zu den Programmiersprachen der vierten Generation, welche sich durch ihre Fähigkeit komplexe, anwendungsbezogene Operationen durchzuführen auszeichnet. So ist es mit solchen Programmiersprachen beispielsweise möglich direkt auf Datenbanken zuzugreifen oder Benutzeroberflächen zu gestalten. Die Sprachen der 4. Generation lassen sich auch als problemorientierte Sprachen definieren. Bei ihnen muss im Gegensatz zu älteren Generationen nicht mehr beschrieben werden wie ein Problem zu lösen ist, sondern nur noch was das Problem ist (vgl. Seidler 2011). Neben der Einteilung in Generationen können Programmiersprachen auch in sog. Programmierparadigmen unterteilt werden. Obwohl VBA in der Regel den objektorientierten Programmiersprachen zugeordnet wird, kann es je nach Verwendung auch zusätzlich Charakteristika der prozeduralen und ereignisgesteuerten Programmierung aufweisen (vgl. Wershoven 2014).

Das Paradigma der Objektorientiertheit zeichnet sich dadurch ab, dass die Wirtsapplikation wie Excel aus hierarchisch gegliederten Objekten besteht. Im Kontext von Microsoft Excel ist die Applikation

selbst beispielsweise das oberste Objekt, gefolgt von einer Arbeitsmappe, einem Arbeitsblatt, einem Zellbereich und schließlich dessen Schrift mit mehreren Eigenschaften wie Farbe, Schriftart und Kursive (Abbildung 6-3). Aber auch Diagramme, ActiveX Steuerelemente etc. sind in diesem Kontext Objekte.

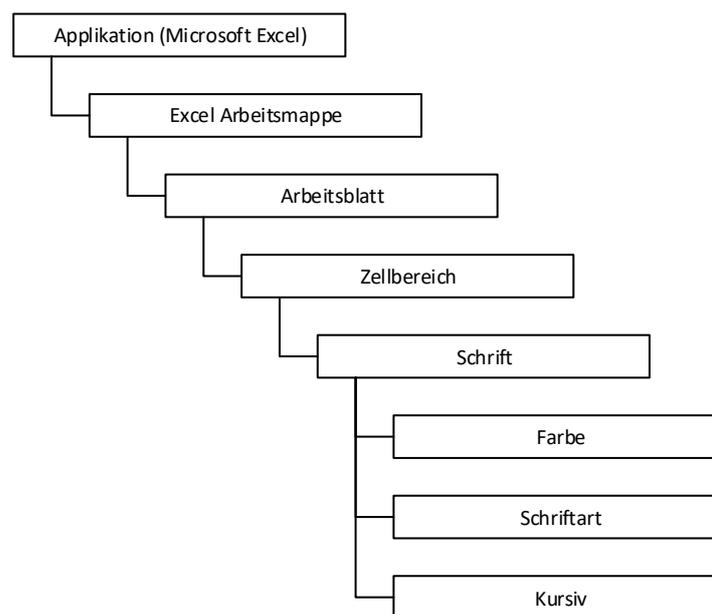


Abbildung 6-3: Hierarchische Anordnung von Objekten

Alle Objekte sind durch Eigenschaften beziehungsweise Attribute wie die Farbe einer Zelle definiert und können Anwendungsziel von Methoden wie dem Löschen von Zellinhalten sein. Ziel der VBA Programmierung ist es die Attribute dieser Objekte zu verändern oder Methoden darauf anzuwenden (vgl. Jackson und Staunton 2010). In der prozeduralen Programmierung wird der Code in Prozeduren und Funktionen unterteilt, welche auf verschiedene Module verteilt werden können. Die Ablaufsteuerung erfolgt über Kontrollstrukturen, die den Ablauf des Programms bestimmen und dessen Ausgang somit

dynamisch gestalten (vgl. Wershoven 2014). Zuletzt zeigt VBA Ansätze der ereignisgesteuerten Programmierung. Dies ist besonders im Fall der Erstellung eines interaktiven Reporting-Tools wichtig, da es dem Benutzer erlaubt über eine Benutzeroberfläche Eingaben zu machen, welche im weiteren Programmablauf berücksichtigt werden (vgl. Wershoven 2014).

6.4 Beschreibung des IT-Tools

Im folgenden Text wird der Aufbau des IT-Tools genauer beschrieben, dabei wird insbesondere genauer auf die Abläufe des Tools eingegangen. Die in den Programablaufplänen (PAPs) verwendeten Sinnbilder sind in der DIN-Norm 66001 Sinnbilder und ihre Anwendung von Dezember 1983 geregelt. Die Bezeichnung sowie eine Bemerkung, wie das entsprechende Sinnbild in dieser Arbeit zu verstehen ist, können Abbildung 6-4 entnommen werden. Das Cockpit ist das Herzstück des IT-Tools und die einzige Benutzeroberfläche innerhalb des Tools, die dauerhaft besteht und nicht jedes Mal dynamisch erstellt werden muss. Sämtliche Funktionalitäten der Anwendung können von dort aus unmittelbar oder zumindest indirekt erreicht werden. Es ist das Erste, das der Benutzer bei der initialen Anwendung sieht und der Programmablauf führt ihn letztendlich auch immer wieder dorthin zurück. Das IT-Tool kann nicht verwendet werden ohne regelmäßig ins Cockpit zurückzukehren. Diesem Umstand wird in dem PAP durch eine Endlosschleife ohne Abbruchbedingung Rechnung getragen. Selbst die eigentliche Kernfunktion, die Durchführung einer Effizienzanalyse, ist letztlich nur eine Subprozedur, welche schließlich wieder im Cockpit endet.

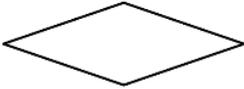
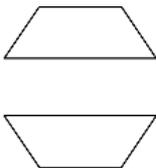
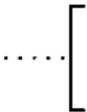
Sinnbild	Bezeichnung	Bemerkung
	Grenzstelle (zur Umwelt)	Beginn oder Ende eines Programms
	Verarbeitungs- folge	Pfeilspitze verdeutlicht die Fluss- richtung
	Verarbeitung, allgemein	Von dem IT-Tool selbstständig durchgeführter Prozess.
	Unterpro- gramm	Wird verwendet, um einen in sich geschlossenen Programmteil ag- gregiert darzustellen. Dieser Pro- grammteil wird im Anschluss in einem separaten Diagramm darge- stellt
	Verzweigung	In der Regel für Wenn-Dann-Sonst Abfragen verwendet, teilweise auch für mehr als zwei mögliche Ergebnisse (Case Statement)
	Schleifenbe- grenzung	
	Bemerkung	

Abbildung 6-4: PAP Sinnbilder nach DIN 66001

Zusätzlich zur Durchführung einer Effizienzanalyse, welche in den folgenden Kapiteln ausführlich beschrieben wird, kann der Benutzer innerhalb der Schleife noch drei weitere Aktionen durchführen. Durch Wahl einer anderen Auswertung oder Wechsel der Phase innerhalb des historischen Vergleichs in der oberen linken Ecke der Benutzeroberfläche wird die Auswertung automatisch aktualisiert und die gewünschten Informationen im Diagramm ausgegeben. Ähnlich verhält es sich im Bereich der Trendanalyse. Eine Veränderung von Phase, Ressource oder Nachhaltigkeitsdimension hat auch dort unmittelbar die Aktualisierung des Diagramms zur Folge. Die letzte Option, Menüband, wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit in einem Unterprogramm zusammengefasst, welches in Abbildung 6-5 genauer beschrieben wird. Im Grunde handelt es sich hier jedoch um eine Vielzahl von kleineren Funktionen, die ebenfalls vom Cockpit aus zu erreichen sind. Beim Klicken auf Handlungsempfehlungen verwalten ermittelt das Programm sämtliche aktuell ausgeblendeten Handlungsempfehlungen und gibt diesen anschließend inklusive je einer Checkbox in einem Pop-up Fenster aus. Danach hat der Anwender in einer Endlosschleife die Möglichkeit durch An- und Abwählen der Checkboxen auszuwählen, welche Einträge ausgeblendet bleiben sollen und welche nicht. Erst durch Klicken auf Fertig wird die Schleife verlassen und werden etwaige Änderungen in der Datenbank gespeichert. Letzte Handlungsempfehlungen anzeigen ersetzt das IT Tool zunächst die Navigationsbuttons innerhalb der Benutzeroberfläche Handlungsempfehlungen der letzten Analyse. Anschließend springt die Anwendung in eine Subprozedur zur Berechnung, Ausgabe und nutzerseitigen Bearbeitung von Handlungsempfehlungen. Die Option Branchenschnitte verwalten erstellt ein Pop-up Fenster, welches ein Dropdown Feld mit vordefinierten Branchen und zwei Textfelder zur Eingabe der Branchenschnitte enthält. Mit Hilfe dieser

Elemente kann der Benutzer die voreingestellten Werte beliebig verändern. Das Schließen des Fensters durch Fertig löst abschließend das Speichern der Änderungen in der Datenbank aus. Ebenfalls Teil des Menübands ist die Funktion zum Import und Export der Auswertungshistorie. Beim Export muss der Benutzer zuerst manuell einen Pfad wählen. Anschließend kopiert das IT-Tool die eigene Auswertungshistorie in eine separate Microsoft Excel Arbeitsmappe, speichert diese am gewünschten Ort und öffnet sie zugleich. Beim Importieren einer Historie muss zunächst manuell die entsprechende Microsoft Excel Datei ausgewählt werden. Als Nächstes überprüft das Programm mit Hilfe einiger Tests, ob das Format des gewählten Imports den Charakteristika einer Auswertungshistorie entspricht. Ist dieser Test negativ, wird der Import abgebrochen. Andernfalls wird der Inhalt der gewählten Datei der aktuellen Auswertungshistorie als zusätzliche Reihen hinzugefügt. Abschließend wird der konsolidierte Datensatz nach Datum sortiert. In einem ersten Schritt wird in Abbildung 6-6 die gesamtumfängliche Funktionsweise einer Effizienzanalyse vereinfacht dargestellt. Der Einstieg in die Anwendung beginnt mit der Durchführung einer neuen Effizienzanalyse. Dafür muss der Nutzer zunächst eine eindeutige Identifikation, den Auswertungszeitraum sowie die Branche des Unternehmens eintragen. Danach folgen in zwei separaten Schritten die Auswahl der auszuwertenden Lebenszyklusphasen und die Priorisierung der Ressourcen und Dimensionen. Anhand dieser Nutzereingaben ermittelt das IT-Tool Fragebögen, welche vom Benutzer zu beantworten sind. Außerdem werden Eingabemasken für die zur Kennzahlenberechnung benötigten Parameter erstellt, die ebenfalls vom Benutzer zu befüllen sind. Im nächsten Schritt testet die Anwendung, ob alle Parametereingaben vollständig sind.

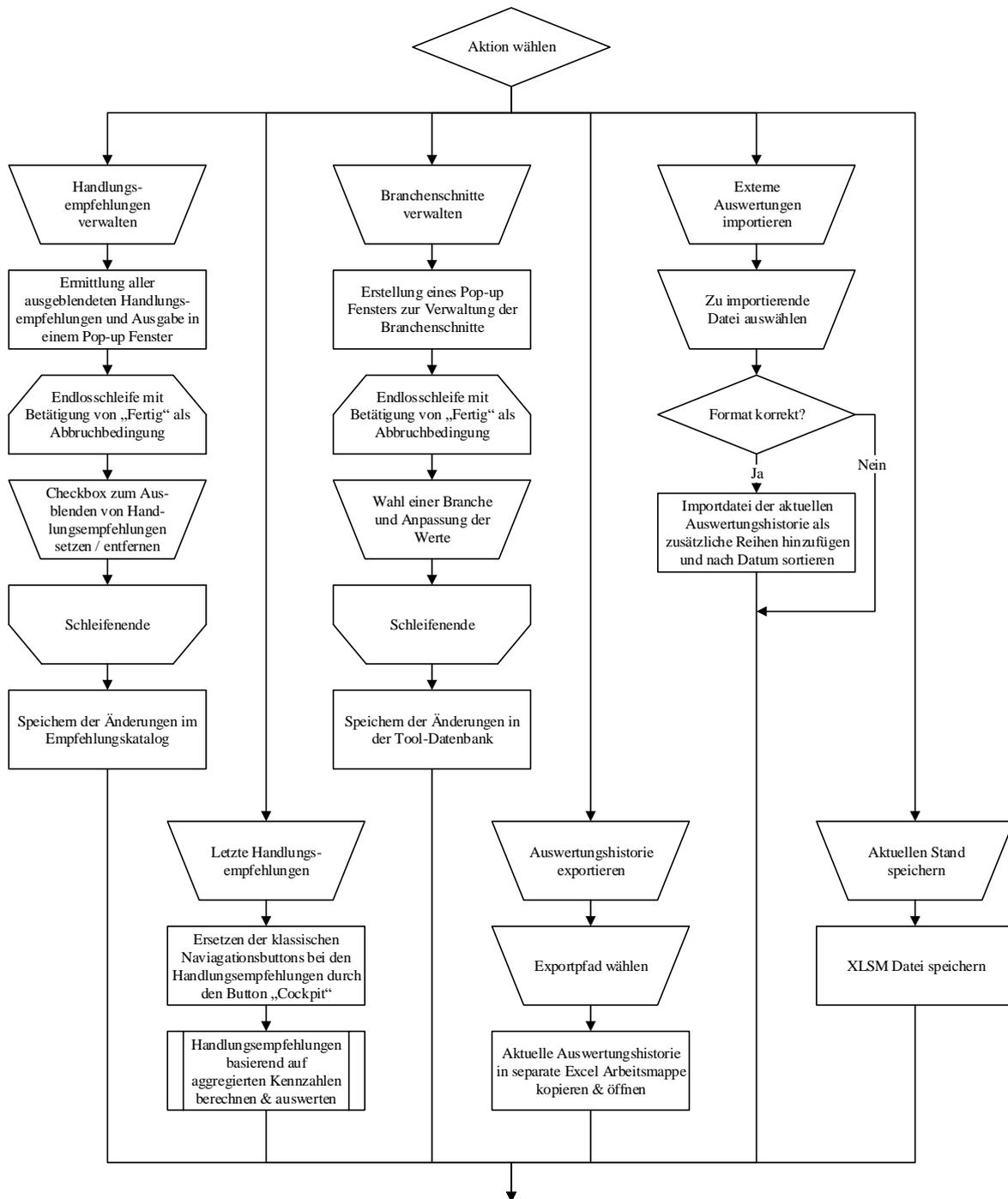


Abbildung 6-5: Menüband

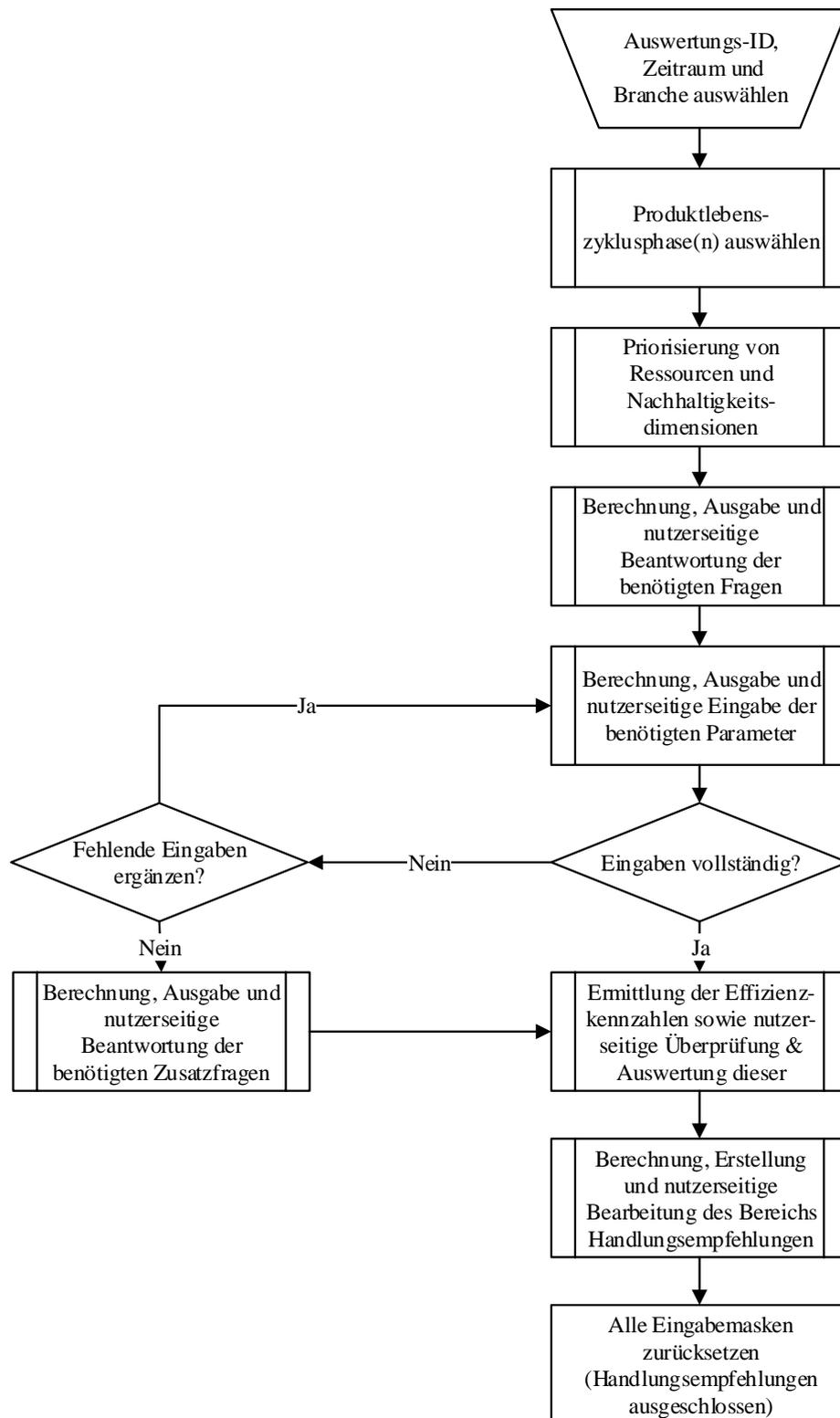


Abbildung 6-6: Gesamtprozess IT-Tool

Sollte dies nicht der Fall sein und der Benutzer die fehlenden Eingaben auch nicht ergänzen wollen beziehungsweise können, werden nachfolgend Ersatzfragen ausgegeben, um nicht berechenbare Kennzahlen auf alternativem Wege zu bestimmen. Nach der systemseitigen Berechnung der bis zu 36 Effizienzkennzahlen hat der Benutzer die Möglichkeit deren Zustandekommen genauer zu untersuchen und gegebenenfalls Parameter und Antworten zu korrigieren. Im nächsten Schritt werden die Kennzahlen zu maximal 12 dimensionsübergreifenden Indikatoren zusammengefasst. Anhand dieser Aggregationen berechnet die Anwendung die geeignetsten Handlungsempfehlungen und gibt diese aus. Der Benutzer kann die Empfehlungen anschließend einsehen und geeignete Vorschläge exportieren. Danach werden alle Benutzeroberflächen zurückgesetzt. Die Benutzeroberfläche Handlungsempfehlungen ist davon jedoch zunächst ausgeschlossen, um die Funktion Letzte Handlungsempfehlungen im Cockpit zu ermöglichen. Beim Start einer neuen Effizienzanalyse wird sie jedoch ebenfalls zurückgesetzt. Nach Abschluss einer Bewertungsrunde kehrt die Anwendung ins Cockpit zurück. Der Prozess zur Phasenauswahl in Abbildung 6-7 beginnt mit der systemseitigen Erstellung der Benutzeroberfläche. Diese enthält neben den vier Checkboxen zur Auswahl der jeweiligen Phasen eine kurze Beschreibung sowie jeweils einen Weiter- und Zurück-Button. Der restliche Prozess kann als endlose Schleife beschrieben werden, deren einzige Abbruchbedingung die Betätigung einer der beiden Navigationsbuttons ist. Die Schleife beginnt mit dem manuellen An- oder Abwählen einer beliebigen Produktlebenszyklusphase. Daraufhin ermittelt die Anwendung die bei der aktuellen Phaseneingrenzung maximal benötigten Fragen und Parametereingaben und gibt diese in einem Kasten neben den Checkboxen aus. Bei Betätigung des Weiter-Buttons wird die aktuelle Auswahl übernommen und mit der Priorisierung fortgeföhren.

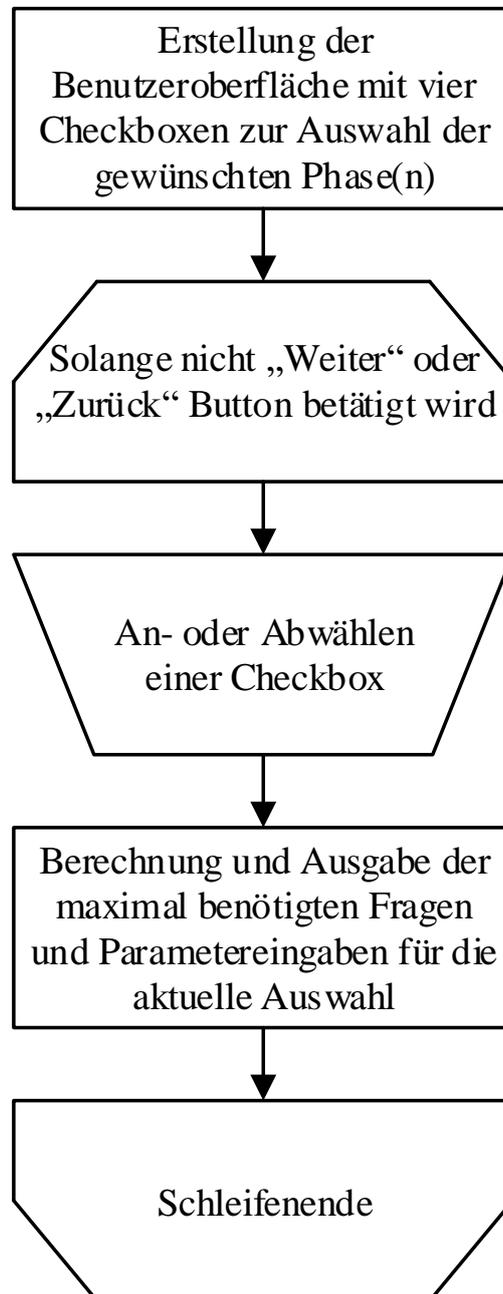


Abbildung 6-7: Phasenauswahl

Bei Klicken auf den Zurück-Button wird die aktuelle Ansicht verworfen und die Effizienzanalyse abgebrochen. Die Anwendung wechselt dann zurück ins Cockpit. In beiden Fällen wird die Schleife verlassen und das Unterprogramm Phasenauswahl abgeschlossen. Abbildung 6-8 stellt den PAP zur Priorisierung der einzelnen Kennzahlen da. Das Programm beginnt erneut mit der Erstellung der Benutzeroberfläche, welche in diesem Fall aus einer kurzen Beschreibung, der Priorisierungsmatrix, Buttons zum Export von benötigten Fragen und Parametern sowie den Schaltflächen zum Navigieren besteht. Innerhalb der Priorisierungsmatrix können alle Ressourcen und Nachhaltigkeitsdimensionen durch Option-Buttons mit 0 (Nicht ausgewählt), 1 (Normal) oder 2 (Detailliert) gewichtet werden. Wie bereits bei der Phasenauswahl folgt eine Endlosschleife, die nur mit Betätigung von Weiter oder Zurück verlassen werden kann. Innerhalb der Schleife kann der Anwender zwischen drei manuellen Aktionen wählen. Die benutzerseitige Änderung der Priorisierung einer beliebigen Ressource oder Dimension hat zur Folge, dass im Anschluss automatisch alle neun Kennzahlen-Priorisierungen neu berechnet werden. Entscheidend für eine Priorität ist dabei lediglich die Kombination aus den Prioritäten von Ressource und Nachhaltigkeitsdimension. Diese gilt dann über alle vier Lebenszyklusphasen gleichermaßen. Die von dem IT Tool angewandte Regel lautet wie folgt. Ist entweder die Ressource oder die Dimension (oder beide) auf Priorität 0, so gilt die Kennzahl in der Schnittmenge ebenfalls als nicht ausgewählt und wird in der folgenden Auswertung nicht mehr berücksichtigt. Sollte dies nicht der Fall sein, dann gilt für die Kennzahl die höhere Priorität aus Ressource und Dimension. Basierend auf den resultierenden neun Prioritäten ermittelt die Anwendung, wie viele Fragen und Parametereingaben aus der jeweiligen Kombination aus Ressource und Dimension resultieren und gibt diese innerhalb der Matrix aus.

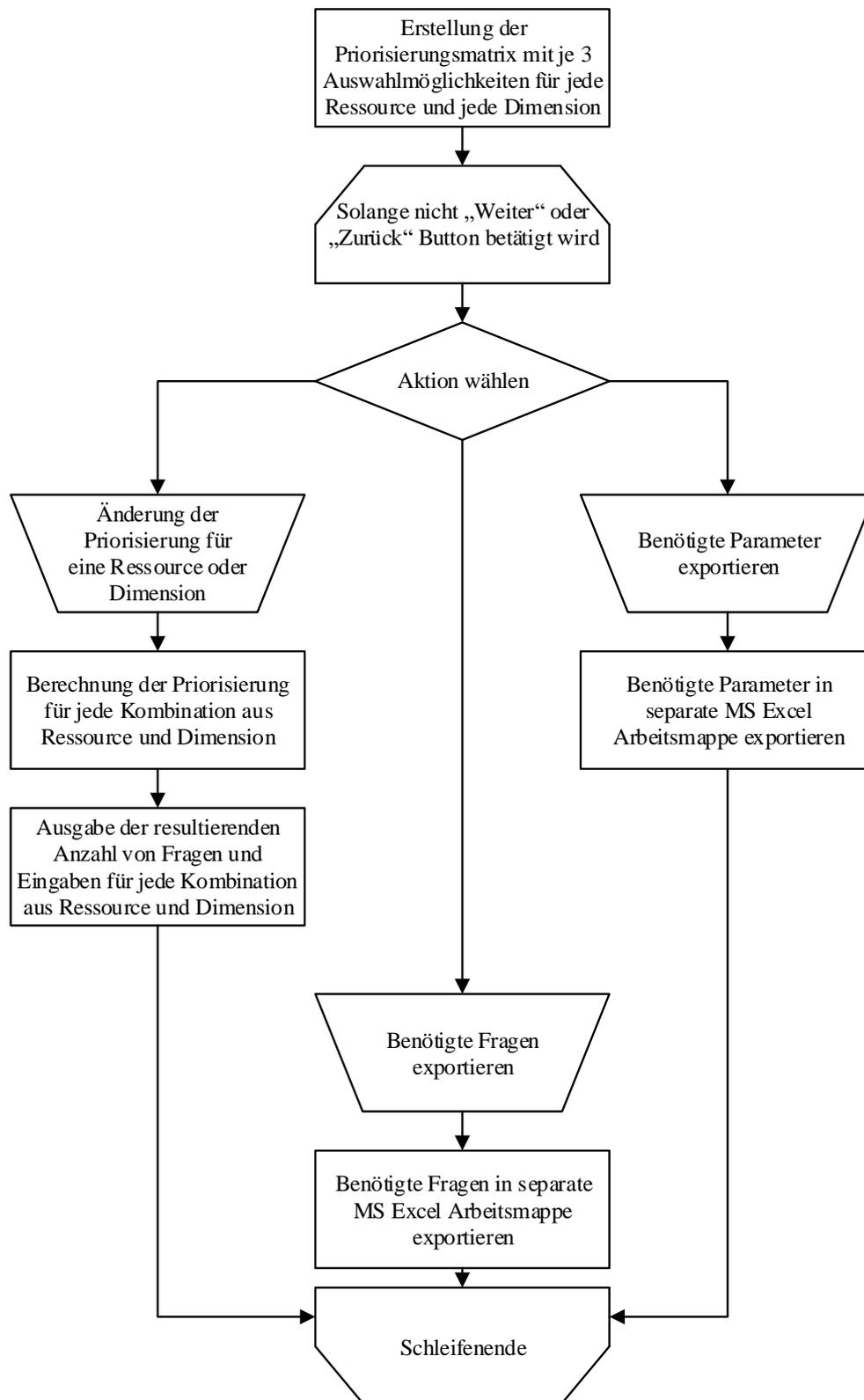


Abbildung 6-8: Priorisierung

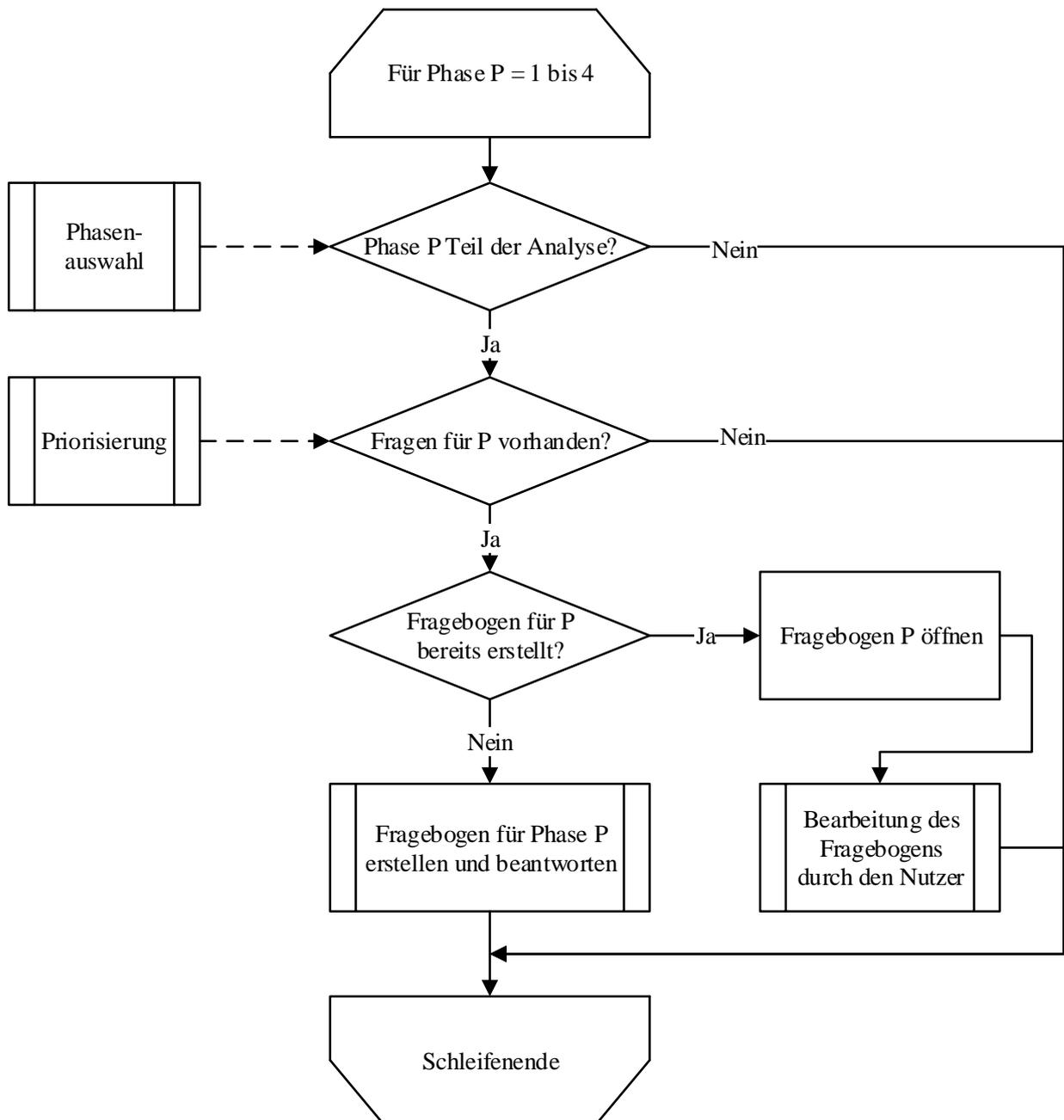


Abbildung 6-9: Auswahl Fragebögen

Weitere Optionen in diesem Abschnitt sind die Erstellung von Exports für benötigte Fragen und Parametern. In beiden Fällen werden die entsprechenden Informationen in einer separaten Microsoft Excel Arbeitsmappe gespeichert und von der Anwendung direkt geöffnet. Mit Klicken auf Weiter oder Zurück wird die Schleife verlassen und die Prozedur ist beendet. Nachdem mit Abschluss der Priorisierung die Rahmenbedingungen für die Effizienzanalyse abgesteckt wurden, beginnt das IT-Tool mit der Erstellung der Fragebögen. Insgesamt werden dabei maximal 4 Fragebögen, einer für jede ausgewählte Lebenszyklusphase, erstellt. Die Prozedur zum Auswählen der relevanten Fragebögen wird in Abbildung 6-9 beschrieben. Das Programm besteht aus einer fest definierten Schleife mit vier Durchläufen, einer für jede Phase P des Produktlebenszyklus. Zunächst wird geprüft, ob P gemäß der Phasenauswahl überhaupt Teil der Analyse ist und ob unter Berücksichtigung der vorgenommenen Priorisierung Fragen für die entsprechende Phase vorhanden sind. Sollte eines dieser Kriterien nicht erfüllt sein, wird der aktuelle Schleifendurchlauf abgebrochen und mit der nächsten Phase erneut begonnen. Andernfalls wird noch überprüft, ob bereits ein Fragebogen für Phase P erstellt wurde. Sollte dies der Fall sein, wird dieser geöffnet und der Benutzer kann diesen bearbeiten. Diese Abfrage ist notwendig, da die Möglichkeit gegeben sein muss ohne Verlust von bereits gegebenen Antworten zwischen den verschiedenen Phasen hin und her zu wechseln. Aus diesem Grund wird ein Fragebogen beziehungsweise eine Eingabemaske beim Verlassen nur ausgeblendet und kann gegebenenfalls erneut angezeigt werden ohne sie zuvor erstellen zu müssen. Sollte noch kein Fragebogen für Phase P existieren, wird das Unterprogramm zur Erstellung und Beantwortung dieses Fragebogens aufgerufen, welches in Abbildung 6-10 dargestellt ist.

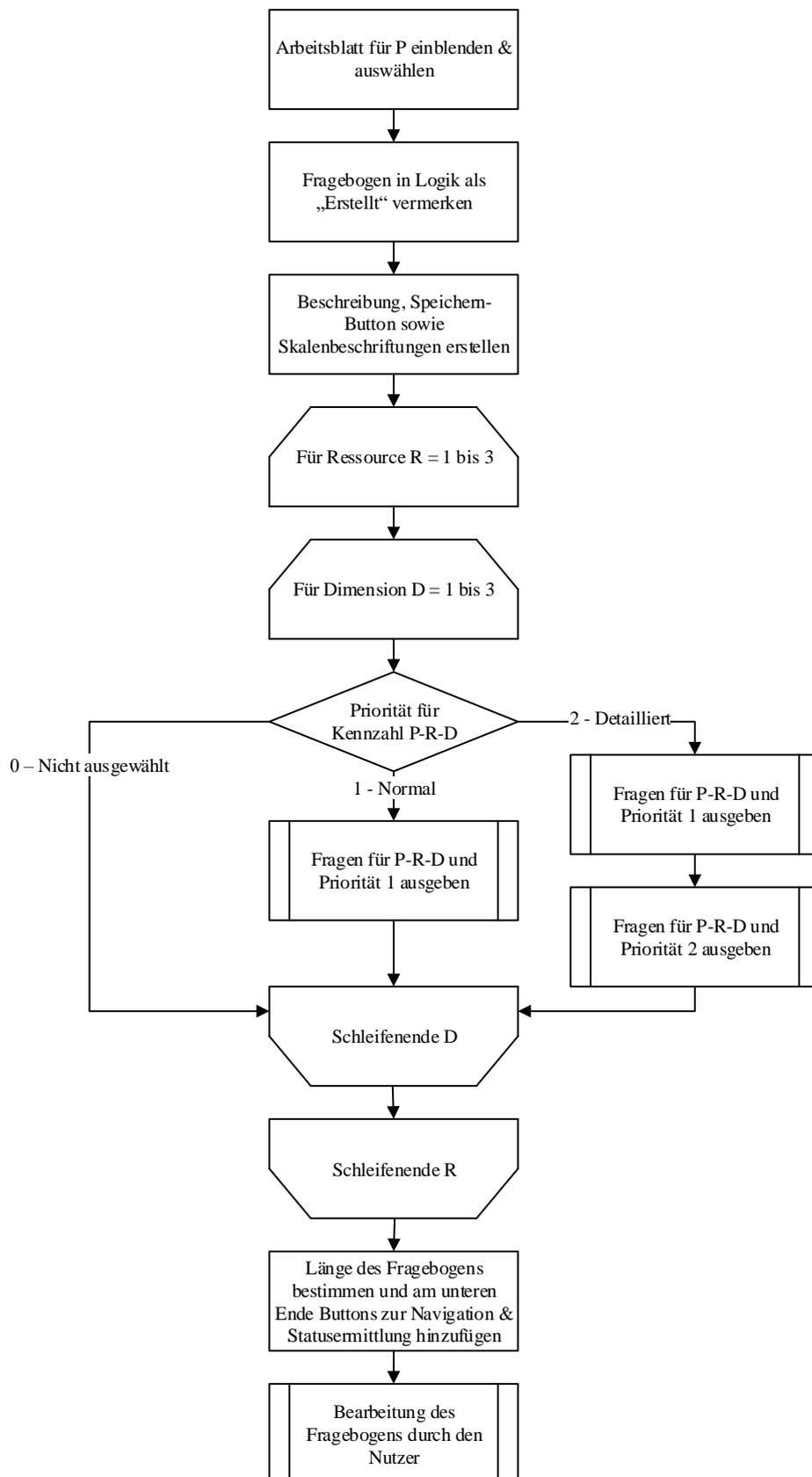


Abbildung 6-10: Beantwortung eines Fragebogens

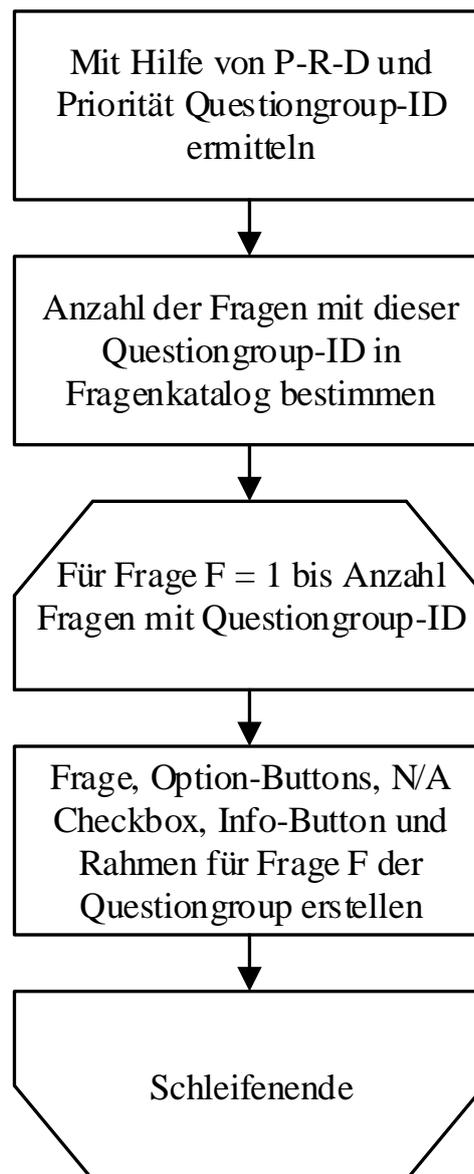


Abbildung 6-11: Fragenauswahl für eine Kennzahl P-R-D

Die Makro Sicherheitseinstellungen von Unternehmen erlauben in der Regel keinen Zugriff auf das Objektmodell des VBA Projekts und verhindern somit das systemseitige Hinzufügen eines neuen Arbeitsblatts als Grundlage für den Fragebogen. Aus diesem Grund existieren bereits leere Blätter für sämtliche Eingabemasken, welche lediglich eingeblendet und ausgewählt werden müssen. Zusätzlich wird der entsprechende Fragebogen in der Tool-Logik als erstellt vermerkt und die Beschreibung, der Speichern-Button sowie die Beschriftung der Likert Skala erstellt. Anschließend folgen zwei ineinander verschachtelte Schleifen, welche beiegebener Phase P alle Kombinationen aus Ressource R und Dimension D auf deren Priorisierung untersucht. Ist die Priorität 0 wird ohne weitere Aktionen die nächste Dimension respektive Ressource getestet. Bei einer Priorität von 1 oder 2 wird das Unterprogramm zur Ausgabe der Fragen für die Kombination aus P, R, D und Priorität 1 aufgerufen. Bei Priorität 2 folgt zusätzlich dasselbe Unterprogramm mit den Variablen P, R, D und Priorität 2. Der PAP für diesen Subprozess ist in Abbildung 6-12 dargestellt und dient zur Berechnung der benötigten Fragen. Die Gesamtheit aller Fragen für eine Kennzahl ist dabei in der Tool-Logik mit Hilfe der Questiongroup-ID zusammengefasst und setzt sich aus den Informationen zusammen, die beim Aufruf an das Unterprogramm übergeben werden. Es kann sich hierbei nur um eine einzige oder auch um bis zu sieben Fragen handeln. Um wie viele Fragen es sich im Einzelfall handelt wird von der Anwendung in einem ersten Schritt berechnet. Basierend auf dem ermittelten Wert folgt anschließend eine Schleife, die alle Fragen inklusive Option-Buttons für die Antwort, eine N/A Checkbox, einen Info-Button und Rahmen nacheinander ausgibt. Ist die Schleife vollständig durchlaufen, kehrt das Programm zurück zur Prozedur zum Erstellen von Fragebogen P. Abbildung 6-12 zeigt den PAP zur Bearbeitung eines Fragebogens.

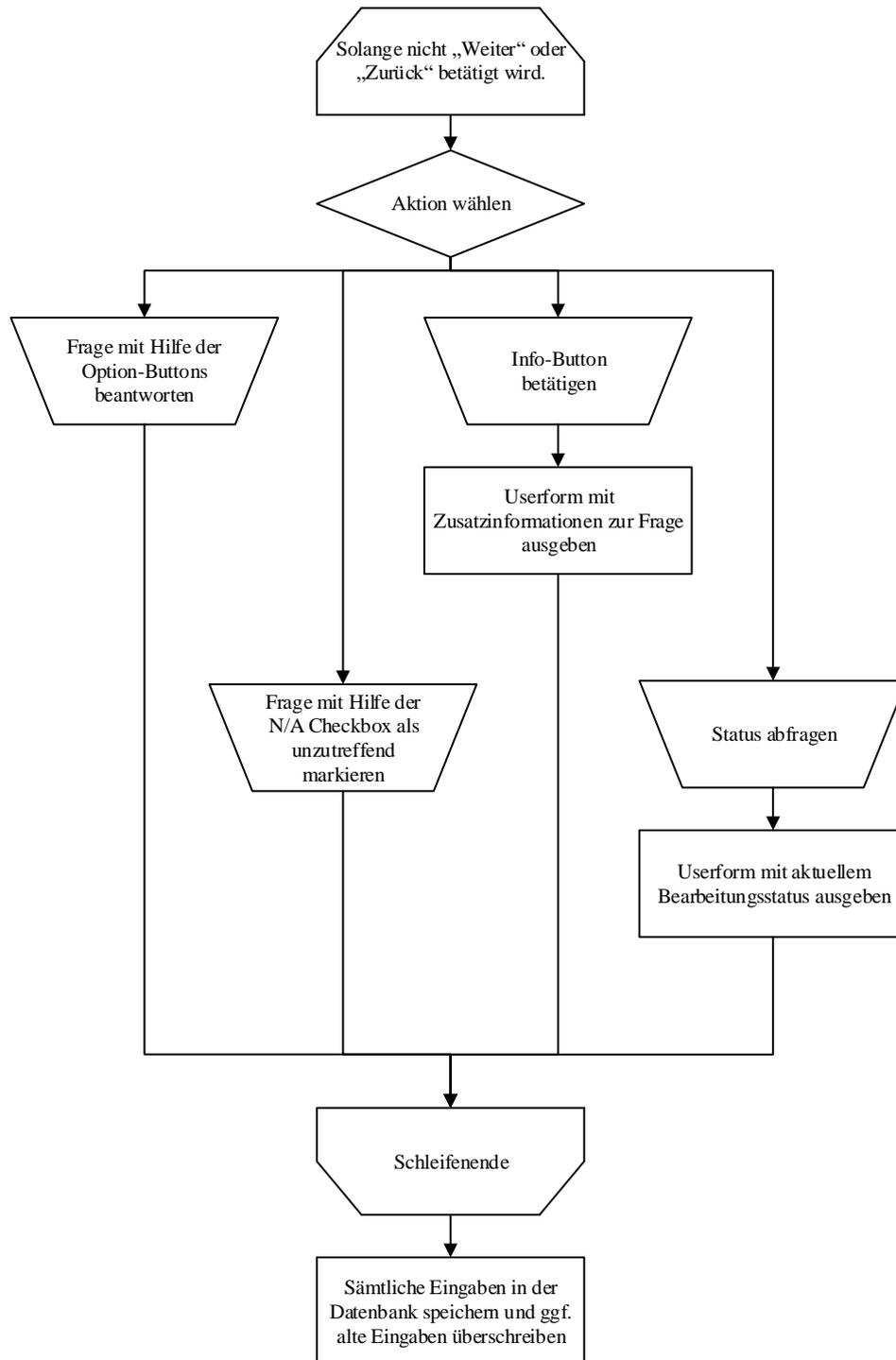


Abbildung 6-12: Bearbeitung eines Fragebogens

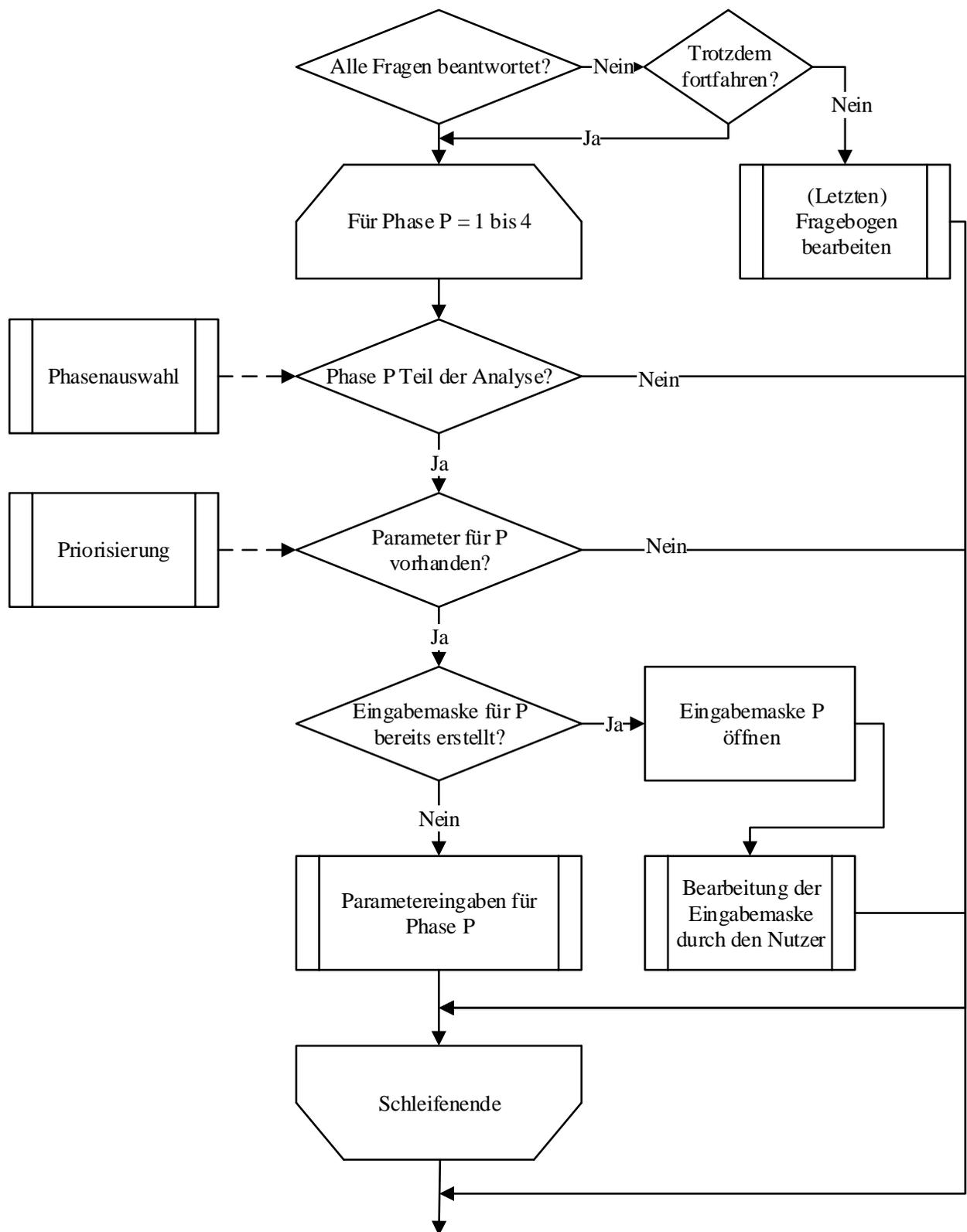


Abbildung 6-13: Parametereingaben

Dieser größtenteils manuelle Vorgang kann erneut durch eine Endlosschleife beschrieben werden, bei der Benutzer zwischen den Aktionen Frage beantworten, Frage als unzutreffend markieren, Zusätzliche Informationen abrufen und Bearbeitungsstatus abfragen wählen kann. Für den Fall, dass er sich für Letzteres entscheidet, erscheint ein Pop-up Fenster, das anzeigt welche Kennzahlen mit Hilfe der bisher gemachten Antworten und Eingaben bereits berechnet werden können. Durch Klicken auf den Info-Button öffnet sich ein Pop-up Fenster mit der jeweiligen Frage, ausformulierten Antwortoptionen und Begriffserklärungen. Der Anwender kann diese Schleife beliebig oft durchlaufen und beendet sie lediglich durch die Betätigung des Zurück- oder Weiter-Buttons. Anschließend werden sämtliche Eingaben in der Systemdatenbank gespeichert und die Unterprozedur verlassen. Nach Abschluss des letzten Fragebogens startet automatisch der Abschnitt Parametereingabe. Abbildung 6-13 gibt eine Übersicht dazu. Der Prozess startet mit einer Überprüfung, ob im vorherigen Abschnitt sämtliche Fragen beantwortet wurden. Sollte dieser Test negativ ausfallen, wird der Nutzer mit Hilfe eines Pop-up Fensters gefragt, ob er trotzdem mit der Parametereingabe fortfahren möchte. Verneint er dies, kehrt die Anwendung in den Bearbeitungsmodus des letzten Fragebogens zurück und bricht die aktuelle Prozedur ab. Der restliche Prozess entspricht in der Logik exakt dem Programm in Abbildung 6-9. In einer alle vier Produktlebenszyklusphase umfassenden Schleife testet die Anwendung, ob für die aktuelle Phase in der Phasenauswahl ein Haken gesetzt wurde, benötigte Parameter vorhanden sind und noch keine Eingabemaske existiert. Sollte nur das letzte Kriterium nicht erfüllt sein, wird die entsprechende Eingabemaske geöffnet und das Unterprogramm zur Bearbeitung dieser gestartet.

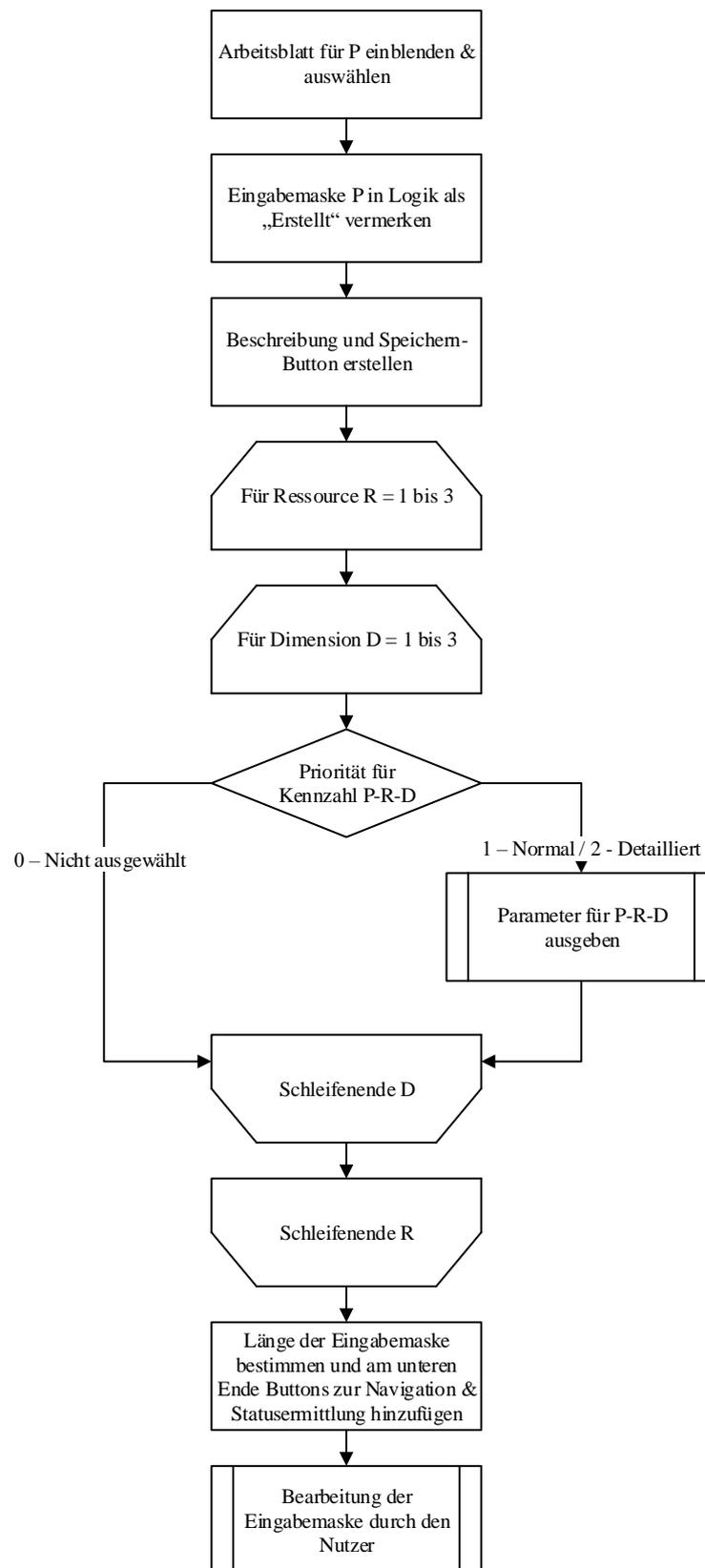


Abbildung 6-14: Parametereingabemaske für Phase P

Andernfalls wechselt das IT-Tool zu dem in Abbildung 6-14 dargestellten Subprozess zur Erstellung und Bearbeitung von Parameter-eingabemasken für Phase P. Das auch im Fall der Eingabemasken bereits bestehende Arbeitsblatt wird zunächst wieder eingeblendet und ausgewählt. Die Eingabemaske P wird als erstellt vermerkt. Anschließend wird die Beschreibung sowie ein Button zum Zwischenspeichern hinzugefügt, bevor eine Doppelschleife für jede Kombination aus gegebener Phase P sowie wechselnder Ressource R und Dimension D deren Kennzahlenpriorität ermittelt. In Abhängigkeit dieser Priorität wird entweder keine Aktion unternommen (bei Priorität 0) oder in einem Subprozess die zur Kennzahl P-R-D zugehörigen Parameter ausgegeben (bei Priorität 1 oder 2). Es ist hervorzuheben, dass bei der Parametereingabe anders als bei den Fragebögen nicht zwischen Priorität 1 und 2 unterschieden wird. Es werden in beiden Prioritätsfällen alle Parameter benötigt. Nach Abschluss der Doppelschleife ermittelt die Anwendung die Gesamtlänge der Eingabemaske und fügt am unteren Ende die bereits bekannten Schaltflächen zum Navigieren und zur Statusabfrage hinzu. Dadurch ist die individuelle Eingabemaske fertiggestellt und das IT-Tool wechselt abschließend in das Unterprogramm zur Bearbeitung von dieser. Abbildung 6-15 beschreibt allerdings zunächst wie die benötigten Parameter für eine Kennzahl P-R-D ermittelt und die Eingabemaske hinzugefügt werden. Dafür wird zunächst eine sog. Indikator-ID aus den Variablen P, R und D ermittelt und getestet, ob diese im Parameterkatalog vorhanden ist. Ist die Überprüfung negativ, folgert die Anwendung, dass für die gegebene Kennzahl keine Parameter zur Berechnung benötigt werden und beendet das Programm. Ist die Indikator-ID jedoch vorhanden wird deren Zeile in der Datenbank ermittelt und als Suchbereich für die folgende Schleife definiert.

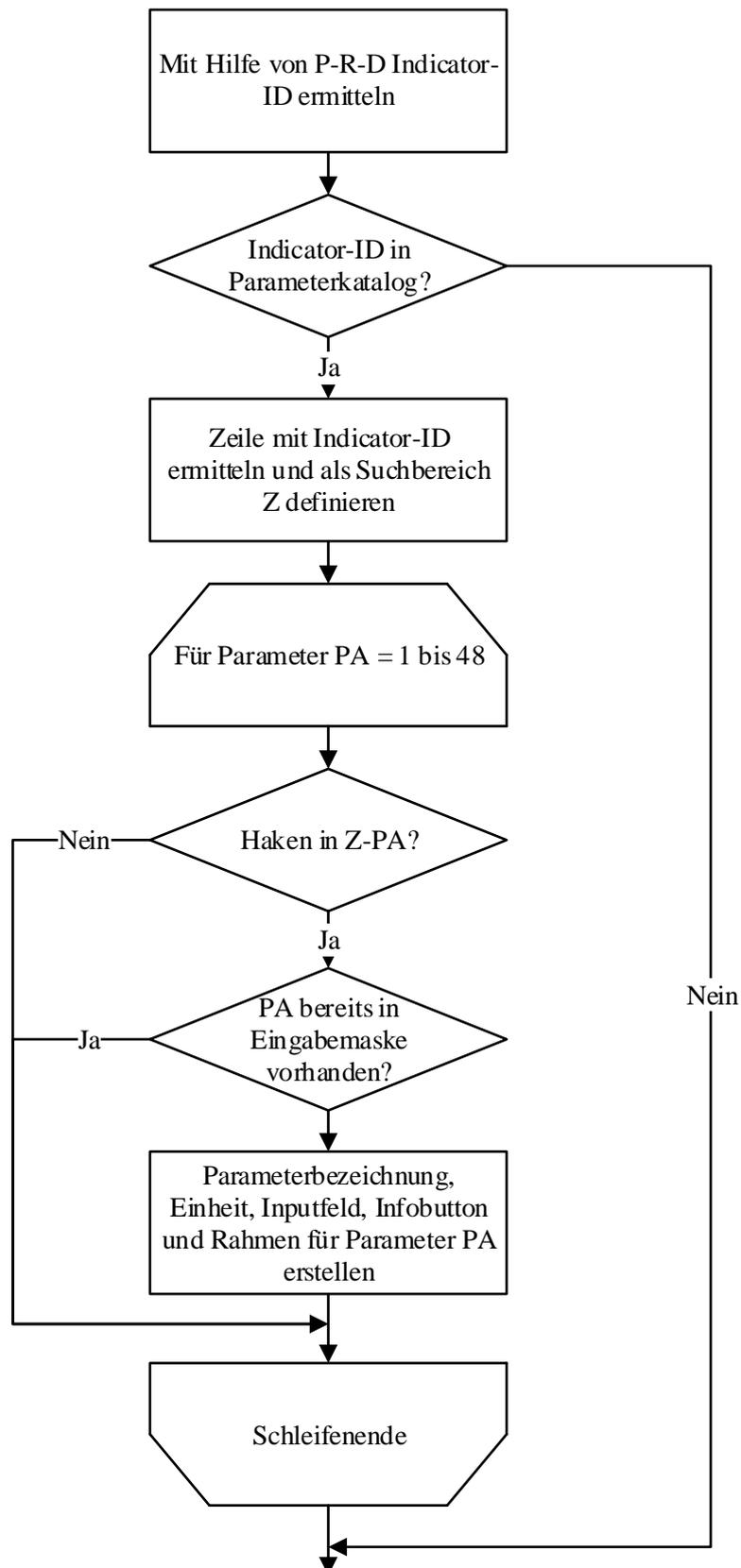


Abbildung 6-15: Parameterauswahl für eine Kennzahl P-R-D

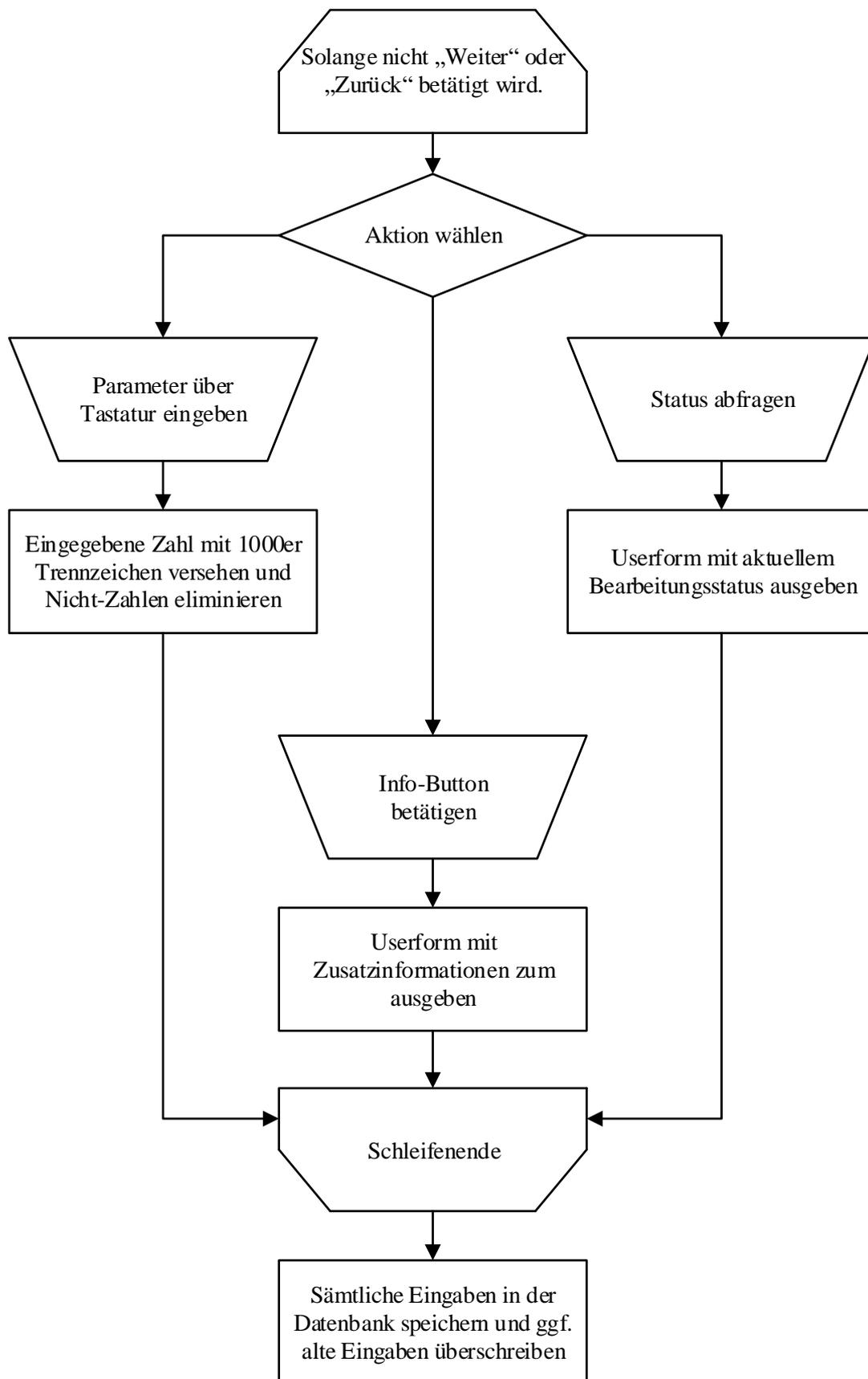


Abbildung 6-16: Bearbeitung einer Parametereingabemaske

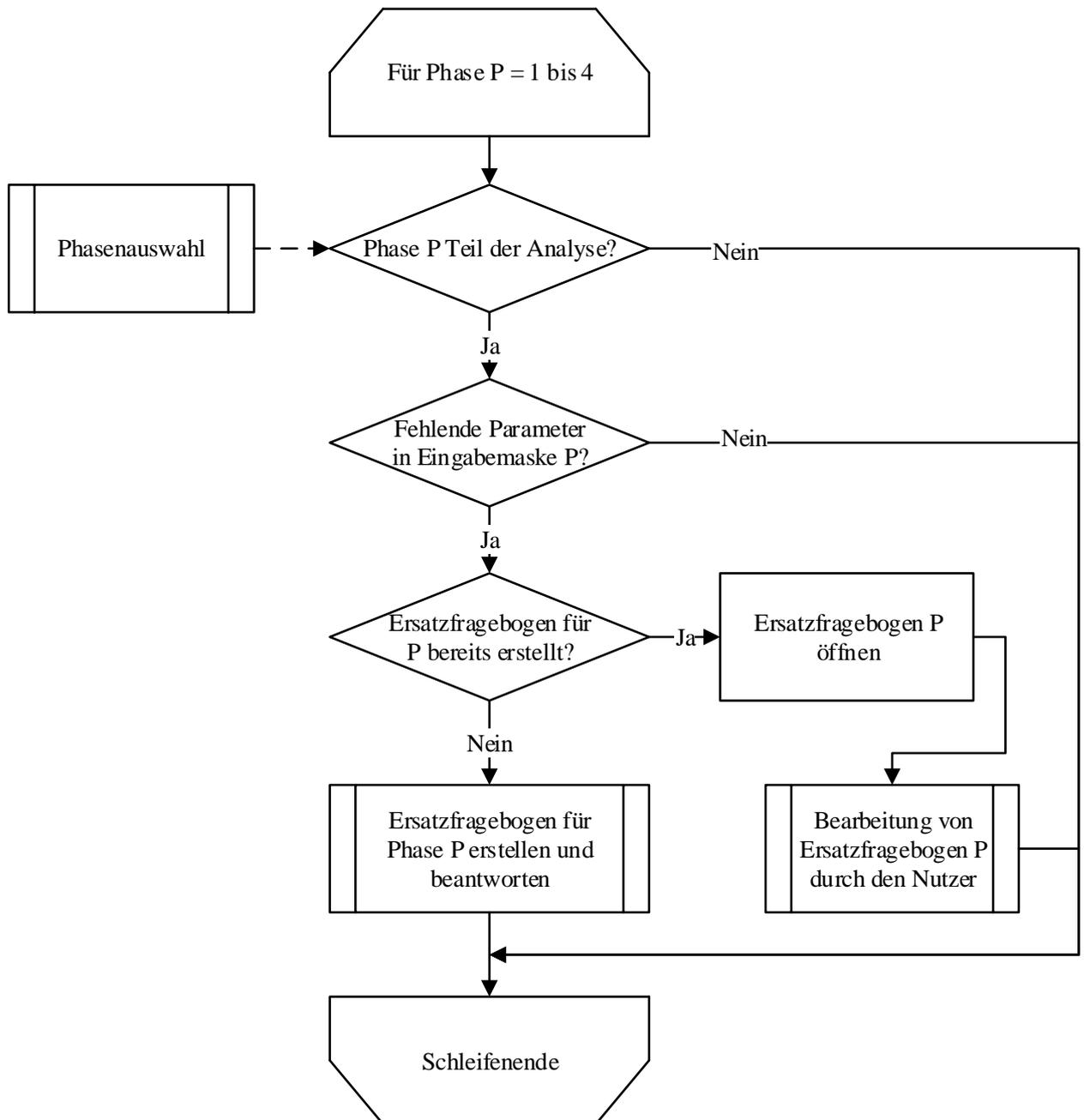


Abbildung 6-17: Abschnitt Ersatzfragebögen

Die Schleife geht durch die insgesamt 48 Spalten, in denen die möglichen Parameter angetragen sind, und überprüft jeweils, ob ein Haken gesetzt ist. Sollte dies der Fall sein, schließt das IT-Tool daraus, dass der entsprechende Parameter benötigt wird. Nach einer Überprüfung, ob dieser Parameter bereits auf der Eingabemaske vorhanden ist, weil er für eine andere Kennzahl ebenfalls benötigt wird, folgt die systemseitige Ausgabe von diesem. Jeder Parameterblock besteht dabei aus der Bezeichnung, der Einheit, einem Inputfeld, einem Info-Button sowie dem Rahmen. Mit Abschluss der Schleife endet auch dieses Unterprogramm. Abschließend wird erneut die Bearbeitung der entstandenen Eingabemaske durch den Benutzer dargestellt. Abbildung 6-16 zeigt wieder die bereits aus den vorherigen Kapiteln bekannte Endlosschleife, welche lediglich durch Weiter oder Zurück verlassen werden kann. Der Benutzer kann während der Bearbeitung zwischen drei Aktionen wählen. Gibt er für einen Parameter einen Wert ein, stellt die Anwendung beim Verlassen der Inputbox sicher, dass nur Zahlen eingegeben wurden und fügt zum Zwecke der Anschaulichkeit Tausendertrennzeichen hinzu. Beim Klicken auf den Info-Button erhält der Benutzer Zusatzinformationen wie Begriffserklärungen, durch den Parameter beeinflusste Kennzahlen sowie den Wert der letzten Analyse in Form eines Pop-up Fensters. Die Statusabfrage ist identisch mit der selbigen im Abschnitt Fragebögen. Beendet der Benutzer die Schleife durch die Navigationsschaltflächen, werden sämtliche Eingaben in der Datenbank gespeichert und das Programm beendet. Wie im Gesamtprozess aufgezeigt, wird das Unterprogramm Ersatzfragen nur aufgerufen, wenn benötigte Parametereingaben ausstehend sind und der Anwender diese nicht nachtragen möchte oder kann. Abbildung 6-18 zeigt den PAP zur Auswahl, Erstellung und nutzerseitigen Bearbeitung von etwaigen Ersatzfragebögen.

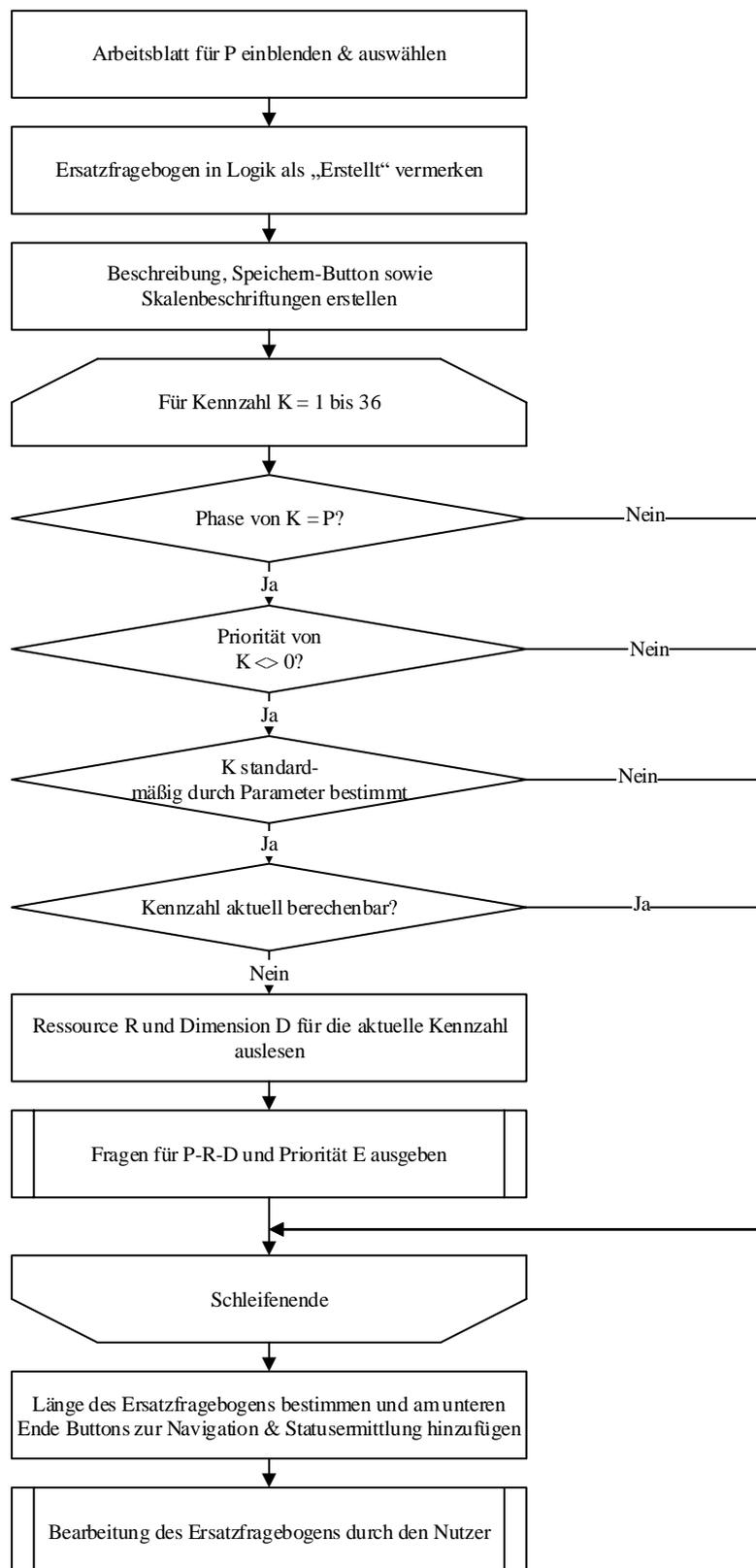


Abbildung 6-18: Erstellung eines Ersatzfragebogen

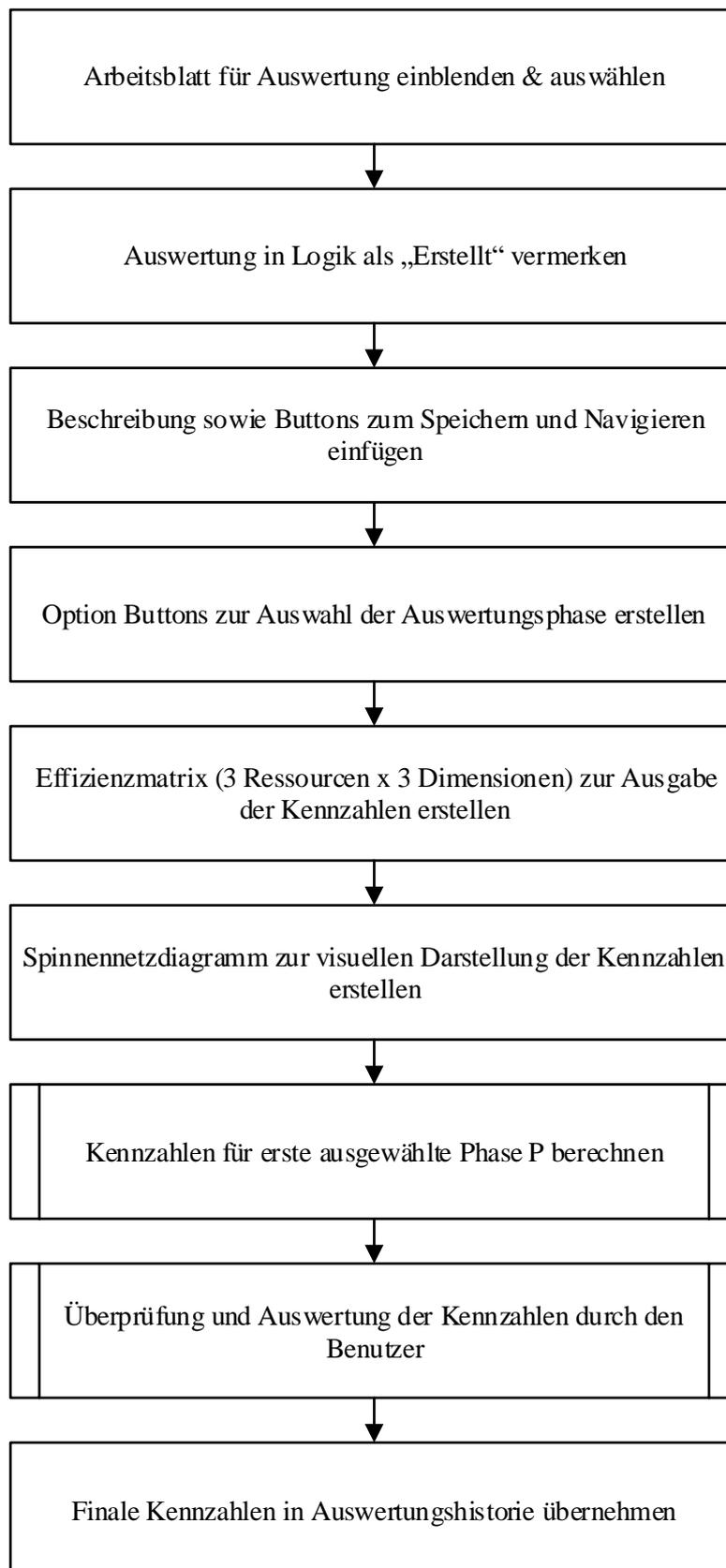


Abbildung 6-19: Abschnitt Auswertung

Eine Schleife, welche die Phasen eins bis vier durchläuft, überprüft, ob die aktuelle Phase P Teil der Analyse ist, in der zugehörigen Eingabemaske Parameter nicht eingetragen wurden und noch kein Ersatzfragebogen für Phase P existiert. Letztere Abfrage ist bereits aus den PAPs von Fragebögen und Eingabemasken bekannt. Falls ein Ersatzfragebogen bereits vorhanden ist, wird er geöffnet und kann unmittelbar vom Anwender bearbeitet werden. Sollten jedoch alle Kriterien erfüllt sein, wird das Unterprogramm zur Erstellung und anschließenden Bearbeitung des Ersatzfragebogens gestartet. Anhand der ersten Prozessschritte in Abbildung 6-18 lässt sich bereits erkennen, dass der graphische Aufbau von Ersatzfragebögen exakt demjenigen von normalen Fragebögen entspricht. Nach Abschluss der Parametereingabe beziehungsweise der Ersatzfragebögen, falls diese nötig waren, hat die Anwendung sämtliche Informationen zur Berechnung der Kennzahlen abgefragt. Es folgt die Auswertung, bei welcher der Benutzer die Möglichkeit hat das Zustandekommen der einzelnen Kennzahlen zu überprüfen und gegebenenfalls Änderungen vorzunehmen. Abbildung 6-19 beschreibt den dazugehörigen Prozess. Zunächst wird wieder das entsprechende Blatt der Excel Arbeitsmappe eingeblendet und die Auswertung als erstellt vermerkt. Ferner werden eine Beschreibung und Buttons zum Speichern und Navigieren eingefügt. Es folgen Option Buttons zum Auswählen der Produktlebenszyklusphase, die ausgewertet werden soll, eine Matrix zur Ausgabe der Effizienzkennzahlen sowie ein Spinnennetzdiagramm zur visuellen Darstellung der neun Kennzahlen. Bereits bei der Erstellung der Benutzeroberfläche ermittelt das IT-Tool die erste ausgewertete Phase und berechnet in einem Unterprogramm die Kennzahlen für diese. Anschließend kann der Benutzer die resultierenden Kennzahlen überprüfen und auswerten. Dies findet ebenfalls in einem Subprozess statt. Abschließend übernimmt die Anwendung

die finalen Kennzahlen in die Auswertungshistorie, welche später für historische Vergleiche im Cockpit benötigt wird. Abbildung 4-15 zeigt das Unterprogramm zur Berechnung der Kennzahlen für eine Phase P. Der Prozess beginnt mit einer Schleife, die alle neun Effizienz Kennzahlen der ausgewählten Phase durchläuft. Zu Beginn wird überprüft, ob die aktuelle Kennzahl Teil der Analyse ist. Trifft dies nicht zu, springt die Anwendung direkt ans Schleifenende und fährt mit der nächsten Kennzahl fort. Andernfalls untersucht das IT-Tool wie die aktuelle Kennzahl berechnet werden kann. Dies ist in der zugrundeliegenden Tool-Logik hinterlegt und berücksichtigt bereits die Möglichkeit von etwaigen Ersatzfragebögen. Für den Fall, dass es sich um eine Kennzahl handelt, die durch eine Formel ermittelt wird, werden zur Berechnung die eingegebenen Parameter (und in Spezialfällen Antworten) in diese eingesetzt. Als Gewichtung wird in diesem Szenario der Maximalwert 1 zugewiesen. Bei Kennzahlen, welche durch Fragebögen ermittelt werden, werden die einzelnen Antworten für die entsprechende Kennzahl zunächst in Werte zwischen 0 Prozent und 100 Prozent umgewandelt. Anschließend wird der Durchschnitt gebildet. Die zugehörige Gewichtung hängt zunächst davon ab, ob es sich um einen Kurzfragebogen (Priorität 1) oder vollumfänglichen Fragebogen (Priorität 2) handelt. Im ersten Fall beträgt die Ausgangsgewichtung 0,5 und andernfalls 1. Die Ausgangsgewichtung wird im Nachgang um den Anteil der nicht beantworteten Fragen reduziert. Die beschriebene Vorgehensweise dient dazu, die Quantität der gemachten Benutzereingaben bei der Kennzahlengewichtung zu berücksichtigen. Bei der dritten Option, der Kennzahlenermittlung durch Ersatzfragebögen, wird zur Berechnung wie bei normalen Fragebögen vorgegangen. Die Ausgangsgewichtung ist jedoch immer 0,5 und wird gegebenenfalls anschließend wieder reduziert.

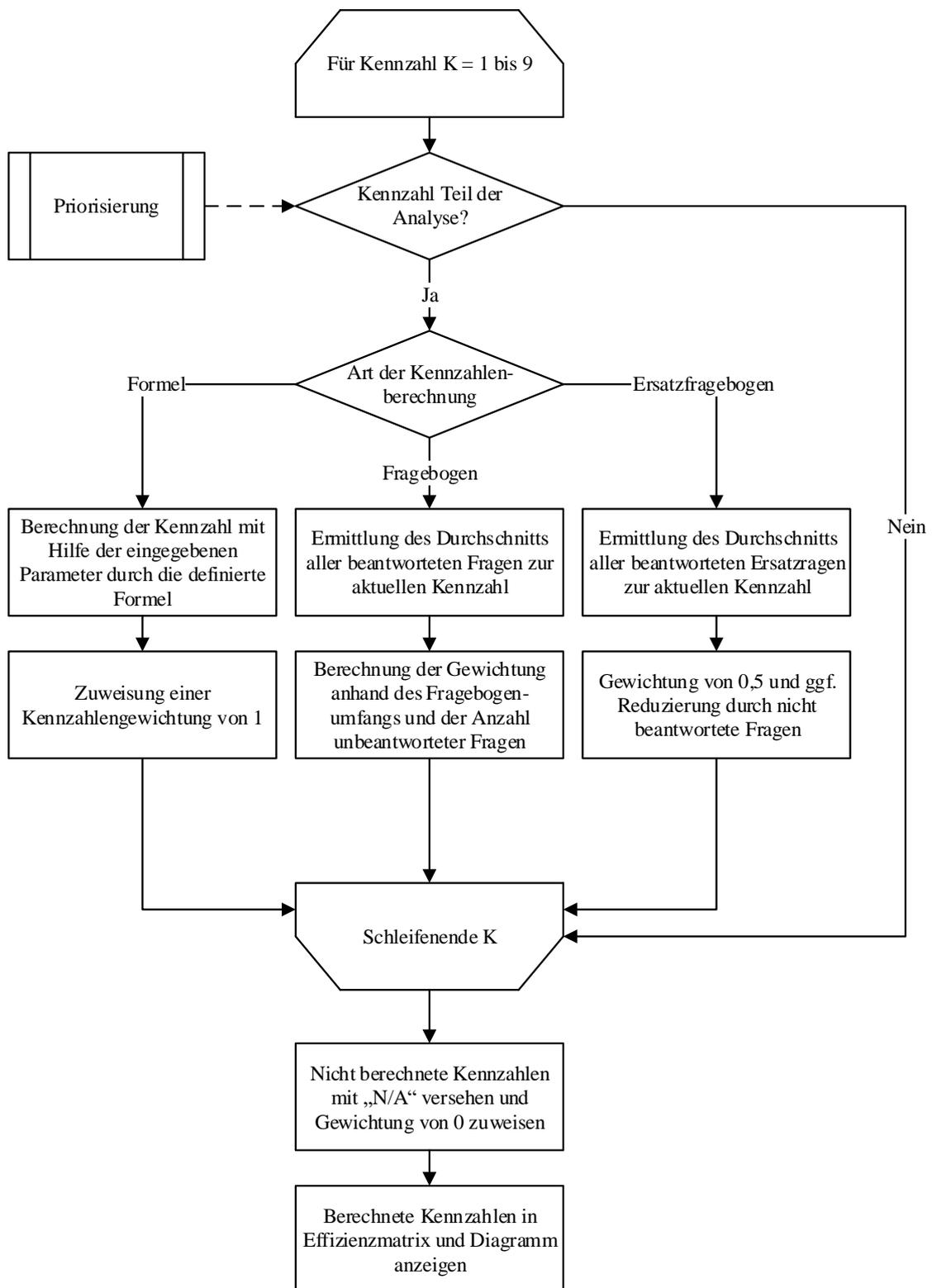


Abbildung 6-20: Berechnung von Effizienzkennzahlen

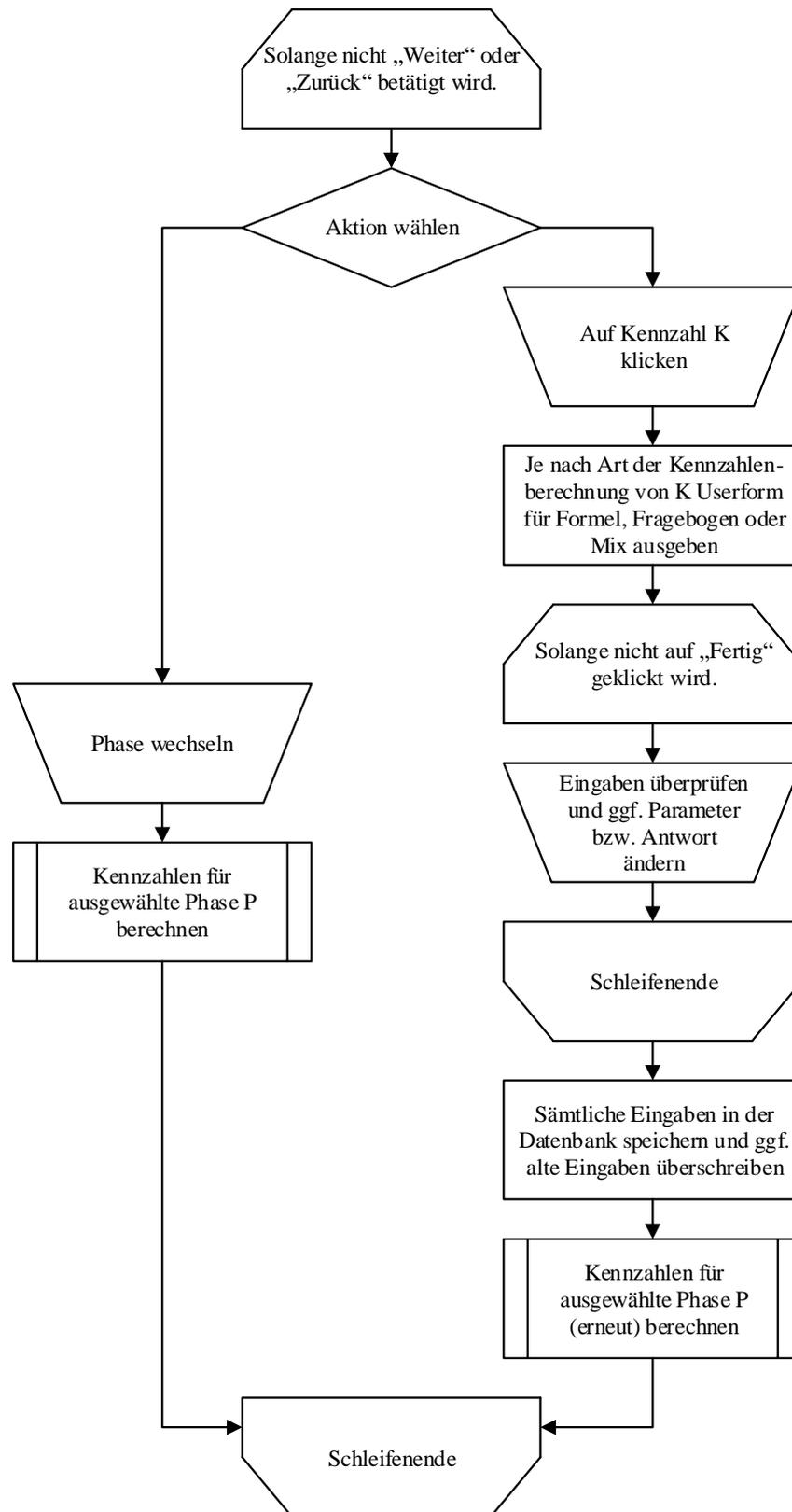


Abbildung 6-21: Überprüfung und Auswertung der Kennzahlen

Nach Ende der Schleife wird Kennzahlen, die nicht berechnet wurden, der Wert N/A und eine Gewichtung von 0 zugewiesen. Danach werden alle neun Kennzahlen innerhalb der erstellten Benutzeroberfläche sowohl in der Effizienzmatrix als auch im Spinnennetzdiagramm ausgegeben. Abbildung 6-21 zeigt das Unterprogramm zur nutzerseitigen Überprüfung und Auswertung der berechneten Kennzahlen. Wie alle PAPs zu manuellen Aktionen wird auch dieser Prozess mit Hilfe einer Endlosschleife mit Betätigung von Zurück oder Weiter als Abbruchbedingung dargestellt.

Innerhalb der Schleife hat der Nutzer zunächst zwei Möglichkeiten. Er kann entweder mit Hilfe der Option Buttons die Phase wechseln oder aber auf eine der neun Kennzahlen der aktuellen Phase klicken, um diese genauer zu betrachten. Bei der erstgenannten Option wird die Subprozedur aus Abbildung 6-20 erneut mit der neuen Phase P durchlaufen und die Kennzahlenmatrix sowie das Diagramm aktualisiert. Entscheidet sich der Anwender für die zweite Aktion, das Klicken auf eine in der Matrix dargestellte Kennzahl, öffnet sich ein Pop-up Fenster, welches in seiner genauen Ausprägung von der Art der zugrundeliegenden Kennzahlenberechnung abhängt. Entscheidend für das Verständnis der Tool-Logik ist jedoch nur, dass dort alle Parameter und Antworten, die zur Berechnung der Kennzahl beigetragen haben, sowie gegebenenfalls die zugehörige Formel angezeigt werden. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle darauf verzichtet die verschiedenen Fälle einzeln aufzuführen. Das entstehende Pop-up Fenster kann in jedem Fall als erneute Endlosschleife beschrieben werden, die nur durch Betätigung der Schaltfläche Fertig verlassen werden kann. Innerhalb der Schleife hat der Benutzer die Möglichkeit Parameter und Antworten zu überprüfen sowie nach Bedarf zu verbessern. Beim Verlassen der Ansicht werden sämtliche Eingaben in die Datenbank übernommen

und mit Hilfe der Subprozedur aus Abbildung 6-20 werden die Kennzahlen der aktuellen Lebenszyklusphase erneut berechnet, um etwaige Änderungen sichtbar zu machen. Anschließend kann der Anwender die äußere Schleife erneut durchlaufen und beispielsweise eine andere Kennzahl auswerten.

Das Hauptprogramm Handlungsempfehlungen in Abbildung 6-22 schließt sich direkt an die Auswertung an. Es startet mit einem Unterprogramm zur individuellen Einteilung sämtlicher Empfehlungen in Aufwandscluster. Danach folgt die Erstellung der grundlegenden Benutzeroberfläche, welche sehr stark dem Prozess zur Erstellung der Auswertung in Abbildung 6-19 ähnelt. Die Effizienzmatrix in diesem Bereich ist jedoch um eine zusätzliche Summenzeile für dimensionsübergreifende Kennzahlen erweitert. Neu ist außerdem ein Button zum Export ausgewählter Handlungsempfehlungen. Auf ein Diagramm wird hingegen in dieser Ansicht verzichtet. Zum Abschluss des Hauptprozesses werden drei weitere Unterprogramme aufgerufen. Auf die bereits bekannte Prozedur zur Berechnung der neun Effizienzkennzahlen der aktuellen Phase folgt ein Subprozess zur Ermittlung der aggregierten Kennzahlen und abschließend ein Programm zur Berechnung der Handlungsempfehlungen und nutzerseitigen Bearbeitung dieser. Für die individuelle Einteilung der Handlungsempfehlungen in die Aufwands-Cluster Low, Mid und High erstellt die Anwendung ein Pop-up Fenster mit je einem Schieberegler für die drei Aufwandsdimensionen Personal, Finanzen und Zeit. Mit diesen Reglern vergibt der Benutzer dann Gewichtungen zwischen 0 und 100. Anschließend berechnet das IT-Tool mit Hilfe der individuellen Gewichtungen und den vordefinierten Aufwandskoeffizienten für jede Handlungsempfehlung einen Gesamtaufwand. Basierend darauf folgt dann die Einteilung in das jeweilige Aufwandscluster.

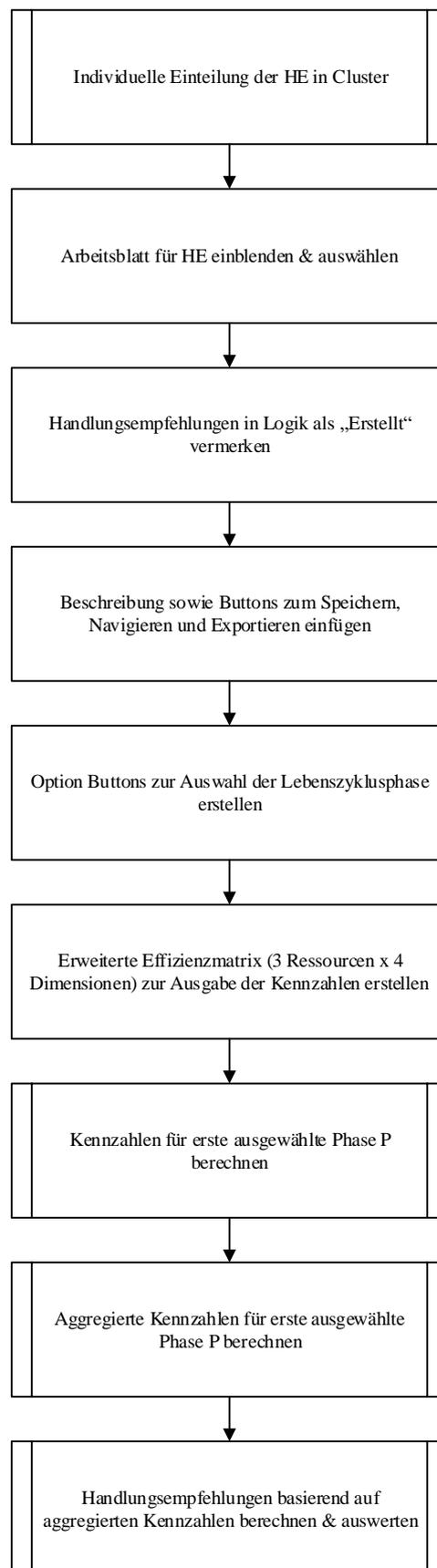


Abbildung 6-22: Abschnitt Handlungsempfehlungen

Die nächste Subprozedur beschreibt die Berechnung der aggregierten Kennzahlen. Diese sind dimensionsübergreifend und werden anhand des gewichteten Durchschnitts der drei normalen Kennzahlen der entsprechenden Phase und Ressource berechnet. Die Ermittlung der dazu benötigten Kennzahlen-Gewichtungen wurde bereits im vorhergehenden Text aufgezeigt. Die beschriebene Berechnung erfolgt innerhalb einer Schleife, die alle drei aggregierten Kennzahlen der aktuellen Phase durchläuft. Im nächsten Schritt werden alle dimensionsübergreifenden Kennzahlen, deren zugrundeliegenden Effizienz-kennzahlen eine Gesamtgewichtung von 0 haben mit dem Wert N/A versehen. Dies ist notwendig, damit der Nutzer später zwischen einer aggregierten Kennzahl mit tatsächlichem Wert 0 und einer schlicht nicht berechneten Kennzahl unterscheiden kann. Eine Gesamtgewichtung von 0 impliziert nämlich, dass keine der drei zugehörigen Kennzahlen berechnet wurde. Ein aggregierter Kennzahlenwert von 0 bei einer Gesamtgewichtung größer 0 wiederum zeigt, dass alle in die Berechnung einfließenden normalen Kennzahlen den Wert 0 aufweisen. Zum Abschluss der Prozedur werden die dimensionsübergreifenden Kennzahlen noch in der vorgesehenen Summenzeile der Matrix ausgegeben. Der folgende PAP in Abbildung 6-23 beschreibt die nutzerseitige Bearbeitung des Bereichs Handlungsempfehlungen und ist aus diesem Grund wieder als Endlosschleife dargestellt. Der Benutzer kann in dieser Ansicht zwischen den Aktionen Phase wechseln, Handlungsempfehlungen exportieren und Anklicken einer aggregierten Kennzahl wählen. Entscheidet er sich für ersteres, werden zwei Subprozeduren aufgerufen und sowohl die normalen als auch die dimensionsübergreifenden Kennzahlen für die neue Phase berechnet. Beim Klicken auf den Button Handlungsempfehlungen exportieren wird die aktuelle Version des virtuellen Exports in einer neuen Microsoft Excel Arbeitsmappe gespeichert und geöffnet.

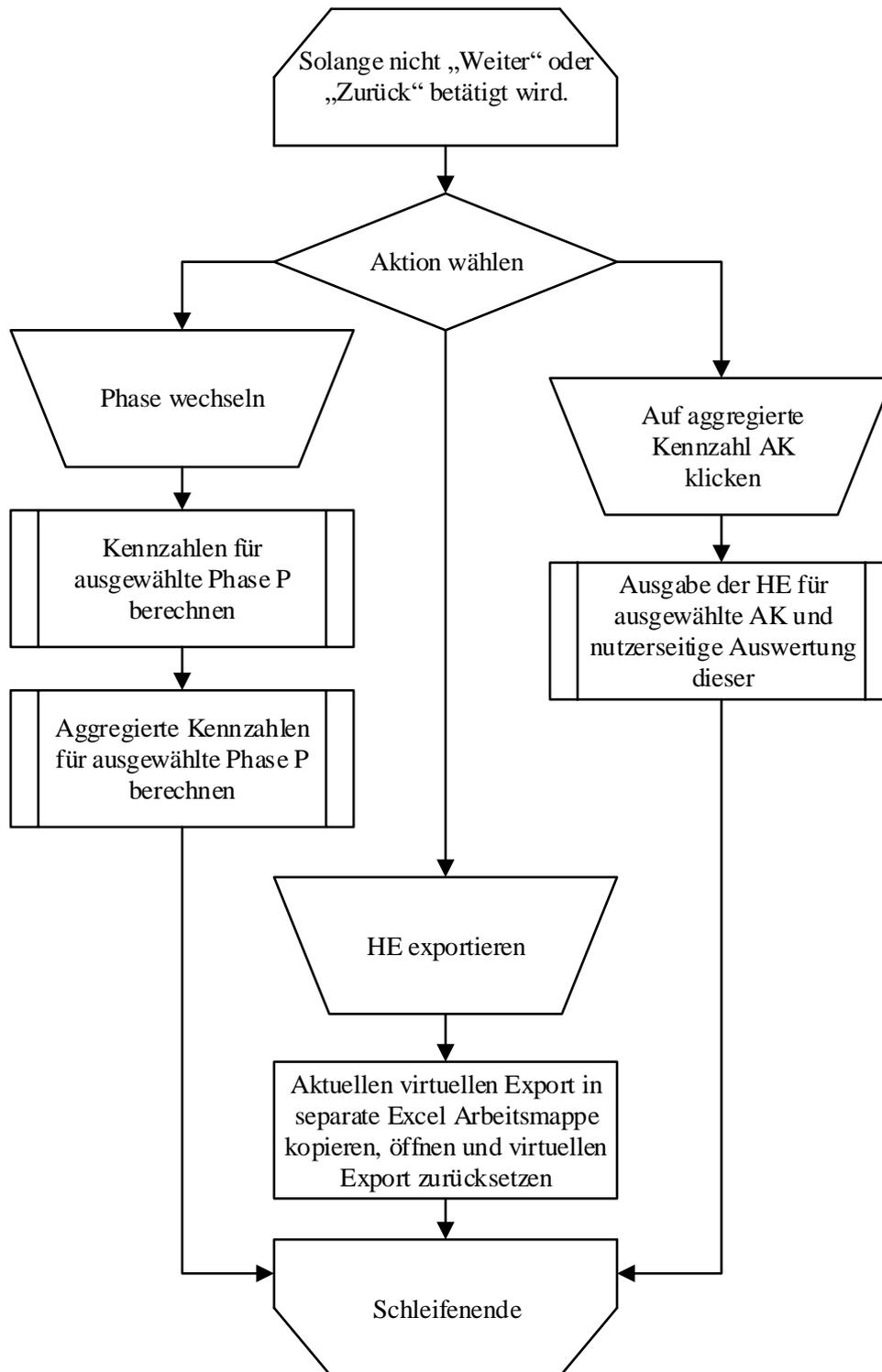


Abbildung 6-23: Bearbeitung von Handlungsempfehlungen

Unter virtuellem Export wird im IT-Tool eine interne Tabelle mit allen bisher ausgewählten Handlungsempfehlungen verstanden. Diese wächst solange an, bis der Export aktiv durch den Benutzer durchgeführt wird. Geschieht dies, wird der aktuelle Stand der Tabelle ansprechend formatiert, in einer separaten Datei gespeichert und der virtuelle Export anschließend zurückgesetzt. Bei der letzten Option, dem Klicken auf eine der drei aggregierten Kennzahlen, können die Handlungsempfehlungen für den Export ausgewählt werden. Diese Aktion ruft in der Anwendung eine erneute Subprozedur auf, welche in Abbildung 6-24 beschrieben wird. Zunächst müssen die relevanten Handlungsempfehlungen anhand der aktuell ausgewählten Lebenszyklusphase, der Ressource und dem erreichten Effizienzwert der dimensionsübergreifenden Kennzahl ausgewählt werden. Dimensionsübergreifende Kennzahlen mit Effizienzgraden bis 33,3 Prozent fallen in das Cluster Low, Kennzahlen zwischen 33,4 Prozent und 66,6 Prozent ins Cluster Mid und Kennzahlen mit Werten darüber ins Cluster High. Anschließend werden die so ermittelten relevanten Handlungsempfehlungen in einem Pop-up Fenster ausgegeben. Initial werden aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die ersten sechs Empfehlungen angezeigt. Die Auswahl erfolgt dabei gemäß der Reihenfolge in der Datenbank. Neben dem Titel der jeweiligen Empfehlung werden im erstellten Fenster drei kleine gestapelte Kugeln erzeugt, welche als Button zum Abrufen der Details dienen. Zusätzlich gibt es je eine Spalte mit Checkboxes zum Ausblenden beziehungsweise Exportieren der jeweiligen Handlungsempfehlung. Ein Button, der zusätzliche relevante Empfehlungen anzeigen beziehungsweise wieder ausblenden kann ist ebenfalls Bestandteil des Pop-up Fensters. In der erstellten Ansicht hat der Anwender verschiedene Optionen zur manuellen Bearbeitung.

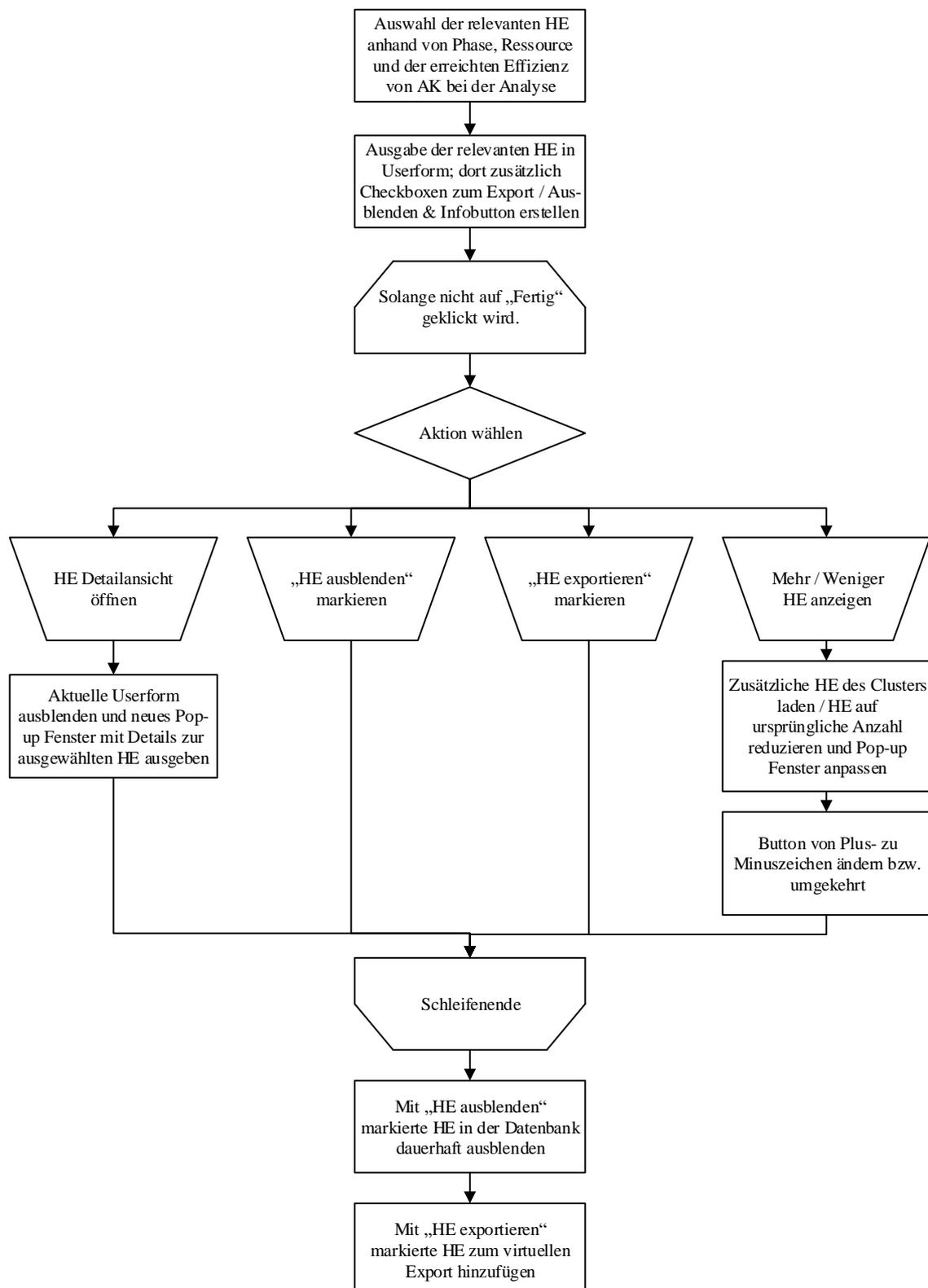


Abbildung 6-24: Auswerten der Handlungsempfehlungen

Diese werden im PAP mit einer Endlosschleife dargestellt, die das Klicken auf Fertig als Abbruchbedingung aufweist. Beim Öffnen der Detailansicht wird das Pop-up Fenster mit allen Handlungsempfehlungen vorübergehend ausgeblendet und weicht einem neuen Fenster mit zusätzlichen Details zur ausgewählten Handlungsempfehlung. Die Detailangaben umfassen eine genaue Beschreibung, Praxisbeispiele sowie Quellen. Außerdem gibt es ein Textfeld für Kommentare. Entscheidet sich der Benutzer die aktuelle Liste der Handlungsempfehlungen zu erweitern, geschieht dies über den Klick auf den Plus-Button. Die Anwendung sucht dann nach weiteren Empfehlungen, welche die beschriebenen Kriterien erfüllen, und erweitert das Popup Fenster. Der Button verändert sich zu einem Minuszeichen und kann in einer nächsten Iteration dazu verwendet werden die Liste wieder auf die initialen sechs Einträge zu reduzieren. In diesem Fall passt sich das Fenster erneut an und der Button wird wieder zu einem Plus-Zeichen. Die letzten beiden Optionen umfassen das Auswählen der Checkboxen zum Ausblenden und Exportieren einer angezeigten Handlungsempfehlung. Bei beiden manuellen Aktionen passiert unmittelbar zunächst nichts. Erst beim Verlassen der Schleife durch Schließen des Pop-up Fensters setzt das IT-Tool in der Empfehlungs-Datenbank einen entsprechenden Vermerk für auszublendende Handlungsempfehlungen und verhindert somit, dass diese erneut vorgeschlagen werden. Abschließend erstellt die Anwendung für jede zu exportierende Empfehlung eine Reihe im beschriebenen virtuellen Export.

Anleitung zur Benutzung des IT-Tools

Für die Bedienung des IT-Tools wird in diesem Abschnitt eine Erläuterung der Benutzeroberfläche und die Funktionen des Tools aus Nutzersicht näher erläutert. Das IT-Tool besteht aus im Wesentlichen aus

5 Komponenten, dem Cockpit, der Frageeingabemaske, der Parametereingabe, der Auswertung und den Handlungsempfehlungen. Für das Tool sind folgende Systemvoraussetzungen zu erfüllen.

- Computer und CPU mit 1 GHz Architektur x86, x64 oder höher
- mind. 2 GB RAM (32-Bit) beziehungsweise 4 GB RAM (64-Bit),
- Betriebssystem Windows 7 oder höher,
- Microsoft Excel 2010 oder höher, Makroaktivierung notwendig und
- ein Bildschirm mit mindestens 1024 x 768 Pixel Auflösung.

Bei der Anwendung ist zu beachten, dass die Anwendung beim Öffnen temporäre Änderungen an der Microsoft Excel Konfiguration vornimmt. Deshalb ist es nicht möglich das Analyse-Tool durch Doppelklick auf die XLSM-Datei zu öffnen, wenn bereits andere Microsoft Excel Arbeitsmappen geöffnet sind. In diesem Fall ist es notwendig zuerst eine zusätzliche Instanz von Microsoft Excel zu öffnen. Alternativ können alle anderen Arbeitsmappen auf dem Computer geschlossen werden und anschließend die XLSM-Datei mit Hilfe eines Doppelklicks geöffnet werden. Sofern Microsoft Excel den Benutzer dazu auffordert, muss bei der erstmaligen Verwendung des Effizienzbewertungs-Tools zusätzlich noch dem Inhalt vertrauen und Makros aktivieren erlaubt werden. Um eine Datei in einer neuen Instanz zu öffnen, muss Microsoft Excel zunächst Microsoft Excel erneut über Start – Programme oder eine ähnliche Verknüpfung auf dem Desktop oder in der Task-Leiste gestartet werden. Anschließend muss über Öffnen in der Registerkarte Start die gewünschte Arbeitsmappe ausgewählt werden. Zum Zwecke einer intuitiven Benutzeroberfläche werden im Tool eine große Anzahl an Icons verwendet. Die Wichtigsten werden in Abbildung 6-25 erläutert. Ziel des Analyse-Tools ist es die Ressourceneffizienz eines Unternehmens anhand von bis zu 36 Kennzahlen zu bewerten.

Produktlebenszyklusphasen	
	Entwicklung und Herstellung
	Nutzung – Produkt
	Nutzung – Service
	Recycling
Ressourcen	
	Energie
	Material
	Personal
Nachhaltigkeitsdimensionen	
	Ökonomisch
	Ökologisch
	Sozial
Σ	Aggregation über alle Dimensionen

Abbildung 6-25: Verwendete Icons im IT-Tool

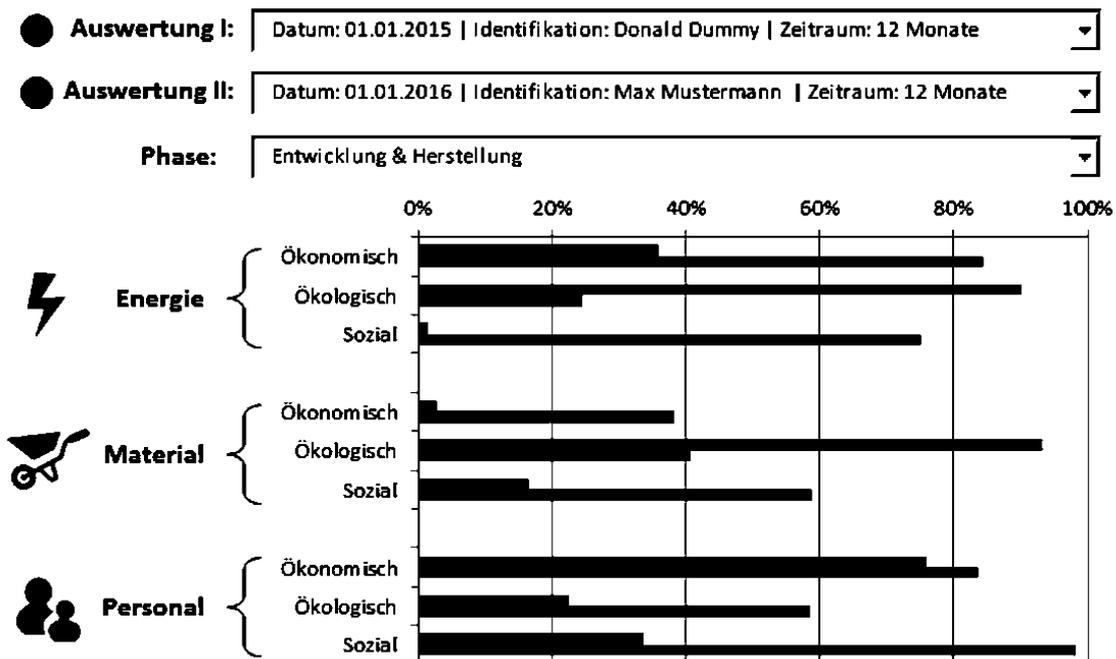


Abbildung 6-26: Ausschnitt aus dem Cockpit des IT-Tools

Jede Kennzahl ist durch die individuelle Kombination aus Produktlebenszyklusphase, Ressource und Nachhaltigkeitsdimension definiert. Zur Berechnung der einzelnen Indikatoren werden entweder Fragebögen, Formeln oder eine Mischung aus beidem verwendet. Es wird empfohlen in regelmäßigen Abständen Sicherheitskopien der XLSX-Datei zu erstellen. Des Weiteren wird dringend davon abgeraten den zugrundeliegenden Visual Basic Code zu verändern. Das Cockpit ist das Herzstück der Anwendung. Es dient in erster Linie als Ausgangspunkt für neue Effizienzbewertungen und gibt die Möglichkeit in der Vergangenheit durchgeführte Analysen einem historischen Vergleich zu unterziehen. Des Weiteren können von dort auch eine Reihe von Zusatzfunktionen abgerufen und Einstellungen verwaltet werden. Die linke Hälfte des Cockpits bietet zwei voneinander unabhängige Möglichkeiten Fortschritte bei der Ressourceneffizienz innerhalb des Unternehmens zu beurteilen. Bei der ersten Ausführung kann dies übersprungen werden. Die Auswertungshistorie wird sich mit jeder

Effizienzbewertung automatisch füllen und dann ermöglichen auch diese Funktion zu nutzen. Die erste Komponente hilft dabei zwei gespeicherte Datensätze hinsichtlich aller 9 Kennzahlen einer Produktlebenszyklusphase graphisch zu vergleichen. Indikatoren, für die keine Werte vorliegen, können aufgrund des fehlenden Balkens identifiziert werden. Die Auswahlmöglichkeiten der beiden Dropdown Felder liefern hierbei nicht nur Informationen zur Analyse, sondern auch Hinweise über den Identifikations-Schlüssel und den Betrachtungszeitraum. Sollte dem Anwender der Wert einer Kennzahl besonders positiv oder negativ auffallen oder soll der Effekt von durchgeführten Handlungsempfehlungen auf eine Kennzahl gesondert analysiert, kann dies in der zweiten Komponente der Trendanalyse umgesetzt werden. Dafür wird die gewünschte Produktlebenszyklusphase, Ressource sowie Nachhaltigkeitsdimension ausgewählt. Es ergibt sich ein Liniendiagramm, welches die Entwicklung der letzten fünf Auswertungen darstellt. Die Auswahl der letzten Analysen basiert hierbei auf dem Durchführungsdatum und ist unabhängig vom Bewertungszeitraum und der Identifikation. Sollte die gewählte Kennzahl für einzelne Datenpunkte nicht berechnet worden sein, wird dies durch eine Lücke im Liniendiagramm dargestellt.

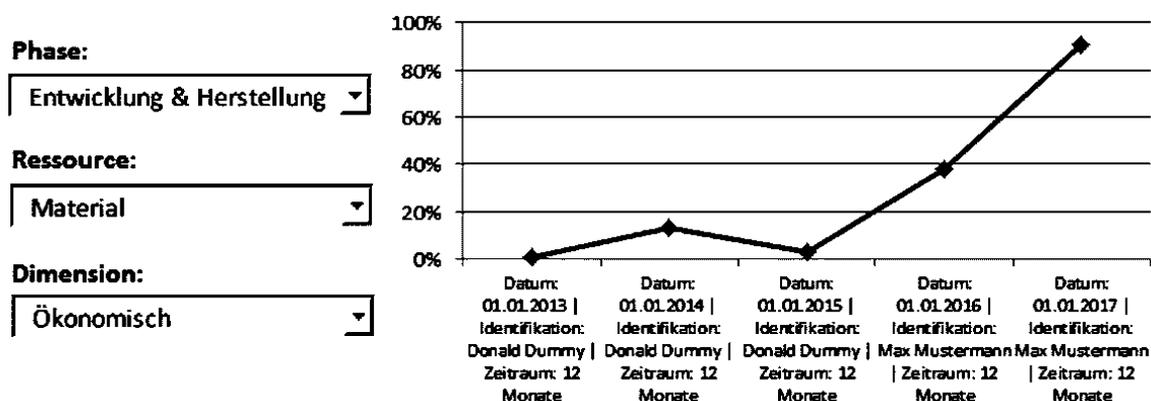


Abbildung 6-27: Trendanalyse

	<p>Handlungsempfehlungen verwalten: Während den Effizienzanalysen können vorgeschlagene Handlungsempfehlungen dauerhaft ausgeblendet werden. Sollte der Nutzer zu einem späteren Zeitpunkt etwas ändern können diese Empfehlungen in den zugrundeliegenden Katalog aufgenommen werden. Dazu muss im erscheinenden Pop-up Fenster der entsprechenden Haken unter dem Symbol mit dem durchgestrichenen Auge entfernt werden. Durch Klick auf die drei gestapelten Punkte links neben dem Titel werden weitere Details zu der jeweiligen Empfehlung angezeigt.</p>
	<p>Branchenschnitte verwalten: Für die Berechnung mancher Kennzahlen werden im Berechnungs-Tool Branchenschnitte für die Parameter Energiekostenanteil sowie Human Capital Value Added (HCVA) verwendet. Sollte der Nutzer mit den voreingestellten Werten für die Branche nicht einverstanden sein oder das Tool diesbezüglich immer auf dem aktuellen Stand halten wollen, kann er dies hier einsehen und gegebenenfalls ändern. Dazu wird im Pop-up Fenster die Branche ausgewählt. Nach der Eingabe der neuen Werte in das Fenster wird dieses mit dem Speichern-Button geschlossen, damit die Änderungen wirksam werden.</p>
	<p>Auswertungshistorie exportieren: Mit diesem Button besteht die Möglichkeit eine Übersicht der Kennzahlen aller jemals in der Anwendung durchgeführten Effizienzbewertungen zu exportieren. Dies kann sowohl zum Zwecke eines Benchmarks mit anderen Niederlassungen oder Unternehmen passieren, als auch um ausgehend von der resultierenden Tabelle weitere Berechnungen durchzuführen. Nach der Betätigung des Buttons wird der Speicherort sowie der gewünschte Dateiname ausgewählt. Anschließend wird eine Datei im XLSX-Format gespeichert und öffnet sich automatisch in einer separaten Instanz von Microsoft Excel.</p>
	<p>Externe Auswertungen importieren: Für den Fall, dass eine externe Auswertungshistorie vorliegt, die in das Analyse-Tool importiert werden soll, kann ein solcher Import ebenfalls im Cockpit durchgeführt werden. Dazu wird die gewünschte XLSX-Datei ausgewählt und mit Öffnen bestätigt. Im Anschluss kann im Bereich der Trendanalyse auf die Daten zugegriffen werden. Das Format der Tabelle, das importiert werden soll, muss genau dem des Exports entsprechen. Es darf nicht verändert worden sein und keine zusätzlichen Zeilen, Spalten oder Arbeitsblätter enthalten.</p>
	<p>Letzte Handlungsempfehlungen: Mithilfe dieses Buttons gelangt der Nutzer zurück zu den Handlungsempfehlungen der letzten Analyse und hat dort die Möglichkeit diese erneut zu betrachten und herunterzuladen. Diese Funktion ist nicht mehr verfügbar, sobald eine neue Analyse gestartet wurde. Auch der Auswertung zugrundeliegende Eingaben können in diesem Modus nicht mehr verändert werden.</p>
	<p>Aktuellen Stand speichern: Mithilfe dieses Buttons können die Eingaben in das Tool in regelmäßigen Abständen gespeichert werden. Das Symbol findet sich jeder anderen Ansicht, die im Verlaufe der Bearbeitung auftritt jeweils in der oberen linken Ecke. Die Anwendung erinnert den Nutzer beim Schließen nicht explizit daran zu speichern. Der Nutzer muss dies selbstständig erledigen.</p>

Abbildung 6-28: Erläuterungen der Icons im Cockpit

Die Menüleiste bietet eine Reihe von Support-Funktionen, welche durch Klicken auf das jeweilige Icon erreicht werden können (vgl. Abbildung 6-28). Um eine neue Effizienzanalyse zu starten, müssen zunächst drei Pflichteingaben gemacht werden. Die Identifikation sollte aus Darstellungsgründen nicht länger als 20 Zeichen lang sein. Das Eingabefeld Identifikation kann als sog. Freiform-Feld betrachtet werden. Es kann dazu genutzt werden, um den Namen des Unternehmens oder des Bearbeiters festzuhalten. Zusätzlich können aber auch noch andere hilfreiche Merkmale eingetragen werden. In Kombination mit dem Betrachtungszeitraum und dem Ausführungsdatum der Analyse ermöglicht dies eine eindeutige Unterscheidung zwischen den Datenpunkten. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass die Analyse-Funktion auch genutzt werden kann um beispielsweise verschiedene Standorte oder Szenarien miteinander zu vergleichen. Selbst ein Abgleich mit importierten Datensätzen ist möglich. Beim Auswertungszeitraum kann zwischen einer Zeitspanne von einem Monat bis zu einem Jahr gewählt werden. Alle Eingaben müssen sich im weiteren Verlauf auf diesen Zeitrahmen beziehen. Zuletzt muss dem Unternehmen eine Branche zugewiesen werden. Die Auswahlmöglichkeiten im Tool spiegeln die Klassifizierung nach WZ 2008 im verarbeitenden Gewerbe wider. Es ist sehr wichtig, dass hier die passendste Option gewählt wird, da entsprechende Branchenschnitte in die Berechnung einiger Kennzahlen einfließen. Wie die vordefinierten Branchenschnitte eingesehen und verwaltet werden können, wird an späterer Stelle genauer beschrieben. Sind alle Eingaben erfolgt, kann durch klicken auf den blauen Start-Button die Analyse begonnen werden. Bevor die Anwendung in den Auswertungsmodus wechselt, wird noch darauf hingewiesen, dass die Handlungsempfehlungen der letzten Bewertungsrunde durch diese Aktion zurückge-

setzt werden. Sollte der Nutzer vergessen haben die Handlungsempfehlungen vorab zu exportieren, kann an dieser Stelle noch abgebrochen und dies nachgeholt werden. Dazu muss im Pop-up Fenster auf zurück geklickt werden. Andernfalls kann einfach fortgefahren werden. Im weiteren Verlauf kann zu jeder Zeit zwischengespeichert werden und die Analyse zu einem späteren Zeitpunkt fortgesetzt werden. Nach der Eingabe der grundlegenden Daten wird die Phasenauswahl getroffen. Dabei kann zunächst eingeschränkt werden, für welche der vier Lebenszyklusphasen die Ressourceneffizienzanalyse durchgeführt werden soll. Eine vollumfängliche Auswertung erfordert dabei recht viele Eingaben und nimmt einen entsprechenden Zeitraum in Anspruch. Sobald sich der Nutzer für eine erste Phase entschieden hat, erscheint ein Kasten, der die maximal zu beantwortenden Fragen und Eingaben aufzeigt. Dabei ist zu beachten, dass sich die Anzahl im nächsten Schritt, der Priorisierung, noch verringern kann. Über einen Klick auf den Weiter-Button gelangt der Nutzer zur nächsten Eingabe. Im Eingabefeld für die Priorisierung erscheint eine Matrix bestehend aus jeweils drei Spalten für die Ressourcen Energie, Material und Personal sowie drei Reihen für die Nachhaltigkeitsdimensionen ökonomisch, ökologisch und sozial. Bei jedem der sechs grauen Felder am Anfang der Spalte beziehungsweise Reihe besteht die Möglichkeit mit Hilfe der Option Buttons auszuwählen wie detailliert diese Ressource beziehungsweise Dimension ausgewertet werden soll. Standardmäßig sind alle Felder auf 1 – Normal eingestellt. Wie bereits im vorangegangenen Text erläutert ist jede Kennzahl durch eine einzigartige Kombination aus Lebenszyklusphase, Ressource und Nachhaltigkeitsdimension definiert. Bei der Priorisierung wird die Phase jedoch außer Acht gelassen, eine vorgenommene Priorisierung gilt immer über alle vier Lebenszyklus-

phasen gleichermaßen. Entscheidend für die tatsächlichen Kennzahlen-Priorisierungen ist somit letztendlich nur noch die Kombination aus den Priorisierungen von Ressource und Nachhaltigkeitsdimension. Dabei gilt folgende Regel, ist entweder die Ressource oder die Dimension (oder beide) auf Priorität 0 – Nicht ausgewählt, so gilt die Kennzahl in der Schnittmenge ebenfalls als nicht ausgewählt und wird in der folgenden Auswertung nicht mehr berücksichtigt. Sollte dies nicht der Fall sein, dann gilt für die Kennzahl die höhere Priorisierung aus Ressource und Dimension.

Bevor Sie mit der Eingabe Ihrer Unternehmensdaten beginnen, haben Sie die Möglichkeit die zu analysierenden Lebenszyklusphasen auszuwählen.

Detailliert

	Energie ☐ ☐ ☐ 2 - Detailliert	Material ☐ ☐ ☐ 0 - Nicht ausgewählt	Personal ☐ ☐ ☐ 1 - Normal
Ökonomisch ☐ ☐ ☐ 1 - Normal	Detailliert	Nicht ausgewählt	Normal
Ökologisch ☐ ☐ ☐ 0 - Nicht ausgewählt	Nicht ausgewählt	Nicht ausgewählt	Nicht ausgewählt
Sozial ☐ ☐ ☐ 1 - Normal	Detailliert	Nicht ausgewählt	Normal

Zurück

Weiter

↓ Liste mit ausgewählten Fragen exportieren

↓ Liste mit benötigten Eingaben exportieren

Abbildung 6-29: Auswahlmaske zur Priorisierung

Die Hochrechnungen für die Anzahl an Fragen und benötigten Eingaben in den 9 weißen Matrixfeldern berücksichtigt bereits die Phasenauswahl und spiegelt die tatsächlich benötigte Anzahl wider. Zur besseren Veranschaulichung der dem Tool zugrundeliegenden Logik wurden diese errechneten Vorhersagen in den Screenshots für die Beschreibung durch entsprechende Beschriftungsfelder mit den Priorisierungen Nicht ausgewählt, Normal und Detailliert ersetzt. Mit Hilfe

der beiden Download-Icons rechts neben der Priorisierungsmatrix können alle in den nächsten Schritten benötigten Fragen und Parameter in Form zweier Tabellen im XLSX-Format exportiert werden. Dies ist durch einfaches klicken auf die entsprechenden Icons rechts neben der Matrix möglich. Anschließend kann im erscheinenden Fenster der gewünschte Pfad und ein geeigneter Dateiname gewählt werden. Die Export-Funktion für die benötigten Fragen und Parameter kann dazu genutzt werden Informationen vorab von den betreffenden Mitarbeitern einzuholen. Dies reduziert den zeitlichen Aufwand und verhindert, dass viele fehlende Eingaben für Unübersichtlichkeit während des Eingabeprozesses sorgen. Durch Betätigung des Weiter-Buttons legt der Nutzer sich auf den Umfang und die Schwerpunkte der Effizienzanalyse fest. Im Anschluss beginnt das Analyse-Tool damit eine Reihe von Fragebögen und Eingabemasken für Parameter, basierend auf der Phasenauswahl und Priorisierung, zu erstellen. Die Fragebögen sind in die Produktlebenszyklusphasen unterteilt. In welcher Phase der Nutzer sich gerade befindet, kann in der oberen grauen Leiste rechts neben den Anweisungen abgelesen werden.

Bitte wählen Sie die jeweils zutreffende Antwortoption oder markieren Sie das Feld "Keine Antwort möglich". Durch Klicken auf das Info-Zeichen können Sie Details zu den Antwortmöglichkeiten sowie Begriffserklärungen einsehen.							 Nutzung - Produkt
	Keine Antwort möglich	Trifft nicht zu	Trifft eher nicht zu	Teils-teils	Trifft eher zu	Trifft zu	
Die Kunden empfinden die Energieeffizienz der Produktpalette im Schnitt besser als erwartet.	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>					
Die Energieeffizienz in der Nutzungsphase nimmt einen hohen Stellenwert bei der Produktentwicklung ein.	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>					
Zukünftige Produkte sind bezüglich Energieeffizienz stets auf dem neusten Stand der Technik.	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>					

Abbildung 6-30: Beispiel für einen Fragebogen im Tool

Mithilfe des Weiter- und Zurück-Buttons am unteren Ende der Ansicht ist es möglich zwischen den einzelnen Abschnitten umzuschalten. Entsprechend der Phasenauswahl sowie der vorgenommenen Priorisierung in den vorherigen Schritten kann es jedoch vorkommen, dass nicht zu allen vier Phasen oder sogar zu gar keiner ein Fragebogen benötigt wird. Es ist zu beachten, dass die Erstellung der einzelnen Fragebögen sehr rechenintensiv ist und je nach Leistungsstärke des Rechners einige Sekunden in Anspruch nehmen kann. Jeder Block im Fragebogen besteht aus einer qualitativen Aussage und einer sog. Likert-Skala, welche von Trifft nicht zu bis Trifft zu reicht. Für den Fall, dass sich eine Frage aus der Sicht des Unternehmens nicht beantworten lässt, kann ein Haken in der Spalte Keine Antwort möglich gesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass dabei die Likert-Skala deaktiviert wird und der Haken erst wieder entfernt werden muss, die Frage später doch beantwortet werden kann. Qualitative Aussagen, welche mit x1 beziehungsweise x2 enden, fließen anders als der Großteil der Antworten zusammen mit weiteren Parametern in durch Formeln berechnete Kennzahlen ein. Diese sind dennoch ganz normal zu beantworten. Sie sind lediglich besonders gekennzeichnet, um den Rechenweg später während der Auswertung besser nachvollziehen zu können. Durch Klicken auf das Info-Icon rechts neben der Likert-Skala erhält der Nutzer weitere Informationen wie Details zu den Antwortmöglichkeiten sowie Definitionen von Fachbegriffen. Außerdem besteht die Möglichkeit einen Kommentar zu hinterlassen, welcher im Anschluss gespeichert wird und bei zukünftigen Auswertungen in diesem Feld angezeigt wird. Um eine hohe Qualität der resultierenden Kennzahlen zu gewährleisten ist es essentiell so viele Fragen wie möglich zu beantworten. Sollte eine Frage weder beantwortet werden können noch einen Haken für Keine Ant-

wort möglich gesetzt sein, wird das Analyse-Tool den entsprechenden Block rot umranden und vor Abschluss des letzten Fragebogens auf nicht beantwortete Fragen hinweisen. Trotzdem kann an dieser Stelle zunächst mit der Bearbeitung fortgefahren werden und gegebenenfalls später an die entsprechende Stelle zurückgekehrt werden, um die restlichen Fragen zu beantworten. Dafür kann entsprechend der Zurück-Button genutzt werden.

Zusatzinformation	
Aussage:	Die Energieeffizienz in der Nutzungsphase nimmt einen hohen Stellenwert bei der Produktentwicklung ein.
Trifft nicht zu:	Trifft für keines unserer Produkte zu.
Teils-teils:	Trifft für etwa die Hälfte unserer Produkte zu.
Trifft zu:	Trifft für alle unserer Produkte zu.
Energieeffizienz	Die Energieeffizienz ist ein Maß für den Aufwand (Verbrauch) von Energie zur Erreichung eines bestimmten Nutzens.
Kommentar:	Nach Rücksprache mit Entwicklungsleiter Max Mustermann wurde bei der Analyse vom 01.01.2015 "Teils-teils" gewählt.

Fertig

Abbildung 6-31: Pop-up Fenster mit Zusatzinformationen

Die bereits gemachten Eingaben gehen dabei nicht verloren. Die Eingabemasken für die zur Kennzahlenberechnung benötigten Parameter sind ebenfalls nach den Produktlebenszyklusphasen unterteilt. Auch hier ist die aktuelle Phase in der grauen Leiste im oberen Bildschirmabschnitt ersichtlich. Dort ist auch ein Hinweis auf den Zeitraum, auf den sich die Eingaben beziehen sollen, zu finden. Dieser ist abhängig vom Auswertungszeitraum, der zu Beginn der Analyse ausgewählt

wurde und muss unbedingt eingehalten werden. Sollten einzelne Parameter für den gewählten Zeitraum nicht vorliegen, sollte die entsprechende Messgröße selbständig auf die benötigte Zeitspanne skaliert werden. Alle Eingaben sind einheitenlos zu machen. Die Bezugsgröße mit welcher der jeweilige Parameter in die Berechnung einfließt ist links neben dem Eingabefeld einzusehen. Durch Anklicken des Info-Buttons öffnet sich wie bei den Fragebögen ein Pop-up-Fenster mit weiteren Informationen. Es sind dort Hinweise zu finden, welche Kennzahlen durch den Parameter beeinflusst werden, der eingetragenen Wert bei der letzten Analyse sowie einige Begriffsdefinitionen. Zusätzlich können Kommentare hinterlassen werden, welche im Anschluss gespeichert werden. Die Anwendung erlaubt es einzelne Parameter auszulassen, indiziert diese jedoch farblich durch ein gelbes Eingabefeld. Eine Null sollte nur eingetragen werden, wenn dies der tatsächliche Wert des Parameters ist, auf keinen Fall jedoch als Platzhalter für eine ausgelassene Eingabe.

Bitte tragen Sie die für die Kennzahlenberechnung benötigten Parameter ein. Details zu den Parametern können Sie durch Klicken des jeweiligen Info-Buttons einsehen. Alle Eingaben beziehen sich auf einen Zeitraum von 6 Monate(n).

Nutzung - Produkt

	Umsatz energieeffizienter Produkte	€	500.000,0
	Umsatz aller Produkte	€	2.000.000,0
	Umsatz langlebiger Produkte	€	400.000,0
	Umsatz von Produkten mit umweltbezogenen Nutzungsinformationen	€	0,0
	Umsatz verkaufter Produkte mit gekoppelten erlöserzielenden Serviceangeboten	€	600.000,0

zurück

Bearbeitungsstatus abfragen

Weiter

Abbildung 6-32: Beispiel für Parametereingabemaske im Tool

Der Nutzer wird außerdem vor Abschluss der Parametereingaben auf diese fehlenden Parameter aufmerksam gemacht und erhält die Möglichkeit diese nachzutragen. Sollten Sie dies nicht gewünscht werden, werden im nächsten Schritt Ersatzfragen zur Verfügung gestellt. Am unteren Ende jedes (Ersatz-) Fragebogens sowie jeder Eingabemaske ist neben den Weiter- und Zurück-Buttons für die Navigation auch ein Button zu finden mittels dem der aktuelle Bearbeitungsstatus abgefragt werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Qualität einer Kennzahl trotz bereits gesetztem Haken durch zusätzliche Eingaben noch weiter verbessern könnte. Ersatzfragebögen werden nur benötigt, wenn nicht alle erforderlichen Parametereingaben gemacht wurden. Für diesen Fall werden betroffene Effizienzkennzahlen anstatt der vorgesehenen Berechnung durch zusätzliche Fragebögen bestimmt. Diese sind exakt wie die Grundfragebögen aufgebaut und bieten dieselben Funktionen. Sobald das Analyse-Tool ausreichend qualitative Einschätzungen und Parameter gesammelt hat, berechnet es selbstständig die bis zu 36 Effizienzkennzahlen Ihres Unternehmens. Die Resultate werden getrennt nach Lebenszyklusphase in vier Effizienz-Matrizen dargestellt, welche im Aufbau der Matrix der Priorisierungsphase zu Beginn entsprechen. Durch Betätigung der Option Buttons über der Matrix kann zwischen den Phasen gewechselt werden. Kennzahlen, welche nicht ausgewählt wurden oder für die zu wenige Eingaben für eine Berechnung gemacht wurden, werden mit N/A indiziert. Zusätzlich zur Effizienz-Matrix ist für jede Phase ein Spinnennetzdiagramm zu finden, das die Kennzahlen in der Matrix visuell darstellt. Je weiter der Datenpunkt dabei von der Netzmitte entfernt ist, desto höher ist die Kennzahl. Durch Klicken auf eine Kennzahl wird angezeigt wie diese zustande gekommen ist und der Nutzer kann Änderungen an den Eingaben vornehmen.

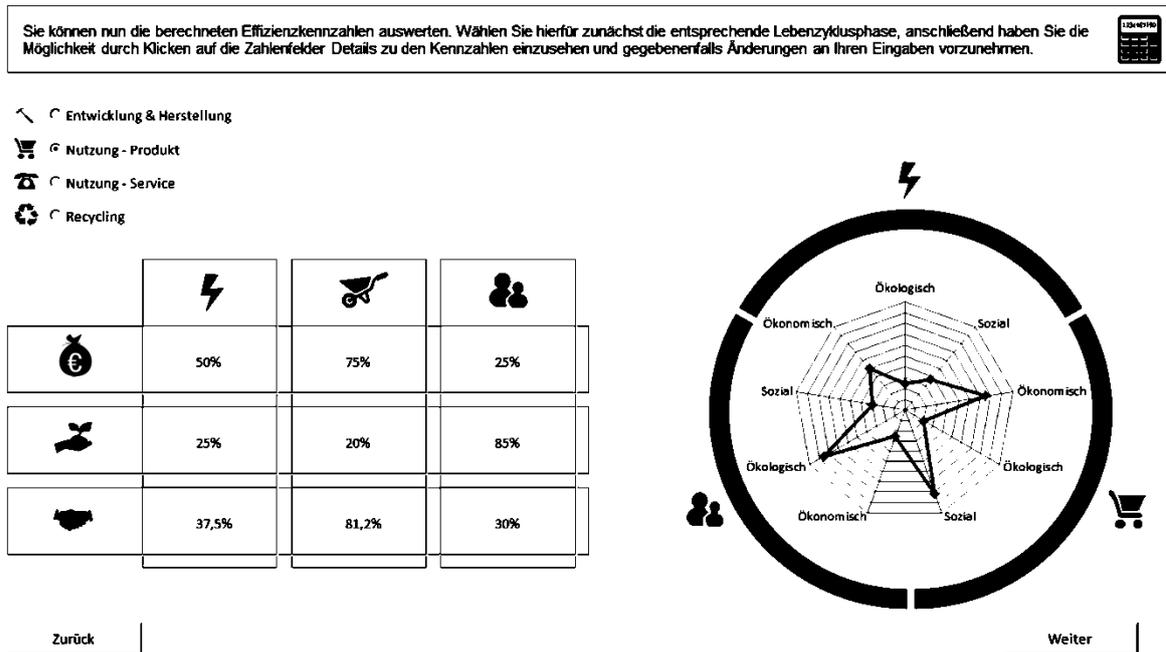


Abbildung 6-33: Auswertung im IT-Tool

Analog der Kennzahlenberechnung öffnet sich ein Pop-up-Fenster, mit Hilfe dessen alle zugehörigen Antworten und Parametereingaben für die entsprechende Kennzahl überprüft werden können. Änderungen sollten mit dem Fertig-Button am unteren Ende des Fensters bestätigt werden. Nachdem der Nutzer sich im Auswertungsmodus einen Überblick über die Kennzahlen des Unternehmens verschafft hat, gibt ihm das Analyse-Tool im nächsten Schritt Handlungsempfehlungen aus, um die Ressourceneffizienz zu verbessern. Die Auswahl dieser Vorschläge basiert sowohl auf den ermittelten Kennzahlen, als auch auf der persönlichen Interpretation des Nutzers in Bezug auf den Aufwand. Der Gesamtaufwand jeder Handlungsempfehlung setzt sich dabei aus den Komponenten Personal, Finanzen und Zeit zusammen. Die Schieberegler im Pop-up-Fenster zu Beginn der Handlungsempfehlungen kann der Nutzer verwenden, um die Vorschläge an die individuellen Bedingungen im Unternehmen anzupassen. Nach Betätigung des Fertig-Buttons erscheinen in der Hauptansicht erneut die

Kennzahlen in der Effizienz-Matrix, in dieser Ansicht jedoch um eine zusätzliche Zeile erweitert. Dort sind die aggregierten dimensionsübergreifenden Effizienz Kennzahlen zu sehen, auf denen die Handlungsempfehlungen letztendlich basieren. Die Berechnung dieser Indikatoren unterliegt einer komplexen Gewichtung, die sowohl die Aussagekraft der einzelnen Kennzahlen als auch die Qualität der Nutzereingaben berücksichtigt. Nach der Auswahl der gewünschten Lebenszyklusphase kann auf die gewünschte aggregierte Kennzahl geklickt werden, um Handlungsempfehlungen für eine Ressource in der gewählten Phase zu erhalten.

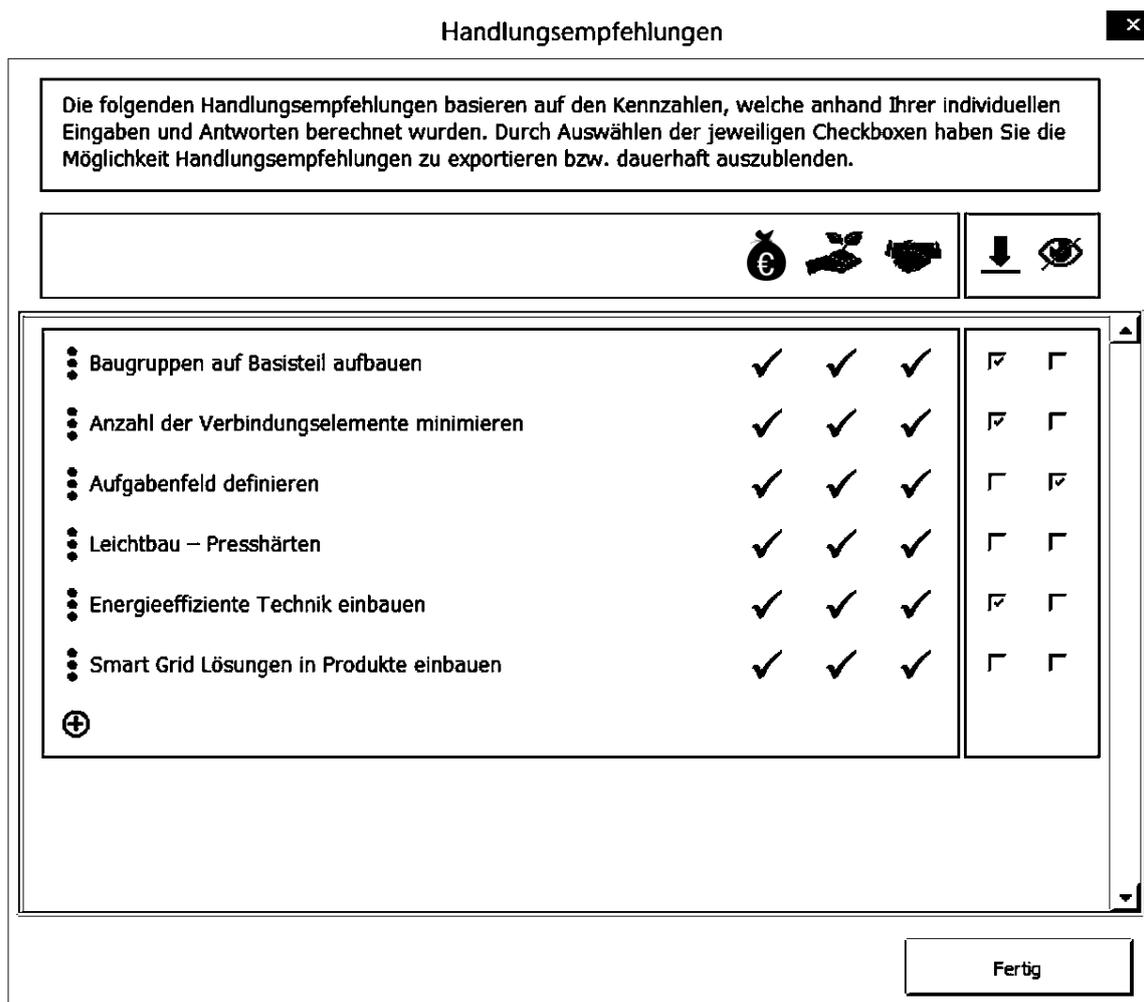


Abbildung 6-34: Pop-Fenster der Handlungsempfehlungen

Es öffnet sich ein Pop-up-Fenster mit einer Vorabauswahl der am besten passenden Vorschläge. Zusätzlich lässt sich anhand der Haken erkennen, welche Nachhaltigkeitsdimension primär durch diese Empfehlung beeinflusst wird. Mit Hilfe des Plus- respektive Minus-Zeichens können zusätzliche Handlungsempfehlungen aus- beziehungsweise eingeklappt werden. Falls eine Handlungsempfehlung als generell unpassend für das Unternehmen beurteilt wird, kann diese durch Setzen eines Hakens unter dem durchgestrichenen Auge dauerhaft ausgeblendet werden. Möchte der Nutzer eine Handlungsempfehlung genauer betrachten, kann dies durch Klicken auf die drei gestapelten Punkte erfolgen. Dort erhält der Nutzer unter anderem eine ausführliche Beschreibung, Praxisbeispiele sowie Quellen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit Kommentare zu hinterlassen. Sollte der Nutzer eine Empfehlung als besonders gut geeignet betrachten, kann er in der jeweiligen Zeile unter dem Download-Icon einen Haken setzen. Sobald der Nutzer mit der Auswahl der passenden Vorschläge fertig ist, können diese in Form einer Tabelle im XLSX-Format exportiert werden. Dazu muss der Nutzer rechts neben der Effizienzmatrix auf das Download-Symbol klicken, im Anschluss den gewünschten Pfad sowie einen geeigneten Dateinamen auswählen. Dabei ist zu beachten, dass die Empfehlungsauswahl im Tool anschließend zurückgesetzt.

7 Pilotanwendung

Um die Bedienerfreundlichkeit und die Funktionalitäten des entwickelten IT-Tools zu testen, wurden Unternehmensaudits bei den projektbegleitenden Unternehmen durchgeführt. Um alle Teilnehmer des Audits insbesondere auf Seiten der projektbegleitenden Unternehmen über die Ziele des Projekts zu informieren, stellte das Projektteam zunächst die zentralen Inhalte des genauer vor. Nach einem Überblick über das gesamte Forschungsprojekt und der Einordnung des Praxistests in dessen Kontext, stellt ein Projektmitglied anhand einiger Screenshots mit einem Beispiel zunächst die prinzipielle Funktionsweise des Tools vor. Nachdem der grundlegende Aufbau sowie die Möglichkeiten und Funktionalitäten des Tools erläutert wurden, wird das Tool nun gemeinsam mit den Daten und Angaben des jeweils teilnehmenden Unternehmens befüllt. Dabei wurden in den Tests immer mindestens zwei Phasen aus den insgesamt vier Phasen Entwicklung und Herstellung, Nutzung und Service sowie Recycling ausgewählt. Die Priorität wurde für alle Bereiche auf 1 oder höher gesetzt. Der Auswertungszeitraum wurde mit 12 Monaten gewählt, da dies für die Unternehmen am einfachsten zu vergleichen war. Es gab hierzu seitens der Unternehmen die Anmerkung, dass alle Unternehmen wohl zunächst diesen Zeitraum wählen, insbesondere kleinere Unternehmen, da die benötigten Daten häufig nur in der Jahresperspektive vorliegen.

Beim Befüllen ergeben sich zwei Anmerkungen der Unternehmen in Bezug auf das Cockpit. Bei der Branchenauswahl sollte auch die zugehörige Branchenummer angegeben werden sowie die Möglichkeit zur Einbindung des eigenen Unternehmenslogos in das Cockpit wäre wünschenswert.

Beim Befüllen ergeben sich einige Anmerkungen der Unternehmen in Bezug auf die Beantwortung von Fragen. Die Definition von Materialmaßnahmen ist noch nicht eindeutig genug, eventuell wäre hier die Ergänzung eines Beispiels in der Definition zur Verdeutlichung hilfreich. Die Definition für Nutzen der Umweltmaßnahmen sollte noch präzisiert werden. Ist hier der Nutzen für die Umwelt oder der Nutzen für das Unternehmen gemeint? (Häufig kosten Umweltmaßnahmen und deren Implementierung Geld, wie die Integration einer Staubabsauganlage mit Luftreinigung. Dies ist gut für die Umwelt bringt aber vor allem Kosten für das Unternehmen mit sich). Die Definition von Energiemaßnahmenmanagement sollte noch präzisiert werden. (Bezieht diese sich nur auf die Ressourcen im eigenen Unternehmen?) Darüber hinaus wurde angemerkt, dass ein Hinweis dazu fehlt, was x1, x2 hinter den zwei Fragen jeweils heißen soll. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass die Formulierung umgehend definiert und in die Wege geleitet nicht eindeutig genug ist, da der erste Teil häufig schnell erfüllt ist, aber die Umsetzung nicht zeitnah erfolgt, hier ist also über eine Trennung oder Änderung der Formulierung nachzudenken. Der Begriff nutzungsgerecht sollte außerdem noch zusätzlich definiert werden, da hier derzeit noch eine Definition fehlt. Bei den Fragebögen wäre es ebenfalls gut auch auf den ausgewählten Auswertungszeitraum hinzuweisen, aktuell ist dies nur bei der Parametereingabe der Fall. Zur Frage Lebensdauer der hergestellten Produkte wird in der Infobox die Begriffsdefinition doppelt aufgeführt, dies sollte entsprechend geändert werden.

Beim Befüllen der Parameter ergeben sich ebenfalls einige Anmerkungen der Unternehmen. In der Infobox zu Energiekosten sollte angegeben werden welche Energieträger zu berücksichtigen sind (Gas, Strom, Druckluft etc. und welche nicht dazu zählen, wie Diesel der Firmenfahrzeuge). In der Infobox zu Grüne Materialien ist die Box

zur Definition noch zu groß. Diese sollte entsprechend grafisch angepasst werden. Im Anleitungstext, der oben über den Parametern steht, sollte ein Hinweis dazu ergänzt werden, dass auch ein Freilassen der Felder möglich ist. Dies ist im Zweifelsfall besser, als die Felder einfach mit 0 zu füllen, da beim Leerlassen im weiteren Verlauf entsprechende Ersatzfragen zur Kennzahlbestimmung genutzt werden können. Die Eingabe von 0 würde hier zur Verfälschung der Ergebnisse führen. So ist unter anderem der Carbon Footprint verhältnismäßig schwer und aufwendig zu bestimmen und für ein kleines Unternehmen fast nicht möglich, dies wäre Fall bei dem das Parameterfeld dann entsprechend leer gelassen werden kann. Zusätzlich wird angemerkt, dass das Weiterspringen mit Tab und Return Taste die Bedienerfreundlichkeit noch etwas verbessern würde, da dies derzeit nur durch entsprechendes Klicken mit der Maus möglich ist. Die Unternehmen stellten sich außerdem die Frage, ob zu den Mitarbeitern in Entwicklung und Herstellung auch das Managementteam zählt. Hier ist eine klare Abgrenzung nötig, um sicher sein zu können, welche Mitarbeiterzahl genau verlangt wird. Außerdem sollte in der Begriffsdefinition zu Mitarbeiter stehen, dass es sich um Full Time Equivalents handelt. Darüber hinaus wünschten sich die Unternehmen eine deutlichere Hervorhebung, in welcher Phase gerade Fragen beantwortet beziehungsweise Parameter eingetragen werden. Damit könnten fehlerhafte Eingaben minimiert werden.

Im Rahmen der Beantwortung der Ersatzfragen, ergaben sich weitere Anmerkungen der Unternehmen. Die Unterscheidung zwischen Austauschteilen und Ersatzteilen sollte klar ersichtlich sein und herausgearbeitet werden, vielleicht schon in der Frage hinter den Austauschteilen in Klammern wiederaufbereitete Teile, so ist die Verwechslungsgefahr geringer. Außerdem sollte deutlich werden, dass Austauschteile ebenso in die Anzahl der Ersatzteile hineinzählen,

sonst ist hier die Gefahr erhöht Eingabefehler zu machen. Die Unternehmen stellten sich die Frage, was ein Teil ist. Lediglich eine Schraube oder ein ganzes Werkstück? Hier sollte ein Hinweis zu finden sein, dass die Anzahl der Ersatzteile nicht zu kleinteilig betrachtet werden sollte, sondern in dem Verhältnis, in dem sie auch verkauft werden wie eine komplette Welle. Die zu bewertende Aussage der Ersatzfrage Die Investitionsausgaben in Umweltmanagement entsprechen in etwa den Personalausgaben ist unrealistisch. Die Personalausgaben sind um ein Vielfaches höher als die Investitionen in das Umweltmanagement. Es davon auszugehen, dass dies auch bei anderen Unternehmen der Fall ist. Eine Anpassung der Frage ist deshalb in Erwägung zu ziehen.

Nachdem das Tool vollständig mit den Antworten zu den Fragen und Ersatzfragen sowie den bekannten oder geschätzten Parametern befüllt worden ist, erfolgt nun die Auswertung und Anzeige der Handlungsempfehlungen. In Bezug auf die Auswertung gab es seitens der Unternehmen einige Anmerkungen. Im Pop-up-Fenster, das beim Anklicken der jeweiligen Kennzahl aufgeht, sollte die Anzeige der Formel noch entsprechend angepasst werden. Das Anzeigefeld ist hier oft zu klein für die Formel, sodass nur ein Teil der Formel angezeigt wird. Beispiele hierfür sind die Kennzahl Materialquote sowie Kennzahl Human Capital. Der Branchenschnitt zu Gewinn je Mitarbeiter sollte noch mal überprüft werden, eventuell ist dieser hier falsch definiert (möglicherweise sollte es Umsatz je Mitarbeiter sein) oder es wurde eine falsche Zahl eingestellt. Beim Branchenschnitt Gewinn je Mitarbeiter handelt es sich eigentlich um den HCVA, welcher im Tool vereinfacht als Gewinn plus Personalkosten je Mitarbeiter definiert ist. Der Ausdruck Gewinn je Mitarbeiter ist somit verwirrend und sollte ersetzt werden. In der Detailansicht für die Kennzahlen fehlen bei den Branchenschnitten jeweils die Tausender- und

Dezimaltrennzeichen. In der Auswertung werden die Kennzahlenwerte teilweise mit und teilweise ohne Nachkommastellen angegeben. Hier sollte ein einheitliches Format implementiert werden.

Zu den Handlungsempfehlungen und deren Gewichtung machten die Teilnehmer im folgenden Text beschriebene Anmerkungen. Die Gewichtung in Bezug auf personeller und finanzieller Aufwand ist manchmal nur sehr schwer zu trennen, da personeller Aufwand ja auch mit entsprechenden Kosten verbunden ist. Dennoch erscheint die Aufteilung den Unternehmen sinnvoll, da einige Handlungsempfehlungen nur die Investition in bestimmte Geräte wie eine Holzpelletheizung enthalten. Wurde hier vorher ausgewählt, dass der finanzielle Aufwand möglichst gering sein muss, würde diese Handlungsempfehlung entsprechend weiter unten in der Liste aufgeführt werden. Die Aufwandsunterteilung kann entsprechend beibehalten werden. Im Text über den Handlungsempfehlungen sollte noch verdeutlichen, dass nur in der Spaltenspalte auf die zusammengefassten Kennzahlen geklickt werden kann und nicht mehr in alle Felder mit Kennzahlen, sonst wundert sich der Benutzer warum hier keine Handlungsempfehlungen erscheinen. Ein Teilnehmer wünscht sich eine Funktion, um selbst Handlungsempfehlungen eintragen zu können, da auch er entsprechende Ideen hat, die hier ergänzt werden könnten. Dies ist aber aufgrund der Komplexität des Tools und der Zuordnung von Kennzahlen zu Handlungsempfehlungen praktisch nicht umsetzbar, was dem Teilnehmer auch bewusst ist. Eine Möglichkeit zur Ergänzung der Handlungsempfehlungen im Nachgang besteht aber durch die Ergänzung in der Excel Liste mit Handlungsempfehlungen, die aus dem Tool heruntergeladen werden können. Ein Teilnehmer bittet darum computerbasierte Simulation in die Handlungsempfehlungen mit aufzunehmen, da dies eine gut Mög-

lichkeit ist, Kosten in allen Bereichen zu sparen. Die Simulationsmöglichkeiten sind in den letzten Jahren deutlich verbessert worden, sodass die Ergebnisse daraus sehr gut nutzbar sind. Ein Teilnehmer wünscht sich im Pop-up-Fenster zu den Handlungsempfehlungen noch die Möglichkeit alle auswählen für die Exportfunktion, sodass einfach alle Handlungsempfehlungen heruntergeladen werden können. Eine Funktion zum Scrollen in den Handlungsempfehlungen wäre ebenfalls wünschenswert, momentan kann die Liste nur mit der Maus am Balken nach unten weiter angesehen werden.

Insgesamt zeigten sich die Unternehmen mit der Darstellungsform und Ausgestaltung des Tools sehr zufrieden. Die Bedienung ist intuitiv möglich und die Kennzahlenberechnung und Auswertung nachvollziehbar und ansprechend dargestellt. Insbesondere der modulare, strukturierte Aufbau des Tools wird als sehr positiv empfunden und auch der Infobutton bei Fragen und Parametereingaben bietet einen erheblichen Mehrwert. Die Unternehmen betonen, dass die Nutzung des Tools sehr gut möglich ist und auch in Zukunft Verwendung finden wird. Nach Abwägung von zeitlichem Aufwand und Nutzen und entsprechender Rücksprache mit den teilnehmenden Unternehmen wurden insgesamt über 90 Prozent der Anmerkungen der Unternehmen in das Tool übernommen, was die Bedienerfreundlichkeit noch einmal deutlich erhöhte.

8 Zuwendungen, Nutzen und Transfer

8.1 Verwendung der Zuwendungen

Während des Bearbeitungszeitraums von achtzehn Monaten wurde das Forschungsprojekt durch zwei Mitarbeiter in Vollzeit durchgeführt. Unterstützt wurden diese beiden Mitarbeiter situativ beispielsweise bei überlappenden Arbeitspaketen durch einen weiteren wissenschaftlichen Mitarbeiter in Teilzeit (50 Prozent) sowie eine studentische Hilfskraft. Der Personaleinsatz der Forschungsstelle ist in Abbildung 8-1 dargestellt.

Personaleinsatz	Forschungszeitraum [Monate]																		PM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
TU München - Forschungsinstitut Prof. Wildemann																			55
1 Ang.m.abg.wiss.Ausbildung Dr., Dipl.-Ing. Uni, Master o. vglb.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
1 Ang.m.abg.wiss.Ausbildung Dr., Dipl.-Ing. Uni, Master o. vglb.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
1 Ang.m.abg.wiss.Ausbildung Dr., Dipl.-Ing. Uni, Master o. vglb.	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	9
1 stud. Hilfskraft Uni			1	1	1	1	1	1	1	1						1	1		10

Abbildung 8-1: Personaleinsatz

Das Forschungsprojekt war in sechs Arbeitspakete gegliedert für die jeweils nachfolgende Mittel eingesetzt wurden.

Arbeitspaket 1: Ist-Aufnahme und Anforderungsanalyse

Dazu benötigt und eingesetzt	Forschungsstelle 1 / TUM
Wissenschaftlich-technisches Personal	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz A.1 des Einzelfinanzierungsplans) • Für die durchgeführten Arbeiten wurden drei wissenschaftliche Mitarbeiter in Vollzeit beschäftigt. • Allgemeine Recherche zum Thema Energie-, Material- und Personaleffizienz.

	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführliche Literaturanalyse des Themas Energie-, Material- und Personaleffizienz. • Intensive Analyse von Potenzialen und Hemmnissen in Verbindung mit der Energie-, Material- und Personaleffizienz. • Planung, Organisation und Durchführung von Expertengesprächen und des ersten Workshops des projektbegleitenden Ausschusses. • Evaluierung der identifizierten Konzepte zur Erfolgsmessung der Energie-, Material- und Personaleffizienz. • Dokumentation der Recherchen und Analysen.
Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz B des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -
Leistungen Dritter	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz C des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -

Arbeitspaket 2: Modellentwicklung

Dazu benötigt und eingesetzt	Forschungsstelle 1 / TUM
Wissenschaftlich-technisches Personal	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz A.1 des Einzelfinanzierungsplans) • Für die durchgeführten Arbeiten wurden drei wissenschaftliche Mitarbeiter in Vollzeit beschäftigt. • Einsatz von 4,5 Mannmonaten • Recherche der relevanten Einflussgrößen und Gestaltungsfelder bezüglich der Energie-, Material- und Personaleffizienz. • Ausführliche Literaturrecherche zu Konzepten für die Erfassung und Bewertung der Energie-, Material- und Personaleffizienz. • Konzeption des Modellaufbaus. • Erarbeitung eines Grobkonzeptes für eine ganzheitliche Systematik zur Erfassung und Bewertung der Energie-, Material- und Personaleffizienz. • Dokumentation der Recherchen und Analysen.
Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz B des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -
Leistungen Dritter	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz C des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -

Arbeitspaket 3: Unternehmensbefragung

Dazu benötigt und eingesetzt	Forschungsstelle 1 / TUM
Wissenschaftlich-technisches Personal	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz A.1 des Einzelfinanzierungsplans) • Für die durchgeführten Arbeiten wurden zwei wissenschaftliche Mitarbeiter in Vollzeit beschäftigt. • Einsatz von 8 Mannmonaten • Erstellung eines Interviewleitfadens zur Erhebung des Status Quo der Ressourcenbewertung • Durchführung von Experteninterviews • Detaillierung des Kennzahlenmodells • Erstellung einer Umfrage für die Validierung des Modells • Durchführung der Umfrage und Analyse der Resultate • Dokumentation der Ergebnisse und Befragungserkenntnisse.
Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz B des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -
Leistungen Dritter	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz C des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -

Arbeitspaket 4: Ermittlung der Wirksystematik und Handlungsoptionen

Dazu benötigt und eingesetzt	Forschungsstelle 1 / TUM
Wissenschaftlich-technisches Personal	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz A.1 des Einzelfinanzierungsplans) • Für die durchgeführten Arbeiten wurden drei wissenschaftliche Mitarbeiter in Vollzeit beschäftigt. • Einsatz von 15 Mannmonaten • Ermittlung der Beziehungen zwischen den Ressourcen und den Nachhaltigkeitsdimensionen. • Identifikation des Wirkungen der Kennzahlen untereinander. • Anpassung des Kennzahlenmodells unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen. • Ausführliche Literatur- und Praxisrecherche zu Handlungsoptionen zur Steigerung der Ressourceneffizienz • Entwicklung einer Systematik zur Zuordnung der Handlungsempfehlungen • Dokumentation der Recherchen und Analysen.

Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz B des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -
Leistungen Dritter	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz C des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -

Arbeitspaket 5: Toolentwicklung und Transfer der Ergebnisse

Dazu benötigt und eingesetzt	Forschungsstelle 1 / TUM
Wissenschaftlich-technisches Personal	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz A.1 des Einzelfinanzierungsplans) • Für die durchgeführten Arbeiten wurden zwei wissenschaftliche Mitarbeiter in Vollzeit beschäftigt und bei Bedarf durch einen dritten Mitarbeiter ergänzt • Einsatz von 13 Mannmonaten • Konzeptionierung eines IT-Tools basierend auf dem entwickelnden Modell sowie den Handlungsoptionen • Implementierung des Konzeptes in ein Excel-basiertes IT-Tool • Validierung des Modells und der Handlungsempfehlungen mittels des Tools bei Praxispartnern • Vorbereitung von Newslettern, Workshops und Konferenzbeiträgen für den Ergebnistransfer • Dokumentation der Recherchen und Analysen.
Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz B des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -
Leistungen Dritter	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz C des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -

Arbeitspaket 6: Fortlaufende Dokumentation der Ergebnisse

Dazu benötigt und eingesetzt	Forschungsstelle 1 / TUM
Wissenschaftlich-technisches Personal	<ul style="list-style-type: none"> • Für die durchgeführten Arbeiten wurden zwei wissenschaftliche Mitarbeiter in Voll- und ein Mitarbeiter in Teilzeit beschäftigt. • Erstellung des Abschlussberichts Energie-, Material- und Personaleffizienz bei KMU

	<ul style="list-style-type: none"> • Wissenstransfer in Wissenschaft und Praxis durch Veröffentlichung in Fachzeitschriften, Vorträgen auf Seminaren und Tagungen sowie Durchführung von Workshops und Vorlesungen
Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz B des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -
Leistungen Dritter	<ul style="list-style-type: none"> • (Einzelansatz C des Einzelfinanzierungsplans) • - entfällt -

Der Personaleinsatz erfolgte entsprechend der im Antrag vorgesehenen Arbeitsschritten und erwies sich als angemessen und notwendig. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter der Forschungsstelle waren in alle Arbeitspakete eingebunden und führten folglich gemeinsam die Analysen der Problemlösungsbedarfe durch.

8.2 Gegenüberstellung Ziele und Ergebnisse

Zielsetzung	Ergebnisse
Identifikation der Anforderungen an die Entwicklung eines Konzepts zur Verbesserung der Ressourceneffizienzposition und Priorisierung von Entwicklungsschwerpunkten	Identifikation und Bewertung von Potentialen und Hemmnisse der Bewertung der Ressourcen Energie, Material und Personal nach ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten; Analyse und Evaluation von Vorarbeiten aus dem Bereichen Ressourceneinsatz und Effizienzbewertung; Identifikation der Problemlösungsbedarfe für die Bestimmung der Ressourceneffizienzposition, Ressourceneffizienzstrategien und -maßnahmen sowie priorisierter Entwicklungsschwerpunkte in Problemfeldern.
Erarbeitung eines Modells zur Unterstützung von Unternehmen bei der Definition ihrer Ressourceneffizienzstrategie	Ist-Situation der Effizienzbewertung von Energie, Material und Personal erfasst, analysiert und bewertet; Einflussgrößen auf die Bewertung der Ressourceneffizienz identifiziert; spezifische Kennzahlen und qualitativer Erhebungen für die ökonomische, ökologische und soziale Bewertung des Ressourceneinsatzes von Energie, Material und Personal entwickelt; Wechselwirkungen zwischen den Kennzahlen

	analysiert und eine Wirksystematik zur Verknüpfung zu einem ganzheitlichen Modell erarbeitet; Handlungsoptionen zur Steigerung der Ressourceneffizienz für die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus erarbeitet.
Quantitative Validierung des erarbeiteten Modells und der Handlungsempfehlungen	Fragebogengestützte Unternehmensbefragung zur Validierung der einzelnen Kennzahlen und ihrer Anwendbarkeit erarbeitet und durchgeführt; Ergebnisse der Unternehmensbefragung analysiert; Modell und Handlungsempfehlungen basierend auf den Umfrageergebnissen angepasst; Konzept zur wirtschaftlichen Bewertung der Handlungsempfehlungen erarbeitet.
Erstellung eines IT-Tools	Erprobte IT-Tools zur Wirtschaftlichkeitsbewertung anhand umfangreicher Anwendung bei Unternehmen aus dem projektbegleitenden Ausschuss und weiteren Unternehmen; Erstellung von Sensitivitätsanalysen für relevante Parameter im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung; iterative Verbesserung und Sicherstellung der Nutzbarkeit des Tools.

8.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeiten

Vor dem Hintergrund eines steigenden Wettbewerbsdrucks, geringeren Lohnkosten im Ausland, einem gestiegenen Umweltbewusstsein sowie volatilen Rohstoffpreisen wächst die Bedeutung eines effizienten Ressourceneinsatzes. Dies wird auch daran ersichtlich, dass neben den Unternehmen, die bereits in der Antragsphase ihr Interesse bekundet haben, sich noch weitere Unternehmen aller Größenordnungen für den Austausch zwischen Praxis und Wissenschaft zur Verfügung gestellt haben. Ausgehend von bestehenden Lücken der Praxis und in der wissenschaftlichen Forschung wurden Ansätze zur

Bewertung der Ressourcen Energie, Material und Personal unter ökologischen, ökonomischen und sozialen Kriterien erarbeitet. Ziel war es, eine praktische Anwendbarkeit in Form eines Kennzahlensystems zu erarbeiten. Dies war eine bedeutende Forderung der Praxispartner. Zwar existieren bereits vielfältige Kennzahlen sowie umfangreiche Methoden zur Bewertung einzelner Kriterien, doch eine einfach anzuwenden und zugleich ganzheitliche Systematik existiert weder in Wissenschaft noch in der industriellen Praxis. Die gewählte Vorgehensweise konnte das Defizit schließen. Hierzu wurden die beschriebenen Arbeitspakete mit ihren entsprechenden Inhalten analog des dargestellten Vorgehens verfolgt. Wesentlicher Bestandteil neben der Erarbeitung des eigentlichen Modells und der Handlungsoptionen war die Überprüfung der konkreten Umsetzung und Anwendbarkeit in den Unternehmen. Die Angemessenheit der geleisteten Arbeit wird durch die Anwendungen wissenschaftlicher Vorgehensweisen und Methoden zur Aufstellung, Identifikation, Recherche und Analyse der Bereiche Ressourcen, Nachhaltigkeitsdimensionen und des Produktlebenszyklus beschrieben. Die Ergebnisse der geleisteten Projektmodule spiegeln wieder, dass das Forschungsprojekt erfolgsversprechend ist. Das große Interesse der Unternehmen, in denen die Forschungsergebnisse und das entwickelte IT-Tool eingesetzt wurde bestätigen das Interesse. Auch die weiteren Praxispartner zeigen großes Interesse an den bisherigen Erkenntnissen und einer weiteren Zusammenarbeit. Die durchgeführten Workshops und Experteninterviews sind notwendiges Mittel, um den Transfer Ergebnisse sowie die Berücksichtigung der Feedbacks aus der Praxis zu gewährleisten und weitere Kooperationen voranzutreiben.

8.4 Wissenschaftlich-technischer Nutzen

Die Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses führten zu der Leitfrage, wie sich die Ressourcen Energie, Material und Personal entlang des Produktlebenszyklus bewerten und die Effizienz ihres Einsatzes verbessern lässt. Theoretische und empirische Untersuchungen zu den Themen der Ressourcenbewertung und Handlungsoptionen zur Steigerung der Energie-, Material- und Personaleffizienz wurden zur Entwicklung eines ganzheitlichen Kennzahlenmodells zusammengeführt. Dieses Vorgehen ermöglichte die eingehende Berücksichtigung erfolgskritischer Einflussgrößen und Gestaltungsfeldern. Hieraus entsteht der wissenschaftlich-technischer Nutzen, dass insbesondere kleine und mittlere Unternehmen nun in der Lage sind ihren Ressourceneinsatz effizient zu bewerten, Schwachstellen zu identifizieren, Verbesserungen verglichen mit einem früheren Zeitpunkt aufzudecken und Verbesserungsmaßnahmen auszuwählen sowie wirtschaftlich zu bewerten. Das IT-Tool ermöglicht folglich eine einfache und transparente Erfassung des Ist-Zustandes des Energie-, Material- und Personaleinsatzes sowie eine Selbstevaluation zur Identifikation von Ansatzpunkten zu deren Verbesserung. Da ein Benchmarkvergleich mit dem eigenen Unternehmen zu einem früheren Zeitpunkt wichtiger bewertet wurde als ein Branchenvergleich, konzentriert sich das Modell und dessen Umsetzung in dem Tool auf die Bereitstellung einer Vergleichsfunktion. Wissenschaftliche Neuheit ist das ganzheitliche Kennzahlenmodell sowie dessen Verknüpfung mit umfangreichen, spezifischen Handlungsoptionen. Technisches Novum ist die Umsetzung dieses Modells in ein einfach anzuwendendes IT-Tool, womit ebenfalls ein hoher wirtschaftlicher Nutzen erreicht werden kann. Insbesondere KMU verfügen nicht über die Personalkapazitäten eine umfangreiche Bewertung der Res-

sourceneffizienz durchzuführen. Meist erfolgt dies nach rein ökonomischen Kriterien. Mit dem erarbeiteten Modell sind sie erstmalig in die Lage versetzt worden einen ganzheitlichen, detaillierten Einblick in die Situation einzelner Standorte sowie des gesamten Unternehmens zu erhalten. Da in Abhängigkeit der Präferenzen des Unternehmens sowie der erzielten Ergebnisse spezifische und umfangreiche Maßnahmen vorgeschlagen werden, können die Unternehmen nicht nur ihren aktuellen Zustand bestimmen, sondern auch mit meist einfachen Mitteln ihre Effizienz verbessern. Dies wiederum führt zu einer erhöhten Wirtschaftlichkeit der Unternehmen. Aber auch Maßnahmen ohne direkte finanzielle Vorteile verbessert die Wettbewerbsfähigkeit. So führt eine Schonung der Umwelt zum einen zu einem verbesserten Image, was die Kunden- und Mitarbeiterzufriedenheit steigen lässt. Zum anderen ermöglicht ein ökologischer Umgang mit den Ressourcen langfristig auf diese Ressourcen zurückgreifen zu können und für den Fall, dass die Mehrheit der Unternehmen ökologisch wirtschaften kann es auch zu einer Stabilisierung der Rohstoffpreise kommen. Gerade der soziale Einsatz von Energie, Material und Personal führt zu einer gesteigerten Zukunftsfähigkeit des Unternehmens. Besonders der wichtigste Faktor für eine Wettbewerbssicherung, motivierte und qualifizierte Mitarbeiter, erfährt hierdurch eine eklatante Verbesserung. Der innovative Beitrag des Forschungsprojektes besteht vor allem darin, dass bisher noch weitgehend unbekannt und neu entwickelte Kennzahlen Unternehmen erst die Bewertung ihres Ressourceneinsatzes ermöglichen und nun im Rahmen eines Tools in der Industrie zur Anwendung kommt. Dies wurde durch die Praxispartner bestätigt. Modell und Tool ermöglichen so die Erschließung der Ressourcenbewertung durch KMU und die Nutzung neuer Ansätze zur Verbesserung der Wettbewerbsposition. Durch den ganzheitlichen Aufbau des Konzeptes bestehen

breite, branchenübergreifende Anwendungsmöglichkeiten. Unter Berücksichtigung der Rückmeldungen der Praxispartner ist von einer häufigen und umfassenden Nutzung auszugehen. Es kann also abschließend zusammengefasst werden, dass sowohl der wissenschaftlich-technische als auch der wirtschaftliche Nutzen durch die erzielten Ergebnisse des Forschungsprojektes erreicht wurden.

8.5 Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Die Projektarbeit war durch einen intensiven Austausch zwischen der Forschungsstelle und den Praxispartnern gekennzeichnet. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens wurden bereits während der Forschungstätigkeit über unterschiedliche Formen der Veröffentlichungen in der Breite publik gemacht. Hierzu zählen Publikationen in Fachzeitschriften, in Zeitschriften von Verbänden, Newslettern, auf Internetplattformen, in Vorträgen auf Tagungen und Kongressen, sowie die Integration in Seminarprogramme und in die akademische Lehre. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse des Forschungsprojektes in Form eines IT-Tools sowie einer Anwendungshilfe veröffentlicht. Somit stehen die Forschungsergebnisse allen interessierten Unternehmen kostenlos zur Verfügung. Bereits in vorhergehenden Projekten der Forschungsstelle hat sich diese Art des IT-gestützten Wissenstransfers bewährt. Das gewählte Transferkonzept, wie in Abbildung 8-2 dargestellt, kann entsprechend der aktuellen Planung vollständig realisiert werden.

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahmen	Status
Vorstellung, Diskussion und Tests des Konzepts in den Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses	Überprüfung der Funktionalität	Bei den Unternehmen vor Ort	abgeschlossen

Begleitende Schulungen bei Unternehmen und am Forschungsinstitut (TU München)	Optimale Anwendung durch Unternehmensvertreter	Bei den Unternehmen vor Ort	abgeschlossen
Optimierung des Tools und der angewendeten Methoden in Zusammenarbeit mit den Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses	Verbesserung der Methodik auf Basis der Erkenntnisse aus den Unternehmen	Bei den Unternehmen vor Ort	abgeschlossen
Präsentation der Zwischenergebnisse auf Workshops, Seminaren und Kolloquien bei der Forschungsstelle und Fachverbänden	Kontinuierlicher Informationsaustausch mit Industriepartnern	Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses	abgeschlossen
Gezielte Ansprache potenziell interessierter Unternehmen über die Verbände	Verbreitung der Methodik auch in Unternehmen außerhalb des Projekts	Vermittlung über VDA, BEE, BGL, BVL und des BDEW	abgeschlossen
Teilnahme an Arbeitskreisen von Industrieverbänden Bspw. Arbeitskreise von VDA, BEE, BGL, BVL und des BDEW	Gezielte Information von weiteren Unternehmen	Vermittlung über VDA, BEE, BGL, BVL und des BDEW	abgeschlossen
Vorträge auf Tagungen, Kongressen und Kolloquien z.B. Münchner Management Kolloquium	Informationsverbreitung an weitere Unternehmen	Münchner Management Kolloquium 2016 & 2017	abgeschlossen
Gezielte Ansprache potenziell interessierter Unternehmen über die Verbände	Verbreitung der Methodik auch in Unternehmen außerhalb des Projekts	Vermittlung über VDA, BEE, BGL, BVL und des BDEW	laufend
Angebot von Schulungen und Workshops für interessierte Unternehmen, Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses, gezieltes Anschreiben von Unternehmen aus Datenbanken des Forschungsinstituts (TU München)	Richtige Anwendung der Methodik in Unternehmen	Bei den Unternehmen vor Ort oder an der Forschungsstelle	laufend
Beiträge in internationalen Fachzeitschriften Fachzeitschriften: z.B. Industrie Management, ZWF, ZfAW, Logistik-Inside, Logistik-heute	Informationsverbreitung für die praxisnahe Wissenschaft		laufend
Beiträge in Zeitschriften und Newslettern von Verbänden z.B. Harvard Business Manager, Technical Review; Verbände: z.B. VDA, BEE, BGL, BVL und BDEW	Verbreitung der Informationen an weitere Unternehmen	Vermittlung über VDA, BEE, BGL, BVL und des BDEW	laufend
Erstellung von Newslettern und Verbreitung über eigene Informationskanäle	Informationsverbreitung an weitere Unternehmen verschiedener Branchen	Anschreiben der Unternehmen mit Newslettern aus Datenbanken des Forschungsinstituts (TU München)	laufend
Vorträge und Präsentation der Ergebnisse auf Tagungen, Kongressen, Kolloquien und Messen z.B. Münchner Management Kolloquium (MMK)	Informationsverbreitung an weitere Unternehmen	Münchner Management Kolloquium 2015 & 2016	abgeschlossen
Aufnahme der Inhalte in Seminarprogramme für Industrievertreter seitens des Forschungsinstituts von Prof. Wildemann (TU München) in Verbindung mit Schulungen	Gezieltes Informieren von interessierten Unternehmen	Forschungsinstitut Prof. Wildemann (TU München)	laufend

Aufnahme in die akademische Lehre in Vorlesungen, insbesondere "Advanced Topics in Operations and Supply Chain Management" und "Strategisches Wertmanagement" (TU München)	Frühzeitige Schulung der zukünftigen Unternehmer	Forschungsinstitut Prof, Wildemann (TU München)	laufend
Branchenübergreifender Transfer Verallgemeinerung und Veröffentlichung der erarbeiteten Ergebnisse und Methoden auf den Internetseiten des Forschungsinstituts (TU München) sowie jährlich auf den von Prof. Wildemann veranstalteten Münchner Management Kolloquium (MMK)	Informationsverbreitung an weitere Unternehmen	Forschungsinstitut Prof, Wildemann (TU München)	laufend

Abbildung 8-2: Vorgehen zum Ergebnistransfer

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Mess- und Bewertungskonzepte	12
Abbildung 1-2: Studien und Forschungsinitiativen.....	16
Abbildung 1-3: Forschungsdesign.....	17
Abbildung 2-1: Kostenverteilung der verarbeitenden Industrie in Deutschland im Jahr 2008.....	29
Abbildung 2-2: Gegenüberstellung von Effizienz und Effektivität	36
Abbildung 2-3: Definitionen von Produktivität.....	40
Abbildung 2-4: Entwicklung des Nachhaltigkeitsverständnisses	42
Abbildung 2-5: Drei Dimensionen der Triple Bottom Line.....	45
Abbildung 2-6: Nachhaltiger Unternehmenswert.....	47
Abbildung 3-1: Übersicht über die Fallstudien	55
Abbildung 3-2: Klassifizierung der Fallstudien	55
Abbildung 3-3: Potenziale und Herausforderungen unterschiedlichen Materialeinsatzes in der Automobilindustrie.....	99
Abbildung 3-4: Übersicht über die befragten Experten.....	106
Abbildung 3-5: Unternehmen im projektbegleitenden Ausschuss	118
Abbildung 3-6: Im Fragebogen abgefragte Einflussgrößen	119
Abbildung 3-7: Fragestellungen zur Einflussgrößenbestimmung.	120
Abbildung 3-8: Unternehmensverteilung nach Mitarbeiteranzahl	125
Abbildung 4-3: Energiekostenverlaus im Großhandel	133
Abbildung 4-4: Fragebogen zur Kennzahl, Energie, sozial	138
Abbildung 4-5: Frage zur Kennzahl Material, ökologisch.....	144
Abbildung 4-6: Fragebogen zur Kennzahl Material, sozial	145
Abbildung 4-7: Frage zur Kennzahl Personal, ökologisch.....	151
Abbildung 4-8: Frage zum Wissensmanagement.....	154
Abbildung 4-9: Frage zur Arbeitnehmerzufriedenheit	155
Abbildung 4-10: Fragen zur Gesundheit	157
Abbildung 4-11: Überblick über die Kennzahlen.....	158
Abbildung 4-12: Nachhaltigkeitsdimensionen aus Produktsicht ..	160

Abbildung 4-13: Kundenzufriedenheit zum Energieeinsatz	164
Abbildung 4-14: Kundenzufriedenheit zur Energieeffizienz	165
Abbildung 4-15: Einstufung effizienter Produkte	167
Abbildung 4-16: Checkliste zur Zukunftsfähigkeit Energie	169
Abbildung 4-17: Kundenzufriedenheit zur Produktlebensdauer ...	171
Abbildung 4-18: Langlebigkeitsanforderungen der ONR 192102	173
Abbildung 4-19: Checkliste zur Zukunftsfähigkeit Material	174
Abbildung 4-20: Leistungskategorien der Instandhaltung	176
Abbildung 4-21: Kostenstruktur der Instandhaltung	177
Abbildung 4-22: Kundenzufriedenheit zur Personaleffizienz	178
Abbildung 4-23: Ressourceneffizienz-Matrix aus Produktsicht ...	180
Abbildung 4-24: Entwicklung des Serviceanteils am Umsatz	182
Abbildung 4-25: Selbsteinschätzung zur Maßnahmenrealisierung im Bereich Energieeffizienz	190
Abbildung 4-26: Kostenstruktur des After Sales Services	192
Abbildung 4-27: Selbsteinschätzung zur Maßnahmenrealisierung im Bereich Material	196
Abbildung 4-28: Selbsteinschätzung des After-Sales Services	208
Abbildung 4-29: Ressourceneffizienz-Matrix aus Servicesicht	210
Abbildung 4-30: Standardisiertes Kennzahlensystem	211
Abbildung 4-31: Kennzahlensystem der Recyclingphase	212
Abbildung 4-32: Antworten im Bereich Unternehmensstrategie ..	218
Abbildung 4-33: Ökonomische Produktbewertung	220
Abbildung 4-34: Methoden zur ökologischen Produktbewertung	223
Abbildung 4-35: Antwortmöglichkeiten Miniaturisierung	226
Abbildung 4-36: Checkliste Produktgestaltung	227
Abbildung 4-37: Antwortmöglichkeiten Kennzahl Methoden	230
Abbildung 4-38: Antworten zur Kennzahl Kooperation	236
Abbildung 4-39: Kennzahlensystem der Recyclingphase	237
Abbildung 4-40: Modell zur Ressourceneffizienzbewertung	239

Abbildung 5-1: Einstufungskriterien des zeitlichen Aufwands	267
Abbildung 5-2: Einstufungskriterien des finanziellen Aufwands .	268
Abbildung 5-3: Einstufungskriterien des personellen Aufwands..	268
Abbildung 5-4: Aufwand der Handlungsempfehlungen	269
Abbildung 5-5: Handlungsempfehlungen im Kennzahlenmodell.	269
Abbildung 6-1: Anforderungsprofil für Software	273
Abbildung 6-2: Vorgehen der klassischen Softwareentwicklung .	281
Abbildung 6-3: Hierarchische Anordnung von Objekten	286
Abbildung 6-4: PAP Sinnbilder nach DIN 66001	288
Abbildung 6-5: Menüband	291
Abbildung 6-6: Gesamtprozess IT-Tool	292
Abbildung 6-7: Phasenauswahl.....	294
Abbildung 6-8: Priorisierung	296
Abbildung 6-9: Auswahl Fragebögen.....	297
Abbildung 6-10: Beantwortung eines Fragebogens	299
Abbildung 6-11: Fragenauswahl für eine Kennzahl P-R-D	300
Abbildung 6-12: Bearbeitung eines Fragebogens	302
Abbildung 6-13: Parametereingaben	303
Abbildung 6-14: Parametereingabemaske für Phase P	305
Abbildung 6-15: Parameterauswahl für eine Kennzahl P-R-D	307
Abbildung 6-16: Bearbeitung einer Parametereingabemaske	308
Abbildung 6-17: Abschnitt Ersatzfragebögen	309
Abbildung 6-18: Erstellung eines Ersatzfragebogen	311
Abbildung 6-19: Abschnitt Auswertung.....	312
Abbildung 6-20: Berechnung von Effizienzkennzahlen	315
Abbildung 6-21: Überprüfung und Auswertung der Kennzahlen .	316
Abbildung 6-22: Abschnitt Handlungsempfehlungen.....	319
Abbildung 6-23: Bearbeitung von Handlungsempfehlungen.....	321
Abbildung 6-24: Auswerten der Handlungsempfehlungen	323
Abbildung 6-25: Verwendete Icons im IT-Tool.....	326

Abbildung 6-26: Ausschnitt aus dem Cockpit des IT-Tools	327
Abbildung 6-27: Trendanalyse	328
Abbildung 6-28: Erläuterungen der Icons im Cockpit	329
Abbildung 6-29: Auswahlmaske zur Priorisierung	332
Abbildung 6-30: Beispiel für einen Fragebogen im Tool	333
Abbildung 6-31: Pop-up Fenster mit Zusatzinformationen.....	335
Abbildung 6-32: Beispiel für Parametereingabemaske im Tool ...	336
Abbildung 6-33: Auswertung im IT-Tool	338
Abbildung 6-34: Pop-Fenster der Handlungsempfehlungen	339
Abbildung 8-1: Personaleinsatz	347
Abbildung 8-2: Vorgehen zum Ergebnistransfer.....	358

Literaturverzeichnis

Abele, Eberhard; Dervisopoulos, Marina; Kuhrke, Benjamin (2009): Bedeutung und Anwendung von Lebenszyklusanalysen bei Werkzeugmaschinen. In: Lebenszykluskosten optimieren: Springer, S. 51–80.

Adam, Dietrich (2012): Wachstum durch Ressourceneffizienz. Kunden, Mitarbeiter, Lieferanten; Tagungsband Münchner Management Kolloquium, 20. und 21. März 2012. München: TCW, Transfer-Zentrum.

Adenauer, Sibylle; Fischer, Sonja; Hentschel, Christian; Heuser, Irene; Peck, Anna; Prynda, Magdalene et al. (2015): Handlungsfeld „Personalpolitik und Personalstrategie realisieren“. In: Leistungsfähigkeit im Betrieb: Kompendium für den Betriebspraktiker zur Bewältigung des demografischen Wandels. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 219–336. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-43398-0_10.

Ahlers, Elke; Trautwein-Kalms, Gudrun (2004): Arbeitsbedingungen: hohe Leistung braucht Erholzeit. In: *WSI-Mitteilungen : Monatszeitschrift des Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Instituts in der Hans-Böckler-Stiftung* 57 (8), S. 458–460.

Albrecht, Stefan; Brandstetter, Peter; Fröhling, Magnus; Sedlbauer, Klaus; Schultmann, Frank; Trippe, Frederik (2013): Abschätzung der Ressourceneffizienz– Potenziale in der Fördermaßnahme r2. Abschlussbericht zu den im Rahmen des Integrations- und Transferprojekt der BMBF-Fördermaßnahme "r2 - Innovative Technologien für Ressourceneffizienz - rohstoffintensive Produktionsprozesse" durchgeführten Arbeiten. Hg. v. Universität Stuttgart Lehrstuhl für Bauphysik (LBP), Abt. Ganzheitliche Bilanzierung (GaBi) und

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Industrie-
betriebslehre und Industrielle Produktion (IIP).

Al-Darrab, Ibrahim A. (2000): Relationships between productivity,
efficiency, utilization, and quality. In: *Work Study* 49 (3), S. 97–
104. DOI: 10.1108/00438020010318073.

Alisch, Katrin (2004): Gabler-Wirtschaftslexikon. [die ganze Welt
der Wirtschaft: Betriebswirtschaft, Volkswirtschaft, Recht, Steu-
ern]. 16., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Gabler.

Amerland, Andrea (2014): Nachhaltigkeitsberichte werden inte-
griert. Online verfügbar unter [https://www.springerprofessio-
nal.de/public-relations/investor-relations/nachhaltigkeitsberichte-
werden-integriert/6602142](https://www.springerprofessional.de/public-relations/investor-relations/nachhaltigkeitsberichte-werden-integriert/6602142), zuletzt geprüft am 05.04.2016.

Asef, Dominik; Wanger, Susanne; Zapf, Ines (2011): Statistische
Messung des Arbeitseinsatzes. Erkenntnisgewinn durch die Berech-
nung von Arbeitsvolumen und Vollzeitäquivalenten der Erwerbstä-
tigen. Arbeitsmarkt. In: *WISTA - Wirtschaft und Statistik* 11, S.
1058–1065. Online verfügbar unter [https://www.desta-
tis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Archiv/WirtschaftSta-
tistikArchiv.html;jsessio-
nid=677E5855DE4089C2B619F510DF32B044.cae2](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Archiv/WirtschaftStatistikArchiv.html;jsessionid=677E5855DE4089C2B619F510DF32B044.cae2), zuletzt ge-
prüft am 25.11.2016.

Aspén, U.; Brathèn, A.; Cassel, P.; Ericsson, P.; Marelius, M.
(1991): Produktivitetsutveckling inom svenskt nä ringsliv. en studie
baserad pa nationalräkenskaperna. Hur mä ta produktivitet. Stock-
holm: Allmänna Förlaget.

Auerswald, H.; Vogt, G. (2010): Zur Klimasensibilität der Wirt-
schaft in der Region Dresden. In: *Ifo Institute for Economics Re-
search at the University of Munich* (Volume 17(03)), S. 15–23.

Bach, Vanessa; Berger, Markus; Henßler, Martin; Kirchner, Martin; Leiser, Stefan; Mohr, Lisa et al. (2016): Messung von Ressourceneffizienz mit der ESSENZ-Methode. Integrierte Methode zur ganzheitlichen Bewertung. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49264-2>.

Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff; Weiber, Rolf (2010): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 14. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, zuletzt geprüft am 28.09.2016.

Baer, Dieter (2001): Duden, Fremdwörterbuch. Auf der Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibregeln. 6. Auflage. Mannheim: Dudenverl. (Duden, 5).

Barckhausen, Anton; Gründig, Dietmar; Grohne, Carsten (2015): Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen. Energiekosten senken. Wettbewerbsvorteile sichern. dena.

Barney, Jay (1991): Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. In: *Journal of Management* 17 (1), zuletzt geprüft am 15.03.2016.

Baron, R.; Alberti, K.; Gerber, J.; Jochem, E.; Bradke, H.; Dreher, C.; Ott, V. (2005): Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen. Wiesbaden.

Basil, Victor R.; Turner, Albert J. (1975): Iterative enhancement. A practical technique for software development. In: *IEEE Transactions on Software Engineering* (4), S. 390–396.

- Bauernhansl, Thomas (2014): Energieeffizienz in Deutschland - eine Metastudie. Analyse und Empfehlungen. Berlin: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1783314>.
- Baum, Heinz-Georg; Albrecht, Thomas (2007): Umwelt-und Ressourcenschutz als Unternehmensziel. Steigerung des Unternehmenswerts durch Ressourcenmanagement: Springer-Verlag.
- Baumbach, Michael (2004): After-sales-Management im Maschinen- und Anlagenbau. Zugl.: St. Gallen, Univ., Diss., 1998. 2., überarb. Aufl. Regensburg: Transfer-Verl.
- Baumbach, Michael; Stampfl, Alexander (2002): After Sales Management. In: *Marketing–Logistik–Organisation. München/Wien*.
- Baumfeld, Leo; Hummelbrunner, Richard; Lukesch, Robert (2014): Situation analysieren. In: *Instrumente systemischen Handelns*: Springer, S. 107–128.
- Beasley, Jane; Georgeson, Ray (2014): Advancing resource efficiency in Europe. Indicators and waste policy scenarios to deliver a resource efficient and sustainable Europe. Unter Mitarbeit von Stephane Arditì und Piotr Barczak. Hg. v. European Environmental Bureau. European Environmental Bureau. Brüssel, zuletzt geprüft am 23.08.2016.
- Beck, K.; Beedle, M.; van Bennekum, A.; Cockburn, A.; Cunningham, W.; Fowler, M. et al. (2001): Agile Manifesto. Online verfügbar unter <http://agilemanifesto.org/>.
- Becker, Carsten; Hoff, Axel; Kleine-Möllhoff, Peter; Hornberger, Martin; Gottlieb, Johannes (2008): Studie exportfähiger Energieeffizienztechnologien und -dienstleistungen - Exportschlager Energieeffizienz. In: *Das Steinbeis Magazin* 2008 (2), S. 16–17, zuletzt geprüft am 27.09.2016.

Becker, Wolfgang; Brinkmann, Frank (2000): Kostenrechnung für die Instandhaltung. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. Bamberg: Otto-Friedrich-Univ (Bamberger betriebswirtschaftliche Beiträge, Nr. 124).

Behrendt, Siegfried; Pfitzner, Ralf; Kreibich, Rolf (2013): Wettbewerbsvorteile durch ökologische Dienstleistungen. Umsetzung in der Unternehmenspraxis: Springer-Verlag.

Benker, Hans (2014): EXCEL in der Wirtschaftsmathematik. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Bercu, Anna-Maria; Roman, A. (2012): The impact of human resource professional development on the SMEs performance. Evolutions and challenges. 8th International DAAAM Baltic Conference. Tallin, 2012. Online verfügbar unter <http://innomet.ttu.ee/daaam12/proceedings/pdf/bercu.pdf>, zuletzt geprüft am 18.05.2016.

Berger, Helmut (2005): Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Massnahmen. Praxiserprobte Anwendungen und Innovationen. Wien: Umweltbundesamt (Monographien / Umweltbundesamt, 172).

Berlemann, Michael; Tilgner, Jane (2006): Determinanten der Standortwahl von Unternehmen. Ein Literaturüberblick. Online verfügbar unter https://www.cesifo-group.de/link/ifodb_2006_6_14-24.pdf, zuletzt geprüft am 08.02.2017.

Bernolak, Imre (1997): Effective measurement and successful elements of company productivity. The basis of competitiveness and world prosperity. In: *International Journal of Production Economics* 52 (1-2), S. 203–213. DOI: 10.1016/S0925-5273(97)00026-1.

- Beumer, Markus; Schellnhuber, Hans Joachim (2008): Klimaschutz – Chancen und Herausforderungen für den Mittelstand. Die Studie 1/2008 der Unternehmer Perspektiven. Hg. v. Commerzbank AG.
- Bhattacharyya, Dipak Kumar (2012): Human Resource Management. 3rd edition. New Delhi, India.: Excel Books.
- Biebeler, Hendrik (2004): Ergebnisse der Unternehmensbefragung zum nachhaltigen Wirtschaften. Eine Untersuchung im Rahmen des BMBF-Förderschwerpunkts „Betriebliche Instrumente für nachhaltiges Wirtschaften“. Hg. v. Institut der deutschen Wirtschaft Köln. Institut der deutschen Wirtschaft Köln. Köln, zuletzt geprüft am 23.08.2016.
- Bierer, A.; Götze, U. (2013): Energiekosten als Betrachtungsobjekt der Kostenrechnung – eine Bestandsaufnahme. TU Chemnitz, Chemnitz. Wissenschaftliche Schriften, Auerbach. Online verfügbar unter http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/10906/1-08_Energiekosten.pdf.
- Bilen, K.; Ozyurt, O.; Bakırcı, K.; Karlı, S.; Erdogan, S.; Yılmaz, M.; Comaklı, O. (2008): Energy production, consumption, and environmental pollution for sustainable development. A case study in Turkey. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12 (6), S. 1529–1561. DOI: 10.1016/j.rser.2007.03.003.
- Blaeser-Benfer, Andreas (2012): Kurzstudie Materialeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen, zuletzt geprüft am 12.05.2016.
- Blazek, Zuzana; Stippler, Sybille; Werner, Dirk (2015): Demografiefeste Personalarbeit. KOFA-Wegweiser. Institut der deutschen Wirtschaft Köln. Köln.

Blesl, Markus; Kessler, Alois (2013): Energieeffizienz in der Industrie. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1398738>.

BMWi, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2010): Energieeffizienz - Made in Germany. Energieeffizienz im Bereich Industrie, Gebäudeanwendungen und Verkehr. Berlin, zuletzt geprüft am 17.01.2016.

BMWi, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (2014): Mehr aus Energie machen. Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz. Berlin, zuletzt geprüft am 27.02.2016.

Boehm, Barry W. (1981): Software engineering economics. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall (Prentice-Hall advances in computing science and technology series).

Bosch-Sijtsema, P. M.; Fruchter, R.; Vartiainen, M.; Ruohomäki, V. (2009): Contextual and interaction discontinuities. Impact of a collaborative work environment on remote management. In: *Organization Science*.

Böttcher, Markus; Neuhaus, Klaus (2014): Operative Leistungssteigerung bei Industrieunternehmen. Hg. v. Bain & Company, zuletzt geprüft am 29.10.2016.

Brandt, Mathias (2015): Office-Software dominiert deutsche Büros. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/infografik/3367/nutzung-von-office-software-in-deutschland/>.

Brecher, Christian (2011): Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch).

- Brischke, Lars-Arvid (2010): Rationelle Energienutzung in elektrischen Anwendungen. In: Martin Pehnt (Hg.): *Energieeffizienz: Ein Lehr- und Handbuch*. s.l.: Springer Berlin Heidelberg, S. 147–195.
- Bröckermann, Reiner; Müller-Vorbrüggen, Michael (2006): *Handbuch Personalentwicklung*. In: *Die Praxis der Personalbildung, Personalförderung und Arbeitsstrukturierung*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- Brown, Becky J.; Hanson, Mark E.; Liverman, Diana M.; Merideth, Robert W. (1967): Global sustainability: Toward definition. In: *Environmental Management* 11 (6), S. 713–719.
- Bruch, Heike; Kunze, Florian; Böhm, Stephan (2009): *Generationen erfolgreich führen. Konzepte und Praxiserfahrungen zum Management des demographischen Wandels*: Springer-Verlag.
- BSH Bosch Siemens Hausgeräte GmbH (2011): *Unser Supereffizienz-Portfolio 2011*. München, zuletzt geprüft am 26.09.2016.
- Büdenbender, Ulrich; Strutz, Hans (1996): *Gabler Lexikon Personal. Personalwirtschaft, Personalmanagement, Arbeits- und Sozialrecht*. Wiesbaden: Gabler Verlag; Imprint: Gabler Verlag.
- Bullinger, Hans-Jörg; Spath, Dieter; Warnecke, Hans-Jürgen; Westkämper, Engelbert (2009): *Handbuch unternehmensorganisation. Strategien, planung, umsetzung*: Springer-Verlag.
- Bullinger, Hans-Jörg; Warnecke, Hans-Jürgen; Westkämper, Engelbert (2013): *Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management*: Springer-Verlag.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: *AltfahrzeugV*. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/altautov/>, zuletzt geprüft am 29.11.2017.

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2013): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge - § 3 Begriffsbestimmungen, BImSchG. Fundstelle: § 3 Abs. 3. In: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hg.): Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG. Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG. Saarbrücken: juris GmbH. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/bim-schg/_3.html, zuletzt geprüft am 23.09.2016.

Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz (1974): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014a): BMWi - Energieeffizienz von Produkten. Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz/energie-verbrauchskennzeichnung-von-produkten.html>, zuletzt geprüft am 19.10.2016.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014b): BMWi - EU-Ökodesign-Richtlinie. Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Industrie-und-Umwelt/oekodesignrichtlinie.html>, zuletzt geprüft am 24.09.2016.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): BMWi - Energiedaten. Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/energiedaten.html>, zuletzt geprüft am 19.05.2016.

Busch, Timo; Beucker, Severin (2004): Computergestützte Ressourceneffizienz - Rechnung in der mittelständischen Wirtschaft. Untersuchungsschritte und -ergebnisse aus dem Kernprojekt und den Um-

setzungsprojekten des Forschungsprojekt care. In: *Institut Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement Universität Stuttgart*, zuletzt geprüft am 15.09.2015.

Buschmann, Jörg (2010): Beleuchtung. Potenziale zur Energieeinsparung. EnergieAgentur.NRW. Düsseldorf.

Busse von Colbe, Walther (1997): Was ist und was bedeutet Shareholder Value aus betriebswirtschaftlicher Sicht? In: *Zeitschrift für Unternehmens- und Gesellschaftsrecht* 26 (2), S. 271–290.

Capgemini Consulting (2014): Service Excellence in der Fertigungsindustrie, zuletzt geprüft am 28.10.2016.

Carroll, Archie B.; Buchholtz, Ann K. (2012): Business & society. Ethics and stakeholder management. 8th ed. Mason, OH: CL-South-Western Cengage Learning.

Carter, Craig R.; Rogers, Dale S. (2008): A framework of sustainable supply chain management. Moving toward new theory. In: *International journal of physical distribution & logistics management* 38 (5), S. 360–387.

Chew, W. Bruce (1988): No-Nonsense Guide to Measuring Productivity. In: *Harvard Business Review* 66 (1), S. 110–115.

Clausen, Lydia; Schmeisser, Wilhelm; Schindler, Falko; Hönighaus, Nico; Herbrechter, Frank: Controlling und Berliner Balanced Scorecard Ansatz. Online verfügbar unter http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783486850864&searchTitles=true.

Cohen, David; Lindvall, Mikael; Costa, Patricia (2003): Agile software development. In: *DACS SOAR Report* 11.

DIN 8930-5, 2003: Contracting.

Cooperrider, David; Fry, Ronald (2012): Mirror Flourishing and the Positive Psychology of Sustainability. In: *Journal of Corporate Citizenship* 2012 (46), S. 3–12. DOI:

10.9774/GLEAF.4700.2012.su.00002.

Corsten, Hans (2008): Lexikon der Betriebswirtschaftslehre. 5., vollst. überarb. u. wesentl. erw. Aufl. München [u.a.]: Oldenbourg (Lehr- und Handbücher der Betriebswirtschaftslehre).

Dachrodt, Heinz-G. (Hg.) (2014): Praxishandbuch Human Resources. Management - Arbeitsrecht - Betriebsverfassung. Wiesbaden: Springer Gabler.

Dellmann, Klaus; Pedell, Klaus (Hg.) (1994): Controlling von Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Ergebnis. Schmalenbach-Gesellschaft - Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft. Stuttgart: Schäffer-Poeschel (Berichte aus der Arbeit der Schmalenbach-Gesellschaft - Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft e.V. Köln und Berlin).

Dellnitz, Andreas (2015): Produktivitäts- und Effizienzverbesserungen in der Data Envelopment Analysis. Dissertation. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.

Deuse, Jochen; Weisner, Kirsten; Hengstebeck, André; Busch, Felix (2015): Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. In: *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*: Springer, S. 99–109.

DGFP e. V (2014): Integriertes Gesundheitsmanagement. Konzept und Handlungshilfen für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (DGFP-PraxisEdition, v.107).

Dickmann, Philipp (2008): Schlanker Materialfluss. Mit Lean Production, Kanban und Innovationen: Springer-Verlag.

- Dieckmann, Jens; Feldmeier, Gerhard (Hg.) (2007): Globalisierung KMU. Entwicklungstendenzen, Erfolgskonzepte und Handlungsempfehlungen. Leonberg: Rosenberger Fachverl.
- Diekmann, Jochen; Eichhammer, Wolfgang; Neubert, Anja; Rieke, Heilwig; Schlomann, Barbara; Ziesing, Hans-Joachim (1999): Energie-Effizienz-Indikatoren. Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis. Heidelberg, s.l.: Physica-Verlag HD (Umwelt und Ökonomie, 32). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-11675-3>.
- Dobbs, Richard; Oppenheim, Jeremy; Thompson, Fraser; Brinkman, Marcel; Zornes, Marc (2011): Resource revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs. Hg. v. McKinsey Global Institute. Online verfügbar unter <http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/resource-revolution>, zuletzt geprüft am 19.05.2016.
- Dobner, C. F. (2009): Ideenmanagement. Kreativität braucht der Mittelstand. München: GBI-Genios Verlag.
- Dolezalek, Carl Martin (1973): Planung von Fabrikanlagen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Dreuw, K.; Bliesner, A.; Rohn, H. (2011): Ressourceneffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Hintergrundpapier zur Landkarte RessourcenKultur. Bremen: artec | Forschungszentrum Nachhaltigkeit der Universität Bremen, Bremen und Wuppertal. In: *artec Forschungszentrum Nachhaltigkeit, Wuppertal Institut*, 2011, zuletzt geprüft am 15.09.2015.
- Drucker, Peter F. (1963): Managing for Business effectiveness. In: *Havard Business Review* (5).

Eberspächer, Philipp; Verl, Alexander; Bruns, Axel; Neumann, Michael; Constantinescu, Carmen (2014): Energiedatensimulation. In: Reimund Neugebauer (Hg.): Handbuch ressourcenorientierte Produktion. [Elektronische Ressource]. München: Hanser (Hanser eLibrary), S. 251–267.

Ebinger, Frank; Schwarz, Michael (2003): Nachhaltiges Wirtschaften in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Ansätze organisationaler Such- und Lernprozesse. In: Gudrun Linne und Michael Schwarz (Hg.): Handbuch Nachhaltige Entwicklung: Wie ist nachhaltiges Wirtschaften machbar? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 309–320. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-10272-4_29.

Effizienzagentur NRW (2006): Ressourceneffizienz. Strategie für umweltgerechtes Wirtschaften. Hg. v. NRW.

Effizienz-Agentur NRW: Kompetenzzentrum für Ressourceneffizienz des Landes Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <http://www.efanrw.de/index.php?id=13&L=0>, zuletzt geprüft am 05.05.2013.

Elkington, John (1999): Cannibals with forks. The triple bottom line of 21st century business. Oxford: Capstone.

DIN EN 16247-1, Oktober 2012: Energieaudits.

DIN EN 16231:2012-11, 2012: Energieeffizienz-Benchmarking-Methodik. Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-en-16231/151416237>, zuletzt geprüft am 27.09.2016.

VDI 4602, 2007: Energiemanagement.

DIN EN ISO 50001, 2012: Energiemanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung.

Engelmann, Tobias; Liedtke, Christa; Rohn, Holger; Bowry, Jaya (2013): Nachhaltiges Wirtschaften im Mittelstand. Möglichkeiten zur Steigerung der Ressourceneffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen. Hg. v. Friedrich-Ebert-Stiftung Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik. Friedrich-Ebert-Stiftung Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik. Bonn, zuletzt geprüft am 23.08.2016.

DIN EN ISO 9241-11, 2006: Ergonomics of Human-System Interaction.

Erhardt, Reiner; Pastewski, Nico (2010): Relevanz der Ressourceneffizienz für Unternehmen des produzierenden Gewerbes. Ergebnisse der Datenerhebung über die Relevanz des Themas Ressourceneffizienz im produzierenden Gewerbe Deutschlands. Stuttgart: Fraunhofer-Verl.

Europäische Kommission (2006): Die neue KMU Definition. Benutzerhandbuch und Mustererklärung.

Europäische Union (EU) (2010): Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Angabe des Verbrauchs an Energie und anderen Ressourcen durch energieverbrauchsrelevante Produkte mittels einheitlicher Etiketten und Produktinformationen Text von Bedeutung für den EWR. RL 2010/30/EU, vom Neufassung. In: *ABl. (Amtsblatt der Europäischen Union)* (L 153), S. 1–12, zuletzt geprüft am 19.10.2016.

European Commission, Directorate-General for Communication (Hg.) (2013): SMEs, resource efficiency and green markets. Flash Eurobarometer 381. European Commission, Directorate-General for Communication, zuletzt geprüft am 23.08.2016.

Feifel, Silke (Hg.) (2009): Ökobilanzierung 2009 - Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit. Tagungsband Ökobilanz-Werkstatt 2009, Campus Weihenstephan,

Freising, 5. bis 7. Oktober 2009. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.

Felger, Ulrike (2012): Ohne Strategie hilft nur Glück. In: *ProFirma* (4), S. 22–24.

Figge, Frank (2000): Öko-Rating. Ökologieorientierte Bewertung von Unternehmen. Berlin [u.a.]: Springer (Umweltnatur- & Umweltsozialwissenschaften).

Fisher, Thomas J. (1990): Business productivity measurement using standard cost accounting information. In: *Int Jrnal of Op & Prod Mnagemnt* 10 (8), S. 61–69.

Fleiter, Tobias; Gruber, Edelgard; Eichhammer, Wolfgang; Worrell, Ernst (2012): The German energy audit program for firms—a cost-effective way to improve energy efficiency? In: *Energy Efficiency* 5 (4), S. 447–469. DOI: 10.1007/s12053-012-9157-7.

Fölsing, Andreas; Lindner, Florian; Scherm, Ewald (2014): Kennzahlengestütztes Controlling des Employer Branding. In: *Controlling* 26 (1), S. 43–46.

Fresner, Johannes; Bürki, Thomas; Sittel, Henning H. (2014): Ressourceneffizienz in der Produktion: Kosten senken durch Cleaner Production. 2. Aufl. Düsseldorf: Symposion Publishing GmbH, zuletzt geprüft am 14.09.2016.

Friedel, Andreas (2013): Einfluss der Produktgestalt auf den Energieaufwand beim Recycling mechanischer Bauteile und Baugruppen: Springer-Verlag.

Geiger, Bernd; Gruber, Edelgard; Megele, Werner (2013): Energieverbrauch und Einsparung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung: Springer-Verlag.

Glass, R. (2001): Agile Versus Traditional: Make Love, Not War. In: *Cutter IT Journal* (12–18).

Gleich, R. (2012): Nachhaltigkeitscontrolling: Konzepte, Instrumente und Fallbeispiele für die Umsetzung: Haufe Lexware.

Gleich, Ronald (2014): Supply-Chain- und Logistik-Controlling: Haufe-Lexware.

Global Reporting Initiative (2015): Leitlinien zur Nachhaltigkeitsberichterstattung, zuletzt geprüft am 29.10.2016.

Gottmann, Juliane (2016): Produktionscontrolling. Wertströme und Kosten optimieren: Springer-Verlag.

Grahl, Andrea; Joest, Steffen; Raulien, Tom (2015): Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschließen. dena. Berlin.

Graner, Marc (2015): Methodeneinsatz in der Produktentwicklung. Bessere Produkte, schnellere Entwicklung, höhere Gewinnmargen: Springer-Verlag.

Gross, T. (2016): Software-Ergonomie. Hg. v. Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik. Online verfügbar unter <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/is-management/Systementwicklung/Management-der-Systementwicklung/Software-Qualitätsmanagement/software-ergonomie>, zuletzt aktualisiert am 26.02.2017.

Gülich, Johann Friedrich (2014): Kreiselpumpen. Handbuch für Entwicklung, Anlagenplanung und Betrieb. 4., aktualisierte und erw. Aufl. Berlin: Springer Vieweg.

Günterberg, Brigitte (2012): Unternehmensgrößenstatistik – Unternehmen, Umsatz und sozialversicherungspflichtig Beschäftigte 2004 bis 2009 in Deutschland. In: *Institut für Mittelstandsforschung*

Bonn (Hrsg.): Daten und Fakten 2. Online verfügbar unter http://www.ifm-bonn.org/uploads/tx_ifmstudies/Daten-und-Fakten-2_2012.pdf, zuletzt geprüft am 11.02.2017.

Günther, Edeltraud; Schuh, Heiko (2003): Nachhaltige Entwicklung—eine Herausforderung für unternehmerische Entscheidungen. In: *Quantitative Modelle und nachhaltige Ansätze der Unternehmensführung*: Springer, S. 199–214.

ONR 192102, 2014: Gütekenneichen für langlebige, reparaturfreundlich konstruierte elektrische und elektronische Geräte.

Hair, Joseph F.; Black, William C.; Babin, Barry J.; Anderson, Rolph E. (2010): *Multivariate Data Analysis. A Global Perspective*. 7. Aufl. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall. Online verfügbar unter <https://de.scribd.com/document/126310136/25213166-Multivariate-Data-Analysis-7th-Edition>, zuletzt geprüft am 02.11.2016.

Hakuli, Stephan; Krug, Markus (2015): Virtuelle Integration. In: Hermann Winner, Stephan Hakuli, Felix Lotz und Christina Singer (Hg.): *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort*. 3., überarb. und erg. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg (ATZ/MTZ-Fachbuch), S. 125–138.

Handelsblatt (2006): *Wirtschafts-Lexikon. Das Wissen der Betriebswirtschaft*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Hansen, James; Sato, Makiko (2004): Greenhouse gas growth rates. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101 (46), S. 16109–16114.

Hart, Stuart L. (1995): A Natural-Resource-Based View of the Firm. In: *The Academy of Management Review* 20 (4), S. 986. DOI: 10.2307/258963.

Hauser, Frank; Schubert, Andreas; Aicher, Mona; Fischer, Lorenz; Wegera, Katharina; Erne, Claudia; Böth, Inge (2008): Unternehmenskultur, Arbeitsqualität und Mitarbeiterengagement in den Unternehmen in Deutschland. Abschlussbericht Forschungsprojekt Nr. 18/05; ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales. In: (*Keine Angabe*).

Hauser-Ditz, Axel; Wilke, Peter (2004): Corporate Social Responsibility – Soziale und ökologische Verantwortung von Unternehmen. Eine Betriebsrätebefragung zu den Handlungsfeldern für Arbeitnehmervertretungen. Hg. v. Wilke, Maack und Partner - wmp consult. Hamburg. Online verfügbar unter https://www.boeckler.de/pdf_fof/97364.pdf.

Havighorst, Frank (2006): Personalkennzahlen. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung (Edition der Hans-Böckler-Stiftung, 167), zuletzt geprüft am 14.10.2016.

Hensler, Gerold; Hochhuber, Josef; Linckh, Vera (2009): Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe. Hg. v. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU).

Hering, Ekbert (2014): Personalmanagement für Ingenieure. Wiesbaden: Springer Vieweg (Essentials).

Hering, Ekbert; Schumy, Harald (Hg.) (1992): Software-Engineering. Mit 25 Übungsaufgaben mit Lösungen. 3., durchges. Aufl. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg (Viewegs Fachbücher der Technik).

Herter, Ronald N.; Wangenheim, Dilp-Kfm Sascha v. (1997): Controlling von Recyclingprozessen. In: Kostenmanagement: Springer, S. 425–444.

Hesselbach, Jens (2012): Energie- und klimaeffiziente Produktion. Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele. 1. Aufl. s.l.: Vieweg+Teubner (GWV). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=885626>.

Heyde, Sebastian (2012): Energieeffiziente Druckluftsysteme. Ein Merkblatt der IHK Projekte Hannover GmbH. Hg. v. Industrie- und Handelskammer Hannover. Hannover, zuletzt geprüft am 08.04.2016.

Hiebel, Markus; Pflaum, Hartmut (2009): Recycling für den Klimaschutz–CO₂-Emissionen bei der Verwertung von Sekundärrohstoffen im Vergleich zur Nutzung von Primärrohstoffen. In: *Müll und Abfall* 4.

Highsmith, J.; Cockburn, A. (2001): Agile software development. The business of innovation. In: *Computer* 34 (9), S. 120–127. DOI: 10.1109/2.947100.

Hillman, Amy J.; Keim, Gerald D. (2001): Shareholder value, stakeholder management, and social issues. What's the bottom line? In: *Strategic Management Journal*, S. 125–139.

Hofacker, Angelina (2016): Naturfasern statt Metall im Schiebedach der neuen Mercedes-Benz E-Klasse. Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/werkstoffe/leichtbau/naturfasern-im-schiebedach-der-neuen-mercedes-benz-e-klasse/9988034>, zuletzt geprüft am 29.01.2017.

Hofbauer, Günter; Rau, Daniela (2011): Professionelles Kundendienstmanagement. Strategie, Prozess, Komponenten. Erlangen: Publicis Publ.

Hofmann, Heidemarie; Ufholz, Bernhard; Bildung, Forschungsinstitut Betriebliche (2012): Material- und Energieeffizienz in KMU

steigern. Hintergründe, Methoden, Praxisbeispiele. 1. Aufl. s.l.: Bertelsmann W. Verlag (Leitfaden für die Bildungspraxis, v.55). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1605118>.

Högner, Sabine; Freitag, Oliver; Hube, Gerhard (2012): Ökologische Nachhaltigkeit in klein- und mittelständischen Betrieben. Handlungsempfehlungen aus Theorie und Praxis. IHK Würzburg-Schweinfurt, Würzburg.

Holz, Michael; Nielen, Sebastian; Paschke, Max; Schröder, Christian; Wolter, Hans-Jürgen (2016): Globale Vernetzung, Kooperation und Wertschöpfung im Mittelstand. IfM-Materialien, Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn.

Hopf, Hendrik; Müller, Egon (2016): Methodik zur Fabrikssystemmodellierung im Kontext von Energie- und Ressourceneffizienz. Wiesbaden: Springer Vieweg (Springer VS research).

Horsch, Jürgen (2015): Kostenrechnung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Huselid, Mark; Beatty, Richard; Becker, Brian (2005): "A Players" or "A Positions"? The Strategic Logic of Workforce Management. In: *Harvard Business Review*.

IfM Bonn (2016): Mittelstand im Überblick. Online verfügbar unter <http://www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-ueberblick/#accordion=0&tab=0>, zuletzt geprüft am 10.06.2016.

IfM Bonn, Institut für Mittelstandsforschung Bonn (Hg.) (2015): KMU-Definition des IfM Bonn. Online verfügbar unter <http://www.ifm-bonn.org/definitionen/kmu-definition-des-ifm-bonn/>, zuletzt geprüft am 22.11.2015.

Imai, Masaaki (1986): *Kaizen. (Ky'zen) ; the key to Japan's competitive success.* 1. ed. New York: Random House Business Div.

DIN 66001, 1983: *Informationsverarbeitung: Sinnbilder und ihre Anwendung.*

EN 15341, 01.06.2007: *Instandhaltung - Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung.*

Irrek, Wolfgang; Kora, Kristof (2008): *Ressourceneffizienz: Warum sie verdient, viel schneller umgesetzt zu werden.* Hg. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Wuppertal, zuletzt geprüft am 15.09.2015.

Jackson, M. (2000): *An analysis of flexible and reconfigurable production systems: An approach to a holistic method for the development of flexibility and reconfigurability.* Dissertation. Linköpings universitet, Linköping.

Jackson, Mary; Staunton, Mike (2010): *Advanced modelling in finance using Excel and VBA.* repr. Chichester: Wiley (Wiley finance series).

Jeberien, Brigitte; Stephan, Michael; Schneider, Martin J. (2013): *Management von Ideen. Stand in der Praxis.* In: *Ergebnisse einer empirischen Untersuchung im deutschsprachigen Raum in Zusammenarbeit mit der IHK Innovations-und Technologieberatung. Discussion Paper on Strategy and Innovation*, 13-01.

Jochem, R.; Weinaug, H.; Kolomiichuk, S.; Oertwig, N. (2013): *Evaluation of energy and resource efficiency supported by enterprise modeling – experiences from application cases and their significance for the multi-perspective modeling approach.* In: *11th GlobalConference on Sustainable Manufacturing.*

Kaerner, Henning; Kasper, Martin; Mattmüller, Roland (2004): After-Sales. Der Service macht den Gewinn - Wie Sie Produkte erfolgreich mit Dienstleistungen verbinden. Frankfurt am Main: Frankfurter Allgemeine Buch.

Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang; Helbig, Johannes, Hellinger, Ariane (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Berlin.

Kahmeyer, Martin; Rupprecht, Reinhard (1996): Recyclinggerechte Produktgestaltung. 1. Aufl. Würzburg: Vogel (Kamprath-Reihe).

Kakabadse, Andrew; Morsing, Mette (Hg.) (2006): Corporate social responsibility. Reconciling aspiration with application. [Nachdr.]. Basingstoke: Palgrave Macmillan. Online verfügbar unter <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0624/2005044514-b.html>.

Kamiske, Gerd F. (Hg.) (2015): Handbuch QM-Methoden. Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen. unveränd. Nachdr. d. 1. Ausg. v. 2013. München: Hanser.

Kaplan, Robert S.; Cooper, Robin (1998): Cost & effect. Using integrated cost systems to drive profitability and performance: Harvard Business Press.

Kapusta, Friedrich (2010): KMU-Initiative zur Energieeffizienzsteigerung. Begleitstudie: Kennwerte zur Energieeffizienz in KMU. Hg. v. Energieinstitut der Wirtschaft GmbH. Wien.

Karl, Jürgen (2012): Dezentrale Energiesysteme. Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt. 3. überarb. u. erw. Aufl. München: Oldenbourg.

Kaschny, Martin; Nolden, Matthias; Schreuder, Siegfried (2015): Innovationsmanagement im Mittelstand. Strategien, Implementierung, Praxisbeispiele. Wiesbaden: Springer Gabler, zuletzt geprüft am 31.10.2016.

Kinkel, Steffen; Maloča, Spomenka (2009): Modernisierung der Produktion. Produktionsverlagerung und Rückverlagerung in Zeiten der Krise. Hg. v. Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ISI.

Kladroba, Andreas; Grenzmann, Christoph; Kreuzels, Bernd (2010): FuE-Datenreport 2010: Analysen und Vergleiche. Wissenschaftsstatistik GmbH, zuletzt geprüft am 28.02.2016.

Klingebiel, Peter (2000): Anforderungen an globales und privates IP-Networking Berlin. Berlin, 27.11.2000. Online verfügbar unter <http://slideplayer.org/slide/657448/>, zuletzt geprüft am 19.06.2016.

Klingler, Urs (2009): 100 Personalkennzahlen. 3. Aufl. Wiesbaden: Cometic.

Klug, Florian (2010): Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Berlin: Springer (VDI-Buch).

Kluth, Michael (1996): Wissensbasiertes Controlling von Fertigungseinzelkosten. Konzeption, Implementierung und Evaluierung des Systems OpCon. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden, s.l.: Deutscher Universitätsverlag (Gabler Edition Wissenschaft). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-09144-8>.

Knuppertz, Thilo (2009): EDEN- Reifegradmodell Prozessorientierung in Unternehmen, zuletzt geprüft am 29.10.2016.

Koschatzky, Knut (2012): Kooperation zwischen KMU und Wissenschaft. Probleme und Lösungsansätze. In: *Dialog "Wirtschaft - Wissenschaft"*.

Kossek, Ellen Ernst; Valcour, Monique; Lirio, Pamela (2014): The Sustainable Workforce. Organizational Strategies for Promoting Work–Life Balance and Wellbeing (Wellbeing: A Complete Reference Guide, 3). Online verfügbar unter <http://online-library.wiley.com/doi/10.1002/9781118539415.wbwell030/pdf>.

Kraaijenbrink, J.; Spender, J.-C.; Groen, A. J. (2009): The Resource-Based View. A Review and Assessment of Its Critiques. In: *Journal of Management* 36 (1), S. 349–372. DOI: 10.1177/0149206309350775.

Krause, Hans-Ulrich; Arora, Dayanand (2010): Controlling-Kennzahlen: Zweisprachiges Handbuch Deutsch/Englisch ; Key performance indicators. 2., überarb. und erw. Aufl. München: Oldenbourg.

Kröber, Jochen (2011): After Sales: Für die Zukunft gerüstet?, zuletzt geprüft am 08.09.2016.

Kühl, Stefan; Strodtholz, Petra; Taffertshofer, Andreas (2009): Handbuch Methoden der Organisationsforschung. Quantitative und Qualitative Methoden. Wiesbaden: Springer-Verlag, zuletzt geprüft am 12.11.2016.

Kulterer, Konstantin; Energieagentur, Österreichische (2017): Politische Maßnahmen zur Optimierung von Motorsystemen und Vorgaben für Energieaudits.

Kummert, Kai; May, Michael; Pelzeter, Andrea (2013): Nachhaltiges Facility Management. Berlin, Heidelberg: Springer (VDI-Buch), zuletzt geprüft am 19.09.2016.

VDI-Richtlinie 4600 - Blatt 1, August 2015: Kumulierter Energieaufwand - Beispiele.

Kurosawa, K. (1991): Productivity measurement and management at the company level: the Japanese experience. In: *Elsevier Science Limited* Bd. 14.

Läge, Karola (2013): Ideenmanagement. Grundlagen, optimale Steuerung und Controlling: Springer-Verlag.

Lagotzki, Stefan (2001): Einführung in VBA. IHK Bildungszentrum Dresden. Online verfügbar unter <http://www.lagotzki.de/scripte/vba/index.html>, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

Lang, Stephan (2005): Triple Bottom Line als innovatives Instrument der Unternehmensführung.

Lasshof, Britta (2006): Produktivität von Dienstleistungen. 1. Aufl. s.l.: DUV Deutscher Universitäts-Verlag (Fokus Dienstleistungsmarketing). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=750018>.

Lechner, Karl; Egger, Anton; Schauer, Reinbert (2008): Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 24., überarb. Aufl. Wien: Linde (Fachbuch Wirtschaft).

Linne, Gudrun; Schwarz, Michael (Hg.) (2003): Handbuch Nachhaltige Entwicklung: Wie ist nachhaltiges Wirtschaften machbar? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Littré, E. (1883): Dictionnaire de la Langue Francaise Contenant. la Nomenclature la Grammaire la Signification des Mots la Partie Historique l'Etymologie. Paris: Hachette & Cie.

Loew, Thomas; Beucker, Severin; Gunner, Jürgens (2002): Vergleichende Analyse der Umweltcontrollinginstrumente Umweltbilanz,

- Umweltkennzahlen und Flusskostenrechnung. Hg. v. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung GmbH.
- Löffler (2011): Energiekennzahlen für Betriebsvergleiche. Hg. v. Technische Universität Chemnitz Professur Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, zuletzt geprüft am 08.09.2016.
- Lorenz, Daniel; Hartmann, Philipp; Grüttner, Kim; Rettberg, Achim (2012): Nicht-invasive Simulation des Energieverbrauchs von Hardware-Komponenten auf Systemebene mit SystemC. Universität Oldenburg. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/Kim_Gruettner/publication/235532124_Nicht-Invasive_Simulation_des_Energieverbrauchs_von_Hardware-Komponenten_auf_Systemebene_mit_SystemC/links/5603bf2208ae4accfbb8c06e.pdf, zuletzt geprüft am 29.02.2016.
- Lübbert, Daniel (2007): CO₂-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Zur Klimafreundlichkeit von fossilen Energien, Kernenergie und erneuerbaren Energien. Hg. v. Deutscher Bundestag. Deutscher Bundestag - Fachbereich WD8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung.
- Lück, Wolfgang (2004): Lexikon der Betriebswirtschaft. 6., völlig neu bearb. Aufl. München: Oldenbourg.
- Luczak, Holger; Killich, Stephan (2003): Unternehmenskooperation für kleine und mittelständische Unternehmen. Lösungen für die Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-55767-5>.
- MacCallum, Robert C.; Widaman, Keith F.; Zhang, Shaobo; Hong, Sehee (1999): Sample size in factor analysis. In: *Psychological Methods* 4 (1), S. 84–99. DOI: 10.1037//1082-989X.4.1.84.

Mahnel, Matthias (2011): Den Serviceerfolg planen, steuern und messen. Ein Leitfaden für die Investitionsgüterindustrie. IMPULS-Management-Consulting. München, zuletzt geprüft am 16.10.2016.

Mahnel, Matthias (2013): Service Trends 2020. Wohin entwickelt sich der After Sales Service? IMPULS-Management-Consulting. München.

Männel, Wolfgang (1995): Modernes Kostenmanagement. Grenzplankostenrechnung als Controllinginstrument ; Beiträge der Plaut-Gruppe. Wiesbaden: Gabler (Krp-Edition).

Matson, Eric; Prusak, Laurence (2010): Boosting the productivity of knowledge workers. In: *McKinsey Quarterly*. Online verfügbar unter <http://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/boosting-the-productivity-of-knowledge-workers>, zuletzt geprüft am 19.03.2016.

Mattes, Katharina; Lerch, Christian; Jäger, Angela (2015): Ressourceneffiziente Produktion jenseits technischer Lösungen. Der Beitrag organisatorischer Instrumente bei der erfolgreichen Umsetzung einer energie- und materialeffizienten Produktion. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung "Modernisierung der Produktion".

Mattes, Katharina; Schröter, Marcus (2012): Wirtschaftlichkeitsbewertung: Bewertung der wirtschaftlichen Potenziale von energieeffizienten Anlagen und Maschinen. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Karlsruhe, zuletzt geprüft am 19.10.2016.

Mauritz, Carsten (2011): Grenzen unternehmerischer Klimaanpassung – Ergebnisse empirischer Forschung. In: *uwf* 19 (1-2), S. 109–114. DOI: 10.1007/s00550-011-0200-5.

- Merten, T.; Rohn, H. (2005): RKW-Magazin: Nachhaltig wirtschaften. Faktor X : Ökoeffizienz im Unternehmen. Berlin, S. 14-15, zuletzt geprüft am 15.09.2015.
- Messner, T.; Antrekowitsch, H.; Pesl, J.; Hofer, M. (2005): Prozessoptimierung durch Stoffstromanalyse am Schachtofen der Montanwerke Brixlegg AG. In: *BHM Berg-und Hüttenmännische Monatshefte* 150 (7), S. 251–257.
- Migendt, Michael; Täube, Florian (2013): Ressourceneffizienz im deutschen Maschinen- und Anlagenbau. Hg. v. VDMA. VDMA. Frankfurt am Main, zuletzt geprüft am 23.08.2016.
- Miles, Morgan P.; Russell, Gregory R. (1997): ISO 14000 total quality environmental management. The integration of environmental marketing, total quality management, and corporate environmental policy. In: *Journal of Quality Management* 2 (1), S. 151–168.
- Mistereck, Susan D.A.; Dooley, Kevin J.; Anderson, John C. (1992): Productivity as a Performance Measure. In: *Int Jrnl of Op & Prod Mnagemnt* 12 (1), S. 29–45. DOI: 10.1108/EUM0000000001294.
- Müller, David (2010): Gestaltung der Lebenszykluskosten von Bau-reihen. In: *Z Control Manag* 54 (4), S. 266–277.
- Müller, Egon; Engelmann, Jörg; Löffler, Thomas; Strauch, Jörg (2009): Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10318822>.
- Müller-Christ, Georg; Hülsmann, Michael (2003): Erfolgsbegriff eines nachhaltigen Managements. In: Gudrun Linne und Michael Schwarz (Hg.): Handbuch Nachhaltige Entwicklung: Wie ist nach-

haltiges Wirtschaften machbar? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 245–256. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-10272-4_23.

Mussnig, Werner; Gruber, Jan; Eccles, Robert G.; Herz, Robert H.; Keegan, E. Mary; Phillips, David M. H. (2003): The Value Reporting Revolution. Neue Wege in der kapitalmarktorientierten Unternehmensberichterstattung: JSTOR.

Naujokat, Marco (2011): Umsetzung von Ressourceneffizienz-Maßnahmen in KMU und ihre Treiber. Identifizierung wesentlicher Hemmnisse und Motivatoren im Entscheidungsprozess von KMU bei der Inanspruchnahme öffentlicher Förderprogramme zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Hg. v. VDI Zentrum Ressourcen Effizienz und Klimaschutz. VDI Zentrum Ressourcen Effizienz und Klimaschutz. Berlin, zuletzt geprüft am 23.08.2016.

Neely, Andy; Gregory, Mike; Platts, Ken (1995): Performance measurement system design. A literature review and research agenda. In: *Int Jrnl of Op & Prod Mnagemnt* 15 (4), S. 80–116.

o.V. (2016): Effiziente Druckluft: Kosten senken in Industrie und Handwerk. Online verfügbar unter <http://www.energieeffizienz-im-betrieb.net/energiesparen-unternehmen/druckluft-kosten-senken.html>, zuletzt geprüft am 19.05.2016.

Orth, Ronald (2013): Fit für den Wettbewerb. Wissensmanagement in KMU erfolgreich einführen. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

Patel, Pankaj C.; Conklin, Betty (2010): Perceived Labor Productivity in Small Firms—The Effects of High-Performance Work Systems and Group Culture Through Employee Retention. In: *Entrepreneurship: Theory and Practice* 36 (2), S. 205–235.

Petersen, Susanne (1997): Organisation von Mitarbeiter-schulung und-information im Rahmen eines Umweltmanagement-systems. In: *Schriftenreihe des IÖW* 120, S. 97.

Pfennig, Christian (2009): Controllerzufriedenheit. Messung - Wirkungen - Determinanten. Zugl.: Vallendar, Otto Beisheim School of Management, Diss., 2009. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden (Gabler research Schriften des Center for Controlling & Management (CCM), Bd. 37). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-8336-7>.

Pfohl, Hans-Christian (2010): Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 8., neu bearb. und aktualisierte Aufl. Berlin: Springer. Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10355135>.

Pfohl, Hans-Christian (Hg.) (2013): Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe. Größenspezifische Probleme und Möglichkeiten zu ihrer Lösung. Unter Mitarbeit von Ulli Arnold, Stefan Hofmann, Detlef Keese, Jörn-Axel Meyer, Hans-Christian Pfohl, Herfried M. Schneider et al. 5. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co (Management und Wirtschaft Praxis, 44).

Pfohl, Hans-Christian (2016): Logistikmanagement: Konzeption und Funktionen: Springer Berlin Heidelberg.

Pirkner, Georg; Seidl, Sabine; Winkler, Josef; Hackl, Norbert (2008): Nachhaltigkeitssiegel für gut reparierbare Produkte, zuletzt geprüft am 20.10.2016.

Prakash, Siddhardt; Günther, Dehoust; Gsell, Martin; Schleicher, Tobias; Stamminger, Rainer (2016): Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informati-

onsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, zuletzt geprüft am 28.09.2016.

Preißing, Dagmar (2010): Erfolgreiches Personalmanagement im demografischen Wandel. München: Oldenbourg (Management 10-2012). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1524/9783486710335>.

Rauberger, Rainer; Wagner, Bernd; Jasch, Christine; Braun, Sabine; Wagner-Youngman, Gabriele; Ratte, Christa et al. (1997): Leitfaden: Betriebliche Umweltkennzahlen. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Umweltbundesamt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Umweltbundesamt. Bonn, Berlin, München, zuletzt geprüft am 20.09.2016.

Rebmann, Michael (2015): Sozial, nachhaltig, ökologisch: Gütesiegel für Konzerne soll Welt verbessern. Online verfügbar unter <http://www.n-tv.de/wirtschaft/Guetesiegel-fuer-Konzerne-soll-Welt-verbessern-article15636846.html>, zuletzt aktualisiert am 01.08.2015, zuletzt geprüft am 29.05.2016.

VDI 2243, 2002: Recyclingorientierte Produktentwicklung.

Rennings, Klaus; Rammer, Christian; Oberndorfer, Ulrich; Jacob, Klaus; Boie, Georg; Bruksch, Susanne et al. (2008): Instrumente zur Förderung von Umweltinnovationen: Bestandsaufnahme, Bewertung und Defizitanalyse. Hg. v. Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Online verfügbar unter <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3466.pdf>, zuletzt geprüft am 22.05.2016.

VDI-Richtlinie 4800 - Blatt 1, Februar 2016: Ressourceneffizienz - Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien.

- Rogall, Holger (2004): Akteure der Nachhaltigkeit: warum es so langsam vorangeht. In: *Natur und Kultur* (5), S. 27–44.
- Rohn, Holger (2009): Identifikation von Technologien, Produkten und Strategien mit hohem Ressourceneffizienzpotenzial. Ergebnisse eines kooperativen Auswahlprozesses. Hg. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.
- Roland Berger (Hg.) (2011): Energie- und Ressourceneffizienz im Immobilienmanagement. Roland Berger Strategy Consultants. München, zuletzt geprüft am 23.08.2016.
- Roloff, Julia (2002): Stakeholdermanagement. Ein monologisches oder dialogisches Verfahren? In: *Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik* 3 (1), S. 77–98.
- Royce, W. (Hg.) (1987): Managing the development of large software systems. Concepts and techniques. Proceedings of the 9th international conference on Software Engineering: IEEE Computer Society Press.
- Rudolph, M.; Abele, E.; Eisele, Ch.; Rummel, W. (2010): Analyse von Leistungsmessungen – Ein Beitrag zur Untersuchung der Energieeffizienz von Werkzeugmaschinen: Carl Hanser Verlag, S.876 – 882.
- Sayed, Mustapha; Kubalski, Sebastian (2016): Überwindung betrieblicher Barrieren für ein betriebliches Gesundheitsmanagement in kleinen und mittelständischen Unternehmen. In: *Betriebliches Gesundheitsmanagement*: Springer, S. 1–20.
- Schaltegger, Stefan; Kleiber, Oliver; Müller, Jan (2003): Die „Werkzeuge“ des Nachhaltigkeitsmanagements. Konzepte und Instrumente zur Umsetzung unternehmerischer Nachhaltigkeit. In: *Handbuch Nachhaltige Entwicklung*: Springer, S. 331–342.

Schat, Hans-Dieter; Pierson, Karin (Hg.) (2005): Ideen fürs Ideenmanagement. Betriebliches Vorschlagswesen (BVW) und kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) gemeinsam realisieren. Institut für Angewandte Arbeitswissenschaft. 1. Aufl. Köln: Wirtschaftsverl. Bachem.

Schauer, R. (2016): Betriebswirtschaftslehre: Grundlagen.

Schellong, Wolfgang (2016): Analyse und Optimierung von Energieverbundsystemen: Springer.

Schendera, Christian F. G. (2010): Clusteranalyse mit SPSS. Mit Faktorenanalyse. München: Oldenbourg Verlag (Wirtschaftsmathematik- und Statistik 8-2011), zuletzt geprüft am 30.09.2016.

Schenk, Michael; Müller, Egon; Wirth, Siegfried (2014): Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik. 2., vollst. überarb. und erw. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer Vieweg.

Schlick, Christopher Marc; Moser, Klaus; Schenk, Michael (2014): Flexible Produktionskapazität innovativ managen. Handlungsempfehlungen für die flexible Gestaltung von Produktionssystemen in kleinen und mittleren Unternehmen: Springer-Verlag.

Schlitz, Christoph B. (2014): Die Deutschen leisten die meisten Überstunden. In: *Die Welt*, 08.09.2014. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/wirtschaft/article131993796/Die-Deutschen-leisten-die-meisten-Ueberstunden.html>.

Schmid, Andrea Christine (2003): Stress, Burnout und Coping. Eine empirische Studie an Schulen zur Erziehungshilfe: Julius Klinkhardt.

Schmidt, Mario; Schneider, Mario (2010): Kosteneinsparungen durch Ressourceneffizienz in produzierenden Unternehmen. In: *uwf* 18 (3-4), S. 153–164. DOI: 10.1007/s00550-010-0182-8.

Schmidt-Bleek, Friedrich; Behrensmeier, R. (1998): MAIA. Einführung in die Material-Intensitäts-Analyse nach dem MIPS-Konzept. Berlin [u.a.]: Birkhäuser (Wuppertal Texte).

Schmitz, Ulrich (1995): Wissensbasierte Unterstützung des montage- und demontagegerechten Konstruieren. Düsseldorf.

Schneider, Martin (2008): Organisationskapital und Humankapital als strategische Ressourcen. In: *Zeitschrift für Personalforschung* 22 (1), S. 12–34, zuletzt geprüft am 19.09.2016.

Scholl, Gerd; Rubik, Frieder (2010): Blauer Engel und Ressourcenschutz, zuletzt geprüft am 29.09.2016.

Schomerus, T., Gonzalez, G.: Schlüsselfaktor Ressourceneffizienz: Prüfsystem für KMU zur Verbesserung der Vollzugsfähigkeit von Umweltgesetzen am Beispiel des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG). Online verfügbar unter <http://www.leuphana.de/professional-school/wissenstransfer/forschung-entwicklung/im-inkubator/ressourceneffizienz.html>, zuletzt geprüft am 05.05.2013.

Schröter, Marcus; Mattes, Katharina (2011): Bewertung der wirtschaftlichen Potenziale von ressourceneffizienten Anlagen & Maschinen. Hg. v. Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ISI.

Schütte, Andreas (2011): Nachwachsende Rohstoffe - Spitzentechnologie ohne Ende. Hg. v. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Berlin. Online verfügbar unter www.nachwachsende-rohstoffe.de.

Schwaber, K. (1996): *Controlled Chaos: Living on the Edge*. Online verfügbar unter <http://jeffsutherland.org/oops1a96/schwaber.html>, zuletzt geprüft am 01.02.2017.

Seichter, Wolfgang (2013): *Ansätze zur abnehmerorientierten Werkstoffauswahl im Rahmen des Produktentstehungsprozesses. Dargestellt am Beispiel nichttragender Außenwände im industrialisierten Wohnungsbau*: Springer-Verlag.

Seidler, Ralf (2011): *Grundlagen der Programmierung*. Schulungsunterlagen. Hg. v. csp4it. Online verfügbar unter http://www.cps4it.de/wikifiles/Schulungen_cps4it/cp-07-11-00_Grundlagen_der_Programmierung_Ausarbeitung.pdf.

Shrivastava, Paul (1995): *The role of corporations in achieving ecological sustainability*. In: *The Academy of Management Review* 20 (4), S. 936–960.

SHS (2013): *After Sales Service: Cash Cow oder Cost Center*. Innsbruck, zuletzt geprüft am 28.10.2016.

Siemens AG (Hg.) (2015): *Nachhaltigkeitsinformationen 2015*. Als Ergänzung zum Siemens-Geschäftsbericht, zuletzt geprüft am 18.10.2016.

Sievers, Udo; König, Uwe; Sessler, Berhold; Harsch, Matthias; Zimmer, Malte-Matthias (2013): *Ressourceneffiziente Fertigung. Erfahrung und Handlungsempfehlungen zur Verbesserung von Rohstoff- und Energie-Effizienz in der verarbeitenden Industrie*. In: *WoMag* 3 (2), S. 4–6, zuletzt geprüft am 16.03.2016.

Siller, Helmut; Stierle, Jürgen (2011): *Gesundheitscontrolling. Früherkennung und Eigenverantwortung zur nachhaltigen Gesundheitssicherung*. In: *CFO aktuell* 5 (3), S. 103–106.

- Simon, Franz-Georg; Dosch, Klaus (2010): Verbesserung der Materialeffizienz von kleinen und mittleren Unternehmen. In: *Wirtschaftsdienst* 90 (11), S. 754–759.
- Sink, D.; Tuttle, T. C. (1989): Planning and measurement in your organization of the future. In: *Industrial Engineering and Management*.
- Slapper, Timothy F.; Hall, Tanya J. (2011): The triple bottom line. What is it and how does it work? In: *Indiana business review* 86 (1), S. 4.
- Smith, Adam (1776): An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations. Volume One.
- Smith, Bryan (2004): The greenhouse gas protocol. A corporate accounting and reporting standard. Rev. ed. Conches-Geneva, Washington, DC: World Business Council for Sustainable Development; World Resources Institute.
- Statistisches Bundesamt (2009): Fachserie 4 Reihe 4.3 Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden - Fachserie 4 Reihe 4.3 - 2013, zuletzt geprüft am 20.11.2015.
- Statistisches Bundesamt (2013): Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden - Fachserie 4 Reihe 4.3 - 2013. Hg. v. Statistisches Bundesamt (Fachserie 4, 3).
- Statistisches Bundesamt (2014): Die wirtschaftliche Bedeutung kleiner und mittlerer Unternehmen in Deutschland. Unter Mitarbeit von René Söllner. Hg. v. Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2015): RWE AG - Verteilung der Stromerzeugung nach Energieträger 2015, zuletzt geprüft am 22.05.2016.

Statistisches Bundesamt (2016a): Abfallbilanz 2014. Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallkennzahlen, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/.../Abfallbilanz-PDF_5321001.pdf?__blob...

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2016b): Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden - Fachserie 4 Reihe 4.3 - 2014. Produzierendes Gewerbe. 4. Aufl. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden (4.3, Fachserie 4 Reihe 4.3). Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Strukturdaten/Kostenstruktur.html>, zuletzt geprüft am 23.08.2016.

Steinhilper, R.; Schneider, A. (1996): Produktions- und produktintegrierter Umweltschutz in der Fertigungsindustrie. In: Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik: Springer, S. 689–781.

Stich, Volker; Gundergan, Gerhard (2015): Nachhaltige Effizienzsteigerung im Service. Verschwendungen vermeiden, Prozesse optimieren. 1. Aufl. Berlin [u.a.]: Beuth (Innovation).

Stiller, Gudrun (Hg.) (2015): Energiekosten. Wirtschaftslexikon 24. Online verfügbar unter <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/energiekosten/energiekosten.htm>, zuletzt geprüft am 01.06.2016.

Stippler, Anja (2007): Individuelle Bewältigung von Flexibilitäts- und Mobilitätsanforderungen am Beispiel Wohnortwechsel: diplom. de.

Stracke, Stefan; Müller, Christoph; Klinger, Christin; Schöneberg, Katharina; Nerdinger, Friedemann W.; Barchfeld, Anika; Drews, Ulrike (2016): Die Unternehmenspolitik demografiegerecht ausrichten. Handlungsfelder im Überblick. In: Innovation und Personalarbeit im demografischen Wandel: Springer, S. 57–101.

Sumanth, D. J. (1994): Productivity engineering and management. (College custom series). New York: McGraw-Hill.

Süß, Stefan (2012): Personalmanagement in Kulturbetrieben. Grundlegende Überlegungen und aktuelle Trends. In: Erfolgsfaktor Mitarbeiter: Springer, S. 9–23.

Tangen, Stefan (2004): Performance measurement. From philosophy to practice. In: *International Journal of Productivity and Performance Management* 53 (8), S. 726–737. Online verfügbar unter <http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/17410400410569134>.

Thiede, S.; Posselt, G.; Herrmann, C. (2013): SME appropriate concept for continuously improving the energy and resource efficiency in manufacturing companies. In: *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 6 (3), S. 204–211. DOI: 10.1016/j.cirpj.2013.02.006.

Thiel, Rita; Mette, Michael (2014): Errichtung einer integrierten energie- und materialeffizienten Schmiedelinie.

Thom, Norbert; Etienne, Michèle (2000): Organisatorische und personelle Ansatzpunkte zur Förderung eines Innovationsklimas im Unternehmen. In: Aktuelle Tendenzen im Innovationsmanagement: Springer, S. 269–281.

Thommen, Jean-Paul (2003): Glaubwürdigkeit und Corporate Governance.

Thommen, Jean-Paul; Achleitner, Ann-Kristin (2012): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Umfassende Einführung aus management-orientierter Sicht. 7., vollst. überarb. Aufl. 2012. Wiesbaden: Gabler Verlag; Imprint: Gabler Verlag (SpringerLink : Bücher).

Thränhardt, Dietrich (2015): Die Arbeitsintegration von Flüchtlingen in Deutschland. Humanität, Effektivität, Selbstbestimmung. Bertelsmann Stiftung. Gütersloh. Online verfügbar unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/28_Einwanderung_und_Vielfalt/Studie_IB_Die_Arbeitsintegration_von_Fluechtlingen_in_Deutschland_2015.pdf, zuletzt geprüft am 21.08.2016.

Tucker, Larry A.; Aldana, Steven G.; Friedman, Glenn M. (1990): Cardiovascular fitness and absenteeism in 8,301 employed adults. In: *American Journal of Health Promotion* 5 (2), S. 140–145.

Ulich, Eberhard (2010): Gesundheitsmanagement in Unternehmen. Wiesbaden: Springer Fachmedien (uniscope. Publikationen der SGO Stiftung). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=751967>.

Ulich, Eberhard; Wiese, Bettina S. (2011): Life domain balance: Gabler Verlag.

Umweltbundesamt (2013): Einsparpotenziale für Energie und Material. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/wirtschaft-umwelt/einsparpotenziale-fuer-energie-material>, zuletzt geprüft am 19.05.2016.

DIN EN ISO 14040, 01.10.2006: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen, zuletzt geprüft am 15.10.2016.

United Nations (Hg.) (2002): Report of the World Summit on Sustainable Development. Online verfügbar unter www.unmillennium-project.org/documents/131302_wssd_report_reissued.pdf, zuletzt geprüft am 29.05.2017.

Viere, Tobias; Möller, Andreas; Prox, Martina (2010): Material Flow Cost Accounting Approach to Improvement Assessment in LCA. Hg. v. International Symposium of a Sustainable Future und University of Lüneburg. Mumbai, India.

Voigt, Kai-Ingo; Wildemann, Horst (2011): Komplexitätsindex-Tool. Entscheidungsgrundlagen für die Produktprogrammgestaltung bei KMU. München: TCW-Verl.

Volz, Günther: Elektrische Motoren in Industrie und Gewerbe: Energieeffizienz und Ökodesign-Richtlinie. Ratgeber. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH dena. Berlin.

Vorbach, Stefan; Riesner, Wilhelm; Korhammer, Siegfried; Kayser, Gernot; Lange, Peter (2003): Aspekte des Betrieblich-Technischen Umweltschutzes. In: Internationales Umweltmanagement: Springer, S. 107–312.

Wagner, Bernd; Henle, Benjamin (2008): Die brüchige Säule der Nachhaltigkeit. In: *Ökologisches Wirtschaften-Fachzeitschrift* 23 (2).

Wallau, Frank (1998): Recyclinggerechte Konstruktion in der Automobilzulieferindustrie. In: Produktentstehung, Controlling und Umweltschutz: Springer, S. 191–210.

Walther, Grit (2010): Nachhaltige Wertschöpfungsnetzwerke. Überbetriebliche Planung und Steuerung von Stoffströmen entlang des Produktlebenszyklus. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Produktion und Logistik). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/Full-Record.aspx?p=752097>.

- Waltl, Hubert (2017): Neue Technologien in der Produktion. (Advanced) Topics in Finance and Accounting: Geschäftsmodellinnovationen durch neue Technologien. Technische Universität München. München, 07.02.2017.
- Waniczek, Mirko (2009): Richtig berichten. Managementreports wirksam gestalten. Wien: Linde (Linde international Fachbuch Wirtschaft).
- Weber, Jürgen; Schäffer, Utz (2014): Einführung in das Controlling. 14., überarb. und aktualisierte Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Wecus, Axel von; Willeke, Katja (2015): Status quo der Ressourceneffizienz im Mittelstand. Befragung von Unternehmensentscheidern im verarbeitenden Gewerbe. Unter Mitarbeit von Werner Maaß und Oberender, Christof, Willeke, Katja. Hg. v. VDI Zentrum Ressourceneffizienz. VDI Zentrum Ressourceneffizienz. Berlin, zuletzt geprüft am 22.08.2016.
- Weiß, Daniel; Müller, Roman; Lössl, Saskia (2013): Umweltkennzahlen in der Praxis. Ein Leitfaden zur Anwendung von Umweltkennzahlen in Umweltmanagementsystemen mit dem Schwerpunkt auf EMAS. 1. Aufl. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- Weitzel, Tim; Eckhardt, Andreas; Laumer, Sven; Maier, Christian; Stetten, Alexander von; Weinert, Christoph; Wirth, Jakob (2015): Bewerbungspraxis 2015. Eine empirische Studie mit 7.000 Stellensuchenden und Karriereinteressierten im Internet. Bamberg.
- Wernerfelt, Birger (1984): A Resource-Based View of the Firm. In: *Strategic Management Journal* 5 (2), S. 171–180.
- Wershoven, Marc (2014): Eigene VBA-Makros im Büro. Inklusive Grundlagen der Programmierung. Online verfügbar unter

https://www.online-vba.de/vbag_iverz.php, zuletzt geprüft am 26.02.2017.

Wickel-Kirsch, Silke; Janusch, Matthias; Knorr, Elke (2008): Personalwirtschaft. Wiesbaden: Gabler.

Wiendahl, H.-P.; Weule, H.; Schmäzle, A.; Bürkner, S. (2000): Kennzahlen in der Aufarbeitung gebrauchter Produkte. Ein systematischer Ansatz zur Planung und Bewertung von Produkten und Prozessen. In: *wt Werkstatttechnik online* 90 (1/2), S. 27.

Wildemann, Horst (1985): Investitionsentscheidungsprozess für numerisch gesteuerte Fertigungssysteme. 2. Aufl. München: CW-Publikationen (CW-Edition).

Wildemann, Horst (1987): Strategische Investitionsplanung. Methoden zur Bewertung neuer Produktionstechnologien. Wiesbaden: Gabler Verlag. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-86284-6>.

Wildemann, Horst (1995): Arbeitszeitmanagement. Einführung und Bewertung flexibler Arbeits- und Betriebszeiten. 2. Aufl. München: TCW Transfer-Centrum (TCW, 5).

Wildemann, Horst (1996): Controlling im TQM: Methoden und Instrumente zur Verbesserung der Unternehmensqualität. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Qualitätsmanagement).

Wildemann, Horst (2001): Fähigkeitsmanagement. Die Profitabilität des verborgenen Kapitals ; Fähigkeiten des Unternehmens nutzen und erweitern. München: TCW-Verl. (TCW-Report, Nr. 28).

Wildemann, Horst (2005): Outsourcing - Offshoring - Verlagerung. Leitlinien und Programme. München: TCW Transfer-Centrum (TCW-Report, 54).

Wildemann, Horst (2008): Service. Leitfaden zur Erschließung von Differenzierungspotentialen im Wettbewerb. 10. Aufl. München: TCW Transfer-Centrum Verl. (Leitfaden / TCW Transfer-Centrum für Produktions-Logistik und Technologie-Management, 45).

Wildemann, Horst (2010): PRODUKTIONSSYSTEME MIT ZUKUNFT AM STANDORT DEUTSCHLAND. Hg. v. vbm – Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie e. V.

Wildemann, Horst (2012a): Green Mobility. Maßnahmen zur Verringerung von CO₂-Emissionen im Vergleich. 1. Aufl. München: TCW Transfer-Zentrum.

Wildemann, Horst (Hg.) (2012b): Wachstum durch Ressourceneffizienz. Kunden, Mitarbeiter, Lieferanten. München: TCW Transfer-Zentrum (TCW-Report, 64).

Wildemann, Horst (Hg.) (2012c): Wachstum durch Ressourceneffizienz. Kunden, Mitarbeiter, Lieferanten ; Tagungsband. Münchner Management-Kolloquium. München: TCW Transfer-Centrum.

Wildemann, Horst (2012d): Wissensmanagement. Leitfaden für die Gestaltung und Implementierung eines aktiven Wissensmanagements im Unternehmen. 14. Aufl. München: TCW-Verl. (Leitfaden / TCW Transfer-Centrum für Produktions-Logistik und Technologie-Management, 46).

Wildemann, Horst (2013): Krisenvermeidung durch Nutzung verborgener Ressourcen. Ein Konzept zur Bewertung und Ableitung methodengestützter Handlungsempfehlungen. München.

Wildemann, Horst (2015): Total Quality Management. Leitfaden zur Einführung eines Ansatzes zur Steigerung der Unternehmensqualität. 19. Aufl. München: TCW Transfer-Centrum-Verl. (TCW, 42).

Wildemann, Horst (2016): Integratives Instandhaltungsmanagement. Leitfaden zur Steigerung der Instandhaltungseffizienz. 12. Auflage. München: TCW-Verlag (Leitfaden / TCW Transfer-Centrum für Produktions-Logistik und Technologie-Management, 89).

Wildemann, Horst (2017): Verbesserungsvorschläge. Leitfaden zur Einführung eines mitarbeiterorientierten innovativen betrieblichen Vorschlagswesens. 24. Aufl. München: TCW Transfer-Centrum-Verl.

Wildemann, Horst; Luczak, Holger (2000): Service-Engineering. Der systematische Weg von der Idee zum Leistungsangebot. München: TCW-Verl. (TCW-Report, 19).

Wilts, Henning; Lucas, Rainer; Gries, Nadja; Zirngiebl, Marthe (2014): Recycling in Deutschland – Status quo, Potenziale, Hemmnisse und Lösungsansätze. Hg. v. Umwelt Energie GmbH Wuppertal Institut für Klima. Wuppertal, zuletzt geprüft am 29.03.2016.

Winzer, Olaf (2003): Erfolgsfaktor Ideenmanagement. Kreativität im Vorschlagswesen. In: Erfolgsfaktor Ideenmanagement. Kreativität im Vorschlagswesen. 4., vollst. neubearb. und erw. Aufl. Berlin: Schmidt.

Witt, Marco (2014): Echtzeitfähige energiesensitive Maschinensimulation. Chemnitz, Technische Universität; IWU, Fraunhofer Institut, 01.04.2014. Online verfügbar unter http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/14236/SAXSIM2014_Marco_Witt.pdf, zuletzt geprüft am 17.12.2015.

Wohlgemuth, Volker; Krehahn, Peter; Ziep, Tobias; Schiemann, Lars; Umweltinformatik, Studiengang Betriebliche (2014): Entwicklung eines Open-Source basierten Baukastens zur Unterstützung und Etablierung der Ressourceneffizienz in produzierenden

KMU. In: *Konzepte, Anwendungen, Realisierungen und Entwicklungstendenzen betrieblicher Umweltinformationssysteme (BUIS)–Konferenzband zu den 6.*

Woodward, David G. (1997): Life cycle costing—Theory, information acquisition and application. In: *International Journal of Project Management* 15 (6), S. 335–344. DOI: 10.1016/S0263-7863(96)00089-0.

World Energy Council (2015): Energiepreisschwankungen und Klimapolitik bereiten den Energieentscheidern weltweit schlaflose Nächte | Weltenergierat. Online verfügbar unter <http://www.weltenergierat.de/2015-energiepreisschwankungen-und-klimapolitik-bereiten-den-energieentscheidern-weltweit-schlaflose-naechte/>, zuletzt geprüft am 16.01.2017.

Wosnitza, Franz; Hilgers, Hans Gerd (2012): Energieeffizienz und Energiemanagement. Ein Überblick heutiger Möglichkeiten und Notwendigkeiten. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag (Praxis). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=969683>.

Würfel, Philip; Kunzelmann, Tobias; Toptik, Mustafa (2016): Energiebeschaffung für Industrieunternehmen. In: *Industrielle Energiestrategie*: Springer, S. 361–409.

Zahn, Erich; Foschiani, Stefan; Lienhard, Patrice; Meyer, Sebastian (2004): Kundenorientierte Servicestrategien für hybride Produkte. In: Holger Luczak (Hg.): *Betriebliche Tertiarisierung. Der ganzheitliche Wandel vom Produktionsbetrieb zum dienstleistenden Problemlöser*. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag (Schriftenreihe der Hochschulgruppe für Arbeits- und Betriebsorganisation e.V. (HAB)), S. 203–230.

Zentrum für Logistik & Verkehr (ZLV) (2009): Nachhaltige Mobilität –Strategische Positionierung der Logistik. Maekas Workshop. Essen.

Zimmer, Dieter (2001): Wenn Kreativität zu Innovation führen soll. In: *Manager Magazin* 23 (1), S. 42–56.

Zimmermann, Walter (2012): Erfolg durch Effizienz. Mit weniger Aufwand mehr erreichen. 1. Aufl. s.l.: Gabal Verlag GmbH (Whitebooks). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1645133>.

Anhang

Interviewleitfaden Expertengespräche

Ressourceneffizienz

1. Allgemeine Fragen

Können Sie kurz Ihr Unternehmen in wenigen Stichpunkten vorstellen und eine Einschätzung hinsichtlich der nachfolgenden Themenfelder geben?

- Welche Produkte stellen Sie her und welchen Umsatz erwirtschaften Sie damit?
- Wieviel Mitarbeiter hat Ihr Unternehmen? (ggf. Kostenanteil am Umsatz)
- Wie hoch ist Ihr Energieeinsatz und welcher Art (Gas, Strom, Druckluft)? (ggf. Kostenanteil am Umsatz]
- Wie hoch ist Ihr Materialeinsatz? (ggf. Kostenanteil am Umsatz)
- Was sind Ihre wichtigsten, beziehungsweise kostenintensivsten Materialien?

2. Bewertung

- Welche Rolle spielt für Sie die Verbesserung des Ressourceneinsatzes?
- Wie bewerte(te)n Sie Ihren Ressourceneinsatz (Personal, Material, Energie)?
 - Welche Methoden setzen Sie hierfür ein?
 - Können Sie uns Einzelmaßnahmen nennen?
 - Werden dabei Kennzahlen zur Messung der Zielerreichung eingesetzt? Welche?
 - Wenden Sie Benchmarks an? Wenn ja, welche?

- Welche Phasen des Produktlebenszyklus schließen Sie in Ihre Bewertung mit ein?
- Unterscheiden sich die Methoden für die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus?
 - Entwicklung
 - Herstellung
 - Nutzung
 - Recycling

3. Effizienzsteigerung

- Welche Methoden zur Steigerung der Ressourceneffizienz werden eingesetzt? (Personal, Material, Energie)
- Unterscheiden sich die Methoden für die einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus?
 - Entwicklung
 - Herstellung
 - Nutzung
 - Recycling
- Welche Kriterien beeinflussen die Auswahl der für Ihr Unternehmen geeigneten Maßnahmen? (intern und extern)
- Gibt es konkrete Zielwerte für den Material-, Personal- und Energieeinsatz?
- Wie verfolgen Sie den Ressourceneinsatz und die Verbesserung der Effizienz (Controlling)?
- Wie ist das Controlling von Ressourceneffizienz in Ihre Organisation eingebunden?

4. Sonstiges

- Können Sie konkrete Verbesserungsmethoden bei der ersten Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses vorstellen?

Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Methoden zur Messung der Ressourceneffizienz

Entwicklungs- und Herstellungsphase

Energie

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Energieeffizienz-Benchmarking nach DIN EN 16231:2012 für die Produktionsprozesse durchführen	Ein Energieeffizienz-Benchmarking nach DIN EN 16231:2012 durchführen und so relevante Daten des Energieverbrauchs in der Herstellung und Entwicklung im Vergleich zu konkurrierenden Unternehmen gewinnen. Dadurch erschließen sich Anhaltspunkte zur Verbesserung der Energieeffizienz in den eigenen Prozessen. Zusätzlich können die Technologien des "Klassenbesten" identifiziert werden.	L
x	x	x	Ressourcenchecks durchführen	Nutzung des Ressourcencheck-Tools der Vereinigung Deutscher Ingenieure - Zentrum Ressourceneffizienz zur ersten Einschätzung und als Anhaltspunkt für weitere Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz.	L
		x	Stoffstromanalyse zur besseren Kenntniss der Prozessabläufe sowie der Energieströme anwenden	Darstellung sämtlicher Energieströme im Unternehmen um Rationalisierungspotentiale aufzudecken. Gut als Ergänzung zu einer Input/Output Analyse anzuwenden.	L
x	x	x	Input/Output-Analyse anwenden um Ineffizienzen aufzuspüren	Durch Anwendung einer Input/Output-Analyse nach dem Prinzip des Massenerhaltungssatz (erster Hauptsatz der Thermodynamik) können Material-Ineffizienzen identifiziert werden.	M
		x	Total Productive Management etablieren	Mit einem Total Productive Management werden zum Beispiel Verluste und Verschwendungen visualisiert und können so eliminiert werden. Weitere Bestandteile sind "ständige Verbesserung" und 100% ige Anlagenverfügbarkeit.	H
	x		Bilden eines Umweltteams im Unternehmen	Durch das Bilden von Umweltteams aus engagierten Mitarbeitern aus verschiedenen Arbeitsbereichen kann das Detailwissen im Unternehmen gebündelt werden und als Grundlage für Projekte zur Steigerung der Ressourceneffizienz mit dem Fokus auf Umweltthemen verwendet werden.	H
x	x	x	Energiemanagementsysteme nach DIN EN 50001, DIN EN 16247 und VDI 4602 in der Herstellung und Entwicklung aufbauen	Energiemanagementsysteme basierend auf einem Plan-Do-Check-Act-Zyklus aufbauen. Dadurch werden Zielvorgaben umgesetzt, regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst. Durch die regelmäßigen Energieaudits nach DIN EN 16247-1 wird zudem die Grundlage für die Auswahl von Methoden zur Steigerung der Energieeffizienz und Transparenz über die Energieverbräuche geschaffen.	H

x	x	x	Energieliefer- oder Einspar-Contracting nach DIN 8930-5 anwenden	Das Aufgabenfeld Energiebereitstellung nach DIN 8930-5 an einen Dritten übertragen. Dieses spezialisierte Energiedienstleistungsunternehmen errichtet oder übernimmt eine Energieerzeugungsanlage zur Nutzenergielieferung. Dadurch können hohe Investitionskosten und das Risiko von Fehlinvestitionen vermieden werden. Zudem besteht der Zugang zu professioneller Betreuung in Energiefragen.	M
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizens, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Energieverschwendung in der Entwicklung und Herstellung zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	M
x	x	x	Förderprogramme durch Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle in Anspruch nehmen	Durch Förderprogramme wie der "Energieberatung im Mittelstand" des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle können Energieberatungen bezuschusst werden. In weiteren Programmen kann zum Beispiel hocheffiziente Querschnittstechnologie oder der Aufbau eines Energiemanagementsystems, im Speziellen die Erstzertifizierung, der Erwerb von Messtechnik, der Erwerb von Software und die Schulung von Mitarbeitern mit bis zu 20.000€ gefördert werden. Einen Überblick aller Förderprogramme verschafft die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (http://www.foerderdatenbank.de/).	L
		x	Förderprogramm "KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz" in Anspruch nehmen	Forschungsprojekte zur Steigerung der Ressourceneffizienz werden im Rahmen der Fördermaßnahme "KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung mit bis zu 50% bezuschusst.	M
		x	Förderung durch "Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand" (ZIM) nutzen	Beratung und Förderung für Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Steigerung der Energieeffizienz durch das "Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie wahrnehmen.	M
x	x	x	Sensibilisierung der Mitarbeiter bezüglich energieeffizientem Nutzverhalten der IT-Hardware	Mitarbeiter für eine energieeffiziente Nutzung der IT-Hardware sensibilisieren.	H
x	x		Dimensionierung der Server und Festplatten an tatsächlichen Bedarf anpassen	IT-Hardware (Server und Festplatten) auf Grundlage des tatsächlichen Bedarfs dimensionieren und vor allem bei Neuanschaffungen auf Effizienzgesichtspunkte achten.	L
x	x	x	Der "Initiative Energieeffizienz-Netzwerke" beitreten und zum Erfahrungsaustausch nutzen	Ziel der "Initiative Energieeffizienz-Netzwerke" ist es zwischen 2014 und Ende 2020 500 neue Energieeffizienz-Netzwerke zum Erfahrungsaustausch aufzubauen und damit bis zu 75 PJ Primärenergie einzusparen.	M
x	x	x	Energieeffizienznetzwerke der LEEN GmbH zum Erfahrungsaustausch nutzen	Lernende Energieeffizienznetzwerke bestehend aus 10-15 Unternehmen mit Hilfe der LEEN GmbH aufbauen oder an bestehenden Netzwerken teilnehmen. In regelmäßigen Treffen wird durch den Erfahrungsaustausch bezüglich rentabler Effizienzmaßnahmen der Aufwand für die Suche nach effizienteren Lösungen verringert.	M
x	x	x	Verwendung von Reflektoren zur Lichtlenkung	Reflektoren einsetzen, um die Lichtlenkung zu verbessern und die Anzahl an Leuchtmitteln zu reduzieren. Helle Farben an Decken und Wänden wirken sich auch positiv auf die Lichtstärke aus.	L

x	x	x	Virtual Prototyping im Entwicklungsprozess durchführen	Durch Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung kann die Energieeffizienz in der Herstellung gesteigert werden. Vor allem das Risiko, dass ein Produkt nach Fertigstellung die Erwartungen nicht erfüllt und Entwicklungsschritte wiederholt werden müssen kann drastisch gesenkt werden.	M
x	x	x	Leuchtmittelhöhe verringern	Verringerung der Leuchtmittelhöhe um weniger (starke) Leuchtmittel einsetzen zu müssen.	L
x	x	x	Implementierung eines Lichtmanagements	Implementierung eines Lichtmanagements, das die Beleuchtung an den Bedarf und die Anforderungen des Nutzers anpasst. Beispiele sind manuelle oder automatische Dimmbarkeit des Lichts, Tageslichtausnutzung, Präsenzsteuerung, Programmierung von Pausenzeiten, tageszeitabhängige Beleuchtung sowie der Farbenwechsel der Beleuchtung (LED).	M
	x		Cleaner Production etablieren	Cleaner Production als ganzheitliches Konzept für eine nachhaltige Wirtschaftsweise etablieren. Ein Grundprinzip ist die konsequente Ursachenforschung von Abfallanfall mit dem Ziel einer optimierten Nutzung aller Ressourcen. Jeglicher Output der nicht Produkt ist soll minimiert werden.	H
x	x	x	Desktop PCs durch energieeffizientere Notebooks austauschen	Ersatz von Desktop-PCs durch energieeffizientere Notebooks. Vor allem beim Einkauf neuer Hardware auf Effizienzgesichtspunkte achten.	M
x	x	x	Kühlmanagement der Serveranlage optimieren	Im Kühlsystem von Serveranlagen gibt es oft ein hohes Einsparpotential. Ein energieeffizienter Ansatz ist zum Beispiel die bedarfsgerechte Regelung des Luftstroms zur Kühlung der Serveranlage mittels drehzahlgeregelten Ventilatoren in Verbindung mit einer Warm-/Kaltgangaufstellung der Rackreihen.	M
		x	Produktionsprozesse durch Industrie 4.0 teilweise digitalisieren	Durch Industrie 4.0 kann die Transparenz im Produktionsprozess stark verbessert werden was wiederum Implikationen für Ressourceneffizienzoptimierungen liefern kann. Außerdem vereinfacht die hohe Transparenz effizientes Recycling und bietet die Möglichkeit des Up-Cycling, also die Wiederverwendung einzelner Baugruppen eines Produktes.	H
	x	x	Blockheizkraftwerke / Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur Nutzung von Abwärme nutzen	Bei der Stromerzeugung durch Generatoren die Abwärme zu Heizzwecken im eigenen Betrieb nutzen. Dabei kann der Fokus der Blockheizkraftwerkanlage je nach Bedarf auf der Strom- oder der Wärmeerzeugung liegen. Durch die Möglichkeit der Einspeisung des erzeugten Stroms in das öffentliche Versorgungsnetz besteht ein weiteres Einsparpotential.	H
	x	x	Wärmerückgewinnung mittels Organic Rankine Cycle ermöglichen	Die Nutzung von Dampfturbinen mit einem Arbeitsmedium, das schon bei niedrigen Temperaturen ab 80° C verdampft. ORC-Anlagen weisen einen Leistungsbereich von 0,2-10 MW auf. ORC bietet sich vor allem für Unternehmen an, die bereits eine Kraft-Wärme-Kopplung in Betrieb haben. Falls die Abwärme kein konstantes Temperaturniveau aufweist können die Temperaturschwankungen in Zukunft durch die Anwendung des Kalina Prozesses ausgeglichen werden. Beträgt die Abwärmtemperatur mindestens 500° C, kann sie durch die Rückführung in einen konventionellen Dampfturbinenprozess verstromt werden.	H
	x	x	Latentwärmespeicher zum Speichern von Wärmespitzen nutzen	Temporäre Speicherung von Wärmespitzen in, mit Magnesiumchlorid befüllten Behältern.	H

	x	x	Abwärme in ein Nah- oder Fernwärmenetz einspeisen	Schon geringe Abwärmeleistungen können in ein bestehendes Fernwärmenetz eingespeist werden, da diese im Normalfall mit maximalen Temperaturen von 100 - 200° betrieben werden. Nur möglich, wenn es die geografische Lage zulässt.	H
x	x	x	Abwärme zur Raumheizung oder Wassererhitzung nutzen	Abwärme mittels Wärmetauschern nutzen um Räume oder Wasser zu wärmen.	L
x	x	x	Wärmerückgewinnung mittels Wärmeüberträger realisieren	Abwärme direkt mittels Wärmeleitern auf ein anderes Arbeitsmedium übertragen. Zum Beispiel kann durch Nutzung von Abwärme zur Vorwärmung von Verbrennungsluft der Kesselwirkungsgrad erhöht werden und damit auch schon bei kleinen Kesseln bis zu 2 GWh/a eingespart werden (Berger (2005): Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Maßnahmen, S.33).	M
x	x	x	Alte Leuchtmittel gegen effizientere austauschen	Austausch von ineffizienten Leuchtmitteln gegen Leuchtmittel mit einer hohen Lichtausbeute (Lichtstrom / elektr. Leistungsaufnahme) und einer langen Lebensdauer. Besonders LED-Lampen stechen in beiden Aspekten positiv hervor.	L
x	x	x	Konventionelle Vorschaltgeräte der Gasentladungs- und Leuchtstofflampen durch induktive Vorschaltgeräte austauschen	Der Austausch von konventionellen und elektronischen Vorschaltgeräten für die Gasentladungs- und Leuchtstofflampen durch induktive Vorschaltgeräte verringert den Energieverbrauch der Beleuchtungsmittel.	L
x	x	x	Wärmerückgewinnung an Druckluftkompressoren nutzen	Durch die Nutzung der Abwärme des Druckluftkompressors zu Heizzwecken kann der Gesamtenergieverbrauch gesenkt werden.	L
x	x	x	Dimensionierung der Druckluftkompressoren optimieren	Den Kompressor des Druckluftsystems kleiner dimensionieren. Eine Reduzierung des Drucks um 1 bar kann bereits eine Verringerung des Energieverbrauchs von 6-8 % bewirken. Lastspitzen können durch Druckluftspeicher aufgefangen werden.	M
x	x	x	Regelmäßige Überprüfung der Druckluftanlage auf Leckagen durchführen	Druckluftanlagen regelmäßig auf Leckagen im Verteilnetz, vor allem an Bauteilanschlüssen überprüfen. Ein guter Anhaltspunkt zur Überprüfung ist die Leckagerate. Wenn diese unter 10% fällt, wird der Aufwand zur Reduzierung weiterer Leckagen meistens unverhältnismäßig hoch. Leckagen können zum Beispiel akustisch, mit Hilfe von Seifenlauge oder durch Ultraschalldetektoren lokalisiert werden.	M
x	x		Druckniveau von Druckluftanlagen anpassen	Das Druckniveau der Druckluftanlage an das tatsächlich erforderliche Niveau anpassen.	M
x	x	x	Substitution von Druckluftanwendungen durch Elektrowerkzeuge	Ersatz einer Druckluftanwendung durch ein Elektrowerkzeug, da der Wirkungsgrad von Druckluftanlagen sehr gering ist.	M
x	x	x	Bremsenergieerückgewinnung in elektronischen Antrieben einsetzen	Fahrzeuge oder Anlagen, die einen Elektromotor besitzen und häufig abgebremst werden, mit Rekuperation betreiben, d.h. die Bremsenergie teilweise in das Stromnetz oder den Energiespeicher des Fahrzeugs/der Anlage zurückführen.	H
x	x	x	Alte Elektromotoren durch neue, effiziente Elektromotoren austauschen	Alte, ineffiziente Elektromotoren durch neue, effizientere austauschen. Da die Stromkosten 90% der Lebenszykluskosten von Elektromotoren ausmachen, sind Ersatzinvestitionen in hoch effiziente Elektromotoren sinnvoll.	L
x	x	x	Direktantriebe statt ineffiziente Keilriemen verwenden	Keilriemen durch Direktantriebe ersetzen, da diese verlustfrei arbeiten und deshalb effizienter sind.	L
x	x	x	Adsorptionskältemaschinen zur Kälteerzeugung nutzen	Mit Adsorptionskältemaschinen können bereits Abwärmepemperaturen von 60 bis 95° zur Kühlung auf 5 bis 10° C verwendet werden.	H

x	x	x	Drehzahlregelung von Elektromotoren mittels Frequenzumrichter umsetzen	Bei der Anschaffung von Elektromotoren für die Herstellung und Entwicklung darauf achten, dass diese über einen Frequenzumrichter verfügen, der die Drehzahl immer an den tatsächlichen Bedarf anpasst und so die Energieeffizienz des Motors stark erhöht. Vor allem sinnvoll, wenn der Motor überwiegend im Teillastbetrieb sowie bei starken Lastunterschieden betrieben wird wie bei Pumpensystemen und Ventilatoren.	M
	x	x	Absorptionskältemaschinen zur Kälteerzeugung nutzen	Kompressionskältemaschinen durch Absorptionskältemaschinen ersetzen und Abwärme als Antriebsenergie nutzen. Es sollte ein konstanter Abwärmestrom von mindestens 120° vorliegen, damit die Anlage wirtschaftlich betrieben werden kann.	M
x		x	Fluss- oder Grundwasser zur Kühlung einsetzen	Fluss- oder Grundwasser zur Kühlung einsetzen, falls es die geographische Lage ermöglicht.	H
	x	x	Wärmepumpen zur Speisung des Warmwasserkreislaufs einsetzen	Durch einen sehr hohen Wirkungsgrad von bis zu 150% bezogen auf den Primärenergieeinsatz können Wärmepumpen ca. 50% der Betriebskosten von Gasheizungen einsparen.	H
x	x	x	Anschluss an ein Fernwärmenetz für den Bezug von Heißwasser	Falls es die geographische Lage erlaubt, kann durch den Anschluss an ein bestehendes Fernwärmenetz ein sehr hoher Jahresnutzungsgrad der Heizanlage erreicht und zudem Platz gespart werden.	L
x	x	x	Brennwertkessel bei der Warmwasserheizung einsetzen	Durch den Einsatz von Brennwertkesseln kann der Energiegehalt des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig genutzt werden, da auch die Energie, des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes genutzt wird.	L
	x	x	Solarthermische Heizungsanlagen zur Warmwasserherzeugung einsetzen	Durch Solarthermie-Anlagen Warmwasser erzeugen und so den Brennstoffverbrauch reduzieren.	H
	x	x	Nutzwärme durch Holzpellet Heizung erzeugen	Für die Erzeugung von Nutzwärme Holzpellets statt fossiler Brennstoffe einsetzen. Die, im Vergleich zu Gas- oder Ölheizungen höheren Anschaffungskosten der Holzpellet-Heizanlage werden durch deutlich geringere Betriebskosten ausgeglichen.	H
x	x	x	Fertigungsprozesse zusammenfassen um das Bearbeitungsvolumen zu senken	Fertigungsprozesse möglichst zusammenzufassen um den Material- und Energieverbrauch und den Werkzeugverschleiß zu minimieren.	M
x	x	x	Mehrkesselregelung zur bedarfsgerechten Energieerzeugung anwenden	Der Energieeinsatz für Prozesswärme kann durch eine Mehrkesselregelung an den tatsächlichen Bedarf angepasst und somit optimiert werden.	H
x	x	x	Regelbare Brenner zur bedarfsgerechten Energieerzeugung einsetzen	Der Energieeinsatz für Prozesswärme kann durch regelbare Brenner an den tatsächlichen Bedarf angepasst und somit optimiert werden.	L
x	x	x	Regelung und Auslegung des Pumpensystems	Die Nutzung der Pumpen mit Regelungstechnik regeln, damit diese immer nur die notwendige Leistung aufbringen. Auch die richtige Abstimmung der Komponenten aufeinander kann die Energieeffizienz deutlich erhöhen. Mögliche Verfahren sind beispielsweise: Zweipunktregelung, Drosselregelung und Drehzahlregelung.	M
x	x	x	Lüftungsanlagen optimieren und Ventilatoren durch EC-Ventilatoren ersetzen	Da der Gesamtwirkungsgrad vieler Ventilatoren unter 25% liegt, ist die Substitution durch EC-Ventilatoren mit einem Wirkungsgrad über 90% oft sinnvoll.	M
x	x	x	Wärmedämmung von Anlagen und Gebäuden durchführen	Wärmeverluste von Anlagen und Gebäuden durch Wärmedämmung verringern. Der Wärmeverlust ungedämmter/gedämmter Bauteile und Rohrleitungen kann um bis zu 23/7 % reduziert werden.	M

Material

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Ressourcenchecks durchführen	Nutzung des Ressourcencheck-Tools der Vereinigung Deutscher Ingenieure - Zentrum Ressourceneffizienz zur ersten Einschätzung und als Anhaltspunkt für weitere Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz.	L
		x	Stoffstromanalyse zur besseren Kenntniss der Prozessabläufe sowie der Materialströme anwenden	Darstellung sämtlicher Materialströme im Unternehmen um Rationalisierungspotentiale aufzudecken. Gut als Ergänzung zu einer Input/Output Analyse anzuwenden.	L
x	x	x	Input/Output-Analyse anwenden um Ineffizienzen aufzuspüren	Durch Anwendung einer Input/Output-Analyse nach dem Prinzip des Massenerhaltungssatz (erster Hauptsatz der Thermodynamik) können Material-Ineffizienzen identifiziert werden.	M
		x	Förderprogramm "KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz" in Anspruch nehmen	Forschungsprojekte zur Steigerung der Ressourceneffizienz werden im Rahmen der Fördermaßnahme "KMU-innovativ: Ressourceneffizienz und Klimaschutz" des Bundesministerium für Bildung und Forschung mit bis zu 50% bezuschusst.	L
		x	Förderung durch "Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand" (ZIM) nutzen	Beratung und Förderung für Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Steigerung der Materialeffizienz durch das "Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie wahrnehmen.	M
		x	Total Productive Management etablieren	Mit einem Total Productive Management werden zum Beispiel Verluste und Verschwendungen visualisiert und können so eliminiert werden. Weitere Bestandteile sind "ständige Verbesserung" und 100% ige Anlagenverfügbarkeit.	H
	x		Bilden eines Umweltteams im Unternehmen	Durch das Bilden von Umweltteams aus engagierten Mitarbeitern aus verschiedenen Arbeitsbereichen kann das Detailwissen im Unternehmen gebündelt werden und als Grundlage für Projekte zur Steigerung der Ressourceneffizienz mit dem Fokus auf Umweltthemen verwendet werden.	H
		x	Six Sigma Methode anwenden um die Fehlerquote zu minimieren	Die Methode Six Sigma im Qualitätsmanagement des Unternehmens implementieren und durch DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) ausgewählte Prozesse in der Entwicklung und Herstellung optimieren um den Fehleranteil zu minimieren.	H
x	x	x	Produktionsabfallverminderung durch Verwenden fertigungsnaher Rohteilabmessungen	Eine Anpassung des Rohstoffmaßes an spätere Fertigungsmaß reduziert das Zerspan- und Abfallvolumen.	L

		x	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse zur Bewertung des Ausfallrisikos und Durchführung von Optimierungsmaßnahmen anwenden	FMEA vorbeugend anwenden um potentielle Fehlerursachen, Fehlerarten und Fehlerfolgen in der Herstellung und Entwicklung zu analysieren. Daraus lassen sich Risiko-beurteilungen und Maßnahmen für priorisierte Risiken ableiten.	M
x	x	x	Produktionsabfallrecycling durch Nutzung von Sekundärrohstoffbörsen	Abfall- und Sekundärrohstoffbörsen können für die Entsorgung von Produktionsabfällen verwendet werden und so die Entsorgungskosten reduzieren. Der ökonomische Nutzen hängt dabei stark vom Wert des Rohstoffs ab.	L
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizens, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Materialverschwendung in der Entwicklung und Herstellung zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	M
x	x	x	Materialeffizienzsteigerung durch Reduzierung der Werkstoff- Rohmaterialvielfalt	Durch die Reduzierung der Werkstoffvielfalt wird ein größerer, ökonomisch sinnvoller und einheitlicher Materialstrom sichergestellt. Außerdem ist die Gefahr des Vermischens von aus Recyclingsicht unverträglichen Stoffen geringer.	M
x	x	x	Produktionsabfallvermeidung durch Kooperation von Konstruktion und Produktionstechnik	Durch die Zusammenarbeit von Konstruktion und Produktionstechnik kann Produktionsabfall schon durch die Planung minimiert werden.	M
		x	Teilnahme an Netzwerken zur Steigerung der Materialeffizienz	Teilnahme an Netzwerken wie dem "Netzwerk Ressourceneffizienz" oder "PIUS-Netzwerk-Deutschland" zum Erfahrungsaustausch und zur Steigerung der Materialeffizienz in der Herstellung und Entwicklung. Auch das Innovationsradar und die Gute-Praxis-Beispiele des Zentrum Ressourceneffizienz bieten Möglichkeiten sich eigenständig über neue Technologien zu informieren.	M
x	x	x	Virtual Prototyping im Entwicklungsprozess durchführen	Durch Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung kann die Materialeffizienz in der Herstellung gesteigert werden. Vor allem das Risiko, dass ein Produkt nach Fertigstellung die Erwartungen nicht erfüllt und Entwicklungsschritte wiederholt werden müssen kann drastisch gesenkt werden.	M
	x		Cleaner Production etablieren	Cleaner Production als ganzheitliches Konzept für eine nachhaltige Wirtschaftsweise etablieren. Ein Grundprinzip ist die konsequente Ursachenforschung von Abfallanfall mit dem Ziel einer optimierten Nutzung aller Ressourcen. Jeglicher Output der nicht Produkt ist soll minimiert werden.	H
x	x	x	Poka Yoke zur Fehlervermeidung einsetzen	Die Fehlervermeidungsstrategie Poka Yoke des Toyota Produktionssystems anwenden. Dadurch werden unbeabsichtigte Fehler durch einfache Vorrichtungen im vornherein verhindert.	L
x	x	x	Aufarbeitung verschlissener Produktionsmittel	Die Lebensdauer von verschlissenen oder alten Werkzeugen kann oftmals durch eine Aufarbeitung verlängert werden. Dazu zählen auch softwareseitige Erneuerungen.	L
x	x	x	Produktionsabfallrecycling durch Bewahren der Sortenreinheit	Eine hohe Sortenreinheit führt bei kreislauffähigen Werkstoffen dazu, dass dieser mehrmals den Produktionsprozess durchlaufen kann.	H

		x	Produktionsprozesse durch Industrie 4.0 teilweise digitalisieren	Durch Industrie 4.0 kann die Transparenz im Produktionsprozess stark verbessert werden was wiederum Implikationen für Ressourceneffizienzoptimierungen liefern kann. Außerdem vereinfacht die hohe Transparenz effizientes Recycling und bietet die Möglichkeit des Up-Cycling, also die Wiederverwendung einzelner Baugruppen eines Produktes.	H
x	x	x	Steuerungs- und Regelungstechnik implementieren	In manchen Produktionsprozessen bietet es sich an eine Steuerungs- und Regelungstechnik anzuwenden. Dadurch kann der Einsatz der Produktionsmittel ressourcensparender erfolgen.	H
x	x	x	Produktionsabfallvermeidung durch Integrierte, gekoppelte Fertigungsschritte	Das Potential von zusammengefassten Fertigungsschritten sollte ausgenutzt werden um Reinigungsschritte, Zwischenlagerungen und Transportwege zu minimieren. Zusätzlich steigt das Qualitätsniveau, da schädliche Einflussmöglichkeiten reduziert werden.	H
x	x	x	Fertigungsprozesse zusammenfassen um das Bearbeitungsvolumen zu senken	Fertigungsprozesse nach Möglichkeit zusammenfassen um so den Material- und Energieverbrauch sowie den Werkzeugverschleiß zu minimieren.	M

Personal

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Ressourcenchecks durchführen	Nutzung des Ressourcencheck-Tools der Vereinigung Deutscher Ingenieure - Zentrum Ressourceneffizienz zur ersten Einschätzung und als Anhaltspunkt für weitere Maßnahmen zur Steigerung der Personaleffizienz.	L
		x	Erstellen einer Kompetenzmatrix als Grundlage für Weiterbildungsmaßnahmen	Kompetenzen der Mitarbeiter in einer Kompetenzmatrix dokumentieren und mit den betrieblichen Anforderungen abgleichen um den Bedarf für Weiterbildungsmaßnahmen zu ermitteln. Kann sehr gut in Kombination mit einem Expertenverzeichnis erstellt werden.	L
		x	Mitarbeiterstruktur mit Hilfe des Demographie-Checks analysieren	Mit Hilfe eines Demographie-Checks (z.B. von der Demographie Netzwerk e.V. oder der IHK Bayern) eine Selbstbewertung des Unternehmens hinsichtlich der demographischen Struktur in 10 Schritten durchführen. Dies schafft Transparenz und liefert Anhaltspunkte für mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Personaleffizienz.	L
		x	Gesunde Ernährung der Mitarbeiter fördern	Das Ernährungsbewusstsein der Mitarbeiter durch Informationsmaterialien oder Essensangebote steigern.	M

		x	Förderung durch "Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand" (ZIM) nutzen	Beratung und Förderung für Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Steigerung der Personaleffizienz durch das "Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie wahrnehmen.	L
		x	Arbeitsmedizinische Vorsorge im Unternehmen etablieren	Medizinische Vorsorge der Mitarbeiter sowie eine Gefährdungsbeurteilung, Beratung und Aufklären von Gesundheitsrisiken fördern. Mitarbeiter über den Nutzen von regelmäßigen ärztlichen Untersuchungen informieren oder solche anbieten.	L
		x	Bewegungsförderung während und außerhalb der Arbeitszeiten	Durch bewegungsfördernde Maßnahmen die Fitness der Mitarbeiter steigern und somit Ausfallzeiten verringern. Möglich sind beispielsweise Spaziergänge in den Pausen, betriebsinterne Sportgruppen oder Kooperationen mit Sportvereinen und Fitnessstudios.	L
x	x	x	Ein Betriebliches Gesundheitsmanagement etablieren	Einführung eines umfassenden Gesundheitsmanagements, das neben Einzelmaßnahmen im Krankheitsfall vor allem auf präventive Maßnahmen setzt.	M
		x	Entspannungsübungen anwenden	Die Mitarbeiter über den Nutzen von Entspannungsübungen aufklären, Raum und Zeit zur Anwendung sowie Infomaterial bereitstellen. Dazu zählen beispielsweise autogenes Training, Yoga oder progressive Muskelrelaxation nach Jacobson.	L
		x	Präventionsmaßnahmen gegen Rückenbeschwerden einführen	Präventive Maßnahmen gegen Rückenbeschwerden fördern, beispielsweise durch Broschüren, Fortbildungen und Krankenkassen-Aktionen.	L
		x	Stressmanagement-Seminare anbieten	Mitarbeiter in Seminaren bezüglich Maßnahmen zur Vermeidung und dem Umgang mit Stress schulen.	M
		x	Zugang zu Employee-Assistance-Programmen anbieten	Den Mitarbeitern den Zugang zu einem Employee-Assistance-Programm, der stressbezogenen Beratung, durch ein externes Unternehmen, bieten.	M
		x	Aufstiegsfortbildungen für Mitarbeiter mit abgeschlossener Berufsausbildung fördern	Fachkräfte mit bereits abgeschlossener Berufsausbildung in geregelten Aufstiegsfortbildungen zum Meister, Fachwirt oder Techniker fortbilden. Somit können Mitarbeiter zum Beispiel für anspruchsvolle Führungstätigkeiten qualifiziert werden.	H
		x	Teil- und Nachqualifizierung von an- und ungelerten Mitarbeitern fördern	Ungelernte oder fachfremde Mitarbeiter in einzelnen Modulen für die (Teil-)Qualifikation ausbilden. Kann häufig berufs begleitend stattfinden.	H
x		x	Durch "Lebenslanges Lernen" die Effizienz der älteren Mitarbeiter erhalten	Kontinuierliche Fort- und Weiterbildungen auch für ältere Mitarbeiter im Unternehmen etablieren damit die Produktivität erhalten werden kann.	H
		x	Selbstgesteuertes Lernen mit Hilfe von Fachzeitschriften fördern	Mitarbeiter durch die Auslage von Fachzeitschriften eigenständig weiterbilden lassen.	L
		x	Berufsbegleitendes Studieren fördern	Fachkräfte ohne Studienabschluss oder mit einem Bachelorabschluss durch berufsbegleitende Bachelor- oder Masterstudiengänge höher qualifizieren.	H
		x	Fachvorträge, Messen und Infoveranstaltungen zur Weiterbildung der Mitarbeiter nutzen	Mitarbeiter durch den Besuch von Vorträgen, Fachmessen und anderen Infoveranstaltungen weiterbilden.	M

		x	Teilzeit-Modelle anwenden	Die Mitarbeiterzufriedenheit kann durch Teilzeitmodelle erhöht werden. Zudem schaffen sie Raum für Weiterbildungen.	H
		x	Regelmäßig Anpassungsfortbildungen durchführen	In internen oder externen Lehrveranstaltungen das vorhandene Wissen der Mitarbeiter regelmäßig auffrischen und an neue Anforderungen anpassen.	M
x		x	Schulungen zur Verbesserung der Soft-Skills anbieten	Mitarbeiterschulungen zur Verbesserung der Soft-Skills anbieten. Fast alle Unternehmensbereiche profitieren von Mitarbeitern mit guter Rhetorik, Kommunikationsfähigkeit, Verkaufsgeschick, Einfühlungsvermögen und Überzeugungskraft.	M
		x	Selbstgesteuertes e-Learning fördern	Mitarbeitern die Weiterbildung durch e-learning ermöglichen. Neben Videotrainings und computerbasierten Selbstlernprogrammen steht ein großes Angebot an MOOCs (Massive Open Online Courses) auf Universitätsniveau zur Verfügung.	M
		x	Total Productive Management etablieren	Mit einem Total Productive Management werden zum Beispiel Verluste und Verschwendungen visualisiert und können so eliminiert werden. Weitere Bestandteile sind "ständige Verbesserung" und 100% ige Anlagenverfügbarkeit.	H
x		x	Kooperationen effizient gestalten	Um Kooperationen mit anderen Unternehmen effizient zu gestalten, sind die Mitarbeiter hinsichtlich klarer und regelmäßiger Kommunikation, definierten Aufgabenfeldern und dem Schaffen von Freiräumen zu sensibilisieren.	H
		x	Arbeitszeitkonten anwenden	Bei dieser Sonderform des Gleitzeitmodells bekommt der Mitarbeiter lediglich die Vorgabe, eine gewisse Anzahl an Arbeitsstunden in einem definierten Zeitraum zu leisten.	H
		x	Gleitzeit-Modelle anwenden	Neben festen Kernarbeitszeiten mit Anwesenheitspflicht werden Gleitzeitspannen definiert, in denen der Mitarbeiter selbstständig über Arbeitsbeginn und -ende entscheiden kann. Dadurch lässt sich die Motivation sowie die Work-Life-Balance der Mitarbeiter erhöhen.	H
		x	Home-Office ermöglichen	Der Mitarbeiter kann einen Teil der Arbeitszeit am Heimarbeitsplatz absolvieren. Durch die erhöhte Familienfreundlichkeit und Flexibilität wird die Mitarbeiterzufriedenheit gesteigert.	H
		x	Job Rotation etablieren	Mit dem systematischen Wechsel der Tätigkeiten zwischen den Mitarbeitern im Unternehmen kann Kompetenzausbau und Flexibilität gefördert werden.	H
		x	Job Sharing anwenden	Bei dieser Sonderform des Teilzeit-Modells teilen sich mindestens zwei Mitarbeiter eine Stelle und sprechen die Aufteilung individuell ab.	H
		x	Vertrauensarbeitszeit anwenden	Bei der offensten Auslegung der Vertrauensarbeitszeit entfällt die Zeiterfassung und Anwesenheitskontrolle des Mitarbeiters komplett. Lediglich die Zielerreichung wird kontrolliert. Durch das hohe Maß an entgegengebrachtem Vertrauen kann die Motivation und Leistungsbereitschaft des Mitarbeiters gesteigert werden.	H
		x	Feedback-Gespräche mit den Mitarbeitern etablieren	Feedback-Gespräche einführen, um die Motivation der Mitarbeiter, die Kommunikation und das Betriebsklima zu verbessern.	L

		x	Regelmäßig Mitarbeiterbefragungen durchführen	In regelmäßigen Umfragen oder Einzelgesprächen die Zufriedenheit der Mitarbeiter im Unternehmen ermitteln. Daraus können nötige Veränderungen abgeleitet werden.	L
x		x	Ineffizienzen im Personalwesen eliminieren	Gezielt Ineffizienzen im Personalwesen reduzieren und vermeiden. Dazu zählen zum Beispiel Fehlzeiten, Wissens- und Verhaltensbarrieren und geringes Vertrauen der Mitarbeiter.	M
x		x	Einführung eines Ideenmanagements	Den Mitarbeitern die Möglichkeit der aktiven Mitgestaltung durch ein Ideenmanagement bieten. Dadurch wird neben Produkten und Prozessen auch die Mitarbeiterzufriedenheit verbessert. Zentrale Aspekte eines Ideenmanagements sind eine unterstützende Führungskultur, Transparenz und Nachvollziehbarkeit, Controlling der Effektivität und Effizienz des Systems und Nachhaltigkeit in der Weiterentwicklung der Vorschläge.	M
		x	Durch Online-Rekrutierung aktiv Fachkräfte suchen	Neben der Veröffentlichung von Stellenanzeigen auf der Unternehmenshomepage und in Online-Jobbörsen auch die aktive Suche nach Bewerbern in Karrierenetzwerken und Bewerberdatenbanken um die passendsten Fachkräfte zu finden.	M
		x	Kommunikation der Arbeitgebermarke durch Employer Branding	Die Arbeitgebermarke über verschiedene Kanäle (Social Media, Messen, Website, etc.) aufbauen, pflegen und stärken um das Unternehmen bekannter zu machen und ein positives Image zu erzeugen und somit hochqualifizierte Fachkräfte werben zu können. Vor allem die typischen Vorteile von KMUs gegenüber großen Unternehmen können ein positives Image erzeugen.	M
		x	Unternehmenswerte in einer Unternehmenskultur manifestieren	Gemeinsame Werte und Überzeugungen ausformulieren und als Unternehmenskultur etablieren. Neben der Arbeitszufriedenheit kann die Kommunikation zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern verbessert werden.	M
x			Personaleffizienz durch Outsourcing steigern	Durch externes oder internes Outsourcing einzelne Kompetenzbereiche an eine eigene externe/interne Einheit überführen um durch die Zentralisation von Aufgaben den Grad der Arbeitsteilung zu intensivieren und das Kostenbewusstsein zu schärfen. Typische Outsourcing Bereiche sind das Facility Management, IT-Dienstleistungen, Lohn- und Finanzbuchhaltung sowie das Human Resource Management.	M
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizens, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Ressourcenverschwendung durch effizientere Mitarbeiter in der Entwicklung und Herstellung zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	M
x	x	x	Virtual Prototyping im Entwicklungsprozess durchführen	Durch Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung kann die Personaleffizienz in der Herstellung gesteigert werden. Vor allem das Risiko, dass ein Produkt nach Fertigstellung die Erwartungen nicht erfüllt und Entwicklungsschritte wiederholt werden müssen kann drastisch gesenkt werden.	M

		x	Debriefings zur Erschließung und Speicherung von implizitem Wissen etablieren	Vergangene Projekte zeitnah in Debriefings reflektieren um gute Praktiken und Fehler für die Zukunft nutzbar zu machen.	L
		x	Expertenverzeichnisse zum schnellen Transfer von implizitem Wissen anlegen	Kompetenzen und Kontaktdaten von Mitarbeitern in einem unternehmensinternen Expertenverzeichnis speichern um den Zugang zu implizitem Wissen zu erleichtern.	L
x		x	Transfermeetings ermöglichen	Plattform zum kurzfristigen Einberufen von Wissenstransfermeetings zum Lösen konkreter Fragestellungen innerhalb des Personals bereitstellen.	L
		x	Unternehmensinterne Wikis zur Speicherung von explizitem Wissen verwenden	Einführung eines unternehmensinternen Wikis zur Speicherung und Darstellung von explizitem Wissen. Mitarbeiter können sowohl Autoren als auch Konsumenten sein. Je nach Informationsstruktur bietet sich die Verknüpfung eines Unternehmenswikis mit einer Datenbank an.	M
x	x	x	Erfahrungsdialoge zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern etablieren	Raum für den Austausch zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern in speziell dafür ausgelegten Workshops oder durch Zusammenarbeit in Projekten schaffen um einen konstanten Wissenstransfer innerhalb des Unternehmens zu erhalten. Die jungen Mitarbeiter profitieren vom Erfahrungswissen der älteren während die älteren Mitarbeiter vom neuen Wissen aus der Ausbildung der Jungen profitieren.	M
x	x	x	Mentorenprogramme zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern etablieren	Junge und neue Mitarbeiter von einem erfahrenen Mitarbeiter als Mentor begleiten lassen. Dadurch kann Fachwissen und Erfahrung weitergegeben werden.	M
x	x	x	Auf ergonomische Arbeitsplatzgestaltung achten	Arbeitsplätze bezüglich Körperhaltung, Raumklima und -gestaltung, Geräuschpegel, Vibration, Licht und Farben sowie Arbeitswerkzeugen ergonomisch gestalten ist eine Voraussetzung um die körperliche Gesundheit der Mitarbeiter zu erhalten.	L
x	x	x	Technische Assistenzsysteme zur Steigerung der Mitarbeitereffizienz einsetzen	Durch technische Assistenzsysteme können Mitarbeiter, die hohen physischen Belastungen ausgesetzt sind, entlastet und deren Produktivität somit gesteigert werden.	H
		x	Produktionsprozesse durch Industrie 4.0 teilweise digitalisieren	Durch Industrie 4.0 kann die Transparenz im Produktionsprozess stark verbessert werden was wiederum Implikationen für Ressourceneffizienzoptimierungen liefern kann. Auch die Produktivität der Mitarbeiter kann durch intelligente Assistenzsysteme gesteigert werden.	H
x		x	Arbeitsprozesse von Mitarbeitern komplett automatisieren	Die Arbeitsaufteilung zwischen Mensch und Maschine so optimieren, dass die Mitarbeiter möglichst nur noch Aufgaben mit geistigem Anspruch erledigen und die Maschinen vor allem repetitive, gefährliche und monotone Arbeitsabläufe übernehmen. Auch wenn Arbeiten mit hohem Anspruch an Genauigkeit und Schnelligkeit komplett durch Maschinen ersetzt werden, steigert das die Personaleffizienz.	H
x		x	Investitionen in die von Mitarbeitern genutzten Geräte	Die Effizienz der Mitarbeiter durch Investitionen in die von ihnen genutzten Ressourcen steigern. Besonders neue Technologien können eine enorme Steigerung der Personaleffizienz bewirken.	M

Nutzungsphase (Produkt)

Energie

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Energieeffizienz-Benchmarking nach DIN EN 16231:2012 für die Produkte durchführen	Ein Energieeffizienz-Benchmarking nach DIN EN 16231:2012 durchführen und so relevante Daten des Energieverbrauchs im Vergleich zu Referenzprodukten gewinnen. Dadurch erschließen sich Anhaltspunkte zur Verbesserung der Energieeffizienz in den eigenen Produkten. Zusätzlich können die Technologien des "Klassenbesten" identifiziert werden.	L
x	x	x	Erstellung von Umweltprofilen nach DIN EN ISO 14040 als Grundlage für ressourceneffiziente Produkte	Im Rahmen von Okobilanzen nach DIN EN ISO 14040 lassen sich Umweltprofile erstellen, welche die Umweltauswirkungen über den gesamten Produktlebenszyklus transparent darstellen. Dies ist vor allem als Grundlage für die Entwicklung von energieeffizienten Produkten sinnvoll.	L
x	x	x	Förderprogramme durch Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle in Anspruch nehmen	Durch Förderprogramme wie der "Energieberatung im Mittelstand" des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle können Energieberatungen bezuschusst werden. In weiteren Programmen kann zum Beispiel hocheffiziente Querschnittstechnologie oder der Aufbau eines Energiemanagementsystems, im Speziellen die Erstzertifizierung, der Erwerb von Messtechnik, der Erwerb von Software und die Schulung von Mitarbeitern mit bis zu 20.000€ gefördert werden. Einen Überblick aller Förderprogramme verschafft die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (http://www.foerderdatenbank.de/).	L
x	x	x	Der "Initiative Energieeffizienz-Netzwerke" beitreten und zum Erfahrungsaustausch nutzen	Ziel der "Initiative Energieeffizienz-Netzwerke" ist es zwischen 2014 und Ende 2020 500 neue Energieeffizienz-Netzwerke zum Erfahrungsaustausch aufzubauen und damit bis zu 75 PJ Primärenergie einzusparen.	M
x	x	x	Energieeffizienznetzwerke der LEEN GmbH zum Erfahrungsaustausch nutzen	Lernende Energieeffizienznetzwerke bestehend aus 10-15 Unternehmen mit Hilfe der LEEN GmbH aufbauen oder an bestehenden Netzwerken teilnehmen. In regelmäßigen Treffen wird durch den Erfahrungsaustausch bezüglich rentabler Effizienzmaßnahmen der Aufwand für die Suche nach effizienteren Lösungen verringert.	M
x	x	x	Virtual Prototyping im Entwicklungsprozess durchführen	Durch Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung kann die Energieeffizienz des Produktes gesteigert werden.	M

x	x	x	Produktnutzen statt Produkt verkaufen	Wenn nur der Nutzen eines Produktes verkauft wird und nicht das Produkt an sich, ist eine energie- und materialeffiziente Nutzung gewährleistet, da der Hersteller im Eigeninteresse an einer effizienten Nutzung interessiert ist.	H
x	x	x	Leichtbau in der Herstellung anwenden um den Ressourcenverbrauch während der Nutzung zu reduzieren	Durch den Einsatz von leichten Materialien in der Produktion von Bauteilen für die Automobilindustrie kann der Energieverbrauch während der Nutzungsphase reduziert werden.	H
	x	x	Kaskadennutzung der Produkte gewährleisten	Die Energieeffizienz der Produkte durch die Möglichkeit der Kaskadennutzung, also der Weiternutzung in einem Anwendungsfeld mit geringeren Ansprüchen, steigern.	H
	x	x	Energieeffiziente Technik in den Produkten verbauen	Teilfunktionen im Produkt durch energieeffizientere Technik mit gleichem Funktionsprinzip ersetzen. Den höheren Kosten für die effizientere Technik steht eine erweiterte Kundenzielgruppe durch Energielabels am Produkt entgegen.	H
x	x	x	Das Prinzip Ecodesign in die Produkte integrieren	Produkte mit Hilfe des Prinzips Ecodesign herstellen. Dieses fordert die Berücksichtigung von Umweltaspekten im Produktdesign und zielt deshalb auf ein materialeffizientes und energieeffizientes Design ab.	H
x	x	x	Smart Grid-Lösungen in Produkte einbauen	Durch Smart-Grid Lösungen in den Produkten eine Ausnutzung der niedrigeren Stromtarife zu Zeiten niedriger Nachfrage ermöglichen. Anwendungsbeispiele sind Waschmaschinen, Wärmetrockner oder Geschirrspüler.	M
	x	x	Vermeidung umweltschädlicher Fehlnutzung der Produkte durch technische Maßnahmen	Sehr ineffiziente Zustände beim Gebrauch des Produktes, sollten durch technische Maßnahmen verhindert werden.	L
	x		Anzeige der aktuellen Verbräuche an den Produkten einbauen	Den Energieverbrauch während der Nutzungsphase durch den Einbau einer Anzeige über den aktuellen Verbrauch verringern. Dadurch werden Nutzer gegenüber Energieverschwendung sensibilisiert. Vor allem eine Stromverbrauchsanzeige ist häufig einfach zu realisieren.	M
	x	x	Energieeffizienz der Produkte durch Energiesparmodi steigern	Um die Energieeffizienz der Produkte zu steigern können (automatische) Energiesparmodi eingebaut werden, in denen sich das Produkt abschaltet oder den Energieverbrauch stark reduziert.	M

Material

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Erstellung von Umweltprofilen nach DIN EN ISO 14040 als Grundlage für ressourceneffiziente Produkte	Im Rahmen von Okobilanzen nach DIN EN ISO 14040 lassen sich Sachbilanzen erstellen, welche den Verbrauch aller Materialien über einen ausgewählten Bereich des Produktlebenszyklus dokumentieren. So kann auch der Materialverbrauch während der Nutzungsphase transparent gemacht werden. Außerdem lässt sich mit Hilfe der Okobilanzen der Material-Input pro Serviceeinheit Ansatz anwenden, welcher sich speziell mit den ökologischen Auswirkungen befasst.	L
		x	Teilnahme an Netzwerken zur Steigerung der Materialeffizienz	Teilnahme an Netzwerken wie dem "Netzwerk Ressourceneffizienz" oder "PIUS-Netzwerk-Deutschland" zum Erfahrungsaustausch und zur Steigerung der Materialeffizienz in der Produkt Nutzungsphase. Auch das Innovationsradar und die Gute-Praxis-Beispiele des Zentrum Ressourceneffizienz bieten Möglichkeiten sich eigenständig über neue Technologien zu informieren.	L
x	x	x	Virtual Prototyping im Entwicklungsprozess durchführen	Durch Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung kann die Materialeffizienz des Produktes gesteigert werden.	L
x	x	x	Produktnutzen statt Produkt verkaufen	Wenn nur der Nutzen eines Produktes verkauft wird und nicht das Produkt an sich, ist eine energie- und materialeffiziente Nutzung gewährleistet, da der Hersteller im Eigeninteresse an einer effizienten Nutzung interessiert ist.	H
	x	x	Kaskadennutzung der Produkte gewährleisten	Die Materialeffizienz der Produkte durch die Möglichkeit der Kaskadennutzung, also der Weiternutzung in einem Anwendungsfeld mit geringeren Ansprüchen, steigern.	H
	x	x	Durchführung von Lebensdauertests der Produktkomponenten	Die Lebensdaueranforderungen einzelner Komponenten oder des gesamten Produktes regelmäßig in Tests überprüfen. Durch unabhängige Institutionen kann eine Verifizierung der freiwillig durchgeführten Tests erfolgen.	H
x	x	x	Das Prinzip Ecodesign in die Produkte integrieren	Produkte mit Hilfe des Prinzips Ecodesign herstellen. Dieses fordert die Berücksichtigung von Umweltaspekten im Produktdesign und zielt deshalb auf ein materialeffizientes und energieeffizientes Design ab.	M
	x	x	Vermeidung umweltschädlicher Fehlnutzung der Produkte durch technische Maßnahmen	Sehr ineffiziente Zustände beim Gebrauch des Produktes, sollten durch technische Maßnahmen verhindert werden.	M

	x	x	Nanotechnologie zur Verbesserung der Langlebigkeit	Vor allem bei Werkzeugen kann der Verschleiß während der Nutzung durch den Einsatz von Nanotechnologie in der Material- und Oberflächenbehandlung effektiv verringert werden. Dadurch kann eine um bis zu 25ig-fache verlängerte Lebensdauer erzielt werden.	H
	x	x	Nachwachsende Rohstoffe in der Produktion verwenden	Die Materialeffizienz des Produktes durch die Werkstoffsubstitution von knappen Rohstoffen durch nachwachsende Rohstoffe erhöhen. Zudem bietet die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen mehr Unabhängigkeit von steigenden Preisen wegen Verknappungen.	M
	x	x	Produktnutzungsdauer durch das Produktdesign verlängern	Die Produktnutzungsdauer, also die Zeitspanne bis das Produkt, unabhängig seiner Funktionsfähigkeit, außer Betrieb genommen wird, durch das Produktdesign verlängern. Hierzu zählt zum Beispiel die Wahl eines zeitlosen Designs, eine modularer Produktaufbau, Erweiterbarkeit, Aufrüstfähigkeit und updatefähige Softwarelösungen.	M
	x	x	Technische Produktlebensdauer durch das Produktdesign verlängern	Die technische Produktlebensdauer, also die Zeitspanne bis zum Ausfall des Systems, durch das Produktdesign verlängern. Hierzu zählt zum Beispiel das Ermöglichen von Wartung und Reparatur, die verpflichtende Ersatzteillieferung und Mindestqualitätsstandards kritischer und verschleißanfälliger Bauteile.	M
x	x	x	Bauteilschutz realisieren um die Beschädigung wiederverwendbarer Teile zu verhindern	Wiederverwendbare Teile in den Produkten sowohl während der Nutzung als auch während der Demontage besonders vor Beschädigungen schützen. Auch vor Verschmutzung und Korrosion sollten diese Teile best möglich geschützt werden.	M

Personal

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Produktnutzen statt Produkt verkaufen	Wenn nur der Nutzen eines Produktes verkauft wird und nicht das Produkt an sich, ist eine personaleffiziente Nutzung gewährleistet, da der Hersteller sich bestens mit dem Produkt auskennt und deshalb auch einen personaleffizienten Betrieb gewährleisten kann.	H
x	x	x	Fernwartung und Schulung des Betriebspersonals anbieten um die Personaleffizienz zu steigern	Der Anlagenhersteller sollte dem Betreiber während der Betriebsphase Angebote zur Fernwartung und Schulungen des Betriebspersonals hinsichtlich Wartungs- und Inspektionstätigkeiten anbieten.	M

x	x	x	Im Produktdesign eine Minimierung der Instandhaltungsmaßnahmen während der Nutzung anstreben	Die Instandhaltungsmaßnahmen während der Nutzungsphase durch eine geringe Anzahl an Inspektions- und Wartungsstellen und möglichst langen Inspektions- und Wartungsintervallen minimieren. Die Festlegung der Wartungsintervalle sollte betriebsstunden- oder zustandsabhängig erfolgen.	M
	x	x	Vermeidung umweltschädlicher Fehlnutzung der Produkte durch Informationsmaterial	Durch Bedienungsanleitungen und Informationsbroschüren mit Hinweisen zur Bedienung des Produktes einer ineffizienten Nutzung vorbeugen.	L
x	x	x	Gestaltung der Betriebsanlage für eine personaleffiziente Instandhaltung optimieren	Um die Nutzung einer Anlage möglichst personaleffizient zu gestalten sollte eine gute räumliche Zugänglichkeit zu kritischen Wartungsstellen ermöglicht werden. Inspektions- und Wartungsmaßnahmen können durch Piktogramme bildlich an der Anlage veranschaulicht werden. Zudem sollte die Layoutplanung Platz für Montage und Demontage berücksichtigen.	H
x	x	x	Enge Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Betreiber, zur Steigerung der Personaleffizienz	Durch eine frühzeitige, transparente Darstellung des Instandhaltungskonzepts und dessen Umsetzung, kann der Hersteller einer Anlage dem Betreiber eine hohe Personaleffizienz ermöglichen. Mit der Auslieferung der Maschine sollte zusätzlich ein Instandhaltungsplan sowie Arbeitsanweisungen bereitgestellt werden.	M

Nutzungsphase (Service)

Energie

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Aufbau von Service Profit Centern	Durch den Aufbau von Service Profit Centern in denen der Periodenerfolg differenziert ausgewiesen wird, können Schwachstellen der Leistungserbringung aufgedeckt und Mitarbeiter durch die übertragene Gewinnverantwortung motiviert werden.	H
x	x	x	Energieeffizienz-Benchmarking nach DIN EN 16231:2012 für die Servicesprozesse durchführen	Ein Energieeffizienz-Benchmarking nach DIN EN 16231:2012 durchführen und so relevante Daten des Energieverbrauchs im Service im Vergleich zu konkurrierenden Unternehmen gewinnen. Dadurch erschließen sich Anhaltspunkte zur Verbesserung der Energieeffizienz in den eigenen Prozessen. Zusätzlich können die Technologien des "Klassenbesten" identifiziert werden.	L

x	x	x	Regelmäßige Überprüfung des Service-Produkt-Portfolios	Regelmäßige Überprüfung welche der angebotenen Serviceleistungen vom Kunden nachgefragt werden. Weitere Kriterien der Überprüfung sollten Alleinstellungsmerkmal, Unterstützung für das Neugeschäft, Marktpotential und Umsetzbarkeit sein. Nach jeder Überprüfung sollte das Service-Portfolio angepasst und aktiv vertrieben werden.	L
x	x	x	Energiemanagementsysteme nach DIN EN 50001, DIN EN 16247 und VDI 4602 im Servicebereich aufbauen	Energiemanagementsysteme basierend auf einem Plan-Do-Check-Act-Zyklus aufbauen. Dadurch werden Zielvorgaben umgesetzt, regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst. Durch die regelmäßigen Energieaudits nach DIN EN 16247-1 wird zudem die Grundlage für die Auswahl von Methoden zur Steigerung der Energieeffizienz und Transparenz über die Energieverbräuche geschaffen.	H
		x	Total Productive Management etablieren	Mit einem Total Productive Management werden zum Beispiel Verluste und Verschwendungen visualisiert und können so eliminiert werden. Weitere Bestandteile sind "ständige Verbesserung" und 100% ige Anlagenverfügbarkeit.	H
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizens, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Energieverschwendung im Service zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	M
x	x	x	Energieliefer- oder Einspar-Contracting nach DIN 8930-5 anwenden	Das Aufgabenfeld Energiebereitstellung nach DIN 8930-5 an einen Dritten übertragen. Dieses spezialisierte Energiedienstleistungsunternehmen errichtet oder übernimmt eine Energieerzeugungsanlage zur Nutzenergielieferung. Dadurch können hohe Investitionskosten und das Risiko von Fehlinvestitionen vermieden werden. Zudem besteht der Zugang zu professioneller Betreuung in Energiefragen.	M
x	x	x	Festlegen einer After Sales-Strategie	Über einen Zeitraum von ein bis drei Jahren sollte immer eine Servicestrategie mit klar definierten Zielen festgelegt und den Mitarbeiter transparenten vermittelt werden. Für die Zielsetzung eignet sich zum Beispiel die Steigerung des Umsatzes, eine Verbesserung der Kundenbindung oder Projekte wie die Etablierung des After Sales Services beim Kunden als Alleinstellungsmerkmal.	M
x	x	x	Förderprogramme durch Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle in Anspruch nehmen	Durch Förderprogramme wie der "Energieberatung im Mittelstand" des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle können Energieberatungen bezuschusst werden. In weiteren Programmen kann zum Beispiel hocheffiziente Querschnittstechnologie oder der Aufbau eines Energiemanagementsystems, im Speziellen die Erstzertifizierung, der Erwerb von Messtechnik, der Erwerb von Software und die Schulung von Mitarbeitern mit bis zu 20.000€ gefördert werden. Einen Überblick aller Förderprogramme verschafft die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (http://www.foerderdatenbank.de/).	L

x	x	x	Kundenzufriedenheit und Kundenbindung optimieren	Um Kunden langfristig an die eigenen Serviceleistungen zu binden ist eine Maximierung der Kundenzufriedenheit anzustreben. Neben regelmäßigen Analysen über die Kundenerwartungen und -bedürfnisse sind das eigene Image, Leistungsversprechen und Alternativmöglichkeiten von Wettbewerbern Kriterien, die immer berücksichtigt werden sollten. Zudem sollte regelmäßig, zum Beispiel durch ein Beschwerdemanagement, eine detaillierte Analyse der Erfüllung der Kundenwünsche erfolgen und zusätzliche Methoden der Kundenbindung wie Garantieverlängerungen oder Rabatt- und Bonussysteme angewandt werden.	M
x	x	x	Energieeffizienznetzwerke der LEEN GmbH zum Erfahrungsaustausch nutzen	Lernende Energieeffizienznetzwerke bestehend aus 10-15 Unternehmen mit Hilfe der LEEN GmbH aufbauen oder an bestehenden Netzwerken teilnehmen. In regelmäßigen Treffen wird durch den Erfahrungsaustausch bezüglich rentabler Effizienzmaßnahmen der Aufwand für die Suche nach effizienteren Lösungen verringert.	H
x	x	x	Der "Initiative Energieeffizienz-Netzwerke" beitreten und zum Erfahrungsaustausch nutzen	Ziel der "Initiative Energieeffizienz-Netzwerke" ist es zwischen 2014 und Ende 2020 500 neue Energieeffizienz-Netzwerke zum Erfahrungsaustausch aufzubauen und damit bis zu 75 PJ Primärenergie einzusparen.	M
x	x	x	Abwärme zur Raumheizung oder Warmwasserbereitung nutzen	Abwärme mittels Wärmetauschern nutzen um Räume oder Wasser zu wärmen.	L
		x	Wärmepumpen zur Speisung des Warmwasserkreislaufs einsetzen	Durch einen sehr hohen Wirkungsgrad von bis zu 150% bezogen auf den Primärenergieeinsatz können Wärmepumpen ca. 50% der Betriebskosten von Gasheizungen einsparen.	H
x	x	x	Wärmedämmung von Anlagen und Gebäuden durchführen	Wärmeverluste von Anlagen und Gebäuden durch Wärmedämmung verringern. Der Wärmeverlust ungedämmter/gedämmter Bauteile und Rohrleitungen kann um bis zu 23/7 % reduziert werden.	M

Material

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Aufbau von Service Profit Centern	Durch den Aufbau von Service Profit Centern in denen der Periodenerfolg differenziert ausgewiesen wird, können Schwachstellen der Leistungserbringung aufgedeckt und Mitarbeiter durch die übertragene Gewinnverantwortung motiviert werden.	M

x	x	x	Regelmäßige Überprüfung des Service-Produkt-Portfolios	Regelmäßige Überprüfung welche der angebotenen Serviceleistungen vom Kunden nachgefragt werden. Weitere Kriterien der Überprüfung sollten Alleinstellungsmerkmal, Unterstützung für das Neugeschäft, Marktpotential und Umsetzbarkeit sein. Nach jeder Überprüfung sollte das Service-Portfolio angepasst und aktiv vertrieben werden.	L
x	X	x	Kundenzufriedenheit und Kundenbindung optimieren	Um Kunden langfristig an die eigenen Serviceleistungen zu binden ist eine Maximierung der Kundenzufriedenheit anzustreben. Neben regelmäßigen Analysen über die Kunden-erwartungen und bedürfnisse sind das eigene Image, Leistungsversprechen und Alternativmöglichkeiten von Wettbewerbern Kriterien, die immer berücksichtigt werden sollten. Zudem sollte regelmäßig, zum Beispiel durch ein Beschwerdemanagement, eine detaillierte Analyse der Erfüllung der Kundenwünsche erfolgen und zusätzliche Methoden der Kundenbindung wie Garantieverlängerungen oder Rabatt- und Bonussysteme angewandt werden.	L
		x	Total Productive Management etablieren	Mit einem Total Productive Management werden zum Beispiel Verluste und Verschwendungen visualisiert und können so eliminiert werden. Weitere Bestandteile sind "ständige Verbesserung" und 100% ige Anlagenverfügbarkeit.	H
	x	x	Rücknahmeprogramm einführen und Vorteile an die Kunden kommunizieren	Dem Kunden anbieten, bereits gebrauchte Teile unter bestimmten Voraussetzungen wieder zurückzunehmen und diese dann wiederaufbereitet als Ersatzteile in Form von Austauschteilen wieder anbieten. Die Vorteile für den Kunden sollten an diesen kommuniziert werden. Die Rücknahme von Ersatz- oder Austauschteilen ist nur sinnvoll, wenn der Transport, die Qualitätsprüfung und die Wiederaufbereitung keine höheren Kosten verursacht als die Neuproduktion.	H
x	x	x	Festlegen einer After Sales-Strategie	Über einen Zeitraum von ein bis drei Jahren sollte immer eine Servicestrategie mit klar definierten Zielen festgelegt und den Mitarbeiter transparent vermittelt werden. Für die Zielsetzung eignet sich zum Beispiel die Steigerung des Umsatzes, eine Verbesserung der Kundenbindung oder Projekte wie die Etablierung des After Sales Services beim Kunden als Alleinstellungsmerkmal.	M
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizen, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Materialverschwendung im Service zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	M
x		x	Ersatzteildistribution optimieren	In der Ersatzteildistribution die Postponement-Strategie für teure, unregelmäßig nachgefragte Teile anwenden. Für günstige Kleinteile, meist Verschleißteile, ist die Speculation-Strategie anzuwenden.	H
x		x	Wirtschaftlichkeit der Ersatzteilerzeugung optimieren	Bei eigens hergestellten Ersatzteilen Fertigungskapazitäten aus der Herstellung des Primärproduktes ausschöpfen. Bei zugelieferten Ersatzteilen Synergieeffekte ausnutzen.	L

x	x	x	Bestandsmanagement für den Servicebereich optimieren	Im Bestandsmanagement für Ersatzteile die Planung durch die Anwendung von Software-Tools optimieren. Die Bestandsführung, also sämtliche Teilezugänge, -bewegungen und -abgänge, ist für Ersatzteile und Produkt getrennt zu führen, um Ursachen für Bestandsabweichungen leichter analysieren zu können. Zudem sollte ein Auslaufkonzept für Ersatzteile, welches Garantelaufzeiten und Ersatzteilmachfragen berücksichtigt, entworfen und angewendet werden.	M
---	---	---	--	--	---

Personal

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x		x	Regelmäßige Überprüfung des Service-Produkt-Portfolio	Regelmäßige Überprüfung welche der angebotenen Serviceleistungen vom Kunden nachgefragt werden. Weitere Kriterien der Überprüfung sollten Alleinstellungsmerkmal, Unterstützung für das Neugeschäft, Marktpotential und Umsetzbarkeit sein. Nach jeder Überprüfung sollte das Service-Portfolio angepasst und aktiv vertrieben werden.	L
		x	Erstellen einer Kompetenzmatrix als Grundlage für Weiterbildungsmaßnahmen	Kompetenzen der Mitarbeiter in einer Kompetenzmatrix dokumentieren und mit den betrieblichen Anforderungen abgleichen um den Bedarf für Weiterbildungsmaßnahmen zu ermitteln. Kann sehr gut in Kombination mit einem Expertenverzeichnis erstellt werden.	L
		x	Mitarbeiterstruktur mit Hilfe des Demographie-Checks analysieren	Mit Hilfe eines Demographie-Checks (z.B. von der Demographie Netzwerk e.V. oder der IHK Bayern) eine Selbstbewertung des Unternehmens hinsichtlich der demographischen Struktur in 10 Schritten durchführen. Dies schafft Transparenz und liefert Anhaltspunkte für mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Personaleffizienz.	L
x		x	Aufbau von Service Profit Centern	Durch den Aufbau von Service Profit Centern in denen der Periodenerfolg differenziert ausgewiesen wird, können Schwachstellen der Leistungserbringung aufgedeckt und Mitarbeiter durch die übertragene Gewinnverantwortung motiviert werden.	M
		x	Arbeitsmedizinische Vorsorge im Unternehmen etablieren	Medizinische Vorsorge der Mitarbeiter sowie eine Gefährdungsbeurteilung, Beratung und Aufklären von Gesundheitsrisiken fördern. Mitarbeiter über den Nutzen von regelmäßigen ärztlichen Untersuchungen informieren oder solche anbieten.	L

		x	Bewegungsförderung während und außerhalb der Arbeitszeiten	Durch bewegungsfördernde Maßnahmen die Fitness der Mitarbeiter steigern und somit Ausfallzeiten verringern. Möglich sind beispielsweise Spaziergänge in den Pausen, betriebsinterne Sportgruppen oder Kooperationen mit Sportvereinen und Fitnessstudios.	L
x	x	x	Ein Betriebliches Gesundheitsmanagement etablieren	Einführung eines umfassenden Gesundheitsmanagements, das neben Einzelmaßnahmen im Krankheitsfall vor allem auf präventive Maßnahmen setzt.	H
		x	Entspannungsübungen anwenden	Die Mitarbeiter über den Nutzen von Entspannungsübungen aufklären, Raum und Zeit zur Anwendung sowie Infomaterial bereitstellen. Dazu zählen beispielsweise autogenes Training, Yoga oder progressive Muskelrelaxation nach Jacobson.	L
		x	Gesunde Ernährung der Mitarbeiter fördern	Das Ernährungsbewusstsein der Mitarbeiter durch Informationsmaterialien oder Essensangebote steigern.	M
		x	Präventionsmaßnahmen gegen Rückenbeschwerden einführen	Präventive Maßnahmen gegen Rückenbeschwerden fördern, beispielsweise durch Broschüren, Fortbildungen und Krankenkassen-Aktionen.	L
		x	Stressmanagement-Seminare anbieten	Mitarbeiter in Seminaren bezüglich Maßnahmen zur Vermeidung und dem Umgang mit Stress schulen.	L
		x	Zugang zu Employee-Assistance-Programmen anbieten	Den Mitarbeitern den Zugang zu einem Employee-Assistance-Programm, der stressbezogenen Beratung, durch ein externes Unternehmen, bieten.	M
x		x	Kundenzufriedenheit und Kundenbindung optimieren	Um Kunden langfristig an die eigenen Serviceleistungen zu binden ist eine Maximierung der Kundenzufriedenheit anzustreben. Neben regelmäßigen Analysen über die Kunden-erwartungen und bedürfnisse sind das eigene Image, Leistungsversprechen und Alternativmöglichkeiten von Wettbewerbern Kriterien, die immer berücksichtigt werden sollten. Zudem sollte regelmäßig, zum Beispiel durch ein Beschwerdemanagement, eine detaillierte Analyse der Erfüllung der Kundenwünsche erfolgen und zusätzliche Methoden der Kundenbindung wie Garantieverlängerungen oder Rabatt- und Bonussysteme angewandt werden.	L
x		x	Durch "Lebenslanges Lernen" die Effizienz der älteren Mitarbeiter erhalten	Kontinuierliche Fort- und Weiterbildungen auch für ältere Mitarbeiter im Unternehmen etablieren damit die Produktivität erhalten werden kann.	H
		x	Aufstiegsfortbildungen für Mitarbeiter mit abgeschlossener Berufsausbildung fördern	Fachkräfte mit bereits abgeschlossener Berufsausbildung in geregelten Aufstiegsfortbildungen zum Meister, Fachwirt oder Techniker fortbilden. Somit können Mitarbeiter zum Beispiel für anspruchsvolle Führungstätigkeiten qualifiziert werden.	H
		x	Berufsbegleitendes Studieren fördern	Fachkräfte ohne Studienabschluss oder mit einem Bachelorabschluss durch berufsbegleitende Bachelor- oder Masterstudiengänge höher qualifizieren.	H
		x	Teil- und Nachqualifizierung von an- und ungelerten Mitarbeitern fördern	Ungelernte oder fachfremde Mitarbeiter in einzelnen Modulen für die (Teil-)Qualifikation ausbilden. Kann häufig berufsbegleitend stattfinden.	H
		x	Selbstgesteuertes Lernen mit Hilfe von Fachzeitschriften fördern	Mitarbeiter durch die Auslage von Fachzeitschriften eigenständig weiterbilden lassen.	L

		x	Fachvorträge, Messen und Infoveranstaltungen zur Weiterbildung der Mitarbeiter nutzen	Mitarbeiter durch den Besuch von Vorträgen, Fachmessen und anderen Infoveranstaltungen weiterbilden.	M
		x	Regelmäßig Anpassungsfortbildungen durchführen	In internen oder externen Lehrveranstaltungen das vorhandene Wissen der Mitarbeiter regelmäßig auffrischen und an neue Anforderungen anpassen.	M
x		x	Schulungen zur Verbesserung der Soft-Skills anbieten	Mitarberschulungen zur Verbesserung der Soft-Skills anbieten. Besonders das Personal im After Sales profitiert von guter Rhetorik, Kommunikationsfähigkeit, Verkaufsgeschick, Einfühlungsvermögen und Überzeugungskraft.	M
		x	Selbstgesteuertes e-Learning fördern	Mitarbeitern die Weiterbildung durch e-learning ermöglichen. Neben Videotrainings und computerbasierten Selbstlernprogrammen steht ein großes Angebot an MOOCs (Massive Open Online Courses) auf Universitätsniveau zur Verfügung.	M
		x	Total Productive Management etablieren	Mit einem Total Productive Management werden zum Beispiel Verluste und Verschwendungen visualisiert und können so eliminiert werden. Weitere Bestandteile sind "ständige Verbesserung" und 100% ige Anlagenverfügbarkeit.	H
x		x	Kooperationen effizient gestalten	Um Kooperationen mit anderen Unternehmen effizient zu gestalten, sind die Mitarbeiter hinsichtlich klarer und regelmäßiger Kommunikation, definierten Aufgabenfeldern und dem Schaffen von Freiräumen zu sensibilisieren.	H
		x	Arbeitszeitkonten anwenden	Bei dieser Sonderform des Gleitzeitmodells bekommt der Mitarbeiter lediglich die Vorgabe, eine gewisse Anzahl an Arbeitsstunden in einem definierten Zeitraum zu leisten.	H
		x	Gleitzeit-Modelle anwenden	Neben festen Kernarbeitszeiten mit Anwesenheitspflicht werden Gleitzeitspannen definiert, in denen der Mitarbeiter selbstständig über Arbeitsbeginn und -ende entscheiden kann. Dadurch lässt sich die Motivation sowie die Work-Life-Balance der Mitarbeiter erhöhen.	H
		x	Home-Office ermöglichen	Der Mitarbeiter kann einen Teil der Arbeitszeit am Heimarbeitsplatz absolvieren. Durch die erhöhte Familienfreundlichkeit und Flexibilität wird die Mitarbeiterzufriedenheit gesteigert.	H
		x	Job Rotation etablieren	Mit dem systematischen Wechsel der Tätigkeiten zwischen den Mitarbeitern im Unternehmen kann Kompetenzausbau und Flexibilität gefördert werden.	H
		x	Job Sharing anwenden	Bei dieser Sonderform des Teilzeit-Modells teilen sich mindestens zwei Mitarbeiter eine Stelle und sprechen die Aufteilung individuell ab.	H
		x	Teilzeit-Modelle anwenden	Die Mitarbeiterzufriedenheit kann durch Teilzeitmodelle erhöht werden. Zudem schaffen sie Raum für Weiterbildungen.	H
		x	Unternehmenswerte in einer Unternehmenskultur manifestieren	Gemeinsame Werte und Überzeugungen ausformulieren und als Unternehmenskultur etablieren. Neben der Arbeitszufriedenheit kann die Kommunikation zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern verbessert werden.	M

		x	Vertrauensarbeitszeit anwenden	Bei der offensten Auslegung der Vertrauensarbeitszeit entfällt die Zeiterfassung und Anwesenheitskontrolle des Mitarbeiters komplett. Lediglich die Zielerreichung wird kontrolliert. Durch das hohe Maß an entgegengebrachtem Vertrauen kann die Motivation und Leistungsbereitschaft des Mitarbeiters gesteigert werden.	H
		x	Feedback-Gespräche mit den Mitarbeitern etablieren	Feedback-Gespräche einführen, um die Motivation der Mitarbeiter, die Kommunikation und das Betriebsklima zu verbessern.	L
		x	Regelmäßig Mitarbeiterbefragungen durchführen	In regelmäßigen Umfragen oder Einzelgesprächen die Zufriedenheit der Mitarbeiter im Unternehmen ermitteln. Daraus können nötige Veränderungen abgeleitet werden.	L
x		x	Ineffizienzen im Personalwesen eliminieren	Gezielt Ineffizienzen im Personalwesen reduzieren und vermeiden. Dazu zählen zum Beispiel Fehlzeiten, Wissens- und Verhaltensbarrieren und geringes Vertrauen der Mitarbeiter.	M
x		x	Einführung eines Ideenmanagements	Den Mitarbeitern die Möglichkeit der aktiven Mitgestaltung durch ein Ideenmanagement bieten. Dadurch wird neben Produkten und Prozessen auch die Mitarbeiterzufriedenheit verbessert. Zentrale Aspekte eines Ideenmanagements sind eine unterstützende Führungskultur, Transparenz und Nachvollziehbarkeit, Controlling der Effektivität und Effizienz des Systems und Nachhaltigkeit in der Weiterentwicklung der Vorschläge.	M
x		x	Festlegen einer After Sales-Strategie	Über einen Zeitraum von ein bis drei Jahren sollte immer eine Servicestrategie mit klar definierten Zielen festgelegt und den Mitarbeiter transparent vermittelt werden. Für die Zielsetzung eignet sich zum Beispiel die Steigerung des Umsatzes, eine Verbesserung der Kundenbindung oder Projekte wie die Etablierung des After Sales Services beim Kunden als Alleinstellungsmerkmal.	M
		x	Durch Online-Rekrutierung aktiv Fachkräfte suchen	Neben der Veröffentlichung von Stellenanzeigen auf der Unternehmenshomepage und in Online-Jobbörsen auch die aktive Suche nach Bewerbern in Karrierenetzwerken und Bewerberdatenbanken um die passendsten Fachkräfte zu finden.	M
		x	Kommunikation der Arbeitgebermarke durch Employer Branding	Die Arbeitgebermarke über verschiedene Kanäle (Social Media, Messen, Website, etc.) aufbauen, pflegen und stärken um das Unternehmen bekannter zu machen und ein positives Image zu erzeugen und somit hochqualifizierte Fachkräfte werben zu können. Vor allem die typischen Vorteile von KMUs gegenüber großen Unternehmen können ein positives Image erzeugen.	M
x			Personaleffizienz durch Outsourcing steigern	Durch externes oder internes Outsourcing einzelne Kompetenzbereiche an eine eigene externe/interne Einheit überführen um durch die Zentralisation von Aufgaben den Grad der Arbeitsteilung zu intensivieren und das Kostenbewusstsein zu schärfen. Typische Outsourcing Bereiche sind das Facility Management, IT-Dienstleistungen, Lohn- und Finanzbuchhaltung sowie das Human Resource Management.	M

x		x	Transfermeetings ermöglichen	Plattform zum kurzfristigen Einberufen von Wissenstransfermeetings zum Lösen konkreter Fragestellungen innerhalb des Personals bereitstellen.	L
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizens, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Ressourcenverschwendung im Service durch effizientere Mitarbeiter zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	M
x		x	Planung des Außendienstes optimieren	Für einen personaleffizienten Außendienst sollte dieser weitestgehend von administrativen Tätigkeiten entlastet werden damit eine flexible, auftragsorientierte Disposition Außendienstmitarbeiter ermöglicht werden kann. Ein weiteres Potential zur Auslastungsoptimierung bietet Routen- und Einsatzplanung. Zur Planung bieten sich Software-Tools, wie „Installed Base Management“, welches auch die Ersatzteil- und Werkzeugverfügbarkeit am Einsatzort einbezieht, an.	H
x		x	Effizientes Prozessmanagement bei der Auftragsabwicklung im Service	Durch effiziente Prozesse in der Auftragsabwicklung können die Mitarbeiter im Service effizienter arbeiten. Ziele einer Optimierung der Prozesse sollten zum Beispiel die Verkürzung von Auftragsdurchlaufzeiten, Verhinderung von Arbeitsrückständen und ein hoher Automatisierungsgrad sein.	M
		x	Debriefings zur Erschließung und Speicherung von implizitem Wissen etablieren	Vergangene Projekte zeitnah in Debriefings reflektieren um gute Praktiken und Fehler für die Zukunft nutzbar zu machen.	L
		x	Expertenverzeichnisse zum schnellen Transfer von implizitem Wissen anlegen	Kompetenzen und Kontaktdaten von Mitarbeitern in einem unternehmensinternen Expertenverzeichnis speichern um den Zugang zu implizitem Wissen zu erleichtern.	L
		x	Unternehmensinterne Wikis zur Speicherung von explizitem Wissen verwenden	Einführung eines unternehmensinternen Wikis zur Speicherung und Darstellung von explizitem Wissen. Mitarbeiter können sowohl Autoren als auch Konsumenten sein. Je nach Informationsstruktur bietet sich die Verknüpfung eines Unternehmenswikis mit einer Datenbank an.	M
x	x	x	Erfahrungsdialoge zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern etablieren	Raum für den Austausch zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern in speziell dafür ausgelegten Workshops oder durch Zusammenarbeit in Projekten schaffen um einen konstanten Wissenstransfer innerhalb des Unternehmens zu erhalten. Die jungen Mitarbeiter profitieren vom Erfahrungswissen der älteren während die älteren Mitarbeiter vom neuen Wissen aus der Ausbildung der Jungen profitieren.	M
x	x	x	Mentorenprogramme zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern etablieren	Junge und neue Mitarbeiter von einem erfahrenen Mitarbeiter als Mentor begleiten lassen. Dadurch kann Fachwissen und Erfahrung weitergegeben werden.	M
x	x	x	Auf ergonomische Arbeitsplatzgestaltung achten	Arbeitsplätze bezüglich Körperhaltung, Raumklima und -gestaltung, Geräuschpegel, Vibration, Licht und Farben sowie Arbeitswerkzeugen ergonomisch gestalten ist eine Voraussetzung um die körperliche Gesundheit der Mitarbeiter zu erhalten.	L

x	x	x	Technische Assistenzsysteme zur Steigerung der Mitarbeitereffizienz einsetzen	Durch technische Assistenzsysteme können Mitarbeiter, die hohen physischen Belastungen ausgesetzt sind, entlastet und deren Produktivität somit gesteigert werden.	H
x	x	x	Außendienst durch Virtual Augmented Reality oder Remote Services unterstützen	Die Außendienstmitarbeiter durch Virtual Augmented Reality zum Beispiel in Form von Mobile Handhelds, welche einen unmittelbaren Zugriff auf Informationen und Dokumentationen zur Fehlerdiagnose ermöglichen. Am effizientesten und umwelt schonensten ist der Einsatz von Remote Service, ein IT-unterstütztes Verfahren, zur Fernwartung.	M
x		x	Arbeitsprozesse von Mitarbeitern komplett automatisieren	Die Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine so optimieren, dass die Mitarbeiter möglichst nur noch Aufgaben mit geistigem Anspruch erledigen und die Maschinen vor allem repetitive, gefährliche und monotone Arbeitsabläufe übernehmen. Auch wenn Arbeiten mit hohem Anspruch an Genauigkeit und Schnelligkeit komplett durch Maschinen ersetzt werden, steigert das die Personalleffizienz.	H
x		x	Investitionen in die von Mitarbeitern genutzten Geräte	Die Effizienz der Mitarbeiter durch Investitionen in die von ihnen genutzten Ressourcen steigern. Besonders neue Technologien können eine enorme Steigerung der Personalleffizienz bewirken.	M

Recyclingphase

Energie

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Abwärme zur Raumheizung oder Warmwasserbereitung nutzen	Abwärme mittels Wärmetauschern nutzen um Räume oder Wasser zu wärmen.	L
x	x	x	Anschluss an ein Fernwärmenetz für den Bezug von Heißwasser	Falls es die geographische Lage erlaubt, kann durch den Anschluss an ein bestehendes Fernwärmenetz ein sehr hoher Jahresnutzungsgrad der Heizanlage erreicht und zudem Platz gespart werden.	L
x	x	x	Aufarbeitung verschlissener Produktionsmittel	Die Lebensdauer von verschlissenen oder alten Werkzeugen kann oftmals durch eine Aufarbeitung verlängert werden. Dazu zählen auch softwareseitige Erneuerungen.	L
x	x	x	Brennwertkessel bei der Warmwasserheizung einsetzen	Durch den Einsatz von Brennwertkesseln kann der Energiegehalt des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig genutzt werden, da auch die Energie, des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes genutzt wird.	L

	x	x	Blockheizkraftwerke / Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur Nutzung von Abwärme nutzen	Bei der Stromerzeugung durch Generatoren die Abwärme zu Heizzwecken im eigenen Betrieb nutzen. Dabei kann der Fokus der Blockheizkraftwerkanlage je nach Bedarf auf der Strom- oder der Wärmezeugung liegen. Durch die Möglichkeit der Einspeisung des erzeugten Stroms in das öffentliche Versorgungsnetz besteht ein weiteres Einsparpotential.	H
	x		Cleaner Production etablieren	Cleaner Production als ganzheitliches Konzept für eine nachhaltige Wirtschaftsweise etablieren. Ein Grundprinzip ist die konsequente Ursachenforschung von Abfallanfall mit dem Ziel einer optimierten Nutzung aller Ressourcen. Jeglicher Output der nicht Produkt ist soll minimiert werden.	H
x	x	x	Der "Initiative Energieeffizienz-Netzwerke" beitreten und zum Erfahrungsaustausch nutzen	Ziel der "Initiative Energieeffizienz-Netzwerke" ist es zwischen 2014 und Ende 2020 500 neue Energieeffizienz-Netzwerke zum Erfahrungsaustausch aufzubauen und damit bis zu 75 PJ Primärenergie einzusparen.	M
x	x	x	Energieeffizienznetzwerke der LEEN GmbH zum Erfahrungsaustausch nutzen	Lernende Energieeffizienznetzwerke bestehend aus 10-15 Unternehmen mit Hilfe der LEEN GmbH aufbauen oder an bestehenden Netzwerken teilnehmen. In regelmäßigen Treffen wird durch den Erfahrungsaustausch bezüglich rentabler Effizienzmaßnahmen der Aufwand für die Suche nach effizienteren Lösungen verringert.	M
x	x	x	Energieliefer- oder Einspar-Contracting nach DIN 8930-5 anwenden	Das Aufgabenfeld Energiebereitstellung nach DIN 8930-5 an einen Dritten übertragen. Dieses spezialisierte Energiedienstleistungsunternehmen errichtet oder übernimmt eine Energieerzeugungsanlage zur Nutzenergielieferung. Dadurch können hohe Investitionskosten und das Risiko von Fehlinvestitionen vermieden werden. Zudem besteht der Zugang zu professioneller Betreuung in Energiefragen.	M
x	x	x	Energiemanagementsysteme nach DIN EN 50001, DIN EN 16247 und VDI 4602 im Produktionsrecycling aufbauen	Energiemanagementsysteme basierend auf einem Plan-Do-Check-Act-Zyklus aufbauen. Dadurch werden Zielvorgaben umgesetzt, regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst. Durch die regelmäßigen Energieaudits nach DIN EN 16247-1 wird zudem die Grundlage für die Auswahl von Methoden zur Steigerung der Energieeffizienz und Transparenz über die Energieverbräuche geschaffen.	M
x	x	x	Förderprogramme durch Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle in Anspruch nehmen	Durch Förderprogramme wie der "Energieberatung im Mittelstand" des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle können Energieberatungen bezuschusst werden. In weiteren Programmen kann zum Beispiel hocheffiziente Querschnittstechnologie oder der Aufbau eines Energiemanagementsystems, im Speziellen die Erstzertifizierung, der Erwerb von Messtechnik, der Erwerb von Software und die Schulung von Mitarbeitern mit bis zu 20.000€ gefördert werden. Einen Überblick aller Förderprogramme verschafft die Förderdatenbank des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (http://www.foerderdatenbank.de/).	L
	x	x	Latentwärmespeicher zum Speichern von Wärmespitzen nutzen	Temporäre Speicherung von Wärmespitzen in, mit Magnesiumchlorid befüllten Behältern.	H

x	x	x	Identifizierung und Anwendung von leicht umzusetzenden Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz im Recycling	Die Mitarbeiter mittels "low hanging fruits" für das Thema Recycling sensibilisieren. Damit sind einfach umzusetzende Maßnahmen gemeint, wie Infotafeln, die an entsprechenden Stellen das Bewusstsein für effizientes Recycling steigern.	M
x	x	x	Input/Output-Analyse anwenden um Ineffizienzen aufzuspüren	Durch Anwendung einer Input/Output-Analyse nach dem Prinzip des Massenerhaltungssatz (erster Hauptsatz der Thermodynamik) können Material-Ineffizienzen identifiziert werden.	M
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizen, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Energieverschwendung im Recycling zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	M
x	x	x	Kompetenzlücken im Recycling durch externe Unterstützung ausgleichen	Fehlende Kompetenzen im Bereich Recycling können durch externe Unterstützung ausgeglichen werden. Auch ein interner Strategie-Workshop kann schon helfen, konkrete Ziele für den Bereich Recycling zu konkretisieren.	H
x	x	x	Mehrkesselregelung zur bedarfsgerechten Energieerzeugung anwenden	Der Energieeinsatz für Prozesswärme kann durch eine Mehrkesselregelung an den tatsächlichen Bedarf angepasst und somit optimiert werden.	H
	x	x	Nutzwärme durch Holzpellet Heizung erzeugen	Für die Erzeugung von Nutzwärme Holzpellets statt fossiler Brennstoffe einsetzen. Die, im Vergleich zu Gas- oder Ölheizungen höheren Anschaffungskosten der Holzpellet-Heizanlage werden durch deutlich geringere Betriebskosten ausgeglichen.	M
x	x	x	Poka Yoke zur Fehlervermeidung einsetzen	Die Fehlervermeidungsstrategie Poka Yoke des Toyota Produktionssystems anwenden. Dadurch werden unbeabsichtigte Fehler durch einfache Vorrichtungen im vornherein verhindert.	L
x	x	x	Produktionsabfallrecycling durch Bewahren der Sortenreinheit	Eine hohe Sortenreinheit führt bei kreislauffähigen Werkstoffen dazu, dass dieser mehrmals den Produktionsprozess durchlaufen kann.	M
x	x	x	Produktionsabfallrecycling durch Nutzung von Sekundärrohstoffbörsen	Abfall- und Sekundärrohstoffbörsen können für die Entsorgung von Produktionsabfällen verwendet werden und so die Entsorgungskosten reduzieren. Der ökonomische Nutzen hängt dabei stark vom Wert des Rohstoffs ab.	L
x	x	x	Produktionsabfallvermeidung durch Integrierte, gekoppelte Fertigungsschritte	Das Potential von zusammengefassten Fertigungsschritten sollte ausgenutzt werden um Reinigungsschritte, Zwischenlagerungen und Transportwege zu minimieren. Zusätzlich steigt das Qualitätsniveau, da schädliche Einflussmöglichkeiten reduziert werden.	H
x	x	x	Produktionsabfallvermeidung durch Kooperation von Konstruktion und Produktionstechnik	Durch die Zusammenarbeit von Konstruktion und Produktionstechnik kann Produktionsabfall schon durch die Planung minimiert werden.	M
x	x	x	Produktionsabfallverminderung durch Verwenden fertigungsnaher Rohteilabmessungen	Eine Anpassung des Rohstoffmaßes an spätere Fertigungsmaß reduziert das Zerspan- und Abfallvolumen.	L
x	x	x	Virtual Prototyping im Entwicklungsprozess durchführen	Durch Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung kann die Energieeffizienz des Recyclingprozesses des Produktes gesteigert werden.	M

x	x	x	Recycling in der Unternehmensstrategie verankern	Das Thema Recycling in der Unternehmensstrategie verankern. Um das Thema zu Beginn besser an die Mitarbeiter heranzutragen bietet sich ein Betriebsprojekt zum Thema Recycling an.	H
x	x	x	Reduzierung der Werkstoff- Rohmaterialvielfalt um das Produktionsabfallrecycling zu optimieren	Durch die Reduzierung der Werkstoffvielfalt wird ein größerer, ökonomisch sinnvoller und einheitlicher Materialstrom sichergestellt. Außerdem ist die Gefahr des Vermischens von aus Recyclingsicht unverträglichen Stoffen geringer.	M
x	x	x	Regelbare Brenner zur bedarfsgerechten Energieerzeugung einsetzen	Der Energieeinsatz für Prozesswärme kann durch regelbare Brenner an den tatsächlichen Bedarf angepasst und somit optimiert werden.	L
		x	Six Sigma Methode anwenden um die Fehlerquote zu minimieren	Die Methode Six Sigma im Qualitätsmanagement des Unternehmens implementieren und durch DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) ausgewählte Prozesse Produktionsrecycling optimieren um den Fehleranteil zu minimieren.	H
		x	Total Productive Management etablieren	Mit einem Total Productive Management werden zum Beispiel Verluste und Verschwendungen visualisiert und können so eliminiert werden. Weitere Bestandteile sind "ständige Verbesserung" und 100% ige Anlagenverfügbarkeit.	H
x	x	x	Wärmedämmung von Anlagen und Gebäuden durchführen	Wärmeverluste von Anlagen und Gebäuden durch Wärmedämmung verringern. Der Wärmeverlust ungedämmter/gedämmter Bauteile und Rohrleitungen kann um bis zu 23/7 % reduziert werden.	M
	x	x	Wärmepumpen zur Speisung des Warmwasserkreislaufs einsetzen	Durch einen sehr hohen Wirkungsgrad von bis zu 150% bezogen auf den Primärenergieeinsatz können Wärmepumpen ca. 50% der Betriebskosten von Gasheizungen einsparen.	H
x	x	x	Wärmerückgewinnung mittels Wärmeüberträger realisieren	Abwärme direkt mittels Wärmeleitern auf ein anderes Arbeitsmedium übertragen. Zum Beispiel kann durch Nutzung von Abwärme zur Vorwärmung von Verbrennungsluft der Kesselwirkungsgrad erhöht werden und damit auch schon bei kleinen Kesseln bis zu 2 GWh/a eingespart werden (Berger (2005): Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Massnahmen, S.33).	M

Material

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
x	x	x	Anzahl der Verbindungselemente minimieren	Eine Reduzierung der Verbindungselemente führt zu Effizienzsteigerung im Produktrecycling, da die Handhabung mit sinkender Anzahl an Verbindungselementen leichter wird.	M
x	x	x	Bauteilhandhabung hinsichtlich recyclinggerechter Demontage optimieren	Da die Handhabung von Bauteilen großen Einfluss auf die Demontagefähigkeit hat, sollten standardisierte Greifflächen im Bauteildesign integriert werden. Außerdem sind biegeschlaffe Bauteile möglichst zu vermeiden, da sich diese negativ auf die Demontagefähigkeit auswirken.	M
x	x	x	Bauteilschutz realisieren um die Beschädigung wiederverwendbarer Teile zu verhindern	Wiederverwendbare Teile in den Produkten sowohl während der Nutzung als auch während der Demontage besonders vor Beschädigungen schützen. Auch vor Verschmutzung und Korrosion sollten diese Teile best möglich geschützt werden, damit das Recycling des Produktes nicht erheblich erschwert wird.	M
x	x	x	Das Prinzip Ecodesign in die Produkte integrieren	Produkte mit Hilfe des Prinzips Ecodesign herstellen. Dieses fordert die Berücksichtigung von Umweltaspekten im Produktdesign und zielt deshalb auf ein leicht recycelbares Design ab.	H
x	x	x	Einheitliche, geradlinige Füge- und Trennrichtung in der Produktgestaltung	Sowohl eine manuelle als auch eine automatisierte Demontage wird durch einheitliche, geradlinige Füge- und Trennrichtungen stark erleichtert. Bei der automatisierten Demontage fällt dieses Kriterium noch mehr ins Gewicht, da die technische Umsetzung von komplizierten Trennbewegungen nur begrenzt möglich ist und mit hohen Kosten verbunden ist.	L
x	x	x	Für die Aufbereitung verträgliche Werkstoffkombinationen wählen	Bei der Wahl der Materialien auf die Verträglichkeit der entstehenden Werkstoffmischungen im Recyclingprozess achten, um die Güte des Sekundärwerkstoffes zu maximieren.	L
	x		Gute Separierbarkeit von unvermeidbaren Giftstoffen	Wenn auf den Einsatz von Giftstoffen in der Produktion nicht verzichtet werden kann, ist mit oberster Priorität auf die Separierbarkeit dieser zu achten. Auch eine gute Zugänglichkeit der Giftstoffe sollte stets gewährleistet sein.	M
x	x	x	Identifizierung und Anwendung von leicht umzusetzenden Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz im Recycling	Die Mitarbeiter mittels "low hanging fruits" für das Thema Recycling sensibilisieren. Damit sind einfach umzusetzende Maßnahmen gemeint, wie Infotafeln, die an entsprechenden Stellen das Bewusstsein für effizientes Recycling steigern.	L

x	x	x	Input/Output-Analyse anwenden um Ineffizienzen aufzuspüren	Durch Anwendung einer Input/Output-Analyse nach dem Prinzip des Massenerhaltungssatz (erster Hauptsatz der Thermodynamik) können Material-Ineffizienzen identifiziert werden.	L
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizens, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Materialverschwendung im Recycling zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	L
x	x	x	Kompetenzlücken im Recycling durch externe Unterstützung ausgleichen	Fehlende Kompetenzen im Bereich Recycling können durch externe Unterstützung ausgeglichen werden. Auch ein interner Strategie-Workshop kann schon helfen, konkrete Ziele für den Bereich Recycling zu konkretisieren.	H
	x	x	Leicht lösbare oder zerstörbare Verbindungselemente verwenden	Bei der Konstruktion sollte die spätere Demontage bereits berücksichtigt werden. Zwischen Bauteilen, welche später für den Recyclingprozess wieder getrennt werden müssen, sollten kraftschlüssige Verbindungen bestehen, die eine zerstörungsfreie Demontage zulassen.	H
x	x	x	Modulare Baugruppen zur leichteren Demontage einsetzen	Ein Bauteil, das aus einzelnen modularen Baugruppen besteht kann leichter wieder zerlegt werden. Außerdem können sich auch ökonomische Vorteile durch Skaleneffekte in der Produktion ergeben. Durch die Verwendung von variantenneutralen Baugruppen können diese als Austauschteile in mehreren Produktvarianten wiederverwendet werden. Auch auf die Lagerhaltung und die Demontage haben variantenneutrale Baugruppen einen positiven Einfluss.	H
		x	Produktionsprozesse durch Industrie 4.0 teilweise digitalisieren	Durch Industrie 4.0 kann die Transparenz im Produktionsprozess stark verbessert werden was wiederum Implikationen für Ressourceneffizienzoptimierungen liefern kann. Außerdem vereinfacht die hohe Transparenz effizientes Recycling und bietet die Möglichkeit des Up-Cycling, also die Wiederverwendung einzelner Baugruppen eines Produktes.	H
x	x	x	Produktrecycling durch Kennzeichnung und Prüfeinrichtungen optimieren	Für die effiziente Aufarbeitung wiederverwendbarer Bauteile innerhalb einer Baugruppe sollten diese bezüglich der Funktion gekennzeichnet sein. Dies erleichtert die Zuführung in die entsprechenden Aufarbeitungsprozesse. Auch zentrale Verbindungselemente, welche mehrere Bauteile fügen benötigen eine eindeutige Kennzeichnung. Zudem sollten geeignete Prüfmöglichkeiten über den Zustand der Bauteile und entsprechende Grenzmarken für die Entscheidungsfindung der Wiederverwendung entwickelt werden.	H
x	x	x	Recycling in der Unternehmensstrategie verankern	Das Thema Recycling in der Unternehmensstrategie verankern. Um das Thema zu Beginn besser an die Mitarbeiter heranzutragen bietet sich ein Betriebsprojekt zum Thema Recycling an.	M
x	x	x	Virtual Prototyping im Entwicklungsprozess durchführen	Durch Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung kann die Materialeffizienz des Recyclingprozesses des Produktes gesteigert werden.	M

x	x	x	Verbindungsstellen gut einsehbar und zugänglich gestalten	Um die Demontage zu erleichtern sollten die Verbindungsstellen gut zugänglich und erreichbar gestaltet werden. Gerade ungeschultes Personal profitiert von einer eindeutigen Kennzeichnung.	M
x	x	x	Reduzierung der Werkstoffvielfalt um das Produktrecycling zu optimieren	Eine Reduzierung der Werkstoffvielfalt steigert die Effizienz des Produktrecyclings, da die Demontagezeiten verringert werden und weniger Recyclingtechnologien nötig sind.	M
x	x	x	Rezyklate in der der Produktion einsetzen	Vor allem an nicht sichtbaren Bereichen der Produkte, in denen Oberflächenbeschaffenheit und optische Faktoren weniger wichtig sind, kann sich der Einsatz von Rezyklaten lohnen.	L
		x	Teilnahme an Netzwerken zur Steigerung der Materialeffizienz	Teilnahme an Netzwerken wie dem "Netzwerk Ressourceneffizienz" oder "PIUS-Netzwerk-Deutschland" zum Erfahrungsaustausch und zur Steigerung der Materialeffizienz im Recycling. Auch das Innovationsradar und die Gute-Praxis-Beispiele des Zentrum Ressourceneffizienz bieten Möglichkeiten sich eigenständig über neue Technologien zu informieren.	M
x	x	x	Verbundwerkstoffe möglichst vermeiden, um das Produktrecycling zu optimieren	Verbundwerkstoffe möglichst durch konstruktive Maßnahmen ersetzen, da diese den Recyclingprozess erschweren. Wenn dies nicht möglich ist, sollten sich die physikalischen Stoffeigenschaften von Werk- und Verbundwerkstoff in mindestens einer Ausprägung insofern unterscheiden, dass sie durch ein physikalisches Trennverfahren einfach getrennt werden können.	M
	x	x	Wiederverwertbare Materialien einsetzen	Bei der Werkstoffauswahl möglichst auf wiederverwertbare Materialien setzen und beim Einsatz dieser auf Sortenreinheit achten damit der Recyclingprozess möglichst leichtfällt.	H

Personal

ökonomisch	ökologisch	sozial	Handlungsempfehlung	Kurzbeschreibung	L, M, H Segment
		x	Arbeitsmedizinische Vorsorge im Unternehmen etablieren	Medizinische Vorsorge der Mitarbeiter sowie eine Gefährdungsbeurteilung, Beratung und Aufklären von Gesundheitsrisiken fördern. Mitarbeiter über den Nutzen von regelmäßigen ärztlichen Untersuchungen informieren oder solche anbieten.	L
		x	Gesunde Ernährung der Mitarbeiter fördern	Das Ernährungsbewusstsein der Mitarbeiter durch Informationsmaterialien oder Essensangebote steigern.	M

x	x	x	Auf ergonomische Arbeitsplatzgestaltung achten	Arbeitsplätze bezüglich Körperhaltung, Raumklima und -gestaltung, Geräuschpegel, Vibration, Licht und Farben sowie Arbeitswerkzeugen ergonomisch gestalten ist eine Voraussetzung um die körperliche Gesundheit der Mitarbeiter zu erhalten.	L
		x	Bewegungsförderung während und außerhalb der Arbeitszeiten	Durch bewegungsfördernde Maßnahmen die Fitness der Mitarbeiter steigern und somit Ausfallzeiten verringern. Möglich sind beispielsweise Spaziergänge in den Pausen, betriebsinterne Sportgruppen oder Kooperationen mit Sportvereinen und Fitnessstudios.	L
x	x	x	Ein Betriebliches Gesundheitsmanagement etablieren	Einführung eines umfassenden Gesundheitsmanagements, das neben Einzelmaßnahmen im Krankheitsfall vor allem auf präventive Maßnahmen setzt.	M
		x	Entspannungsübungen anwenden	Die Mitarbeiter über den Nutzen von Entspannungsübungen aufklären, Raum und Zeit zur Anwendung sowie Infomaterial bereitstellen. Dazu zählen beispielsweise autogenes Training, Yoga oder progressive Muskelrelaxation nach Jacobson.	L
		x	Total Productive Management etablieren	Mit einem Total Productive Management werden zum Beispiel Verluste und Verschwendungen visualisiert und können so eliminiert werden. Weitere Bestandteile sind "ständige Verbesserung" und 100% ige Anlagenverfügbarkeit.	H
x	x	x	Kompetenzlücken im Recycling durch externe Unterstützung ausgleichen	Fehlende Kompetenzen im Bereich Recycling können durch externe Unterstützung ausgeglichen werden. Auch ein interner Strategie-Workshop kann schon helfen, konkrete Ziele für den Bereich Recycling zu konkretisieren.	H
		x	Aufstiegsfortbildungen für Mitarbeiter mit abgeschlossener Berufsausbildung fördern	Fachkräfte mit bereits abgeschlossener Berufsausbildung in geregelten Aufstiegsfortbildungen zum Meister, Fachwirt oder Techniker fortbilden. Somit können Mitarbeiter zum Beispiel für anspruchsvolle Führungstätigkeiten qualifiziert werden.	H
		x	Teil- und Nachqualifizierung von an- und ungelerten Mitarbeitern fördern	Ungelernte oder fachfremde Mitarbeiter in einzelnen Modulen für die (Teil-)Qualifikation ausbilden. Kann häufig berufs begleitend stattfinden.	H
		x	Arbeitszeitkonten anwenden	Bei dieser Sonderform des Gleitzeitmodells bekommt der Mitarbeiter lediglich die Vorgabe, eine gewisse Anzahl an Arbeitsstunden in einem definierten Zeitraum zu leisten.	H
		x	Gleitzeit-Modelle anwenden	Neben festen Kernarbeitszeiten mit Anwesenheitspflicht werden Gleitzeitspannen definiert, in denen der Mitarbeiter selbstständig über Arbeitsbeginn und -ende entscheiden kann. Dadurch lässt sich die Motivation sowie die Work-Life-Balance der Mitarbeiter erhöhen.	H
		x	Home-Office ermöglichen	Der Mitarbeiter kann einen Teil der Arbeitszeit am Heimarbeitsplatz absolvieren. Durch die erhöhte Familienfreundlichkeit und Flexibilität wird die Mitarbeiterzufriedenheit gesteigert.	H
		x	Job Rotation etablieren	Mit dem systematischen Wechsel der Tätigkeiten zwischen den Mitarbeitern im Unternehmen kann Kompetenzausbau und Flexibilität gefördert werden.	H

		x	Job Sharing anwenden	Bei dieser Sonderform des Teilzeit-Modells teilen sich mindestens zwei Mitarbeiter eine Stelle und sprechen die Aufteilung individuell ab.	H
x		x	Kooperationen effizient gestalten	Um Kooperationen mit anderen Unternehmen effizient zu gestalten, sind die Mitarbeiter hinsichtlich klarer und regelmäßiger Kommunikation, definierten Aufgabenfeldern und dem Schaffen von Freiräumen zu sensibilisieren.	H
		x	Teilzeit-Modelle anwenden	Die Mitarbeiterzufriedenheit kann durch Teilzeitmodelle erhöht werden. Zudem schaffen sie Raum für Weiterbildungen.	H
		x	Vertrauensarbeitszeit anwenden	Bei der offensten Auslegung der Vertrauensarbeitszeit entfällt die Zeiterfassung und Anwesenheitskontrolle des Mitarbeiters komplett. Lediglich die Zielerreichung wird kontrolliert. Durch das hohe Maß an entgegengebrachtem Vertrauen kann die Motivation und Leistungsbereitschaft des Mitarbeiters gesteigert werden.	H
x	x	x	Technische Assistenzsysteme zur Steigerung der Mitarbeitereffizienz einsetzen	Durch technische Assistenzsysteme können Mitarbeiter, die hohen physischen Belastungen ausgesetzt sind, entlastet und deren Produktivität somit gesteigert werden.	H
x		x	Arbeitsprozesse von Mitarbeitern komplett automatisieren	Die Arbeitsaufteilung zwischen Mensch und Maschine so optimieren, dass die Mitarbeiter möglichst nur noch Aufgaben mit geistigem Anspruch erledigen und die Maschinen vor allem repetitive, gefährliche und monotone Arbeitsabläufe übernehmen. Auch wenn Arbeiten mit hohem Anspruch an Genauigkeit und Schnelligkeit komplett durch Maschinen ersetzt werden, steigert das die Personaleffizienz.	H
x		x	Durch "Lebenslanges Lernen" die Effizienz der älteren Mitarbeiter erhalten	Kontinuierliche Fort- und Weiterbildungen auch für ältere Mitarbeiter im Unternehmen etablieren damit die Produktivität erhalten werden kann.	H
		x	Erstellen einer Kompetenzmatrix als Grundlage für Weiterbildungsmaßnahmen	Kompetenzen der Mitarbeiter in einer Kompetenzmatrix dokumentieren und mit den betrieblichen Anforderungen abgleichen um den Bedarf für Weiterbildungsmaßnahmen zu ermitteln. Kann sehr gut in Kombination mit einem Expertenverzeichnis erstellt werden.	L
		x	Mitarbeiterstruktur mit Hilfe des Demographie-Checks analysieren	Mit Hilfe eines Demographie-Checks (z.B. von der Demographie Netzwerk e.V. oder der IHK Bayern) eine Selbstbewertung des Unternehmens hinsichtlich der demographischen Struktur in 10 Schritten durchführen. Dies schafft Transparenz und liefert Anhaltspunkte für mögliche Maßnahmen zur Steigerung der Personaleffizienz.	L
x	x	x	Identifizierung und Anwendung von leicht umzusetzenden Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz in der Produktion	Die Mitarbeiter mittels "low hanging fruits" für das Thema Recycling sensibilisieren. Damit sind einfach umzusetzende Maßnahmen gemeint, wie Infotafeln, die an entsprechenden Stellen das Bewusstsein für effizientes Recycling steigern.	L
		x	Präventionsmaßnahmen gegen Rückenbeschwerden einführen	Präventive Maßnahmen gegen Rückenbeschwerden fördern, beispielsweise durch Broschüren, Fortbildungen und Krankenkassen-Aktionen.	L
		x	Stressmanagement-Seminare anbieten	Mitarbeiter in Seminaren bezüglich Maßnahmen zur Vermeidung und dem Umgang mit Stress schulen.	L

		x	Selbstgesteuertes Lernen mit Hilfe von Fachzeitschriften fördern	Mitarbeiter durch die Auslage von Fachzeitschriften eigenständig weiterbilden lassen.	L
		x	Feedback-Gespräche mit den Mitarbeitern etablieren	Feedback-Gespräche einführen, um die Motivation der Mitarbeiter, die Kommunikation und das Betriebsklima zu verbessern.	L
		x	Regelmäßig Mitarbeiterbefragungen durchführen	In regelmäßigen Umfragen oder Einzelgesprächen die Zufriedenheit der Mitarbeiter im Unternehmen ermitteln. Daraus können nötige Veränderungen abgeleitet werden.	L
		x	Debriefings zur Erschließung und Speicherung von implizitem Wissen etablieren	Vergangene Projekte zeitnah in Debriefings reflektieren um gute Praktiken und Fehler für die Zukunft nutzbar zu machen.	L
		x	Expertenverzeichnisse zum schnellen Transfer von implizitem Wissen anlegen	Kompetenzen und Kontaktdaten von Mitarbeitern in einem unternehmensinternen Expertenverzeichnis speichern um den Zugang zu implizitem Wissen zu erleichtern.	L
x		x	Transfermeetings ermöglichen	Plattform zum kurzfristigen Einberufen von Wissenstransfermeetings zum Lösen konkreter Fragestellungen innerhalb des Personals bereitstellen.	L
x		x	Ineffizienzen im Personalwesen eliminieren	Gezielt Ineffizienzen im Personalwesen reduzieren und vermeiden. Dazu zählen zum Beispiel Fehlzeiten, Wissens- und Verhaltensbarrieren und geringes Vertrauen der Mitarbeiter.	M
x	x	x	Virtual Prototyping im Entwicklungsprozess durchführen	Durch Simulationen in möglichst frühen Stadien der Entwicklung kann die Personaleffizienz des Recyclingprozesses des Produktes gesteigert werden.	M
x		x	Investitionen in die von Mitarbeitern genutzten Geräte	Die Effizienz der Mitarbeiter durch Investitionen in die von ihnen genutzten Ressourcen steigern. Besonders neue Technologien können eine enorme Steigerung der Personaleffizienz bewirken.	M
		x	Zugang zu Employee-Assistance-Programmen anbieten	Den Mitarbeitern den Zugang zu einem Employee-Assistance-Programm, der stressbezogenen Beratung, durch ein externes Unternehmen, bieten.	M
		x	Fachvorträge, Messen und Infoveranstaltungen zur Weiterbildung der Mitarbeiter nutzen	Mitarbeiter durch den Besuch von Vorträgen, Fachmessen und anderen Infoveranstaltungen weiterbilden.	M
		x	Selbstgesteuertes e-Learning fördern	Mitarbeitern die Weiterbildung durch e-learning ermöglichen. Neben Videotrainingen und computerbasierten Selbstlernprogrammen steht ein großes Angebot an MOOCs (Massive Open Online Courses) auf Universitätsniveau zur Verfügung.	M
		x	Regelmäßig Anpassungsfortbildungen durchführen	In internen oder externen Lehrveranstaltungen das vorhandene Wissen der Mitarbeiter regelmäßig auffrischen und an neue Anforderungen anpassen.	M
x		x	Schulungen zur Verbesserung der Soft-Skills anbieten	Mitarbeiterschulungen zur Verbesserung der Soft-Skills anbieten. Fast alle Unternehmensbereiche profitieren von Mitarbeitern mit guter Rhetorik, Kommunikationsfähigkeit, Verkaufsgeschick, Einfühlungsvermögen und Überzeugungskraft.	M
x	x	x	Recycling in der Unternehmensstrategie verankern	Das Thema Recycling in der Unternehmensstrategie verankern. Um das Thema zu Beginn besser an die Mitarbeiter heranzutragen bietet sich ein Betriebsprojekt zum Thema Recycling an.	M

		x	Durch Online-Rekrutierung aktiv Fachkräfte suchen	Neben der Veröffentlichung von Stellenanzeigen auf der Unternehmenshomepage und in Online-Jobbörsen auch die aktive Suche nach Bewerbern in Karrierenetzwerken und Bewerberdatenbanken um die passendsten Fachkräfte zu finden.	M
x		x	Einführung eines Ideenmanagements	Den Mitarbeitern die Möglichkeit der aktiven Mitgestaltung durch ein Ideenmanagement bieten. Dadurch wird neben Produkten und Prozessen auch die Mitarbeiterzufriedenheit verbessert. Zentrale Aspekte eines Ideenmanagements sind eine unterstützende Führungskultur, Transparenz und Nachvollziehbarkeit, Controlling der Effektivität und Effizienz des Systems und Nachhaltigkeit in der Weiterentwicklung der Vorschläge.	M
		x	Kaizen in die Unternehmensphilosophie implementieren	Mitarbeiter nach dem Vorbild des japanischen Kaizen, einem Aspekt des Qualitätsmanagements, sensibilisieren, um Ressourcenverschwendung durch effizientere Mitarbeiter im Recycling zu verringern. Der Kerngedanke ist die ständige Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter.	M
		x	Kommunikation der Arbeitgebermarke durch Employer Branding	Die Arbeitgebermarke über verschiedene Kanäle (Social Media, Messen, Website, etc.) aufbauen, pflegen und stärken um das Unternehmen bekannter zu machen und ein positives Image zu erzeugen und somit hochqualifizierte Fachkräfte werben zu können. Vor allem die typischen Vorteile von KMUs gegenüber großen Unternehmen können ein positives Image erzeugen.	M
x			Personaleffizienz durch Outsourcing steigern	Durch externes oder internes Outsourcing einzelne Kompetenzbereiche an eine eigene externe/interne Einheit überführen um durch die Zentralisation von Aufgaben den Grad der Arbeitsteilung zu intensivieren und das Kostenbewusstsein zu schärfen. Typische Outsourcing Bereiche sind das Facility Management, IT-Dienstleistungen, Lohn- und Finanzbuchhaltung sowie das Human Resource Management.	M
		x	Unternehmenswerte in einer Unternehmenskultur manifestieren	Gemeinsame Werte und Überzeugungen ausformulieren und als Unternehmenskultur etablieren. Neben der Arbeitszufriedenheit kann die Kommunikation zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern verbessert werden.	M
		x	Berufsbegleitendes Studieren fördern	Fachkräfte ohne Studienabschluss oder mit einem Bachelorabschluss durch berufsbegleitende Bachelor- oder Masterstudiengänge höher qualifizieren.	H
x	x	x	Erfahrungsdialoge zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern etablieren	Raum für den Austausch zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern in speziell dafür ausgelegten Workshops oder durch Zusammenarbeit in Projekten schaffen um einen konstanten Wissenstransfer innerhalb des Unternehmens zu erhalten. Die jungen Mitarbeiter profitieren vom Erfahrungswissen der älteren während die älteren Mitarbeiter vom neuen Wissen aus der Ausbildung der Jungen profitieren.	M
x	x	x	Mentorenprogramme zwischen älteren und jüngeren Mitarbeitern etablieren	Junge und neue Mitarbeiter von einem erfahrenen Mitarbeiter als Mentor begleiten lassen. Dadurch kann Fachwissen und Erfahrung weitergegeben werden.	M

		x	Unternehmensinterne Wikis zur Speicherung von explizitem Wissen verwenden	Einführung eines unternehmensinternen Wikis zur Speicherung und Darstellung von explizitem Wissen. Mitarbeiter können sowohl Autoren als auch Konsumenten sein. Je nach Informationsstruktur bietet sich die Verknüpfung eines Unternehmenswikis mit einer Datenbank an.	M
--	--	---	---	--	---