



Projektverbund für mehr Ressourceneffizienz in der bayerischen Wirtschaft
insbesondere für KMU und Handwerk – **ForCYCLE II**

Abschlussbericht

*Steigerung der Ressourceneffizienz in KMU und Handwerk durch ein digitales Benchmark System für Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale – **KMU DigiCheck Abfall***

Projektleiter und durchführende Hochschule

Prof. Reinhard Büchl
Technische Hochschule Ingolstadt
Institut für angewandte Nachhaltigkeit
Gumpenbergstraße 7, 85057 Ingolstadt
Tel. 0841/99322300
E-Mail: reinhard.buechl@thi.de

Projektmitarbeiter und -mitarbeiterinnen

Andreas Kuhn, wissenschaftlicher Mitarbeiter; THI / inas

Projektlaufzeit

01. Juli 2019 bis 30. September 2022

Ingolstadt, im September 2022

Abstract (Kurzzusammenfassung)

Mit dem bayerischen Ressourceneffizienzprogramm sollen vor allem kleinen und mittleren Unternehmen die notwendige Unterstützung zur Steigerung der Ressourceneffizienz bekommen. Im Rahmen von ForCYCLE II wurde in diesem Projekt eine Methode erforscht, die es den 600.000 kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) unkompliziert und mit geringem zeitlichem und finanziellem Aufwand ermöglichen soll, ihre Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale zu identifizieren.

Das Projekt „KMU DigiCheck Abfall“ untersucht eine digitale Benchmark Methode, die ursprünglich für große Industrieunternehmen entwickelt wurde, bezüglich der Anwendbarkeit für kleine und mittlere Unternehmen ausgewählter Wirtschaftszweige. Zunächst wurden 6 Wirtschaftszweige nach Ressourcenverbrauch und wirtschaftlicher Relevanz ausgewählt. Diese sind:

- „Herstellung von Teig- und Backwaren“,
- „Bautischlerei“
- „Herstellung von Kunststoffwaren“
- „Herstellung von Druckerzeugnissen“
- „Herstellung von Metallerzeugnissen“
- „Elektroinstallation“

Anschließend wurden 32 Wirtschaftspartner entsprechend ihrer Wirtschaftszweige zugeordnet und entlang der Forschungsfragen untersucht. Aufgrund der Vielfalt der Unternehmen und der bayernweiten Verteilung konnten sowohl lokale und regionale Gegebenheiten, als auch Unternehmensstrukturen und -größen bei der Analyse berücksichtigt werden.

Erkenntnisse im Umgang der KMU mit Abfällen

Hinsichtlich des Digitalisierungsgrades, der nach drei Kategorien unterschieden wurde (hoch, mittel, niedrig), konnte festgestellt werden, dass mit zunehmender Unternehmensgröße der Digitalisierungsgrad steigt. D.h., Unternehmen ab 20 Mitarbeitenden hatten einen mittleren bis hohen. Kleine Unternehmen mit weniger als 20 Mitarbeitenden hatten meist einen niedrigen Digitalisierungsgrad. Notwendige Daten zur Ressourceneffizienz lagen in kleinen Unternehmen meistens nicht zentral und nicht in digitaler Form vor. Ähnliche Beobachtungen konnten auch im Zusammenhang mit den entsorgten Abfällen gemacht werden. Je kleiner das Unternehmen war, desto weniger Abfallarten wurden in der Regel entsorgt und desto seltener wurden die entsorgten Abfallmengen erfasst. Unternehmen mit Umweltmanagementsystemen (UMS) konnten einen systematisch-geordneten Umgang mit Abfällen und Abfalldaten vorweisen. Auch die Datenqualität und -quantität war bei KMU mit UMS besser als in Unternehmen ohne UMS. Einen weiteren Einfluss auf das Abfallmanagement in den KMU hatten lokale und regionale Gegebenheiten. Im Rahmen des Projektes stellte sich heraus, dass KMU, die in weniger strukturstarken Regionen lagen, weniger Abfallarten sortiert und entsorgt haben als Unternehmen in strukturstarken Gebieten.

Erkenntnisse aus dem Benchmark-Test

Das Benchmarking wurde in allen untersuchten Wirtschaftszweigen getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass in drei der untersuchten Wirtschaftszweige das Benchmarking funktioniert. Es zeigt sich insgesamt, je ähnlicher die Unternehmen sind, desto besser funktioniert der Vergleich über ein Benchmarking. Vor allem die Wirtschaftszweige „Bautischlerei“, „Herstellung von Kunststoffwaren“

und „Herstellung von Teig- und Backwaren“ sind für das Benchmarking sehr gut geeignet. Dies liegt, neben der Unternehmensstruktur, vor allem auch daran, dass die Unternehmen ähnliche Produkte herstellen, dadurch ähnliche Verarbeitungsprozesse haben und die gleichen Rohstoffe verarbeiten. In den Wirtschaftszweigen „Herstellung von Metallwaren“, „Herstellung von Druckerzeugnissen“ und „Elektroinstallation“ funktioniert das Benchmarking nur eingeschränkt. Dies liegt beispielsweise an einem sehr hohen Spezialisierungsgrad. Dennoch könnte ein Benchmarking in diesen Wirtschaftszweigen funktionieren, wenn es gelingt ähnliche Unternehmen zu finden und diese miteinander zu vergleichen.

Generell lässt sich für das Benchmarking zur Identifizierung von Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenzialen zusammenfassen, dass dieses umso erfolgreicher durchgeführt werden kann, je ähnlicher die zu vergleichenden Unternehmen sind.

Um eine größere Anzahl ähnlicher Unternehmen zu untersuchen, bedarf es einer digitalen Plattform. Nicht nur wegen der größeren Datenmengen, sondern auch um einen einfachen Zugang für KMU zu gewährleisten. Dieser Ansatz soll im Folgeprojekt „KMU DigiACT Abfall“ im Rahmen von ForCYCLE Technikum entwickelt werden.

Wesentliche Projekterkenntnisse Zusammengefasst:

- Unterschiede in der Entsorgung von Abfällen hängen oft mit der Unternehmensgröße zusammen
- Es bestehen regionale Unterschiede in der Entsorgungsqualität
- Unternehmen die kommunal entsorgt werden weisen eine geringere Sortentrennung der Abfälle auf
- Unternehmen die ein Umweltmanagement aufweisen haben im Verhältnis niedrigere Abfallmengen
- Es sind Abfallvermeidungspotenziale in nahezu allen Wirtschaftszweigen vorhanden
- Verwertungspotenziale sind in nahezu allen Wirtschaftszweigen und Unternehmen vorhanden
- Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz können wirtschaftszweigübergreifend weitergegeben werden, wenn es einen Kanal/ ein Medium zum Austausch gibt (→ Plattform „DigiACT Abfall“)

Inhaltsverzeichnis

Abstract (Kurzzusammenfassung)	1
Inhaltsverzeichnis	3
1 Hintergrund, Aufgabenstellung und Zielsetzung	5
2 Planung und Ablauf der Arbeiten	6
2.1 Stand des Wissens und der Technik.....	6
2.2 Forschungsdesign.....	9
2.3 Ablauf des Projektes	10
2.4 Datenmanagement, -qualität und Stichprobenumfang	12
3 Darstellung und Bewertung der erzielten Ergebnisse	12
3.1 Struktur der Wirtschaftszweige und Wirtschaftspartner.....	13
3.2 Datenerhebung und Datenmanagement	15
3.3 Anpassung der Benchmark-Methodik	19
3.4 Benchmarking der Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale	20
3.4.1. Allgemeine (branchenübergreifende) Erkenntnisse.....	20
3.4.2. Bautischlerei (WZ 43.32).....	22
3.4.3. Herstellung von Teig- und Backwaren (WZ 10.7).....	28
3.4.4. Herstellung von Kunststoffwaren (WZ 22.2).....	34
3.4.5. Herstellung von Druckerzeugnissen (WZ 18.1)	39
3.4.6. Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25.1).....	40
3.4.7. Elektroinstallation (WZ 43.21)	42
4 Praktische Anwendbarkeit der Ergebnisse	44
5 Veröffentlichungen im Rahmen des Projekts	44
6 Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern und im Projektverbund	45
6.1 Zusammenarbeit mit den Wirtschaftspartnern.....	45
6.2 Zusammenarbeit im Projektverbund	45
7 Zusammenfassung	45
8 Beitrag zur Ressourceneffizienz	50
9 Ausblick	51

Literaturverzeichnis	52
Anhang	55
Anlage 1: Auflistung der Kooperationspartner aus der Wissenschaft.....	55
Anlage 2: Auflistung der Kooperationspartner aus der Wirtschaft	55

1 Hintergrund, Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die stetig wachsende Wohlstandsgesellschaft und der aktuelle Umgang mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen bringen uns bereits in naher Zukunft an unsere planetaren Grenzen - ökologisch, gesellschaftlich und vor allem auch wirtschaftlich. Viele Rohstoffe, die für das Wirtschaftswachstum relevant sind kommen aus Ländern mit konflikträchtigen Regionen und autoritären Regimen (BMUV 2022, StMWI 2022). Deutschland und vor allem das Bundesland Bayern sind Hochtechnologiestandorte, die auf verschiedenste, auch kritische Rohstoffe angewiesen sind (StMWI 2022). Durch die begrenzte regionale Verfügbarkeit an Primärrohstoffen sind wir in vielen Wirtschaftszweigen daher stark von Importen aus anderen Ländern und Märkten abhängig (BMUV 2022, StMWI 2022). Um dieser Abhängigkeit entgegen zu wirken und die Wirtschaftskraft zu stärken wurden bereits vor einigen Jahren auf europäischer Ebene Programme wie z.B. der Green Deal sowie die EU-Abfallpolitik ins Leben gerufen, welche die Rahmenbedingungen der EU-Mitgliedsstaaten im Umgang mit unseren Ressourcen regeln. Analog hierzu hat Deutschland das nationale Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) ins Leben gerufen (BMUV 2012). Und mit dem 7-Punkte-Plan hat auch der Freistaat Bayern in seiner eigenen Ressourcenstrategie die Weichen für einen nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen und zur Steigerung der Ressourceneffizienz gestellt (StMUV 2018). Als wesentlicher zusätzlicher Faktor dient hierbei auch die Hightech Agenda Bayern, die aus dem Maßnahmenpaket Bayern Digital hervorgeht und die digitale Transformation in Unternehmen unterstützt (StMWI 2015, Bayerische Staatsregierung 2022).

Betrachtet man die aktuelle Situation in KMU sowohl auf internationaler und nationaler Ebene ist insgesamt wenig Wissen über das Abfallmanagement in KMU vorhanden (Hong 2021). Aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen und Befragungen weisen darauf hin, dass gerade kleine und mittlere Unternehmen ein großes Potenzial zur Abfallvermeidung und Abfallverwertung bergen (VDI 2015). Betrachtet man die Abfallstatistiken der Bundesrepublik Deutschland, so werden hier jährlich ca. 370 Mio. Tonnen Abfälle aus Gewerbe und Industrie entsorgt (Destatis 2021). Wie groß der Anteil der KMU im Verhältnis zur Industrie an dieser Abfallmenge wirklich ist, wurde bisher in keiner uns vorliegenden Studie erfasst und untersucht. Jedoch ist davon auszugehen, dass bei einer Anzahl von rund 3,35 Mio. KMU (die wiederum 99% der Unternehmen in Deutschland ausmachen) die Menge an Abfällen verhältnismäßig hoch ist (LfM 2022). Bekräftigt wird diese Vermutung auch durch Umfragen des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI 2011, VDI 2015). Mit über 600.000 KMU gilt dies analog auch für den Freistaat Bayern.

Der ForCYCLE II-Projektverbund in dessen Rahmen auch dieses Praxisprojekt stattfand ist ein wichtiger Bestandteil der bereits vorgestellten Strategien und Lösungsmöglichkeiten um die Steigerung der Ressourceneffizienz in KMU zu unterstützen. Das im weiteren vorgestellte Praxisprojekt möchte einen Beitrag zur Steigerung der Ressourceneffizienz und zur Digitalisierung in KMU leisten.

Aufgabenstellung

Eine nachhaltige Entwicklung unserer Wirtschaft ist entscheidend um zukünftige gesellschaftliche Herausforderungen zu meistern. Hierzu ist es zwingend notwendig, den Ressourcenverbrauch zu verringern, und die Kreislaufwirtschaft zu fördern – ganz nach dem Dreiklang „reduce, reuse, recycle“. Betrachtet man die Rohstoffsituation in KMU in Deutschland und vor allem in Bayern, lässt sich ein hohes Potenzial zur Einsparung von Ressourcen feststellen (VDI 2011). Im Rahmen der

bayerischen Ressourcenstrategie „Rohstoffwende Bayern“ sollen Projekte im Bereich Ressourceneffizienz durchgeführt werden. Ganz nach dem Motto „bestehendes stärken – neues entwickeln“ sollen Technologien entwickelt und nutzbar gemacht werden um diese der breiten Masse zur Verfügung zu stellen und um die bayerische Strategie zu unterstützen. Mit diesem Forschungsprojekt wurde diesbezüglich eine digitale Benchmark-Methode getestet, die es kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie Handwerksbetrieben ermöglicht, mit wenig finanziellem und zeitlichem Aufwand ihre Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale sichtbar zu machen.

Zielsetzung

Dass durch die Digitalisierung Prozesse und Stoffströme sichtbar werden und an vielen Stellen Optimierungen vorgenommen werden können, zeigen viele wissenschaftliche Studien (Schröder et al. 2015, Saam et al. 2016). Aktuell sind KMU darauf angewiesen, unter Zuhilfenahme von Leitfäden ihre Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungsmöglichkeiten grob einzuschätzen. Dies kostet vor allem Zeit und hat dennoch nicht immer den gewünschten Effekt. Was hier bisher fehlt ist ein Tool, bzw. ein Benchmark, das das Unternehmen ohne großen zeitlichen und finanziellen Aufwand dabei unterstützt, das Abfallaufkommen konkret in kg/Bezugseinheit zu analysieren und so Potenziale zu identifizieren.

Ziel ist es, im Rahmen dieses Projektes herauszufinden, ob in KMU ein Benchmarking von umwelt- und ressourcenrelevanten Daten möglich ist. Die für das Benchmarking notwendigen Kennzahlen sollen entsprechend für jeden Wirtschaftszweig entwickelt werden. Für das Benchmarking wiederum wurde das bereits vorhandene Tool der Firma ELOGplan GmbH genutzt und entsprechend den Bedürfnissen des Projektes angepasst. Hierzu wurden ebenfalls die notwendigen Datenbanken angelegt und aktualisiert. Mit dem angepassten Tool, sowie den entwickelten wirtschaftszweigspezifischen Kennzahlen sollen KMU in Zukunft mit wenig Aufwand Ihre Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale ermitteln können.

Voraussetzungen für den Projektstart

Voraussetzung für den Projektstart war die Identifizierung von 5 relevanten Wirtschaftszweigen und der Akquise von mindestens 5 kooperierenden Unternehmen pro Wirtschaftszweig. D.h. mindestens 25 Unternehmen sollten teilnehmen. Dieses Ziel wurde mit 6 Wirtschaftszweigen und insgesamt 32 Unternehmen übertroffen. Die Kooperationspartner erklärten sich dazu bereit, die notwendigen Daten an das Projektteam zu übergeben, damit diese gesammelt und ausgewertet werden können.

2 Planung und Ablauf der Arbeiten

2.1 Stand des Wissens und der Technik

Ressourceneffizienz in KMU

Die Wirkungsbeziehungen, in denen Unternehmen mit der Umwelt stehen, sind vielfältig und gewinnen auch in Zukunft immer mehr an Bedeutung. Flächennutzung, Energieverbrauch und das Nutzen von Rohstoffen zur Produktion oder für Dienstleistungen sind hier besonders hervorzuheben. Neben dem Energieverbrauch gilt es insbesondere auch einen genaueren Blick auf den Rohstoffverbrauch

zu legen, da dort auch meist viel Verbesserungspotenzial vorhanden ist. Durch die steigende Nachfrage nach Rohstoffen und die große wirtschaftliche Abhängigkeit wird ein nachhaltiger Umgang mit Rohstoffen immer wichtiger. Auch die Kostenstruktur in KMU zeigt, dass gerade die Rohstoffkosten in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen sind (Hennike et al. 2013). Die Rohstoffversorgung stellt KMU bereits seit mehreren Jahren immer wieder vor Herausforderungen. I

m Rahmen der von Statista 2011 veröffentlichten Umfrage, bei der KMU zur aktuellen Rohstoffsituation befragt wurden, gaben mehr als 80% der Befragten an, dass die steigenden Rohstoffpreise ein wesentliches Problem für das Geschäft darstellen (Statista 2011). Und gerade auch die Pandemie in den letzten beiden Jahren hat gezeigt, wie wichtig eine vom Weltmarkt unabhängige Rohstoffversorgung ist. Der nachhaltige Umgang mit Rohstoffen ist daher in Unternehmen auch in Zukunft von enormer Bedeutung. Stoffströme die das Unternehmen durchlaufen, ändern zwar meistens ihre Form und den Wert, dennoch bleiben in vielen Unternehmen Rohstoffe nicht genutzt, die entsorgt werden müssen. Hier bedarf es der Ergreifung verschiedener Maßnahmen, die entweder dazu dienen, dass zu entsorgende Rohstoffe nicht anfallen oder wenn diese nicht vermieden werden können einer besseren Verwertung zugeführt werden. Laut einer Umfrage des Vereins Deutscher Ingenieure gewinnt die Ressourceneffizienz immer mehr an Aktualität, was sich durch zwei Aspekte ausprägt. Zum einen wird das Thema stärker in Unternehmensstrategien integriert, zum anderen werden zunehmend Maßnahmen innerhalb von Wirtschaftszweigen und bei Wettbewerbern beobachtet (VDI 2011; VDI 2012). Diesen Wandlungsprozess bezeichnet man auch als nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development). Das bedeutet, dass Unternehmen nicht mehr auf Kosten folgender Generationen wirtschaften möchten. Die unternehmerischen Möglichkeiten diesbezüglich sind vor allem die Steigerung der Ressourceneffizienz, sowie die Einführung neuer (digitaler) Technologien und Prozesse (Wohlgemuth 2014). Die vorab durchgeführten Recherchen haben ergeben, dass zunächst die Datengrundlage aufgrund fehlender Untersuchungen in diesem Bereich eher schlecht ist und die Möglichkeiten für KMU im Bezug zu Abfallvermeidung und Abfallverwertung stark begrenzt sind. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen sind neue Technologien wichtig, da sie viele Vorteile mit sich bringen. Durch die Digitalisierung werden z.B. Kosten gesenkt und die Innovationskraft durch die Suche nach Möglichkeiten zur Einsparung von Ressourcen wird gefördert. Kleine und mittlere Unternehmen haben aufgrund ihrer großen Anzahl eine wichtige sozioökonomische Bedeutung. Die Steigerung der Ressourceneffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen ist daher auch ein wesentliches Ziel der Bayerischen Ressourcenpolitik. Das gemeinsam erklärte Ziel ist es eine wirtschaftliche Unabhängigkeit von den Weltmärkten zu erlangen und die Wirtschaftskraft in Deutschland und Bayern zu stärken (BMUV 2022; StMUV 2022). Mit bundesweiten Projekten und Aktivitäten wie z.B. RESEFI (vgl. <https://www.tu.berlin/see/forschung/projekte/resefi>), WING (vgl. <http://www.bmbf.de/de/3780.php>), Netzwerk Ressourceneffizienz (vgl. <https://www.materialeffizienz.de>) und DEMEA (vgl. <https://www.materialeffizienz.de>) wurden in der Vergangenheit bereits digitale Lösungswege zur Unterstützung der KMU im Kontext der Steigerung der Ressourceneffizienz angeboten und durchgeführt. In Bayern wurde mit dem Ressourceneffizienz-Zentrum eine sinnvolle und notwendige Anlaufstelle für KMU geschaffen.

Wie Umfragen in Studien zeigen besteht eine Herausforderung darin, die angebotenen Hilfsmittel KMU-gerecht aufzubauen und den Unternehmen entsprechend näher zu bringen. Es gilt die richtige Balance zwischen einfacher Handhabung und der tatsächlichen Realisierung von Verbesserungseffekten zu finden. Das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen ist hier entscheidend (VDI 2011, VDI 2015).

Weitere Studien der letzten Jahre zeigen, dass die Digitalisierung sowie die Erhebung und Auswertung von betriebs- und produktionsspezifischen Daten in vielen KMU nach wie vor eine eher untergeordnete Rolle spielen obwohl diese Themen gesamtwirtschaftlich und auch gesellschaftlich immer mehr an Relevanz gewinnen (Witschel 2013, Leyh et al. 2016; Schmitz 2017, BMWK 2022). Eine Studie der britischen Organisation „Waste & Resources Action Programme (EMAF 2015)“ stattierte in diesem Zusammenhang, dass gerade durch den Ausbau der Kreislaufwirtschaft allein 3 Millionen Jobs in Europa bis zum Jahr 2030 entstehen könnten und sieht daher großes gesamtwirtschaftliches Potenzial (WRAP 2022).

Digitalisierung in KMU

Gerade in KMU ist der Digitalisierungsgrad, im Gegensatz zu Industrieunternehmen, vergleichsweise gering. Um Ressourcen einsparen zu können bedarf es mehrerer Komponenten. Um Verbesserungen anstreben zu können bedarf es zunächst einer guten digitalen Datengrundlage. Ohne das Wissen über die Stoffströme im Unternehmen und die kontinuierliche Datenerfassung können keine Verbesserungen angestrebt werden. Des Weiteren benötigt man ein digitales Verfahren um die Stoffströme zu analysieren, sowie das Wissen zur Umsetzung geeigneter und individueller Maßnahmen zur Optimierung des Ressourcenverbrauchs.

Es existieren bereits verschiedene digitale Ansätze die Ressourceneffizienz in Unternehmen zu messen und durch entsprechende Maßnahmen zu steigern. Eine Methode zur kontinuierlichen Steigerung der Ressourceneffizienz ist die zielorientierte, ganzheitliche und effiziente Analyse von Stoff- und Energieströmen in Unternehmen. Diese Methode ist eng mit dem Stoffstrommanagement verbunden und setzt eine gute Datengrundlage voraus (Wohlgemuth et al. 2012; Wohlgemuth 2013). Auch wurde bereits die Data-Envelopment-Analysis-Methodik untersucht. Man spricht hier auch von einem sogenannten Öko-Controlling. Hierbei werden umweltrelevante Daten erfasst und analysiert und bei einem weiteren Verfahren, dem Öko-Benchmarking mit dem jeweiligen Klassenbesten verglichen. Viele dieser Methoden sind jedoch zu zeit- und kostenintensiv und lassen sich daher vor allem in kleinen Unternehmen nicht immer umsetzen.

In vielen Betrieben ist das Potenzial, Rohstoffe einzusparen und die Digitalisierung zu fördern, groß (VDI 2015). Um die Ressourceneffizienz in KMU zu steigern bedarf es jedoch einer digitalen und individuellen Herangehensweise, die zudem möglichst anwenderfreundlich gestaltet sein muss.

Benchmarking von Abfallkennzahlen

Benchmarking ist eine in der Betriebswirtschaftslehre etablierte Methode. Viele Unternehmen nutzen diese Methode um mit spezifischen Betriebskennzahlen die eigene wirtschaftliche Performance des Unternehmens oder Unternehmensbereichs zu messen und ggf. mit dem Klassenbesten zu vergleichen. Während das Benchmarking in betriebswirtschaftlichen Prozessen oder Bereichen bereits zum Standard gehört, beginnen erst wenige Unternehmen damit ihre Umweltleistungen entsprechend dieser Methode zu messen und zu vergleichen. Das Benchmarking von Abfallmengen soll eine einfache mit wenig Aufwand zu verwendende Methode sein, die Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale in KMU zu identifizieren und zu heben. Eine vergleichbare Herangehensweise, wie die in diesem Projekt vorgestellte Methodik, gibt es bisher nicht. Sie soll im Rahmen des Projektes zunächst in 6 ausgewählten, rohstoffintensiven Wirtschaftszweigen untersucht werden.

2.2 Forschungsdesign

Mit dem Forschungsvorhaben wurde eine Benchmark-Methodik erprobt, die bisher für das industrielle Umfeld entwickelt und genutzt wurde. Für die Durchführung des Projektes wurden folgende Stoffströme/Prozesse näher betrachtet und analysiert:

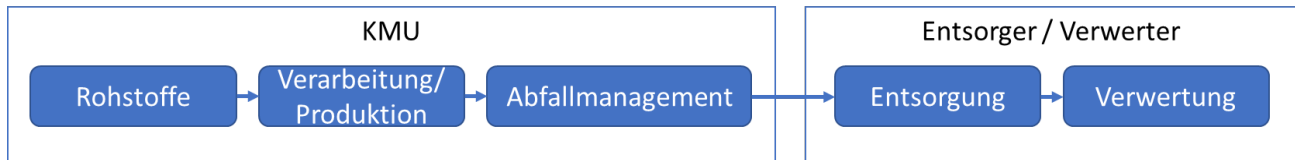


Abbildung 1: Die Grafik zeigt die untersuchten Bereiche der Unternehmen. Im ersten Teil (linker blauer Kasten) werden alle rohstoffrelevanten Prozesse und Informationen der Unternehmen untersucht. Im zweiten Bereich (rechter blauer Kasten) werden zusätzlich die Entsorgungs- und Verwertungswege der Abfälle erfasst und untersucht. Insgesamt können so die Stoffströme, die in den Unternehmen vorkommen, ganzheitlich berücksichtigt werden.

Das Projekt wurde in 4 Arbeitspakete untergliedert, die unter Kapitel 2.3 näher erläutert werden. Abbildung 2 zeigt einen schematischen Überblick über die Prozesse und deren Reihenfolge.

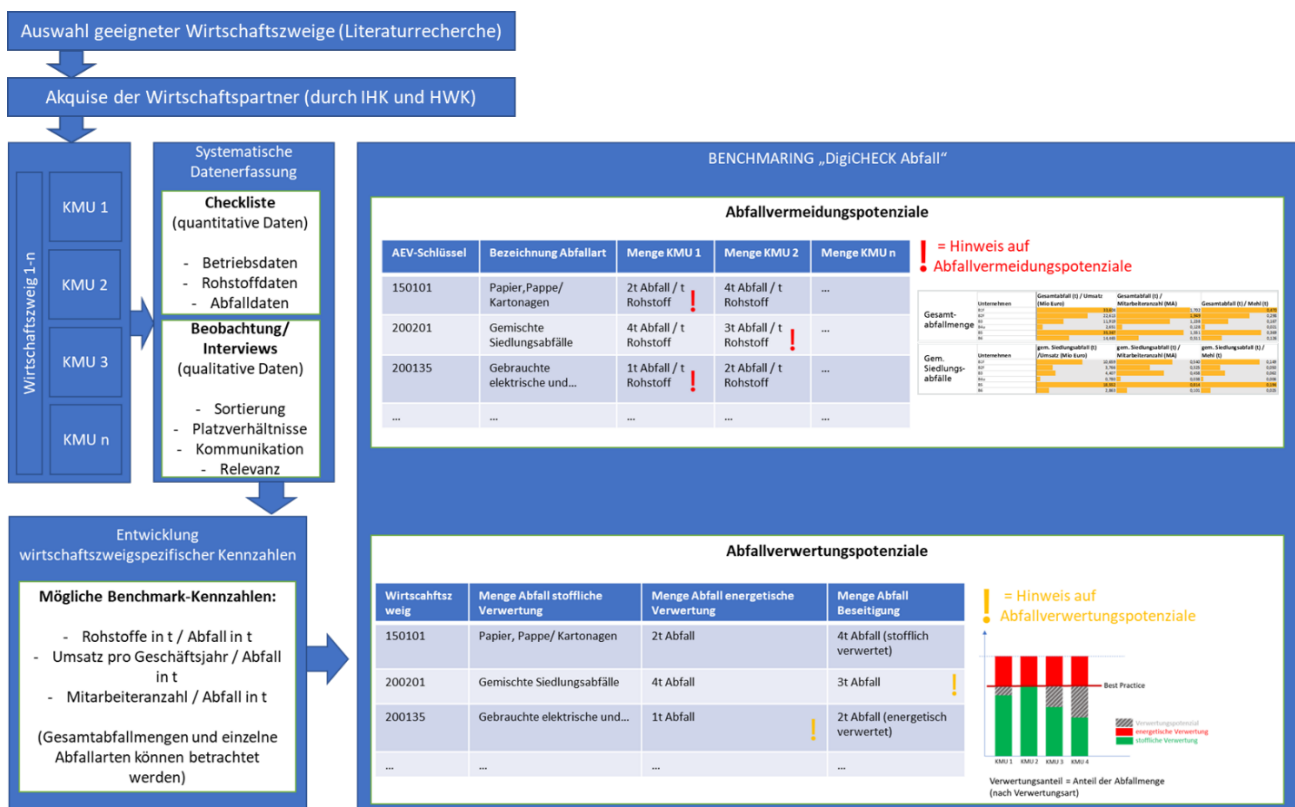


Abbildung 2: Vereinfachte schematische Darstellung des Forschungsdesigns.

Identifizierung relevanter Wirtschaftszweige

Die Identifizierung der relevanten Wirtschaftszweige fand mittels einer Literaturrecherche in Kombination mit den praktischen Erfahrungswerten von Kreislaufwirtschaftsexperten statt (siehe Zwischenbericht 1). Es wurden Wirtschaftszweige mit hohem Rohstoffverbrauch für die Untersuchung ausgewählt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde die Klassifikation der Wirtschaftszweige (Quelle: Destatis) genutzt.

Akquise der Wirtschaftspartner

Die Akquise der Wirtschaftspartner wurde in Zusammenarbeit mit der Handwerkskammer (HWK) und der Industrie und Handelskammer (IHK) in den ausgewählten Wirtschaftszweigen durchgeführt (siehe Zwischenbericht 1). Hierzu wurde ein Projektflyer entworfen. Die Wirtschaftspartner erfüllen weitestgehend die KMU-Kriterien, angelehnt an die KMU-Definition des Instituts für Mittelstandsforschung (IfM 2020).

Datenerhebung und Erfassungssystematik

Für eine umfassende Analyse und ein Benchmarking ist die Erfassung und Berücksichtigung von quantitativen und qualitativen Daten notwendig. Da es zunächst wenige Erfahrungswerte gab, welche Rohstoffe und Abfälle in den Unternehmen und Wirtschaftszweigen entsorgt werden, wurden zunächst alle Umwelt- und Rohstoffdaten, sowie wichtige Betriebswirtschaftsdaten erfasst.

Für den Test des Benchmark-Tools werden neben qualitativen Daten auch quantitative Daten benötigt. Aufgrund der hohen Diversität der zugrundeliegenden Daten in den KMU und der ebenso hohen Diversität der KMU war es wichtig eine Methode zu finden, die die Datenerfassung für die KMU erleichtert. Hierzu wurde ein systematisches Verfahren gewählt und eine entsprechende Checkliste entwickelt. Die quantitative Datenerhebung fand mittels Beobachtungen und Interviews vor Ort bei den KMU statt. Qualitative und quantitative Daten wurden im Projekt gleichermaßen berücksichtigt und sind in die Auswertungen und Ergebnisse mit eingeflossen.

Benchmarking

Benchmarking wird als leistungsfähige Management- und Lernmethode zunehmend in allen Unternehmensbereichen eingesetzt. Ziel ist es durch dieses Verfahren Leistungsreserven zu erschließen. Zunächst soll das Benchmark-System in den ausgewählten Wirtschaftszweigen getestet und anschließend die Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale identifiziert werden.

2.3 Ablauf des Projektes

Das Projekt besteht aus vier Teilpaketen, die in insgesamt in zwölf einzelne Arbeitspakete unterteilt sind. Die Teilpakete enden jeweils mit einem Meilenstein. Der Zeitplan ist in Abbildung 3 dargestellt. Folgende Auflistung gibt einen Überblick und eine Kurzbeschreibung über die einzelnen Teilpakete und den entsprechenden Projektablauf:

1. Teilpaket (AP 1 Projektvorbereitung)

a. Branchen und KMU auswählen (AP 1.1)

Insgesamt sollen bis zu 5 unterschiedliche Branchen ausgewählt werden und möglichst 5 oder mehr KMU aus der jeweiligen Branche gefunden werden. Um eine Zusammenarbeit über den gesamten Projektzeitraum zu gewährleisten, werden Kooperationsverträge mit den teilnehmenden KMU geschlossen.

- b. *Datenerfassungssystematiken und -instrumente werden erstellt und festgelegt (AP 1.2 und 1.3)*

Nachdem die Branchen festgelegt und die KMU gefunden wurden, finden Einzelgespräche mit den KMU statt um die Unternehmen und die Branchen kennen zu lernen und geeignete Bezugsgrößen der Branchen zu finden. Diese Erkenntnisse sollen dann in die Erfassungssystematik einfließen. Im Anschluss sollen die notwendigen Instrumente, wie zum Beispiel Fragebögen und Leitfäden erstellt werden.

2. Teilpaket (AP 2 Datenerfassung)

- a. *Datenerfassung und -auswertung werden durchgeführt (AP 2.1, 2.2, und 2.3)*

In diesem Arbeitspaket wird mit der Erfassung der Daten begonnen, nachdem die zuständigen Mitarbeiter der kooperierenden Unternehmen geschult wurden. Erfasst werden Daten von Abfallströmen und Betriebskennzahlen über drei Geschäftsjahre hinweg. Bei Problemen können die Erfassungssystematiken angepasst werden. Dies findet unter kontinuierlicher Rücksprache mit den KMU statt. Die erhobenen Daten werden mit Hilfe des für dieses Projekt angepassten Tools der Firma ELOGplan GmbH ausgewertet.

3. Teilpaket (AP 3 Entwicklung Methodik)

- a. *KMU werden für die weitere Auswertung geclustert (AP 3.1)*

Aus der Datenauswertung lässt sich feststellen, welche Branchen und Unternehmen Benchmark-fähig sind. KMU, bei denen keine relevante Bezugsgröße festgestellt werden konnte, werden im weiteren Verlauf nur hinsichtlich der Verwertungspotenziale ausgewertet.

- b. *Anpassung der digitalen Methodik zur Ermittlung der Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale (AP 3.2 und AP 3.3)*

Aus den Erfassten Daten wird die digitale Methodik entwickelt die mittels der angelegten Datenbank das jeweilige Abfallmenge-zu-Bezugsgröße-Verhältnis berechnet und bestimmt. Es werden bei Benchmark-fähigen KMU die produktionsspezifischen Abfallmengen nach Abfallart mit den Best-, Höchst- und Durchschnittswerten der relevanten Gruppe verglichen. Daraus lassen sich die Vermeidungs- und Verwertungspotenziale ablesen. Bisher nicht verwertete Abfallarten lassen sich möglicherweise dennoch verwerten, sofern eine Verwertungstechnologie existiert.

4. Teilpaket (AP 4 Abschluss)

- a. *Ergebnisse an die teilnehmenden KMU vermitteln (AP 4.1)*

Alle teilnehmenden KMU erhalten nach den erfolgreichen Testläufen Ihre Daten ausgewertet zurück. Sie sehen Ihre Werte im Vergleich zu den anonymisierten Daten anderer teilnehmender KMU. Die Ergebnisse sollen durch Einzelgespräche vorgestellt werden.

- b. *Abschlussbericht wurde erstellt (AP 4.2)*

Der Abschlussbericht erhält neben der Zusammenfassung der gewonnenen Ergebnisse auch eine Prognose, sowie Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

In Abbildung 3 werden die vier Arbeitspakete mit dem zeitlichen Projektverlauf dargestellt. Die Meilensteine wurden planmäßig erfüllt.

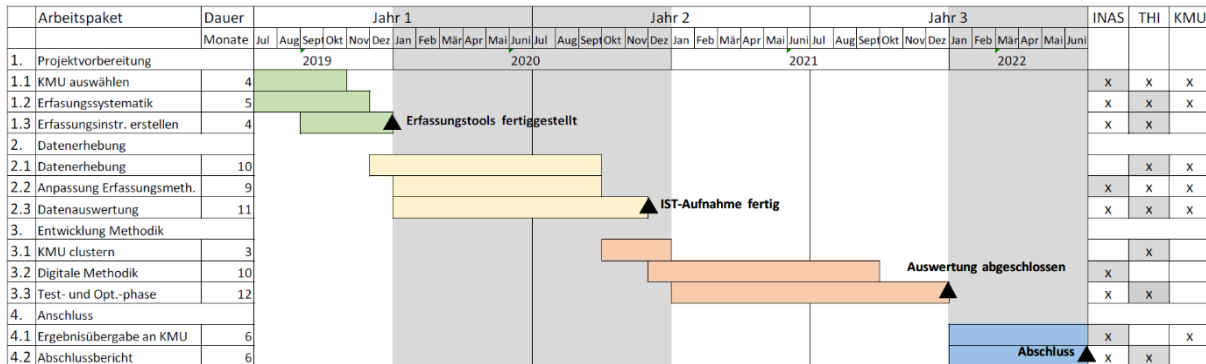


Abbildung 3: Zeitplan des Projektvorhabens mit den einzelnen Arbeitspaketen und Meilensteinen. Die beiden letzten Spalten markieren, welcher Projektpartner beteiligt ist (mit „x“ markiert) und wer die Arbeitspakete hauptverantwortlich durchführt. Die rote Markierung zeigt das aktuelle Arbeitspaket an, an dem gerade gearbeitet wird.

2.4 Datenmanagement, -qualität und Stichprobenumfang

Es handelt sich bei den erhobenen Daten vor allem um Mitarbeiterzahlen, Umsatz nach Geschäftsjahr, Materialmengen des verarbeiteten Materials, Abfallarten und Abfallmengen. Die für dieses Projekt relevanten Daten aus den KMU wurden jährlich über einen Zeitraum von drei Jahren erhoben. Ein Berichtszeitraum entspricht einem Geschäftsjahr. Die Daten wurden systematisch erfasst und ausgewertet. Für die erhobenen Daten wurde eine Datenbank angelegt, in der auch Entsorger- und Verwerter-Informationen hinterlegt wurden.

Während betriebswirtschaftliche Daten über die entsprechenden Organisationseinheiten ermittelt werden konnten, wurde ein Großteil der Abfalldaten über Bilanzen der entsprechenden Entsorger zusammengetragen und ermittelt. In kleinen Betrieben wurden die Abfallmengen nicht nach Gewicht erfasst, da es sich vorwiegend um eine kommunale Entsorgungsstruktur handelte. Hier wurden die Mengen nach Volumen, Abholturnus und Umrechnungsfaktor berechnet. Die Volumina wurden zunächst durch die jeweiligen Entsorgungsbehältnisse vorgegeben. Die Füllmenge wurde anhand von Stichproben und Aussagen der Unternehmer geschätzt. Es wurden die Umrechnungsfaktoren vom Bayerischen Landesamt für Statistik für die jeweiligen Abfallarten genutzt (LfS 2022).

3 Darstellung und Bewertung der erzielten Ergebnisse

3.1 Struktur der Wirtschaftszweige und Wirtschaftspartner

In diesem Projekt wurde mit 32 kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aus insgesamt 6 verschiedenen Wirtschaftszweigen über 3 Jahren hinweg zusammengearbeitet. Ziel dieses Projektes war der Test einer Benchmarking-Methode, sowie der Vergleich der Unternehmen innerhalb des Wirtschaftszweigs hinsichtlich ihrer Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale. Aufgrund des Datenschutzes wurden in den folgenden Kapiteln die Namen der Unternehmen anonymisiert.

Folgende Kriterien wurden für die Auswahl der zu untersuchenden Wirtschaftszweige festgelegt:

1. Wirtschaftszweig mit hoher Ressourcenverbrauch und ein entsprechend hohes Abfallaufkommen
2. Wirtschaftszweig für den Wirtschaftsstandort Bayern relevant
3. Wirtschaftszweig mit großer Anzahl an KMU

Basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche und den Experteninterviews, bei der die oben genannten Auswahlkriterien berücksichtigt wurden sowie den durchgeführten Experteninterviews, wurde folgende Branchenauswahl getroffen (siehe hierzu auch die Zwischenberichte 1 und 2):

Tabelle 1: Übersicht der Wirtschaftszweige, die im Rahmen dieses Projektes untersucht wurden. Die Bezeichnung fand unter Zuhilfenahme der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008, statt.

WZ-Code	Bezeichnung (nach Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008)
10.7	Herstellung von Teig- und Backwaren
18.1	Herstellung von Druckerzeugnissen
22.2	Herstellung von Kunststoffwaren
25.1	Bauschlosserei
43.21	Elektroinstallation
43.32	Bautischlerei und -schlosserei

HINWEIS: Aus datenschutzrechtlichen Gründen wurden die Namen der KMU im Folgenden verschlüsselt, sodass die Daten und Auswertungen keine Rückschlüsse auf das entsprechende KMU und dem Namen ermöglichen.

Die Akquise der Wirtschaftspartner wurde nach der Auswahl der Wirtschaftszweige bayernweit durchgeführt. Durch die Verteilung der KMU (siehe Abbildung 4) konnten regionale Unterschiede beobachtet und in den Ergebnissen berücksichtigt, wie z.B. Unterschiede bei den Kosten aufgrund längerer Entsorgungswege etc., berücksichtigt werden.

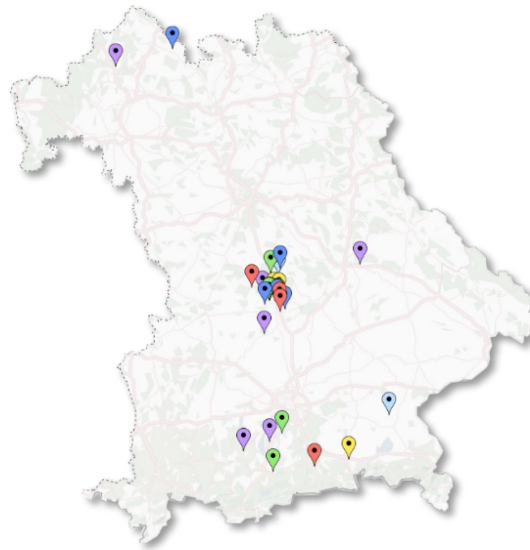


Abbildung 4: Übersicht über die regionale Verteilung der Wirtschaftspartner in Bayern.

Die teilnehmenden Wirtschaftspartner hatten einen hohen Spezialisierungsgrad innerhalb ihres Wirtschaftszweigs und unterschieden sich zum Teil sehr stark. Die Zahl der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in den KMU variierte über alle Wirtschaftszeige hinweg zwischen 3 und 1932. Das kleinste Unternehmen hatte einen Jahresumsatz von 0,4 Mio. Euro, das größte einen Umsatz von 97 Mio. Euro. Eine Besonderheit die viele KMU teilten, war die Besitz- und Unternehmerstruktur. Bis auf zwei KMU waren alle Eigentümergeführt bzw. Familienunternehmen.

Bei der Umsatzbetrachtung in Abbildung 5 werden die Größenunterschiede der KMU in den Wirtschaftszweigen deutlich. Je nach Wirtschaftszweig und Unternehmen konnten manche KMU den Umsatz halten oder sogar weiter steigern. Nur wenige hatten einen deutlichen Rückgang des Umsatzes während der Pandemie zu verzeichnen. Insgesamt blieb die Wirtschaftskraft der untersuchten KMU auf einem ähnlichen Niveau wie vor der Pandemie. Zwei Unternehmen mussten aufgrund der wirtschaftlichen Situation (Pandemie) ihren Betrieb einstellen.

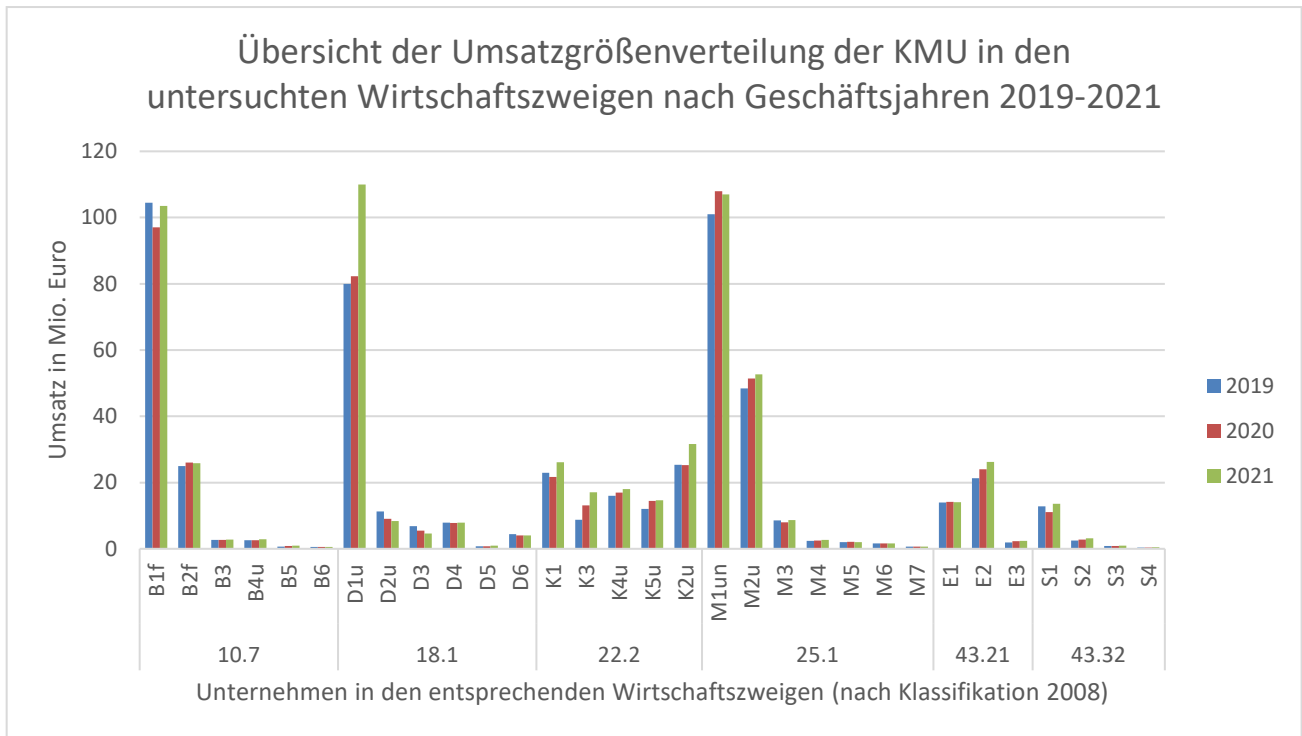


Abbildung 5: Umsatzgrößen der Wirtschaftspartner aus drei Geschäftsjahren. Die Kurzbezeichnungen der Unternehmen sind folgendermaßen codiert: Der Großbuchstabe steht für den jeweiligen Wirtschaftszweig (B für Bäckereihandwerk, D für Druckereihandwerk, K für Kunststoffbranche, M für Metallhandwerk, E für Elektrotechnische Betriebe, S für Schreinereibetriebe) die Zahl dahinter steht für das jeweilige KMU (hier wurden die KMU einfach nach Größe abfallend nummeriert) und die Kleinbuchstaben hinter der Zahl stehen für Besonderheiten des KMU (f für Filialbetrieb (v.a. Bäckereibranche), u für Umweltmanagementsystem, n für Nachhaltigkeitsmanagement).

3.2 Datenerhebung und Datenmanagement

Angelehnt an die Datenerfassungsmethodik (siehe Abbildung 6) wurde die Datenerhebung in diesem Projekt in zwei Schritten durchgeführt. Der erste Schritt war die Erfassung qualitativer Daten durch Beobachtungen und Interviews bei den jeweiligen Wirtschaftspartnern. Die Erhebung der qualitativen Daten fand anschließend durch eine eigens für das Projekt entwickelte Checkliste statt.



Abbildung 6: Übersicht der Datenerfassungsmethode. Mit Hilfe der Kombination von qualitativen und quantitativen Daten konnte ein umfassender Eindruck der KMU und Wirtschaftszweige in diesem Projekt erstellt werden.

Zur Erfassung und Messung von Abfallströmen in Unternehmen gibt es bereits mehrere Ansätze und Lösungen. Einen wesentlichen Aspekt spielt hierbei das Stoffstrommanagement. Hierzu wurden zunächst alle Rohstoffe der KMU gesammelt, mit den KMU aus dem gleichen Wirtschaftszweig verglichen und auf eine mögliche Verwendung für das Benchmarking bewertet. Um KMU zu unterstützen wurde in diesem Projekt eine eigene Checkliste entwickelt.

Zunächst wurde die Datenqualität der in den Unternehmen zugrundeliegenden Daten bewertet und in drei Kategorien untergliedert: gut, mittel und schlecht.

Eine schlechte Datenqualität bedeutet zum Beispiel eine lose Sammlung von Rechnungen, die weder digitalisiert, noch in irgendeiner Form aufbereitet wurde. Außerdem lagen bei einer schlechten Datenqualität die Entsorgungsdaten nicht nach Gewicht vor und mussten in einem Zwischenschritt umgerechnet werden. Diese Situation fanden wir bei insgesamt 5 der Wirtschaftspartnern vor. 8 Wirtschaftspartner hatten eine mittlere Datenqualität. D.h. Daten lagen hier nicht mehr nur in Rechnungen sondern zusätzlich digital in Exceldateien vor. Bei 19 Wirtschaftspartnern konnten wir eine gute Datenqualität feststellen. Während betriebswirtschaftliche Daten einfach und ohne zeitlichen Aufwand von den KMU erfasst wurden, hatten manche Unternehmen größere Herausforderungen Rohstoffe und Abfälle zu erfassen.

Während der Datenerhebung zeigte sich, dass nur wenige Wirtschaftspartner einen hohen Digitalisierungsgrad aufweisen. Eine durchgängige Digitalisierung aller Prozesse vom Rohstoffeinkauf bis hin zum Abfallmanagement (Abfallentsorgung) ist in keinem der untersuchten Unternehmen zu beobachten. Aus der Wissenschaft und Praxis gibt es zwar für jedes KMU Lösungsansätze Stoffströme auch digital zu erfassen, jedoch sind diese bisher nur in größeren Unternehmen zu finden. Oftmals handelt es sich hier um Insellösungen, die keinen Vergleich mit anderen KMU im gleichen Wirtschaftszweig erlauben. Die innerbetriebliche Verwendung eines Managementsystems nach ISO Norm war bei unseren Wirtschaftspartnern unterschiedlich ausgeprägt. Dennoch besaßen 3 unserer Wirtschaftspartner ein Umweltmanagementsystem nach EMAS bzw. ISO 14001. Dadurch konnten auch die Daten bei diesen Unternehmen entsprechend unkompliziert erfasst werden.

Insgesamt wurden im Rahmen dieses Projektes über 900 Datensätze erfasst und in der Auswertung berücksichtigt. Eine Übersicht der erfassten Daten findet sich in Abbildung 7.

Wirtschaftszweige (WZ)	Abfalldaten		Betriebskennzahlen	(branchenspezifische) Rohstoffe (Einkaufsmengen)
WZ-Code	Verwertungsunternehmen (inkl. Kontaktdaten)	Abfallart	Geschäftsjahr	Rohstoff 1 (Menge)
WZ-Beschreibung	AVV Nummern	Abfallbezeichnung	Umsatz in Mio. Euro	Rohstoff 2 (Menge)
Informationen zu Gefahrstoffen	Vereinheitlichung der AVV Nr. → Leit-AVV	Abfallmenge in to	Anzahl der Mitarbeiter (SVP)	Rohstoff 3 (Menge)
	Umrechnungsfaktoren	Abholturnus	Mitarbeiterstunden	Rohstoff 4 (Menge)
	Anlagentechnologie Entsorger	Abfalltonnen/Container Volumen		Rohstoff 5 (Menge)
	Verwertungsverfahren	Entsorger (inkl. Kontaktdaten)		
	Entsorgungsverfahren nach KrWG (r1-r13)			
	Anlagentechnologie Verwerter			

Abbildung 7: Übersicht der Parameter, die für das Projekt erfasst und in entsprechende Datenbanken überführt wurden.

Insgesamt zeigt sich, dass größere Unternehmen mit weniger Aufwand Daten bereitstellen konnten als kleinere Unternehmen. Das liegt unter anderem daran, dass es ab einer bestimmten Unternehmensgröße verantwortliche Personen (meist Umweltmanager) gibt. In kleinen Unternehmen hingegen sind meist die Unternehmer selbst diejenigen, die die Daten recherchieren und aufbereiten müssen. Diese Unterschiede machten sich gerade in der Zeitspanne von der Anfrage bis hin zur Datenübergabe bemerkbar. Während bei den großen Unternehmen die Daten innerhalb weniger Tage zugesandt wurden, hat die Datenrecherche und Übergabe an das Projektteam bei den kleinen Unternehmen deutlich mehr Zeit in Anspruch genommen. Zudem wurden in manchen Fällen Daten nicht vollständig zugesendet. Bei allen Unternehmen war es deshalb notwendig die Daten auf Plausibilität und Vollständigkeit zu prüfen.

Insgesamt lies sich feststellen, dass die Datenqualität und -quantität, die Digitalisierung, das Datenmanagement und die damit verbundene Datenverfügbarkeit bei KMU sehr unterschiedlich ausgeprägt sind.

Erfassung von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen

Ob ein Zusammenhang zwischen betriebswirtschaftlichen Kennzahlen und der Umweltleistung der Unternehmen besteht, konnte vor Projektbeginn nicht in Erfahrung gebracht werden. Deshalb wurde dieser Zusammenhang im Rahmen des Projektes untersucht und entsprechende Daten erhoben und getestet.

Betriebliche Kennzahlen sind in den meisten Fällen für nahezu alle Unternehmen einfach zu ermitteln und aufzubereiten. Im Rahmen unseres Projektes wurden folgende betrieblichen Kennzahlen erhoben:

- Betriebsjahr
- Jahresumsatz
- Sozialversicherungspflichtige Arbeitnehmer

Mit diesen drei Kennzahlen wurde zunächst auch eine Einordnung der Unternehmen nach deren Größe vorgenommen. Die Erhebung betriebswirtschaftlicher Kennzahlen stellte keine Herausforderung für KMU dar.

Erfassung branchenspezifischer Rohstoffe

Um die Auswahl der Rohstoffe zu Beginn einzugrenzen, die für das Benchmarking relevant sein könnten, fanden persönliche Gespräche mit allen Wirtschaftspartnern statt. Hierbei konnten vor allem die Rohstoffströme, die in den KMU am häufigsten verarbeitet werden und von den Wirtschaftspartnern leicht zu erfassen waren, herausgefiltert (siehe Abbildung 8) werden.

Branchenspezifische Rohstoffe					
Bautischlerei	Herstellung von Teig und Backwaren	Bauschlosserei	Herstellung von Druckerzeugnissen	Herstellung von Kunststoffwaren	Elektroinstallation
Spanplatten	Mehle	Metalle	Toner	Kunststoffe	keine Identifizierbar
Massivholz	Zucker	Öle	Papier	Verpackungsmaterial	
Multiplexplatten	Salz	Lacke	Lacke	Metalle	
Echtholz furnier	Hefe				
Kunststoffplatten					

Abbildung 8: Übersicht aller branchenspezifischer Rohstoffe, die in einem ersten Schritt erfasst und zum Benchmark-Test herangezogen wurden.

Der Aufwand für die Unternehmen, die Rohstoffmengen zu recherchieren und bereit zu stellen, hat trotz der Vorabauswahl der Rohstoffe stark variiert. Dies lag zum einen daran, dass die Unternehmen die Rohstoffe meist in unterschiedlichen Einheiten erfassten und zum anderen daran, dass es oft auch keine Mengenerfassung für manche Rohstoffe gab. Auch die Diversität der Unternehmen hatte einen Einfluss auf die Bereitstellung der benötigten Daten. In Unternehmen mit vielen Rohstoffströmen war der Zeitaufwand für die Datenrecherche und Bereitstellung meist höher als in kleinen Betrieben. Dennoch konnte zusammenfassend festgestellt werden, dass die Rohstoffdaten von nahezu allen untersuchten Unternehmen erfasst werden konnten.

Für den Wirtschaftszweig „Elektroinstallation“ wurden keine spezifischen Rohstoffe identifiziert. Hier werden Schaltungen, diverse Kabel oder Stecker eingekauft. Eine Mengenerfassung dieser Produkte ist nach Aussage der Unternehmen nur mit hohem Aufwand möglich, da hierzu alle Rechnungen kontrolliert und Mengen summiert werden müssen.

Insgesamt wurden die Daten von 19 verschiedenen Rohstoffströmen erfasst und untersucht. Bei den erfassten Rohstoffen handelt es sich ausschließlich um produktionsspezifische Rohstoffe der Wirtschaftszweige.

Erhebung der Abfalldaten

Für eine einfache Übersicht der Abfalldaten und zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit wurden zunächst Leitbezeichnungen eingeführt. Diese Leitbezeichnung um Abfallströme genauer differenzieren zu können. Durch die Einführung von Leitbezeichnungen konnten in diesem Projekt Abfälle getrennt betrachtet werden, die meist in Bilanzen oder Rechnungen einer Abfallart zugeordnet wurden. Diese Leitbezeichnungen gewährleisteten zusätzlich einen einheitlichen Vergleich der Abfalldaten innerhalb eines Wirtschaftszweiges und darüber hinaus.

Generell spielte die Unternehmensgröße bei der Entsorgung eine entscheidende Rolle. Wobei es zunächst jedem Unternehmen selbst überlassen war, wie es mit den Abfällen umgeht, solange es nicht gegen das Kreislaufwirtschaftsgesetz verstößt. Es zeigte sich bei der Durchführung der Datenerhebung, dass gerade Abfälle kleiner Unternehmen zunehmend kommunal und ohne Gewichtserfassung entsorgt wurden. Die Abfallmengen wurden daher zunächst von Volumen in Gewicht umgerechnet. Auch die regional unterschiedlichen Abholzeiträume wurden berücksichtigt. Die Entlee-

rung der Tonnen konnte in den entsprechenden Abfallsatzungen der Kommunen recherchiert werden. Für die Umrechnung wurden allgemein gültige Umrechnungsfaktoren der Statistischen Ämter verwendet. Die Füllstände der Tonnen werden durch Stichproben erfasst.

Die systematischen Beobachtungen waren für die Qualität der Auswertung in diesem Projekt zwingend notwendig. Im Zuge dieser Beobachtungen wurden Informationen festgehalten, die einen Einblick über die Abfalltrennung vor Ort gaben. Notiert wurden Informationen zur Füllhöhe, die Behältergröße, die Abfalltrennung und die lokalen Gegebenheiten (wie zum Beispiel die Platzverhältnisse) auf dem Abfallsammelplatz. Durch die Einbindung quantitativer Daten konnten so Ungenauigkeiten bei der Umrechnung von Volumina zu Tonnagen vermeiden.

Je nach Unternehmensausrichtung variierten die Abfallarten zum Teil deutlich, auch innerhalb der Wirtschaftszweige. So konnten zum Beispiel in der Bäckereibranche insgesamt 10 verschiedene Abfallarten identifiziert werden. Der kleinste Betrieb entsorgte 6 Abfallarten und der größte 10. Trotz ähnlicher Produkte und ähnlicher Prozesse.

Insgesamt wurde in allen Wirtschaftszweigen eine Zunahme der entsorgten Abfallarten mit zunehmender Unternehmensgröße beobachtet. Für die Entsorgung der 66 Abfallarten waren insgesamt 46 Entsorgungsunternehmen zuständig. Darunter, öffentlich-rechtliche und private. Letztere bieten meist ein breiteres Spektrum an Abfällen zur Entsorgung an. In ländlicheren Regionen wurde beobachtet, dass die Auswahl an Abfallarten, die an den Entsorger abgegeben werden konnten, geringer ausfielen, als in städtischen Regionen mit guter Infrastruktur.

Aufgrund der vorab definierten Systemgrenzen des Projektes wurden die entsprechenden Verwertungswege nicht näher untersucht. Hier wäre ein weiteres Projekt notwendig um Rückschlüsse auf die Verwertungstechniken ziehen zu können. Insgesamt wurden in den drei untersuchten Geschäftsjahren bei allen Wirtschaftspartnern rund 40.646,69 Tonnen an Abfällen entsorgt. Das waren im Geschäftsjahr 2019: 12.458,42 Tonnen, im Geschäftsjahr 2020: 12081,83 Tonnen und im Geschäftsjahr 2021: 16106,45 Tonnen.

Aufgrund der Tatsache, dass nicht alle Abfallarten typisch und regelmäßig (d.h. in jedem Geschäftsjahr) in den Unternehmen vorkommen (z.B. gelegentlich vorkommende Abfälle wie Altreifen in Schreinereien etc.) wurden die Abfälle in zwei Kategorien unterteilt. Zum einen die produktionsspezifischen Abfälle, die regelmäßig durch Produktionsprozesse vorkommen. Zum anderen nicht produktionsspezifische Abfälle. Das sind Abfälle, die nur in unregelmäßigen Abständen vorkommen (d.h. nicht in jedem Geschäftsjahr).

3.3 Anpassung der Benchmark-Methodik

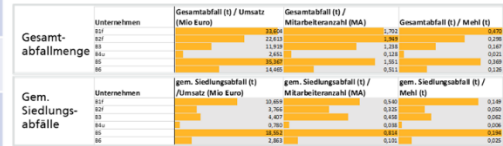
Als Instrument der operativen Wettbewerbsanalyse ist das Benchmarking gerade in verschiedensten Wirtschaftszweigen weit verbreitet. Es lassen sich neben Geschäftsbereichen auch Unternehmen in einem Wirtschaftszweig hinsichtlich Ihrer Leistungen vergleichen (Böhnert 1999). Auch im Hinblick auf die Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale kann Benchmarking ein geeignetes Tool sein, mit dem sich die Wirtschaftskraft von Unternehmen messen und steigern lässt. Wichtig für ein Benchmarking sind Kennzahlen, die auch einen Unternehmensübergreifenden Vergleich zulassen.

BENCHMARKING „DigiCHECK Abfall“

Abfallvermeidungspotenziale

AEV-Schlüssel	Bezeichnung Abfallart	Menge KMU 1	Menge KMU 2	Menge KMU n
150101	Papier, Pappe/ Kartonagen	2t Abfall / t Rohstoff !	4t Abfall / t Rohstoff	...
200201	Gemischte Siedlungsabfälle	4t Abfall / t Rohstoff	3t Abfall / t Rohstoff !	...
200135	Gebrauchte elektrische und...	1t Abfall / t Rohstoff !	2t Abfall / t Rohstoff	...
...

! = Hinweis auf Abfallvermeidungspotenziale



Abfallverwertungspotenziale

Wirtschaftszweig	Menge Abfall stoffliche Verwertung	Menge Abfall energetische Verwertung	Menge Abfall Beseitigung
150101	Papier, Pappe/ Kartonagen	2t Abfall	4t Abfall (stofflich verwertet)
200201	Gemischte Siedlungsabfälle	4t Abfall	3t Abfall !
200135	Gebrauchte elektrische und...	1t Abfall	2t Abfall (energetisch verwertet) !
...

! = Hinweis auf Abfallverwertungspotenziale



Abbildung 9: Systematische Darstellung des angepassten Benchmarking-Systems.

In diesem Projekt wurde die zugrundeliegende Systematik des Tools (der Firma Elogplan GmbH) genutzt und an die Projektbedürfnisse angepasst. Hierzu wurden wie in Kapitel 2.4 beschrieben eine Datenbank angelegt, die die projektspezifischen Daten beinhaltet.

3.4 Benchmarking der Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale

Die Auswertung der quantitativen und qualitativen Daten wurde für jeden, der im Projekt untersuchten Wirtschaftszweige, separat durchgeführt. Es konnten Daten aus drei Geschäftsjahren (2019 bis einschließlich 2021) erfasst und analysiert werden.

Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse im Kontext der Projektziele zusammengefasst und erläutert. Aufgrund der Homogenität der Daten über die drei untersuchten Geschäftsjahre wird im Folgenden das Geschäftsjahr 2019 näher dargestellt und erläutert.

3.4.1. Allgemeine (branchenübergreifende) Erkenntnisse

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln erläutert, bedarf es für das Benchmarking von Unternehmen im Kontext der Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale, zunächst einer guten quantitativen als auch qualitativen (und möglichst digitalen) Datengrundlage. Aufgrund der hohen Diversi-

tät der teilnehmenden KMU (v.a. auch innerhalb einiger Wirtschaftszweige) wurden nicht nur Produktions- und Rohstoffparameter, sondern auch betriebswirtschaftliche Kennzahlen erfasst und getestet.

Um eine Vergleichbarkeit der KMU in den Wirtschaftszweigen zu gewährleisten und ein Benchmarking zu ermöglichen, müssen die Rohstoffe zunächst in den zu vergleichenden Unternehmen vorkommen und auch in gleicher Art und Weise (Produktionsprozesse) verarbeitet werden.

Es stellte sich bereits zu Beginn heraus, dass die untersuchten KMU in den Wirtschaftszweigen zum Teil sehr unterschiedliche Produktionsverfahren hatten, sodass sich auch die verarbeiteten Rohstoffe entsprechend unterschieden. Es konnten daher nicht alle Rohstoffe für das Benchmarking verwendet und getestet werden. KMU in den Wirtschaftszweigen „Herstellung von Teig- und Backwaren“ und „Herstellung von Kunststoffwaren“ hatten eine sehr hohe betriebliche und strukturelle Ähnlichkeit. Auch im Wirtschaftszweig „Bautischlerei“ ähnelten sich die Betriebe stark. Hier wurden die verarbeiteten Rohstoffe zusammengefasst und die Kategorie „Werkstoffe“ für die weitere Auswertung genutzt.

Die Abfälle, die von den KMU entsorgt wurden, hatten verschiedene Charakteristika. Es wurden neben nicht gefährlichen Abfällen, die einen großen Anteil der entsorgten Abfallmengen ausmachten, auch gefährlichen und ungefährlichen Abfälle entsorgt (siehe Abbildung 10).

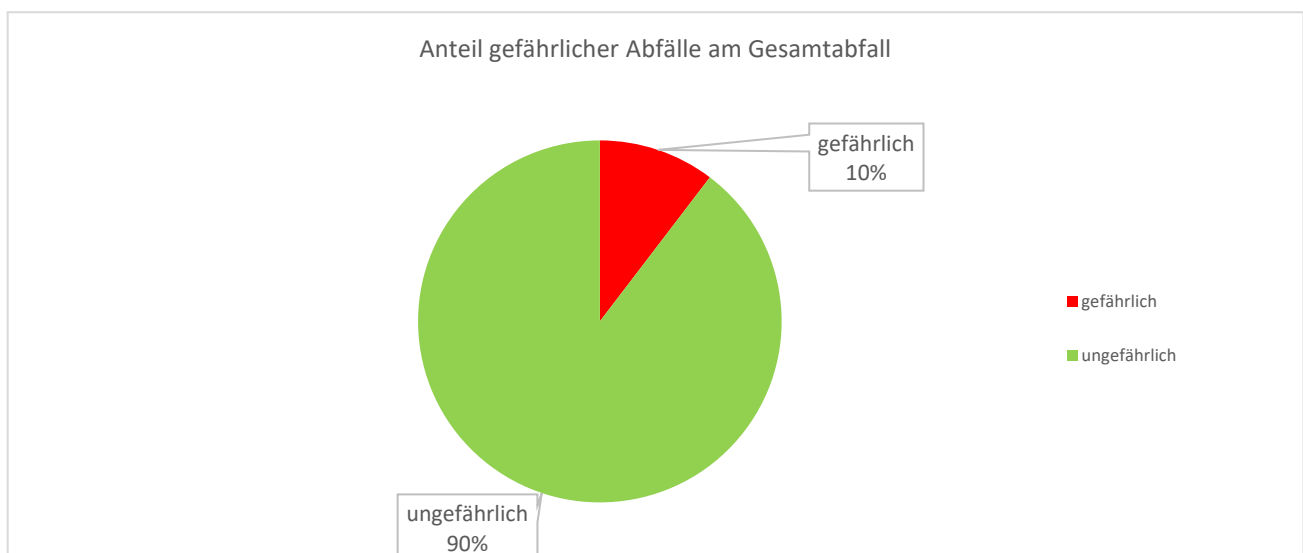


Abbildung 10: Darstellung der Anteile gefährlicher Abfälle am Gesamtabfallaufkommen. Berücksichtigt wurden in dieser Darstellung alle Abfälle der Branchen und Unternehmen über alle drei Geschäftsjahre hinweg.

Der Anteil gefährlicher Abfälle in diesem Projekt betrug insgesamt 10%. Nicht alle Wirtschaftszweige und Unternehmen entsorgt im untersuchten Zeitraum gefährliche Abfälle. Ob ein Unternehmen gefährliche Abfälle entsorgte lag meist an den Produktionsprozessen und an den verarbeiteten Materialien. Auch innerhalb der Wirtschaftszweige gab es Unterschiede hinsichtlich der Entsorgung von gefährlichen Abfällen. Diese lassen sich zum Beispiel durch die individuellen Produktionsprozesse und den hohen Spezialisierungsgrad begründen.

Die Vermeidung von Abfällen ist die wichtigste Maßnahme für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen. Dennoch lassen sich Abfälle nicht vermeiden und müssen entsorgt werden. Hier gibt auch das Kreislaufwirtschaftsgesetz eine Hierarchie vor, der es zu folgen gilt. Lassen sich Abfälle nicht

vermeiden ist es notwendig diese zunächst zu verwerten. In der Verwertung werden drei Mechanismen unterschieden und in diesem Projekt näher betrachtet. Die stoffliche Verwertung, die energetische Verwertung und die Beseitigung.

Eine Voraussetzung für eine stoffliche Verwertung ist die sortenreine Trennung der Abfälle/Rohstoffe. Hier können die Stoffe in physikalischen und/oder chemischen Aufschlussverfahren wiederaufbereitet und als Sekundärrohstoffe verwendet werden. Abfälle einer energetischen Verwertung hinzuzuführen ist dann sinnvoll, wenn die Abfälle durch keines der vorher genannten Aufschlussverfahren wiederaufbereitet werden können. Bei der energetischen Verwertung werden die Stoffe dann in Anlagen verbracht, in denen die Abfälle anschließend verbrannt werden. Der dabei entstehende Energieüberschuss wird dann in Form von Wärme und Strom in das lokale Netz eingespeist. Wenn Abfälle weder stofflich noch energetisch verwertet werden können, bleibt zum Schluss nur die Beseitigung.

Im Rahmen dieses Projektes wurde auch die Verwertung der Abfälle und Unternehmen, bzw. Wirtschaftszweige untersucht. Insgesamt betrachtet, lässt sich aus Abbildung 11 erkennen, dass lediglich 0,18% der Abfälle Beseitigt wurden. Die energetische Verwertung trägt mit einem Anteil von 12,9% und die stoffliche Verwertung mit einem Anteil von 86,91% zur Gesamtbilanz bei.

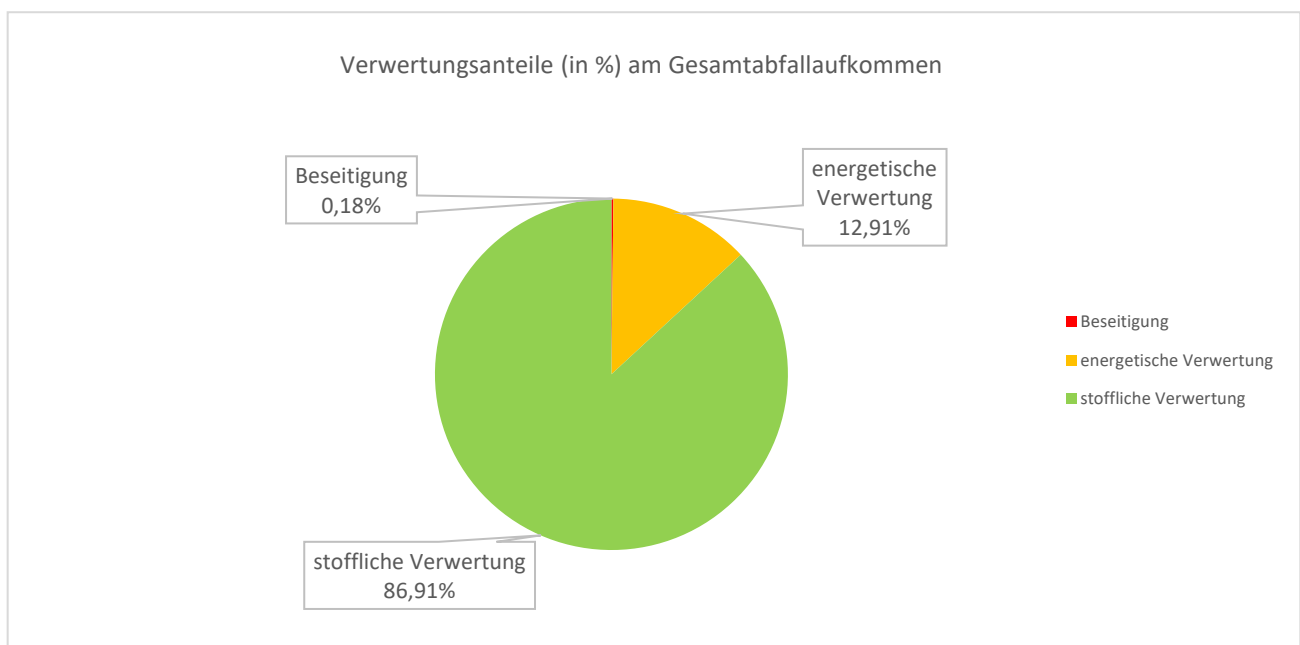


Abbildung 11: Darstellung der Verwertungsanteile: Beseitigung, energetische Verwertung und stoffliche Verwertung am Gesamtabfallaufkommen aller Unternehmen über alle drei Geschäftsjahre hinweg.

3.4.2. Bautischlerei (WZ 43.32)

Allgemeine Informationen zum Wirtschaftszweig

Der Wirtschaftszweig „Bautischlerei“ ist mit 38.000 Betrieben und über 200.000 Beschäftigten ein wichtiger Wirtschaftszweig in Deutschland (Stand 2022, Quelle: <https://www.tischler-schreiner.de>). Auch in Bayern haben die rund 3.100 Betriebe mit ihren rund 40.000 Beschäftigten einen großen und wichtigen Anteil an der Wirtschaftskraft (Stand 2022, Quelle: <https://www.schreiner.de>). Die Digitalisierung, steigende Kundenanforderungen, Fachkräftemangel und die knappe Verfügbarkeit von

(natürlichen) Rohstoffen stellen viele Betriebe täglich vor neuen Herausforderungen. Aus den untersuchten Rohstoffen geht hervor, dass Schreinereibetriebe nicht nur nachwachsende Rohstoffe verarbeiten, sondern je nach Produkt und Anwendung auch entsprechende Kunststoffe.

Untersuchte Unternehmen

In diesem Wirtschaftszweig wurden vier Unternehmen untersucht. Bei den untersuchten Unternehmen handelt es sich um familiengeführte Unternehmen, die seit mehreren Generationen existieren. Die Umsatzspanne in diesem Wirtschaftszweig reicht zwischen 0,41 und 13,56 Mio. Euro. Hiervon hat das kleinste Unternehmen 6 Mitarbeitende und das größte 68 Mitarbeitende. Die Abfallmengen schwanken zwischen 10,71 Tonnen im kleinsten und 59,5 Tonnen im größten Unternehmen. Die Abfälle der Betriebe in diesem Wirtschaftszweig wurden gewerblich entsorgt. Zwei von vier Betrieben wiesen einen mittleren Digitalisierungsgrad auf. Die Datenqualität und -quantität war in diesem Wirtschaftszweig insgesamt als gut zu bezeichnen.

Rohstoffsituation

Aufgrund des Spezialisierungsgrades wurden die verarbeiteten Rohstoffe zusammengefasst. Als branchentypischer Stoffstrom wurde folgender zusätzlicher Stoffstrom untersucht: „Werkstoffe“.

Entsorgungssituation

In dem Wirtschaftszweig wurden insgesamt 12 Abfälle als produktionsspezifisch eingeordnet und im Folgenden näher untersucht.

Bei näherer Betrachtung und unter Berücksichtigung quantitativer und qualitativer Daten lassen sich Unterschiede bei den Unternehmen im Wirtschaftszweig hinsichtlich ihres Abfallaufkommens erkennen. Die in Abbildung 12 dargestellten Abfallarten stellen eine Gesamtübersicht der entsorgten Abfallarten dar.

Beim Betrachten der Abfallmengen und Abfallarten in Abbildung 12 zeigt sich, dass KMU S4 keine Holzabfälle entsorgte. KMU S2 trennte insgesamt am meisten Abfälle und erfasste auch Folien und Styropor getrennt. Diese beiden Abfallarten wurden in den anderen Unternehmen nicht getrennt erfasst, sondern wurden anderen Abfallarten zugeführt. Insgesamt nahmen die Abfallmengen und Abfallarten mit der jeweiligen Unternehmensgröße ab. D.h. je kleiner die Unternehmen sind, desto weniger Abfälle und Abfallmengen werden entsorgt.

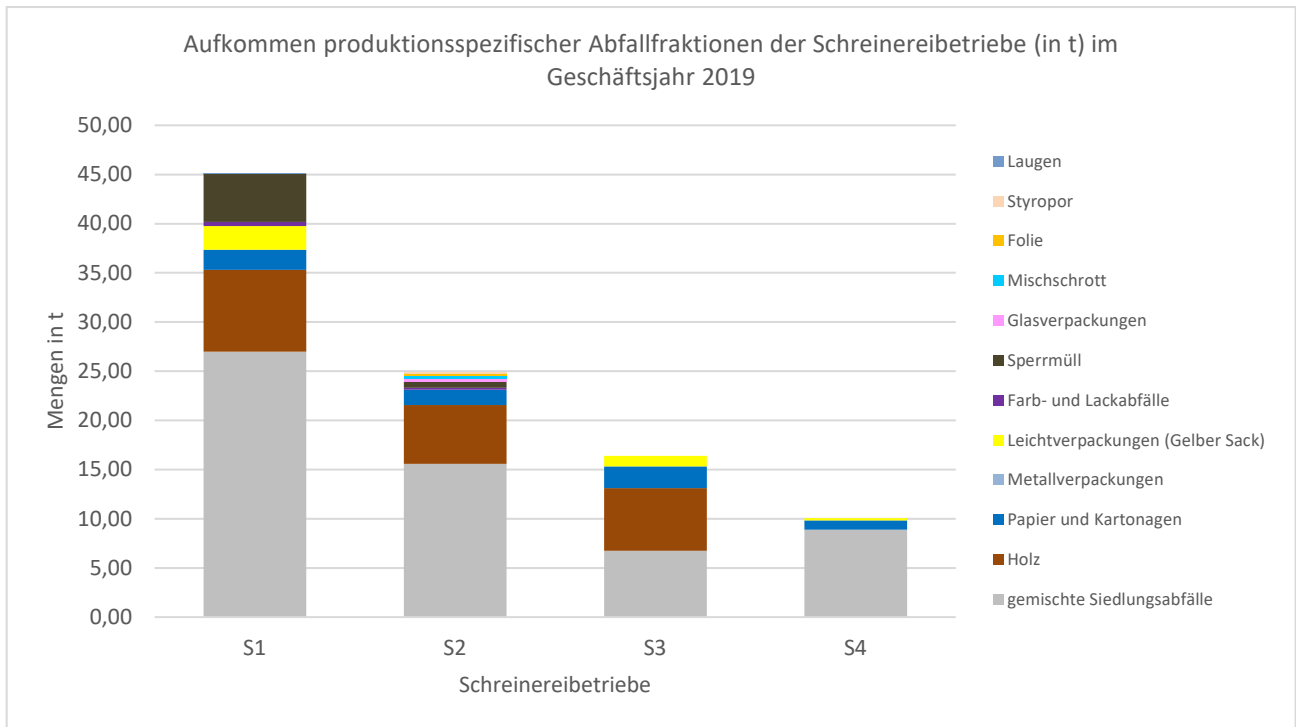


Abbildung 12: Vergleichende Übersicht aller KMU im Wirtschaftszweig „Bautischlerei und -schlosserei“. Es werden die Abfallarten und deren Mengenanteile (in t) dargestellt. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Gefährliche Abfälle

In diesem Wirtschaftszweig wurden über die Dauer des Projektes gefährliche Abfälle entsorgt. Diese kamen in 2 der 4 untersuchten Unternehmen vor und hatten einen Anteil von 0,69% an der Gesamtmenge der Entsorgten Abfälle in diesem Wirtschaftszweig.

Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale

Im Folgenden wurden die Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale für den Wirtschaftszweig „Bautischlerei und -schlosserei“ identifiziert und näher betrachtet. Die Verhältnisse der einzelnen Abfallarten und den entsprechenden Abfallmengen der Unternehmen zu den jeweiligen Gesamtabfallmengen werden in Abbildung 13 dargestellt.

Ein Zusammenhang der Abfallmengen im Verhältnis zur Unternehmensgröße (die von links nach rechts abnimmt) ist nicht erkennbar.

Auffällig beim Betrachten von Abbildung 13 ist, dass das Unternehmen S4 mit einem Siedlungsabfall-Anteil von nahezu 90% im Vergleich zu den anderen Unternehmen bis zu 50% mehr entsorgt. Ebenso zeigt sich, dass S4 im Vergleich zu den anderen 3 KMU nur 3 Abfallarten getrennt entsorgt. Im Vergleich hierzu ist KMU S2 der Benchmark. Dieses Unternehmen trennt und entsorgt entsprechend viele Abfälle. In diesem Unternehmen wurden Folien und Styropor getrennt entsorgt.

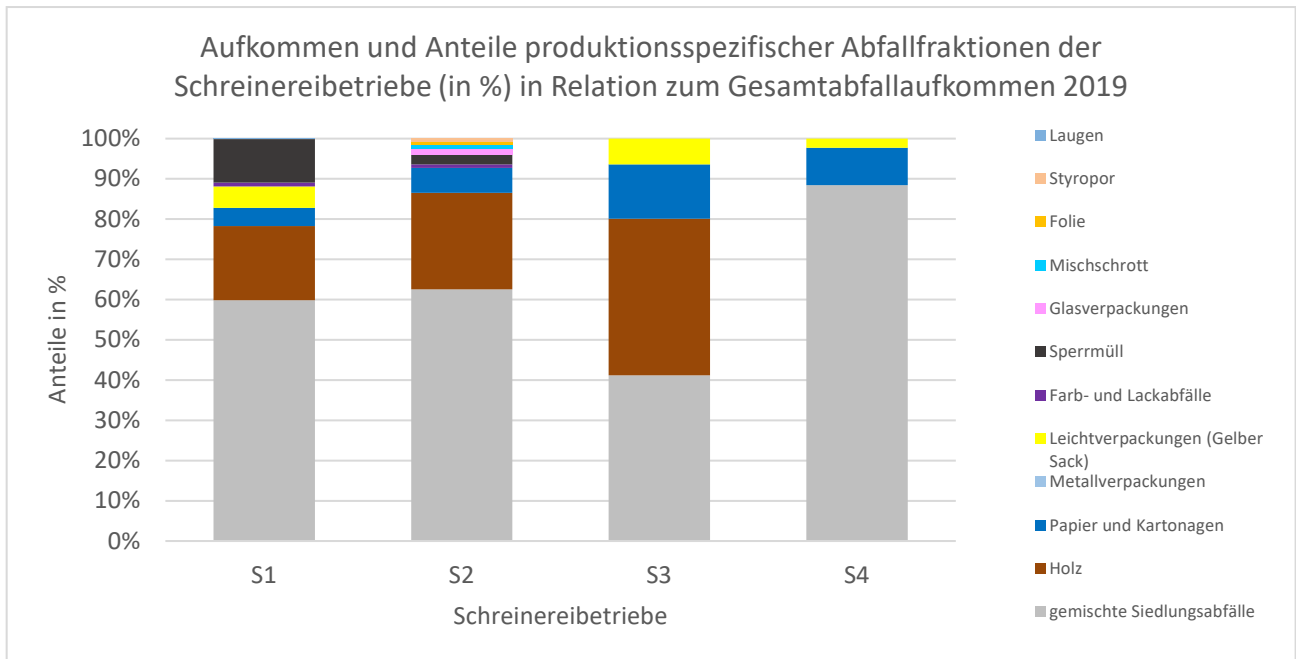


Abbildung 13: Vergleichende Übersicht aller KMU im Wirtschaftszweig „Bautischlerei und -schlosserei“. Es werden die Abfallarten und deren Mengenanteile (in %) am jeweiligen Gesamtabfall des Unternehmens dargestellt. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Da jeder Abfallart auch eine entsprechende Verwertungsart zugeteilt wurde, konnten auch Verwertungspotenziale untersucht werden. In Abbildung 14 zeigt sich, dass in diesem Wirtschaftszweig zunächst keine Abfälle beseitigt wurden. Das schlechteste Verwertungsverhältnis hat KMU S4 mit 11% stofflicher Verwertung. Der Benchmark in diesem Kontext ist Unternehmen S3. Hier werden mit 59% am meisten Abfälle stofflich verwertet. Zwischen dem Klassenbesten und -schlechtesten ist ein Verwertungspotenzial von 47% feststellbar. Selbst in den anderen Unternehmen S1 und S2 ist ein stoffliches Verwertungspotenzial vorhanden. Dieses ist jedoch mit ca. 20% etwas geringer. Insgesamt ist der stoffliche Verwertungsanteil durchschnittlich bei 38%.

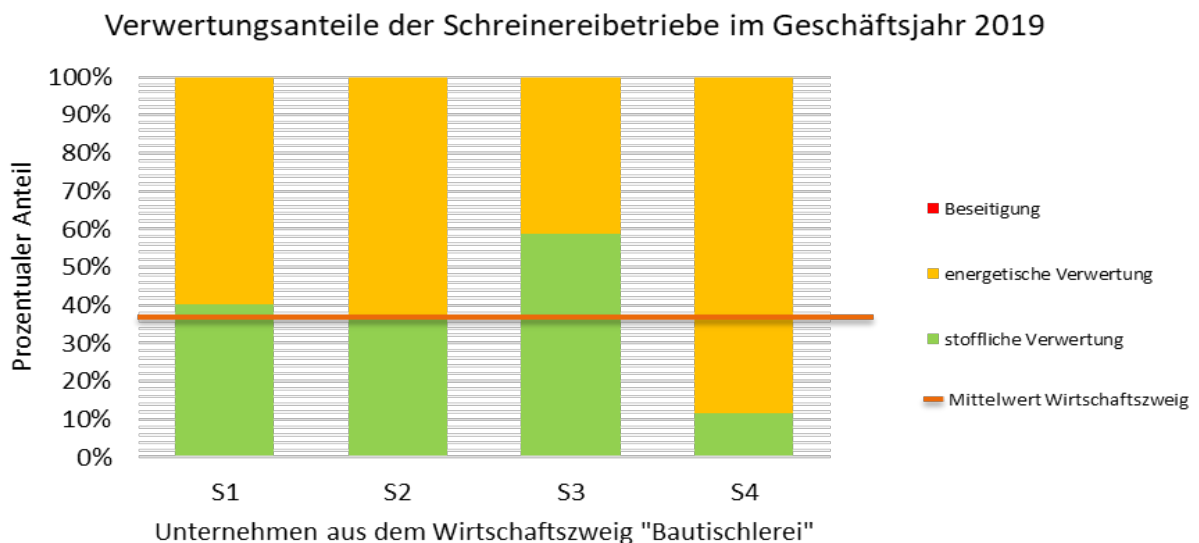


Abbildung 14: Übersicht der Abfallverwertungsanteile der KMU im Wirtschaftszweig „Bautischlerei“ im Geschäftsjahr 2019. In grün werden alle Abfallmengen in % dargestellt die stofflich verwertet werden. In Orange

werden die prozentualen Anteile der Abfallmengen, die energetisch Verwertet werden dargestellt. Abfälle zur Beseitigung werden, wenn vorhanden, rot dargestellt.

Test der Benchmark-Methode mit den wirtschaftszweigspezifischen Kennzahlen

Im Folgenden wurden verschiedene Abfallströme mit unterschiedlichen betriebsspezifischen Parametern in Relation gesetzt und auf Plausibilität getestet. Hierzu wurden die quantitativen und qualitativen Daten in gleichem Maße in der Auswertung berücksichtigt.

Zunächst ließ sich feststellen, dass die Unternehmen in diesem Wirtschaftszweig trotz der ähnlichen Betriebsstruktur und des ähnlichen Produktportfolios unterschiedliche Rohstoffe verarbeiteten. Wegen dieser Rohstoffdiversität (hier vor allem Holz- und Kunststoffstoffe) wurden zunächst alle Rohstoffe unter dem Begriff „Werkstoffe“ zusammengefasst und im Benchmarking getestet. Als nächstes wurden die Abfallarten der KMU in dem Wirtschaftszweig betrachtet und verglichen. Um die Abfallarten miteinander vergleichen zu können, sollten diese auch in allen Unternehmen vorkommen. Deshalb wurden nur Abfallarten für das Benchmarking ausgewählt und getestet, die in mehr als der Hälfte der KMU des Wirtschaftszweiges vorkamen. Als weiterer Vergleich wurde der Gesamtabfall hinzugezogen um diesen ebenfalls zu vergleichen und Zusammenhänge und Potenziale aufzuzeigen. Nach der Auswahl aller Kriterien für das Benchmarking wurden 4 Abfallarten, sowie 3 Stoffströme für das Benchmarking getestet. Die Ergebnisse der Tests zeigen sich in den folgenden Abbildungen.

In Abbildung 15 wurden zunächst alle ermittelten Parameter im Verhältnis zur Gesamtabfallmenge betrachtet und verglichen. Auffällig ist, dass sich bei näherem Betrachten die Kennzahlen nicht stark differenzieren. Das bedeutet eine gute Vergleichbarkeit und Eignung der Parameter für das Benchmarking.

KMU	Gesamtabfall (t) / Umsatz (Mio Euro)	Gesamtabfall (t) / Mitarbeiteranzahl (Kopf)	Gesamtabfall (t) / Plattenwerkstoffe (m ²)	Gesamtabfall (t) / Vollholz (m ³)	Gesamtabfall (t) / Werkstoffe insgesamt (m ²)
S1	3,51	0,81	0,20	0,20	0,10
S2	9,97	0,71	0,13		0,13
S3	18,22	1,37	0,18	0,23	0,10
S4	24,23	1,44	0,21	0,31	0,18

Abbildung 15: Gegenüberstellung der wirtschaftszweigspezifischen Kennzahlen für das Benchmarking des Gesamtabfalls. In dem Wirtschaftszweig „Bautischlerei“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Am besten für das Benchmarking sind in unserem Projektumfeld die Parameter „Umsatz“ und „Werkstoffe“ geeignet, da diese die beste Aussagekraft haben und die Unternehmen bestmöglich darstellen.

Betrachtet und vergleicht man die Werte Gesamtabfall in to/Umsatz in Mio. Euro der Unternehmen miteinander ist KMU S1 das Unternehmen mit der niedrigsten Abfallmenge in to / Mio. Euro Umsatz und ist dadurch effizienter als die anderen KMU in dem Wirtschaftszweig. Betrachtet man das Verhältnis zwischen dem Parameter Gesamtabfall (to) / Werkstoffe (m³) ist KMU S4 das ineffizienteste und KMU S1 und S2 die effizientesten Unternehmen im Wirtschaftszweig. Hier liegt das Vermeidungspotenzial nahezu bei Faktor 2 für KMU S4. D.h. es kann bis zu 50% der Abfallmenge vermieden werden.

Betrachtet man die Parameter im Zusammenhang mit der Abfallart „gemischte Siedlungsabfälle“ in Abbildung 16, lassen sich Ähnlichkeiten zu Abbildung 15 erkennen. In der Umsatzbetrachtung liegt S1 vorne und hat mit Abstand das beste Verhältnis zwischen Abfallmenge und Umsatz. D.h. KMU

S1 hat die geringste Menge an Siedlungsabfällen, wirtschaftet dadurch im Vergleich zu den anderen KMU am effizientesten und ist deshalb als Klassenbester zu bezeichnen. Die Betrachtung der Mengen des gemischten Siedlungsabfalls im Verhältnis zu den Werkstoffmengen zeigt, dass KMU S3 der Klassenbeste ist. Der Unterschied zu KMU S4, dem hier ineffizientesten KMU im Vergleich, liegt bei Faktor 4.

KMU	gemischte Siedlungsabfälle (t) / Umsatz (Mio Euro)	gemischte Siedlungsabfälle (t) / Mitarbeiterzahlen (Stk)	gemischte Siedlungsabfälle (t) / Plattenwerkstoffe (m ²)	gemischte Siedlungsabfälle (t) / Vollholz (m ³)	gemischte Siedlungsabfälle (t) / Werkstoff insgesamt (m ²)
S1	2,10	0,48	0,12	0,12	0,06
S2	6,24	0,43	0,08	0,00	0,08
S3	7,50	0,56	0,08	0,10	0,04
S4	21,42	1,00	0,28	0,28	0,16

Abbildung 16: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking der Abfallart „Gemischte Siedlungsabfälle“ in dem Wirtschaftszweig „Bautischlerei“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

In Abbildung 17 zeigt sich, dass KMU S4 im Projektzeitraum keine Holzabfälle entsorgte. Ein Vergleich der Parameter im Verhältnis zu den Holzabfällen kann deshalb nur eingeschränkt zwischen KMU -S1-3 durchgeführt werden. Bei der Betrachtung der Holzabfallmenge zum Umsatz zeigt sich, dass KMU S1 als Benchmark am effizientesten wirtschaftet, S2 und S3 sind hier um den Faktor 3,7 bzw. 11 schlechter.

KMU	Holzabfall (t) / Umsatz (Mio)	Holzabfall (t) / Mitarbeiterzahl (Stk)	Holzabfall (t) / Plattenwerkstoffe (m ²)	Holzabfall (t) / Vollholz (m ³)	Holzabfall (t) / Werkstoffe (m ³)
S1	0,65	0,15	0,04	0,04	0,02
S2	2,39	0,17	0,03	0,00	0,03
S3	7,09	0,53	0,07	0,09	0,04
S4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Abbildung 17: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking der Abfallart „Holzabfall“ in dem Wirtschaftszweig „Bautischlerei“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Eine weitere Abfallart, die in allen Unternehmen des Wirtschaftszweigs untersucht wurde sind die Papier- und Kartonabfälle. Die Ergebnisse des Benchmarking-Tests werden in Abbildung 18 dargestellt. Betrachtet man die entsorgten Papier- und Kartonagenmengen im Verhältnis zum Umsatz, ist KMU S1 das wirtschaftlich effizienteste Unternehmen mit der niedrigsten Menge Abfall. Auch der Rohstoffeinsatz ist im Verhältnis zur betrachteten Abfallmenge am effizientesten. S1 stellt sich daher auch in diesem Testvergleich als klassenbestes KMU heraus. KMU S2-S4 haben hier ein Effizienzpotenzial hinsichtlich ihrer Papier- und Kartonabfälle um einen Faktor von bis zu 4, bei der Betrachtung im Vergleich zu den Werkstoffen und um einen Faktor von bis zu 13 bei der Betrachtung des Umsatzes.

KMU	Papier und Kartonagen (t) / Umsatz (Mio Euro)	Papier und Kartonagen (t) / Mitarbeiteranzahl (MA)	Papier und Kartonagen (t) / Plattenwerkstoffe (m ²)	Papier und Kartonagen (t) / Vollholz (m ³)	Papier und Kartonagen (t) / Werkstoffe (m ³)
S1	0,16	0,04	0,01	0,01	0,00
S2	0,62	0,04	0,01	0,00	0,01
S3	2,46	0,18	0,02	0,03	0,01
S4	2,25	0,05	0,04	0,13	0,02

Abbildung 18: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking der Abfallart „Papier und Kartonagen“ in dem Wirtschaftszweig „Bautischlerei“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Die untersuchten Schreinereibetriebe ähneln sich aufgrund Ihrer Struktur, der Produktionsprozesse und Rohstoffe. Das bedeutet, dass insgesamt betrachtet sehr ähnliche Abfälle entsorgt wurden.

Es stellte sich dennoch heraus, dass die Abfallmengen und Abfallarten mit der Unternehmensgröße abnahmen.

Der Verwertungsanteil bei den Schreinereibetrieben ist mit durchschnittlich 38% eher gering. In diesem Wirtschaftszweig wurden mit 0,69% Anteilig geringfügige Mengen gefährlicher Stoffe entsorgt, aber keine Abfälle beseitigt.

Das Benchmarking ist in diesem Wirtschaftszweig möglich. Wirtschaftszweigspezifische Kennzahlen sind „Umsatz“ und „Werkstoffe“. Die Vermeidungspotenziale, die sich durch das Benchmarking ermittelt wurden, lagen bei einzelnen Abfallarten bei Faktor 13 im Vergleich zum jeweiligen Klassenbesten.

3.4.3. Herstellung von Teig- und Backwaren (WZ 10.7)

Allgemeine Informationen zum Wirtschaftszweig

Über die vorangegangene Recherche zu rohstoffintensiven Wirtschaftszweigen (siehe Zwischenbericht 1) fiel die Auswahl auf den Wirtschaftszweig „Herstellung von Teig- und Backwaren“. Bayernweit existieren aktuell 2.253 Betriebe mit rund 7.600 Verkaufsstellen (Stand 2022, Quelle: www.baeckerhandwerk.de). Als Filialbetriebe werden in diesem Projekt Betriebe mit mehr als 2 Filialen bezeichnet.

Untersuchte Unternehmen

In diesem Wirtschaftszweig wurden 6 Betriebe näher untersucht. Die Umsatzgrößenverteilung lässt sich aus Abbildung 5 entnehmen. Bis auf ein Unternehmen sind alle Betriebe Familienunternehmen. KMU B4u konnte als einziges Unternehmen ein Umweltmanagement in diesem Wirtschaftszweig vorweisen. Alle untersuchten Unternehmen haben eine ähnliche Unternehmensstruktur, ähnliche Produktionsprozesse und Produkte. Die Datenqualität und -quantität ist bei allen Unternehmen insgesamt als gut zu bezeichnen.

Rohstoffsituation

Betrachtet man zunächst den Rohstoffverbrauch, so lässt sich feststellen, dass bei der Verarbeitung nahezu in allen Unternehmen des Wirtschaftszweigs die gleichen Rohstoffe verwendet wurden.

Entsorgungssituation

In dem Wirtschaftszweig konnten insgesamt 10 produktionspezifische Abfallarten identifiziert werden, die in allen KMU vorkamen und in diesem Projekt näher untersucht wurden. Die Abfallsortierung war in den Betrieben unterschiedlich. Kleine Unternehmen sortierten weniger als große Unternehmen. Bei der Entsorgung von Abfällen über kommunale Entsorger wurde ein zusätzlicher Rechenschritt für die Umrechnung von Volumen in Gewicht notwendig.

Aufgrund der unterschiedlichen Unternehmensgrößen konnten im Folgenden nicht alle Bäckereien in einer Grafik gegenübergestellt werden. Die beiden größeren KMU wurden aufgrund der Übersichtlichkeit in einer eigenen Grafik dargestellt und zum Vergleich herangezogen.

Betrachtet man die ersten beiden Bäckereibetriebe B1f und B2f in Abbildung 20, handelt es sich um Großbäckereien mit verhältnismäßig vielen Filialen. In Abbildung 19 werden die kleineren Betriebe dargestellt und verglichen. Aus Abbildung 19 und Abbildung 20 lässt sich erkennen, dass unterschiedlich viele Abfallarten entsorgt werden. Während die beiden großen Unternehmen viele Abfallarten trennen, sortierten die kleinen Betriebe weniger Abfallarten.

Ein weiterer Unterschied zeigt sich bei der Betrachtung von KMU B2f. Dieses KMU entsorgte Folien separat. Auffällig ist auch, dass KMU B4u trotz der Größe weniger Abfälle entsorgt als Unternehmen B3. Ein Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und den entsorgten Abfallmengen ist nicht zu beobachten. KMU B4u und KMU B6 entsorgten keine Speisereste im betrachteten Projektzeitraum.

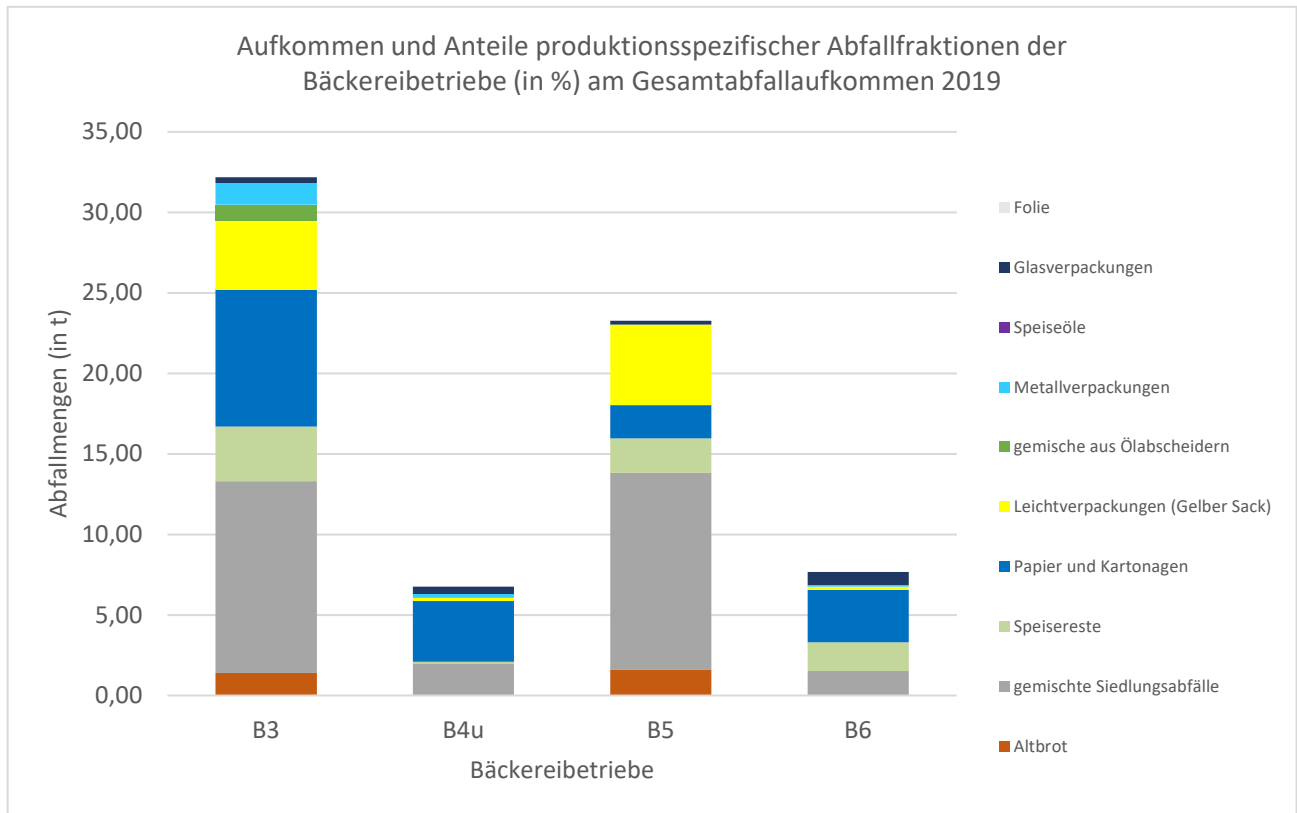


Abbildung 19: Vergleichende Übersicht aller KMU im Wirtschaftszweig „Herstellung von Teig- und Backwaren“. Es werden die Abfallarten und deren Mengenanteile (in t) dargestellt. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

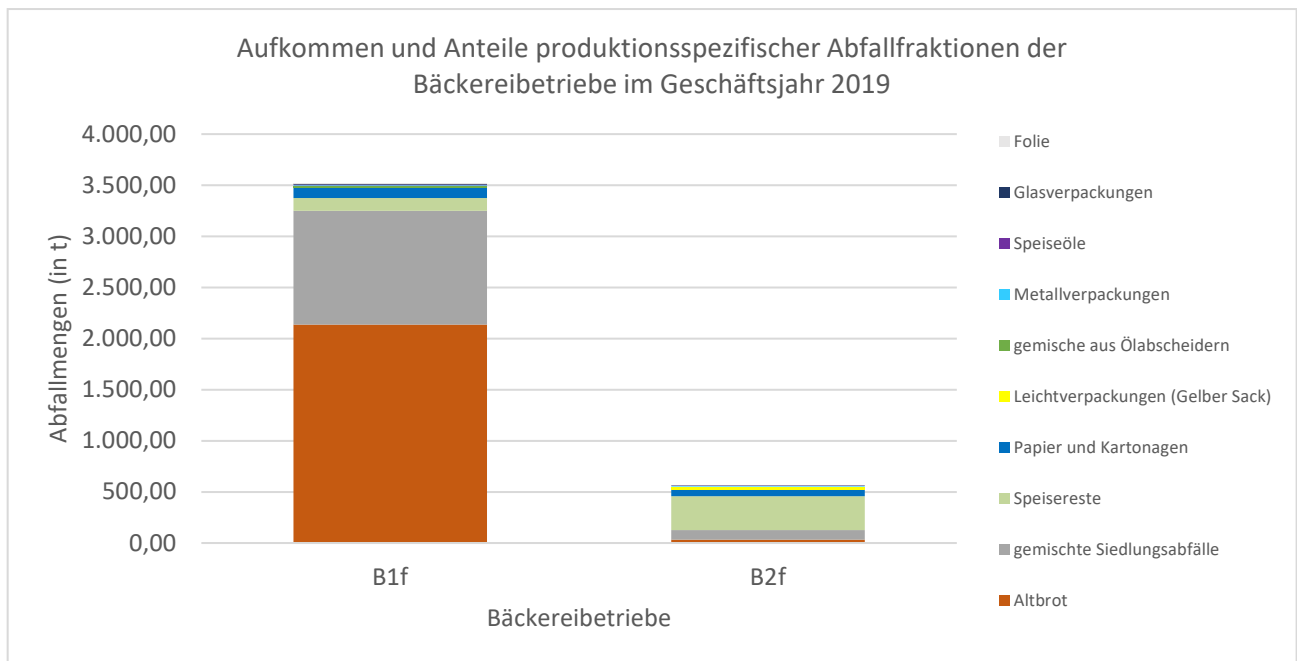


Abbildung 20: Vergleichende Übersicht beider KMU B1f und B2f im Wirtschaftszweig „Herstellung von Teig- und Backwaren“. Es werden die Abfallarten und deren Mengenanteile (in t) dargestellt. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Gefährliche Abfälle

In diesem Wirtschaftszweig wurden über die Dauer des Projektes keine gefährlichen Abfälle entsorgt.

Abfallvermeidungs- und Verwertungspotenziale

Die in Abbildung 21 und Abbildung 22 dargestellten Verhältnisse der Abfallmengen aller Abfallarten zur jeweiligen Gesamtabfallmenge verdeutlichen zum einen, dass es Unternehmen gibt, die verhältnismäßig wenig sortieren und dennoch von manchen Abfallarten mehr entsorgen als andere. Die Sortierung der Abfälle nimmt in diesem Wirtschaftszweig mit der Unternehmensgröße ab. Auffällig ist auch, dass Speisereste in den kleinen Unternehmen B3 und B5 nur wenige Prozent am Gesamtabfall ausmachten. In KMU B4u und B6 wird kein „Altbrot“ entsorgt, d.h. diese werden vermieden. Bei den großen Unternehmen waren diese Abfälle in deutlich größerer Menge vorhanden. Folien wurden nur in KMU B2 getrennt entsorgt. Auffällig in Abbildung 21 ist der hohe Anteil an Papier- und Kartonagenabfällen bei KMU B4u und B6.

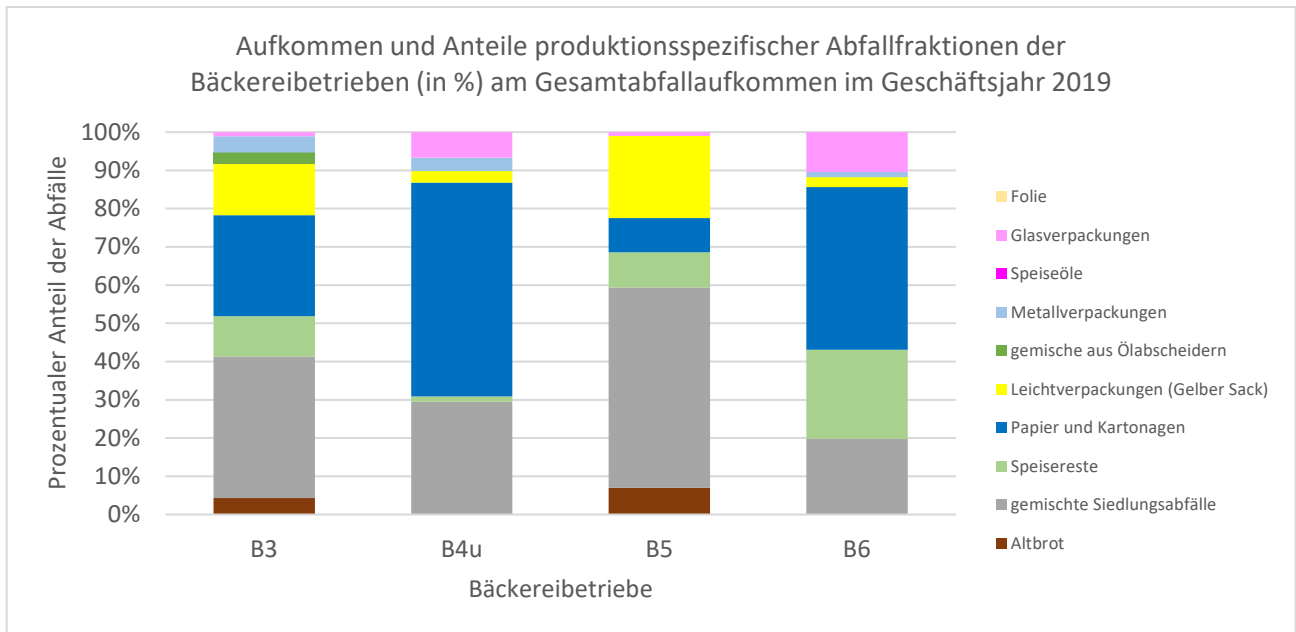


Abbildung 21: Vergleichende Übersicht der KMU B3-B6 im Wirtschaftszweig „Herstellung von Teig- und Backwaren“. Es werden die Abfallarten und deren Mengenanteile (in %) am jeweiligen Gesamtabfall des Unternehmens dargestellt. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

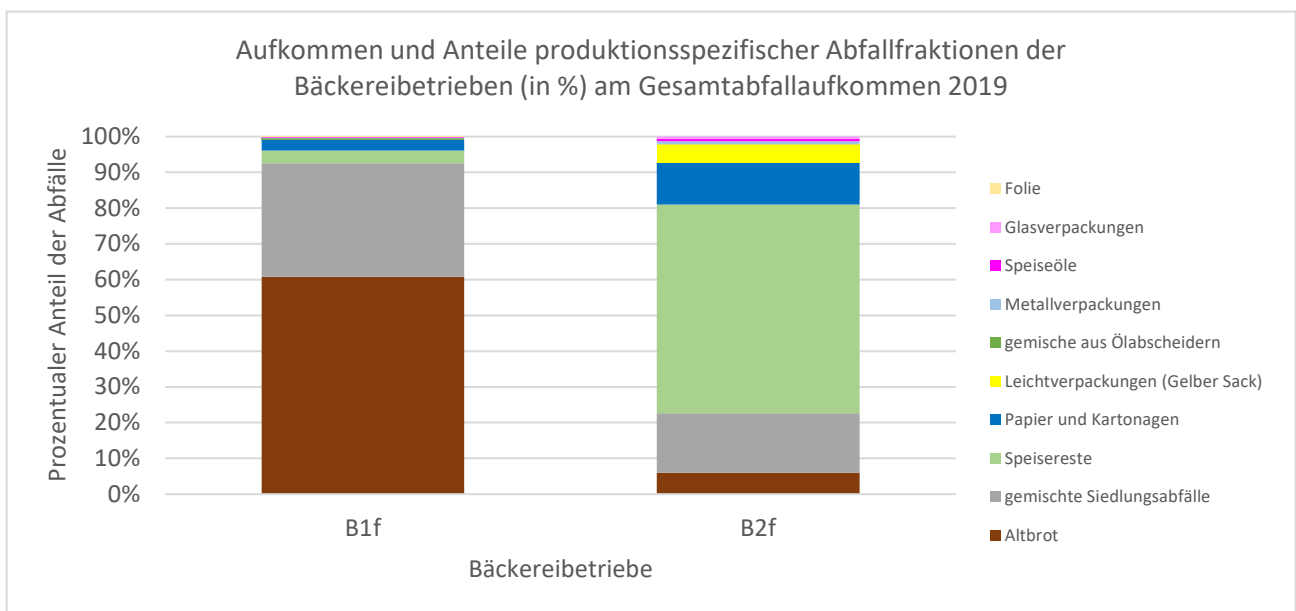


Abbildung 22: Vergleichende Übersicht der beiden KMU B1f und B2f im Wirtschaftszweig „Herstellung von Teig- und Backwaren“. Es werden die Abfallarten und deren Mengenanteile (in %) am jeweiligen Gesamtabfall des Unternehmens dargestellt. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Die Auswertung hinsichtlich der Verwertungsanteile und entsprechender Potenziale fällt in diesem Wirtschaftszweig durchweg positiv aus. Der durchschnittliche, stoffliche Verwertungsanteil von rund 69% ist verhältnismäßig hoch im Vergleich zu den anderen untersuchten Wirtschaftszweigen. Das größte Abfallverwertungspotenzial von ca. 35% ist zwischen KMU B5 und KMU B2f. Bei dem Unternehmen B2f handelt es sich um den Klassenbesten.

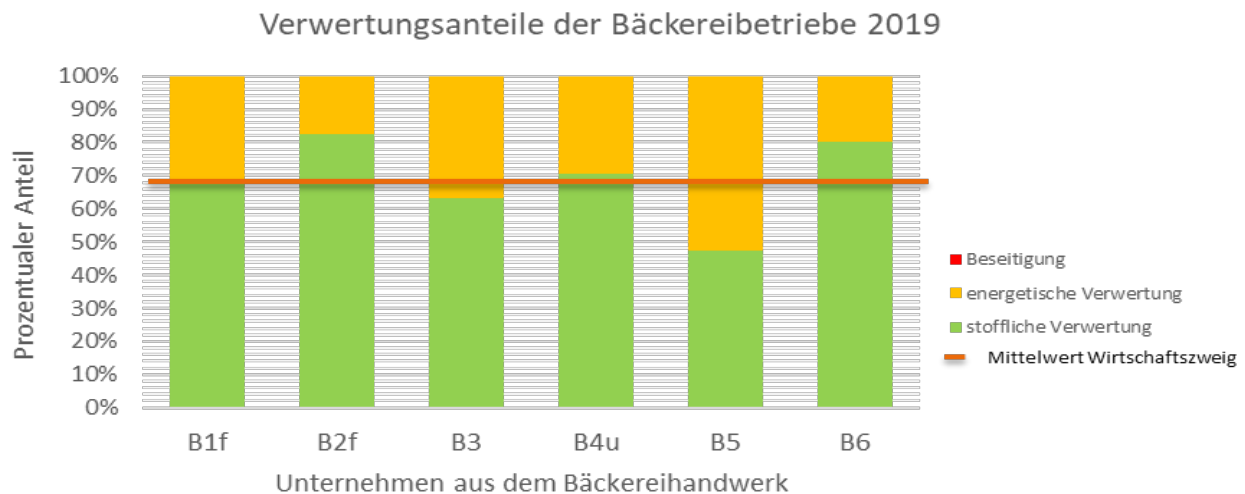


Abbildung 23: Übersicht der Abfallverwertungsanteile der KMU im Wirtschaftszweig „Herstellung von Teig- und Backwaren“ im Geschäftsjahr 2019. In grün werden alle Abfallmengen in % dargestellt die stofflich verwertet werden. In orange sind die prozentualen Anteile der Abfallmengen, die energetisch Verwertet werden dargestellt. Abfälle zur Beseitigung werden rot dargestellt.

Test der Benchmark-Methode mit den wirtschaftszweigspezifischen Kennzahlen

Im Folgenden wurden verschiedene Abfallströme mit unterschiedlichen betriebsspezifischen Parametern für das Benchmarking in Relation gesetzt und auf Plausibilität getestet.

Zunächst ließ sich beim Vergleich der KMU feststellen, dass diese im Wirtschaftszweig ähnlich strukturiert sind, ähnliche Produkte produzierten und daher die gleichen Rohstoffe in großen Mengen verarbeiteten.

In einem zweiten Schritt wurden die Abfallarten der KMU in dem Wirtschaftszweig betrachtet und verglichen. Um die Abfallarten miteinander vergleichen zu können, sollten diese auch in allen Unternehmen vorkommen. Deshalb wurden nur Abfallarten für das Benchmarking ausgewählt und getestet, die in mehr als der Hälfte der KMU des Wirtschaftszweiges vorkamen. Als weiterer Vergleich wurde der Gesamtabfall hinzugezogen um diesen ebenfalls zu vergleichen und Zusammenhänge und Potenziale aufzuzeigen. Nach der Auswahl aller Kriterien für das Benchmarking wurden 4 Abfallarten, sowie 5 Rohstoffe für das Benchmarking getestet. In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse dargestellt.

Die Vergleiche in Abbildung 24 zeigen den Zusammenhang zwischen den untersuchten Parametern im Verhältnis zur jeweiligen Gesamtabfallmenge des KMU. Hier fällt vor allem KMU B4u mit dem niedrigsten Wert auf und ist dadurch als Klassenbester was den Gesamtabfall betrifft. Alle anderen KMU haben hier ein Vermeidungspotenzial, abhängig von der betrachteten Kennzahl, von bis zu Faktor 5. KMU B1f schneidet im Vergleich zu den Anderen KMU am schlechtesten ab und hat in diesem Vergleich das größte Abfallvermeidungspotenzial.

Unternehmen	Gesamtabfall (t) / Umsatz (Mio Euro)	Gesamtabfall (t) / Mitarbeiteranzahl (MA)	Gesamtabfall (t) / Mehl (t)	Gesamtabfall (t) / Zucker (t)	Gesamtabfall (t) / Salz (t)	Gesamtabfall (t) / Hefe (t)	Gesamtabfall (t) / Eier (t)
B1f	33,604	1,702	0,470	23,118	20,656	15,607	18,280
B2f	22,613	1,949	0,298	14,129	13,333	10,830	16,627
B3	11,919	1,238	0,167	6,072	5,372	4,604	27,042
B4u	2,651	0,128	0,021	1,154	1,448	1,013	0,903
B5	35,367	1,511	0,369	8,113	2,388	20,119	40,177
B6	14,465	0,511	0,126	1,861	5,765	5,215	11,442

Abbildung 24: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking der Gesamtabfälle in dem Wirtschaftszweig. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Wie bei der Gegenüberstellung der Gesamtabfallmengen ist auch bei dem gemischten Siedlungsabfällen, in Abbildung 25 erkennbar, dass KMU B4u das Unternehmen mit dem niedrigsten Wert ist damit den Benchmark setzt. KMU B5 hat im Vergleich den schlechtesten Wert bei dieser Abfallart und damit das größte Abfallvermeidungspotenzial.

Unternehmen	gem. Siedlungsabfall (t) / Umsatz (Mio Euro)	gem. Siedlungsabfall (t) / Mitarbeiteranzahl (MA)	gem. Siedlungsabfall (t) / Mehl (t)	gem. Siedlungsabfall (t) / Zucker (t)	gem. Siedlungsabfall (t) / Salz (t)	gem. Siedlungsabfall (t) / Hefe (t)	gem. Siedlungsabfall (t) / Eier (t)
B1f	10,659	0,540	0,149	7,333	6,552	4,951	5,799
B2f	3,766	0,325	0,050	2,353	2,220	1,803	2,769
B3	4,407	0,458	0,062	2,245	1,987	1,702	10,000
B4u	0,780	0,038	0,006	0,340	0,426	0,298	0,266
B5	18,552	0,814	0,194	5,171	1,183	10,163	21,117
B6	2,863	0,101	0,025	0,369	1,141	1,031	2,265

Abbildung 25: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking der Abfallart „gemischte Siedlungsabfälle“ in dem Wirtschaftszweig. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Eine weitere Abfallart, die in allen KMU in großen Mengen vorkommt ist die Abfallart „Papier und Kartonage“. Abbildung 26 zeigt, dass KMU B4u ebenfalls wie in den Vergleichen zuvor als Klassenbestes KMU abschneidet. Das Verhältnis zwischen dem Rohstoffmengen und dem entsorgten Abfall ist in diesem KMU am besten. D.h. es wurden im Verhältnis weniger Abfälle entsorgt als in den anderen Unternehmen. Auch die Speisereste sind eine Abfallart, die in allen Unternehmen vorkamen. Die Gegenüberstellung der KMU in Abbildung 26 zeigt, dass auch hier KMU B4u Klassenbestes Unternehmen ist. Der größte Unterschied (Faktor 4,5) und damit das höchste Abfallvermeidungspotenzial liegt zwischen KMU B4u und KMU B6.

Unternehmen	Speisereste (t) / Umsatz (Mio Euro)	Speisereste (t) / Mitarbeiteranzahl (MA)	Speisereste (t) / Mehl (t)	Speisereste (t) / Zucker (t)	Speisereste (t) / Salz (t)	Speisereste (t) / Hefe (t)	Speisereste (t) / Eier (t)
B1f	1,196	0,061	0,014	0,681	0,609	0,598	0,539
B2f	13,189	1,137	0,035	1,661	1,568	6,365	1,955
B3	1,759	0,131	0,044	1,602	1,417	0,405	7,134
B4u	0,039	0,002	0,012	0,545	0,809	0,025	0,505
B5	3,247	0,142	0,033	0,616	2,169	2,111	3,291
B6	3,365	0,119	0,034	0,794	2,454	2,202	4,872

Abbildung 26: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking der Abfallart „Speisereste“ in dem Wirtschaftszweig „Herstellung von Teig- und Backwaren“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Wie in Abbildung 27 dargestellt, werden Papier und Kartonabfälle in allen untersuchten KMU entsorgt. Bei der Betrachtung des Umsatzes und der entsorgten Menge an Papier- und Kartonabfällen ist KMU B6 Klassenbestes Unternehmen. Hier liegt das Potenzial bei Faktor 6 zum ineffizientesten Unternehmen B1. Der Vergleich hinsichtlich des verarbeiteten Mehls zeigt, dass zwischen KMU B6 und KMU B1f die Abfallmengen um Faktor 4,5 unterschiedlich sind. D.h. KMU B6 entsorgt, als Klassenbestes KMU 4,5x weniger Papier- und Kartonagenabfälle als KMU B1f.

Unternehmen	Papier und Kartonage (t) / Umsatz (Mio Euro)	Papier und Kartonage (t) / Mitarbeiteranzahl (MA)	Kartonage (t) / Mehl (t)	Papier und Kartonage (t) / Zucker (t)	Papier und Kartonage (t) / Salz (t)	Papier und Kartonage (t) / Hefe (t)	Kartonage (t) / Eier (t)
B1f	0,990	0,050	0,014	0,681	0,609	0,460	0,539
B2f	2,659	0,229	0,035	1,661	1,568	1,273	1,955
B3	3,144	0,327	0,044	1,602	1,417	1,215	7,134
B4u	1,482	0,071	0,012	0,645	0,809	0,567	0,505
B5	3,154	0,138	0,033	0,794	2,454	1,300	3,154
B6	6,158	0,218	0,054	0,794	2,454	2,230	4,872

Abbildung 27: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking einzelner Abfallarten in dem Wirtschaftszweig. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

Im Benchmarking stellt sich zusammenfassend heraus, dass in der Bäckereibranche vor allem Umsatz, Mitarbeiteranzahl und der Rohstoff Mehl als wirtschaftszweigtypische Kennzahlen eignen. Es existiert in manchen Betrieben ein stoffliches Verwertungspotenzial von bis zu 35%. In diesem Wirtschaftszweig wurden keine gefährlichen Stoffe entsorgt und auch keine Abfälle beseitigt. Die stoffliche Verwertung liegt bei durchschnittlich 69%. Die Sortierung und damit die Anzahl der Abfallarten nimmt mit Unternehmensgröße ab. Abfallmengen sind in diesem Wirtschaftszweig nicht abhängig von der Unternehmensgröße.

3.4.4. Herstellung von Kunststoffwaren (WZ 22.2)

Allgemeine Informationen zum Wirtschaftszweig

Der Wirtschaftszweig ist mit einem Jahresumsatz von ca. 69,4 Mrd. Euro und 321.529 Beschäftigten in über 2.905 Betrieben (stand 2021, Quelle www.gkv.de) eine der wichtigsten Wirtschaftszweige in Deutschland. Auch in Bayern trägt der Wirtschaftszweig mit ca. 15,8 Mrd. Euro Umsatz und 77.400 Beschäftigten in über 100 Betrieben (stand 2021, Quelle: www.kvi-bayern.de) mit einem großen Anteil zur Wirtschaftskraft bei.

Untersuchte Unternehmen

Im Rahmen des Projektes wurden zunächst 5 Kunststoffbetriebe auf deren Stoffströme und Abfälle untersucht. Bei den untersuchten Unternehmen sind drei der fünf Unternehmen familiengeführt. Die Umsatzgrößenverteilung lässt sich aus Abbildung 5 entnehmen. Die Umsätze liegen zwischen 8,8 Mio. Euro und 31,6 Mio. Euro, die Mitarbeiterzahlen zwischen 120 im kleinsten und 214 im größten Unternehmen. Drei der fünf Betriebe haben ein Umweltmanagementsystem implementiert.

Rohstoffsituation

Als branchentypischer Rohstoff, der in allen Betrieben vorkommt wurde folgender Stoffstrom identifiziert: Kunststoffe. Eine Besonderheit in diesem Wirtschaftszweig ist die Möglichkeit Rezyklate einzusetzen und dadurch den Primärrohstoffverbrauch zu senken. Eine entsprechende Anlage zur Herstellung von Rezyklaten ist in einem der untersuchten Unternehmen vorhanden. Andere Rohstoffe, wie zum Beispiel Textilien oder Metallverbindungen wurden nicht in allen Unternehmen verarbeitet und konnten daher nicht für das Benchmarking getestet werden.

Entsorgungssituation

In diesem Wirtschaftszweig wurden 25 produktionsspezifische Abfallarten identifiziert und untersucht. 5% der Abfälle, die entsorgt wurden, fielen unter die Kategorie gefährliche Abfälle und mussten entsprechend entsorgt werden. Hier hat KMU K4u mit einem Anteil von 14% an dessen Gesamt- abfallmenge den höchsten Anteil gefährlicher Abfälle. Berücksichtigt man die Abfallmengen und Abfallarten wie in Abbildung 28 dargestellt, stehen diese in Korrelation mit der Größe der untersuchten KMU. Ein Zusammenhang zwischen den Abfallmengen, die Anzahl der Abfallarten sowie der Unternehmensgrößen ist, wie in Abbildung 28 dargestellt, nicht erkennbar. Der Kunststoffabfall ist die dominierende Abfallart in diesem Wirtschaftszweig. KMU K4u entsorgt am meisten Abfälle, KMU K1 am wenigsten.

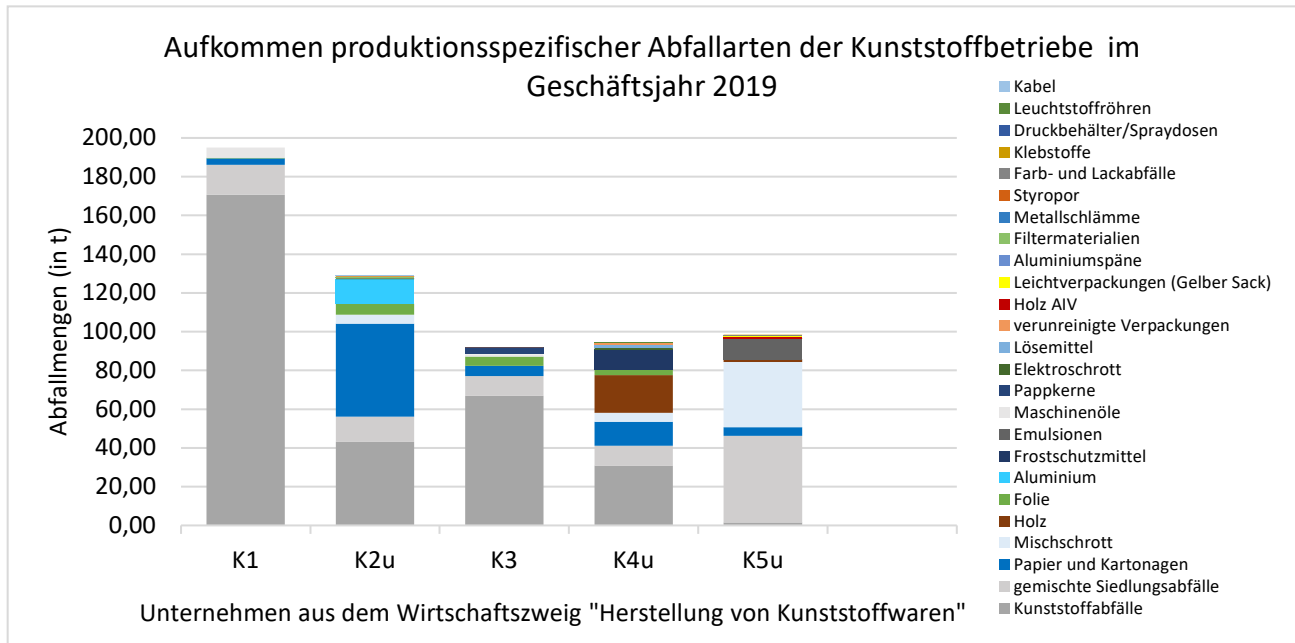


Abbildung 28: Übersicht aller Abfallarten und den dazugehörigen absoluten Mengen die in den Kunststoffbetrieben vorkommen. Auf der x-Achse sind die Unternehmen der Größe nach (von links nach rechts abnehmend) dargestellt. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Gefährliche Abfälle

In diesem Wirtschaftszweig wurden über die Dauer des Projektes gefährliche Abfälle entsorgt. Diese kommen in 2 der 5 untersuchten Unternehmen vor, spielen mit einem Anteil von 2,5% eine untergeordnete Rolle bei der Entsorgung.

Abfallvermeidungs- und Verwertungspotenziale

In Abbildung 29 werden die Mengen der einzelnen Abfallarten in den Unternehmen dargestellt. Die Mengenverhältnisse der Abfallarten stehen nicht im Zusammenhang mit der jeweiligen Unternehmensgröße. Es lässt sich auch feststellen, dass KMU K5u mit ca. 3% den geringsten Anteil Kunststoffabfälle hat. Im Vergleich hierzu hat KMU K1 den höchsten Anteil an Kunststoffabfällen. Papier und Kartonabfälle wurden bei KMU K2u in größeren Mengen entsorgt, hier ist im Vergleich zu KMU K1 ein hohes Vermeidungspotenzial zu erkennen. Produktionsbedingt werden in KMU K5u am meisten Maschinenöle entsorgt. In KMU K4u ist der Holzabfall höher als in den anderen KMU. Der Anteil gemischter Siedlungsabfälle ist in KMU K5u am höchsten.

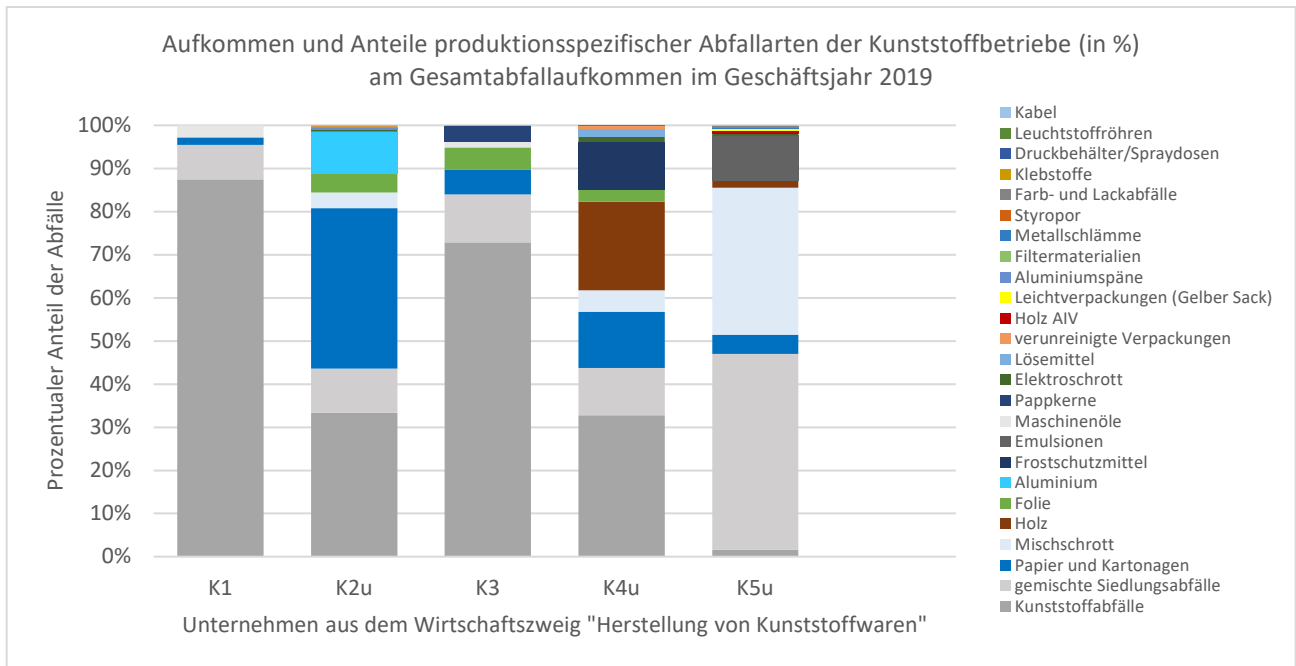


Abbildung 29: Vergleichende Übersicht aller KMU im Wirtschaftszweig „Herstellung von Kunststoffwaren“. Es werden die Abfallarten und deren Mengenanteile (in %) am jeweiligen Gesamtabfall des Unternehmens dargestellt. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Verwertungspotenzial

Das Verwertungspotenzial ist, wie in Abbildung 30 dargestellt, in diesem Wirtschaftszweig allgemein hoch. Im Durchschnitt liegt der stoffliche Verwertungsanteil bei den Unternehmen bei 79%. Mit nahezu 92 Prozent stofflicher Verwertung ist KMU K1 Klassenbesten. Es lässt sich vor allem bei KMU K5u ein größeres Verwertungspotenzial erkennen. Hier ist der Anteil der stofflichen Verwertung um bis zu 38% geringer im Vergleich zum Klassenbesten.

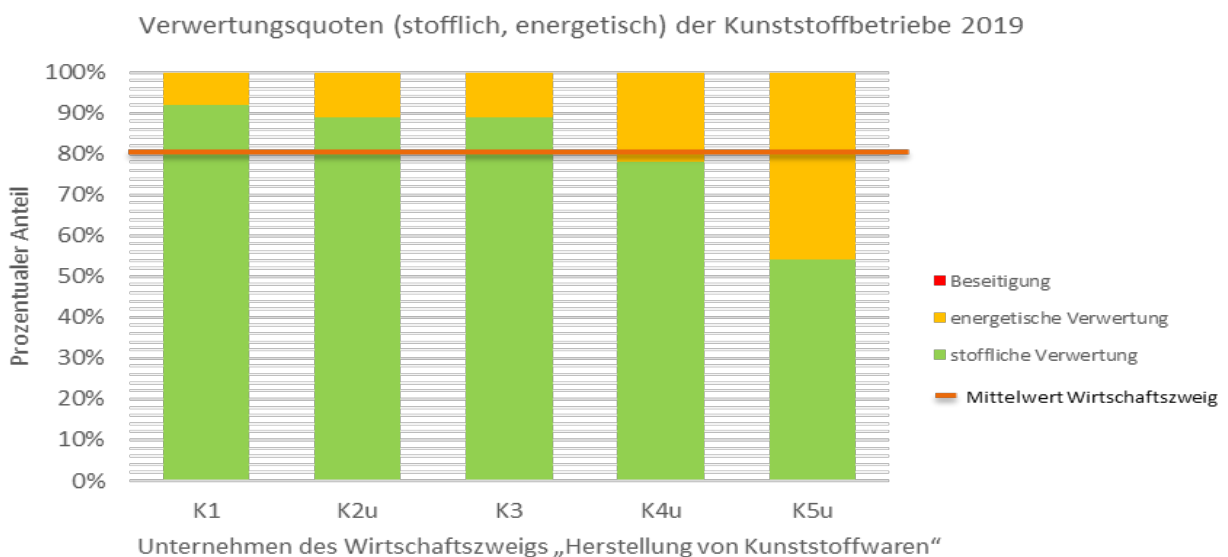


Abbildung 30: Übersicht der Abfallverwertungsanteile der KMU im Wirtschaftszweig „Herstellung von Kunststoffwaren“ im Geschäftsjahr 2019. In grün werden alle Abfallmengen in % dargestellt die stofflich verwertet

werden. In orange sind die prozentualen Anteile der Abfallmengen, die energetisch Verwertet werden dargestellt. Abfälle zur Beseitigung werden rot dargestellt.

Test der Benchmark-Methode mit den wirtschaftszweigspezifischen Kennzahlen

Für das Benchmarking werden Umsatz, Mitarbeiteranzahl sowie die verarbeiteten Kunststoffmengen untersucht und mit den wirtschaftszweigspezifischen Abfällen verglichen.

In Abbildung 31 zeigt sich bei der Betrachtung der Gesamtabfallmengen im Verhältnis zum Jahresumsatz, dass KMU K2u halb so viele Abfälle entsorgt (Faktor 0,5) als Unternehmen K3. Anders sieht das Verhältnis zwischen dem Gesamtabfall und den Mitarbeiterzahlen in den Unternehmen aus. Mit einer Tonne Abfall pro Mitarbeiter ist KMU K1 am ineffizientesten im Umgang den Abfällen.

In der weiteren Betrachtung fällt ebenfalls auf, dass das Verhältnis zwischen den Mengen der verarbeiteten Kunststoffe und die entsorgten Gesamtabfallmengen in KMU K4u am ineffizientesten ist. Klassenbester ist in diesem Vergleich KMU K5u. Das Potenzial zwischen KMU K5u und K4 liegt bei Faktor 8.

KMU	Gesamtabfall (t) / Umsatz (Mio Euro)	Gesamtabfall (t) / Mitarbeiteranzahl (MA)	Gesamtabfall (t) / verarbeitete Kunststoffe (t)
K1	8,49	1,00	0,15
K2u	5,10	0,60	0,26
K3	10,43	0,76	0,17
K4u	5,89	0,59	0,05
K5u	8,14	0,58	0,42

Abbildung 31: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking einzelner Abfallarten in dem Wirtschaftszweig „Herstellung von Kunststoffwaren“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Abbildung 32 zeigt die Parameter Umsatz, Mitarbeiterzahl und Kunststoffe im Verhältnis zu den gemischten Siedlungsabfällen. Hier fällt bei der Betrachtung des Umsatzes auf, dass Unternehmen K2u als Klassenbester abschneidet. Das ineffizientere Unternehmen ist, mit Faktor 7 zum Klassenbesten, KMU K5u. Vergleicht man die Mitarbeiterzahlen ist KMU K2u um Faktor 4 effizienter als KMU K5u und KMU K4u. Die Menge gemischter Siedlungsabfälle ist, im Verhältnis zu den Kunststoffen die verarbeitet wurden, in den KMU ebenfalls unterschiedlich ausgeprägt. KMU K5u hat hier, mit Faktor 19 das größte Potenzial zu den beiden Klassenbesten KMU K1 und KMU K4u.

KMU	/Umsatz (Mio Euro)	Mitarbeiteranzahl (MA)	Kunststoffe (t)
K1	0,68	0,08	0,01
K2u	0,52	0,06	0,03
K3	1,16	0,09	0,02
K4u	0,64	0,06	0,01
K5u	3,72	0,26	0,19

Abbildung 32: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking einzelner Abfallarten in dem Wirtschaftszweig „Herstellung von Kunststoffwaren“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Kunststoffabfälle sind die Mengenmäßig größte Abfallart in diesem Wirtschaftszweig. Bei der Umsatzbetrachtung in Abbildung 33 lässt sich in diesem Zusammenhang feststellen, dass KMU K5u

am effizientesten wirtschaftet und am wenigsten Kunststoffabfälle, im Verhältnis zum Umsatz, entsorgt. Der Unterschied zwischen KMU K5u und KMU K3 liegt bei Faktor 58. Ebenfalls wie beim Umsatz ist der Unterschied bei der Betrachtung der Mitarbeiterzahlen. Hier Wird bei KMU K5u ebenfalls am wenigsten Abfall pro Mitarbeiter entsorgt. Der Unterschied zum ineffizientesten KMU liegt bei Faktor 87. Das Potenzial zwischen dem effizientesten KMU K5u und dem ineffizientesten KMU K1 liegt bei Faktor 13

KMU	Kunststoffabfälle (t) /Umsatz (Mio Euro)	Kunststoffabfälle (t) / Mitarbeiteranzahl (MA)	Kunststoffabfälle (t) / Kunststoffe (t)
K1	7,43	0,87	0,13
K2u	1,70	0,20	0,09
K3	7,60	0,56	0,12
K4u	1,93	0,19	0,02
K5u	0,13	0,01	0,01

Abbildung 33: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking einzelner Abfallarten in dem Wirtschaftszweig „Herstellung von Kunststoffwaren“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Abbildung 34 zeigt die Unterschiede im Umgang, mit den Papier- und Kartonabfällen in den untersuchten KMU. Betrachtet man die entsorgte Menge Papier- und Kartonagenabfälle im Verhältnis zum Umsatz stellt sich K1 als Klassenbester heraus. Der Unterscheid zwischen KMU K1 und KMU K2u liegt bei Faktor 13. Bei der Betrachtung der Mitarbeiterzahlen und dem entsprechend entsorgten Abfallmengen, der Abfallart Papier- und Kartonage, ist ein Unterschied zwischen dem Klassenbesten KMU K1 und dem KMU K2u von Faktor 11. Im letzten Vergleich zeigt sich das Verhältnis zwischen dem Abfallmengen der Abfallart „Papier- und Kartonage“ und den Kunststoffmengen, die verarbeitet wurden. Hier ist KMU K1 Klassenbester. Mit einem Faktor von 50 zu KMU K2u ist hier das Potenzial am größten.

KMU	/Umsatz (Mio Euro)	Mitarbeiteranzahl (MA)	Kunststoffe (t)
K1	0,14	0,02	0,00
K2u	1,89	0,22	0,10
K3	0,60	0,04	0,01
K4u	0,77	0,08	0,01
K5u	0,36	0,03	0,02

Abbildung 34: Gegenüberstellung der Kennzahlen für das Benchmarking einzelner Abfallarten in dem Wirtschaftszweig „Herstellung von Kunststoffwaren“. Betrachtet wird das Geschäftsjahr 2019.

Zusammenfassung und Erkenntnisse

Die untersuchten Abfallmengen und die Anzahl der Abfallarten standen in diesem Wirtschaftszweig nicht im Verhältnis zur Unternehmensgröße. Der Anteil gefährlicher Abfälle lag bei 2,5%. Die stoffliche Verwertung lag bei durchschnittlich 79%. Zwischen dem Klassenbesten und dem schlechtesten KMU liegt ein Abfallverwertungspotenzial von 38%.

Für das Benchmarking geeignet, stellten sich die Kennzahlen: Umsatz, Mitarbeiteranzahl und Kunststoffe heraus. Ein Vermeidungspotenzial ist bei der Gesamtabfallmenge, dem gemischten Siedlungsabfall, den Kunststoffabfällen und dem Papier- und Kartonagenabfall insgesamt vorhanden.

3.4.5. Herstellung von Druckerzeugnissen (WZ 18.1)

Allgemeine Informationen zum Wirtschaftszweig

Das Druckereigewerbe setzt sich mit ca. 7.100 Betriebe und ca. 115.000 Beschäftigten in Deutschland zusammen (Stand 2022, Quelle: www.bvdm-online.de). In Bayern existieren insgesamt 1.548 Unternehmen mit 28.286 Beschäftigten und einem Umsatz von 5,8 Mrd. Euro (Stand 2022, Quelle: <https://www.vdmb.de/>).

Untersuchte Unternehmen

Im Rahmen dieses Projekts wurden insgesamt 6 Druckereien hinsichtlich ihrer Abfallmengen und Rohstoffströme untersucht. Die untersuchten Betriebe sind bis auf ein Unternehmen Familien- bzw. Inhabergeführt. Die Umsatzgrößenverteilung lässt sich aus Abbildung 5 entnehmen.

Rohstoffsituation

Aufgrund der Druckverfahren und Drucktechniken werden im Rahmen des Projektes in nahezu jedem Unternehmen andere Rohstoffe verwendet. D.h. die Stoffströme sind zu verschieden und lassen sich daher nicht vergleichen.

Entsorgungssituation

In dem Wirtschaftszweig wurden insgesamt 25 Abfallarten als wirtschaftszweigspezifisch erfasst und untersucht. Die Abfalldaten werden in Abbildung 35 und Abbildung 36 dargestellt. Unterschiede in der Entsorgung sind in den Unternehmen gering. Typische abfallarten lassen sich aus der Auswahl an Unternehmen nicht für diesen Wirtschaftszweig identifizieren. Kleine Unternehmen entsorgen weniger Abfallmengen und sortieren weniger Abfallarten als große Unternehmen.

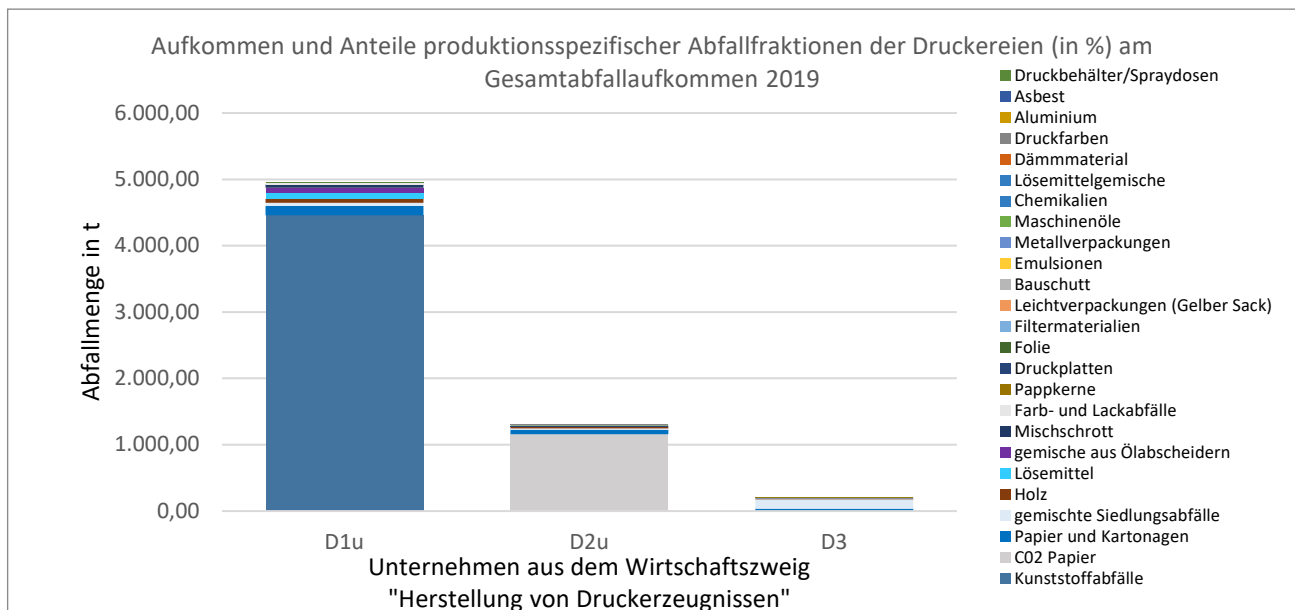


Abbildung 35: Übersicht aller Abfallarten und den dazugehörigen absoluten Mengen die in den Druckereien vorkommen. Auf der x-Achse sind die Unternehmen von (links nach rechts) der Größe nach dargestellt. Die

Bezeichnungen der Unternehmen setzen sich wie folgt zusammen: K steht für den jeweiligen Wirtschaftszweig, die Zahl ist die fortlaufende Nummer des KMU, s steht für Nachhaltigkeitsstrategie, u für Umweltmanagement).

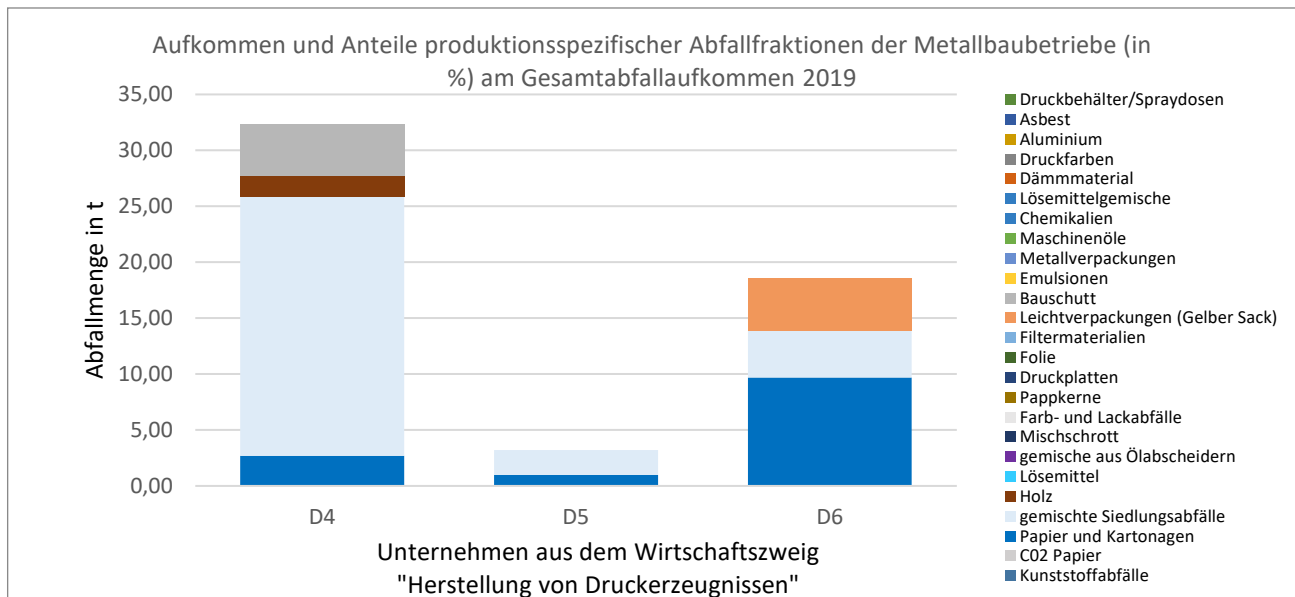


Abbildung 36: Übersicht aller Abfallarten und den dazugehörigen absoluten Mengen die in den Druckereien vorkommen. Auf der x-Achse sind die Unternehmen von (links nach rechts) der Größe nach dargestellt. Die Bezeichnungen der Unternehmen setzen sich wie folgt zusammen: K steht für den jeweiligen Wirtschaftszweig, die Zahl ist die fortlaufende Nummer des KMU, u für Umweltmanagement).

Abfallvermeidungs- und Verwertungspotenziale

Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale konnten in diesem Wirtschaftszweig nicht identifiziert werden. Hierzu waren die Unternehmen zu divers.

Test der Benchmark-Methode mit den wirtschaftszweigspezifischen Kennzahlen

Es konnten für das Benchmarking keine spezifischen Kennzahlen gefunden werden.

Zusammenfassung und Erkenntnisse

Trotz der guten qualitativen und quantitativen Datengrundlage ist ein Benchmarking im Kontext der Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale in den Unternehmen des Wirtschaftszweigs nicht möglich.

3.4.6. Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25.1)

Allgemeine Informationen zum Wirtschaftszweig

Das Metallhandwerk ist mit rund 33.000 Unternehmen und 478.000 Beschäftigten, sowie einem Umsatz von rund 57 Mrd. Euro ein wichtiger Wirtschaftszweig in Deutschland und mit trägt ebenfalls mit rund 5.500 Betrieben in Bayern einen entsprechend hohen Anteil zur Wirtschaftsleistung bei (Stand

2022, Quelle: www.metallbau-magazin.de). Deutschland als Rohstoffarmes Land ist gerade auf Importe unterschiedlichster Metalle angewiesen. Diese und vor allem die Tatsache, dass die Herstellung von Metallen sehr Energieintensiv und Umweltschädigend ist, haben zur Folge, dass Metalle hohen täglichen Preisschwankungen unterliegen. Steigende Rohstoffkosten bedeuten gerade für kleine Betriebe auch steigende Kosten bei der Fertigung Ihrer Produkte. Dennoch hat man in diesem Wirtschaftszweig die Möglichkeit Kosten zu senken, da viele Metalle recycelt und entsprechend als Sekundärrohstoffe eingesetzt werden können.

Untersuchte Unternehmen

In diesem Wirtschaftszweig wurden 7 Unternehmen untersucht. Auffällig ist die hohe Diversität der Betriebe. Die Wirtschaftspartner sind alle Familiengeführt und existieren meist seit mehreren Generationen. Die Umsatzgrößenverteilung lässt sich aus Abbildung 5 entnehmen. Die Umsätze der Unternehmen variieren zwischen 0,7 Mio. Euro und 108 Mio. Euro. Entsprechend der Umsatzzahlen weist das kleinste Unternehmen 8 Mitarbeitende und das größte 464 Mitarbeitende vor. In diesem Wirtschaftszweig haben zwei Unternehmen ein Umweltmanagementsystem.

Rohstoffsituation

In den untersuchten Unternehmen, konnten zunächst Öle und Metalle als wirtschaftszweigspezifische Rohstoffe identifiziert werden. Als wirtschaftszweigspezifische Kennzahl stellte sich Metall als Rohstoff heraus. Die Herausforderung stellt sich jedoch bei der Erfassung der Mengen. Es existieren große Unterschiede bei der Erfassung bezüglich der Mengen und Einheiten.

Entsorgungssituation

Insgesamt wurden 29 Abfallarten identifiziert. In diesem Wirtschaftszweig wurden im untersuchten Zeitraum 5% gefährliche Abfälle entsorgt. Die Abfälle der untersuchten Unternehmen sind in Abbildung 37 dargestellt.

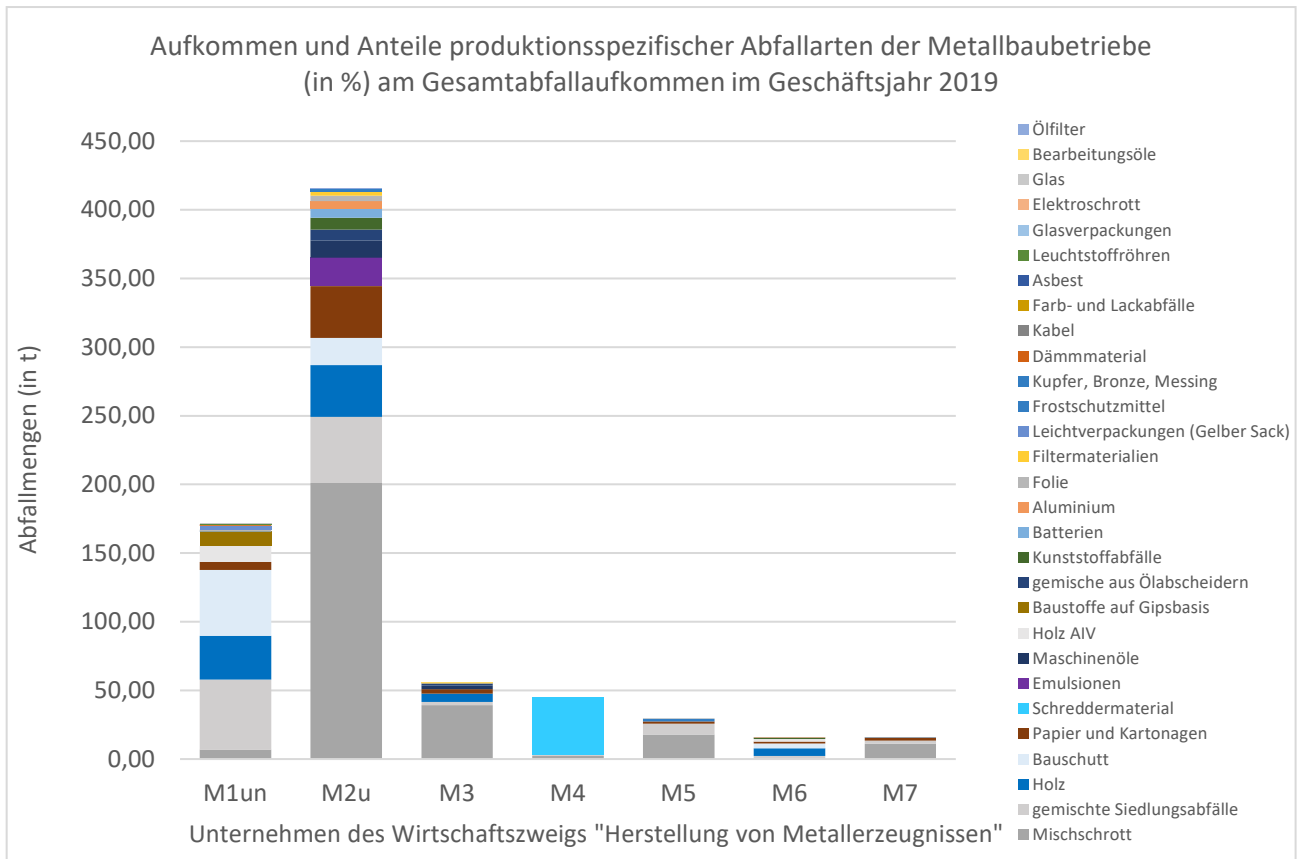


Abbildung 37: Übersicht aller Abfallarten und den dazugehörigen absoluten Mengen die in den Metallbauunternehmen vorkommen. Auf der x-Achse sind die Unternehmen von (links nach rechts) der Größe nach dargestellt.

Die Analyse der Abfalldaten ergab, dass bis auf ein Unternehmen alle gewerblich entsorgt werden. Aus Abbildung 37 geht zudem hervor, dass die Anzahl der Abfallarten auch bei den kleinen Unternehmen verhältnismäßig hoch ist.

Abfallvermeidungs- und Verwertungspotenziale

Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale konnten in diesem Wirtschaftszweig nicht identifiziert werden. Hierzu waren die Unternehmen zu divers.

Test der Benchmark-Methode mit den wirtschaftszweigspezifischen Kennzahlen

Es konnten für das Benchmarking keine spezifischen Kennzahlen gefunden werden.

Zusammenfassung und Erkenntnisse

Das Benchmarking ist im Rahmen dieses Projektes nicht möglich. Gründe hierfür sind, die unterschiedlichen Unternehmensstrukturen und Rohstoffe sowie die Produktionsprozesse.

3.4.7. Elektroinstallation (WZ 43.21)

Allgemeine Informationen zum Wirtschaftszweig

Der Wirtschaftszweig „Elektroinstallation“ ist vorwiegend durch Dienstleistungen geprägt. Der Wirtschaftszweig umfasst ca. 49.592 Unternehmen und 518.176 Beschäftigte (Stand 2022, www.zveh.de) in Deutschland. Mit rund 3.300 Unternehmen und ca. 76.600 Beschäftigten sowie 8,8 Mrd. Euro Umsatz in Bayern ist das Elektrohandwerk für den Wirtschaftsstandort Bayern auch im Kontext der Digitalisierung wichtig und entsprechend vertreten.

Untersuchte Unternehmen

Die drei untersuchten Unternehmen sind Familiengeführt. Zudem handelt es sich bei den Unternehmen um Mischbetriebe. D.h. es werden mehrere Tätigkeiten ausgeübt, die nicht nur zur Elektroinstallation zählen. Die Umsatzgrößenverteilung lässt sich aus Abbildung 5 entnehmen. Das umsatzstärkste Unternehmen hat rund 24 Mio. Euro, das schwächste 2,3 Mio. Euro. Die Mitarbeiter variieren zwischen 130 und 21. Die Elektrobetriebe haben ein dienstleistungsorientiertes Portfolio. Die Datenqualität und -quantität ist im Rahmen des Projektes unterschiedlich. Gründe hierfür sind vor allem die Entsorgungswege. Abfälle werden nicht nur zentral, sondern auch an den Baustellen vor Ort entsorgt. Dadurch lassen sich nicht alle Abfallströme erfassen und ein Benchmarking ist hierdurch ebenfalls nur bedingt möglich. Eine zweite Herausforderung ist, zumindest bei unseren Wirtschaftspartnern, dass es sich um Mischbetriebe handelt. Es werden neben den einfachen Elektroinstallationen auch Produkte hergestellt, die anderen Wirtschaftszweigen eingruppiert werden können.

Rohstoffsituation

Rohstoffe wurden keine in dem Wirtschaftszweig verarbeitet.

Entsorgungssituation

Im Rahmen der Zusammenarbeit stellte sich heraus, dass die Abfallströme nicht ausreichend dokumentiert werden können, da viele der Abfälle vor Ort an den Baustellen zentral entsorgt wurden. Insgesamt wurden in diesem Wirtschaftszweig 18 Abfallarten identifiziert.

Abfallvermeidungs- und Verwertungspotenziale

Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale konnten in diesem Wirtschaftszweig nicht identifiziert werden. Hierzu waren die Unternehmen zu divers.

Test der Benchmark-Methode mit den wirtschaftszweigspezifischen Kennzahlen

Es konnten für das Benchmarking keine spezifischen Kennzahlen gefunden werden.

Zusammenfassung

Die Zuordnung der Elektrobetriebe in den Wirtschaftszweig gestaltete sich zunächst schwierig. Es stellte sich im Verlauf des Projektes heraus, dass die „Elektroinstallation“ bei zwei Betrieben zunächst nur ein Teilbereich des Unternehmens ist. Hier konnten keine Abfälle getrennt werden, da auch andere Unternehmensbereiche Ihre Abfälle in den gleichen Behältern entsorgten. Eine Vergleichbarkeit auf Rohstoffbasis, war daher nicht möglich. Zudem handelt es sich um einen dienstleistungsorientierten Wirtschaftszweig, bei dem viele Abfälle auf Baustellen entsorgt werden und deshalb nicht erfasst werden können.

4 Praktische Anwendbarkeit der Ergebnisse

Die digitale Benchmarking-Systematik wurde speziell für die Anwendung in KMU angepasst. Hierzu wurden in den teilnehmenden Wirtschaftszweigen und in enger Zusammenarbeit mit den Unternehmen wirtschaftszweigspezifische Kennzahlen gesucht, die einen effizienten und einfachen Vergleich der KMU ermöglichen. Ziel des Projektes war es, dass die Ermittlung der Kennzahlen vor allem ohne großen zeitlichen und finanziellen Aufwand unternommen werden kann. Wie bereits im Kapitel 3.2 beschrieben ist eine gute Datenqualität, sowohl von Betriebskennzahlen als auch von Abfallkennzahlen, zwingend notwendig. In diesem Projekt ist es gelungen für produzierende Betriebe entsprechende Kennzahlen zu entwickeln, die es den Unternehmen ermöglichen, ihre Vermeidungs- und Verwertungspotenziale zu identifizieren. Hierzu gehören die Wirtschaftszweige: Herstellung von Teig- und Backwaren (WZ 10.7), Herstellung von Kunststoffwaren (WZ 20.22) und die „Bautischlerei“ (43.32). Für die Wirtschaftszweige: Herstellung von Druckerzeugnissen (WZ 18.1), Elektroinstallation (WZ 43.21) und Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25.1) konnten aufgrund der geringen Anzahl und zu hohen Diversität der KMU keine verlässlichen Kennzahlen entwickelt werden.

Für Betriebe aus den Wirtschaftszweigen, in denen kein Benchmarking getestet werden konnte, besteht dennoch die Möglichkeit Ihre eigenen Kennzahlen zu nutzen und zunächst, wenn auch nur innerbetrieblich, Auswertungen und Effizienzsteigerungen zu ermöglichen. Hierzu sind lediglich die Abfallmengen nach Abfallart in Tonne zu ermitteln, sowie die Mitarbeiterzahl des Unternehmens. Für einzelne Wirtschaftszweige besteht auch die Möglichkeit auf Rohstoffdaten zurückzugreifen. Mit der in diesem Projekt entwickelten und angewandten Methodik können betriebsinterne und -externe Vergleiche stattfinden. Diese Vergleiche helfen Unternehmen dabei ihren Umgang mit den Ressourcen besser zu verstehen und mögliche Verbesserungen umzusetzen.

Die Tatsache, dass es aktuell noch keine Plattform gibt, auf der sich Unternehmen mit Ihren Kennzahlen registrieren und austauschen können ist für eine weitreichende Steigerung der Ressourceneffizienz hinderlich. So kann aktuell zwar eine Kennzahl von den Unternehmen erhoben werden, jedoch ist ein Vergleich mit dem sog. Klassenbesten nur möglich, wenn es einen entsprechenden persönlichen Austausch zwischen den Unternehmen in dem zugehörigen Wirtschaftszweig gibt. Hier soll im Rahmen von ForCYCLE Technikum eine praktikable Lösung entstehen.

5 Veröffentlichungen im Rahmen des Projekts

Das Projekt wurde bei den Folgenden Veranstaltungen vorgestellt:

Vorträge:

- Auftaktveranstaltung ForCYLCE II (06.11.2019)
- 1. Statustreffen ForCYCLE II (04.11.2020)
- Tage der Nachhaltigkeit Ingolstadt (09.-11.10.2020 und 13.-18.10.2021)
- 2. Statustreffen ForCYCLE II (11.11.2021)
- Eröffnung der Wissenschaftsgalerie Ingolstadt, Virtueller Rundgang (01.06.2021)
- Wissenschaftstagung der THI (08.11.2019)
- Abschlusspräsentation ForCYCLE II (27.06.2022)

Ausstellungen:

-
- Auftaktveranstaltung ForCYCLE II (06.11.2019)
 - Wissenschaftstagung der THI (08.11.2019)
 - Wissenschaftsgalerie THI Ingolstadt (Sommer 2021)
 - 2. Wissenschaftliche Tagung „Die Große Transformation“ inkl. Öffnungsfeier FORTRANN in Neuburg (20.05.2022)
 - Abschlussveranstaltung ForCYCLE II (27.06.2022)

6 Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern und im Projektverbund

6.1 Zusammenarbeit mit den Wirtschaftspartnern

Die Unternehmen erklärten sich zu Beginn des Projektes bereit, die notwendigen Daten zu recherchieren und zur Verfügung zu stellen. Im Gegenzug dazu fand ein regelmäßiger Austausch über den aktuellen Stand des Projektes statt. Die Projektpartner erhielten einen regelmäßig aktualisierten Projektsteckbrief.

Einfluss von Corona

Mit dem Beginn der Corona-Pandemie im Januar und dem ersten Lockdown im März 2020 ist ein Ereignis bisher nie dagewesenen Umfangs eingetreten, welches unweigerlich auch auf dieses Projekt starken Einfluss hatte. Zunächst konnte aufgrund der Tatsache, dass es in diesem Rahmen starke wirtschaftliche und auch persönliche Einschränkungen gab die Kommunikation mit den Projektpartnern aufrechterhalten werden. Ein Vor-Ort Besuch und persönlicher Austausch fand jedoch zunächst nicht statt. Die Vereinbarten Termine in den Unternehmen mussten auf spätere Zeiträume verschoben werden, die einen persönlichen Besuch, pandemiebedingt ermöglichten. Dadurch verschoben sich auch wichtige Termine, die für die qualitative Datenerhebung wichtig sind. Insgesamt mussten pandemiebedingt auch Unternehmen Insolvenz anmelden und konnten daher nicht mehr am Projekt teilnehmen. Trotz der auftretenden Schwierigkeiten konnte das Projekt umgesetzt und finalisiert werden. Dies zeigt auch nochmals das hohe Interesse der Unternehmen an dem Thema Ressourceneffizienz.

6.2 Zusammenarbeit im Projektverbund

Der Austausch und die Zusammenarbeit fand im Projektverbund in regelmäßigen Abständen (meistens jährlich) statt. Als Austauschplattform für projektübergreifende Informationen und Daten diente „vibe“.

7 Zusammenfassung

In zahlreichen empirischen und konzeptionellen Studien werden Abfallminimierung und generell Ressourceneffizienz als ganz zentrale Umweltleistungsindikatoren für produzierende Unternehmen beschrieben (Schebek 2018, Schmitz et al. 2017 etc.). Auch die Politik unterstützt mit Förderprogrammen seit Jahren insbesondere auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) im Umgang mit natürlichen Ressourcen und Abfällen. Gerade für KMU ist es wichtig, dass Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz einfach und mit möglichst wenig finanziellem und zeitlichem Aufwand durchgeführt werden können. Hier setzt das Praxisprojekt „KMU DigiCHECK Abfall“ an.

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine digitale Benchmark-Methodik, die zunächst für die Industrie entwickelt wurde, für KMU ausgewählter Wirtschaftszweige getestet.

Vorgehen:

Mittels einer Literaturrecherche wurden zunächst rohstoffintensive Wirtschaftszweige in Bayern identifiziert und Wirtschaftspartner akquiriert. Die in diesem Projekt zugrundeliegende KMU-Definition entspricht der des Instituts für Mittelstandsforschung (IfM). Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Studien zu gewährleisten, wurde die Klassifikation der Wirtschaftszweige (Ausgabe 2008) verwendet. Für die Analyse und den Aufbau der Datenbanken wurde eine eigene Datenerfassungssystematik entwickelt. Die Daten wurden mit Hilfe einer Checkliste sowie Beobachtungen (Besichtigungen) und Interviews erfasst. Zur Erfassung abfallspezifischer Zahlen wurde auf entsprechende Systematiken und Definitionen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zurückgegriffen (z.B. für die Abfallarten das Abfallverzeichnis). Für das Benchmarking wurde auf das Tool der Firma elogPlan GmbH zurückgegriffen und an die Projektbedürfnisse angepasst. Hierzu wurden u.a. die Datenbanken (AVV, Verwertungsverfahren, Entsorger/Verwerter, etc.) angepasst bzw. aktualisiert. Die Einordnung der teilnehmenden Unternehmen nach Größe fand auf Basis des Umsatzes und der Mitarbeiterzahlen statt. Die Erfassung rohstoffrelevanter Daten fand zusammen mit den Unternehmen statt. Hier wurden zunächst einfach zu erfassende Rohstoffe gewählt (D.h. Rohstoffe, deren Einkaufsmengen leicht zu erfassen sind oder bereits erfasst wurden).

Auswertung

Die erhobenen Daten wurden zunächst als Rohdaten in das Tool eingetragen und anschließend angepasst. Da es sich beim Benchmarking um einen Vergleich verschiedener Kennzahlen handelt, müssen zunächst alle Parameter die gleichen Einheiten ausweisen. In allen Wirtschaftszweigen wurden Abfallmengen in Tonnage umgerechnet. Auch die Rohstoffe wurden, wenn möglich, auf eine Einheit umgerechnet. Durch den Vergleich qualitativer und quantitativer Daten, konnten so die Parameter für das Benchmarking getestet werden. Hierfür wurden vor allem Rohstoffdaten sowie betriebskennzahlen mit Abfalldaten in Relation gesetzt und verglichen.

Ergebnisse und Erkenntnisse:

Die Datenqualität und -quantität ist grundsätzlich bei größeren Unternehmen (ab ca. 20 Mitarbeitern) vergleichsweise gut. Bei kleineren Unternehmen mussten aufgrund der fehlenden Gewichtserfassung der kommunalen Entsorgung zunächst Abfallmengen teilweise umgerechnet werden, da bei kommunaler Entsorgung Gewichte nicht erfasst werden. Die zugrundeliegenden Datenqualität und -quantität ist bei KMU meist als schlecht einzustufen, da die Daten meist gar nicht erfasst sind. Der Digitalisierungsgrad und damit auch eine automatisierte Datenerfassung ist in den untersuchten klei-

nen Unternehmen niedrig. Eine zentrale Erfassung umweltrelevanter Daten findet nur in den Unternehmen mit mehr als 20 Mitarbeitern statt. Aufgrund dieser Tatsache ist es für kleine Unternehmen eher herausfordernd, die benötigten Daten bereit zu stellen. Dies hat der mit hohem Aufwand verbundene Erhebungsprozess dieses Projekts deutlich gezeigt.

Im **Wirtschaftszweig „Herstellung von Teig- und Backwaren“** stellte sich während der Untersuchung der 6 Betriebe heraus, dass aufgrund ähnlicher betrieblicher Ausrichtungen, ähnlicher Produktionsbedingungen auch die Rohstoffe mit verhältnismäßig geringem Aufwand erfasst werden konnten. Ein wichtiger branchenspezifischer Rohstoff ist hier das Mehl, das in nahezu allen Produkten verarbeitet wird. Ein Benchmarking ist mit diesem Rohstoff möglich. Hierzu bedarf es lediglich der Ermittlung der Gesamtmenge an Mehl, sowie der entsprechenden Abfallmengen, um diese miteinander zu vergleichen. Aufgrund der hohen Ähnlichkeit der Betriebe konnte auch der Umsatz und die Mitarbeitenden als Kennzahl zum Benchmarking verwendet werden. Die aus dem Benchmarking und der quantitativen Datenanalyse identifizierten Abfallvermeidungspotenziale sind in nahezu allen Betrieben vorhanden. Hierzu ist auch der Blick in die Entsorgungsbehälter wichtig. Gerade im Kontext der Lebensmittelverschwendung haben die kleinen Bäckereibetriebe im Verhältnis zu deren Größe weniger Lebensmittel entsorgt als die großen Betriebe. Grund hierfür ist die Weitergabe der Reste an Mitarbeitende und Organisationen (z.B. die Tafel), sowie der Ausverkauf am Abend. Während hier größere Bäckereibetriebe auch am Abend vor Ladenschluss noch ein Vollsortiment anbieten und nicht alle Reste an Mitarbeiter oder Organisationen weitergegeben werden. Weiterhin konnte in einigen Bäckereibetrieben der Anteil an Einwegverpackungen durch die Umstellung auf Mehrweggebinde verringert werden. Da die Verwendung von Silos zunächst kostspielig ist, konnte diese Art der Lagerhaltung nur bei großen Unternehmen beobachtet werden. Abfallverwertungspotenziale lagen im Maximum bei 35% zum Klassenbesten. Hier stellte sich auch heraus, dass durch eine bessere Sortierung der Abfallarten eine höhere Verwertungsquote möglich ist.

Ein weiterer untersuchter **Wirtschaftszweig ist die „Bautischlerei“**. Die vier untersuchten Unternehmen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Produktportfolios nur gering. Vergleichbar zu den Bäckereibetrieben sind Prozesse und Unternehmensstrukturen ebenfalls ähnlich. Entscheidend für den Vergleich und das Benchmarking ist das Produktportfolio sowie der dazugehörige Individualisierungsgrad. Auch der Rohstoffverbrauch orientiert sich am Produktportfolio der Unternehmen. Als wirtschaftszweigspezifischer Stoffstrom wurde daher die Summe aus den Holz- und Kunststoffwerkstoffen gebildet und übergreifend als Werkstoffe bezeichnet und betrachtet. Das Benchmarking ergab für diesen Wirtschaftszweig ein Abfallvermeidungspotenzial hinsichtlich einzelner Abfallarten. Durch die Verwendung einer Absaugungsanlage mit anschließender Verbrennungskammer in drei Betrieben wurden Holzabfälle deutlich reduziert bzw. vermieden. Auffällig war, dass kleine Betriebe weniger Abfälle sortierten als größere. Das Verwertungspotenzial liegt bei maximal 47% zum Klassenbesten und ist dadurch entsprechend hoch. Gehoben werden kann dieses Potenzial durch eine bessere Sortierung der Abfallarten. 2,5% gefährliche Abfälle wurden in diesem Wirtschaftszweig über die Dauer des Projektes entsorgt.

Im **Wirtschaftszweig „Herstellung von Kunststoffwaren“** wurden 5 Unternehmen hinsichtlich ihrer Vermeidungs- und Verwertungspotenziale untersucht und verglichen. Ähnlichkeiten in der Unternehmensstruktur sowie in den Verarbeitungsprozessen bestehen in allen Betrieben. Auch die ver-

arbeiteten Kunststoffe haben sich nur in einzelnen Sorten, je nach Spezialisierungsgrad des Unternehmens, unterschieden. Andere Rohstoffe wie Metalle oder Textilien wurden zunächst auch erfasst, es stellte sich jedoch im Verlauf des Projektes heraus, dass diese nicht in allen Unternehmen verarbeitet werden. Daher sind diese nicht für das Benchmarking geeignet. Als branchentypische Kennzahl wurden daher die verarbeiteten Kunststoffe (Summe aller Kunststoffsorten) festgelegt und erfolgreich getestet. Die Vermeidungspotenziale konnten darüber identifiziert werden. Diese liegen zum Teil im Produktionsprozess und/oder in der Beschaffung und Lagerung der Rohstoffe. Unternehmen ab einer bestimmten Größe haben Silosysteme zur Lagerung des Kunststoffgranulates und weisen daher deutlich weniger Einwegverpackungen auf, die entsorgt werden müssen. Zudem gibt es auch in einem Betrieb ein Rücknahmesystem für leere Kunststoffsäcke. Ein ebenso wichtiger Aspekt der Vermeidung von Abfällen und der Schonung von Rohstoffen ist die Verwendung von Regranulaten die aus bereits verarbeiteten aber nicht verwendeten Teilen wiedergewonnen werden können. Das Abfallverwertungspotenzial liegt in diesem Wirtschaftszweig bei ca. 38% vom Schlechtesten zum Klassenbesten. D.h. durch eine bessere Sortierung kann ein Großteil der Abfälle besser verwertet werden.

Anhand der Analyse der Daten aus dem **Wirtschaftszweig „Herstellung von Druckerzeugnissen“** wurde eine hohe Diversität der Unternehmen festgestellt. Die Unternehmensstrukturen, Produktionsprozesse und die Produkte unterschieden sich sehr stark, sodass zwar Rohstoffströme aus einzelnen Unternehmen erfasst werden konnten, jedoch wurde kein Rohstoff gefunden, der in allen Unternehmen gleichermaßen verarbeitet wird. Ein Benchmarking über Umsatz und Mitarbeiteranzahl wurde getestet, brachte jedoch nicht die zuverlässigen Ergebnisse um Vermeidungs- und Verwertungspotenziale identifizieren zu können. Hierzu ist die Auswahl (Stichprobe) im Rahmen des Projektes zu eingeschränkt. Ein Benchmarking würde dann funktionieren, wenn die Unternehmen in Sachen Unternehmensstruktur und Rohstoffverbrauch besser zueinander passen. Dies wäre mit einer größeren Auswahl an Unternehmen sicherlich möglich. Die gewonnenen Daten, sowie die Struktur und das Benchmarking sind hier dennoch intern für die Unternehmen nutz- und anwendbar.

Im **Wirtschaftszweig „Herstellung von Metallerzeugnissen“** wurden 7 Unternehmen näher untersucht und verglichen. Zunächst handelt es sich hier um einen Wirtschaftszweig der ebenfalls wie die Kunststoffbranche sehr stark von globalen Rohstoffmärkten abhängig ist und dadurch einen meist hohen Materialkostenanteil hat. Ebenfalls wie im Wirtschaftszweig zuvor sind die Unternehmen hier sehr stark spezialisiert und haben dadurch auch unterschiedliche Produktportfolios. Zunächst wurden mehrere Rohstoffe erfasst. Als spezifischer Rohstoff stellte sich jedoch das Metall (Summe aus allen Metallen) heraus. Da die Mengen jedoch nicht immer gleich erfasst wurden, sondern in manchen Betrieben auch nur Einkaufspreise (bzw. Ausgabenbelege) vorlagen, konnten in diesem Wirtschaftszweig zunächst nicht für alle Betriebe verlässlichen Mengen erfasst werden. Ein Benchmarking ist daher im Rahmen dieses Projektes nicht aussagekräftig genug um Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale zu identifizieren. Dennoch konnte mit Hilfe der erfassten qualitativen und quantitativen Daten festgestellt werden, dass Verwertungspotenziale in einzelnen Betrieben vorliegen. Die Unterschiede liegen auch hier in der Sortierung der Abfälle. Gefährliche Abfälle liegen nur bei zwei Unternehmen vor. Hier ließ sich jedoch keine Abfallvermeidung ableiten, da es sich um unterschiedliche Produkte und Prozesse handelt.

Ein weiterer **Wirtschaftszweig**, der untersucht wurde, ist die „**Elektroinstallation**“. Hier wurden drei Unternehmen untersucht. Eine Herausforderung war bereits die Erfassung der Abfalldaten, da bei zwei der drei Unternehmen die Abfallmengen nicht genau erfasst werden konnten. Grund hierfür war die Entsorgung der Abfälle auf den Baustellen. Eine ganzheitliche Datenerfassung war in diesen Unternehmen daher zu keiner Zeit möglich. Des Weiteren handelte es sich um dienstleistungsorientierte Unternehmen, die in der Regel keine Produkte herstellten. Wirtschaftszweigspezifische Rohstoffe konnten dadurch nicht erfasst werden.

Insgesamt lässt sich auf Basis der Ergebnisse feststellen, dass die Steigerung der Ressourceneffizienz gerade für kleine Unternehmen eine größere Herausforderung darstellt als für größere Unternehmen. Lokale und regionale Unterschiede in der Entsorgung sorgen zudem dafür, dass es nicht für alle Unternehmen möglich ist die Abfälle entsprechend kostengünstig zu entsorgen. In den untersuchten kleinen Unternehmen stellte sich häufiger die Frage, wo man aufgrund beschränkter Platzverhältnisse weitere Abfallbehälter aufstellen könnte. Es ist schlicht nicht ausreichend Platz vorhanden, um weitere Behälter zur Separierung der Abfallarten aufzustellen. Wiederum konnten manche Unternehmen zwar Ihre Abfälle trennen, diese aber bei Ihrem zentralen Entsorgungspartner nicht mit den anderen Abfällen entsorgen lassen, da dieser diese Abfallart nicht entgegennimmt. Scheinbar banale Gegebenheiten wie diese beeinflussen die Verwertung der Abfälle in den Unternehmen. Generell wurde in nahezu allen Wirtschaftszweigen festgestellt, dass gerade bei kleinen Unternehmen die Verwertungspotenziale entsprechend hoch sind, da sie an solchen „banalen“ Rahmenbedingungen gekoppelt sind.

Durch dieses Projekt konnte des Weiteren gezeigt werden, dass in produzierenden Unternehmen wirtschaftszweigspezifische Kennzahlen existieren, die ein Benchmarking ermöglichen und zu einer Steigerung der Ressourceneffizienz beitragen. Je ähnlicher die Betriebe sind, desto aussagekräftiger ist das Benchmarking und desto einfacher lassen sich Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale identifizieren. Wichtig ist hierbei zu erwähnen, dass der Aufwand bei der Datenerhebung für die Unternehmen möglichst gering sein muss, um einen positiven Effekt für das Unternehmen zu gewährleisten. Bei zu hohem Aufwand ist die Hürde zu groß und der Nutzen für das Unternehmen wird als zu gering eingestuft. Es ist denkbar, dass die Wirtschaftszweige, bei denen im Rahmen dieses Projektes kein Benchmarking möglich war, durch die Akquise weiterer und noch ähnlicherer Unternehmen möglich wird.

Wie bereits von anderen Studien gezeigt (Hong et al. 2021, Wohlgemuth, et al. 2012, etc.) kommt auch dieses Projekt zu dem Ergebnis, dass in KMU unterschiedlichster Wirtschaftszweige, Potenziale hinsichtlich der Steigerung der Ressourceneffizienz existieren. KMU befinden sich hier in einem gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und rechtlichen Umfeld, von dem sie Unterstützung bekommen müssen. Das Projekt hat auch gezeigt, dass gerade kleine Unternehmen besondere Herausforderungen zu bewältigen haben und entsprechende Hilfestellungen benötigen. Zudem ist der Austausch zwischen Unternehmen des gleichen Wirtschaftszweigs sehr wichtig, vor allem um Maßnahmen und Projekte, die zu einer gesamtheitlichen Verbesserung des Ressourcenverbrauchs beitragen können, auszutauschen.

Das Ziel sollte sein, die Rohstoffunabhängigkeit zu reduzieren und auf möglichst einfache und gesamtwirtschaftliche Lösungen zu setzen. Mit diesem Projekt wurde der erste Schritt für eine gesamtheitliche Lösung getan. Nun gilt es im Folgeprojekt ForCYCLE Technikum den Weg weiterzugehen und die Potenziale in den Unternehmen zu heben.

Wesentliche Erkenntnisse aus dem Projekt:

1. Insgesamt wurden über alle Wirtschaftszweige hinweg 66 Abfallarten identifiziert und untersucht.
2. Die untersuchten Unternehmen beschäftigen sich in unterschiedlicher Intensität und Professionalität mit dem Thema Abfall und der Entsorgung.
3. Die Qualität der Entsorgung und der Verfügbarkeit von Abfallbezogenen Kennzahlen ist neben unternehmensinternen Prozessen auch abhängig vom Entsorgungsbetrieb (u.a. kommunal vs. privatwirtschaftlich/gewerblich).
4. Die mengenmäßig am häufigsten vorkommenden Abfälle sind Siedlungsabfälle, Bioabfälle sowie Papier- und Kartonagenabfälle
5. Die Branche mit den meisten Abfallarten ist das Metallhandwerk, gefolgt von der kunststoffverarbeitenden Industrie.
6. Generell zeigt sich, dass ein Benchmarking für produzierende Betriebe geeignet ist.
7. Die Sortierung der Abfälle ist abhängig von regionalen (z.B. die Verfügbarkeit von Entsorgern) und betrieblichen Gegebenheiten. (z.B. Platzmangel auf dem Gelände).
8. Es gibt Abfälle die übergreifend in allen Wirtschaftszweigen anfallen und es gibt Abfälle die spezifisch für eine Branche sind.
9. Die in diesem Projekt erfassten gefährlichen Abfälle sind in Bezug auf das Anteilsverhältnis vergleichbar mit anderen Studienergebnissen.
10. Nähere Rückschlüsse zur Abfallbeseitigung lassen sich aufgrund ungenauer Angaben und Dokumentationen zum Beseitigungsverfahren nicht ziehen.
11. Die untersuchten Unternehmen haben generell wenig Wissen und Erfahrung im Umgang mit Abfällen und bedürfen einer besseren Beratung und eines besseren Austausches.
12. Kosten und Aufwand für das Heben der Potenziale sind wichtige Faktoren, damit Unternehmen in diesem Bereich tätig werden.
13. Umweltmanagementsysteme unterstützen Unternehmen dabei ihre Stoffströme zu monitorieren und Verbesserungen durchzuführen.

8 Beitrag zur Ressourceneffizienz

Aus der Steigerung der Ressourceneffizienz ergeben sich viele Vorteile für Unternehmen. So zum Beispiel die Reduzierung von Kosten aufgrund geringerer Entsorgungskosten, Reduzierung von Abhängigkeiten sowie der Beitrag zum Klima- und Umweltschutz sind wesentliche Aspekte, die in Zukunft stets an Bedeutung gewinnen. Allerdings ist die Steigerung der Ressourceneffizienz eine komplexe Aufgabe, die gerade in kleinen und mittleren Unternehmen sowie in Handwerksbetrieben nicht immer einfach umzusetzen ist, wie das vorliegende Forschungsprojekt gezeigt hat.

Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz sind wichtig und müssen in der Praxis unkompliziert erkannt und umgesetzt werden können.

Mit dem Projekt „DigiCHECK Abfall“ wurde ein Lösungsweg aufgezeigt, mit dem es möglich ist, Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungspotenziale in KMU durch ein einfaches Benchmark-System zu identifizieren und daraus Maßnahmen abzuleiten.

Das Projekt hat gezeigt, dass das Benchmarking-System in drei der sechs identifizierten Branchen funktioniert. Dadurch konnten in diesen Branchen Abfallverwertungs- und Abfallvermeidungspotenziale identifiziert werden.

Die identifizierten Potenziale deuten zunächst auf Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich des Umgangs mit Abfällen und Rohstoffen hin. Die Unterschiede und Potenziale im Umgang mit den Abfällen waren zum Teil sehr groß, d.h. es sind auch mit einfachen Maßnahmen in manchen Betrieben bereits enorme Verbesserungen möglich. Die Methodik, die im Rahmen dieses Projekts getestet wurde muss nun skaliert werden. Es muss möglichst vielen Unternehmen zur Verfügung stehen. Denn nur so kann gesamtwirtschaftlich die Ressourceneffizienz gesteigert werden.

9 Ausblick

Potenziale im Bereich der Ressourceneffizienz werden oftmals nicht gehoben, weil sie nicht erkannt werden. Dies liegt zu großen Teilen am fehlenden Wissen und mangelnden Informationen über Abfallverwertungs- und Abfallvermeidungsmöglichkeiten.

Die Erkenntnisse aus diesem Projekt zeigen, wie eine Lösung aussehen kann, um eine strukturierte und einheitliche Erfassung ressourcenrelevanter Kennzahlen, wie Abfall- und Rohstoffkennzahlen, zu ermöglichen und wie Unternehmen das Thema Ressourceneffizienz professionell und systematisch angehen können.

Durch eine Weiterführung des Projektes können Best-Practice Beispiele aufgezeigt werden. Ein Wissenstransfer zwischen den Unternehmen sollte forciert werden. Die Digitalisierung bietet Möglichkeiten die genannten Vorteile zu realisieren.

Das durchgeführte Projekt hat gezeigt, dass in vielen kleinen und mittleren Unternehmen das Thema Ressourceneffizienz wenig professionell und systematisch angegangen wird. Es existieren Insellösungen, mit denen die Potentiale bei weitem nicht vollständig gehoben werden können. Oftmals fehlt eine strukturierte und einheitliche Erfassung ressourcenrelevanter Kennzahlen, wie Abfall- und Rohstoffkennzahlen. Auch einen Wissenstransfer, der es KMU ermöglicht, Maßnahmen von Best-Practice-Beispielen zu implementieren gibt es kaum.

Teilweise sind Umweltmanagementsysteme implementiert, die zwar dafür sorgen, dass Abfallmengen und Rohstoffdaten erfasst werden, jedoch geben diese auch keine Hilfestellung zur Umsetzung von Abfallvermeidungs- oder Abfallverwertungsmaßnahmen.

Durch die zu entwickelnde Ressourceneffizienzplattform wird es Unternehmen möglich, mit wenig Aufwand, ihre Vermeidungs- und Verwertungspotenziale zu erkennen und zu heben. Durch die Plattform können umweltrelevante Daten systematisch in unterschiedlichen Wirtschaftszweigen gesammelt und ausgewertet werden. Die branchen- und unternehmensspezifischen Kennzahlen machen Potentiale in den KMU sichtbar. Die Datenauswertung wird mit Verbesserungsmaßnahmen verknüpft, wodurch die KMU einen individuellen Leitfadens zur Steigerung der Ressourceneffizienz erhalten.

Literaturverzeichnis

Bayerische Staatsregierung 2022

„Hightechagenda Bayern“; online verfügbar unter <https://www.bayern.de/politik/hightech-agenda/> (zuletzt abgerufen am 11.08.2022)

BMUV 2022

„Überblick zum Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess)“; online verfügbar unter: <https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm> (zuletzt abgerufen am 19.08.2022)

BNA 2020

„Digitalisierung im Mittelstand in Zahlen - Bestandsaufnahme Digitalisierung“ Bundesnetzagentur; online verfügbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Digitalisierung/Mittelstand/DigitalisierungZahlen/start.html> zuletzt abgerufen am 05.09.2022.

BMWK 2022

„Digitalisierungsindex: Interaktives Indikatorentool“ online verfügbar unter: <https://www.de.digital/DIGITAL/Navigation/DE/Lagebild/Indikatorentool/indikatorentool.html>

Böhnert 1999

„Benchmarking: Charakteristik eines aktuellen Managementinstruments.“ Schriftenreihe Innovative Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis.

EMAF 2015

„Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe- Waste & Resources Action Programme (WRAP): Economic Growth Potential of More Circular Economies“ Ellen McArthur Foundation (EMAF) online verfügbar unter: <https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe> (zuletzt abgerufen am 05.09.2022)

Hennike et al. 2013

„Ressourcensicherheit und Ressourceneffizienz: Wege aus der Rohstoffkrise“; Policy Paper zu Arbeitspaket 7 des Projekts "Materialeffizienz und Ressourcenschonung" (MaRess) online verfügbar unter: <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/index/index/docId/3276> (zuletzt abgerufen am 22.08.2022)

Hong et al. 2021

„Improving processes within waste management - A case study in a SME“; Erschienen in Industrial Engineering and Management; online verfügbar unter: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1574417&dswid=-4376> (zuletzt abgerufen am 23.08.2022)

Leyh et al. 2016

„Digitalisierung: Chance oder Risiko für den deutschen Mittelstand? – Eine Studie ausgewählter Unternehmen“, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 53(1), pp. 29–41. doi: 10.1365/s40702-015-0197-2.

IfM 2020

„Mittelstand im Einzelnen“ Institut für Mittelstandsforschung Bonn; online verfügbar unter: <https://www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-einzelnen/digitalisierung-der-kmu-im-eu-vergleich> (zuletzt abgerufen am 05.09.2022)

LfS 2022

„Abfallarten gemäß dem Europäischen Abfallverzeichnis (AVV - Abfallverzeichnis-Verordnung), Umrechnungsfaktoren“ Bayerisches Landesamt für Statistik; online verfügbar unter: https://www.statistik.bayern.de/service/erhebungen/bauen_wohnen/abfall/abfallarten/index.php (zuletzt abgerufen am 30.08.2022)

Wohlgemuth, et al. 2012

„Entwicklung eines Open-Source basierten Baukastens zur Unterstützung und Etablierung der Ressourceneffizienz in produzierenden KMU (OpenResKit)“ online verfügbar unter: <https://www.htw-berlin.de/forschung/online-forschungskatalog/projekte/projekt/?eid=1781>. (zuletzt abgerufen am 07.07.2022)

VDI 2011

„Umsetzung von Ressourceneffizienz-Maßnahmen in KMU und ihre Treiber“ Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Ressourceneffizienz GmbH; online verfügbar unter: http://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/studien/28-11-2011_Broschuere_Web.pdf (zuletzt abgerufen am 01.02.2022)

VDI 2015

„Status quo der Ressourceneffizienz im Mittelstand“ Verein Deutscher Ingenieure; online verfügbar unter: <https://www.ressource-deutschland.de/publikationen/studien/> (zuletzt abgerufen am 19.08.2022)

Schebek 2018

„Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 – Potenziale für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) des verarbeitenden Gewerbes“ erschienen in: Recycling und Rohstoffe; online verfügbar unter: https://scholar.google.de/scholar_url?url=https://www.vivis.de/wp-content/uploads/RuR11/2018_RuR_065-078_Schebek.pdf&hl=de&sa=X&ei=bTb_YuXiLYL-GsQLJuoKgAQ&scisig=AAGBfm24BySmSPNG7EXS7FDphPL66zsDqQ&oi=scholar (zuletzt abgerufen am 19.08.2022)

Schmitz et al. 2017

„Digitale Strategien für mehr Materialeffizienz in der Industrie Ergebnisse aus dem IW-Zukunftspanel IW-Report 3/2017. Online verfügbar unter: <https://www.economator.eu/bitstream/10419/157205/1/IW-Report-2017-03.pdf> (zuletzt abgerufen am 05.09.2022)

Statista 2011

„Rohstoff- und Energieversorgung - Umfrage zu derzeitigen Problemen in deutschen Unternehmen“; Statista; Umfrage online verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/203436/umfrage/derzeitige-probleme-bei-der-ressourcenversorgung-im-verarbeitenden-gewerbe/> (zuletzt abgerufen am 22.08.2022)

StMUV 2022

„Bayerische Ressourcenstrategie“ Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) online verfügbar unter: <https://www.stmuv.bayern.de/themen/ressourcenschutz/ressourcenstrategie/index.htm> (zuletzt abgerufen am 11.08.2022)

StMWi 2022

“Rohstoffstrategie Bayern”; Bayerisches Staatministerium für Wirtschaft Landesentwicklung und Energie (StMWi) ; online verfügbar unter <https://www.rohstoffstrategie-bayern.de/> (zuletzt abgerufen am 23.08.2022)

Anhang

Anlage 1: Auflistung der Kooperationspartner aus der Wissenschaft

Institut für angewandte Nachhaltigkeit
Dr. Michael Tretter
Gumpfenbergstraße 7, 85057 Ingolstadt
Tel. 0841 99 322 300, Fax 0841 99 322 302
E-Mail michael.tretter@inas-institut.de

Anlage 2: Auflistung der Kooperationspartner aus der Wirtschaft

Schreinerei Ludwig Mayr GmbH & Co. KG
Schlosserstraße 4, 85077 Manching

Möbelschreinerei Michael Bauer
Weißenkirchen 30, 85111 Adelschlag

Lebenshilfe Werkstätten der Region 10 GmbH
Am Franziskanerwasser 22, 85053 Ingolstadt

Schreinerei Josef Eham GmbH
Eckart 24, 83734 Hausham

ERHARD GmbH & Co. KG
Thüringer Straße 48, 97631 Bad Königshofen

Inotec GmbH Innovative Kunststofftechnik
Hofwiesenstraße 1, 85077 Manching

Klasing Kabel GmbH
Germanenstraße 1, 85095 Denkendorf

MT-Technologies GmbH
Hebbelstraße 65, 85055 Ingolstadt

Backstube Wünsche GmbH
Gutenbergstrasse 11, 85080 Gaimersheim

Backhaus Hackner GmbH
Daimlerstraße 11, 85080 Gaimersheim

Bäckerei / Konditorei Eberl GmbH
Kocheler Straße 10, 83673 Bichl

Bäckerei Köglspurger
Münchnerstraße 1, 82544 Deining / Egling

Bäckerei Conditorei Erhard
Laboratoriumstraße 6, 85055 Ingolstadt

Bäckerei Bauer
Torbäckgässchen 2, 85110 Kipfenberg

Biber GmbH & Co. KG
Schollstr. 1, 85055 Ingolstadt

Stiefel Digitalprint GmbH
Felix-Wankel-Ring 13a, 85101 Lenting

Mondi inncoat GmbH
Angererstraße 25, 85139 Wettstetten

generation druck GmbH
Am Lohsaum 1, 85139 Wettstetten

druckpruskil GmbH
Carl-Benz-Ring 9, 85080 Gaimersheim

Tengler Druck GmbH
Hebbelstraße 57, 85055 Ingolstadt

Bauer Unternehmensgruppe GmbH & Co. KG
Paradiesstraße 56, 82362 Weilheim

Metallbau Söder GmbH & Co. KG
Hammelburger Str. 19, 97723 Oberthulba

TYROLLER HYDRAULIK GmbH
Mühlweg 33, 86579 Waidhofen

Ermisch GmbH
Am Schlichtfeld 1, 82541 Münsing

Rudolf Schabmüller GmbH & Co. KG
Bunsenstrasse 21, 85053 Ingolstadt

Michael Fürbacher GmbH & Co. Elektroinstallations KG
Nürnberger Straße 96, 85055 Ingolstadt

CGS Prozessanalytik GmbH
Keltenstraße 3, 85095 Denkendorf

Peters Service GmbH
Roderstraße 25, 85055 Ingolstadt

Zach Elektroanlagen GmbH & Co. KG
Kolpingweg 2, 83342 Tacherting

FKT GmbH
Schreinerstraße 2, 85104 Pförring

Ausgeschiedene Kooperationspartner

WELLHAEUSER Kunststofftechnik Köppl GmbH & Co. KG
Im Schlott 4, 92339 Beilngries-Grampersdorf (insolvent)

STH Anlagenbau GmbH
Gerstenweg 13, 93092 Barbing

Erhard Brandl GmbH & Co. KG
Eichstätter Str. 15, 85117 Eitensheim