

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 21480 N

Thema

PROmining – Aufbau einer Plattform zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Erhöhung der Auslastung von KMU in der deutschen Steine- und Erdenindustrie

Berichtszeitraum

01.01.2021 – 31.12.2022

Forschungsvereinigung

FIR e. V. an der RWTH Aachen

Forschungseinrichtung(en)

FIR e. V. an der RWTH Aachen

Institute of Mineral Resources Engineering (MRE) der RWTH Aachen University

Gefördert durch:

Das IGF-Vorhaben 21480 N der Forschungsvereinigung FIR e. V. an der RWTH Aachen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Autor:innen



Gerrit Hoeborn, M. Sc. RWTH
Bereichsleiter Business Transformation
FIR e. V. an der RWTH Aachen



Univ. Prof. Dr. Bernd Lottermoser
Institutsleiter
Institute of Mineral Resources Engineering (MRE) der RWTH
Aachen University



Jonas Müller, M. Sc. RWTH
FIR e. V. an der RWTH Aachen



Julian Lassen, M. Sc. RWTH
Institute of Mineral Resources Engineering (MRE) der RWTH
Aachen University



Kira Frings, M. Sc. RWTH
FIR e. V. an der RWTH Aachen

Projekt-Mitarbeiter

Benjamin Diebels

Institute of Mineral Resources Engineering (MRE) der RWTH
Aachen University



Janick Diercks

FIR e. V. an der RWTH Aachen



Leon Hecht

FIR e. V. an der RWTH Aachen



Nick Lober

FIR e. V. an der RWTH Aachen



Martin Schulte

Institute of Mineral Resources Engineering (MRE) der RWTH
Aachen University



Julius Tischbein

FIR e. V. an der RWTH Aachen

Vorwort

Das Forschungsprojekt ‚PROmining‘ hatte zum Ziel, den fehlenden allgemeingültigen Trend zur Digitalisierung in der deutschen Steine- und Erdenindustrie (S&E-Industrie) mit dem Forschungsziel zu adressieren, durch den Einsatz einer Plattformlösung für Unternehmen eine Möglichkeit zu schaffen, von der Plattformökonomie zu profitieren. Dies wird realisiert durch die Befähigung insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU), schwankende Nachfragen präziser zu prognostizieren und auf diese zu reagieren. Um für die KMU einen praktischen Nutzen zu schaffen, wurde im Zuge des Projekts ein webbasierter Demonstrator einer Plattformlösung entwickelt und realisiert. Mittels des Demonstrators werden KMU der deutschen S&E-Industrie dazu befähigt, Wissen über die aktuelle Auslastung zu generieren und die Nachfrage anhand interner und externer Daten zu prognostizieren. Die Unternehmen werden in die Lage versetzt, steigenden Kosten und volatilen Preisen mit einer gesteigerten Effizienz zu begegnen und wirtschaftlicher zu agieren. Mittels des Demonstrators wird den Partizipanten eine datenbasierte Entscheidungsgrundlage geboten, die sie in ihre Entscheidungs- und Geschäftsprozesse integrieren können. Der Demonstrator soll den Unternehmen einen Anreiz dazu liefern, die Organisation disruptiv zu digitalisieren und den ersten Schritt im Transformationsprozess hin zu einem datengetriebenen Unternehmen zu gehen.

Die Projektergebnisse wurden in enger Zusammenarbeit mit den Partnerunternehmen aus der deutschen S&E-Industrie erarbeitet. Für die produktiven und aufschlussreichen Diskussionen, Beiträge und Anregungen in den Expert:innengesprächen und Workshops bedanken wir uns bei allen Expert:innen. Unser Dank gilt insbesondere den Praxispartnern des projektbegleitenden Ausschusses amo-Asphalt GmbH & Co. KG, BSR Schotterwerk GmbH, Bundesverband Mineralische Rohstoffe e. V., DERICHS u KONERTZ Projektentwicklungs GmbH, Diabaswerk Halbeswig GmbH & Co. KG, Frika-Kies GmbH & Co. KG, Granitwerk Fischer GmbH & Co. KG, H. Geiger GmbH Stein- und Schotterwerke, HH-Basalt- und Diabaswerk GmbH, MTC – Mining Technology Consulting GmbH, Mitteldeutsche Hartstein-Industrie AG, Nivelsteiner Sandwerke und Sandsteinbrüche GmbH, PeoplePlanetProfit UG, Sibelco Deutschland GmbH sowie talpasolutions GmbH.

Herzlich bedanken möchten wir uns auch bei unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Jonas Müller, M. Sc., Julian Lassen, M. Sc., und Kira Frings, M. Sc. sowie den eingebundenen studentischen Hilfskräften Benjamin Diebels, Janick Diercks, Leon Hecht, Nick Lober, Maximilian Lucas, Martin Schulte und Julius Tischbein für die Unterstützung

bei der Forschungsarbeit und bei der Erstellung des Berichts. Das IGF-Vorhaben 21480 N der Forschungsvereinigung FIR e. V. an der RWTH Aachen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Für die produktive Zusammenarbeit mit der Forschungsgemeinschaft bedanken wir uns vielmals.

Aachen, 01.06.2023

Gerrit Hoeborn

Bernd Lottermoser

Inhaltsverzeichnis

Autor:innen	III
Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VII
1 Status quo und Motivation des Forschungsprojekts ‚PROmining‘	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung des Forschungsthemas	1
1.2 Daten zum deutschen S&E-Sektor	3
1.3 Digitalisierungsrückstand als Signifikanz des Forschungsvorhabens	5
1.4 Digitale Plattformen als Treiber der Digitalisierung und Wertschöpfung	6
1.5 Hypothesen und Ziele des Forschungsvorhabens	8
1.6 Vorgehen im Forschungsprojekt	9
1.7 Abgrenzung zu bisherigen Forschungsprojekten	11
1.8 Digitalisierung im Bergbau	12
1.8.1 Stand der Digitalisierung im Bergbau	13
1.8.2 Stand der Digitalisierung in der S&E-Industrie	13
1.8.3 Anreize und Handlungsbedarfe zur digitalen Transformation	15
1.8.4 Plattformlösungen als Treiber der digitalen Transformation	16
2 Nutzen und Potenzialanalyse einer Plattform für KMU der S&E-Industrie	18
2.1 Charakterisierung der Unternehmen in der S&E-Industrie durch Merkmale und Ausprägungen	18
2.1.1 Wertschöpfungsnetzwerk der deutschen S&E-Industrie	18
2.1.2 Grundlagen der morphologischen Methode	21
2.1.3 Dimensionen zur Identifikation der Branchenteilnehmer	22
2.1.4 Unternehmensstruktur	23
2.1.5 Unternehmensprozesse	30
2.1.6 Digitale Reife	33

2.1.7	Zusammenfassung der Charakterisierung der Unternehmen der S&E- Industrie durch Merkmale und Ausprägungen	36
2.2	Typisierung der Unternehmen der S&E-Industrie	37
2.3	Einflussfaktoren bei der Bedarfs- und Kapazitätsplanung	42
2.4	Potenzialanalyse einer Plattformlösung	47
2.5	Entwicklung eines Modells zur Untersuchung des Plattformökosystems und des Plattformpotenzials	50
3	Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung	54
3.1	Identifikation und Analyse interner und externer Datenquellen	54
3.1.1	Darlegung des Interviewformats	55
3.1.2	Datennutzung in KMU basierend auf leitfadengestützten Interviews... ..	56
3.1.3	Der aktuelle Stand der Datennutzung in der S&E-Industrie	65
3.2	Maßnahmen zur Verbesserung der Datenhaltung	69
3.2.1	Ansätze zur Verbesserung der Datenhaltung	69
3.2.2	Erfassung von Leistungskennzahlen als Maßnahme für eine verbesserte Datenhaltung	72
3.3	Identifikation verfügbarer Plattformen und digitaler Systeme	76
3.3.1	Marktanalyse zu Plattformen	76
3.3.2	Hemmnisse in der Nutzung von Daten	81
3.3.3	Hemmnisse bei der Nutzung verfügbarer digitaler Plattformen	83
3.4	Maßnahmen bei Über- und Unterkapazität	84
4	Ausarbeitung eines langfristigen Betreiberkonzepts und Identifikation möglicher Services zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Kapazitätsauslastung	87
4.1	Identifikation potenzieller Betreibermodelle	87
4.1.1	Theoretischer Hintergrund Betreibermodelle	88
4.1.2	Identifikation der Akteure auf Betreiber- und Nutzerseite	92

4.1.3	Identifikation potenzieller Betreibermodelle	94
4.1.4	Interessenvergleich von Betreiber- und Nutzerseite	96
4.2	Identifikation von Plattformservices	99
4.3	Mehrwert der Plattformservices	102
4.3.1	Identifikation und Gewichtung der Bewertungskriterien	102
4.3.2	Bestimmung des Mehrwerts der Plattformservices.....	104
4.4	Umsetzbarkeit der Services.....	105
4.4.1	Bestimmung des Gesamtnutzens der Betreibermodelle.....	106
4.4.2	Validierung durch den projektbegleitenden Ausschuss	108
4.5	Umsetzungsroadmap und Beschreibung der Mindestaufwände zur Plattformpartizipation.....	109
5	Entwicklung und Realisierung eines Demonstrators zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Erhöhung der Kapazitätsauslastung	113
5.1	Grobstruktur-Plattform	113
5.1.1	Identifikation funktionaler Anforderungen an die Plattform	114
5.1.2	Validierung und Priorisierung der funktionalen Anforderungen.....	115
5.1.3	Ausarbeitung der funktionalen und Ableitung nichtfunktionaler Anforderungen 116	
5.1.4	Interne Kapazitätsauslastung als Teil des Plattformkonzepts/als Plattformfunktion.....	118
5.1.5	Externe Bedarfsprognose als Plattformfunktion.....	121
5.2	Konzeption geeigneter Identitäten.....	127
5.3	Umsetzung des webbasierten Plattfordemonstrators	129
6	Unternehmensspezifische Implementierung, Testing und Validierung der Plattformlösung sowie Begleitung der Unternehmen beim Transformationsprozess.....	131
6.1	Optimierung des Plattfordemonstrators mit Unternehmen des PA.....	131
6.1.1	Vorstellung des Plattfordemonstrators.....	131

6.1.2	Feedback.....	132
6.1.3	Iterative Optimierung durch Pilotanwendung.....	132
6.2	Dokumentation des Transformationsprozesses im Rahmen der Pilotierung..	133
6.2.1	Der Business-Transformation-Canvas.....	133
6.2.2	Einordnung der Transformationen im Unternehmenskontext	134
6.3	Potenziale und Hemmnisse der Digitalisierung in der Transformation	135
7	Bearbeitung des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ durch die Forschungsstellen	137
7.1	Verwendung der Zuwendung in den Forschungseinrichtungen.....	137
7.2	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	137
7.3	Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse.....	138
7.4	Fortgeschriebener Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft.....	139
7.5	Gegenüberstellung der erzielten und der angestrebten Ergebnisse.....	141
	Abbildungsverzeichnis.....	CXLIX
	Tabellenverzeichnis.....	CLI
	Literaturverzeichnis.....	CLIII
	Anhang	CLXXI

1 Status quo und Motivation des Forschungsprojekts ‚PROmining‘

Digitalisierung und die Auswertung von Daten in Verbindung mit Plattformlösungen haben das Potenzial, die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen zu erhöhen, indem erfolgreich den Herausforderungen eines sich schnell wandelnden Marktes durch effizientere Geschäftsprozesse begegnet wird. Die deutsche Steine- und Erdenindustrie (S&E-Industrie) zeichnet sich durch eine Vielzahl an kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) aus, die auf regionalen Märkten agieren und unterliegt aufgrund von konjunktur- und saisonabhängiger Nachfrage einer schwankenden Kapazitätsauslastung. Daher ist es notwendig, diesen Unternehmen Handlungsempfehlungen für die erfolgreiche und gezielte Integration von Plattformlösungen in den Unternehmensprozess an die Hand zu geben. Im Forschungsprojekt ‚PROmining‘ werden drei zentrale Ergebnisse angestrebt:

- Darstellung und Wechselwirkungen der Akteure der S&E-Industrie sowie Bestimmung gewichteter Einflussfaktoren in Bezug auf Bedarfs- und Kapazitätsplanung.
- Erfassung des aktuellen Stands der Datennutzung und -verarbeitung in S&E-Betrieben als Grundlage für die Entwicklung von Maßnahmen und Guidelines zur Verbesserung der Datenhaltung.
- Entwicklung eines Modells zur Etablierung und Betrieb einer Plattformlösung inkl. eines validierten, webbasierten Demonstrators mit verschiedenen Services zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Erhöhung der Kapazitätsauslastung für Unternehmen der S&E-Industrie.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung des Forschungsthemas

Die meisten Wirtschaftszweige in Deutschland, wie beispielsweise der Maschinenbau, haben sich über die letzten Jahrzehnte kontinuierlich und sukzessiv durch Automatisierung und Vernetzung gewandelt. Die Digitalisierung ist in den Unternehmen dieser hochentwickelten Branchen bereits heute ein wichtiger Teil der Unternehmensstrategie (s. Dispan u. Schwarz-Kocher 2018; Mühlbach 2017). Sie hat, neben der Entstehung neuer, innovativer Produkte und Dienstleistungen, dazu beigetragen, Funktionsprinzipien in diesen Märkten grundlegend zu verändern (s. Baums et al. 2015). Ein elementarer Treiber und Hauptwachstumsträger dieser Entwicklung ist die Plattformökonomie (s. BMWi 2017).

In der deutschen S&E-Industrie und der Bergbaubranche konnte in den vergangenen Jahrzehnten kein allgemeingültiger Trend zur Transformation hin zu digitalen Unternehmen identifiziert werden. Betriebe, die aktiv eine digitale Transformation und

Automatisierung fokussieren, bilden in der Branche die Ausnahme (s. Deloitte 2018; O' Neill 2017). Insbesondere in der S&E-Industrie fand in diesem Zeitraum nur bedingt eine technologische Einbindung neuer digitaler Technologien statt, bis heute wird überwiegend auf konventionelle Technologien zurückgegriffen (s. Braun u. Hennig 2016). Es liegen weder Benchmarks noch charakteristische Referenzbetriebe der für die Digitalisierung der Betriebe erforderlichen Methoden und Tools vor (s. Braun et al. 2017). Neben einem sehr inhomogenen Anlagenbestand, der auf kurzfristigen Bedarfsanschaffungen basiert, existiert keine standardisierte Datenerfassung. Betriebs- oder unternehmensintern genutzte Softwarelösungen werden häufig nicht vollumfänglich eingesetzt bzw. selten aktualisiert, sodass die verwendeten Anwendungen oft auf Excel basieren. Das teilweise große technologische Aufholpotenzial hängt hauptsächlich mit der Struktur der Betriebe zusammen, von denen mehr als 40 Prozent weniger als zehn Mitarbeiter haben (s. Baums et al. 2015). Für die meist sehr kleinen Betriebe ist eine Adaption einer neuartigen, digitalen Technologie mit einem erheblichen unternehmerischen Risiko verbunden. Die Übergangsphase, welche z. B. durch den Wechsel einer Softwarelösung entsteht, hängt mit einem hohen Aufwand zusammen, welcher für kleine Betriebe oftmals nicht parallel zum Tagesgeschäft zu bewältigen ist.

Neben den bisher nicht ausreichend differenziert betrachteten Nachfrageschwankungen bedingt insbesondere ein häufig nicht vollständig genutztes Datenmanagement eine Minderung der Prognostizierbarkeit in den S&E-Betrieben. Häufig werden grundlegende Leistungs- und Verbrauchsdaten nicht erfasst, oder, wenn sie vorhanden sind, nicht ausgewertet und zielführend zugeordnet (Skrypzak 2016). Das mangelnde Datenmanagement in den Einzelbetrieben führt somit nicht nur dazu, dass betriebsintern eine Optimierung der Auslastung nur bedingt möglich ist, zur Verfügung stehende ungenutzte Kapazitäten können darüber hinaus auch nicht von anderen Betrieben eines Unternehmensverbundes erkannt werden (s. Kowitz 2016).

Im Forschungsvorhaben ‚PROmining‘ wurden die vorgenannten Problemstellungen adressiert und verschiedene Innovationsbeiträge geleistet. Es wurde erstmals eine Plattformlösung in der deutschen S&E-Industrie realisiert, mit der Unternehmen dazu befähigt werden, ihre Assets optimal auszulasten und auf schwankende Nachfragen durch eine verbesserte Prognosefähigkeit zu reagieren. Dies ist besonders für KMU von großer Relevanz, weil die Unternehmen in die Lage versetzt werden, steigenden Kosten und volatilen Preisen durch gesteigerte Effizienz zu begegnen. Dies ist für die Unternehmen der S&E-Industrie insbesondere vor dem Hintergrund, dass 52 Prozent der Tätigkeiten ein

Potenzial zur Automatisierung haben, äußerst relevant¹. Hier kann die avisierte Plattformlösung helfen, indem konkrete Anreize gesetzt werden, zumindest einzelne Prozesse, wie die Auftragsplanung oder die Kapazitätsplanung, zu digitalisieren und beispielsweise durch eine Kapazitätsauslastungssteigerung direkt von der Digitalisierung zu profitieren.

Damit KMU optimal auf die unsicheren zukünftigen Entwicklungen reagieren können, ist es unabdingbar, die eigene Effizienz z. B. durch eine optimale Maschinenauslastung zu steigern. Mit der im Forschungsprojekt ‚PROmining‘ angestrebten Plattformlösung für die deutsche S&E-Industrie werden die Unternehmen und Unternehmensverbände befähigt, eine optimale Auslastung der mobilen Geräte und Maschinen zu erzielen. Der Einsatz der Plattformlösung setzt Anreize zur Digitalisierung bspw. durch eine Verbesserung der Datenhaltung und hilft den Unternehmen, einen digitalen Transformationsprozess zu beginnen.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind auf andere, verwandte Branchen, wie die Bauindustrie oder das Handwerk, die ebenfalls stark lokal agieren, übertragbar. In diesen Branchen ist ebenfalls ein Trend hin zu digitalen Plattformen zu erkennen (s. Richters 2016), zudem ist die Bauindustrie wie der Bergbau wenig digitalisiert (s. Schober et al. 2016). Die angestrebten Forschungsergebnisse sind somit sehr gut übertragbar und gehen deutlich über den gewählten Branchenfokus hinaus.

1.2 Daten zum deutschen S&E-Sektor

Die Gewinnung von mineralischen S&E-Rohstoffen ist ein tragender Faktor der deutschen Wirtschaft, da die geförderten Rohstoffe die Grundlage für die nationale Bauindustrie bilden und somit am Anfang einer Gesamtwertschöpfungskette stehen. In der Bundesrepublik Deutschland werden in ca. 2.700 Gewinnungsstätten jährlich mehr als 550 Millionen Tonnen Gesteinsrohstoffe gefördert (s. MIRO 2022). Diese Rohstoffe, hierzu zählen Natursteine, Sand, Kies, Quarzsand und Quarzkies, werden nachfragegerecht gewonnen und aufbereitet, da eine Bevorratung von Haldenmaterial in der S&E-Industrie kaum stattfindet. Die Verkaufsmenge entspricht somit ungefähr der Produktionsmenge. Aufgrund des geringen Verkaufspreises der Rohstoffe in Verbindung mit der relativ hohen

¹https://canadian-german-mining.com/files/events/eu_canada_mining_investment_facility_stakeholder_w/GTAI_Kanada_wird_Bergbau_umfassend_automatisieren_-_July_2017.pdf (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

Dichte erfolgt eine regionale Marktbildung. Der Eigenversorgungsgrad beträgt durch heimische Quellen fast 100 Prozent (s. Bookhagen et al. 2022). Die Branche der Steine und Erden ist damit die Basis der Deutschen Bau- und Baustoffwirtschaft. Rund 80 Prozent der S&E-Rohstoffe in Deutschland werden direkt von der Bauwirtschaft, beispielsweise für den Unterbau von Straßen und Gebäuden oder von weiterverarbeitenden Betrieben der Baustoffwirtschaft, bspw. Betonwerken, abgenommen (s. Göhler-Robus 2022).

Im Jahr 2016 förderten 2.008 Gewinnungsbetriebe mit 23.000 Beschäftigten rund 247 Millionen Tonnen Kiese und Sande im Wert von 1,58 Milliarden Euro. Von den 2.008 Betrieben beschäftigen 53 Prozent weniger als 10 Mitarbeitende. Auch hier spiegelt sich die mittelständische Unternehmensstruktur wider. 43 Prozent der Unternehmen beschäftigen weniger als 10 Mitarbeitende, 56 Prozent haben weniger als 100 Angestellte. Nur 1 Prozent der Unternehmen beschäftigt mehr als 100 Arbeitnehmer:innen. (s. Grömling 2011)

Mit einer Jahresförderung von rund 560 Millionen Tonnen S&E-Primärrohstoffe pro Jahr (s. Basten 2022a) wird eine weitgehende Selbstversorgung in Deutschland erreicht, wobei die Gewinnspannen für S&E-Rohstoffe sehr gering ausfallen (s. Bookhagen et al. 2022; Schwarzkopp et al. 2016). Aufgrund der in Relation des Volumens und des Gewichts geringen Verkaufspreise wird in der Regel nur ein regionaler Markt bedient. Für die meisten Produkte und S&E-Betriebe beschränkt sich der wirtschaftlich erreichbare Markt auf ca. 50 Kilometer Transportentfernung (s. Basten 2022a). Damit einhergehend und aufgrund fehlender öffentlicher Handelsplätze herrscht nur eine sehr geringe Preistransparenz, sodass weder regional noch überregional eine Preisbildung dargestellt werden kann. Betriebskapazitäten müssen der regionalen Nachfrage folgen und schwanken gleichzeitig mit dieser. Hieraus resultiert insbesondere eine schwankende Auslastung der Betriebsmittel und Anlagen (s. Skrypzak 2016).

Wegen der Transportschwierigkeiten der Rohstoffe bilden sich in der S&E-Branche viele regionale Märkte, unter denen es zu teils erheblichen Preisunterschieden kommt: aufgrund geologischer Verfügbarkeit und marktbasierter Nachfrage ergeben sich für den Großraum München Kosten von 15 Euro pro Tonne und in Mecklenburg-Vorpommern von 3 Euro pro Tonne für Bausand. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland in Bezug auf die produzierten Baustoffe auf Platz 2 mit ca. 40 Milliarden Euro (s. Andrleit et al. 2018). Für diesen Umsatz bildet die S&E-Industrie die Grundlage. Eine Steigerung der Effizienz der deutschen S&E-Industrie leistet somit in direkter Folge einen hohen Beitrag.

Um das gesamtwirtschaftliche Wachstum in Deutschland zu sichern, wird auch in Zukunft die Gewinnung der S&E-Rohstoffe in erheblichem Umfang notwendig sein (s. Schwarzkopp et al. 2016). Aufgrund der Unsicherheit über die zukünftige Nachfrage nach S&E-Rohstoffen, die laut einer Studie von Schwarzkopp et al. (2016) um 18,6 Prozent im Jahr 2035 steigen oder aber aufgrund einer verhaltenen Baukonjunktur um 3,4 Prozent (jeweils im Vergleich zum Jahr 2013) sinken kann, ist es vor allem für KMU wichtig, auch in Zukunft die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und zu steigern (s. Basten 2017; Schwarzkopp et al. 2016). Der stark schwankende Verlauf der Produktion und der Kapazitätsauslastung ist in Abbildung 1-1 dargestellt.

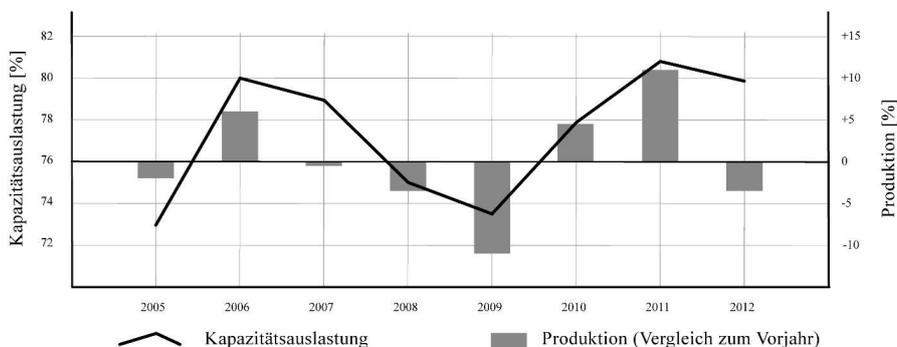


Abbildung 1-1: Produktion und Kapazitätsauslastung in der Baustoff-, Steine- und Erdenindustrie (Skrypczak 2016, S. 28)

1.3 Digitalisierungsrückstand als Signifikanz des Forschungsvorhabens

Mit den Ergebnissen aus dem Forschungsvorhaben ‚PROmining‘ wird sowohl ein großer Beitrag zur Erweiterung bestehender als auch zur Erschließung neuer Geschäftsfelder für die KMU in der deutschen S&E-Industrie geleistet. Mit der Umsetzung einer Plattformlösung, um auf schwankende Nachfragen zu reagieren oder die optimale Kapazitätsauslastung zu bestimmen, wird es den KMU der S&E-Industrie ermöglicht, einen ersten Schritt in der Digitalisierung zu gehen. Ziel hierbei war es, neue Kundengruppen zu erschließen, die Auslastung im Betrieb zu erhöhen und infolgedessen zusätzliche Umsätze zu generieren (s. auch O' Neill 2017; Baums et al. 2015). Insbesondere durch ein effizientes Flotten- und Instandhaltungsmanagement und die Präzisierung der Prognose zukünftiger Nachfragen können die KMU und Unternehmensverbände befähigt werden, neue Geschäftsfelder wie beispielsweise die Vermietung von mobilen Assets an andere oder branchenfremde Unternehmen zu realisieren. Diese auf der zu entwickelnden Plattform angebotenen Dienstleistungen

dienen dabei als Katalysator, aber auch das bestehende Geschäftsmodell wird z. B. durch die optimale Planung von Wartungsintervallen, die Risikominimierung von Investitionen und die Digitalisierung von Assets und Prozessen deutlich erweitert. Die Instandhaltung kann bspw. durch die verbesserte Prognosefähigkeit in Phasen mit einer niedrigen zu erwartenden Nachfrage gelegt werden und Investitionsentscheidungen können unterstützt werden.

Andere Branchen haben sich bereits durch die Digitalisierung radikal verändert. Die Unternehmen haben ihre Geschäftsmodelle dem digitalen Fortschritt anpassen müssen oder aber existieren nicht mehr am Markt. Mit den Ergebnissen des Forschungsprojekts sollen Unternehmen der S&E-Industrie befähigt werden, frühzeitig die digitale Transformation mitzugestalten, Umsatz- und Effizienzpotenziale zu heben und als Basis für nachgelagerte Branchen auch in Zukunft das gesamtgesellschaftliche Wachstum in Deutschland zu sichern.

1.4 Digitale Plattformen als Treiber der Digitalisierung und Wertschöpfung

Der Begriff Plattform ist allgegenwärtig und findet in einer Vielzahl von Industrien Anwendung (s. Gawer u. Cusumano 2014). Trotzdem liegt bisher noch keine einheitlich anerkannte Definition des Begriffs im wissenschaftlichen Diskurs vor (s. Mack u. Veil 2017). Das Konzept der zweiseitigen Märkte wurde erstmals von Rochet u. Tirole (2003) beschrieben. Demnach sind zweiseitige Märkte Plattformen, auf denen zwei oder mehr Kundengruppen miteinander verbunden sind und jeweils für ihre Leistungen zahlen (s. Rochet u. Tirole 2003). Das Besondere an digitalen Plattformen ist jedoch, dass die Effekte, die auf mehrseitigen Märkten eine Rolle spielen, bei digitalen Märkten besonders stark hervortreten und sich in ihrer Wirkung zum Teil gegenseitig verstärken (s. Engels et al. 2017). Übergreifende Ziele von Plattformen sind die Zusammenführung von Nutzern, den Austausch von Gütern oder Dienstleistungen zu erleichtern bzw. diese zu entwickeln und anzubieten sowie eine Wertschöpfung für alle Teilnehmer zu ermöglichen (s. Parker et al. 2016).

Gawer u. Cusumano (2014) identifizieren zwei Arten von Plattformen: interne, unternehmensspezifische und externe, branchenweite oder branchenübergreifende Plattformen. Die digitale Plattform bietet eine offene, partizipative Infrastruktur für Interaktionen und legt regulatorische Bedingungen fest. Plattformen können sehr schnell wachsen, da sie Werte durch Ressourcen schaffen, die sie nicht besitzen (s. Parker et al. 2016). Sie senken den Bedarf an physischer Infrastruktur und Wirtschaftsgütern und können die einzelnen Teilnehmer bei dem Erfassen, Analysieren und Austauschen von

großen Datenmengen unterstützen (s. van Alstynne et al. 2016). Insbesondere die Analyse von Daten für akkurate Vorhersagen und verlässliche Schätzungen kann Unternehmen befähigen, Ressourcen optimal zu verwenden und Anomalien zu entdecken (s. Zhu u. Laptev 2017). So verwendet beispielsweise die Plattform Uber bereits heute Methoden, um Nachfragen zu prognostizieren und bedarfsgerecht Fahrer in Gebiete zu schicken (s. Bell u. Smyl 2018). Andere Plattformen aus digitalisierten Branchen, bspw. die ADAMOS IIoT-Plattform im Maschinenbau², die Mindsphere-Siemens Cloud for Industry³ für die Industrie oder die WERKBLiQ-Plattform⁴ in der Instandhaltung, zeigen das große Potenzial der Plattformökonomie auf. Allerdings haben alle Plattformen gemeinsam, dass sie bereits in hochautomatisierten und digitalisierten Branchen eingesetzt werden⁵. Die S&E-Industrie ist weit von einer solch hohen strategischen Digitalisierungsebene entfernt, die Beispiele zeigen allerdings das Potenzial von Plattformen auf.

Die Realisierung einer Plattformlösung für die S&E-Industrie kann KMU zur Digitalisierung, bspw. durch die Prognosefähigkeit der Plattform, befähigen, indem Wartungszyklen in Abhängigkeit von der erwarteten Nachfrage optimal geplant oder mobile Assets temporär vermietet werden. Da die Plattform im Forschungsprojekt vorwettbewerblich gestaltet werden soll, ist ein Konzept für eine gemeinsame Wertschöpfung erforderlich. (s. Engelhardt et al. 2017)

Für die zu realisierende Plattformlösung bedeutet das in diesem Zusammenhang, dass die S&E-Industrie eine Möglichkeit zur Partizipation an der Plattformökonomie erhält. So erhalten die einzelnen Unternehmen eine Möglichkeit, an internetbasierten Geschäftsmodellen teilzunehmen, diese mitzugestalten sowie mit anderen Akteuren auf einem digitalen Marktplatz zu interagieren und von Netzwerkeffekten profitieren zu können. Die Unternehmen der S&E-Industrie können somit neben traditionellen Handelsformen („Pipelines“), in welchen sie nur einen Teil der Wertschöpfungskette steuern, neue Handelsformen wie die Plattform kennenlernen. Mithilfe einer Plattform, die in diesem Zusammenhang eine digitale Lösung mit einfachen Schnittstellen für die

²<https://www.adamos.com/adamos-hub/>

³<https://new.siemens.com/global/de/produkte/software/mindsphere.html>

⁴<https://de.dmgmori.com/news-und-media/magazin/technology-excellence-01-2018/werkbliq>

⁵<https://new.siemens.com/global/de/produkte/software/mindsphere.html>

Unternehmen darstellt, können die Unternehmen in Abhängigkeit ihrer Bereitschaft zur Digitalisierung und Datenfreigabe unterschiedliche Services nutzen.

1.5 Hypothesen und Ziele des Forschungsvorhabens

Durch das Forschungsvorhaben ‚PROmining‘ werden KMU der S&E-Industrie dazu befähigt, schwankende Nachfragen zu prognostizieren und auf diese datengestützt reagieren zu können. Für die Ausarbeitung eines Konzepts zur Entwicklung eines Demonstrators einer Plattformlösung wurde die folgende Arbeitshypothese erarbeitet. Diese bildete für das Forschungsvorhaben ‚PROmining‘ die Grundlage des empirisch-deduktiven Forschungsprozesses:

Arbeitshypothese: Anhand der zu entwickelnden Plattformlösung werden KMU in der deutschen S&E-Industrie befähigt, von der Digitalisierung zu profitieren, indem sie mit einer gesteigerten Prognosefähigkeit auf schwankende Nachfragen reagieren können. Durch die Ergebnisse des Forschungsprojekts sollen KMU aus der deutschen S&E-Industrie dazu befähigt werden, datenbasierte Entscheidungen treffen zu können. Die Partizipanten werden in die Lage versetzt, steigenden Kosten und volatilen Preisen mit einer gesteigerten Effizienz zu begegnen. Durch die neu geschaffene Planungsgrundlage kann die Auslastung der Assets erhöht werden. Des Weiteren dient das Forschungsprojekt der disruptiven Initiierung der Transformation hin zu einem digitalisierten Unternehmen. Der Demonstrator einer Plattformlösung soll an dieser Stelle einen Anreiz dazu liefern, dass die Unternehmen ihre interne Datenhaltung verbessern. Hierzu wird im Projekt das nachfolgende Forschungsziel und untergeordnete Teilziele verfolgt.

Forschungsziel: KMU und Unternehmensverbände in der deutschen S&E-Industrie sollen durch den Aufbau einer digitalen Plattform dazu befähigt werden, mittels einer gesteigerten Prognosefähigkeit besser auf schwankende Nachfragen zu reagieren.

Teilziel I: Darstellung des Nutzens einer Plattformlösung mit ihren Potenzialen und ihrem Ökosystem sowie Typologisierung der Unternehmen der S&E-Industrie.

Teilziel II: Identifikation relevanter interner und externer Datenquellen für den Betrieb einer Plattform und Befähigung der Unternehmen zur Verbesserung der eigenen Datenerfassung und -haltung.

Teilziel III: Ausarbeitung einer langfristigen, wirtschaftlich tragfähigen Plattformlösung und Identifikation von möglichen Services, die auf der Plattform angeboten werden können und auf Basis der bereitgestellten Daten zur Prognosefähigkeitsverbesserung und Kapazitätsauslastung beitragen.

Teilziel IV: Unternehmensneutrale Identifizierung und Bereitstellung von Maßnahmen und Werkzeugen, um die Wirkungsbeziehungen zur Erhöhung der Prognosefähigkeit zu identifizieren und KMU zu befähigen, diese in Verbindung mit den zuvor identifizierten Services zu verbessern.

Teilziel V: Unterstützung der KMU bei der unternehmensspezifischen Implementierung der Plattformlösung und Begleitung beim Transformationsprozess eines KMU mit einem klassischen, analogen Geschäftsmodell hin zur prognosegestützten Nutzung der angebotenen Services.

1.6 Vorgehen im Forschungsprojekt

Die Befähigung der Unternehmen, durch eine gesteigerte Prognosefähigkeit besser auf schwankende Nachfragen zu reagieren, wird im Forschungsvorhaben durch ein mehrstufiges Vorhaben unterstützt. Hierbei wird das Vorhaben in einzelne Arbeitsschritte unterteilt, welche zur Klärung der Fragestellungen aus Theorie und Praxis dienen. Die Überführung der Erkenntnisse in einen plattformbasierten Demonstrator soll insbesondere KMU bei der Partizipation an der Plattformökonomie unterstützen. Insgesamt wurden sechs Arbeitspakete zur Zielerreichung definiert, welche gemeinsam durch die beiden Forschungseinrichtungen erarbeitet wurden. Diese sind in Abbildung 1-2 dargestellt. Mit dem Vorgehen soll die folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

Forschungsfrage: Wie können KMU im Bergbau durch den Einsatz einer wirtschaftlich tragfähigen Plattformlösung befähigt werden, von der Digitalisierung zu profitieren, um mit einer gesteigerten Prognosefähigkeit auf schwankende Nachfragen zu reagieren?

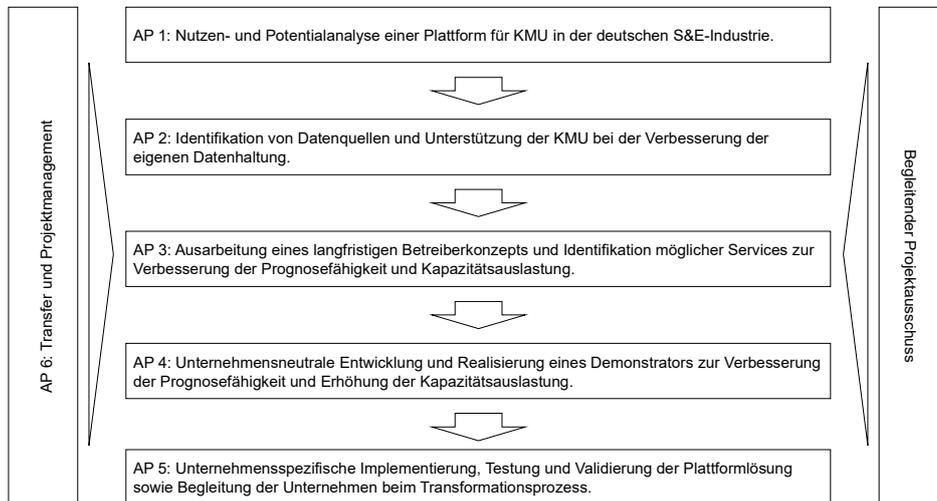


Abbildung 1-2: Vorgehen im Forschungsprojekt

Aus der Forschungsfrage ergeben sich mehrere Teilfragen. Zur Entwicklung einer geeigneten Plattformlösung muss zunächst untersucht werden, welche Spezifika sich für die Digitalisierung der relevanten Unternehmenstypen in der S&E-Industrie ergeben. Dies führt zur ersten Teilfrage:

Teilfrage 1: Wie lassen sich die verschiedenen Typen von KMU in der deutschen S&E-Industrie darstellen und welche Faktoren beeinflussen die Bedarfs- und Kapazitätsplanung?

Nachdem die verschiedenen Unternehmenstypen und Einflussfaktoren auf die Bedarfsplanung bekannt sind, führt dies zur zweiten Teilfrage:

Teilfrage 2: Welche internen und externen Datenquellen können für den Betrieb einer Plattform bereitgestellt werden und wie können Unternehmen der deutschen S&E-Industrie befähigt werden, ihre Datenerfassung und -haltung zu verbessern?

Liegt die Datenbasis vor, kann auf dieser Grundlage entschieden werden, welche Services den KMU angeboten werden und durch wen eine Plattform möglicherweise betrieben werden könnte, was zur dritten Teilfrage führt:

Teilfrage 3: Wie könnte ein langfristiges, wirtschaftlich tragfähiges Betreiberkonzept für eine Plattform aussehen und welche Services kann die Plattform auf Basis der vorhandenen und potenziellen Daten den KMU in der deutschen S&E-Industrie bereitstellen?

Ein wesentlicher Aspekt der Plattformlösung soll die Befähigung von KMU und Unternehmensverbänden zur verbesserten Vorhersage der zukünftigen Nachfrage sein. Daraus ergibt sich die vierte Teilfrage:

Teilfrage 4: Durch welche Maßnahmen und Instrumente können die Wirkungsbeziehungen einer gesteigerten Prognosefähigkeit durch die Plattformlösung identifiziert und strukturiert gesteigert werden und inwieweit können die zuvor identifizierten Services in Verbindung mit der Kapazitätsauslastungsplanung einen Beitrag dazu leisten?

Abschließend muss betrachtet werden, wie KMU und die Unternehmensverbände die Plattform erfolgreich implementieren. Dies führt zur fünften Teilfrage:

Teilfrage 5: Wie ist der Implementierungs- und Transformationsprozess eines Unternehmens oder von Verbänden mit einem klassischen, analogen Geschäftsmodell hin zu einer plattformgestützten Prognosefähigkeit zu gestalten, um die Potenziale bestmöglich auszuschöpfen?

1.7 Abgrenzung zu bisherigen Forschungsprojekten

Die Analyse der aktuellen und abgeschlossenen Forschungsvorhaben zeigt, dass industriespezifische Lösungen für die S&E-Industrie nur in geringem Maße vorhanden sind. Es konnten zwei Gruppen von Forschungsprojekten identifiziert werden. Die Projekte „Energiemanagementsystem-Plattform“ und „Plattformhybrid“ fokussieren die Entwicklung digitaler Plattformen, wohingegen die Forschungsprojekte „Emissionsreduktion in der S&E-Industrie durch modellbasierte Prozessoptimierung“ und „Real-Time Mining“ die Digitalisierung in der S&E-Industrie thematisieren.

Tabelle 1-1: Abgrenzung zu bisherigen Forschungsprojekten

Projekt	Projektziel & Branchenfokus	Abgrenzung von PROmining
Energiemanagementsystem-Plattform (EMS-PF) (SAB, Fördernummer: 100230665)	Prototypentwicklung, um mehreren Unternehmen einen flexibleren Zugang zu Energiemanagement-funktionalitäten verschiedener Anbieter in Form von Services zu bieten und Auswertungen zu erstellen.	Der Fokus liegt nur auf dem Aufbau einer „Auswahlplattform“, um Unternehmen die Auswahl einer IT-Lösung verschiedener Anbieter zu erleichtern; die Entwicklung eigener, neuer Services steht somit nicht im Fokus, zudem ist die Zielgruppe nur auf digital hochentwickelte Branchen wie Industrie- und Gewerbetunden, Energieerzeuger etc. beschränkt.
PlattformHybrid (AiF-20178N)	Entwicklung eines Vorgehens zum Aufbau hybrider Geschäftsmodelle unter Einbezug der Möglichkeiten digitaler Plattformen für die KMU des Maschinenbaus.	Der Fokus liegt explizit auf den Unternehmen des Maschinenbaus und bietet ein Auswahl-Assessment zum Beitritt an eine bestehende Plattform bzw. eine Roadmap zur Gründung einer eigenen Plattform an; in der S&E-Industrie existiert allerdings noch keine Plattform.

<p>Emissionsreduktion in der S&E-Industrie durch modellbasierte Prozessoptimierung (EMREDPRO)</p>	<p>Aufbau eines Softwaremodells, das Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz und Emissionsreduktion für bestehende Anlagen und Neuentwicklungen in industriellen Prozessen der S&E-Industrie ermitteln soll.</p>	<p>Der Fokus liegt nur auf der Analyse von Betriebsdaten zur Steigerung der Energieeffizienz. Im Forschungsprojekt wird keine Plattformlösung entwickelt, zudem werden Möglichkeiten zur Auslastungssteigerung oder Prognosemodelle über die zukünftige Nachfrage nicht im Forschungsvorhaben berücksichtigt.</p>
<p>Real-Time Mining (H2020 Grant Agreement No 641989)</p>	<p>Integration von sensor-gestützten Monitoring-Systemen in die Gewinnung von Erzlagerstätten, die gekoppelt mit Echtzeit-Datenanalyse und Aktualisierung des Ressourcenmodells die Betriebsführung unterstützen.</p>	<p>Der Fokus des Projekts liegt auf der Echtzeitdatenaufnahme, -überwachung und -steuerung mit dem Zweck, Daten über die Lagerstätte und Informationen zu Elementen oder prozentualen Gehalten auch direkt beim Abbau aufzunehmen. Die Steigerung der Prognosefähigkeiten wird hierbei jedoch nicht betrachtet.</p>

1.8 Digitalisierung im Bergbau

Die Digitalisierung in Verbindung mit Plattformlösungen bietet Unternehmen die Chance, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen, Geschäftsprozesse zu optimieren und sich erfolgreich auf die Herausforderungen eines schnell wandelnden Marktes vorzubereiten. Die Digitalisierung hat auch im Bergbau eine immer wichtigere Rolle eingenommen. Durch den Einsatz von digitalen Technologien können Bergbauunternehmen ihre Produktivität steigern, die Sicherheit erhöhen und die Kosten senken. Der Stand der Digitalisierung im Bergbau variiert je nach Region und Unternehmen stark. Einige große Bergbauunternehmen haben bereits erhebliche Fortschritte in der Digitalisierung gemacht und setzen Technologien wie autonome Fahrzeuge, Sensoren und IoT-Systeme ein, um ihre Prozesse zu optimieren. Andere Unternehmen, insbesondere KMU, aus der deutschen S&E-Industrie stehen noch am Anfang der digitalen Transformation und haben noch nicht alle Vorteile neuer digitaler Technologien, wie Plattformlösungen, ausgeschöpft. Eine besondere Herausforderung für die Unternehmen besteht darin, die Vielzahl von Daten, die in der Branche anfallen, zu erfassen, zu speichern, zu verarbeiten und auszuwerten. Auch die Integration der neuen Technologien in bestehende Geschäftsprozesse und Infrastrukturen erfordert oft erheblichen Aufwand und Investition. Insbesondere KMU, welche die deutsche S&E-Industrie prägen, können nur auf limitierte personelle und monetäre Ressourcen zugreifen und sind somit bei der Integration neuer digitaler Technologien gehemmt. Um die zahlreichen Chancen und Potenziale der Digitalisierung in KMU der S&E-Industrie, wie beispielsweise die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit, realisieren zu können, ist eine erfolgreiche digitale Transformation elementar.

1.8.1 Stand der Digitalisierung im Bergbau

Nach einer weltweiten Studie von Inmarsat (2017) stellen 94 Prozent aller Bergbaubetriebe fest, dass sie ihre Daten nicht in geeigneter Form nutzen können, um daraus einen Mehrwert hinsichtlich Produktivität und Effizienz zu generieren. Zwar stehen viele Daten bereits durch Standardausrüstungen der Betriebsmittel und erforderliches standardisiertes Berichtswesen insbesondere im Finanzbereich zur Verfügung, jedoch fehlen das nötige Werkzeug und das Know-how, diese wertsteigernd zu interpretieren. Die Studie gibt mehrere Gründe an, warum in der Bergbaubranche nur ein unzureichendes Datenmanagement vorherrscht und kein Mehrwert aus einfach zu erfassenden oder bereits zur Verfügung stehenden Daten gezogen wird. Als Hauptgründe werden fehlendes Know-how und Sicherheitsbedenken angegeben. Beinahe 50 Prozent der Unternehmen geben an, nicht über ausreichend Daten zu verfügen, um diese gewinnbringend zu interpretieren, oder nur eingeschränkten Zugang zu den erforderlichen Daten zu haben. 35 Prozent der Unternehmen geben wiederum an, dass zu viele Daten zur Verfügung stehen und somit eine geeignete Interpretation zu komplex erscheint. Ein weiteres angegebenes Problem ergibt sich aus einer ungeeigneten Datenspeicherung, wobei sowohl Kompatibilitätsprobleme als auch eine geeignete Strukturierung der Datenbanken eine Rolle spielen. (s. Inmarsat 2017)

Hinsichtlich der Funktionalität von digitalen Plattformlösungen wünschen sich die in der Studie erfassten Unternehmen in absteigender Häufigkeit Unterstützung hinsichtlich der Aspekte Datensicherheit, Dateninterpretation, Planungskompetenz, Managementkompetenz, technische Unterstützung und Datenverwaltung (s. Inmarsat 2017). Ein vergleichbarer Trend ist in der nachgelagerten Branche der Bauindustrie zu erkennen. 94 Prozent der Unternehmen der Baubranche sind sich bewusst, dass ein geeigneter Umgang mit Daten die Gesamtheit der Prozesse der Branche nachhaltig beeinflussen wird. Bisher führt diese Erkenntnis jedoch erst bei 6 Prozent der Unternehmen zu einem tatsächlichen Umdenken und einer tatsächlichen Umsetzung durch digitale Planungsinstrumente (s. Schober et al. 2016).

1.8.2 Stand der Digitalisierung in der S&E-Industrie

In der S&E-Industrie ergeben sich derzeit bereits bei der Datenerfassung die ersten Herausforderungen. Nur die wenigsten KMU setzen eine kontinuierliche und automatisierte Datenerfassung um. Die Kennzahlen werden sogar in der Regel nur manuell ermittelt, erfasst und interpretiert. Vielfach werden handschriftliche oder Excel-basierte Kalkulationen umgesetzt und entsprechende Dokumentationsformen praktiziert.

Die Erfassung von Kapazitätsauslastungen, der Umgang mit Störungen und die Einsatzplanung erfolgen oftmals auf subjektiven Entscheidungen und liefern somit durch eine unzureichende Dokumentation keinen genauen Überblick über das Gesamtsystem (s. Kowitz 2016).

Laut der Studie des Vereins Deutscher Zementwerke e. V. ist lediglich der Zementherstellungsprozess nahezu vollständig digitalisiert. Weiteres Industrie-4.0-Potenzial besteht vor allem bei der Rohmaterialgewinnung (s. Haarhoff et al. 2019). Eine übergreifende Datennutzung, -auswertung und Kapazitätssteigerung gemeinsam mit Dritten ist nicht möglich bzw. wird nicht durchgeführt. Optimierungsbedarf besteht dabei insbesondere im Hinblick auf die Kapazitätsauslastung der S&E-Betriebe, die im Allgemeinen sehr stark von der aktuellen regionalen Konjunktur abhängig und zusätzlich wegen fehlender Markttransparenz sehr schwer zu erfassen und voranzuplanen ist. Neben den konjunkturellen Schwankungen werden die Kapazitätsauslastungen der Betriebe stark von saisonalen Nachfrageschwankungen der Bauindustrie beeinflusst, die insbesondere in den kalten Wintermonaten eine geringe Nachfrage aufweist. Dies führt zu Über- oder Unterlastung in der Produktion mit Auswirkungen auf Reaktionszeit, Kapazität, Budget, Effizienz, Strategie, Personalrisiko und Instandhaltung. (s. Rauth 2012; Kowitz 2016)

Für die Bergbauindustrie und insbesondere für die S&E-Industrie müssen die Optimierungspotenziale Datenmanagement und -analysen noch erschlossen werden. Hierzu ist der wichtigste nächste Schritt die Entwicklung und Etablierung eines einheitlichen, betriebsmittel- und unternehmensunabhängigen Plattformkonzepts für die Datenanalyse. Für die kleinen Betriebe der S&E-Industrie sollte dies nur mit geringem Implementierungs- und Kostenaufwand verbunden sein (s. Kowitz 2016). Neben einer Datenerfassung müssen die Unternehmen zu einer standardisierten Datenspeicherung befähigt werden. Außerdem ist eine betriebs- und unternehmensübergreifende Kennzahlermittlung unabdingbar, um Maschinenleistungen zu bewerten und Beschaffungsprozesse und Kapazitätsauslastungen zentral zu steuern und so umständliche Berichtsübermittlungen obsolet zu machen.

Fazit: Die deutsche S&E-Industrie hat im Branchenvergleich große Defizite in der Digitalisierung. Die Kapazitätsauslastung unterliegt starken Schwankungen aufgrund regionaler sowie konjunktur- und saisonbedingter Nachfrageschwankungen. Die Bereitstellung einer maßgeschneiderten digitalen Plattformlösung kann den KMU in der

S&E-Branche helfen, die Prognosefähigkeit und Kapazitätsauslastung sowohl auf Betriebs- als auch auf Unternehmensebene zu verbessern.

1.8.3 Anreize und Handlungsbedarfe zur digitalen Transformation

Der große technologische und digitale Entwicklungsrückstand der S&E-Industrie in Bezug auf andere Branchen hängt insbesondere mit der Struktur der Betriebe zusammen. Für die überwiegend sehr kleinen Betriebe mit einer geringen Anzahl an Mitarbeitenden und zudem bedingt durch die allgemein sehr geringen Gewinnspannen der S&E-Produkte, geht die Erprobung einer neuen Technologie mit einem großen unternehmerischen Risiko einher. Da für viele, für die Digitalisierung der Betriebe erforderlichen, Methoden und Tools weder Benchmarks noch charakteristische Referenzbetriebe existieren, wird die Implementierung als großes Risiko angesehen. Dies führt wiederum dazu, dass in der Regel auf bewährte konventionelle Technologien zurückgegriffen wird und (ökonomische) Optimierungspotenziale durch Neuentwicklungen unberücksichtigt bleiben. (s. Braun et al. 2017)

Eine weitere Problematik ergibt sich für die Betriebe der S&E-Industrie wegen des häufig sehr inhomogenen Anlagenbestands. Bedingt durch die Evolution der Betriebe und die ständige Anpassung an eklatante Kapazitätsschwankungen werden die meisten Anlagen und Betriebsmittel kurzfristig angeschafft. Darüber hinaus greifen die Unternehmen häufig auf die langjährig betriebs- oder unternehmensintern erfolgreich genutzten Software-systeme, die in der Regel auf Excel basieren, zurück. Sie scheuen den Mehraufwand in einer Übergangsphase zu einer neuen Softwarelösung bspw. durch Doppelerfassung im Alt- und Neusystem, sodass keine intrinsische Motivation zu einem Update der vorhandenen Lösung entsteht. Bei der Einführung von neuen Softwarelösungen ist somit darauf zu achten, dass die Komplexität der Anbindung so gering wie möglich gehalten wird, um eine möglichst hohe Akzeptanz zu erreichen. Diese Anforderung kann beispielsweise durch externe Plattformlösungen realisiert werden. Alternativ ist zu prüfen, ob eine hochflexible, anwendungsfreundliche, interne Lösung ausreichend ist, die auch von den 43 Prozent der Betriebe mit weniger als zehn Mitarbeitenden eingesetzt werden kann.

Diese verschiedenen Risikobarrieren und Hemmschwellen verhindern häufig die Etablierung neuer Technologien in einer Branche. Neben einem ökonomischen Risiko resultiert eines der Hauptprobleme dabei aus dem Fehlen verlässlicher Informationen, was insbesondere bei einer für ein bestimmtes Anwendungsgebiet unerforschten Technologie zum Tragen kommt. Zur Bewältigung solcher Risikobarrieren und zum Herabsetzen von

Hemmschwellen ist es wichtig, umfassendes Wissen zu generieren und Informationen zu branchenspezifischen Anwendungspotenzialen bereitzustellen. (s. Trianni et al. 2013)

Fazit: Verschiedene Hemmschwellen verhindern die Adaption neuer technologischer Entwicklungen in der Branche. Es fehlt bislang an einer wissenschaftlichen Erforschung von Transformationsprozessen von KMU in der S&E-Industrie, die durch die Implementierung einer Plattformlösung entstehen. Eine erfolgreiche Transformation ist allerdings zur Realisierung der Potenziale von neuen Technologien elementar.

1.8.4 Plattformlösungen als Treiber der digitalen Transformation

Die Einführung einer Plattformlösung stellt in diesem Zusammenhang gleichzeitig eine Herausforderung und Chance dar. Je mehr Betriebe eines Unternehmens oder einer Branche die Plattformlösung nutzen, desto größer wird der Nutzen für jeden einzelnen Betrieb. Durch den stattfindenden Datenaustausch trägt die Etablierung einer Plattformlösung somit zukünftig zu einer Beschleunigung des Etablierungsprozesses für neue Technologien bei. Allerdings sind die Veränderung und der Transformationsprozess, die ein Unternehmen zur Realisierung von Potenzialen durch einen Plattformbeitritt erfährt, in der Wissenschaft bislang kaum erforscht (s. Steiner u. Braun 2015; Wolan 2013). Durch die Nutzung einer digitalen Plattform werden weitreichende prozessuale, strukturelle und personelle Veränderungen verursacht (s. Shaughnessy 2015). Allerdings fehlt es an wissenschaftlicher Erforschung.

Im Laufe des Projekts konnte eine Verschärfung des Plattformmarktes in der S&E-Industrie beobachtet werden. Neue Unternehmen und Plattformen übernehmen immer mehr Rollen in der Branche. So bietet das Unternehmen Schüttflix seit 2019 eine Möglichkeit, Schüttgüter zu handeln und erlaubt Abnehmern sowie Anbietern eine schnelle und transparente Zusammenkunft über ihre Plattform⁶. Das Unternehmen Digando bringt Digitalisierung in die Vermietung von Baumaschinen. Über die Plattform lassen sich Bagger, Lader, Anhänger, sowie Werkzeuge und viele weitere Baumaschinen flexibel bestellen.⁷ Auch herstellerseitig hält die Digitalisierung Einzug ins Produktportfolio. Als Beispiel wäre Komtrax zu nennen, das kabellose Maschinenerfassungssystem des Baumaschinenherstellers Komatsu. Es dient zur Datenerfassung und -zusammenstellung

⁶<https://schuettflix.com/de/de/>

⁷<https://www.digando.com/ueber-uns>

und bietet die Möglichkeit, Einsatzinformationen zu verwendeten Baumaschinen digital über Endgeräte wie Smartphone und Computer abzurufen. Im Fokus stehen dabei Maschinendaten mit Relevanz für Wartung und Reparatur, aber auch Informationen wie der Standort oder Daten zur Arbeitsweise können verfolgt werden⁸. Darüber hinaus existieren weitere Unternehmen und Plattformen mit Relevanz für die S&E-Industrie.

⁸<https://www.komatsu.eu/de/komtrax>

2 Nutzen und Potenzialanalyse einer Plattform für KMU der S&E-Industrie

Digitale Plattformen können als Technologieinfrastruktur beschrieben werden, die es verschiedenen Teilnehmern ermöglicht, miteinander zu interagieren, Daten und Informationen auszutauschen und Geschäfte zu tätigen. Digitale Plattformen bieten KMU der S&E-Industrie somit eine Vielzahl von Vorteilen und Potenzialen, insbesondere im Hinblick auf die Erreichung neuer Kunden, die Steigerung der Effizienz und die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit. Durch die Nutzung von Plattformen können die KMU auch schneller auf neue Trends oder Veränderungen in der Nachfrage reagieren.

2.1 Charakterisierung der Unternehmen in der S&E-Industrie durch Merkmale und Ausprägungen

Ein fundiertes und umfassendes Verständnis der handelnden Unternehmen und Akteure in der deutschen S&E-Industrie sowie der angrenzenden Branchen ist für die Erreichung des Forschungsziels des Projekts ‚PROmining‘ von entscheidender Bedeutung. Um dies zu gewährleisten, erfolgt eine detaillierte Beschreibung des Wertschöpfungsnetzwerks unter Berücksichtigung angrenzender Industrien sowie gesellschaftlicher und gesetzlicher Rahmenbedingungen. Für die Unternehmen in der S&E-Industrie werden im Rahmen der morphologischen Methode konstituierende Merkmale und mögliche Merkmalsausprägungen identifiziert, um anschließend in einer Typologisierung charakteristische Typen zu skizzieren, welche durch Desk-Research und leitfadengestützte Experteninterviews validiert werden. Zunächst erfolgt eine Beschreibung des Wertschöpfungsnetzwerks im Handlungsrahmen (s. Kapitel 2.1.1). Darauffolgend werden die, diesen Arbeitsschritten zugrunde liegenden, Forschungsmethoden kurz erläutert und voneinander abgegrenzt (s. Kapitel 2.1.2). Geeignete Dimensionen zur Identifikation relevanter Branchenteilnehmer werden in Kapitel 2.1.3 erarbeitet, um anhand dieser eine Morphologie zur Beschreibung der Unternehmen der S&E-Industrie bereitzustellen (s. Kapitel 2.1.3 – 2.1.7).

2.1.1 Wertschöpfungsnetzwerk der deutschen S&E-Industrie

In einem ersten Schritt erfolgt die Betrachtung des Wertschöpfungsnetzwerks der S&E-Industrie im Handlungsrahmen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘, um die Beziehungen und das Zusammenspiel der dort handelnden Akteure nachzuvollziehen. Dazu erfolgte im Rahmen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ eine Veröffentlichung von Teilen der Inhalte dieses Kapitels durch das Paper *„Improving Forecasting Capability and Capacity Utilization in Less Digitized Industries Through Participation in the Platform Economy“* nach Müller et al. 2022.

Wertschöpfungssysteme bestehen aus komplementären Knoten und Verbindungen, die die Interaktion untereinander ermöglichen (s. Peppard u. Rylander 2006). Methoden wie das "Wertflussmodell" bieten die Möglichkeit, die verschiedenen Rollen, ihre Funktionen, Aktivitäten und ihre Kerntransaktionen zu visualisieren (s. Ouden 2012). Das entwickelte Wertschöpfungssystem der S&E-Industrie (s. Abbildung 2-1) konzentriert sich auf die abstrakte Visualisierung des Ökosystems aus ökonomischer Sicht.

Eine Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit der wirtschaftlichen Wertschöpfungskette ist die Versorgung mit mineralischen Rohstoffen. Insbesondere S&E-Rohstoffe bilden ein Rückgrat der deutschen Industrie. Die Nachfrage an S&E-Rohstoffen wird nahezu vollständig von der heimischen Produktion sowie durch Sekundärrohstoffe gedeckt (s. Schwarzkopp et al. 2016). Jährlich werden rund 550 Millionen Tonnen S&E-Rohstoffe gefördert. 2020 betrug der Wert der geförderten S&E-Rohstoffe etwa 4,9 Milliarden Euro und machte somit 46 Prozent des Gesamtwertes der in Deutschland geförderten Rohstoffe aus (s. Göhler-Robus 2022). Aufgrund des relativ niedrigen Materialwertes und der damit einhergehenden hohen Transportkosten des Massenrohstoffes, findet in der Regel eine regionale Anwendung der Rohstoffe statt. Import und Export spielen eine unterschwellige Rolle. 2020 wurden rund 17,2 Millionen Tonnen (Wert: 1,01 Milliarden Euro) aus Nachbarländern importiert und 26,3 Millionen Tonnen (Wert 0,7 Milliarden Euro) exportiert (s. Göhler-Robus 2022). Die Branchenstruktur der deutschen S&E-Industrie ist durch eine Vielzahl an kleinen, mittleren und großen Unternehmen sowie Unternehmensverbände gekennzeichnet (s. Basten 2022a).

Das Wertschöpfungssystem der deutschen S&E-Industrie besteht aus 15 verschiedenen Rollen und deren Transaktionsbeziehungen. Am Anfang der Wertschöpfungskette stehen die rohstoffgewinnenden Unternehmen, die große Mengen an Material abbauen (s. Grömling 2011). Berücksichtigt man, dass die in der Regel niedrig- und mittelpreisigen Gewinnungsgüter durch hohe Masse und Volumen gekennzeichnet sind, so ist die Transportentfernung zum wirtschaftlich erreichbaren Markt auf ca. 50 Kilometer begrenzt (s. Grömling 2011). Grundsätzlich kann zwischen der Gewinnung von Festgestein (Naturstein) und Lockergestein (Sand & Kies, Ton), meist im Tagebau, unterschieden werden (s. MIRO 2020).

Die Hauptabnehmer von S&E-Rohstoffen sind zu einem die Bauindustrie mit rund 80 Prozent sowie Bereiche der Chemie-, Stahl- oder Glasindustrie mit rund 20 Prozent der Gesamtabnahme. Rund 100 Millionen Tonnen an Sekundärrohstoffen werden neben den primär gewonnenen S&E-Rohstoffen eingesetzt. Die Substitution von primären Rohstoffen

durch sekundäre Rohstoffe beträgt in Deutschland etwa 15 Prozent (s. Göhler-Robus 2022). Kernbereiche der Baustoffindustrie sind die Baustoffproduktion, das Baustoffrecycling, die Baustoffdeponierung und das Recycling, die oft direkt nachgelagert sind. Der Rest wird in verschiedenen Branchen wie Papier, Glas, Lebensmittel, Chemie, Düngemittel, Eisen und Stahl und anderen verwendet. Daher gibt es sowohl verschiedene Primärprodukte als auch unterschiedliche Kunden. Kiese, Sande und gebrochene Natursteine finden zu 95 Prozent ihre Anwendung im Bausektor. Somit ist die Produktionsmenge vom inländischen Bauvolumen abhängig und unterliegt konjunkturellen Fluktuationen. Kalk-/Dolomit- und Mergelsteine finden in mehreren Industriezweigen Anwendung. Ein hoher Anteil der produzierten Menge findet ihre Anwendung im Baugewerbe sowie in der Zementherstellung. In gebrannter oder ungebrannter Form werden diese Rohstoffe für die Produktion von beispielsweise Eisen, Stahl, land- und forstwirtschaftlicher Düngung sowie zur Wasseraufbereitung genutzt. Die Produktion von Gips- und Anhydritstein ist in besonderem Maße von der Bauindustrie abhängig. Die Rohstoffe finden überwiegend seine Anwendung in der Herstellung von Baugips, Spezialgips, Gipsmischungen, Gipskartonplatten und Zement. Grobkeramische Tone werden für die Produktion von Klinkern und Dachsteinen verwendet. (s. Baier et al. 2021)

Unternehmer oder Unternehmensgruppen der Baustoff-S&E-Industrie erfüllen häufig mehrere Rollen im Wertschöpfungsnetzwerk. Eine klare Abgrenzung zwischen den Beteiligten in der Baustoffindustrie wird daher immer schwieriger. Die Produkte werden an die Verbraucher verteilt und als Sekundärrohstoffe oder als Abfallstoffe aus Abbruch und Recycling zurückgeführt. Der Transport erfolgt entweder direkt oder über Vertriebsgesellschaften. Maschinen- und Anlagenhersteller sowie Sprengdienstleister ermöglichen den Unternehmen die Wertschöpfung. Logistikdienstleister tragen durch die Verteilung von Produkten und Abfällen zur Wertschöpfung bei. Die Wertschöpfung in der Branche wird durch Gesetze und Normen, Behörden und Prüfer geregelt. Auditoren und Prüflabore stellen die Qualität der Produkte sicher. Das Wertschöpfungssystem ist in Abbildung 2-1 dargestellt.

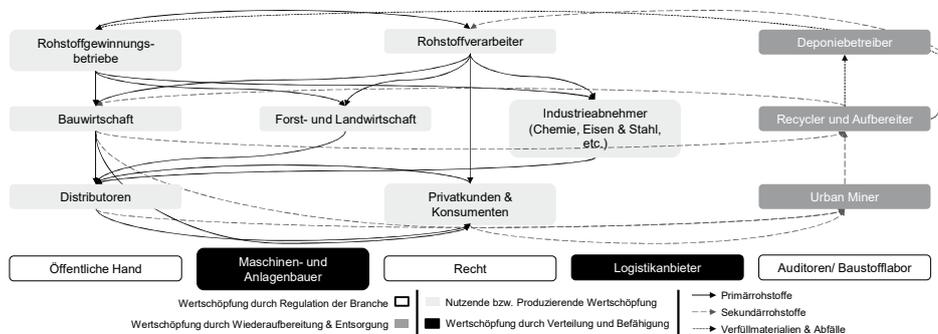


Abbildung 2-1: Wertschöpfungssystem der deutschen S&E-Industrie (Müller et al. 2022)

2.1.2 Grundlagen der morphologischen Methode

Die morphologische Methode ist eine systematisch heuristische Kreativitätstechnik mit dem Ziel der Systematisierung von Erfindungen (s. Mareis 2012a, S. 51). In der Anwendung wird das Vorgehen von einem oder mehreren Individuen zur Lösungssuche von Problemen und der diskursiven Ideenfindung genutzt. Bei erfolgreicher Anwendung werden innovative Lösungsalternativen erarbeitet, systematisiert alle Problemparameter und Ausprägungsvarianten zusammengetragen und vorliegende Problemanalysen erweitert (s. Schawel u. Billing, S. 219).

Zentrales Element der Morphologie ist der morphologische Kasten (s. Abbildung 2-2), alternativ auch als morphologische Matrix bezeichnet, in Form einer zwei-, drei- oder n-dimensionalen Darstellung. Meist wird eine zweidimensionale Darstellungsart verwendet (s. Mareis 2012a, S. 43). Zunächst ist das vorliegende Problem zu analysieren, anschließend wird dieses in relevante Parameter zerlegt. Diese Parameter sind konstituierende Merkmale des zu bearbeitenden Sachverhalts. Anschließend werden für jeden Parameter mögliche Ausprägungen identifiziert. Essenzielle Anforderungen an die Methodik sind hierbei die Zuweisung von mindestens zwei Ausprägungen zu einem jeden Merkmal sowie eine klare Abgrenzung der jeweiligen Merkmalsausprägungen untereinander. Die Merkmalsausprägungen stellen Lösungsvarianten dar, von diesen wird eine zu präferierende Lösungsvariante anhand eines gewählten Wertestandards vorgezogen (s. Schawel u. Billing 2017, S. 220). Der entstehende Lösungsraum wird von der Wahl der konstituierenden Merkmale vordefiniert (s. Kluge 1999, S. 104). Daher benötigen die Merkmale eine direkte, prägende und ursächliche Verknüpfung zur Problemstellung (s. Mareis 2012b, S. 118).

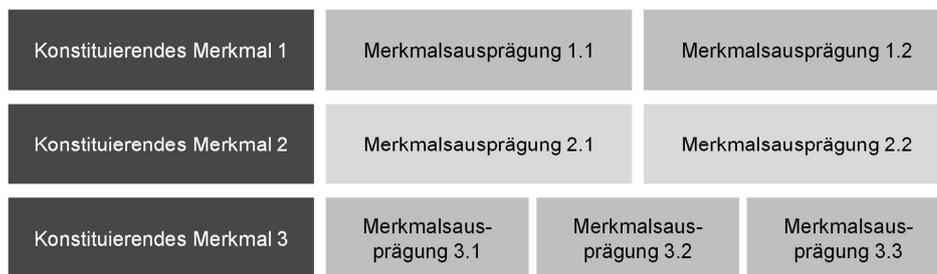


Abbildung 2-2: Zweidimensionaler morphologischer Kasten (eigene Abbildung i. A. a. Schawel u. Billing 2017, S. 220)

2.1.3 Dimensionen zur Identifikation der Branchenteilnehmer

Zur Gewährleistung einer adäquaten Anwendung der morphologischen Methode zur Beschreibung eines Lösungsraums, in diesem Fall die Charakterisierung und Identifikation der Branchenteilnehmer der S&E-Industrie, erfolgt eine strukturierte Zerlegung des Problems. Entsprechend dem neuen St. Galler Management-Modell nach Rüegg-Stürm u. Grand lässt sich ein Unternehmen durch sechs Schlüsselkategorien, Umweltsphären, Stakeholder, Interaktionsthemen, Prozesse, Ordnungsmomente und Entwicklungsmodi, beschreiben. (s. Rüegg-Stürm u. Grand 2020, S. 52)

Im Rahmen einer spezialisierten Anpassung an produzierende Unternehmen lassen sich diese Schlüsselkategorien in innerbetriebliche und außerbetriebliche Fragestellungen untergliedern (s. Boos et al. 2011, S. 55). Die außerbetrieblichen Fragestellungen sind für die Akteure innerhalb einer konkreten Branche vergleichbar und wurden im Rahmen der Vorstellung der Branche (s. Kap. 2.1.1) bereits ausführlich dargelegt. Für die Identifikation und Charakterisierung der Branchenteilnehmer und insbesondere die Abgrenzung dieser untereinander wird der Betrachtungsrahmen auf die innerbetrieblichen Fragestellungen reduziert. Dementsprechend ergeben sich die übergeordneten Dimensionen der Unternehmensbeschreibung zu „Unternehmensstruktur“, „Unternehmensprozesse“ und „Unternehmensentwicklung“ (Boos et al. 2011, S. 56). In der S&E-Industrie wird fortwährend primär auf konventionelle Technologien zurückgegriffen (s. Braun u. Hennig 2016, S. 181). Weiterhin existieren keine Referenzen bezüglich der Methoden und Tools, inhomogene Datenerfassung und Anlagenbestände sowie größtenteils Excel-basierte Softwarelösungen (s. Braun et al. 2017, S. 26). Diese Umstände sind bezüglich des Projektziels, einen digitalen Plattformdemonstrator zu entwickeln, hochgradig kritisch. Aufgrund dessen erfolgt im weiteren Verlauf eine Fokussierung der Dimension „Unternehmensentwicklung“ auf die Zielgröße „Digitale Reife“.

Da eine ganzheitliche Betrachtung der jeweiligen Akteure in der S&E-Industrie, insbesondere unter Berücksichtigung des Forschungsziels, der Entwicklung eines Plattformdemonstrators zur Verbesserung der Prognose- und Reaktionsfähigkeit von KMU und Unternehmensverbänden bei schwankenden Nachfrageentwicklungen, nicht zielführend ist, erfolgt eine Ausarbeitung relevanter untergeordneter Dimensionen. Diese stehen in direktem Bezug zum Forschungsziel und sind den enthaltenen charakteristischen Merkmalen und deren Ausprägungen übergeordnet. In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Dimensionen, ihre Merkmale und Ausprägungen beschrieben. Die Überschriften der Unterkapitel kennzeichnen hierbei die einzelnen Dimensionen, die Subdimensionen werden **fett**, die Merkmale und Ausprägungen werden *kursiv* gekennzeichnet.

2.1.4 Unternehmensstruktur

Um eine Adressierung der angestrebten Zielgruppe zu gewährleisten, werden die **grundlegenden Charakteristika** der Akteure identifiziert. Entsprechend der Definition der Europäischen Kommission für KMU sind die Kriterien Anzahl der Mitarbeitenden, Bilanzsumme und Umsatz essenziell für die Beschreibung der Größe von Unternehmen (s. El Madani 2018, S. 104). In einer weiteren, innerdeutschen Definition der KMU, publiziert von dem IfM Bonn, werden lediglich die Kriterien des Umsatzes und der Zahl der Beschäftigten zur Definition von KMU berücksichtigt (s. Lindner 2019, S. 6). Diese sind für die vorliegende Analyse ausreichend.

Nach einer Branchenstrukturanalyse sind in mehr als 40 Prozent der Betriebe weniger als zehn Mitarbeitende angestellt (s. Börner et al. 2012, S. 179). Entsprechend der Definition der Europäischen Kommission und des IfM Bonn sind diese als Kleinunternehmen zu klassifizieren. Simultan existieren über 600 Betriebe mit mehr als 50 Mitarbeitenden, welche über 50 Prozent des branchenweiten Umsatzes erwirtschaften und insgesamt 77.000 Menschen beschäftigen (s. Basten 2021, S. 5). Dies bedeutet, dass ein relevanter Teil der Unternehmen mittlere Unternehmen und Teil des Betrachtungsrahmens der KMU ist. Gleichzeitig können sie aber auch Großunternehmen bzw. Konzerne darstellen, welche durch die Definition der EU nicht erfasst werden. Um diese Akteure dennoch adäquat abbilden und trennscharf abgrenzen zu können, ist eine Erweiterung und Adjustierung der Beurteilungskriterien, welche im Rahmen der morphologischen Methode als charakteristische Merkmale dienen, notwendig. Weiterhin wird diskutiert, welche der zuvor vorgestellten Kriterien und Grenzwerte sowohl sinnvoll als auch praktikabel für eine Unterscheidung der Akteure in der S&E-Industrie sind.

Für die grundlegende Betrachtung der Akteure bietet sich die Analyse der *Organisationsform* an. Der Begriff der Organisationsform ist nicht im Sinne der Aufbauorganisation zu interpretieren, sondern wird über die Anzahl der Entitäten (hier Subunternehmungen & Standorte) und die bestehenden Rechtsverhältnisse zwischen diesen Entitäten definiert. Als Merkmalsausprägungen des charakteristischen Merkmals der *Organisationsform* konnten auf Basis von Expert:inneninterviews (s. Kapitel 3.1.1) die Ausprägungen *Unternehmen*, *Unternehmensverbund*, und *Konzern* identifiziert werden. Ein Unternehmen stellt eine wirtschaftlich-finanzielle und rechtliche Einheit dar, welche für das erwerbswirtschaftliche Prinzip konstruiert ist (s. Haric 2019). Eine wichtige Abgrenzung zu den Ausprägungen Unternehmensgruppe oder Konzern ist, dass eine einzelne wirtschaftliche Einheit betrachtet wird (s. Behringer 2014, S. 1). Eine Unternehmensgruppe beschreibt eine Gesamtheit rechtlich selbstständiger Unternehmen, zwischen welchen jedoch aufgrund bestimmter Gemeinsamkeiten eine Zusammengehörigkeit besteht (s. Duden 2021). Ein Konzern ist nach deutschem Aktiengesetz (AktG) und Handelsgesetzbuch (HGB) als Konstrukt mindestens zweier rechtlich selbstständiger Unternehmen, von denen eines die anderen beherrscht und alle unter einheitlicher Leitung stehen, definiert (s. Behringer 2014, S.1). Im betriebswirtschaftlichen Kontext wird diese bestehende Definition um die Betrachtung der Einzelunternehmen als wirtschaftliche Einheit in personeller, institutioneller und/oder funktioneller Hinsicht erweitert, welche zeitlich befristet oder auf Dauer im Rahmen von Planungen ein gemeinsames wirtschaftliches Ziel verfolgen (s. Theisen 2000, S. 18).

Entsprechend den Definitionen der EU und des IfM Bonn ist der *Umsatz* ein essenzielles Kriterium für die Einordnung von Unternehmen (s. Arentz u. Münstermann 2013, S. 624). Beide Institutionen charakterisieren Unternehmen mit einem Umsatz von unter 2 Millionen Euro pro Jahr als Kleinstunternehmen, solche mit einem Umsatz von über 2 Millionen Euro, jedoch unter 10 Millionen Euro jährlich als kleine Unternehmen, jene ab 10 Millionen, aber unter 50 Millionen Euro Umsatz pro Jahr als mittlere Unternehmen und Unternehmen mit einem jährlichen Umsatz von über 50 Millionen Euro als Großunternehmen. Diese Definition ist aufgrund intereuropäischer Förderprogramme für KMU verbreitet und nimmt eine führende Rolle in der politischen Wirtschaftsförderung für entsprechende Unternehmen im europäischen Raum ein, obwohl einige nationale Definitionen abweichen mögen (s. El Madani 2018, S. 107). Aufgrund dessen wird das Kriterium *Umsatz* als charakteristisches Merkmal der Unternehmensstruktur für Unternehmen der S&E-Industrie, mit den Ausprägungen unter *2 Millionen Euro*, unter *10 Millionen Euro*, unter

50 Millionen Euro und über 50 Millionen Euro Umsatz pro Jahr, identifiziert. Im Rahmen des Forschungsprojekts, insbesondere als ein Ergebnis der im Projekt durchgeführten Expert:inneninterviews (s. Kapitel 3.1.1), erwies sich jedoch ein Mangel an Differenzierung zwischen den nach EU-Kommission als Großunternehmen identifizierten Unternehmen mit mehr als 50 Millionen Euro Umsatz pro Jahr. Hier existiert eine heterogene Gruppe an international agierenden Mischkonzernen mit breiten Tätigkeitsspektren und national agierenden Unternehmensgruppen und Konzernen mit Tätigkeitsschwerpunkt in der S&E-Industrie. Um eine feinere Untergliederung dieser heterogenen Gruppe zu ermöglichen, ohne eine hohe Anzahl weiterer charakteristischer Merkmale für die grundlegenden Charakteristika der Unternehmen der S&E-Industrie in die Morphologie aufnehmen zu müssen, wurden die Merkmalsausprägungen kleiner und größer 150 Millionen Euro an jährlichem Umsatz ergänzt.

Aufgrund der hohen Masse und Volumina sowie der geringen Verkaufspreise der zu fördernden Güter beschränkt sich der wirtschaftlich erreichbare Markt auf circa 50 Kilometer Transportentfernung zu einem einzelnen Betrieb bzw. Abbaustätte (s. Grömling 2011, S. 8). Dies führt zu einer hohen Abhängigkeit von der regionalen Marktlage, sodass Betriebskapazitäten der regionalen Nachfrage folgen müssen (s. Skrypzak 2016, S. 28). Insbesondere für Unternehmensverbände und Konzerne mit mehreren Abbaustätten besteht, im Gegensatz zu den Klein- und Kleinstbetrieben, die Option, durch eine Verlagerung von Betriebsmitteln und Personal zwischen den einzelnen unternehmensinternen Betrieben der regionalen Nachfrage zu folgen. Hierdurch könnte bis zu einem gewissen Grad eine Entkopplung der wirtschaftlichen Abhängigkeit zu einzelnen regionalen Marktlagen erzielt werden. Aufgrund mangelnden Datenmanagements werden verfügbare Kapazitäten jedoch oftmals nicht erkannt und ausgetauscht (s. Kowitz 2016, S. 48). Für Kleinst- und Kleinbetriebe mit wenigen oder nur einer Betriebsstätte bestehen ebenfalls Potenziale in der temporären und vergüteten Verlagerung von freien Betriebsmittelkapazitäten, jedoch in wesentlich geringerem Umfang. Aufgrund dessen ist die *Anzahl der Standorte* ein charakteristisches Merkmal der Dimension Unternehmensstruktur – grundlegende Charakteristika. Die Merkmalsausprägungen wurden basierend auf der Literatur, gestützt durch die Aussagen in den Experteninterviews, als *1, kleiner 5, kleiner 20* und *größer 20* festgelegt.

Eine weitere Kenngröße und charakteristisches Merkmal zur Beschreibung von Unternehmen ist die *Anzahl der Beschäftigten* (s. Lindner 2019, S. 6). Das Rahmenwerk für die Merkmalsausprägungen stellt weiterhin die Definition von KMU der Europäischen

Kommission mit den Ausprägungen *kleiner 10*, *kleiner 50*, *kleiner 250* und *größer 250* dar. Um eine feinere Differenzierung innerhalb der KMU zu ermöglichen, wurden jeweils die Ausprägungen *kleiner 20* und *kleiner 100* für das charakteristische Merkmal der Mitarbeiterzahl ergänzt.

Die *jährliche Tonnage* ist ein Kriterium in der Beschreibung der Betriebsstruktur von Natursteintagebauten (s. Braun u. Hennig 2016, S. 183). Nachfolgend sind die Fördertonnagen von 60 verschiedenen Natursteintagebauten des Jahres 2013 abgebildet (s. Abbildung 2-3). Der Begriff Naturstein umfasst hierbei gebrochene Natursteine sowie Gesteine für die Zementherstellung oder andere Produkte (meist Kalkstein, Dolomitstein, Mergel). Der Darstellung ist zu entnehmen, dass die Fördertonnagen zwischen 100.000 und 3.000.000 Tonnen pro Jahr und Betrieb liegen. Die durchschnittliche jährliche Fördertonnage der untersuchten Betriebe ergibt sich zu 833.000 Tonnen (s. Braun u. Hennig 2016, S. 184). Bei einer gesamtdeutschen Betrachtung der Natursteintagebaue im Referenzzeitraum ergibt sich jedoch eine Fördertonnage von 270 Millionen Tonnen, verteilt auf ungefähr 1.000 Betriebe, und somit eine durchschnittliche Tonnage von 270.000 Tonnen pro Betrieb (s. Huy et al. 2014, S. 152). Bei der Betrachtung aktueller Publikationen wird der Eindruck einer Überrepräsentation größerer Betriebe in der Studie nach Braun und Hennig bestätigt. 2019 wurden in Deutschland 272 Millionen Tonnen Naturstein gefördert (s. Andruleit et al. 2020, S. 146). Bei einer Anzahl von 756 fördernden Betrieben im Jahr 2019 ergibt sich die durchschnittliche Fördermenge pro Jahr und Betrieb zu 360.000 Tonnen (s. MIRO 2020, S. 17). Für die Nutzung der durchschnittlichen jährlichen Tonnage auf einer diskreten Skala als charakteristisches Merkmal zur Differenzierung von S&E-Unternehmen ist folglich primär im Bereich um jene dargelegten durchschnittlichen Fördermengen zu unterscheiden. Somit ergeben sich die Merkmalsausprägungen des charakteristischen Merkmals der jährlichen Tonnage zu *unter 250.000 Tonnen*, *unter 500.000 Tonnen*, *unter 1.000.000 Tonnen*, *unter 1.500.000 Tonnen* und *über 1.500.000 Tonnen*.

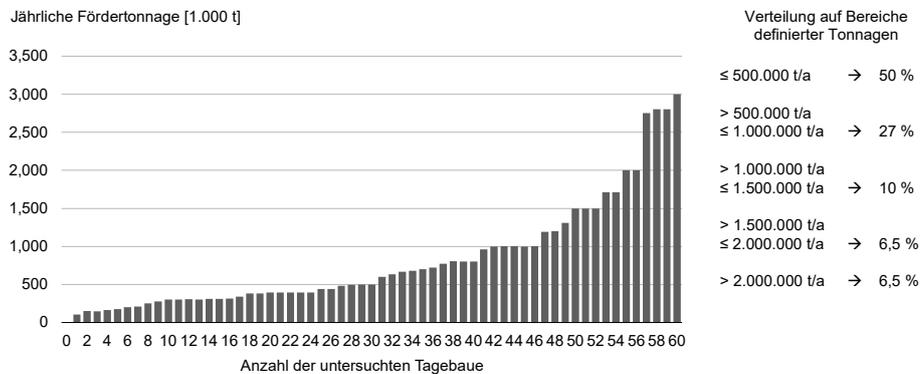


Abbildung 2-3: Förder tonnagen in Natursteintagebauten (eigene Abbildung i. A. a. Braun u. Hennig 2016, S. 184)

Als zweite untergeordnete Dimension der Unternehmensstruktur kann die **Vertriebsdynamik** der einzelnen Unternehmen der S&E-Industrie identifiziert werden. Diese ist aufgrund der hohen Saisonalität sowie einer allgemeinen Unsicherheit der Branche von Volatilität geprägt (s. VDMA Fachverband Mining 2017, S. 2; Rauth 2012, S. 72). Aufgrund der Lokalität des Marktes, welche sich meist auf einen Radius von 50 Kilometern beschränkt, ist keine überregionale Preisbildung möglich (s. Skrypzak 2016, S. 27; Grömling 2011, S. 8). Demnach ist eine präzise Beschreibung der individuellen Marktbedingungen der einzelnen Akteure der S&E-Industrie notwendig. Häufig genutzte Kriterien zur Segmentierung von Kunden in Business-to-Business(B2B)-Märkten sind die Branche, die Rechtsform, die Unternehmensgröße sowie der Standort (s. Scheed u. Scherer 2021, S. 49). Diese Aspekte werden in der Dimension der Vertriebsdynamik, angepasst an die Besonderheiten der betrachteten Industrie, adressiert.

Ein charakteristisches Merkmal für die Beschreibung der Vertriebsstrukturen stellt die *Abnehmerbranche* dar (s. Scheed u. Scherer 2021, S. 48). In Abbildung 2-4 ist die Verwendung von S&E-Erzeugnissen in den nachgelagerten Wirtschaftszweigen, gemessen am monetären Gegenwert, dargestellt. Die Baubranche stellt hierbei mit einem Anteil von 82 Prozent den größten Abnehmer dar (s. Basten 2021, S. 21). Die vorherrschende Saisonalität in diesem Sektor, mit witterungsbedingten Einbrüchen des Produktionsindex von teils 70 Prozent des Bauhauptgewerbes in den Wintermonaten, entfaltet eine rückkoppelnde Wirkung auf die Unternehmen der S&E-Branche, welche nachfrageorientiert agiert und ebenfalls die Produktion in den betreffenden Monaten reduziert (s. Otto u. Ditzen 2019, S. 38). Die Land- und Forstwirtschaft stellt ebenfalls einen saisonal geprägten nachgelagerten Wirtschaftszweig der S&E-Industrie dar,

generiert jedoch ein wesentlich geringeres Auftragsvolumen. Weitere Abnehmerbranchen werden nicht explizit als witterungsbedingt saisonal geprägte Branchen identifiziert (s. Basten 2021, S. 21; Böschen 2017, S. 185). Es lassen sich Rückschlüsse von den Abnehmerbranchen auf die Saisonalität der Nachfrage von S&E-Gütern ableiten. Die Merkmalsausprägungen des charakteristischen Merkmals der Abnehmerbranche ergeben sich zu *Bauwirtschaft*, *Chemie*, *Forst- und Landwirtschaft*, *Industrie (Eisen & Stahl)* sowie *Industrie (Andere)*. Unter der Ausprägung *Industrie (Andere)* werden die zuvor nicht explizit aufgelisteten nachgelagerten Wirtschaftszweige aus Abbildung 2-4 und die Glasindustrie zusammengefasst.

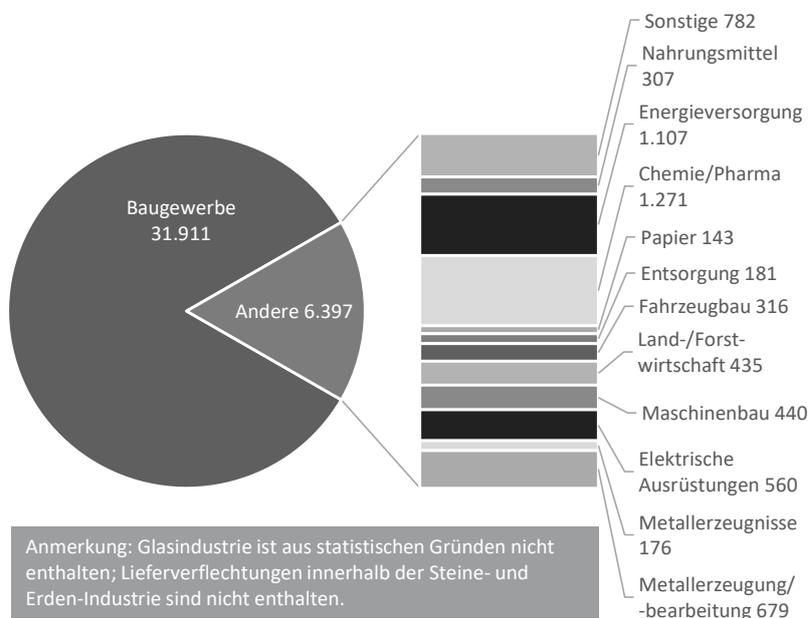


Abbildung 2-4: Verwendung von S&E-Erzeugnissen in nachgelagerten Wirtschaftszweigen (eigene Darstellung i. A. a. Basten 2022a)

Das charakteristische Merkmal des *typischen Transportradius* adressiert den Aspekt der Lokalität des Absatzmarktes und somit den Standort der Kunden. Der Transportradius ist primär vom Transportmittel sowie sekundär vom Umfang des entsprechenden Auftrags abhängig. Der Straßengüterverkehr ist der bedeutendste Verkehrsträger in Deutschland und ermöglicht den rentablen Transport von S&E-Gütern im Umkreis von bis zu 20 – 50 Kilometern, weitere Transportdistanzen sind mit dem Straßengüterverkehr nur durch unwirtschaftliche Mehraufwendungen in finanzieller und ökologischer Hinsicht möglich (s.

Poser et al. 2013, S. 1; Grömling 2011, S. 8). In Sonderfällen können Bau- und Rohstofftransporte durch Binnenschifffahrt oder den Schienen-, insbesondere den Ganzzugverkehr, realisiert werden, hierbei sind entsprechende geographische und infrastrukturelle Gegebenheiten vorausgesetzt (s. Gleißner u. Femerling 2016, S. 15; Aberle 2003, S. 86). Um Unterschiede im vorherrschenden Straßengüterverkehr adäquat abbilden zu können, sind die Merkmalsausprägungen des charakteristischen Merkmals typischer Transportradius wie folgt definiert: *unter 10 km*, *unter 20 km*, *unter 50 km* und *unter 100 km*. Größere Transportdistanzen durch Schienenverkehr oder Binnenschifffahrt werden nicht weiter ausdifferenziert und durch die Ausprägung *über 100 km* erfasst.

Die S&E-Industrie als rohstoffgewinnender Wirtschaftszweig beliefert primär Akteure der verarbeitenden Industrie. Der Absatzmarkt ist vom privatwirtschaftlichen B2B-Geschäft geprägt, jedoch sind andere Akteure existent, deren rein privatwirtschaftliche Handlungsmotive hinterfragt werden können. Die Beschreibung des Merkmals *Kundenstruktur* wird durch eine Marktsegmentierung realisiert. In B2B-Märkten erfolgt diese anhand von organisationsbezogenen Kriterien, eine herausragende Stellung nimmt die Segmentierungsvariable der Firmencharakteristika ein (s. Böhm et al. 2006; Rennhak u. Opresnik 2016). Die den Firmencharakteristika zuordenbaren Kriterien der Abnehmerbranche und des Standortes wurden bereits adressiert. Das charakteristische Merkmal der *Kundenstruktur* beschreibt nun die Rechtsform der Kunden, welche Suggestionen über Struktur, Größe und Kontinuität dieser zulässt. Als privatwirtschaftliche Akteure sind die Merkmalsausprägungen *KMU* und *Konzern* zu identifizieren, die genaue Definition dieser Begriffe erfolgte bereits in den Darlegungen über das charakteristische Merkmal der Organisationsform. Weiterhin stellt die Ausprägung *Eigene Unternehmensgruppe* (unternehmensintern) eine Sonderform der privatwirtschaftlichen Akteure dar, welche die unternehmensinterne Leistungsverrechnung und -nachfrage in Unternehmensgruppen und Konzernen beschreibt. In Expert:innengesprächen wurde wiederholt vermerkt, dass insbesondere in Kleinstbetrieben der S&E-Industrie vermehrt Privatpersonen als Kunden auftreten. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, wird die Merkmalsausprägung *Privatperson* ergänzt. In der Abnehmerbranche der Bauwirtschaft sind Akteure zu beobachten, welche zwar eine privatwirtschaftliche Rechtsform einnehmen, jedoch unter dem Einfluss von staatlichen, Landes- oder Kommunalbehörden stehen. Als Beispiel sind hier kommunale Wohnungsbaugesellschaften zu nennen, welche den staatlichen Auftrag der Versorgung der Bevölkerung z. B. mit bezahlbarem und angemessenem Wohnraum, aus Art. 20 und Art. 28 des Grundgesetzes begründet, sicherstellen (s. Lieberknecht 2016,

S. 78). Diese sowie rein öffentliche Akteure werden durch die Merkmalsausprägung *Öffentliche Hand* erfasst.

2.1.5 Unternehmensprozesse

Die deutsche S&E-Industrie ist durch eine hohe Regionalität der Absatzmärkte geprägt. Aufgrund hoher Masse und Volumina der geförderten Güter sind nur geringe Transportdistanzen wirtschaftlich. Die Fördervolumina der Unternehmen werden demnach unmittelbar von der lokalen Nachfrage beeinflusst und folgen dieser (s. Skrypzak 2016, S. 28). Der exogene Faktor der lokalen Nachfrage ist gegeben und kann von den einzelnen Unternehmen nicht, oder nur in geringem Maße, beeinflusst werden. Um Entwicklungen dieser exogenen Größe zu folgen, muss die Produktionskapazität der Unternehmen der S&E-Industrie variabel sein. Neben Faktoren wie der Witterung und dem Personalstand (inkl. Krankheitsfällen und Urlaubsabwesenheiten) ist die Auslastung der mobilen Betriebsmittel ein wichtiger Produktionsfaktor. Idealerweise folgt die Kapazität der Betriebsmittel ebenfalls der lokalen Nachfrage an Gütern, sodass bei Bedarf zusätzliche Kapazitäten hinzugezogen oder bei niedrigen Auslastungen Kapazitäten temporär reduziert werden können (s. Kowitz 2016, S. 48). Ziel ist es, die Standzeiten der Assets zu minimieren. Um dies zu gewährleisten, kann eine Verlagerung der Betriebsmittel zu Betriebsstätten an Standorten mit einer (temporär) gestiegenen lokalen Nachfrage sinnvoll sein. Für die Realisierung einer Verlagerung der Betriebsmittel müssen diese jedoch mobil sein. Eine Charakterisierung der Unternehmensprozesse hinsichtlich der Agilität der Betriebsmittel ist demnach erforderlich, um das Bestehen der Möglichkeit zur Optimierung der Nutzung der Assets zu prüfen. Die **Agilität der Betriebsmittel** wird demnach als untergeordnete Dimension zur Beschreibung der Teilnehmer der S&E-Industrie identifiziert. Diese wird in die charakteristischen Merkmale *Anteil mobiler Betriebsmittel* und *Vertragsausschluss* aufgliedert, welche nachfolgend dargelegt werden.

In der S&E-Industrie werden verschiedene Betriebsmittel für die Förderung, Zerkleinerung, Aufbereitung und den Transport verwendet. Diese kapitalintensiven Betriebsmittel und Anlagen können weiterhin in Bauweisen mit stationärer, semimobiler (versetzbar) und mobiler (Fahr- oder Schreitwerk) Ausprägung unterschieden werden. Semimobile und mobile Betriebsmittel sind sowohl innerhalb eines Betriebes als auch zwischen verschiedenen Betrieben mit wesentlich niedrigerem Aufwand verlegbar als stationäre Betriebsmittel (s. Skrypzak 2016, S. 25). Für die Charakterisierung der Betriebe ist es essenziell, die vorherrschende Ausprägung der Konstruktionsweise der Betriebsmittel im gesamten Maschinen- und Anlagenbestand zu identifizieren, da dies Rückschlüsse auf die

Agilität und Adaptivität in der Anpassung der Produktionskapazitäten durch Verlagerung von Assets in Form von Betriebsmitteln zulässt. Dieser Aspekt wird durch das charakteristische Merkmal des *Anteils mobiler Betriebsmittel* identifiziert, welches die Merkmalsausprägungen *gering* oder *hoch* annehmen kann.

Ein weiteres charakteristisches Merkmal zur Beschreibung der Agilität der Betriebsmittel ist der *Vertragsausschluss Untervermietung*. Die zunehmende Verbreitung von Vertriebsmodellen des „Product as a Service“, insbesondere im Bereich der schweren Maschinen und im Zusammenhang mit Industrie-4.0-Anwendungen, bietet beispielsweise hinsichtlich Service und Kosteneffizienz in der Instandhaltung Optimierungspotenziale (s. Uuskoski et al. 2018, S. 506). Aufgrund des lediglich temporären Erwerbs des Besitzes und der Leistung werden die Eigentumsrechte nicht von Kundenseite, welche in diesem Falle die Unternehmen der S&E-Industrie sind, erworben, sondern es sind gesonderte, vertraglich festgehaltene Rechte und Pflichten zu beachten (s. Azevedo u. Ribeiro 2013, S. 1281). Diese können eine Verlagerung oder Untervermietung der Betriebsmittel ausschließen und somit deren Agilität und Vielfältigkeit in der Nutzung reduzieren. Konkrete Formen der Leistungen „Product as a Service“ sind beispielsweise „Pay per use“, „Leasing“, „Rental“, oder „Performance Agreement“ (Lacy u. Rutqvist 2015, S. 100). Potenzielle weitere mögliche rechtliche Gründe für einen Ausschluss von Verlagerungen sind exklusive Service- und Wartungsvereinbarungen oder Garantiebedingungen. Untersuchungsgegenstand dieses charakteristischen Merkmals ist die Identifikation der Häufigkeit solcher vertraglichen Ausschlüsse bei den Akteuren der deutschen S&E-Industrie, sodass sich die Merkmalsausprägungen *nicht existent*, *teilweise* und *vollständig* ergeben.

Unternehmen existieren niemals aus reinem Selbstzweck, sondern für die Stiftung eines gesellschaftlichen Nutzens (s. Schuh et al. 2011, S. 329). Dieser gesellschaftliche Nutzen entsteht bei industriellen Unternehmen durch die Produktion und Distribution eines materiellen oder immateriellen Gutes, wobei während der Produktion des Gutes der Gesamtnutzen durch die Aggregation von verschiedenen wertschöpfenden Aktivitäten entsteht, deren Durchführung ein jeweiliger Teilnutzen kreiert (s. Helmold 2021, S. 45). Diese Aktivitäten haben einen freisetzenen oder transformativen Charakter und werden Prozesse genannt (s. Schuh u. Schmidt 2014, S. 3). Um diesen Aspekt der Unternehmen der S&E-Industrie hinreichend zu betrachten, wird die den Unternehmensprozessen untergeordnete Dimension der **Betriebsprozesse** eingeführt. Eine Abgrenzung zu den Unternehmensprozessen erfolgt durch die Fokussierung der transformativen und freisetzenen Aktivitäten im Rahmen der Produktion. Andere Prozessarten, wie

beispielsweise Managementprozesse, werden bei der Betrachtung der untergeordneten Dimension der Betriebsprozesse vernachlässigt. Durch eine Beschreibung der Betriebsprozesse lassen sich weiterhin Rückschlüsse auf die Arten der genutzten Maschinen sowie deren Mobilität ableiten. Diese Identifikation der determinierten Verwendungszwecke sowie Einsatzgebiete der Betriebsmittel gewährleistet im Rahmen möglicher Verlagerungen dieser eine adäquate und sachgerechte Verwendung. Die Betriebsprozesse lassen sich durch die charakteristischen Merkmale der *Abbauart*, der *Gewinnungsart* sowie der *Förderweise* beschreiben.

Das Merkmal *Abbauart* beschreibt die Art und Weise, wie oberflächennahe, primäre Rohstoffe abgebaut werden (s. Hillebrand 2016, S. 14). Die Rohstoffe der S&E-Industrie werden in Deutschland überwiegend übertägig in Festgesteins- und Lockergesteinstagebauen gewonnen. Als Lockergesteinstagebau wird in der Regel ein Gewinnungsbetrieb bezeichnet, bei dem das Material in einem Verfahrensschritt gelöst und geladen werden kann. In Lockergesteinstagebauen kann durch unterschiedliche Betriebsmittel die Gewinnung der mineralischen Rohstoffe im Trocken- oder Nassabbau erfolgen. Betriebsmittel können weiter in Gewinnungsgeräte und Fördersysteme unterteilt werden. Als Festgesteinstagebau wird ein Gewinnungsbetrieb bezeichnet, bei dem das Material in einem gesonderten Verfahren gelöst werden muss, bevor es in einem zweiten Verfahrensgang geladen werden kann. Das Lösen des Gesteins erfolgt durch Bohren und Sprengen oder durch Reißen. In Festgesteinstagebauen erfolgt die Gewinnung in der Regel durch diskontinuierlich arbeitende Betriebsmittel. Fördersysteme können sowohl kontinuierlich (Landbandanlage) als auch diskontinuierlich (SKW, Dumper) arbeiten. (s. Hillebrand 2016)

Die abgebauten Rohstoffe unterscheiden sich sehr stark in ihren Eigenschaften (z. B. Material, Dichte, Sprödigkeit), dies lässt sich auf die verschiedenen Gesteinszusammensetzungen zurückführen (s. Börner et al. 2012, S. 13 f.). Daher unterscheidet sich auch die Art und Weise, wie der Rohstoff abgebaut wird. In der S&E-Industrie wird insbesondere bei der Gewinnung von Kiesen und Sanden bei der *Abbauart* zwischen dem *Nassabbau* und dem *Trockenabbau* unterschieden (s. Börner et al. 2012, S. 25; Patzold et al. 2008, S. 14).

Die *Gewinnungsart* beschreibt, wie der innere, mineralisch gebundene Zusammenhalt des Rohstoffs überwunden wird. Hierbei wird das Material zur Gewinnung „gelöst“, d. h., es wird je nach Art z. B. gebohrt, gesprengt oder geladen. Die Verwendung der einzelnen Techniken ist hierbei insbesondere vom Rohstoff abhängig. Insbesondere für Felsarten

werden die erstgenannten Techniken verwendet, bei leicht-, mittel- und schwerlösbaaren Erdstoffen hingegen können das Reißen und das Laden direkt kombiniert werden. Der Ladevorgang erfolgt meist durch Hydraulikbagger oder Radlader. Im Lockergesteinstagebau erfolgt die Gewinnung des Rohstoffs meist schneidend, bspw. durch Schaufelrad- oder Eimerkettenbagger. Das Merkmal *Gewinnung* kann somit in die Ausprägungen *kontinuierlich* und *diskontinuierlich* unterteilt werden. (s. Eymer et al. 2006, S. 30 f.)

Neben der Abbauart wird als weiteres Merkmal die *Förderweise* zur Beschreibung der Betriebsprozesse identifiziert. Die für die Förderung der Rohstoffe verwendete Technik ist sehr vielfältig. Diese kann beispielsweise durch Radlader im Load-and-Carry-Betrieb, Dumper oder Förderbänder realisiert werden. Die verwendete Fördertechnik ist in der Regel von der Abbauart abhängig (s. Börner et al. 2012, S. 27). Insgesamt können die Fördergeräte durch die Ausprägungen *kontinuierlich* und *diskontinuierlich* voneinander differenziert werden, diese Unterscheidung konnte durch Expertengespräche validiert werden.

2.1.6 Digitale Reife

Die Digitalisierung hat in den vergangenen Jahrzehnten, als Katalysator des Fortschritts, zu der sukzessiven und kontinuierlichen Entstehung innovativer Produkte und Dienstleistungen sowie der Disruption grundlegender Funktionsprinzipien angrenzender Märkte der deutschen S&E-Industrie beigetragen (s. Baums et al. 2015, S. 17). Zur Beschreibung der digitalen Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Organisationen und einzelnen Prozessen erfolgte in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Publikationen sogenannter Reifegradmodelle (s. Thordsen et al. 2020, S. 358). Eine einfache Einordnung entlang der Reifegradmodelle ist jedoch nicht zielführend, um die Komplexität und Besonderheiten der S&E-Industrie hinsichtlich der Prognosefähigkeit und Kapazitätsauslastung als Zielgrößen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ vollständig abzubilden. Die Werkzeuge der Datenerfassung sowie Datenanalyse stellen die Grundlage für Optimierungsprozesse auf digitaler Basis dar (s. Yan et al. 2017, S. 3). Somit wird die Dimension digitale Reife im Bereich der Datenbasis gebildet, diese wird in Subdimensionen **Kundendaten**, **Betriebsmitteldaten** und **Datenanalyse** differenziert. Die Kundendaten beinhalten relevante externe Informationen über die Unternehmenskunden und Marktdynamiken und befähigen Unternehmen zu einer Nachfrageprognose (s. Schlüchtermann u. Siebert 2015, S. 462). In Vereinigung mit Betriebsmitteldaten, welche interne Informationen über Produktionskapazitäten enthalten,

werden optimierte Produktionsplanungen und Auslastungen ermöglicht (s. Scherwitz et al. 2020, S. 252). Diese Planungen basieren auf Analysen, welche sich in Abhängigkeit von Datenbasis, Übertragungsgeschwindigkeit und genutzten Softwarelösungen signifikant hinsichtlich Umfang und Präzision unterscheiden (s. Schuh et al. 2018, S. 797). Diese Aspekte der digitalen Reife werden durch die untergeordnete Dimension der Datenanalyse beschrieben.

Die Subdimension **Kundendaten** wird durch das Merkmal *Methode der Datenerfassung* beschrieben. Hierbei wird die Art und Weise, wie Daten erfasst und verfügbar gemacht werden, analysiert. Betrachtet werden einerseits klassische, während eines Bestellvorgangs anfallende Daten als auch darüberhinausgehende Daten, für welche in der Regel CRM-Systeme genutzt werden. Ziel ist es, durch dieses Merkmal die betriebseigene Datenbasis für eine kurzfristige (kundenspezifische) Nachfrageprognose zu ermitteln und abschätzen zu können. Es konnten, validiert durch Expertengespräche, die Ausprägungen *manuell*, *digital (händisch)* und *digital (automatisch)* identifiziert werden.

Moderne Betriebsmittel, welche im Bergbau verwendet werden, können als cyberphysische Systeme beschrieben werden. Dieses Intelligente Equipment ist durch eine ausgeprägte Sensorik und integrierte Vernetzung in der Lage, die Datenbasis für Echtzeitanalysen produktionsrelevanter Faktoren bereitzustellen. (s. Tuunanen et al. 2015, S. 2) In der deutschen S&E-Industrie erfolgt bereits eine breite Verwendung Intelligenter Betriebsmittel, jedoch ist die Zusammensetzung der Maschinen- und Anlagenparks einzelner Betriebe häufig inhomogen. Dies wurde insbesondere in Experteninterviews hervorgehoben. Die Komposition moderner Betriebsmittel mit ausgeprägter Sensorik und hoher digitaler Reife und älteren Betriebsmitteln ohne entsprechende Ausstattung resultiert in einer Nichtnutzung zur Verfügung stehender Analysemöglichkeiten, da diese lediglich bruchstückhafte Informationen über den Produktionsprozess, vergleichbar mit Dateninseln, generieren (s. Kowitz 2016, S. 46). Um die bestehende Vielfalt in den Betriebsmittelbeständen der einzelnen Akteure der S&E-Industrie abbilden und hinreichend differenzieren zu können, werden diese entlang ausgewählter Merkmale der Morphologie für Digitalisierungsanforderungen an Intelligente Produkte nach Hicking beschrieben und der Subdimension **Betriebsmitteldaten** zugeordnet. Identifizierte charakteristische Merkmale Intelligenter Produkte mit hoher Relevanz für das PROMining-Forschungsprojekt sind die *Art der Vernetzung*, *Art der Datenerfassung* und *Art der Konnektivität*, welche durch die Erfassung betriebsinterner Maschinendaten die Grundlage für datenzentrierte Plattformen generieren (s. Booth et al. 2018, S. 2).

Die *Art der Vernetzung* beschreibt, ob bzw. wie die Produkte vernetzt sind, d. h. wie sie kommunizieren können (s. Hicking 2020, S. 179 f.). Die Vernetzung kann hierbei zwischen verschiedenen Entitäten stattfinden, diese können durch die Ausprägungen *Objekt*, *Anwendungssystem* und *Plattform* beschrieben werden. Für den Fall, dass keine Vernetzung existiert, wird die Ausprägung *keine* definiert. Bei der objektbasierten Vernetzung kommunizieren die Produkte untereinander. In der Ausprägung *Anwendungssystem* findet die Vernetzung zwischen dem Produkt und dem Anwendungssystem des Herstellers oder Nutzers statt. Für die plattformbasierte Vernetzung können Produkte mit unternehmensinternen oder -übergreifenden Plattformen kommunizieren (s. Hicking 2020, S. 181).

Das Merkmal *Art der Konnektivität* zeigt auf, wie ein Produkt über Schnittstellen Informationen austauschen kann. Hierbei werden die Ausprägungen *keine / analog*, *kabelgebunden* und *kabellos* differenziert. Somit wird eine inner- und überbetriebliche Vernetzung ermöglicht. Bei der kabelgebundenen Konnektivität sind Produkte stationär beschränkt. Dies differenziert sie von der kabellosen Konnektivität, bei welcher eine Beschränkung auf störungsfreie Umgebungen erfolgt. (s. Hicking 2020, S. 182 f.)

Das Merkmal *Art der Datenerfassung* beschreibt, auf welche Weise Produkte z. B. ihren Betriebszustand erkennen. Hierbei kann zwischen unterschiedlichen Status der Zustandsdaten unterschieden werden: *manuelle Zustandsdatenerfassung*, *Lokalisationsdatenerfassung*, *Zustandsdatenerfassung* und *Nutzerdatenerfassung*. Die einzelnen Merkmalsausprägungen folgen dem Verständnis von Hicking (2020). Die Lokalisationsdatenerfassung beschreibt die Fähigkeit eines Produkts, seine Position, Standort oder Lokalisation zu erfassen. Die Zustandsdatenerfassung wird in automatisch und manuell differenziert, sie beschreibt die Fähigkeit, Zustände von sich selbst, von Prozessen und / oder der Umgebung zu erfassen. Die Nutzerdatenerfassung schließlich beschreibt die Fähigkeit, Daten über die Nutzerpräferenzen, Identität bzw. das Feedback aufzunehmen. (Hicking 2020, S. 168 f.)

Die Subdimension **Datenanalyse** fasst die Anwendung von Computersystemen zur Analyse von Daten mit dem Ziel der Entscheidungsunterstützung zusammen (s. Runkler 2020, S. 2). Unterschieden werden können die Merkmale *Art der Datenanalyse* und *digitale Assistenzsysteme*.

Die *Art der Datenanalyse* kann in die vier Typen Descriptive Analytics, Diagnostic Analytics, Predictive Analytics und Prescriptive Analytics unterteilt werden. Diese bauen in ihrer Reife aufeinander auf. Bei der Descriptive Analytics steht die Beschreibung und

Visualisierung von historischen Daten im Vordergrund, hierbei soll die Fragestellung „Was ist passiert?“ beantwortet werden. Bei der Diagnostic Analytics geht es um das Aufzeigen der Ursache-Wirkungsbeziehung, hierbei soll die Fragestellung „Warum ist etwas passiert?“ beantwortet werden. Bei Predictive Analytics sollen Ereignisse vorhergesagt werden, z. B. über eine Regressionsanalyse. Hierbei soll die Fragestellung: „Was wird passieren?“ beantwortet werden. Die automatisierte Entscheidungsfindung mit der Auswahl einer optimalen Entscheidungsalternative ist das Ziel der Prescriptive Analytics. Hierbei soll die Fragestellung „Wie kann ich es passieren lassen?“ beantwortet werden. (s. Chahal et al. 2019, S. 2) Entsprechend werden die Ausprägungen *manuell*, *deskriptiv*, *diagnostisch*, *prädiktiv* und *präskriptiv* differenziert.

Das Merkmal *Digitale Assistenzsysteme* beschreibt die Unterstützung der Nutzer durch Informationssysteme. Mit der Assistenz soll die Ressource Information im Unternehmen betriebswirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden (s. Krcmar 2015, S. 2). Unterstützt durch Expert:inneninterviews und basierend auf einer Literaturrecherche konnten verschiedene digitale Assistenzsysteme identifiziert werden, welche die Nachfrageprognose und Kapazitätsplanung unterstützen. Diese werden durch die Ausprägungen *Wiegesysteme*, *Produktionsüberwachung*, *Produktionsplanung*, *Excelbasierte Analysensysteme*, *MRP II/ERP* und *CRM* beschrieben.

2.1.7 Zusammenfassung der Charakterisierung der Unternehmen der S&E-Industrie durch Merkmale und Ausprägungen

Insgesamt konnten die drei Dimensionen Unternehmensstruktur, Unternehmensprozesse und Digitale Reife gebildet werden. Diesen lassen sich die Subdimensionen grundlegende Charakteristika, Vertriebsdynamik, Agilität der Betriebsmittel, Betriebsprozesse, Kundendaten, Betriebsmitteldaten und Datenanalyse zuordnen. Insgesamt konnten 19 charakteristische Merkmale zur Beschreibung gebildet werden, diesen bestehen jeweils aus zwei bis sechs Ausprägungen. Die zusammenfassende Darstellung findet sich in Abbildung 2-5.

Unternehmensstruktur	Grundlegende Charakteristika	Organisationsform	Unternehmen		Unternehmensverbund/-gruppe		Konzern	
		Umsatz	< 2 Mio. €	< 10 Mio. €	< 50 Mio. €	< 150 Mio. €	> 150 Mio. €	
Vertriebsdynamik	Anzahl Standorte	1	<5		<20		>20	
	Anzahl Beschäftigte	<10	<20	<50	<100	<250	>250	
	Jährliche Tonnage	< 250.000 t	< 500.000 t	< 1.000.000 t	< 1.500.000 t	> 1.500.000 t		
	Abnehmerbranchen	Bauwirtschaft	Chemie	Forst- und Landwirtschaft	Industrie (Eisen & Stahl)	Industrie (andere)		
	Typischer Transportradius	< 10km	< 20km	< 50 km	< 100 km	> 100 km		
	Kundenstruktur	Privatperson	KMU	Konzerne	Öffentliche Hand	eigene Unternehmensgruppe		
Agilität der Betriebsmittel	Anteil mobiler Betriebsmittel	gering			hoch			
	Vertragsabschluss Untervermietung	nicht existent		teilweise		vollständig		
	Abbauart	Nassabbau			Trockenabbau			
	Gewinnungsart	Kontinuierlich			Diskontinuierlich			
Betriebsprozesse	Förderweise	Kontinuierlich			Diskontinuierlich			
	Kundendaten	Analog		Digital (händisch)		Digital automatisch		
Betriebsmitteldaten	Art der Vernetzung	keine	Objekt		Anwendungssystem		Plattform	
	Art der Konnektivität	Keine / Analog		Kabelgebunden		Kabellos		
	Art der Datenerfassung	Manuelle Zustandsdatenerfassung	Lokalisationsdatenerfassung		Zustandsdatenerfassung		Nutzerdatenerfassung	
Datenanalyse	Art der Datenanalyse	Manuell	deskriptiv	diagnostisch	prädiktiv		präskriptiv	
	Digitale Assistenzsysteme	Wiegensysteme	Produktionsüberwachung	Produktionsplanung	Excelbasierte Analysesysteme	MRP II / ERP	CRM	

Abbildung 2-5: Morphologie zur Beschreibung der Unternehmen der S&E-Industrie (Lassen et al. 2021)

2.2 Typisierung der Unternehmen der S&E-Industrie

Die im vorherigen Kapitel beschriebenen Merkmale und deren Ausprägungen können durch Kombination zur Beschreibung und Identifikation konsistenter Typen von Unternehmen in der S&E-Industrie genutzt werden. Um diese Bildung unterschiedlicher Typen jedoch zu erleichtern, muss der mögliche Lösungsraum reduziert und die Ableitung inhaltlich inkonsistenter Typen verhindert werden. Dieses Ziel wird durch die Durchführung eines Cross-Consistency-Assessments (CCA) erreicht. Dafür werden alle Parameter des morphologischen Kastens einander gegenübergestellt und paarweise miteinander verglichen. Bei der Untersuchung dieser Wertepaare wird beurteilt, ob oder inwieweit das Paar koexistieren kann, es also eine konsistente Beziehung aufweist. Dabei muss angemerkt werden, dass diese Untersuchung keine Hinweise auf die Richtung oder die Kausalität der Beziehung gibt, sondern lediglich die gegenseitige Konsistenz untersucht. (s. Ritchey 2011, S. 11)

Nach Ritchey (2011) können drei Arten der Inkonsistenz definiert werden (s. Ritchey 2011, S. 14 f.):

- **Logische Inkonsistenz:** Beziehungen, die aufgrund des logischen Zusammenhangs der zugrundeliegenden Konzepte entfallen.
- **Empirische Inkonsistenz:** Beziehungen, die aus empirischen Gründen als höchst unwahrscheinlich oder unplausibel eingestuft werden.

- **Normative Inkonsistenz:** Beziehungen, die aufgrund einer Unvereinbarkeit oder Diskrepanz entfallen, die auf sozialen Normen, Ethiken oder Standards basieren.

Die Kombination aus Schlüsselfaktoren und Ausprägungen ergibt das morphologische Feld und über eine Kreuzauswertung mögliche Szenarien. Damit wird die Analyse von schwer quantifizierbaren und multidimensionalen Problemen möglich. Im Folgenden wird ein CCA für die zuvor entwickelte Morphologie durchgeführt, um die Ableitung von Typen zu erleichtern. Die Bewertung wird in einer Matrix festgehalten und die Merkmalsausprägungen werden anhand eines binären Bewertungssystems miteinander verglichen (konsistent, inkonsistent). Die Bewertung der Abhängigkeiten bzw. Widersprüche der unterschiedlichen Merkmalsausprägungen basiert dabei auf den Erkenntnissen aus der Literatur. Das Ergebnis des CCAs ist in stark verkleinerter Form in Abbildung 2-6 dargestellt. Auf der x- und y-Achse der Matrix sind die Merkmale und deren Ausprägungen im technischen Teilsystem abgebildet. Diese werden dann paarweise verglichen und hinsichtlich ihrer Konsistenz bewertet. Konsistente Beziehungen werden nach Ritchey (2011) mit einem „+“ bewertet und inkonsistente Beziehungen mit einem „-“.

* Positiver Zusammenhang / Konsistenz
 * Negativer Zusammenhang / Inkonsistenz
 * Neutral

Organisationsform	Umsatz (Bis €)	Anzahl Standorte	Anzahl Beschäftigte	Jährliche Turnover	Abnehmerbranche	Spezieller Transportbedarf	Kundenstruktur	Anzahl möglicher Beschäftigter	Verfahrenstechnische Umsetzung	Gewinnung	Abbauverfahren	Förderung	Art der Datenverarbeitung	Art der Datenanfertigung	Art der Verarbeitung	Art der Kontrolle	Art der Datenrecherche	Digitale Assistenzsysteme
Unternehmen des Mittelstandes	< 100	1	< 50	< 1000000	Chemie	< 200 km	Einzelhandel	< 100	Handwerk	Handwerk	Handwerk	Handwerk	Handwerk	Handwerk	Handwerk	Handwerk	Handwerk	Handwerk
...

Abbildung 2-6: Cross-Consistency-Assessment zur Vermeidung inkonsistenter Typen

Aufbauend auf dem durchgeführten CCA werden im Folgenden unterschiedliche Unternehmenstypen in der S&E-Industrie identifiziert. Im Rahmen einer Literaturrecherche konnte eine Typisierung von Unternehmen in der S&E-Industrie erarbeitet werden. Böhner (2014) entwickelt im Rahmen der Untersuchung von Feinstaubbelastungen durch Tagebaue der S&E-Industrie eine Typologie von Unternehmen der Branche. Die von der Autorin gebildete Typologie bildet trotz der Inhomogenität in Bezug auf die Struktur, Produktionsleistung und Unternehmensprozessen einen repräsentativen Querschnitt der S&E-Industrie ab. Die Autorin differenziert in ihrer Typologie die Unternehmen über die Merkmale *Art des Betriebs*, *Abbauverfahren*, *Gewinnung*, *Förderung* und *Aufbereitungstechnik*. (Böhner 2014, S. 90 ff.)

Für die Partizipation an der Plattformökonomie sind der Umgang und die Fähigkeiten mit Daten und Informationen essenziell. Eine solche Typisierung der Unternehmen der S&E-

Industrie existiert aktuell noch nicht. Auf Basis der im Forschungsprojekt erstellten Morphologie und unter Anwendung des CCAs können drei Typen gebildet werden. Diese steigen in Bezug auf ihre Komplexität und den Nutzen, welche die Unternehmen aus der Anwendung und Analyse ihrer Daten erfahren. Hierbei wurden zunächst auf Basis der Unternehmensstruktur und unter Einbezug von betriebswirtschaftlichen Kenngrößen (Umsatz, Mitarbeiterzahl, Anzahl Betriebsstandorte, Vertriebsdynamik) homogene Unternehmenstypen gebildet. Bei der nachfolgenden Betrachtung der digitalen Kompetenzen wurden die Typen „digital ausbaufähig“, „digital fortgeschritten“ und „digitale Vorreiter“ gebildet. Grundsätzlich konnte hierbei festgestellt werden, dass mit steigender Unternehmensgröße der Digitalisierungsreife Grad steigt. Eine Differenzierung findet hier insbesondere im Bereich der Unternehmensverbände statt. Während die Kleinstbetriebe überwiegend digital ausbaufähig und die Konzerne größtenteils digitale Vorreiter sind, gibt es im Bereich der Unternehmensverbände große Unterschiede in Bezug auf die digitale Reife. Die einzelnen Typen werden nachfolgend vorgestellt.

Typ I „Digital ausbaufähig“: Diesem Typ können insbesondere Kleinstbetriebe und überwiegend kleine Unternehmensverbände mit einem Jahresumsatz bis 50 Millionen Euro zugeordnet werden. Mit weniger als 100 Mitarbeiter:innen und mit weniger als 5 Standorten werden jährliche Tonnagen von bis zu 500 000 Tonnen gefördert. Die typischen Abnehmer sind in der Bauwirtschaft zu finden, welche bis zu 50 Kilometer von den S&E-Betrieben entfernt sind. Als Kunden werden überwiegend andere KMU wie Bauunternehmer, Privatpersonen oder die eigene Unternehmensgruppe beliefert. Die Unternehmen gewinnen und fördern im Locker- und Festgesteinstagebau mit einem hohen Anteil an mobilen Lade-, Förder- und Hilfsgeräten. Im Bereich der digitale Reife arbeiten die Unternehmen überwiegend analog. Dabei hat sich herausgestellt, dass Unternehmen mit geringem Digitalisierungsfortschritt Daten wie z. B. Kraftstoffverbrauch und Betriebsstunden zwar analog erfassen und in excelbasierte Softwarelösungen einspeisen, aber diese Daten nicht signifikant weiterverarbeiten. Die Datenanalyse erfolgt dementsprechend manuell und nicht auf digitaler Basis. Zudem konnte festgestellt werden, dass erfasste Daten über Absatzmengen nicht ausgewertet werden, da die Unternehmen nahezu vollständig nachfragegesteuert agieren. Entscheidungen werden folglich basierend auf Erfahrungswerten getroffen. Digital ausbaufähige Unternehmen entsprechen in der Unternehmensstruktur Kleinst- und Kleinbetrieben und spiegeln den Großteil der Branche wider.

Typ II „Digital fortgeschritten“: Diesem Typ können insbesondere Unternehmensverbände mit bis zu 150 Millionen Euro Umsatz, welche mit bis zu 20 Standorten und bis zu 250 Mitarbeiter:innen mehr als 1 500 000 Tonnen Tonnage fördern, zugeordnet werden. Diese Unternehmensverbände beliefern nahezu alle Abnehmerbranchen in einem Transportradius von 50 Kilometern. Die Kundenstruktur ist sehr divers. In Bezug auf die Unternehmensprozesse gleichen die Unternehmen den Ausprägungen des Typs I. Hinsichtlich der digitalen Reife erfassen Unternehmen des Typs II „digital fortgeschritten“ Prozess- und Zustandsdaten digital/automatisch und nutzen dabei die Herstellerplattformen. Die Nutzung solcher digitalen Systeme ermöglicht die Einspeisung der Daten in das interne IT-Netzwerk sowie eine diagnostische Datenanalyse. Vergangene Ereignisse können intensiv betrachtet werden, um Auswirkungen und Ursachen zu klären und Folgen für künftige Prozesse abzuleiten.

Typ III „Digitale Vorreiter“: Insbesondere Konzerne mit einem Jahresumsatz ab 50 Millionen Euro, mehr als 20 Standorten und mehr als 250 Beschäftigten können Typ III zugeordnet werden. Diese Unternehmen fördern in der Regel jährliche Tonnagen von über 1 500 000 Tonnen, welche sie überwiegend an die Bauwirtschaft, die Chemie und die Forst- und Landwirtschaft absetzen. Der Anteil mobiler Betriebsmittel ist hoch, gleichzeitig befinden sich diese häufig nicht im Eigentum des Unternehmens, sodass sich ein Vertragsausschluss bezüglich einer möglichen Untervermietung ergibt. Der Großteil der Unternehmen agiert im Trockenabbau mit einer diskontinuierlichen Gewinnung und Förderweise. Prozess- und Zustandsdaten werden digital-automatisch über die Herstellerplattformen erfasst und teilweise deskriptiv und diagnostisch analysiert. Die verfügbaren Assistenzsysteme decken eine hohe Bandbreite ab; so werden Wiegesysteme, die Produktionsüberwachung und -planung, excelbasierte Analysesysteme sowie MRP-II- und ERP-Systeme eingesetzt. Diese Unternehmenstypen stellen im Verhältnis einen geringen Anteil der Branche dar.

Eine Zusammenfassung der Typen ist in Abbildung 2-7 dargestellt. Die Typisierung wurde anhand von Expert:innengesprächen mit insgesamt sieben Unternehmen validiert. Alle untersuchten Unternehmen können in die erstellte Typisierung eingeordnet werden. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden im Sonderheft „Nachhaltigkeit und Digitalisierung“ veröffentlicht (s. Lassen et al. 2021).

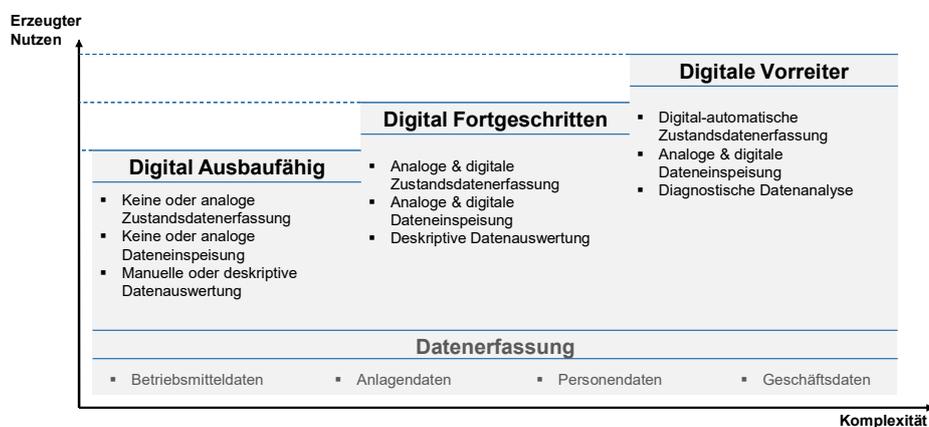


Abbildung 2-7: Typisierung der Unternehmen der S&E-Industrie (Lassen et al. 2021)

Eine zusammenfassende Erkenntnis aus der Typisierung ist die geringe Nutzung der vorhandenen Daten. Insbesondere neu angeschaffte Betriebsmittel verfügen über die Technologie zur Erfassung, Bündelung und Auswertung generierter Daten. Diese liegen aber zumeist auf herstellereigenen Plattformen, welche untereinander nicht kompatibel sind. Dies führt dazu, dass eine Analyse der Zustandsdaten häufig nicht stattfindet und die Potenziale der Digitalisierung keinen Eingang in die Unternehmensprozesse finden. Eine betriebsinterne Optimierung von Prozessschritten und der Auslastung ist infolge unzureichenden Datenmanagements nur bedingt möglich, wodurch ungenutzte Kapazitäten von Betrieben, insbesondere innerhalb eines Unternehmensverbands, nicht erkannt werden können. Es bedarf daher der Filterung und konkretisierter Bündelung der Daten, um eine zielführende Auswertung und darauffolgende Umsetzung zu initiieren. (s. Lassen et al. 2021, S. 10)

2.3 Einflussfaktoren der Bedarfs- und Kapazitätsplanung

Die Offenlegung der Einflussfaktoren der Bedarfs- und Kapazitätsplanung wird als mehrschrittiger Prozess gestaltet. Hierbei wird zunächst eine PESTEL-Analyse durchgeführt, diese wurde ursprünglich durch die Autoren Fahey u. Narayanan (1986) entwickelt. Im Forschungsprojekt wird das weiterentwickelte Konzept der Autorin Kaufmann (2021) angewendet. Diese stellt die sechs makroökonomischen Faktoren *Political* (Politik), *Economic* (Ökonomie), *Social* (Soziales), *Technological* (Technologie), *Ecological* (Umwelt) und *Legal* (Recht) auf (s. Kaufmann 2021, S. 20). Die Gesamtheit der einzelnen Faktoren bildet den Gestaltungsrahmen, jene werden nachfolgend vorgestellt. Hierbei werden zunächst die einzelnen Faktoren definiert, anschließend erfolgt die

projektspezifische Identifikation. Diese bilden die Grundlage für die anschließende Auswahl, Gewichtung und Priorisierung der Einflussfaktoren auf die Bedarfs- und Kapazitätsplanung sowie die Untersuchung auf die Prognostizierbar- und Beeinflussbarkeit.

Politische Einflussfaktoren: Die Politik und der Staat können in das Wirtschaftsgeschehen aktiv eingreifen, indem Rahmenbedingungen gesetzt werden, welche das Agieren von Unternehmen in einem bestimmten Marktumfeld aktiv betreffen (s. Kaufmann 2021, S. 20). Für S&E-Betriebe ist insbesondere die Infrastrukturpolitik mit den verbundenen politischen Entscheidungen über die Genehmigung, den Bau und die Instandhaltung des Straßen- und Schienennetzes sowie die Schifffahrtswege relevant (s. Mishra u. Mohanty 2020). Darüber hinaus beeinflussen Steuerrichtlinien und gezielte Subventionen wie beispielsweise das Förderprogramm „Digital Jetzt“, welches explizit zur Digitalisierung von KMU dient⁹. Gleichzeitig wird die S&E-Industrie ebenfalls von politischen Entscheidungen in den nachgelagerten Industrien, wie bspw. der Bauindustrie, direkt beeinflusst (z. B. Immobilien und Mobilitätspolitik sowie die Energieversorgung). Die Initiierung und Durchführung von Infrastrukturprogrammen trägt zum Branchenwachstum der S&E-Industrie bei.

Ökonomische Einflussfaktoren: Die volkswirtschaftliche Entwicklung wirkt sich unmittelbar auf die Rentabilität und das Wachstum der Unternehmen aus, da sich diese nicht von übergreifenden Einflussfaktoren wie der internationalen Zins- und Währungsentwicklung, der Verschuldungsrate oder der Währungsstabilität abkoppeln können. (s. Kaufmann 2021, S. 20) In der S&E-Industrie ist ein besonderer ökonomischer Einflussfaktor der Marktpreis und die Volatilität. Die extreme Lokalität, welche meistens durch einen Transport- und Absatzradius von 50 Kilometern definiert wird, hat hierbei einen großen Einfluss. Gleichzeitig beeinflussen der Eintritt neuer Wettbewerber sowie die Etablierung von Ersatzprodukten wie Recyclingbaustoffen die Unternehmen. Die langfristige Abbauplanung stellt einen weiteren bedeutenden Faktor dar (s. Komljenovic et al. 2015, S. 349). Aus ökonomischer Sicht kann durch den Einsatz von Entscheidungsunterstützungssystemen die Optimierung der Abbauplanung quantitativ optimiert werden (s. Mishra u. Mohanty 2020). Einen direkten Einfluss auf die Bedarfs- und

⁹<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/digital-jetzt.html>

Kapazitätsplanung haben darüber hinaus die Lagerkapazitäten und die entstehenden Koppelprodukte (s. Rimélé et al. 2018, S. 114).

Sozialkulturelle Einflussfaktoren: Der Bildungsstand, Lebensstil oder die Bevölkerungsentwicklung sind beispielhafte Faktoren, welche die Unternehmen stark beeinflussen. Die Eigenschaften als Ressourcenpool (Arbeitskräfte) und Abnehmer wirken direkt auf die Unternehmen ein. (s. Kaufmann 2021, S. 20 f.) Die Unternehmen der S&E-Industrie werden insbesondere durch Humanressourcen beeinflusst. Diese prägen maßgeblich die Produktivität des Unternehmens sowie die Qualität und die Quantität der produzierten Rohstoffe und Güter. Darüber hinaus werden die Unternehmen aber auch durch Arbeits- und Sozialstandards beeinflusst (s. Komljenovic et al. 2015, S. 349). Diese werden insbesondere in Zusammenarbeit mit gewerkschaftlichen Organisationen gestaltet. Weitere Einflussfaktoren dieser Perspektive sind insbesondere die Akzeptanz der lokalen Bevölkerung und die Sozialverträglichkeit. Vor allem bei S&E-Betrieben, welche sich in der Nähe von Wohnbereichen befinden, sind das Verkehrsaufkommen und die Staub- und Geräuscentwicklung z. B. durch regelmäßige Sprengungen wichtige Faktoren.

Technologische Einflussfaktoren: Die Fähigkeit von Unternehmen, durch den Einsatz von Technologien Effizienz- und Rentabilitätssteigerungen zu erzielen, ist in einer sich immer stärker digitalisierenden Welt essenziell (s. Kaufmann 2021, S. 21). Für Unternehmen der S&E-Industrie stehen die Betriebsmittel in einem besonderen Fokus. Während einige Geräte wie Radlader mehrfach in den S&E-Unternehmen vorhanden sind, gibt es auch besonders kritische Geräte wie Brecher, die bei einer Nichtverfügbarkeit einen Betrieb stilllegen können. (s. Kazakidis 2001, S. 4) Hierbei ist es wichtig, z. B. durch Predictive Maintenance, die Verfügbarkeit dieser Maschinen zu erhöhen (s. Barnewold u. Lottermoser 2020). Hierfür bedarf es geeigneter Unterstützungstechnologien und digitaler Treiber wie beispielsweise drahtlose Konnektivität, Cloud-Services etc. (s. Tyuleneva 2020, S. 5).

Ökologische Einflussfaktoren: Die strategische Berücksichtigung von Nachhaltigkeit und der Nachweis einer gelebten *Corporate Social Responsibility* sind zunehmend wichtige Faktoren für Unternehmen (s. Kaufmann 2021, S. 21). S&E-Betriebe sind stark abhängig von der Witterung (s. Lanke et al. 2016). Aufgrund des Flächenverbrauchs und der Rohstoffentnahme gibt es hohe Umweltauflagen zum Naturschutz und zur anschließenden Renaturierung. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Biodiversität (s. Basten 2021). Aufgrund des hohen Energiebedarfs beim Abbau ist auch das Energiemanagement ein

bedeutender Faktor (s. Mishra u. Mohanty 2020). Nicht zuletzt werden das Recycling und die Verwendung von Sekundärrohstoffen immer wichtiger (Demartini et al. 2019, S. 4).

Rechtliche Einflussfaktoren: Nicht zuletzt bestimmen rechtliche Einflussfaktoren maßgeblich über den Handlungsspielraum eines Unternehmens. Das Agieren innerhalb des Rechtsraums des Standortes sollte für das Unternehmen handlungsleitend sein (s. Kaufmann 2021, S. 22). Aufgrund der geringen Transportdistanzen bei S&E-Betrieben entstehen häufig Oligopole lokaler Märkte. Hierbei sind kartell- und wettbewerbsrechtliche Aspekte zu beachten. Darüber hinaus spielen Genehmigungsrechte eine besonders große Rolle. Die Abbaugenehmigung und die Bergbauberechtigung sind für S&E-Betriebe essenziell für die Produktion (s. Negendank 2006, S. 8 ff.). Eine zusammenfassende Übersicht mit den wichtigsten Einflussfaktoren für die S&E-Industrie findet sich in Abbildung 2-8.

Politisch <ul style="list-style-type: none"> • Infrastruktur (Straßennetz, Schienennetz, Schifffahrtswege etc.) • Steuerrichtlinien und Subventionen • Immobilien und Mobilitätspolitik • Energiepolitik 	P	T	Technologisch <ul style="list-style-type: none"> • Betriebsmittel • Technologiesprünge <ul style="list-style-type: none"> • Automatische Kontrollsysteme (ERP, CRM, SCM) • Software Tools (EDM, Auftragsverarbeitung, Wissensmanagement...) • Digitale Technologien (Cloud Services, RFID – Technologien, Plattformvertrieb)
Ökonomisch <ul style="list-style-type: none"> • Konjunkturelle Lage • Lieferantenbeziehungen (Abhängigkeit von Subunternehmern) • Neue Wettbewerber oder Ersatzprodukte (Recyclingbaustoffe, second use) • Langfristige Abbauplanung 	E	E	Ökologisch <ul style="list-style-type: none"> • Recycling & Entsorgung • Ressourcenverbrauch • Biodiversitätsdatenbank • Umweltauflagen • Witterungsabhängigkeit (Lanke et al. 2016) • Klimawandel, Naturkatastrophen
Sozial <ul style="list-style-type: none"> • Humanressourcen (Produktivität, Qualität, Quantität) • Arbeits- und Sozialstandards • Gewerkschaftliche Organisation • Werte & Normen 	S	L	Rechtlich <ul style="list-style-type: none"> • Kartellrecht, Wettbewerbsrecht • Umweltschutzgesetze • Genehmigungsrecht • Produkthaftung

Abbildung 2-8: PESTEL-Analyse für die deutsche S&E-Industrie (Lassen et al. 2021)

Auf Grundlage der PESTEL-Analyse wurden die relevanten internen und externen Faktoren abgeleitet. Anschließend wurden die Faktoren in einem paarweisen Vergleich auf ihrer Relevanz und ihren Einfluss hin geprüft. Bei dieser Methode werden die einzelnen Faktoren mit jedem anderen Faktor unter Festlegung der Relevanz in einer direkten Gegenüberstellung untersucht. Hierbei wird die Entscheidungsmenge durch den direkten Faktorenvergleich (wichtiger, gleichwichtig oder unwichtiger) reduziert. Die Summe der Einzelbewertungen zeigt hierbei die Gesamtgewichtigkeit der einzelnen Faktoren auf. (REFA 2015, S. 103 ff.) Für die nachfolgende Untersuchung gilt, dass folgendermaßen gewertet wurde:

- Faktor A ist weniger wichtig als Faktor B: 0

- Faktor A ist gleichwichtig wie Faktor B: 1
- Faktor A ist wichtiger als Faktor B: 2.

Der Maximalwert jedes Gewichtungsfaktors ist mit 5 angegeben, der unwichtigste Faktor hat entsprechend den Wert 1.

Insgesamt konnten 12 interne Faktoren aus der PESTEL-Analyse für die internen Faktoren extrahiert werden. Unter Einbezug von Expert:innengesprächen wurden die Faktoren **Humanressourcen**, die **Auftragslage** und die **Betriebsmittelkapazitäten** als am wichtigsten identifiziert. Hierbei bezieht sich der Einflussfaktor **Auftragslage** auf interne Aufträge innerhalb des Unternehmens/Unternehmensgruppe. Die **Humanressourcen** beschreiben die Bereitstellung von Personal in ausreichender Qualität, Quantität und Produktivität. Diese behalten keine Krankheitsfälle oder Urlaub. Mit dem Einflussfaktor **Betriebsmittel** werden die Kapazitäten, die Verfügbarkeit, die Ausfallzeiten und die Instandhaltung des Maschinenparks beschrieben. Das Ergebnis des paarweisen Vergleichs für die internen Einflussfaktoren findet sich in Abbildung 2-9.

als wichtiger	Humanressourcen	Krankheitsfälle	Urlaub	Arbeitsstandards	Auftragslage	Betriebsmittelkapazitäten	Ausfallzeiten (Schlüsselgeräte)	Ressourcenverbrauch (EnergieManagement)	Langfristige Abbauplanung	Verfügbare Lagerkapazitäten	Koppelprodukte	Digitale Kompetenz (5)	Summe	%	Gewicht (gerundet)
Humanressourcen	5	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	18	13,64%	5
Krankheitsfälle	1	5	2	2	0	0	1	2	2	2	2	2	16	12,12%	4
Urlaub	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%	1
Arbeitsstandards	0	0	2	5	0	0	1	1	1	0	0	1	6	4,55%	2
Auftragslage	1	2	2	2	5	1	2	2	2	2	2	2	20	15,15%	5
Betriebsmittelkapazitäten	1	2	2	2	1	5	1	2	2	1	2	2	18	13,64%	5
Ausfallzeiten (Schlüsselgeräte)	0	1	2	1	0	1	5	2	2	1	1	2	13	9,85%	4
Ressourcenverbrauch (EnergieManagement)	0	0	2	1	0	0	0	5	1	0	1	1	6	4,55%	2
Langfristige Abbauplanung	0	0	2	1	0	0	0	1	5	0	1	0	5	3,79%	2
Verfügbare Lagerkapazitäten	1	0	2	2	0	1	1	2	2	5	2	1	14	10,61%	4
Koppelprodukte	0	0	2	2	0	0	1	1	1	0	5	0	7	5,30%	2
Digitale Kompetenz	0	0	2	1	0	0	0	1	2	1	2	5	9	6,82%	3
													Prüfsumme	100,00%	

Abbildung 2-9: Paarweiser Vergleich der internen Einflussfaktoren

Bei der Analyse der externen Faktoren werden insgesamt 18 Faktoren berücksichtigt. Die Vorgehensweise erfolgt analog zur Untersuchung der internen Faktoren. Die Faktoren **Konjunkturelle Abhängigkeit**, **Saisonalität** (Jahreszeit & Witterungsabhängigkeit) sowie die **Auftragslage** wurden als wichtigste Faktoren identifiziert. Die **Auftragslage** setzt sich hierbei aus den Faktoren **Förderprogramme**, **Konkurrenzsituation** und **Unstetigkeit**

von **Abschreibungen** zusammen. Das Ergebnis des paarweisen Vergleichs für die externen Einflussfaktoren ist in Abbildung 2-10 dargestellt.

als wichtiger	als wichtiger																	Summe	%	Gewicht (gerundet)		
	konzurrenzielle Abhängigkeit	Saisonalität Jahreszeit & Witterungsabhängigkeit	Abhängigkeit zur regionalen Marktlage	Abhängigkeit von Subunternehmen	Auftragslage	Infrastruktur	Subventionen	Immobilien & Mobilitätspolitik	Energiepolitik	Wettbewerber und Ersatzprodukte	Gewerkschaftliche Organisation und Arbeitsrecht	Gesellschaftliche Werte & Normen	Technologiestränge	Umweltauflagen	Klimawandel, Naturkatastrophen	Recycling & Entsorgung	Genehmigungsrecht				Wettbewerbsrecht	
konzurrenzielle Abhängigkeit	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	27	8,82%	5
Saisonalität Jahreszeit & Witterungsabhängigkeit	0	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	27	8,82%	5
Abhängigkeit zur regionalen Marktlage	1	0	2	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	24	7,84%	4	
Abhängigkeit von Subunternehmen	1	1	0	2	0	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	0	1	18	5,88%	3	
Auftragslage	1	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	26	9,48%	5	
Infrastruktur	0	1	1	1	0	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	19	6,21%	3	
Subventionen	1	0	0	1	1	0	2	1	0	0	2	1	0	1	2	1	0	1	10	3,92%	2	
Immobilien & Mobilitätspolitik	1	0	1	1	0	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	0	1	17	5,56%	3	
Energiepolitik	0	0	1	1	0	2	1	1	1	2	1	0	0	1	1	0	1	1	11	3,59%	2	
Wettbewerber und Ersatzprodukte	1	1	1	0	1	1	2	1	2	0	1	2	1	2	1	0	1	0	17	5,56%	3	
Gewerkschaftliche Organisation und Arbeitsrecht	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	2	1	0	2	1	0	9	2,94%	2	
Gesellschaftliche Werte & Normen	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	2	0	0	1	0	1	1	8	2,61%	1	
Technologiestränge	0	0	0	1	0	1	2	1	2	0	1	2	2	0	2	1	0	2	15	4,90%	3	
Umweltauflagen	1	1	1	1	0	1	1	0	2	1	2	2	2	1	1	0	1	1	18	5,88%	3	
Klimawandel, Naturkatastrophen	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	1	0	6	1,96%	1	
Recycling & Entsorgung	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	2	14	4,58%	2		
Genehmigungsrecht	0	0	1	2	0	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	25	8,17%	4	
Wettbewerbsrecht	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	2	0	0	10	3,27%	2		
Prüfsumme																			100,00%			

Abbildung 2-10: Paarweiser Vergleich der externen Einflussfaktoren

2.4 Potenzialanalyse einer Plattformlösung

Das Konzept, auf dem der Grundgedanke einer Plattformlösung basiert, wurde 1993 von dem US-amerikanischen Professor Moore vorgestellt und im *Harvard Business Review* veröffentlicht (s. Moore 1993, S. xx, zit. n. Anggraeni et al. 2007, S. 4). Im Rahmen dieser Veröffentlichung postulierte MOORE, dass erfolgreiche Unternehmen nicht als voneinander losgelöste Entitäten operieren, sondern in natürlichen Unternehmens-Ökosystemen simultan mit anderen Organisationen kooperativ oder kompetitiv agieren. Innerhalb eines solchen Ökosystems nehmen die Partizipanten verschiedenen Funktionen ein. Dadurch können neue Produkte und Dienstleistungen entwickelt werden. (s. MOORE 1993, S. 75 f.)

MOORE identifizierte im Rahmen seiner ersten empirischen Analyse einen vierphasigen Zyklus hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung eines Plattform-Ökosystems. Ergebnis dieser Analyse ist, dass Unternehmen durch ihr eigenes Handeln den Verlauf und den Fortschritt des Zyklus selbst beeinflussen. Während der ersten Phase der sogenannten „Geburt“ der Plattform schließen sich die Unternehmen zusammen und die Kundenbedürfnisse werden identifiziert. Im Anschluss finden in der zweiten Phase, der „Expansion“, eine wesentliche Ausweitung des Dienstleistungs- und Produktangebots sowie eine mögliche Erweiterung

der involvierten Unternehmen statt. Innerhalb der dritten Phase fügen sich die Unternehmen in die Plattform ein und die Konkurrenz verringert sich. Die letzte Zyklusphase ist dadurch geprägt, dass sich die Plattform als adaptives System an die sich verändernden Umweltbedingungen anpasst, Innovationen entwickelt oder gegebenenfalls durch konkurrierende Plattformen abgelöst werden kann. (s. MOORE 1993, S. 76 ff.)

Im Forschungsprojekt ‚PROmining‘ sollen Unternehmen der S&E-Industrie von der Plattformökonomie profitieren. Daher werden nachfolgend die Potenziale einer Plattform aufgezeigt. Vorbereitend hierfür werden zunächst die internen und externen Faktoren auf die Beeinflussbarkeit hin untersucht (s. Kapitel 2.3). Da im Projekt ein Plattformdemonstrator aufgebaut werden soll, um u. a. die Unternehmen bei der Prognoseplanung zu unterstützen, werden die Faktoren zusätzlich auf ihre Informationsverfügbarkeit und die Kenntnis über die Wirkungszusammenhänge hin überprüft.

Bei den internen Faktoren wurden die Merkmale **Humanressourcen**, **Auftragslage** und **Betriebsmittelkapazitäten** als am wichtigsten identifiziert. Von den Unternehmen können diese drei Faktoren relativ gut beeinflusst werden, die Informationsverfügbarkeit ist sehr hoch. Auch die Prognostizierbarkeit der Faktoren kann von den Unternehmen relativ gut gesichert werden. Die Gesamtauswertung der internen Faktoren bezüglich der Beeinflussbarkeit und der Prognostizierbarkeit der Faktoren ist in Abbildung 2-11 dargestellt.

	Beeinflussbarkeit	Prognostizierbarkeit		
		Informationsverfügbarkeit	Wirkzusammenhänge	Gesamprognostizierbarkeit
Humanressourcen	●	●	●	●
Umsatz	●	●	●	●
Krankheitsfälle	●	●	●	●
Arbeitsstandards	●	●	●	●
Auftragslage	●	●	●	●
Betriebsmittelkapazitäten	●	●	●	●
Ausfallzeiten (Schlüsselgeräte)	●	●	●	●
Ressourcenverbrauch (Energie-Management)	●	●	●	●
Langfristige Abbauplanung	●	●	●	●
Verfügbare Lagerkapazitäten	●	●	●	●
Koppelprodukte	●	●	●	●
Digitale Kompetenz	●	●	●	●

Abbildung 2-11: Beeinfluss- und Prognostizierbarkeit der internen Faktoren der Bedarfs- und Kapazitätsplanung

Bei den externen Faktoren ist die Beeinflussbarkeit durch die Unternehmen im Allgemeinen wesentlich geringer. Auch die Prognostizierbarkeit fällt insbesondere den KMU häufig sehr schwer. Bei den drei wichtigsten Einflussfaktoren **Konjunkturelle Abhängigkeit**, **Saisonalität** und **Auftragslage** zeigt sich, dass die Unternehmen die

beiden erstgenannten Faktoren nicht signifikant und den letztgenannten Faktor nur bedingt beeinflussen können. Während die Saisonalität gut prognostizierbar ist, fällt sowohl die Prognose der konjunkturellen Entwicklung als auch die Vorhersage der Auftragslage den Unternehmen sehr schwer. Ein Überblick über die Beeinfluss- und die Prognostizierbarkeit der externen Faktoren der Bedarfs- und Kapazitätsplanung findet sich in Abbildung 2-12.

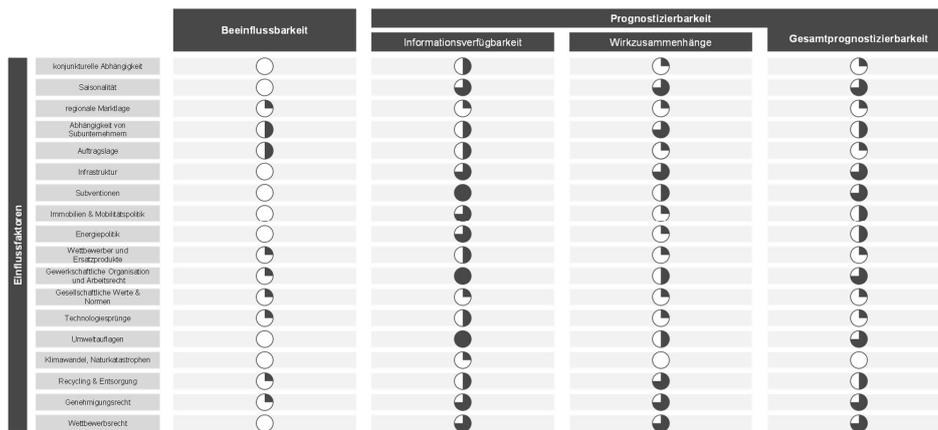


Abbildung 2-12: Beeinfluss- und Prognostizierbarkeit der externen Faktoren der Bedarfs- und Kapazitätsplanung

In Zusammenarbeit mit dem projektbegleitenden Ausschuss konnte eine Vielzahl von Potenzialen bei der Teilnahme an einer Plattformlösung identifiziert werden. Die Identifikation von Potenzialen und Hemmnissen basiert hierbei auf den in den vorherigen Arbeitsschritten und Kapiteln erarbeiteten Ergebnissen. In Tabelle 2-1 wird eine Übersicht über die identifizierten Potenziale und Hemmnisse gegeben. Mittels einer adäquaten Plattformlösung können Unternehmen dazu befähigt werden, ihre internen und externen Geschäftsprozesse effizienter zu gestalten. Dies kann unter anderem realisiert werden, indem bis dato analoge Prozesse digitalisiert und automatisiert werden. Durch die Einbindung von Datenbanken können beispielsweise Kapazitäten entlastet werden. Des Weiteren können Fehlerquellen durch die Einbindung vollautomatisierter Sensorik eliminiert werden. Den Unternehmen wird durch die Schaffung einer Plattformlösung ein Anstoß zur Digitalisierung von Prozessen gegeben. Die Partizipanten werden dazu angeleitet, ihre interne Datenhaltung sukzessive auf den neuesten Stand des technisch Möglichen zu bringen. Für Unternehmen, die mehrere Standorte unterhalten, wird durch die neu geschaffene Transparenz Potenzial zur Synchronisation der Standorte geschaffen.

Tabelle 2-1: Identifizierte Potenziale und Hemmnisse von Plattformlösungen

Potenziale	Hemmnisse
Effizientere Prozesse	Datenschutz und Datentransparenz

Digitalisierung von Prozessen	Schnittstellen
Standardisierte Prozesse via Datenbanken und Einsparung von Kapazitäten	Kompatibilität mit anderen Systemen und Plattformen
Audit (systematische Überprüfung und Bewertung von Prozessen)	Mitarbeiterakzeptanz
Fehlereliminierung	Aufrüstung der technischen Infrastruktur
Informationsbereitstellung	Rechtliche Rahmenbedingungen
Transparente Prozesse	Kosten
Optimierung des Vertriebs Standortsynchronisation	

2.5 Entwicklung eines Modells zur Untersuchung des Plattformökosystems und des Plattformpotenzials

Um die Position der Plattform in der Umgebung von Unternehmen und Institutionen greifbar zu machen, wird eine Einordnung in ihrem Ökosystem angestrebt. Ziel ist es, Implikationen hinsichtlich der Kooperation und Kooperation zwischen der Plattform und angrenzenden Unternehmen abzuleiten. In einer grafischen Aufarbeitung lassen sich der Grad der Koopetition, einem Maß für das Verhältnis von Kooperation und Kooperation zwischen Unternehmen, sowie die Ersetzbarkeit ablesen. Außerdem dargestellt sind externe Einflussfaktoren sowie die internen Hauptfunktionen der Plattform. Diese Darstellung wurde erarbeitet in den folgenden Arbeitsschritten: **Identifikation der Value-Proposition, Identifikation relevanter Funktionen, Paarweiser Vergleich der Ersetzbarkeit, Kooperation und Kooperation, Analyse der Wirkung des Ökosystems auf Plattformkonkurrenten inklusive Vor- und Nachteile** sowie **Kennzeichnung nicht-privatwirtschaftlicher Akteure**.

Die Plattform verspricht ihren Teilnehmern mehrere Arten von Nutzen und stellt dafür nötige Funktionalitäten bereit. Zugrunde liegen diesen die Verarbeitung und Interpretation von Daten. Im Rahmen der Kapazitätsauslastungsbestimmung wird durch Erhebung von Nutzungsdaten, Abgleich von Angebot und Nachfrage und Einbeziehung zusätzlicher Faktoren wie Wetterdaten eine aktuelle Auslastung der Kapazität ermittelt. Darüber hinaus soll über eine Betrachtung der genannten Faktoren eine Prognose für die zukünftige Auslastung gestellt werden. Die Überwachung kritischer Prozessparameter in einer einheitlichen Anwendung ermöglicht eine einfache Qualitätskontrolle bis hin zu Predictive Quality. Dadurch können Plattformteilnehmer ihre Ergebnisqualität steigern. Insbesondere wird auch durch die Verfolgung von Nutzungszeiten und Instandhaltungsintervallen eine langfristige Einsatz- und Instandhaltungsplanung ermöglicht. Gesammelte Daten werden verwendet, um durch akkurate Kenntnisse über Auslastung und Prozessparameter die Entscheidungsgrundlage für Energiesparmaßnahmen zu verbessern. Weiteren Nutzen erzielt die Plattform für ihre Teilnehmer:innen durch die Möglichkeit zur Verbesserung der

Arbeitssicherheit. Die kontinuierliche Verfolgung der Maschinenstandorte ermöglicht eine effektive Unfallprävention. Aufgrund der ausgiebigen Datenerfassung können über digitale Abbildungen auf der Plattform Prozesse digitalisiert und aus der Entfernung greifbar gemacht werden. Durch Kenntnis über Ort und Auslastung der Maschinen sowie eine Prognose der Zukunftswerte wird ergänzend eine Marktplatzfunktionalität ermöglicht. Damit kann die Plattform Teilnehmer:innen bei ihrer flexiblen Maschinenplanung sowie dem Austausch und Verleih von Gerät unterstützen.

Um die Aufgaben der Plattform ausüben zu können, müssen gewisse Funktionen durch die Plattform gegeben sein. Von den Maschinen generierte Daten sollen in die Anwendung integriert werden, wofür Schnittstellen bereitgestellt werden müssen. Sie verfügen über Kompatibilität zu den Datenformaten der Maschinen und ermöglichen die automatisierte Einpflegung der Informationen. Daten werden zur späteren Weiterverwendung gesammelt und gespeichert. Eine Funktion der Plattform ist des Weiteren die Analyse, Berechnung und Prognose der Kapazitätsauslastung. Dazu werden die Datensätze algorithmusbasiert ausgewertet. Zuletzt sind auch die Entwicklung und Optimierung einer Anwendung für die Nutzer:innen Funktionen der Plattform. Zu den Funktionen, die von Dritten wahrgenommen werden, zählt die Datenbereitstellung. Zur nachfrageseitigen Datenbereitstellung zählen Daten aus Unternehmen der Bau-, Forst-, und Landwirtschaft, durch Industrieabnehmer und Rohstoffverarbeiter zur Einschätzung der aktuellen Gesamtnachfrage. Auf Angebotsseite lässt sich die Datenbereitstellung zwischen primär, von S&E-Betrieben, und sekundär, beispielsweise von Deponien, die recycelte Materialien bereitstellen, unterscheiden. Eine weitere, nicht direkt durch die Plattform übernommene, aber dennoch benötigte Funktion besteht aus der Sensorik und Datenverwaltung in der Maschine. Durch sie wird gewährleistet, dass durchgehend Daten zur weiteren Verwendung erfasst werden. Hardwareseitig ist auch die Bereitstellung der nötigen Rechen- und Speicherkapazität für den Betrieb der Plattform als extern erfüllte Funktion zu sehen. Die Plattform ist auf aktuelle Wetterdaten, als wichtigen Teil der Prognosefähigkeit, angewiesen. Die Wetterprognose sowie das Bereitstellen auslesbarer Wetterdaten ermöglichen eine Abschätzung kommender Einflussfaktoren auf die Materialnachfrage.

Über die Methode des paarweisen Vergleichs werden die Funktionen untereinander nach Ersetzbarkeit, Kooperationsgrad und Wettbewerbsgrad bewertet. Funktionen in Zusammenarbeit mit außenstehenden Unternehmen werden dabei in allen drei Bereichen untersucht. Für intern zu erfüllende Funktionen wird lediglich die Ersetzbarkeit bewertet, eine Abbildung der Koopetition wird aufgrund des Fehlens äußerer Partizipanten nicht

durchgeführt. Für extern erfüllte Funktionen kann darauffolgend der Koopetitionsindex auf einer diskreten Skala zwischen - 5 und + 5 bestimmt werden. Ein hoher positiver Index steht dabei für große Kooperationsansprüche, während ein großer negativer Index eine starke Konkurrenzbeziehung abbildet. Diese Einordnung, dargestellt in Abbildung 2-13, dient später zur besseren Visualisierung der Zusammenarbeit.

Funktion	Unternehmen	Ersetzbarkeit	Kooperation	Kompetition	Koopetitionsindex
Bereitstellen der Konnektivität	Betreiber-Unternehmen	2	-	-	-
Datensammlung und Speicherung	Betreiber-Unternehmen	2	-	-	-
Analyse, Berechnung und Prognose der Kapazitätsauslastung	Betreiber-Unternehmen	4	-	-	-
Anwendungsentwicklung und -optimierung	Betreiber-Unternehmen	3	-	-	-
Datenbereitstellung nachfrageseitig	Bau-, Forst-, Landwirtschaft, Industrie, Rohstoffverarbeiter	2	4	1	3
Datenbereitstellung angebotsseitig primär	S&E-Betriebe	5	4	5	-1
Datenbereitstellung angebotsseitig sekundär	Deponiebetreiber	2	4	3	1
Sensork und Datenverwaltung	Maschinen- und Anlagenbauer	4	2	4	-2
Bereitstellung des Systems der Plattform	Server, Cloud, Hostinganbieter	1	1	0	1
Wetterprognose	Wetterdienste	1	1	0	1

Ersetzbarkeit

1 = sehr leicht ersetzbar
5 = sehr schwer ersetzbar

Kooperation

1 = keine ausgeprägte Kooperation
5 = stark ausgeprägte Kooperation

Kompetition

1 = schwacher Wettbewerb
5 = starker Wettbewerb

Koopetitionsindex

= Kooperation - Kompetition
Skala: -4 bis 4

Abbildung 2-13: Ermittlung des Koopetitionsindex

Für die Plattform werden Konkurrenten identifiziert, welche im Hinblick auf ihre Vor- und Nachteile gegenüber der vorgeschlagenen Anwendung verglichen werden. Sie werden klar der Kompetition zugeordnet und entsprechend abgebildet. Nicht-privatwirtschaftliche Akteure können den Erfolg der Plattform maßgeblich beeinflussen, obwohl sie in keiner Konkurrenz- oder Kooperationsbeziehung stehen. Für die hier erarbeitete Plattformlösung sind hauptsächlich Verwaltungen und Ämter, die Gesetzgebung sowie Auditoren und Baustofflabore von Relevanz.

Die Umgebung des Business-Ecosystems (s. Abbildung 2-14) wird kreisförmig dargestellt. In der Mitte befindet sich dabei die Plattform, auf deren Einwirkungen eingegangen werden soll. Im Kern sind hier die durch den Plattformbetreiber zu erfüllenden Funktionen als Kreise angetragen (Nummern 1 – 4). Weitere Funktionen, die durch externe Unternehmen erfüllt werden, sind, ebenso in Kreisen dargestellt, in den umgebenden Schichten zu finden (Nummern 5 – 10). Der Durchmesser der Kreise zeigt dabei die Ersetzbarkeit der Funktionen an, je größer, desto schwieriger zu ersetzen. Ihre Position im Gesamtbild zeigt ihre Einschätzung hinsichtlich der Koopetition. Befindet sich eine Funktion zentraler im Bild, ist sie vor allem durch Kooperation geprägt. Eine Lage weiter außen ist ein Indikator für ein eher kompetitives Verhältnis. Die Konkurrenz, dargestellt durch rote Vierecke (Buchstaben A-D), befindet sich entsprechend auf dem äußersten Ring. Nicht-privatwirtschaftliche Einflüsse werden als solche außerhalb der Grenzen des Kreises abgebildet (Dreiecke I-III).

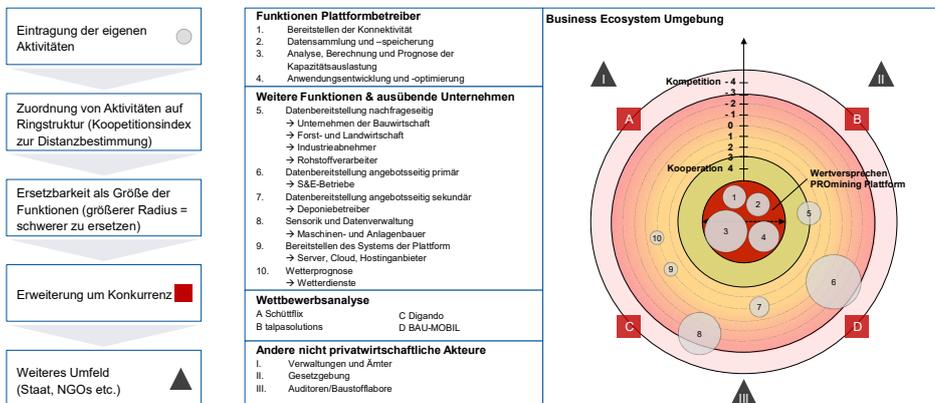


Abbildung 2-14: Übersicht der Business-Ecosystem-Umgebung

Durch die Darstellung lassen sich Beziehungen zwischen den Akteuren im Business-Ecosystem und der Plattform schnell erkennen. Insgesamt wurden relevante Einflüsse und Akteure der Plattforummgebung identifiziert und die Zusammenarbeit mit ihnen hinsichtlich Kooperation und Kompetition untersucht.

3 Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung

Um für die im vorherigen Kapitel typisierten KMU der S&E-Industrie eine maßgeschneiderte Plattformlösung entwickeln zu können ist es erforderlich, relevante interne und externe Daten und Datenquellen der Unternehmen zu identifizieren, die für die Services und Funktionen der Plattform eine geeignete Datenbasis darstellen. Zur Identifikation des aktuellen Stands der internen und externen Datenhaltung von KMU der S&E-Industrie werden qualitative, leitfadengestützte Expert:inneninterviews mit Expert:innen der Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses und weiterer Unternehmen durchgeführt. Basierend auf einer umfangreichen Desk-Research werden die Fragestellungen formuliert und mithilfe von Potenzial-Assessments ausgewertet. Die erhobenen Informationen werden daraufhin auf Hemmnisse und Einschränkungen in der Nutzung der Daten untersucht und anhand einer Anforderungsanalyse analysiert. Infolgedessen werden Maßnahmen und Guidelines zur Verbesserung der eigenen Datenerfassung und -haltung innerhalb der Unternehmen basierend auf einer Marktanalyse definiert. Ziel des Arbeitspakets ist die Generierung von Wissen über aktuell verfügbare Daten und der Aufbau einer Datenbasis zum Betrieb der Plattformlösung. Im Folgenden werden die Forschungsmethoden und Ergebnisse des Arbeitspakets erläutert und vorgestellt.

3.1 Identifikation und Analyse interner und externer Datenquellen

In einem ersten Schritt des Arbeitspakets werden die internen und externen Daten- und Datenquellen der Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses betrachtet. Dazu werden die Unternehmen anhand leitfadengestützter Expert:inneninterviews nach den vorliegenden Daten hinsichtlich der Kapazitätsauslastung von Betriebsmitteln und Personal sowie nach der Erfassung und Verwaltung dieser Daten befragt. Die Durchführung eines Potenzial-Assessments in Form einer Prozessanalyse ermöglicht die Analyse der Daten und gibt Aufschluss, wie diese aktuell in die operative, taktische und strategische Planung der Unternehmen integriert werden. Durch weitere Workshops wird abgeleitet, welche Maßnahmen die Unternehmen bei Über- bzw. Unterkapazitäten ergreifen, um in einem nächsten Schritt geeignete Maßnahmen und Guidelines zur besseren Datenhaltung zu definieren und folglich den Unternehmen über die Plattformlösung eine datenbasierte Steuerung der Kapazitäten zu ermöglichen. Im

Folgenden werden die diesen Arbeitsschritten zugrunde liegenden Forschungsmethoden kurz erläutert und voneinander abgegrenzt.

3.1.1 Darlegung des Interviewformats

Die Erhebungsmethode, derer sich zur Identifikation des aktuellen Stands ausgewählter Betriebe bedient wird, ist das leitfadengestützte Expert:inneninterview. Expert:inneninterviews sind als Interviews mit Personen, die aufgrund ihrer beruflichen Stellung über spezifisches Wissen verfügen, charakterisiert (s. MEUSER U. NAGEL 1991). Das Wissen der Expert:innen unterscheidet sich demnach vom Allgemeinwissen, da ihnen durch ihre berufliche Stellung der Zugang zu spezifischem Wissen, bspw. über das befragte Unternehmen, zugänglich ist. Expert:innen verfügen somit über einen Wissensvorsprung, welcher im leitfadengestützten Interview erfasst werden soll. Hierbei ist zu beachten, dass der:die Expert:in als Akteur in seinem bestimmten Handlungsfeld sowie seinem Wirkungsbereich im Unternehmen im Vordergrund der Betrachtung steht und nicht das Individuum an sich (s. MEUSER U. NAGEL 2009).

Nach den Autoren MEUSER U. NAGEL (1991) sollen Expert:inneninterviews mit Personen der zweiten und dritten Ebene eines Unternehmens durchgeführt werden, weil dort Entscheidungen vorbereitet und durchgesetzt werden und somit detailliertes Wissen über interne Strukturen und Ereignisse, im direkten Vergleich mit der obersten Unternehmens-ebene, vorhanden ist. Die im Forschungsprojekt durchgeführten leitfadengestützten Expert:inneninterviews werden daher insbesondere mit technischen Leitern und Geschäftsführern der Rohstoffgewinnungsunternehmen durchgeführt. Insgesamt werden 11 Expert:innen aus 7 Unternehmen interviewt. Die Auswahl der Unternehmen erfolgt dabei auf Grundlage einer Desk-Research, in welcher die Unternehmen nach den zuvor definierten Typen und der Größe der Unternehmen betrachtet wurden. Für die leitfadengestützten Interviews werden vier KMU und drei große Unternehmen mit unterschiedlichen Digitalisierungsgraden befragt. Um den Datenschutz der vertraulichen Angaben der Unternehmen zu gewährleisten, werden die Unternehmen in der folgenden Auswertung und Analyse anonymisiert dargestellt.

Die im Forschungsprojekt zu entwickelnde, digitale Anwendung, inklusive ihrer Funktionen, soll von möglichst großem Nutzen für KMU in der Wertschöpfungskette sein. Um dies zu garantieren, erfolgt zunächst eine Bestimmung der Ist-Situation. Dabei wird folgenden übergeordneten Fragen nachgegangen:

- Wo sind bzw. werden die größten Probleme und Hindernisse bezüglich der Nachfrageglättung und Auslastung von Ressourcen gesehen?
- Besteht Bereitschaft, herkömmliche Handlungsweisen zu verändern, z. B. Daten auszutauschen?

Für die erfolgreiche Gestaltung eines Expert:inneninterviews ist eine thematische Führung des Interviews mithilfe eines Leitfadens notwendig (s. MEUSER U. NAGEL 2009). Der Interviewleitfaden ist daher wie folgt thematisch gegliedert und kann in Anhang 11 eingesehen werden:

1. Allgemeine Angaben zum Unternehmen und der Wertschöpfungskette
2. Angaben zu den mobilen Betriebsmitteln
3. Angaben zu den Faktoren der Kapazitätsplanung
4. Technische (Prozess-)Angaben und Datenerfassung
5. Digitalisierung und IT-Infrastruktur

3.1.2 Datennutzung in KMU basierend auf leitfadengestützten Interviews

Im Folgenden werden die relevanten Aussagen und Ergebnisse der einzelnen leitfadengestützten Expert:inneninterviews zusammenfassend vorgestellt und analysiert. Die Ergebnisse geben Aufschluss über relevante interne und externe Datenquellen und wie diese aktuell in die operative, taktische und strategische Planung der Unternehmen A – G integriert werden. Ziele sind die Vermittlung eines aktuellen Stands der Datennutzung und Datenverarbeitung in S&E-Betrieben sowie das Aufzeigen von Hemmnissen und Einschränkungen bei der Nutzung dieser Daten. Die Ergebnisse der Expert:inneninterviews münden in Maßnahmen und Guidelines zur Verbesserung der Datenhaltung in Kapitel 3.2.

Unternehmen A

Bei Unternehmen A handelt es sich um ein konzernzugehöriges Unternehmen, das über 15 Standorte in Deutschland verfügt. Pro Standort arbeiten zwischen 15 und 20 Mitarbeitende. Die jährlich gewonnene Tonnage der Standorte liegt zwischen 150 000 Tonnen und 450 000 Tonnen. Das Unternehmen ist nach DIN ISO 9001:2015 zertifiziert. Das Tiefeninterview wurde mit dem technischen Leiter durchgeführt. Dieser ist verantwortlich für die Unterstützung der Standortleitung und assistiert bei der Produktionsleitung. Der vorhandene Fuhrpark ist heterogen und besteht aus über 70 Betriebsmitteln unterschiedlicher Hersteller wie Volvo, Liebherr, Hitachi, CAT und

Komatsu. Der Großteil der Betriebsmittel verfügt über Sensoren zur Datengenerierung; jedoch werden diese, bzw. die Herstellerplattformen, nicht verwendet. Dementsprechend werden Telemetriedaten von Betriebsmitteln nicht im Unternehmen gespeichert. Die Notwendigkeit der Nutzung mehrerer Herstellerplattformen hemmt das Unternehmen darin, einen vollwertigen Nutzen der Daten zu erzielen.

Die Erfassung von Schichtdaten und weiteren Informationsflüssen erfolgt im Unternehmen analog. Die Mitarbeitenden erfassen Betriebsmitteldaten auf Papier und tragen diese anschließend analog in MS-Excel-Tabellen ein. Nach Unternehmensangaben ergibt sich die Herausforderung der digitalen Bündelung dieser Daten in einem System aufgrund der Inhomogenität der Datenquellen. Mithilfe unternehmensspezifischer Excellösungen und PowerBI werden die manuell erfassten Daten ausgewertet und verschiedene Leistungskennzahlen abgebildet, wie bspw. Liter pro Stunde, Liter pro Tonne und Liter pro bewegte Tonne. Das Unternehmen verwendet für die Datennutzung in den Geschäftsprozessen ein ERP-basiertes System (SAP); über dieses werden Transporte, Wartung und weitere Prozesse abgewickelt. Aktuell besteht die Problematik der Abbildbarkeit der Prozesse in einem einzigen System, wodurch es zu einer geringen Nutzung von digitalen Technologien zur Koordination von Arbeitseinsätzen kommt. Die IT wird in dem Unternehmen sowohl von internen als auch externen Mitarbeitenden verwaltet, wobei die externe IT für die Netzwerkanbindung zuständig ist. Überwiegend ist zu erkennen, dass das Unternehmen aufgrund unterschiedlicher, nicht miteinander kompatibler Datenquellen auf eine analog-digitale Erfassung und Auswertung der „wichtigsten“ Daten zurückgreift.

Abbildung 3-1 zeigt exemplarisch die Datenverarbeitung im Unternehmen anhand der Brecherproduktivität. Informationen über die produzierte Tonnage und die Betriebsstunden werden von den Mitarbeitenden analog digitalisiert. Anschließend werden mithilfe einer excelbasierten Software (Power BI) Statistiken über die Produktivität des Brechers erstellt. Das Unternehmen kann folglich die Produktivität des Brechers in den jeweiligen Arbeitsschichten vergleichen. Zu diesem Zweck werden neben den ermittelten Produktionsdaten auch Soll- und Grenzwerte für die Produktivität in die Statistik aufgenommen. Die Soll- und Grenzwerte beruhen auf den betrieblichen Erfahrungen des Unternehmens.

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung 58

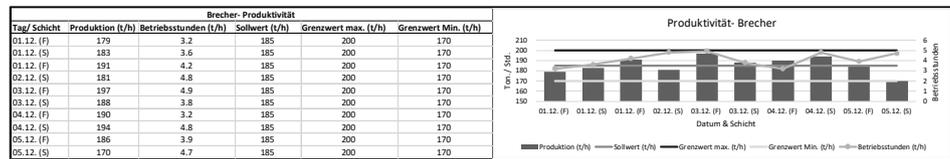


Abbildung 3-1: Datenerfassung (analog), -haltung (digital-händisch) und -analyse (deskriptiv) von produktionspezifischen Informationen (eigene Darstellung anhand bereitgestellter Unternehmensinformationen)

Abbildung 3-2 zeigt exemplarisch eine Mikroanalyse der standortbezogenen Verbrauchs- und Produktionsdaten. Es werden der Dieserverbrauch in Litern und die Produktionstonnage in Tonnen der jeweiligen Standorte gegenübergestellt. Dies ermöglicht den Unternehmen einen direkten Vergleich der jeweiligen Standorte. Die erforderlichen Daten werden von Hand in Excel und Power BI eingegeben und somit digitalisiert. Die Ersterfassung der Daten erfolgt auf Papier und führt somit zu einer Mehrfachhandhabung. Des Weiteren wird angemerkt, dass teilweise Übertragungsfehler auftreten und diese wiederum zu einer fehlerhaften Auswertung führen.

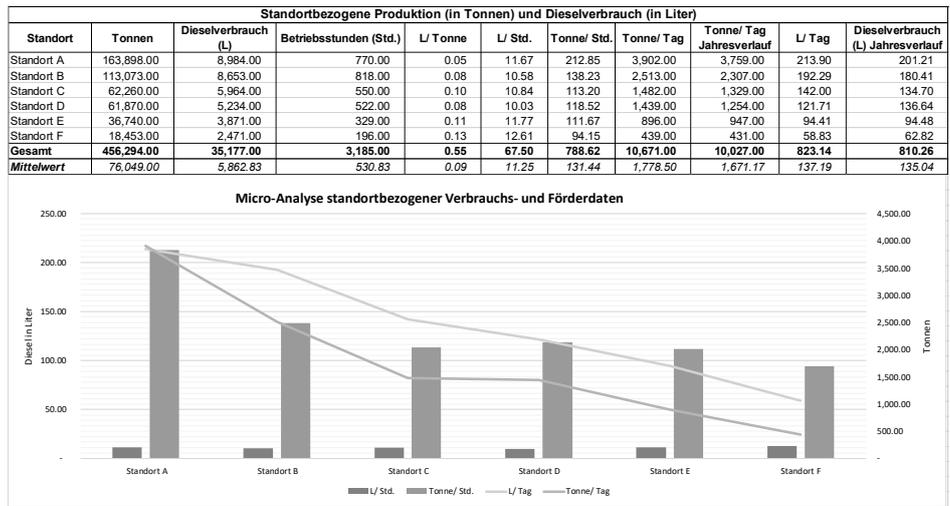


Abbildung 3-2: Micro-Analyse der standortspezifischen Verbrauchs- und Förderdaten (eigene Darstellung anhand bereitgestellter Unternehmensinformationen)

Abbildung 3-3 zeigt die betriebsmittelspezifische Datenauswertung. Die Werte der Tabelle geben Auskunft über die Produktivität eines Radladers wieder und sind grafisch im Diagramm visualisiert. Die dafür verwendeten Daten wurden aus dem Tanksystem und Wiegesystem manuell zusammengetragen. Der Soll-Wert beruht dabei auf Erfahrungswerten des Unternehmens. Die visualisierte Darstellung bietet einen direkten Vergleich der

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der 59
eigenen Datenhaltung

Ist-Werte und der angestrebten Soll-Werte bezüglich des Kraftstoffverbrauchs pro verladene Tonne Material. Anhand dessen kann eine Interpretation der Produktivität des Radladers über einen bestimmten Zeitraum getätigt werden.

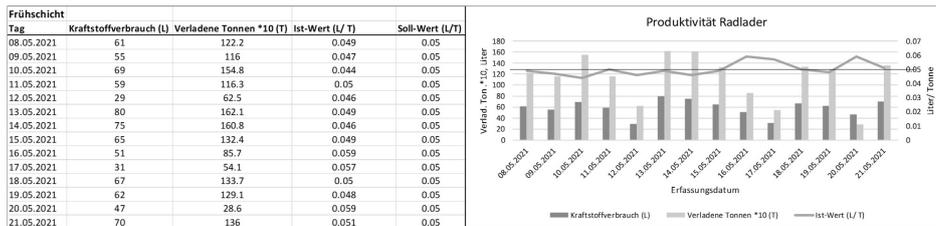


Abbildung 3-3: Digital-händische Datenerfassung und Visualisierung der Produktivität eines Ladegeräts (Radlader) (eigene Darstellung anhand bereitgestellter Unternehmensinformationen)

Unternehmen B

Das Unternehmen B hat sechs Betriebsstandorte und ist einer Unternehmensgruppe zugehörig. Die Anzahl der Mitarbeiter in den Gewinnungsbetrieben variiert je nach Standort zwischen drei und 40 Mitarbeitenden. Die jährlich gewonnene Tonnage aller Standorte beträgt ca. 3,3 Millionen Tonnen. Die Produkte des Unternehmens sind CE-zertifiziert und das Unternehmen ist nach DIN ISO 9001:2015 zertifiziert. Das leitfadengestützte Tiefeninterview wurde mit dem Projektingenieur und dem technischen Bereichsleiter durchgeführt. Das Unternehmen verfügt über eine Vielzahl an Betriebsmitteln unterschiedlicher Hersteller, wie z. B. Komatsu, Caterpillar, Hitachi und Volvo. Dabei generieren nahezu alle der vorhandenen Betriebsmittel digitale Daten, welche über die spezifischen Herstellerplattformen zur Verfügung stehen. Aufgrund der Heterogenität des Fuhrparks ist die Nutzung mehrerer Herstellerplattformen erforderlich und es besteht keine einheitliche Lösung zur Datenauswertung aller Betriebsmittel im Unternehmen. Dies ist auf die inhomogene Datenausgabe/Datenlage der verschiedenen Applikationen der jeweiligen Herstellerplattformen zurückzuführen. Folglich bieten die generierten Daten, ausgehend von der vorhandenen Sensorik der Betriebsmittel, für das Unternehmen keinen Nutzen und eine Auswertung der generierten Daten findet nicht statt. Folglich werden nur die für das Unternehmen relevanten Prozessdaten, wie bspw. Betriebsstunden, Personaleinsatzstunden und Kraftstoffverbräuche, analog und digital/händisch erfasst. Das Unternehmen benutzt zudem unterschiedliche Softwaresysteme. Die Daten des Produktionssystems (NIA-Flow) und der Waagesysteme (Batsch-Waagesystem, Wöhwa) werden im betriebseigenen Intranet gespeichert und können von dazu befugten Mitarbeitenden eingesehen werden. Überwiegend werden

jedoch die internen Informationsflüsse sowie die Koordination von Arbeitseinsätzen händisch mit Stift und Papier dokumentiert.

Abbildung 3-4 zeigt den tabellarischen Bericht eines mittelständischen Unternehmens zur Datenerfassung der tagesaktuellen Schichtinformation. Der Bericht beinhaltet die erfolgte Leistung sowie relevante Betriebsmittel- und Anlageninformationen. Die getätigte Arbeit wird analog, händisch mit Stift und Papier, von dem oder der Mitarbeitenden in das Formular eingetragen und anschließend von der Betriebsleitung kontrolliert. Die Betriebsleitung überträgt die Daten zur weiteren Auswertung in eine Exceltabelle. Eine weitere Überprüfung wird vom Controlling vollzogen und in weitere Systeme, z. B. ERP und SAP, übertragen.

Schichtbericht					
Datum	Arbeitsbeginn	Arbeitsende	Pause (Min.)	Kostenstelle	Fahrer
Anzahl	Gewinnung		Vorabsiebung		Abraum
	Vorbrecher	Sekundärbrecher	Vorbrecher	Sekundärbrecher	
0 - 10					
-20					
-30					
-30					
-40					
-50					
-60					
-70					
-80					
-90					
-100					
Gesamt					
	Betriebsstunden	Kraftstoff	Motoröl	Hydraulik-Öl	Getriebe-Öl

Abbildung 3-4: Datenerfassung von tagesaktuellen Schichtinformationen über die erfolgte Leistung und relevante Betriebsmittelinformation (eigene Darstellung anhand bereitgestellter Unternehmensinformationen)

Das Unternehmen erfasst mittels unterschiedlicher Herstellerplattformen digitale Daten der Betriebsmittel. Aufgrund des inhomogenen Maschinenparks gestaltet sich die Bündelung der gewonnenen Daten als schwierig. Daraus folgt, dass die Daten zwar auf den jeweiligen Herstellerplattformen hinterlegt werden, es aber für das Unternehmen zu keiner Auswertung oder Analyse kommt und diese auch nicht im internen IT-System hinterlegt werden. Daten wie beispielsweise Betriebsstunden und Kraftstoffverbrauch werden analog erfasst, digitalisiert und mittels excelbasierter Software ausgewertet. Um eine einheitliche Plattform für erfasste Daten zu nutzen, hat sich das Unternehmen einige Monate vor dem

Interview an einen Anbieter für eine herstellerunabhängige Plattform gewendet und will jene zukünftig implementieren. Nach Auskunft des Experten ist die Relevanz der Datennutzung in Geschäftsprozessen aktuell niedrig, jedoch steigend. Zusammenfassend hat das Unternehmen die Möglichkeit, digitale Daten der BTM und Anlagen zu nutzen, jedoch ist aufgrund der inhomogenen Herkunft der Daten eine gezielte Auswertung schwierig. Das Unternehmen strebt an, eine einheitliche und zentrierte Plattform zu nutzen.

Tabelle 3-1 verweist exemplarisch auf Telemetriedaten eines Hydraulikbaggers, die als Rohdaten anfallen. Diese werden dem Unternehmen in Form einer Tabelle zur Verfügung gestellt. Für das Unternehmen stellen die Menge und die Auswertung der Daten eine Herausforderung dar. Bei den vorliegenden Kennzahlen eines Hydraulikbaggers handelt es sich um Beispielwerte.

Tabelle 3-1: Übermittelte Telemetriedaten eines Hydraulikbaggers (eigene Darstellung anhand bereitgestellter Unternehmensinformationen)

Nr.	Kennzahlen Hydraulikbagger	Einheit	Beispiel
1	Datum	(-)	2022/04/04
2	Betriebsstundenzähler	(Std.)	5.184,68
3	Kraftstoffvorrat	(%)	21,00
4	Verbrauchter Kraftstoff	(l)	349,00
5	Kraftstoffverbrauch	(l/h)	49,15
6	CO2-Emission	(kg)	900,42
7	Motor ein (HP)	(Std.)	7,10
8	Motor ein (P)	(Std.)	0,00
9	Motor ein (E)	(Std.)	0,00
10	Motor ein	(Std.)	7,10
11	Automatischer Leerlauf	(Std.)	7,10
12	Fahren (Hi)	(Std.)	0,00
13	Fahren (Lo)	(Std.)	0,55
14	Fahrzeit [Std.]	(Std.)	0,55
15	Schwenken	(Std.)	4,55
16	Graben	(Std.)	5,85
17	Abbruchhammer	(Std.)	0,00
18	Abbruchscher	(Std.)	0,00
19	Aufreißer	(Std.)	0,00
20	Drucklufthammer	(Std.)	0,00
21	Betriebszeit Löffel oder andere	(Std.)	0,02
22	Anbaugerät	(Std.)	0,02
23	Betriebszeit außer Anbaugerät	(Std.)	7,08
24	Betrieb (Ausg. Fahren)	(Std.)	5,45
25	Stillstandzeiten	(Std.)	1,10
26	Kühlerwassertemperatur Histogramm unter 80 °C	(Std.)	0,30
27	Kühlerwassertemperatur Histogramm 80 - 94 °C	(Std.)	6,80
28	Kühlerwassertemperatur Histogramm 94 - 105 °C	(Std.)	0,00
29	Kühlerwassertemperatur Histogramm 105 °C oder höher	(Std.)	0,00
30	Hydrauliköl Temperatur Histogramm unter 50 °C	(Std.)	0,47

Unternehmens über eine CE-Zertifizierung. Der Fuhrpark des Unternehmens ist in seiner Zusammenstellung heterogen. Bei neueren Betriebsmitteln werden Daten erfasst und über Herstellerplattformen wie bspw. VisionLink und Komtrax bereitgestellt. Zu den erfassten Daten zählen unter anderem Betriebsstunden, Last- und Leerstunden sowie Kraftstoffverbräuche. Über weitere Sensoren können mittels einer herstellerunabhängigen Plattform (Talpasolutions) Zykluszeiten und Ladespiele ermittelt werden. Dennoch erfolgt die Dokumentation von betrieblichen Prozessschritten und bestimmter Zustandsdaten zusätzlich analog mit Stift und Papier. Anschließend werden die Informationen händisch in digitale Systeme übertragen. Zudem verwendet das Unternehmen unterschiedliche Softwaresysteme, welche primär intern gesteuert werden. Für die Unternehmenssteuerung wird ein ERP-System sowie Warenwirtschaftssystem von SAGE 100 verwendet. Für das Produktions- und Wiegesystem wird eine Softwarelösung von WÖHWA genutzt. Zudem wird das Anlagenmanagement über CoCheck abgewickelt.

Durch die Nutzung unterschiedlicher Software- und Plattformlösungen herrscht eine mangelnde Datenkonformität, welche die Auswertung und Analyse der Daten erschweren. Der Experte sieht eine besondere Herausforderung darin, dass die Daten als unterschiedliche Dateitypen vorliegen und somit eine eigenständige und vollständige Auswertung der Daten kaum möglich ist. Für die Aufbereitung und Auswertung der Daten ist ein hoher zeitlicher Aufwand notwendig, was nach Meinung des Experten einen weiteren Mitarbeitenden erfordert.

Unternehmen E

Bei Unternehmen E handelt es sich um eine Unternehmensgruppe. Das Unternehmen betreibt mehr als 20 Gewinnungsstätten. Im Rahmen des leitfadengestützten Tiefeninterviews mit dem Geschäftsführer, dem Assistenten der Geschäftsleitung und dem Assistenten der technischen Leitung wurden, aufgrund der Vielzahl an Betriebsstandorten, vereinfacht zwei exemplarische Standorte angegeben. Bei den angegebenen Standorten handelt es sich zum einem um einen vergleichbar kleineren Standort mit sieben Mitarbeitern und einem größeren Standort mit 36 Mitarbeitern. Insgesamt beschäftigt das Unternehmen mehr als 100 Mitarbeitende im operativen Bereich. Die jährlich geförderten Tonnagen des exemplarisch genannten kleineren und des größeren Standortes betragen 200 000 Tonnen bzw. rund 1 Million Tonnen. Die Produkte des Unternehmens verfügen über CE-Zertifizierung und das Unternehmen ist nach DIN ISO 9001:2015 zertifiziert. Der Fuhrpark des kleineren Standorts ist heterogen aufgestellt und umfasst fünf Betriebsmittel.

Der größere Standort verfügt über zehn Betriebsmittel, welche überwiegend von demselben Hersteller sind. Zu den unterschiedlichen Betriebsmitteln, die den gesamten Fuhrpark des Unternehmens bilden, zählen Hersteller wie Caterpillar, Hitachi, Komatsu und Liebherr. Neuere Betriebsmittel generieren digitale Daten und sind auf den Herstellerplattformen verfügbar. Die erfassten Sensordaten entlang der Prozesskette werden anschließend in die eigene IT-Infrastruktur eingespeist. Die Dokumentation der betrieblichen Prozessschritte erfolgt in dem größeren Beispielwerk digital automatisch und in dem kleineren Beispielbetrieb digital händisch. Aus den vorhandenen Prozessdaten können betriebsspezifische Leistungskennzahlen berechnet werden. Das verwendete ERP-System zur Unternehmenssteuerung basiert auf einer SAP-Software. Die IT-Infrastruktur wird sowohl intern als auch mit externen Partnern bewältigt.

Die Bündelung der Vielzahl an Daten wird als zentrales Problem erkannt. Es besteht die Schwierigkeit, gezielt relevante Daten aus dem riesigen Datenpool zu filtern, um eine zielführende Analyse zu gewährleisten. Das Unternehmen verzeichnet einen Überfluss an gewonnenen Daten und steht aufgrund unzureichender Automatisierung vor der Problematik, die gewonnenen Daten zu filtern und zielführend einzusetzen.

Unternehmen F

Das Unternehmen F ist Teil einer Unternehmensgruppe. Das leitfadengestützte Tiefeninterview wurde mit der technischen Leitung des Unternehmens durchgeführt. Das Unternehmen betreibt sieben Standorte mit insgesamt ca. 150 Mitarbeitenden. Die geförderte Tonnagemenge der einzelnen Standorte variiert zwischen 55 000 Tonnen und 900 000 Tonnen pro Jahr. Das Unternehmen ist nach DIN ISO 9001:2015 zertifiziert. Es verfügt über einen heterogenen Maschinenpark. Dabei werden anfallende Betriebsmitteldaten über die diversen Herstellerplattformen gesammelt. Die Herstellerplattformen werden allerdings von dem Unternehmen nicht vollumfänglich genutzt, da die Integration der Telemetriedaten in ein zentrales und einheitliches System aufgrund der inhomogenen Betriebsmittel- und Anlagenkonstellationen nicht zu realisieren ist. Daten bezüglich betrieblicher Prozessschritte werden überwiegend digital händisch erfasst. Dazu zählen bspw. Leerlaufzeiten, Kraftstoffverbräuche und Betriebsstunden. Daten der Prozesslaufzeiten und Bandwagen werden teilweise digital automatisch ausgewertet. Die Produktionsplanung, das Datenmanagement sowie die Personalplanung laufen über Microsoft-Anwendungen (MS Excel und MS Access). Die Abwicklung der IT erfolgt extern.

Unternehmen G

Bei dem Unternehmen G handelt es sich um ein mittelständisches Unternehmen mit einem Betriebsstandort. Das leitfadengestützte Tiefeninterview wurde mit der Geschäftsführung und der technischen Leitung des Unternehmens durchgeführt. Der Betrieb beschäftigt 20 Mitarbeitende. An dem Betriebsstandort fällt eine jährliche Tonnage von 200 000 Tonnen bis 300 000 Tonnen an. Die Produkte verfügen über eine CE-Zertifizierung. Das Unternehmen ist sowohl nach DIN ISO 9001:2015 als auch nach DIN ISO 14001:2015 zertifiziert. Der Fuhrpark ist heterogen aufgestellt und besteht aus alten und neuen Betriebsmitteln. Digitale Plattformen der Hersteller werden bisher nicht im Unternehmen verwendet. Spezifische Daten der Betriebsmittel werden je nach Bedarf abgelesen und analog mit Stift und Papier dokumentiert. Die dokumentierten Prozessdaten von Betriebsmitteln dienen lediglich zur werkseigenen Kontrolle und werden nicht für prädiktive Analysen herangezogen. Daten vom Wiegesystem werden mit der Buchhaltung verknüpft. Zudem sind Sensoren an stationären Anlagen bspw. Brecher und Siebmaschine miteinander vernetzt, entstehende Daten werden jedoch nicht gespeichert. Das Unternehmen verwendet SPS 7 als Produktionsplanungssystem. Des Weiteren wird für das Wiegesystem eine individuell angefertigte Software verwendet. Die Verantwortung der IT wird im Wesentlichen intern geregelt. Zusammenfassend besteht im Unternehmen kein erheblicher Drang zur Digitalisierung und analogen Methoden bei der Datenerfassung und -verwertung bilden den Status quo.

3.1.3 Der aktuelle Stand der Datennutzung in der S&E-Industrie

Beim Rohstoffgewinnungsprozess werden vielfältige Daten generiert. Die nachfolgende Abbildung 3-6 zeigt schematisch den Rohstoffgewinnungsprozess von Steinen und Erden mit den dort anfallenden Datenarten.

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung 66



Abbildung 3-6: Übersicht der anfallenden Datenarten im Rohstoffgewinnungsprozess

Die Betriebsmittel und Anlagen innerhalb der Prozesskette generieren Zustandsdaten und Verbrauchsdaten. Aufgrund des geringen Automatisierungsgrades in der S&E-Branche wird für alle Prozessschritte Personal eingesetzt, wodurch umfangreiche Personaldaten anfallen. Neben den internen Daten haben die Unternehmen Zugriff auf externe Daten. Dazu zählen bspw. Wetterdaten, Konjunkturdaten, Daten zur Regionalplanung und Daten über regional genehmigte Bauvorhaben. Mittels der externen Daten sind die Unternehmen in der Lage, ihre Kapazitätsauslastung anzupassen. Anhand von Konjunkturdaten und der genehmigten Bauvorhaben können die Unternehmen abschätzen, inwiefern sich die regionale Rohstoffnachfrage entwickelt. Beispielhaft wird dafür in der Branche die Bauprojekt- Datenbank Ibau verwendet, welche Daten über öffentliche Ausschreibungen im Baugewerbe anbietet. Die Nutzung externer Daten wie Wetterdaten oder Konjunkturdaten spielt bei den befragten Unternehmen bisher eine untergeordnete Rolle. Externe Daten werden bei Bedarf und nicht kontinuierlich genutzt.

Anhand der zuvor vorgestellten leitfadengestützten Tiefeninterviews mit Expert:innen aus der S&E-Industrie wird ein Gesamtbild über die Datennutzung innerhalb der Branche abgeleitet. Dabei wird festgestellt, dass die einzelnen Unternehmen über eine Vielzahl an Daten verfügen, diese jedoch nur eingeschränkt verwerten und analysieren. Der wirtschaftliche Nutzen der Informationen wird insbesondere aufgrund der Inhomogenität der vorhandenen Betriebsmittel und Anlagen und der fehlenden Interoperabilität der Herstellerplattformen gehemmt. Es herrscht eine mangelnde Datenkonformität, welche zur

Folge hat, dass verfügbare Daten schwierig zu bündeln sind und eine zielführende Datenauswertung erschwert wird.

Die Art und Weise der Datenerfassung ist von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich; jedoch zeigt sich, dass die analoge Datenerfassung mit Stift und Papier gängige Praxis ist. Die analog erfassten Informationen werden anschließend digital händisch in unternehmensspezifische Softwarelösungen und Datenbanken übertragen. Es zeichnet sich ab, dass insbesondere kleinere Unternehmen vorwiegend Betriebsdaten analog erfassen und nur im geringem Maße auswerten. Bei mittleren und größeren Unternehmen werden die Herstellerplattformen der Betriebsmittel häufiger genutzt und intensiver ausgewertet. Die Verwaltung der Daten wird von den Unternehmen überwiegend intern abgewickelt. Die Aussagen der Unternehmen spiegeln die in den Kapiteln 1.1 und 1.8 erfasste Ausgangssituation und den Stand der Digitalisierung in der Branche wider.

Abbildung 3-7 zeigt schematisch und exemplarisch den aktuellen Stand der internen Datenerfassung, -haltung und -nutzung in digital ausbaufähigen KMU der S&E-Industrie (s. Kapitel 2.2). In bisher wenig digitalisierten KMU der S&E-Industrie erfolgt die Datenerfassung an Betriebsmitteln und Anlagen überwiegend analog. Dabei werden die Daten händisch manuell erfasst und in Softwarelösungen wie z. B. MS Excel und MS Access übertragen oder werden in Papierform dokumentiert und archiviert. Bei der manuellen Erfassung von Daten kann es daher zu Datendubletten kommen. Zudem ist eine einheitliche, standardisierte und fehlerfreie Erfassung der Daten nicht gewährleistet. Eine anschließende Auswertung der Daten wird dadurch komplex und zeitaufwendig.

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung 68

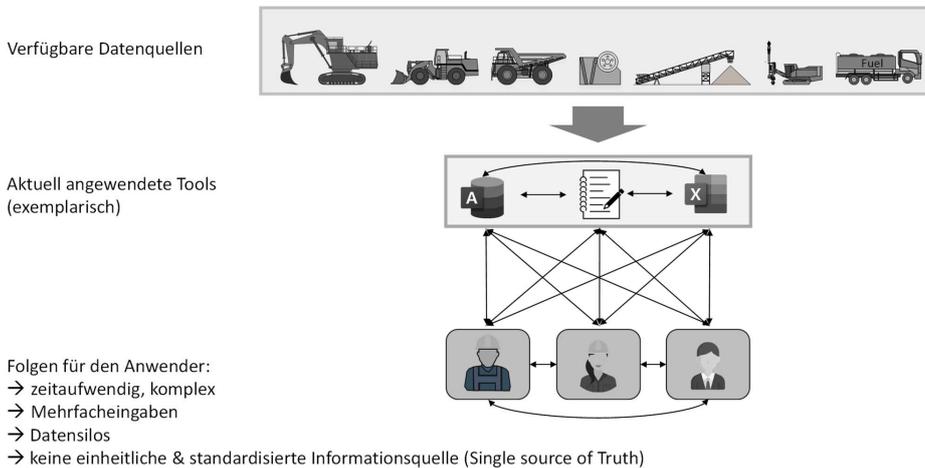


Abbildung 3-7: Exemplarische Darstellung des aktuellen Stands der Datennutzung in digital ausbaufähigen Unternehmen der S&E-Industrie

Fazit: Eine datenbasierte und zukunftsorientierte Produktionsplanung ist mit den verfügbaren Datensätzen möglich, die Umsetzung wird jedoch durch die heterogene Herkunft und nicht vorhandene Interoperabilität der Herstellerplattformen behindert. Den KMU liegt eine umfangreiche Menge an Daten vor, die nicht auf gezieltes Nutzen spezifiziert sind. Es bedarf an Filterung und konkretisierter Bündelung der Daten, um eine zielführende Auswertung und darauffolgende Umsetzung zu initiieren. Die qualitativen, leitfadengestützten Expert:inneninterviews mit Industriepartnern der S&E-Industrie haben ergeben, dass ein umfangreiches Datenmanagement zunehmend eine steigende Relevanz aufweist. Im Rahmen der zweiten Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses am 01.10.2021 haben die KMU weitere digitale Werkzeuge benannt, die für eine digitale Transformation eine weiterführende Rolle spielen könnten:

- Ein einfaches, einheitliches, standardisiertes Werkzeug zur digitalen händischen Erfassung und Auswertung von tagesaktuellen Schichtinformationen über Betriebsmittel, Anlagen und Mitarbeitende.
- Ein Werkzeug, welches automatisch generierte Maschinendaten unterschiedlicher Hersteller bündelt, auswertet und visualisiert. Somit könnten aufwandsarm zielführende Aussagen über Kapazitätsauslastungen getroffen werden.
- Ein Werkzeug für das Materialstrommanagement und Abraumstrommanagement.
- Vollautomatische Waage mit automatisiertem Datentransfer in ein geeignetes System führt zu Personaleinsparungen.

- Ein Werkzeug für das Energiemanagement, um Stromspitzen zu identifizieren und darauf reagieren zu können.

3.2 Maßnahmen zur Verbesserung der Datenhaltung

Die in Kapitel 3.1 dargestellten Ergebnisse der Experteninterviews geben Aufschluss über den aktuellen Stand der Datenhaltung in der deutschen S&E-Industrie. Insbesondere kleine Unternehmen der Branche stehen am Anfang des Digitalisierungsprozesses. Daten werden oftmals analog mit Stift und Papier und digital händisch durch die manuelle Eingabe der Daten in ein digitales System erfasst und dort gespeichert. Dies kann zu Datensilos und fehlerhaften Daten aufgrund unzureichender Plausibilitätsprüfungen, zu Mehrfachbehandlung der erfassten Datensätze sowie zu unzureichender Datenqualität führen.

Im Folgenden werden für geringfügig digitalisierte Unternehmen der S&E-Branche generelle Guidelines und Maßnahmen zur Verbesserung der Datenhaltung (s. Kapitel 3.2.1) bereitgestellt, um einen verbesserten Einstieg in die Digitalisierung zu ermöglichen. Zudem werden Vorschläge für die optimierte Datenauswertung von Betriebsmitteldaten anhand von Leistungskennzahlen vorgestellt (s. Kapitel 3.2.2).

3.2.1 Ansätze zur Verbesserung der Datenhaltung

Zur Verbesserung der Datenhaltung können vielfältige unternehmensspezifische Maßnahmen getroffen werden. Diese Maßnahmen können dazu beitragen, eine zuverlässige, sichere und effektive Datenhaltung sicherzustellen und die Qualität der gespeicherten Daten zu verbessern. Die Umsetzung der in Abbildung 3-8 genannten Maßnahmen in KMU kann je nach Größe, Branche und IT-Infrastruktur des Unternehmens unterschiedlich sein. In jedem Fall ist es wichtig, dass KMU sicherstellen, dass die erfassten Daten genau und konsistent sind und dass sie in einem Format gespeichert werden, das für zukünftige Analysen und Berichte geeignet ist.

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung 70

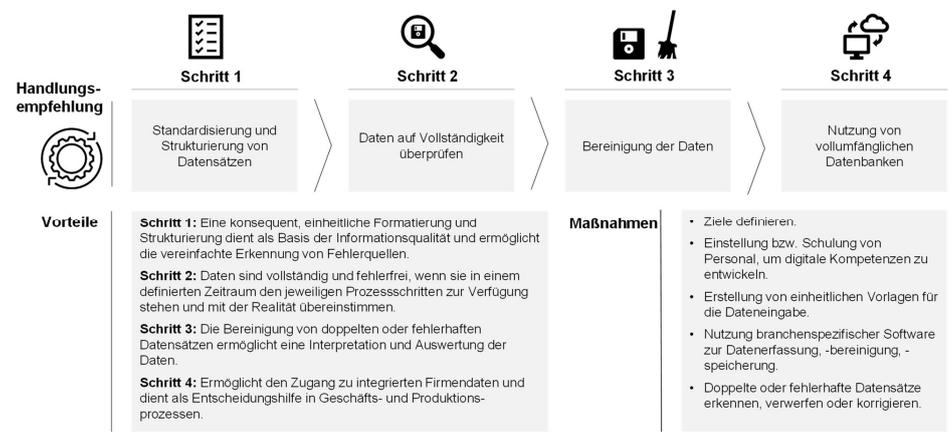


Abbildung 3-8: Ansatz zur Verbesserung der Datenhaltung

Mögliche Ansätze zur Verbesserung der Datenerfassung und -haltung in KMU der S&E-Industrie sind:

- **Evaluierung der IT-Infrastruktur:** KMU sollten ihre vorhandene IT-Infrastruktur evaluieren und analysieren, um Schwachstellen und Engpässe zu identifizieren. Dadurch können notwendigen Ressourcen und Technologien identifiziert werden, die zur Verbesserung der Datenhaltung erforderlich sind.
- **Einführung einer Datenbank:** Eine gut gestaltete Datenbankstruktur kann KMU helfen, ihre Daten in einer konsistenten und strukturierten Weise zu speichern. Dies ist von grundlegender Bedeutung für die Qualität und Integrität der gespeicherten Daten. Das Unternehmen sollte eine geeignete Datenbank-Software auswählen und sicherstellen, dass das Datenmodell den Anforderungen des Unternehmens entspricht.
- **Datensicherheit verbessern und Datensicherung:** Die Sicherheit von Unternehmensdaten ist ein wichtiger Aspekt der Datenhaltung. Dies umfasst sowohl den Schutz vor unbefugtem Zugriff als auch die Sicherung gegen Datenverlust oder Beschädigung. KMU sollten ihre IT-Sicherheitsmaßnahmen überprüfen und sicherstellen, dass diese ausreichend sind, um die Daten vor Bedrohungen zu schützen. Dies umfasst die Verwendung von sicheren Passwörtern, die Verschlüsselung von Daten, die regelmäßige Überprüfung von Sicherheitslücken und die Aktualisierung von Sicherheitssoftware. Regelmäßige Datensicherungen durch Backups und einen Notfallwiederherstellungsplan sind

relevante Maßnahmen, um sicherzustellen, dass im Falle eines Datenverlusts oder einer Beschädigung Daten schnell wiederhergestellt werden können.

- **Automatisierung von Datenerfassungs- und Analyseprozessen:** Ein effektives Datenmanagement umfasst die Organisation, Speicherung, Verarbeitung und Bereitstellung von Daten. Eine klare Strategie und Richtlinien für das Datenmanagement können dazu beitragen, eine konsistente und zuverlässige Datenhaltung sicherzustellen. S&E-Unternehmen können moderne Technologien einsetzen, um Daten automatisch zu generieren, zu sammeln und zu analysieren. Diese Technologien können helfen, die Genauigkeit der Datenerfassung und -analyse zu verbessern und die Arbeitsbelastung der Mitarbeitenden zu reduzieren. Eine Datenanalyse kann dazu beitragen, Muster und Trends in den Daten zu identifizieren und Betriebsprozesse zu optimieren. Hier können Technologien wie Business-Intelligence und Data-Mining zum Einsatz kommen, um die Daten aufzubereiten und zu analysieren.
- **Einführung von Datenmanagement- und -analyse-Tools:** Datenmanagement- und -analyse-Tools wie Datenbanken, Data-Warehouses, Business-Intelligence-Tools und digitale Plattformen bieten die Möglichkeit, Daten effektiv zu verwalten und zu analysieren. Diese Tools können helfen, Erkenntnisse aus den Daten zu gewinnen und fundierte Geschäftsentscheidungen zu treffen. Dabei bieten insbesondere Tools, die relative Kennzahlen und spezifische Leistungskennzahlen berechnen und abbilden, die Möglichkeit, die Auslastung der Betriebsstätte zu bewerten.
- **Schulungen:** Mitarbeitende sollten als wichtige Ressource in den Digitalisierungsprozess des Unternehmens eingebunden werden. Mitarbeiterschulungen können ermöglichen, das Bewusstsein für die Bedeutung der Datenhaltung zu schärfen und sicherzustellen, dass die Daten auf eine konsistente und angemessene Weise gespeichert und verwaltet werden.

Die beschriebenen Maßnahmen können dazu beitragen, die Datenhaltung in KMU der S&E-Industrie zu verbessern und die Qualität und Zuverlässigkeit der gespeicherten Daten zu erhöhen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Umsetzung dieser Maßnahmen eine sorgfältige Planung und Implementierung erfordert, um sicherzustellen, dass sie den spezifischen Bedürfnissen und Anforderungen des Unternehmens entsprechen.

3.2.2 Erfassung von Leistungskennzahlen als Maßnahme für eine verbesserte Datenhaltung

Leistungskennzahlen sind Maßzahlen, die zur Quantifizierung von Messungen dienen und der Maßregel zur quantitativen reproduzierbaren Messung einer Größe, eines Zustands oder Vorgangs zugrunde liegen. Als Voraussetzung müssen die Sachverhalte messbar und zählbar sein und werden typischerweise als Anteil, Beiwert, Faktor, Grad, Koeffizient etc. erfasst. Leistungskennzahlen sind für eine zielführende Steuerung eines Betriebs elementar, da sie Bewertungen, Beurteilungen und Einschätzungen in messbare Ergebnisse fassen. Sie werden zur Ursachenidentifizierung und Analyse von Abweichungen herangezogen und zeigen potenzielle Risiken und Chancen. (s. GÜNTHER 2015)

Leistungskennzahlen können grob in absolute Kennzahlen, z. B. Laufzeit eines Vorgangs, Personalzahl, Anzahl Geräte oder zu verbauende Menge und in relative Kennzahlen, z. B. Dauer pro Stück, Leistung pro Zeiteinheit, gegliedert werden. Absolute Kennzahlen finden ihre Verwendung als Durchschnitts-, Einzel- oder Summenwerte und geben durch ihre Einheit die bezeichnete Menge oder Masse an. Dabei wird zwischen Einzelwerten, Summen, Differenzen und Mittelwerte unterschieden. (s. Günther 2015)

Relative Kennzahlen werden in Quotientenform dargestellt, z. B. Liter pro Stunde und sind davon abhängig, dass zwei absolute Zahlen in einem sinnvollen Zusammenhang miteinander stehen. Relative Kennzahlen sind insofern vorteilhaft, dass die Bedeutung einer einzelnen Größe in einem Verhältnis zu einer anderen Größe gesetzt wird und somit bestimmte Sachverhalte erkennbar gemacht werden. Auf diese Weise können über einen festen Zeitraum erbrachte Leistungen miteinander verglichen werden und stehen nicht in Abhängigkeit der Bekanntheit der gesamt zu erbringender Leistung. Relative Zahlen werden als unterschiedliche Kennzahlen in drei Hauptgruppen gegliedert: Gliederungszahlen, Beziehungszahlen und Indexzahlen. (s. GÜNTHER 2015)

In Bezug auf das Forschungsprojekt ‚PROmining‘ wird spezifisch auf die relativen Kennzahlen der Betriebsmittel und Anlagen der Unternehmen eingegangen. Die Orientierung an den ausgewählten Kennzahlen, die von den Projektpartnern mittels qualitativer Fragebögen (s. Anhang 12) dargelegt wurden, basiert auf der ISO/TS 15143-3:2020, welche auf Erdbewegungsmaschinen und Baumaschinen ausgelegt ist. Durch die Erfassung relativer Leistungskennzahlen über Betriebsmittel und Anlagen können Aussagen über Produktionsauslastung, Gerätenutzungsgrad und Anlageneffektivität der

Betriebsstätte getroffen werden, um Defizite zu erkennen und gezielt mit den vorhandenen Daten Prozessabläufe zu optimieren. Durch die Analyse von Leistungskennzahlen wie Maschinennutzungsgrad, Produktionseffizienz, Gesamteffizienz der Maschine, Maschinenverfügbarkeit und Gesamtanlageneffektivität können zukünftige Zielsetzungen realisiert werden.

Auswertung des Fragebogens zu Leistungskennzahlen

Ergänzend zu den leitfadengestützten Interviews wurde mithilfe eines qualitativen Fragebogens (s.

Anhang 12 12), von acht Unternehmen bisher erfasste Leistungskennzahlen ermittelt. Im Fragebogen wurden daher die umfassenden Merkmale, die für eine Leistungssteigerung von Anlagen und Betriebsmitteln sowie zur allgemeinen Auslastung der Betriebe von bedeutender Relevanz sind, erfragt. Als Grundlage des Fragebogens wurde daher die ISO/TS 15143-3 herangezogen, welche Leistungskennzahlen von Erdbewegungsmaschinen und mobilen Baumaschinen umfasst (s. ISO/TS 15143-3:2020). Tabelle 3-2 bildet die im Fragebogen abgefragten Kennzahlen zur Beschreibung der Leistung eines S&E-Betriebs nach ISO/TS 15143-3 ab. Zur Ermittlung der Qualität der erfassten Daten wurde im Fragebogen der zeitliche Bezug der Erhebung erfasst. Weiterhin wurde abgefragt, ob die Datenerhebung analog, teilautomatisch oder vollautomatisch erfolgt.

Tabelle 3-2: Kennzahlen zur Leistungsbeschreibung eines Betriebsmittels nach ISO/TS 15143-3:2020

Kennzahl	Einheit
Kraftstoffverbrauch	l/h
Kraftstoffverbrauch	l/t
Kraftstoffverbrauch der letzten 24 Stunden	l/24h
Letzte bekannte Position des Betriebsmittels	Longitude ° - Latitude °
Betriebsstunden	h
Wegstrecke	km
Leerlaufzeiten	h
Motorenstatus	an : aus
Tageslastfaktor des Motors	%
Ladespiele kumuliert	n
Förderleistung	t/h
Umschlagsleistung kumuliert	kg
Maschinennutzungsgrad	%
Produktionseffizienz	%
Maschinenverfügbarkeit	%
Gesamtanlageneffektivität	%
Maschinentyp	-

Kennzahl	Einheit
Anzahl Personal	n
Anzahl Betriebsmittel	n
Lagerkapazitäten	m ³
Energieverbrauch	kWh
Energieverbrauch pro Tag	kWh/ 24h

Im Hinblick auf die allgemeinen Informationen über die eingesetzten Betriebsmittel ergeben sich unterschiedliche Profile bei den befragten Betrieben. Die Hauptunterschiede sind bei der Art der Erfassung (analog, digital händisch und digital automatisch) zu erkennen, wobei nicht alle Betriebe die gleichen Daten abrufen und erfassen. Daten über die Geräteidentifikation werden von den Betrieben überwiegend digital händisch und analog erfasst.

- Die letzte bekannte Position wird überwiegend digital automatisch sowie digital händisch erfasst, wobei nicht alle befragten Betriebe diese Daten erfassen.
- Daten der Betriebsstunden der Betriebsmittel werden von allen Teilnehmenden des Fragebogens erfasst. Die Art der Erfassung unterscheidet sich hier je nach Größe des Unternehmens. So ist zu erkennen, dass größere Unternehmen oder Unternehmensverbände überwiegend auf eine digital automatische Erfassung der Betriebsstunden setzen, wobei die anderen befragten Unternehmen eine digital händische bzw. analoge Erfassung der Betriebsstunden durchführen.
- Den absoluten Kraftstoffverbrauch erfassen alle Unternehmen. Eine klare Einordnung der Art der Erfassung zu der Unternehmensgröße ist jedoch nicht möglich, da diese diversifiziert auftritt. Ein Unternehmen kristallisiert sich in dieser Hinsicht als Sonderfall heraus. Hier erfolgt die Ermittlung des Jahresverbrauchs über den Durchschnittsverbrauch und der Betriebsstunden und basiert somit auf Schätzungen. Das Unternehmen besitzt allerdings keine eigenen Betriebsmittel, sondern beauftragt ein Subunternehmen.
- Die Wegstrecke der Betriebsmittel wird nur von zwei Unternehmen erfasst. Dies erfolgt digital automatisch.
- Die selektive und/oder kumulierte Erfassung der Leerlaufzeiten erfolgt in einzelnen Unternehmen digital händisch bis überwiegend digital automatisch. Eine Einordnung nach der Größe des Betriebs ist nicht möglich, da nicht alle Teilnehmer die Leerlaufzeiten erfassen.

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der 75
eigenen Datenhaltung

- Der Nutzungsgrad der Betriebsmittel wird ausschließlich von zwei Unternehmen in digital automatischer, teils auch digital händischer Form erfasst.
- Die Erfassung von Ladespielen zeigt eine geringe Relevanz bei den Unternehmen. Für einzelne Prozessanalysen erfolgt eine selektive Erhebung der Arbeitszyklen analog.
- Die kumulierte Umschlagsleistung wird bei nur 3 Unternehmen selektiv und analog erfasst.

In Bezug auf die Datenhaltung und der angewendeten Systeme ergeben sich bei der Umfrage vergleichbare Ergebnisse zu den Erkenntnissen aus Kapitel 3.1. Es werden zum einen die Herstellerplattformen der Betriebsmittel genutzt und zum anderen werden Excel-tools zur Verarbeitung der Daten herangezogen. Typische Leistungskennzahlen, die auf den Herstellerplattformen hinterlegt und abgerufen werden, sind unter anderem standortbezogene Daten, relative Kennzahlen (Verbrauchswerte) sowie Arbeits- und Leerlaufzeiten.

Abbildung 3-9 zeigt exemplarisch die Visualisierung von Leistungskennzahlen in einer Herstellerplattform (Epiroc). Die Diagramme bieten dem Nutzer der Plattform eine diversifizierte Betrachtung der durchgeführten Bohr-Tätigkeiten. Dabei können bspw. erfolgte Bohrmeter mit dem Kraftstoffverbrauch über einen definierten Zeitraum verglichen werden. Die Darstellung von Leistungskennzahlen ist auf der Plattform individuell variierbar.

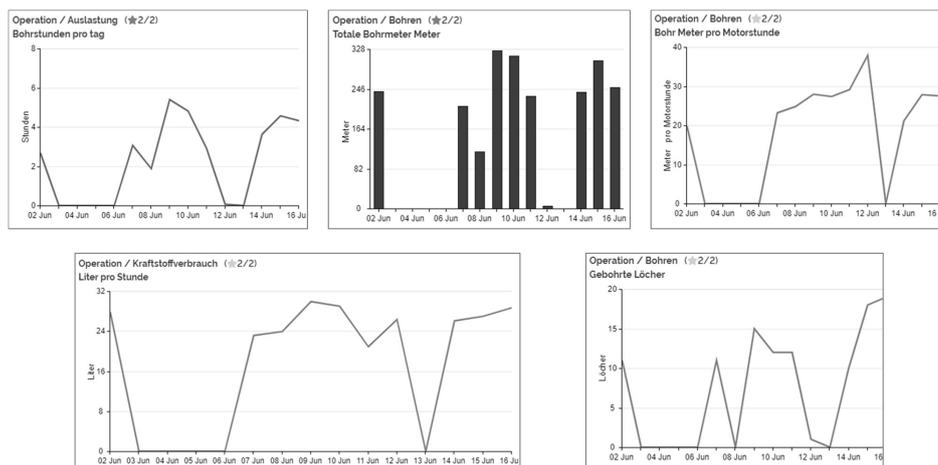


Abbildung 3-9: Darstellung von Leistungskennzahlen eines Bohrgeräts in einer OEM-Plattform (eigene Darstellung anhand bereitgestellter Unternehmensinformationen)

3.3 Identifikation verfügbarer Plattformen und digitaler Systeme

Um in den folgenden Arbeitspaketen eine geeignete Plattformlösung für die S&E-Industrie zu entwickeln, wird eine Desk-Research zu aktuell verfügbarer Plattformlösungen und digitalen Systemen zur Unterstützung von Unternehmen bei der Datenerfassung, -haltung und -analyse durchgeführt. In Kapitel 3.3.1 wird eine Marktübersicht zu digitalen Plattformen beschrieben, um den aktuellen Entwicklungstrend abzubilden und den Unternehmen der S&E-Branchen mögliche Optionen vorzustellen. Dabei werden insbesondere Plattformen und Tools der Bergbaubranche sowie anverwandter Branchen mit ähnlichen Strukturen wie Bauindustrie und Landwirtschaft betrachtet. Anschließend erfolgt in den Kapiteln 3.3.2 und 3.3.3 erfolgt eine Einordnung, warum digitale Daten und Plattformen aktuell nur einen geringen Stellenwert in der S&E-Industrie einnehmen.

3.3.1 Marktanalyse zu Plattformen

In Tabelle 3-3 werden exemplarisch aktuelle Lösungen aufgeführt und deren Hauptfunktionsweisen beschrieben.

Tabelle 3-3: Bestehende Plattformlösungen für die Bergbaubranche und anverwandte Branchen

Name	Beschreibung
Bergbauindustrie	
Talpasolutions	B2C-Plattform für die Bergbauindustrie. Datenintegrität durch das Kombinieren und Normieren von Echtzeit- und historischen Daten der Betriebsmittel mittels einer externen Hardware-Lösung, wodurch die Plattform herstellerunabhängig agiert. Ermöglicht die prädiktive Analyse von Telemetriedaten, anhand welcher Optimierungen im Ressourcenmanagement und der Kapazitätsplanung getätigt werden können. ¹⁰
CoCheck	Herstellerunabhängige Softwarelösung für die S&E-Industrie mit dem Fokus auf Anlagenmanagement. Eine branchenneutrale, standortunabhängige, modulare und zentrale Datenhaltung ermöglicht einen effektiven Anlagenbetrieb. Bietet neben der Auswertung von Daten Schnittstellen zu ERP-Systemen, Anlagensteuerungen und Telematikportalen. ¹¹
Komtrax	OEM-Datenanalyse-Plattform von Komatsu für die Bergbauindustrie. Erfassung und Darstellung von KPIs, z. B. Kraftstoffverbrauch, Lokationsdaten, Betriebsstunden, Leerlaufzeiten.

¹⁰<https://talpasolutions.com/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

¹¹<https://www.cocheck.de/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung 77

Name	Beschreibung
	Digitales Flottenmanagement sowie proaktive und präventive Wartungseinsätze ermöglichen eine erhöhte Produktivität. ¹²
VisionLink	OEM-Datenanalyse-Plattform von Caterpillar für das Flottenmanagement in der Bau- sowie Bergbauindustrie. Erfassung und Abbildung von Betriebsmittelkennzahlen. Ermöglicht den Zugriff auf Betriebsmitteldaten rund um die Uhr. Zusammengefasste Produktivitätsdaten lassen sich vereinfacht kombinieren und geben Aufschluss über Verbesserungsmöglichkeiten. ¹³
ConSite	B2C-basierte Datenberichtsdiensleistung von Hitachi Baumaschinen. Monatliche Berichtserstattung über Informationen der Betriebsmittel. Jene umfasst eine Auswertung der Betriebsdaten sowie Statistiken und ermöglicht einen Vergleich der Daten aus dem Vormonat, um die Produktivität der Betriebsmittel zu beurteilen. Zudem wird ein Leistungsvergleich zwischen anderen Hitachi-Betriebsmitteln aus der Region in einem monatlichen Bericht bereitgestellt. ¹⁴
Wenco-(lite)	OEM-Datenanalyse-Plattform (B2C) des Herstellers Hitachi für den Bergbau, die ebenfalls als Lite-Version für die kleine und mittlere Betriebsgröße bereitgestellt wird. Die Plattform stellt auf dem Dashboard die Analyse der betrieblichen Leistung in Echtzeit bereit. Die Einsicht von berechneten Leistungskennzahlen anhand von Telemetriedaten ermöglicht die Optimierung des Betriebs. Daten von Drittanbietern (anderer Hersteller) können durch eine offene API integriert werden. ¹⁵
LiDAT	Datenübertragungs- und Ortungssystem für Erdbewegungsmaschinen. Die B2C-datenbasierte Herstellerplattform von Liebherr ermöglicht das Fuhrpark- und Flottenmanagement von Liebherr-Maschinen. Maschinen anderer Hersteller sind integrierbar und ermöglichen einen diversifizierten Fuhrpark. Erfassung von verschiedenen KPIs, z. B. Kraftstoffverbrauch, Lokalisationsdaten, Betriebsstunden, Wartungsintervalle etc. Die

¹²<https://www.komatsu.eu/de/komtrax> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

¹³https://www.cat.com/de_DE/products/new/technology/equipment-management/equipment-management/102680.html (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

¹⁴<https://www.hitachicm.eu/de/kundendienst/global-e-service/consite> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

¹⁵<https://www.hitachicm.com/global/en/solutions/solution-linkage/fleet-management-system/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung 78

Name	Beschreibung
	Plattform bietet eine systematische Dokumentation von Überlastungen und Fehlbedienungen. ¹⁶
Fleetm@tic®	B2C-Herstellerplattform von Bell für das Flottenmanagement. Die OEM-Plattform ermöglicht die Überwachung des gesamten Fuhrparks und einzelner Fahrzeuge. Gibt Aufschluss über KPIs wie Betriebsstunden, Kraftstoffverbrauch, Lokalisationsdaten. Detaillierte Angaben einzelner Umläufe werden mittels aufbereiteter Darstellungen abrufbar. ¹⁷
ActiveCare	B2C-Plattform des Betriebsmittelherstellers Volvo zur Telematiküberwachung in Echtzeit und Dienste für die Flottenauslastung. Monatliche Berichte zu Betriebsmitteln ermöglichen die Bewertung und Verbesserung der Auslastung. Zudem werden Ferndiagnosen und Handlungsempfehlungen bereitgestellt. ¹⁸
Spective Connect	Bedienkonzept für die Steuerungstechnik von Brecheranlagen. Eine Steuerung kann aus der Betriebsmittelkabine des Bedieners erfolgen. Erweiterbar durch SPECTIVE CONNECT, welches relevante Daten, z. B. Baustellenberichte, Kamera-Livebild, Meldungen und Fehlerbehebungshilfen, Übersicht über alle Anlagen im Zug an den Bediener bringt. Eine digitale Berichterstattung ist möglich. ¹⁹
Schüttflix	B2B-Handelsplattform für die Bau- bzw. S&E-Branche. Die Plattform ermöglicht den digitalen Erwerb und Verkauf von Schüttgütern. Bestellungen, Transport und Lieferung werden über die Plattform abgewickelt. Bestpreisanzeige für vorhandene Rohstoffe in der umliegenden Region. ²⁰
WDV2024 Team	Softwarelösung (ERP-System) für die S&E-Industrie für die Waagedatenverarbeitung. Ermöglicht die Erstellung von Lieferscheinen an der stationären Waage oder vom Radlader heraus. Digitale Bereitstellung der Lieferscheine für den Kunden. Mit einem

¹⁶<https://www.liebherr.com/de/deu/%C3%BCber-liebherr/service-dienstleistungen/flottenmanagement-lidat/flottenmanagement-lidat.html> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

¹⁷<https://www.bellequipment.com/miningconstruction/de-DE/produkte/bell-fleetmatic> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

¹⁸<https://www.volvoce.com/deutschland/de-de/services/volvo-services/uptime-services/volvo-active-care/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

¹⁹<https://www.wirtgen-group.com/de-de/produkte/kleemann/technologien/spective-connect/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

²⁰<https://schuettflix.com/de/de/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung 79

Name	Beschreibung
	Angebotsmodul können Angebote und Aufträge erfasst werden und anschließend auf Basis dessen Lieferaufträge erstellt sowie eine automatisierte Fakturierung mit Preisprüfung der einzel-Lieferungen realisiert werden. Die digitale Archivierung von Daten ist möglich. Verwaltung der Disposition von Schütt- und Stückgut. ²¹
Bauindustrie	
Kenexos	Gebäudemanagementsoftware im Bereich Bau, Anlagenverwaltung, Immobilienmanagement. Cloudbasiertes All-in-one-Tool für eine vernetzte Baustelle. Dokumentation, Bearbeitung und Austausch von Projektinformationen werden in einem Bautagebuch (App) digitalisiert und geräteübergreifend optimiert. Ermöglicht verbesserte Kommunikation auf der Baustelle, da Informationen in Echtzeit abgegriffen werden können. ²²
BAU-MOBIL	Interne Datenbanklösung zur Baustellenplanung sowie mobile Applikationen für Smartphone, Tablet und Netbooks. Umfassende Tools für die Kapazitätsplanung auf personeller und maschinentechnischer Ebene sowie Digitalisierung von Bautageberichten, Zeiterfassung und Geräteakte. Integration eines digitalen Marktplatzes zur Materialbeschaffung auf B2B-Basis. Bereitstellung eines schnellen und effektiven internen Datenaustausches. ²³
Sablono	Digitales Prozessmanagement für Großbaustellen. Bietet eine digitale Plattform zur Steuerung und Überwachung von Bauausführungen. Ermöglicht die Steuerung von Prozessen auf Basis von Echtzeitdaten. Basiert auf B2B und ermöglicht transparente Kommunikation über Baustellenfortschritte oder Veränderungen mit den Partnern. ²⁴
WITOS FleetView	B2C-Flottenmanagementsystem für Maschinen von WIRTGEN, VÖGELE und HAMM. Auf der Plattform werden Leistungskennzahlen der Betriebsmittel dargestellt, wodurch die Produktivität gesteigert werden kann. Die Vernetzung der Betriebsmittel ermöglicht verbesserte Wartungsintervalle. ²⁵

²¹<https://www.praxis-edv.de/eprospekt/25/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

²²<https://kenexos.com/de/index.html> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

²³<https://connect2mobile.de/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

²⁴<https://www.sablono.com/de/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

²⁵<https://www.wirtgen-group.com/de-de/news-und-media/voegele/witos-fleetview/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

Name	Beschreibung
Landwirtschaft	
MyNewHolland	B2C-basierte Herstellerplattform mit Anwendung für die Landwirtschaft. Ermöglicht dem Kunden Zugriff auf digitale Betriebsanleitungen und bietet Lösungen zur Maximierung der Verfügbarkeit von Betriebsmitteln. Verknüpfen der Maschinen mit den jeweiligen Händlern. ²⁶
Claas Connect	B2C-Herstellerplattform mit Anwendung für die Landwirtschaft. Ermöglicht die Darstellung verschiedener KPIs wie bspw. Kraftstoffverbrauch, Lokationsdaten und Fehlercodes. Zugriff auf verschiedene „Shops“ für z. B. Schmierstoffe und Ersatzteile. ²⁷
Farmtune	Online-Netzwerk (B2B-Plattform) für die Landwirtschaft. Ermöglicht die Einsatzplanung von Personal und Maschinen für eine gesteigerte Produktivität. Es besteht die Möglichkeit auf Zusammenarbeit mit Nachbarn, kooperierenden Landwirten und Lohnunternehmern. Bietet Tools für das Auftragsmanagement, Ressourcenverwaltung sowie CC-konforme Ackerschlagkarteien und vereinfachte Rechnungsmodule. ²⁸

Die Recherche zeigt deutlich die steigende Verfügbarkeit digitaler Plattformlösungen, insbesondere an Flottenmanagementsystemen für die Bergbaubranche. Mittlerweile bieten alle Maschinenhersteller datenzentrierte Plattformen für die Analyse und nutzerfreundliche Visualisierung von Betriebsmitteldaten und Telemetriedaten an. Die Herstellerplattformen unterscheiden sich dabei in Ihren Funktionen nur in geringem Maße und ermöglichen die Betrachtung von Verbrauchs- und Leistungsdaten basierend auf Telemetriedaten in Echtzeit. Datenanalyse-Plattformen helfen somit Bergbauunternehmen, große Datenmengen zu verarbeiten und zu analysieren, um operative Entscheidungen zu treffen und Muster und Trends zu identifizieren. Vergleichbare Plattformlösungen werden ebenfalls für Betriebsmittel verwandter Branchen bereitgestellt. Zusätzlich bieten B2B-Plattformlösungen Schnittstellenlösungen zwischen Rohstoffgewinnung und Abnehmerindustrie, um Logistikprozesse zu digitalisieren.

²⁶<https://my.newholland.com/germany/de-de/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

²⁷<https://www.claas.de/produkte/digitale-loesungen/claas-connect> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

²⁸<https://www.farmtune.com/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

3.3.2 Hemmnisse in der Nutzung von Daten

In Anbetracht der steigenden Bedeutsamkeit der voranschreitenden Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft ist die wirtschaftliche Nutzung von Daten ein elementarer Bestandteil zur Eröffnung neuer Wertschöpfungsoptionen für Unternehmen in Deutschland. Eine vom Institut der deutschen Wirtschaft durchgeführte Studie mit 500 teilnehmenden deutschen Unternehmen zeigt jedoch, dass viele Unternehmen eine geringe Kenntnis über die und Befähigung hinsichtlich der Potenziale der Datenwirtschaft haben. In der Abbildung 3-10 ist die IW-/IWC-Unternehmensbefragung zur Datenökonomie von 2020 nach RÖHL ET AL. (2021) dargestellt und zeigt die identifizierten Hemmnisse für eine stärkere wirtschaftliche Datennutzung in Prozent.

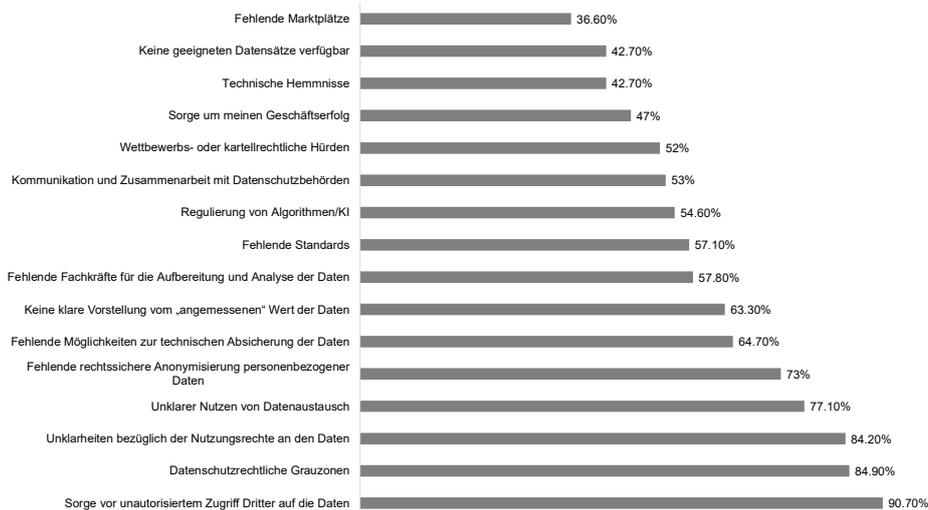


Abbildung 3-10: Hemmnisse für eine stärkere wirtschaftliche Datennutzung (eigene Darstellung i. A. a. Röhl et al. 2021)

In Bezug auf die „Data-Readiness“ sind die Unternehmen sehr unterschiedlich aufgebaut. Eine Klassifizierung der Ergebnisse erfolgt anhand der Mitarbeitergrößenklasse, Branchenzugehörigkeit und des Digitalisierungsgrades. Hinsichtlich der eigenen Datenökonomie der befragten Unternehmen, mit Fokus auf Datenspeicherung und -nutzung, weisen 28 Prozent der Unternehmen einen hohen Digitalisierungsstand auf und wurden somit als digital klassifiziert, während die verbleibenden 72 Prozent als weniger digital eingestuft worden sind. Zudem sind mit mehr als 60 Prozent der befragten Großunternehmen als weniger digital eingestuft. Der Begriff *digital* wird im Rahmen der Studie als Abkürzung für *digitalisiert* beziehungsweise *datentrieben* verwendet. Ferner

wurde untersucht, inwiefern die Unternehmen dazu bereit sind, untereinander Daten auszutauschen. (s. RÖHL ET AL. 2021)

Nach der Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft werden die 16 erkannten Hemm-Potenziale der Faktoren in drei übergeordnete Hemm-Gruppen eingeteilt. Demnach wird unterteilt in Rechtliches und Datenschutz, was beispielsweise Unklarheiten bezüglich der Nutzungsrechte der Daten betrifft, wirtschaftliche Hindernisse, welche fehlende Marktplätze sowie unklaren Nutzen von Datenaustausch umfassen und technische Hindernisse, welche fehlendes Fachpersonal für die Aufbereitung und Analyse der Daten sowie fehlende Möglichkeiten zur technischen Absicherung der Daten darstellen. (s. RÖHL ET AL. 2021)

Ergebnisse aus der Studie zeigen starke Abweichungen in der Bedeutung der verschiedenen Hemmnisse für die Unternehmen. Am stärksten vertreten sind Sorgen vor dem unautorisierten Zugriff Dritter auf die Daten (90,7 Prozent), datenschutzrechtliche Grauzonen (84,9 Prozent), Unklarheiten in Bezug auf die Nutzungsrechte der Daten (84,2 Prozent), unklarer Nutzen des Datenaustauschs (77,1 Prozent) und fehlende rechtssichere Anonymisierung personenbezogener Daten (73 Prozent). (s. RÖHL ET AL. 2021)

Ein geringeres Hemm-Potenzial, jedoch nicht unbedeutend, stellen fehlende Marktplätze (36,6 Prozent), fehlende Verfügbarkeit von Datensätzen (42,7 Prozent), technische Hemmnisse (42,7 Prozent), die Sorge um den eigenen Geschäftserfolg (47 Prozent), und wettbewerbs- oder kartellrechtliche Hürden (52 Prozent) dar. Die Problematik der fehlenden Fachkräfte beziehungsweise deren Befähigung wird von 57,8 Prozent der befragten Unternehmen als Hemmnis genannt. (s. RÖHL ET AL. 2021)

In Expert:innengesprächen mit Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses konnten insbesondere folgende Herausforderungen im Umgang mit Daten erfasst werden:

- Datenschutz und -sicherheit
- mangelnde Fähigkeit in der Datennutzung
- fehlendes und qualifiziertes Personal
- Datensilos und zu große Datenmengen
- Datenzustand und -formate

3.3.3 Hemmnisse bei der Nutzung verfügbarer digitaler Plattformen

Digitale Plattformen werden von ca. 70 Prozent der KMU in industrienahen Bereichen genutzt, wobei davon 47 Prozent der Nutzer Plattformen für den Einkauf nutzen und 49 Prozent für den Vertrieb (s. LUNDBORG U. GULL 2019). LUNDBORG U. GULL (2019) sehen Hemmnisse für die Anwendung digitaler Plattformen im Mittelstand hauptsächlich in den fehlenden Fachkräften und mangelndem Wissen in der Unternehmensführung. Weitere Hemmnisse sind das Risiko der Abhängigkeit vom Plattformbetreiber und Datensicherheitsbedenken. Die Autoren empfehlen einen Marktüberblick mit anwendungsorientierten Kosten-Nutzen-Kalkül als Entscheidungshilfe, ob und wie eine Plattform eingeführt und im Unternehmen angewendet werden kann (s. LUNDBORG U. GULL 2019). Ein weiterer Hemmfaktor für die Teilnahme an einer digitalen Plattform ist der mit dem Nutzen verbundenen Kostenfaktor, der durch die bereitzustellende Infrastruktur anfällt. Traditionell erfolgreiche Unternehmen müssen einen Mehrwert an der Teilnahme einer Plattform erkennen, um einen Paradigmenwechsel in Betracht zu ziehen (s. HAUCAP ET AL. 2020).

Durch qualitative Befragungen von projektbegleitenden Unternehmen und Expert:innen konnten allgemeine und spezifische Hemmnisse, die die Nutzung digitaler Plattformen beeinträchtigen, festgestellt werden. Diese Hemmnisse korrelieren mit den zuvor vorgestellten Ergebnissen aus der Literatur. Zu den allgemeinen Hemmfaktoren, die eine Teilnahme an einer Plattform behindern, gehören:

1. **Kostenfaktoren:** Die Implementierung und Nutzung von digitalen Plattformen können mit hohen Kosten verbunden sein, insbesondere für kleine Unternehmen mit begrenztem Budget. Zudem sind die Unternehmen nicht bereit, zusätzliche Kosten für die Nutzung von Plattformen zu tragen, da der potenzielle Nutzen nicht erkannt wird.
2. **Datenschutz:** Datenschutzbedenken sind ein weiterer wichtiger Faktor, der die Nutzung von Plattformen behindert. Die Unternehmen sind besorgt hinsichtlich der Vertraulichkeit ihrer Daten. Insbesondere die Weitergabe der unternehmensinternen Daten an Dritte stellt einen großen Hemmfaktor dar.
3. **Mitarbeiterbefähigung:** Die Mitarbeitenden müssen in der Lage sein, die Plattformen effektiv zu nutzen. Wenn Mitarbeiter:innen nicht über die notwendigen Fähigkeiten verfügen, kann dies zu Problemen bei der Nutzung der Plattform führen. Somit erfordert die Einführung von digitalen Plattformen möglicherweise

Trainings und Schulungen für Mitarbeitende, um sicherzustellen, dass jene effektiv genutzt werden können. Dies kann zeitaufwendig und kostspielig sein.

4. **Rechtliche Rahmenbedingungen:** Es gibt teilweise offene rechtliche Fragen im Zusammenhang mit der Nutzung digitaler Plattformen, insbesondere in Bezug auf den Datenschutz und die Haftung. Die Unternehmen wollen sicherstellen, dass sie alle gesetzlichen Anforderungen erfüllen, bevor sie eine Plattform nutzen.
5. **Interner Konkurrenzkampf:** Ein weiteres Hindernis für die Nutzung von Plattformen ist der interne Konkurrenzkampf, der durch den Vergleich von standortspezifischen Daten hervorgerufen werden kann. Einige Unternehmen haben Bedenken, dass die Nutzung von digitalen Plattformen dazu führen kann, dass Daten zwischen verschiedenen Standorten oder Abteilungen verglichen und in einem Wettbewerb gegeneinander genutzt werden und somit das Betriebsklima geschädigt wird.

Diese allgemeinen Hemmfaktoren tragen mit dazu bei, dass digitale Plattformen in KMU der S&E-Industrie noch nicht weit verbreitet sind. Es ist jedoch wichtig, zu beachten, dass digitale Technologien zunehmend relevanter werden, um wettbewerbsfähig zu bleiben und das Wachstum zu fördern. Zu den spezifischen Hemmfaktoren, die die Teilnahme an einer Plattform behindern, gehören:

- heterogene Fuhrparks bzw. inhomogene Betriebsmittelhersteller
- alte Betriebsmittel ohne Telemetriedaten
- Komplexität und Menge an Daten
- fehlendes Know-how im Unternehmen
- keine Bündelung der Daten in einem System, da relevante Plattformen keine Kompatibilität aufweisen.

3.4 Maßnahmen bei Über- und Unterkapazität

Die Unternehmen der S&E-Branche leiden unter Nachfrageschwankungen und einer fehlenden Prognosefähigkeit aufgrund des Einsatzes konventioneller Technologien und unzureichenden Datenmanagements. Eine geeignete Plattformlösung in Verbindung mit einem effektiven Datenmanagement kann dazu beitragen, dass Unternehmen ihre Prognosefähigkeit verbessern und die Kapazitätsauslastung erhöhen. Eine solche Lösung schafft Markttransparenz, was sowohl für Anbieter als auch für Nachfrager von Vorteil ist. Unternehmen können ihre Betriebskapazität optimieren und dadurch wirtschaftlicher und

nachhaltiger handeln. (s. MÜLLER ET AL. 2022) Im Folgenden werden Maßnahmen zur Verbesserung der Kapazitätsauslastung bei Über- und Unterkapazität beschrieben.

Überkapazität bedeutet im Sinne der Verfügbarkeit von Betriebsmitteln, dass ein Unternehmen bzw. Betriebsstandort über mehr Betriebsmittel (z. B. Lade- und Fördergeräte) und Personal verfügt als für die aktuellen Anforderungen und Aufgaben notwendig sind. Ein Teil der Betriebsmittel bleibt somit ungenutzt oder wird nur unzureichend genutzt. Eine Überkapazität kann entstehen, wenn ein Unternehmen in der Erwartung zukünftigen Wachstums zusätzliche Betriebsmittel angeschafft hat, dieses Wachstum jedoch nicht eintritt. Auch eine Fehleinschätzung der Bedarfsentwicklung oder volatile Veränderungen im Markt können zu einer Überkapazität führen. Um die Rentabilität des Unternehmens zu verbessern, kann es daher notwendig sein, die Überkapazität zu reduzieren, indem ungenutzte Betriebsmittel abgebaut oder anderweitig genutzt werden. Eine Möglichkeit hierfür können die Vermietung oder der Verkauf von ungenutzten Betriebsmitteln sein. Eine andere Möglichkeit ist die Umwidmung von Betriebsmitteln, um sie für andere Aufgaben oder Produkte einzusetzen. Für S&E-Unternehmen mit mehreren Standorten bietet sich insbesondere die Möglichkeit, transportfähige Betriebsmittel zwischen Standorten bedarfsgerecht zu verschieben. In jedem Fall erfordert die Reduzierung von Überkapazität eine sorgfältige Analyse und Planung, um sicherzustellen, dass die Betriebsmittel effektiv und effizient genutzt werden. Die Analyse von Leistungskennzahlen der Betriebsmittel ermöglicht das Erreichen von Potenzialen in der Kapazitätsoptimierung. Eine Überkapazität kann ebenfalls bewusst herbeigeführt werden, um flexibel auf schwankende Nachfrage oder saisonale Schwankungen reagieren zu können, indem überschüssige Betriebsmittel bei Nachfrageanstieg bereitstehen.

Unterkapazität bedeutet im Sinne der Verfügbarkeit von Betriebsmitteln, dass ein Unternehmen nicht über ausreichende Betriebsmittel (z. B. Lade- und Fördergeräte) und Personal verfügt, um den aktuellen oder zukünftigen Bedarf zu decken. Dies kann dazu führen, dass das Unternehmen nicht in der Lage ist, Produkte rechtzeitig und in ausreichender Menge bereitzustellen. Unterkapazität kann verschiedene Ursachen haben, wie zum Beispiel unerwartet hohe Nachfrage, Ausfälle von Betriebsmitteln oder unzureichende Investitionen in die Kapazitätserweiterung. Um eine Unterkapazität zu beheben, kann das Unternehmen verschiedene Maßnahmen ergreifen, wie zum Beispiel die Erhöhung der Produktionskapazität durch die Anschaffung neuer Maschinen oder die

Einstellung zusätzlicher Mitarbeiter. Es kann ebenfalls sinnvoll sein, die Produktionsplanung zu optimieren, um die vorhandenen Betriebsmittel effektiver zu nutzen und Engpässe zu vermeiden. Unterkapazität kann negative Auswirkungen auf die Rentabilität des Unternehmens haben, da es zu Produktionsverzögerungen, Qualitätsproblemen oder Verlust von Kunden führen kann.

Fazit: Für KMU der S&E-Industrie ist eine ausgewogene und optimierte Kapazitätsplanung wichtig, um sowohl Über- als auch Unterkapazitäten zu vermeiden und eine effektive Nutzung der Betriebsmittel sicherzustellen. Die standardisierte Erfassung von Betriebsmitteldaten und Auswertung von Leistungskennzahlen stellt die Möglichkeit bereit, Fehlkapazitäten zu erkennen und entsprechend Kapazitäten anzupassen (s. Kapitel 3.2). In S&E-Betrieben können dazu verschiedene Prozessplanungstools und digitale Plattformen in den Unternehmensprozess integriert werden. Des Weiteren ist die systematische Förderung des operativen und strategischen Personals durch Ausbildung, Schulung und Weiterbildung eine notwendige Maßnahme, um die Betriebseffizienz zu steigern. Abbildung 3-11 zeigt grundlegende Maßnahmen für KMU der S&E-Industrie, um die Kapazitätsauslastung zu verbessern.

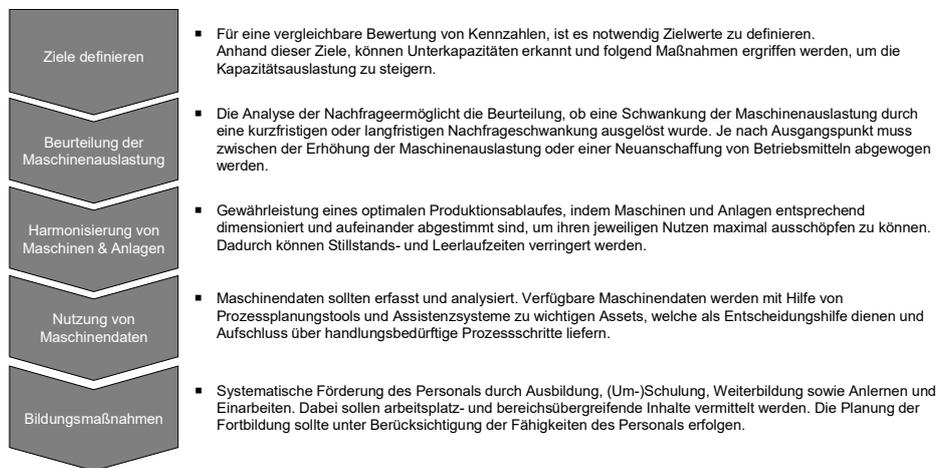


Abbildung 3-11: Maßnahmen zur Verbesserung der Kapazitätsauslastung im S&E-Betrieb

4 Ausarbeitung eines langfristigen Betreiberkonzepts und Identifikation möglicher Services zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Kapazitätsauslastung

Plattformen dienen dem Austausch von Leistungen, welche den Konsument:innen einen Mehrwert bieten. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts sind die Betriebe der S&E-Industrie als Konsumenten einer Plattform zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Erhöhung der Auslastung mit entsprechenden Leistungen, welche in Form von Plattformservices angeboten werden, zu adressieren. Um ein langfristiges Bestehen und die Nutzbarkeit der Plattform zu gewährleisten, muss weiterhin ein tragfähiges Betreiberkonzept gegeben sein, welches die strategische und technische Umsetzung unter Berücksichtigung der relevanten Stakeholder definiert, sowie ein nachhaltiges Geschäftsmodell, welches ein langfristiges wirtschaftliches Fortbestehen der Plattform gewährleistet. Dieses Kapitel umfasst die Ausarbeitung und Priorisierung von relevanten Plattformservices für die S&E-Industrie und weiterhin eine Darlegung und Empfehlung hinsichtlich eines langfristigen Betreiberkonzepts der angestrebten Plattform. Das Betreiberkonzept einer Plattform kohäriert mit den realisierbaren Plattformservices, sodass eine simultane Betrachtung beider Aspekte erfolgt. Im Rahmen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ erfolgte eine Veröffentlichung von Teilen der Inhalte dieses Kapitels in Form des Papers *„Improving Forecasting Capability and Capacity Utilization in Less Digitized Industries Through Participation in the Platform Economy“* von MÜLLER ET AL. (2022).

4.1 Identifikation potenzieller Betreibermodelle

Für Design, Governance und Betrieb einer digitalen Plattform sind eine, oder meist mehrere, Entitäten verantwortlich. Die Orchestration sowie die Ausgestaltung der Kooperation dieser Entitäten werden unter dem Begriff „Betreibermodell“ zusammengefasst (s. NIEBUER U. BENDER 2020, S. 2). Auf dieser strukturellen und strategischen Ebene werden relevante und richtungsweisende Weichen gestellt, welche einen umfassenden Einfluss auf sowohl die operative Realisierung der Plattform und des Nutzererlebnisses als auch auf Aspekte wie Plattformoffenheit, Kooperationen oder Monetarisierungskonzepte haben (s. PARKER ET AL. 2016, S. 108). In den folgenden Unterkapiteln erfolgen eine ausführliche Darlegung des aktuellen Forschungsstands zu Betreibermodellen digitaler Plattformen, eine Identifikation der potenziellen Akteure der S&E-Industrie und eine Ausarbeitung ihrer Rollen in verschiedenen Betreiberszenarien.

Abschließend erfolgt ein Interessenvergleich von potenziellen Betreibern und von der Nutzerseite digitaler B2B-Plattformen in der deutschen S&E-Industrie.

4.1.1 Theoretischer Hintergrund Betreibermodelle

Die Strategie, die Architektur und das operative Handeln von Plattformen werden maßgeblich durch das zugrunde liegende Betreiberkonzept geprägt und beeinflussen das Nutzenversprechen (s. MEIER 2018, S. 209). Weiterhin definiert das Betreiberkonzept einer mehrseitigen digitalen Plattform die Plattform-Governance, welche die Gestaltung des Plattform-Ökosystems in den Aspekten Offenheit, Kontrolle sowie dem Gleichgewicht aus Zusammenarbeit und Wettbewerb mit Komplementären und Konkurrenten umfasst (s. SCHREIECK ET AL. 2017, S. 537). Die entscheidenden Rollen des Betreiberkonzepts sind die des Plattformponsors und Plattformmanagers, beide können durch eine oder mehrere Institutionen ausgefüllt werden. Der Plattformsponsor ist Inhaber des geistigen Eigentums der Plattform. Er definiert die Strategie, die Zielgruppen, das Leistungsversprechen und die Koordination sowie die Schnittstellen zwischen den einzelnen Akteuren. Der Plattformsponsor agiert auf einer abstrakten Ebene mit keinem, oder einem geringen Maß an Interaktion mit den Nutzern der Plattform (s. Eisenmann et al. 2008, S. 136). Der Plattformmanager agiert und steuert das operative Tagesgeschäft. Zudem stellt er die notwendigen Plattformkomponenten und technologische Ausgestaltung dieser zur Verfügung, um das vom Plattformsponsor definierte Wertversprechen zu realisieren. Weiterhin ist er für die Einhaltung der Governance der Plattform verantwortlich (s. NIEBUER U. BENDER 2020, S. 2). Die Relationen der involvierten Akteure einer digitalen Plattform sind in Abbildung 4-1 dargestellt.

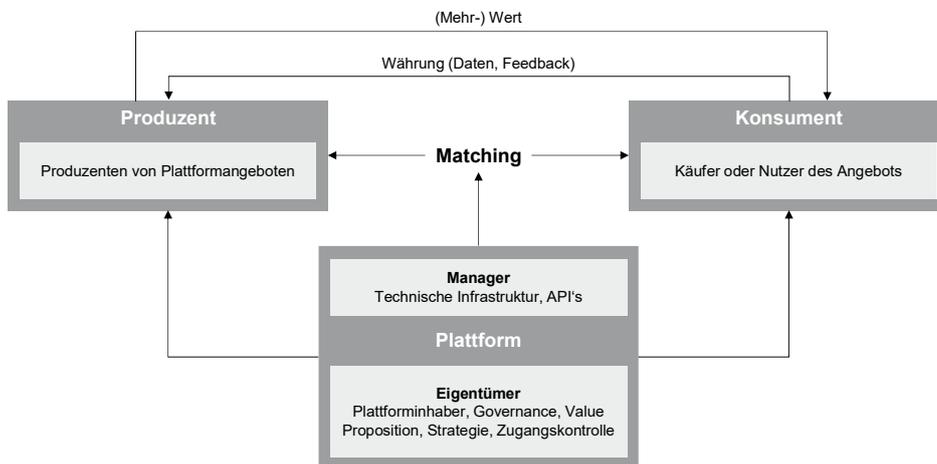


Abbildung 4-1: Die Akteure digitaler Plattformen (eigene Abbildung i. A. a. JAEKEL 2017, S. 60)

Weitere essenzielle Rollen eines Plattformökosystems, welche jedoch nicht Teil des Betreiberkonzepts sind, werden nachfolgend für ein umfassenderes Verständnis erläutert. Die Rolle des Technologieanbieters verantwortet die Beschaffung, Konfiguration und den Betrieb der IT-Infrastruktur, um notwendige Funktionen wie Softwareinstallationen, Berechtigungssysteme und Testumgebungen sowie Sicherheitssysteme zu gewährleisten. Durch die Bereitstellung der technologischen Basis sind Technologieanbieter die Schnittstelle des Plattformkerns, bestehend aus Plattformsponsor und -manager, hin zur Plattformperipherie, welche auch Kundensphäre genannt wird. Die Rolle des Technologieanbieters ist nicht stets trennscharf von der des Plattformmanagers differenzierbar (s. NIEBUER U. BENDER 2020, S. 3). Produzenten bieten Produkte, Leistungen, Informationen oder Anwendungen an, welche den Governance-Richtlinien der Plattformbetreiber entsprechen und sowohl für den Kunden als auch für die Plattform einen Mehrwert darstellen. Das Vergütungssystem für diese Produkte wird durch den Plattformsponsor definiert und durch den Plattformmanager realisiert (s. GILBERT 2020, S. 14). Konsumenten einer Plattform konsumieren die angebotenen Produkte und nehmen gleichzeitig eine Kontroll- und Feedbackfunktion durch die Abgabe von Bewertungen ein (s. JAEKEL 2017, S. 60).

Selbiges trifft auf die Rollen des Plattformsponsors und des Plattformmanagers zu, welche jeweils durch eine einzelne oder mehrere Organisationen ausgefüllt werden können. Weiterhin besteht die Option, dass ein einzelnes Unternehmen simultan die Rolle des

Plattformponsors wie auch des Plattformmanagers verkörpert. Dies kreiert einen Gestaltungsraum für das zentrale Betreiberkonzept einer Plattform, welcher auf vier Archetypen von Betreibermodellen basiert (s. Abbildung 4-2).

Das **proprietäre Modell** ist durch eine gleichzeitige Besetzung beider Rollen des Plattformmanagers und des Plattformponsors durch eine einzelne Organisation charakterisiert. Im Rahmen dieses Betreibermodells obliegen umfassende Entscheidungs- und Gestaltungskompetenzen einer einzigen Institution. Dies ermöglicht eine homogene Produktgestaltung, eine freie Preisgestaltung und eine umfassende Einbindung vieler Komplementärprodukte in das bestehende Plattformsystem. Das Erreichen außerordentlicher Marktpositionen, vergleichbar mit Monopolstellungen, ist möglich. Zur Erreichung dieser Position ist ein erheblicher Kapitaleinsatz aufseiten des Betreibers notwendig, welche zu einem späteren Zeitpunkt des Produktlebenszyklus kostentreibender Faktor für die Plattformnutzer werden.

Ein **Joint-Venture** ist ein Betreibermodell, welches durch die Vereinigung und Kooperation mehrerer Organisationen auf normativer und strategischer Ebene entsteht. Sie treten kooperativ als Gesellschafter der kreierte Unternehmung auf und nehmen gemeinsam in einem Konsortium die Rolle des Plattformponsors ein. Auf operativer Ebene agiert die ausgegründete Organisation des Joint-Ventures weitgehend unabhängig. Durch die Vielzahl von Gesellschaftern wird der initiative Kapitaleinsatz der einzelnen Plattformensoren gleichmäßig verteilt und das entsprechende monetäre Risiko für die einzelnen Organisationen reduziert. Aufgrund der Mehrzahl von Shareholdern mangelt es Plattformen mit diesem Betreiberkonzept nach der anfänglichen Marktpositionierung an Flexibilität auf strategischer Ebene. Die Möglichkeit divergierender Interessen ist bei einem organisationssteuernden Konsortium stets zu berücksichtigen und droht, die Geschwindigkeit in der Entscheidungsfindung zu reduzieren.

Das **Lizenzmodell** beschreibt ein Betreiberkonzept mit einer einzelnen Organisation als Plattformsponsor und mehreren Organisationen als Plattformmanager. Der Plattformsponsor birgt die geistigen Rechte und funktionalen Kernelemente und stellt diese den Plattformmanagern durch Lizenzen zur Verfügung, welche beispielsweise durch die Anwendung der Plattform auf nutzerfreundlichen Endgeräten die Plattform für die Konsumenten und Produzenten zugänglich machen. Hierbei bergen die bereits unabhängig von der Plattform bestehenden aggregierten Kundennetzwerke der Plattformmanager ein enormes Potenzial für ein hohes Anfangswachstum der Nutzerzahl

der Plattform. Durch das Angebot an die Kunden über multiple lizenzierte Plattformmanager wird ein Wettbewerb kreiert, welcher in einem Druck der nutzerfreundlichen Preisgestaltung durch die Plattformmanager resultiert. Hierdurch wird das Erlöspotenzial sowohl für Plattformmanager als auch für Plattformsponsor gemindert.

Das **geteilte Modell** als Betreiberkonzept ist durch eine Integration zahlreicher Organisationen sowohl auf Ebene des Plattformponsors als auch des Managers zu charakterisieren. Die Vielzahl von Akteuren wirkt einerseits hemmend bei einer umfassenden integrativen Produktgestaltung, andererseits finden festgelegte Standards eine schnelle Verbreitung durch eine breite Anwendung in dem betroffenen Segment. Folglich werden häufig individuell modifizierbare Open-Source-Plattformen genutzt oder Datenstandards für bestimmte Einsatzzwecke definiert. Die Offenheit der Plattformen ermöglicht kostengünstige Produkte, was zu einer weiteren Verbreitung beiträgt. Erlöspotenziale für Plattformensoren und Manager sind folglich gering und die Entscheidungsfindung, insbesondere hinsichtlich Änderungen auf strategischer Ebene, ist wie bei dem Modell des Joint-Ventures reduziert (Parker et al. 2016, S. 107–110).

		Plattformmanager	
		Eine Organisation	Mehrere Organisationen
Plattformsponsor	Eine Organisation	Proprietäres Modell	Lizenzmodell
	Mehrere Organisationen	Joint Venture	Geteiltes Modell

Abbildung 4-2: Modelle der Kooperation von Plattformsponsor(-en) und -manager(-n) (eigene Abbildung i. A. a. PARKER ET AL. 2016, S. 110)

Die normative und strategische Plattformausrichtung hängt folglich von dem durch die skizzierten Betreiberszenarien definierten strukturellen Rahmen und der spezifischen Besetzung der einzelnen Rollen ab. Dies ist ein entscheidender Aspekt im Hinblick auf die Plattformeolution und das Angebot der verschiedenen Plattformdienste (s. GAWER U. CUSUMANO 2014, S. 429).

4.1.2 Identifikation der Akteure auf Betreiber- und Nutzerseite

Plattformen werden in der Fachliteratur gemeinhin als zu gestaltende Ökosysteme beschrieben, welche eine Gruppe unabhängiger Akteure zusammenführen, die gemeinsam komplementäre Produkte entwickeln und Nutzern zur Verfügung stellen (s. GRABHER U. VAN TUIJL 2020, S. 1007). Im Rahmen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ soll ein neu kreiertes digitales Ökosystem ergänzend zu dem bereits bestehenden Wertschöpfungsnetzwerk der Stein- und Erdenindustrie erforscht werden. Ziel ist es also, ein komplementäres System zu schaffen, welches sich in die bereits existierenden Strukturen der Branche einreicht und diese ergänzt. Zur Identifikation der potenziellen Akteure, welche die Rollen des Plattformmanagers und -sponsors bekleiden können, erfolgt eine Analyse der prägenden Akteure des Ökosystems der Steine- und Erdenindustrie, welche in Kapitel 2.1 erarbeitet wurden.

Die im Wertschöpfungsnetzwerk identifizierten Akteure lassen sich in folgende Gruppen aufgliedern:

Produzierende und verarbeitende Organisationen

- Rohstoffgewinnungsbetriebe
- Rohstoffverarbeitende Betriebe
- Deponiebetreiber
- Recycling und materialaufbereitende Betriebe
- Nachgelagerte Akteure der Wertschöpfungskette (bspw. Forst- und Landwirtschaft, Bauwirtschaft oder Industriekunden)

Befähigende Organisationen

- Maschinen- und Anlagenbauer
- Technologienanbieter und Dienstleister
- Zusammenschluss privatwirtschaftlicher Unternehmungen

Der Begriff „Zusammenschluss privatwirtschaftlicher Unternehmungen“ bezeichnet ein Modell, in dem Unternehmen der Steine- und Erdenindustrie mit komplementären Expertisen diese in einer privatwirtschaftlichen Rechtsform vereinigen, um einen bestimmten Zweck zu erfüllen, etwa in Form des nach van ALSTYNE ET AL. definierten Joint-Ventures. Diese können beispielhaft die Form eines Kompendiums der Betriebsmittelhersteller, Technologieanbieter und -dienstleister, oder ein Kompendium der Unternehmensverbände der Stein- und Erdenindustrie annehmen.

Öffentliche Hand und Interessenvertretungen

- Zuständige Bundesbehörde (BMWK)
- Landesverwaltungsbehörde
- Bezirksverwaltungsbehörde
- Branchenverband (Bundesweit, MIRO)
- Branchenverband (regional)

Die Anzahl der identifizierten potenzieller Plattformbetreiber wird anhand von branchenspezifisch zu wählenden Kriterien reduziert. Durch die Anwendung der Kriterien der *digitalen Kompetenzen*, *Fachkompetenzen (Berg- und Maschinenbau)*, *Netzwerk*, *Unternehmensneutralität* und *Profitorientierung* konnten für die deutsche Stein- und Erdenindustrie die potenziellen Betreiberkandidaten des *Branchenverbands*, der *zuständigen Bundesbehörde*, ein *Kompendium der Betriebsmittelhersteller*, *Technologieanbieter- und Dienstleister* sowie ein *Kompendium der Unternehmensverbände der Stein- und Erdenindustrie*. Letztere träten bei der Realisierung sowohl auf Betreiberebene als auch auf Kundenebene auf. Weiterhin können *nachgelagerte Akteure der Wertschöpfungskette* berücksichtigt werden, da genutzte Betriebsmittel in der Primärförderung der Massenrohstoffe und der nachgelagerten Bauindustrie zu signifikanten Teilen deckungsgleich sind und der Usecase der Plattform übertragbar ist. Weiterhin bestehen enge wirtschaftliche Verknüpfungen zwischen den Industrien; so werden 82 Prozent der geförderten Primärrohstoffe der Steine- und Erdenindustrie vom Baugewerbe abgenommen (s. BASTEN 2021, S. 12).

Für ein funktionierendes Geschäftsmodell dieser digitalen Plattform sind jedoch die verschiedenen Profile und Anforderungen auf der Nutzerseite zu identifizieren und zu analysieren (s. ALLWEINS ET AL. 2021, S. 459). Auf Nutzerseite stehen die drei in Kapitel 2.2 identifizierten Typen der Steine- und Erdenindustrie, deren konstituierende Merkmale nachfolgend kurz erläutert werden. Diese dienen als Grundlage für die Gegenüberstellung der Interessen von Betreiber- und Nutzerseite für eine digitale Plattformlösung zur Verbesserung der Nachfrageprognose und Kapazitätsauslastung in der deutschen S&E-Industrie in Kapitel 4.1.4.

Typ I "Digital erweiterbar": Diesem Organisationstypen werden primär Kleinunternehmen und kleine Unternehmensgruppen mit einem Jahresumsatz von bis zu 50 Millionen Euro zugeordnet. Sie beschäftigen weniger als 100 Mitarbeitende an unter 5 Betriebsstandorten. Die Unternehmen arbeiten überwiegend analog und nutzen kaum

digitale Hilfsmittel oder automatisierte Systeme. Die Datenerfassung und -analyse erfolgen manuell und nicht auf digitaler Basis. Zudem wurde festgestellt, dass keine Auswertung von erfassten Daten zur Absatzmenge erfolgt, da die Unternehmen ihre Produktionskapazitäten primär an der kurzfristigen Auftragslage ausrichten. Folglich werden Entscheidungen auf der Grundlage von Erfahrungswerten getroffen.

Typ II "Digital fortgeschritten": Diesem Typus können Unternehmensverbände mit bis zu 150 Millionen Euro Umsatz zugeordnet werden, die bis zu 20 Standorte haben und bis zu 250 Mitarbeitende beschäftigen. Im Hinblick auf den digitalen Reifegrad erfassen Unternehmen des Typs II Prozess- und Statusdaten digital und automatisiert über Herstellerplattformen von Maschinen- und Anlagenbauern. Der Einsatz solcher digitalen Systeme ermöglicht die Einspeisung der Daten in das interne IT-Netzwerk sowie eine diagnostische Datenanalyse. Eine intensive Aufarbeitung vergangener Ereignisse ist möglich, wodurch zu einer Analyse von Ursachen verschiedener Ereignisse befähigt wird und Konsequenzen und Maßnahmen für die Zukunft abgeleitet werden können.

Typ III „Digitale Pioniere“: Insbesondere Unternehmen mit einem Jahresumsatz ab 50 Millionen Euro, mit mehr als 20 Standorten und über 250 Mitarbeitenden, können dem Typ III zugeordnet werden. Prozess- und Zustandsdaten der Betriebsmittel werden digital-automatisch über die Herstellerplattformen erfasst und teilweise deskriptiv und diagnostisch ausgewertet. Die Spanne der verfügbaren Assistenzsysteme ist breit gefächert und reicht von Wegesystemen über Produktionsüberwachung und -planung, excelbasierte Analysesysteme bis hin zu Materialbedarfsplanungs- (MRP II) und Enterprise-Resource-Planning(ERP)-Systeme.

4.1.3 Identifikation potenzieller Betreibermodelle

Diese identifizierten und gefilterten Kandidaten sind nun in die abstrahierten Betreibermodelle nach PARKER ET AL. (2016), welche im theoretischen Hintergrund dargelegt wurden, einzugliedern. Nach einem Abgleich der Interessen der Anspruchsgruppe auf Betreiberseite und Nutzerseite, konnten für die deutsche Steine- und Erdenindustrie drei Szenarien identifiziert werden, welche nachfolgend vorgestellt und in die Matrix der Betreiberszenarien eingeordnet werden (s. Abbildung 4-3).

Szenario 1 – Joint-Venture: Ein Zusammenschluss der Unternehmensverbände der Stein- und Erdenindustrie, Betriebsmittelhersteller, Technologieanbieter- und Dienstleister sowie gegebenenfalls nachgelagerten Akteuren der Wertschöpfungskette auf Sponsorenebene

realisieren eine gemeinsame Ausgründung in Form eines Joint-Ventures, welches die operative Ausgestaltung und das Management der Plattform übernimmt.

Szenario 2 – Geteiltes Modell: Ein Kompendium, bestehend aus den Unternehmensverbänden der S&E-Industrie, Betriebsmittelherstellern, Technologieanbietern und -dienstleistern sowie nachgelagerten Akteuren der Wertschöpfungskette, definiert auf Sponsorebene eine Norm für sensorerfasste Daten sowie standardisierte APIs, um generierte Daten vollumfänglich nutzbar zu machen. Diese Norm bietet das Fundament für eine unternehmensspezifische Implementierung dezentraler Plattformen, welche durch eine Vielzahl von unabhängigen Technologieanbietern und -dienstleistern durchgeführt werden kann.

Szenario 3 – Lizenzierungsmodell 1 (Branchenverband als Lizenzgeber): Der Branchenverband der deutschen Steine- und Erdenindustrie agiert auf Sponsorebene des Betreibermodells und stellt eine zentrale Plattform für zur Verfügung. Weiterhin werden Betriebsmittelhersteller und Technologieanbieter und -dienstleister lizenziert und befähigen die Unternehmen durch das Bereitstellen der technischen Basis auf Betriebsmittelebene an der Partizipation der Plattform.

Szenario 4 – Lizenzierungsmodell 2 (Bundesbehörde als Lizenzgeber): Die zuständige Bundesbehörde (BMWK) für die deutschen Steine- und Erdenindustrie agiert auf Sponsorebene des Betreibermodells und stellt eine zentrale Plattform für zur Verfügung. Die Lizenzierung der Betriebsmittelhersteller und Technologieanbieter und -dienstleister erfolgt simultan zu Szenario 3.

Szenario 5 – Proprietäres Modell: Ein einzelnes privatwirtschaftliches Unternehmen agiert als Plattformsponsor sowie Manager. Prädestiniert hierfür sind Betriebsmittelhersteller, oder Technologieanbieter, welche bereits die technische Kompetenz besitzen, um diese Rolle auszufüllen. Resultierend aus diesem Modell entstehen jedoch verschiedenste unabhängige Plattformen, welche gegenseitig in einem Verdrängungswettbewerb sind und möglicherweise keinerlei Kompatibilität aufweisen.

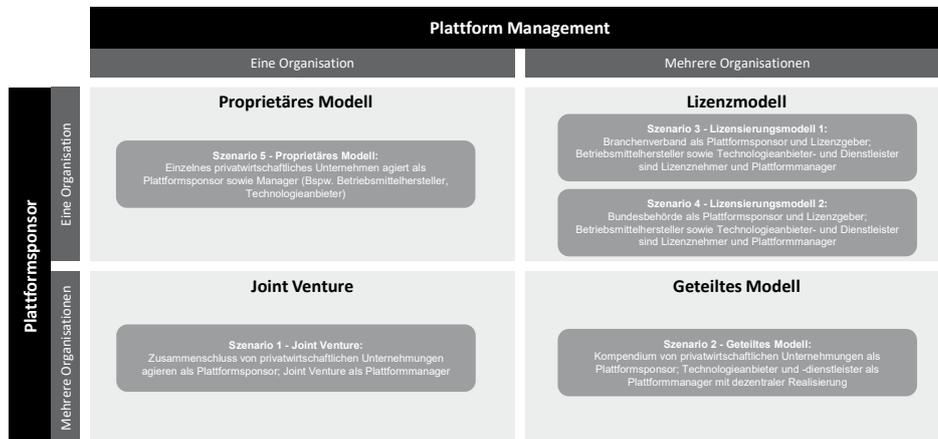


Abbildung 4-3: Potenzielle Betreiberszenarien für eine digitale B2B-Plattform der deutschen S&E-Industrie

4.1.4 Interessenvergleich von Betreiber- und Nutzerseite

Die erarbeiteten Betreiberszenarien werden in einem folgenden Schritt auf Basis von Expert:innenwissen auf Überschneidung von Interessen auf Betreiber- und Nutzerseite geprüft sowie erlangte Erkenntnisse durch Literaturrecherche verifiziert. Im Rahmen dieser Gegenüberstellung werden gleichermaßen exakte Übereinstimmungen von Interessen ermittelt sowie die Vereinbarkeit divergierender Interessen der betrachteten Akteursgruppen identifiziert. Auf Betreiberseite werden für jeden in einem der identifizierten Betreiberszenarien involvierten Akteur in Form einer unabhängigen Organisation die individuellen Interessen ermittelt und mit den Interessen auf Nutzerseite abgeglichen und ein akteurspezifischer Score ermittelt. Anschließend erfolgt die Aggregation der akteurspezifischen Scores eines Betreiberszenarios zu einem Gesamtscore für das Betreiberszenario (*allgemeine Interessendeckung*).

Weiterhin erfolgt für die identifizierten Betreiberszenarien eine Bestimmung des durchschnittlich erzielten Scores je involviertem Akteur auf Betreiberseite (*spezifische Interessendeckung*). Auf Basis der zwei ermittelten Bewertungskriterien erfolgt eine Beurteilung der Betreiberszenarien hinsichtlich des Interessensabgleichs. Eine ausführliche Darstellung findet sich in Anhang 3. Die Bewertungsskala umfasst die in Tabelle 4-1 abgebildeten Merkmalsausprägungen.

Tabelle 4-1: Bewertungssystematik des Interessenvergleichs zwischen Betreiber- und Nutzerseite einer digitalen Plattformlösung für die S&E-Industrie

Merkmalsausprägung der Bewertung	Grad der Vereinbarkeit der Interessen	Bewertung mathematisches Modell
+	Exakte Übereinstimmung oder gute Vereinbarkeit der Interessen auf Betreiber und Nutzerseite	+1
0	Kein Widerspruch zwischen den Interessen auf Betreiber- und Nutzerseite	0
-	Zielkonflikt zwischen den Interessen auf Betreiber und Nutzerseite	-1

Auf Basis der ermittelten Kenngrößen in Tabelle 4-2 ist zu erkennen, dass das *Szenario 4 – Lizenzierungsmodell 2* sowie das *Szenario 5 – Proprietäres Modell* für die beiden Bewertungskriterien der *allgemeinen Interessendeckung* und *spezifischen Interessendeckung* das niedrigste Rating erhalten und sind als Betreiberszenarien mit mangelnder Interessendeckung zwischen Betreibersphäre und Nutzersphäre zu identifizieren. Nachfolgend erfolgt eine weiterführende kritische literarische Auseinandersetzung mit diesen Betreiberszenarien.

Tabelle 4-2: Ergebnisse des Interessenvergleichs von Betreiber- und Nutzerseite einer digitalen Plattformlösung der S&E-Industrie

Betreiberszenario	allgemeine Interessendeckung	spezifische Interessendeckung
Szenario 1 - Joint Venture	96	24
Szenario 2 - Geteiltes Modell	96	24
Szenario 3 - Lizenzierungsmodell 1	19	6,33
Szenario 4 - Lizenzierungsmodell 2	11	3,67
Szenario 5 - Proprietäres Modell	6	6

Das *Szenario 4 – Lizenzierungsmodell 2* wird durch ein staatliches Engagement in Form einer Bundesbehörde als lizenzierender Plattformsponsor sowie komplementärer Plattformmanager in Form von privatwirtschaftlichen Unternehmungen konstituiert. Ein

staatliches Engagement in Form einer privatwirtschaftlichen Unternehmung, welche in dem betrachteten Betreiberszenario als Plattformsponsor agiert, unterliegt entsprechend § 65 BHO bzw. den analog formulierten Bestimmungen in den LHO und GO definierten Richtlinien. Eine Gründung oder Beteiligung der öffentlichen Hand an einer Unternehmung in der Rechtsform des privaten Rechts ist demnach ausschließlich bei dem Vorliegen eines öffentlichen Interesses an der zu übernehmenden Aufgabe möglich. Weiterhin darf der zu erfüllende Zweck nicht besser und wirtschaftlicher auf andere Art erfüllt werden, außerdem muss ein angemessener Einfluss durch die öffentliche Hand gewährleistet werden (s. PAPENFUß 2019, S. 323). Bei Betrachtung des bestehenden Engagements der öffentlichen Hand auf digitalen Plattformen der Industrie 4.0 können zwei mögliche Fokussierungen festgestellt werden. Die erste Fokussierung liegt auf der finanziellen Förderung von Forschungsprojekten im Rahmen der Forschungsagenda Industrie 4.0, welche basierend auf der ACATECH-Studie „Kompetenzen für Industrie 4.0 – Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze“ geschaffen wurde. Die zweite Fokussierung liegt auf einer Vermittlerfunktion, welche in dem Etablieren eines Netzwerks und Forums zum Kompetenz- und Wissensaustausch der Plattform Industrie 4.0 resultiert. (s. HIRSCHKREINSEN ET AL. 2022, S. 6) Weiterhin beschränkt sich das Engagement der öffentlichen Hand in privatwirtschaftlichen Unternehmungen im Bergbau und der S&E-Industrie auf Bundesebene auf eine Beteiligung an der „Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft“, welche Spätfolgen- und Renaturierungsmaßnahmen für bergbauliche Aktivitäten zwischen 1949 und 1989 auf dem Staatsgebiet der ehemaligen DDR durchführt (s. BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN 2022, S. 72). Es besteht in Form von öffentlichen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (FEU) im Jahr 2021 eine Beteiligung an insgesamt 7 Betrieben des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden auf Bund, Länder und Gemeindeebene. Dies ist in einer Aufschlüsselung nach Industriezweigen die niedrigste Anzahl, gefolgt von dem Segment Land- und Forstwirtschaft und Fischerei mit insgesamt 69 Beteiligungen (s. Statistisches Bundesamt 2022). Auf Basis der Identifikation einer mangelnden Interessendeckung zwischen den Akteuren auf Betreiber- und Nutzerseite des betrachteten Betreiberszenarios sowie dem zurückhaltenden Agieren der öffentlichen Hand in der Realisierung und dem Eigentum digitaler Industrie-4.0-Plattformen und einem niedrigen staatlichen Engagement der S&E-Industrie wird das Betreiberszenario 4 – Lizenzierungsmodell 2 in der weiteren Erarbeitung eines Betreiberkonzepts nicht berücksichtigt. Aufgrund der ausgeführten Gründe liegen keine Rahmenbedingungen vor, welche entsprechend § 65 BHO eine staatliche

Beteiligung an privatwirtschaftlichen Unternehmungen zur Realisation des Forschungsgegenstandes legitimieren würden.

Das *Szenario 5 – Proprietäres Modell* beschreibt die gleichzeitige Besetzung der Rollen des Plattformponsors sowie des Plattformmanagers durch denselben Akteur mit umfassenden Entscheidungskompetenzen auf normativer, strategischer und operativer Ebene (s. PARKER ET AL. 2016, S. 117). Durch die Entwicklung eines neuen Technologiestandards und die fortwährende Verfügung über diesen können auf Basis der kombinierten Wirkung von Skalen-, Netzwerk- und Lock-in-Effekten Monopole in den Märkten für digitale Produkte entstehen. Auf Basis des direkten Kontakts des Plattformanbieters zu den Konsumenten können neben der Vermarktung des eigentlichen Produkts, der Plattform, ebenfalls lukrative Beratungsleistungen für die optimierte Nutzung digitaler Hilfsmittel vermarktet werden (s. BUTOLLO U. SCHNEIDEMESSER 2021, S. 18). Sowohl aus volkswirtschaftlicher als auch aus Konsumentenperspektive drohen Monopole, zu Ineffizienzen, zu hoher Preisgestaltung für die Nutzer wie auch zu Wohlfahrtsverlusten zu führen und sind aufgrund dessen zu vermeiden (s. KRÄMER 2019, S. 49). Neben der Identifikation einer mangelnden Interessendeckung zwischen den Akteuren auf Betreiber- und Nutzerseite ist weiterhin kein Akteur im Wertschöpfungsnetzwerk der S&E-Industrie erkennbar, der allein die Marktmacht besitzt, um die notwendigen Kooperationen mit den Rollen der *Technologieanbieter und Betriebsmittelhersteller* für eine umfassende Nutzung und Aufbereitung der Betriebsmitteldaten einzugehen. Aufgrund dessen wird das *Szenario 5 – Proprietäres Modell* im weiteren Verlauf der Entwicklung eines langfristigen Betreiberkonzepts nicht berücksichtigt.

4.2 Identifikation von Plattformservices

Die Definition von Plattformservices ist wie die Definition von Servicedienstleistungen in der realen Welt zu unpräzise, um das breite Variantenfeld der Serviceindustrie zu umfassen. Kennzeichnend ist die Interaktion unter Nutzung eines Datennetzwerkes als Kommunikationskanal (s. Cardoso et al. 2011, S. 6). Diese Services, welche von den Produzenten einer Plattform angeboten werden, sind als wahrgenommene Leistungen konstituierend für das Wertversprechen der Konsumenten einer Plattform (s. Allweins et al. 2021, S. 456).

Die Identifikation relevanter Plattformservices für die Akteure der S&E-Industrie basiert auf Literaturrecherche, in der existierende Services in der Bergbau-/ S&E-Industrie sowie benachbarten Industrien berücksichtigt wurden. Weiterhin fließt das Expertenwissen des

Konsortiums des projektbegleitenden Ausschusses, kanalisiert durch einen Design-Thinking-Workshop im Format des World-Cafés, durchgeführt während des zweiten Treffens des projektbegleitenden Ausschusses am 01.10.2021, in die Sammlung der identifizierten Plattformservices ein.

Design-Thinking ist eine Methodik, welche häufig im Kontext der Lösung von unstrukturierten und mit Unsicherheit belasteten Problemen verwendet wird (s. Levy u. Huli 2019, S. 351). Es ist ein Ansatz, durch welchen das systematische Lösen komplexer Probleme ermöglicht wird (s. Brown u. Katz 2016, S. 15). Weitere Verwendung findet die Methodik als Kreativitätstechnik, beispielsweise in den frühen Phasen eines Innovationsprozesses oder als generalistischer Handlungs-, Denk- und Arbeitsansatz (s. Meinel et al. 2015, S. 11). Die Realisation des Workshops basiert auf dem Fundament der Design-Thinking-Prinzipien des Menschen als Ausgangspunkt, der Multidisziplinarität und dem iterativen Vorgehensansatz (s. Schallmo u. Lang 2020, S. 22). Das interdisziplinäre Kompendium des projektbegleitenden Ausschusses erarbeitet aus Nutzerperspektive Lösungen der Fragestellung „*Welche Services/Dienstleistungen auf der Plattform würden einen Mehrwert für die einzelnen Akteure darstellen?*“. Die Ergebnisse des ergebnisoffenen Austauschs sind in Abbildung 4-4 dargestellt. Das Prinzip der Interaktivität wird durch das Diskussionsformat des World-Cafés ermöglicht. Hierbei handelt es sich um ein Diskussionsformat, bei welchem die Workshopteilnehmer in unterschiedliche Gruppen mit einer Personenzahl von vier bis fünf Personen eingeteilt werden. Jede Gruppe erarbeitet, begleitet durch einen Moderator, Lösungen zu verschiedenen Fragestellungen an einem Tisch, welcher eine gesprächsanregende Café-Atmosphäre erzeugt. Anschließend rotieren die Gruppen zu einem neuen Tisch, die Moderatoren hingegen verbleiben an den jeweiligen Stationen, erläutern den neuen Gesprächsteilnehmern den jeweiligen Diskussionsgegenstand sowie die Ergebnisse, welche durch die Teilnehmer der vorherigen Gesprächsrunde erarbeitet wurden. Dieses Vorgehen wird wiederholt, bis eine jede Gruppe jeden Diskussionsgegenstand bearbeitet hat. Hierdurch werden erarbeitete Lösungen iterativ durch eine Vielzahl interdisziplinärer Teams ergebnisoffen diskutiert und inkrementell verbessert (s. Carson 2011, S. 11).

Durch eine Literaturrecherche mit dem Fokuspunkt der Analyse bestehender Ansätze der Digitalisierung im Rahmen einer holistischen Betrachtung der Bergbauindustrie sowie der benachbarten Industriezweige, werden die Ergebnisse des Workshops zweckgerichtet komplementiert. Die *Kapazitätsauslastungsbestimmung* bildet das digitale Fundament, um

Verbesserungen in den Aspekten der Produktivität, Durchsatz, Energieeffizienz sowie der Lebensdauer der betrieblichen Vermögensgüter zu kreieren (s. Ganeriwalla et al. 2021, S. 2). Diese Basis ermöglicht eine KI-basierte *Prädiktion der Produktionseffizienz*, basierend auf einem Machine-Learning-Modell der multivariaten Regressionsanalyse (s. Maheswari et al. 2020, S. 457). Weiterhin bestehen Servicepotenziale in der *Qualitätskontrolle* und der Qualitätsvorhersage (*predictive Quality*) in Form von kamerabasierter optischer Produktkontrolle, oder durch umfassende Analyse und Kartografieren der Güte der Ressourcenvorkommen entlang der Abbaustelle, was eine optimierte langfristige Abbauplanung befähigt (s. Buntz 2017; Komljenovic et al. 2015, S. 349). Um solch fortgeschrittene digitale Analysetools umzusetzen, ist der Aspekt der Datenhaltung zu berücksichtigen. Um den in Kapitel 3 identifizierten, hinsichtlich des Digitalisierungsgrades divergierenden Teilnehmern der S&E-Industrie eine Partizipation an fortgeschrittenen KI-basierten Services zu ermöglichen, sind ein *Leitfaden Data-Collection*, ein *Leitfaden zur adäquaten Ausstattung von Sensortechnik* sowie ein *Data-Lake-Management* unverzichtbare befähigende Elemente (s. Duarte et al. 2021, S. 3176; Duarte et al. 2022, S. 2334; Moura et al. 2017, S. 1312). Basierend auf sensorerfassten Betriebsmitteldaten kann in Form von GPS-Tracking-basierten Warnsystemen weiterhin die *Arbeitssicherheit* gesteigert werden (s. Buntz 2017). Weiterhin kann eine Optimierung des Energiemanagements durch eine simultane Analyse von Bewegungs- und Kraftstoffverbrauchsdaten der Betriebsmittel erfolgen; eine ausgeweitete Betrachtung stationärer Produktionsanlagen wie des Immobilienbestands ermöglicht ein ganzheitliches *Smartes Energiemanagement* (s. Laayati et al. 2022, S. 17). Weiterhin ermöglichen sensorbasierte Betriebsmitteldaten durch Condition-Monitoring fortgeschrittene Methoden der *Instandhaltungsplanung* in Form von *Predictive Maintenance* oder eine optimierte *Preventive Maintenance*, welche durch eine Analyse von Kapazitätsauslastungsprognosen eine *auslastungsorientierte Instandhaltungsplanung* ins Werk setzt. Eine vollständige Übersicht der identifizierten Plattformservices liegt in Abbildung 4-4 vor. Von einer Einordnung der Services in Ansätze zur Systematisierung eines Plattformgeschäftsmodells, wie die Plattform-Canvas nach Allweins et al., wird abgesehen, da jene eine Abbildung konkreter Services für die Plattformkonsumenten nur bedingt erlauben. Vielmehr handelt es sich um eine Methodik, um die charakteristischen Elemente einer Plattformunternehmung, einschließlich der technischen Architektur sowie Skalierungsstrategien, durch den Netzwerkeffekt (s. Allweins et al. 2021, S. 455), abzubilden.

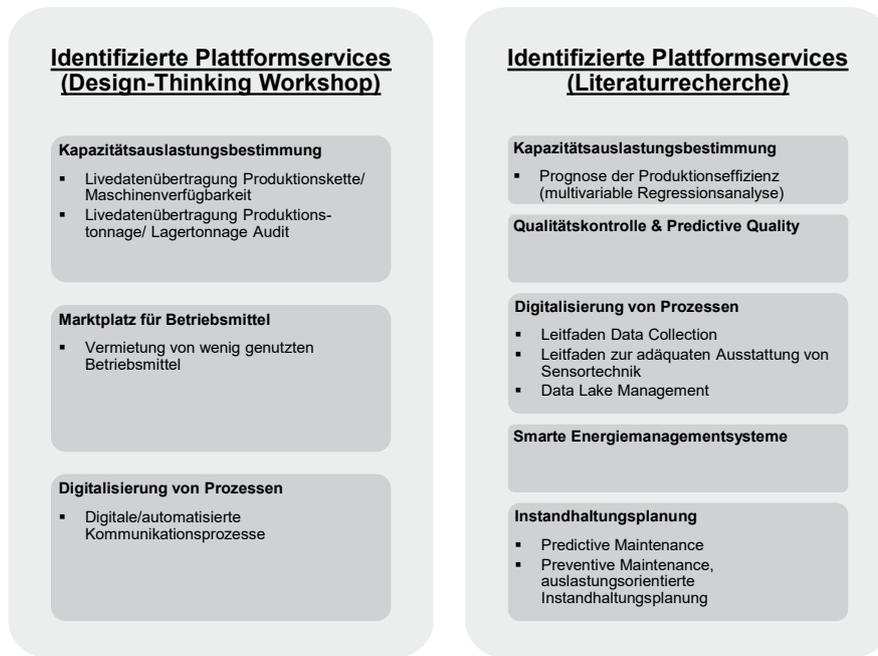


Abbildung 4-4: Potenzielle Services einer digitalen Plattform der deutschen S&E-Industrie

4.3 Mehrwert der Plattformservices

Plattformservices stellen die wahrgenommenen Leistungen aus Konsumentenperspektive einer Plattform dar, welche das Wertversprechen der Plattform prägen (s. Allweins et al. 2021, S. 456). Um den Nutzen der Plattform an den Bedürfnissen der Betriebe der S&E-Industrie auszurichten, ist eine Bestimmung des Mehrwerts der einzelnen Services für die Betriebe notwendig. Dies ermöglicht eine Priorisierung der relevanten Services in der Umsetzung einer Plattform. Die Bestimmung des Mehrwerts der Plattformservices erfolgt in den folgenden Unterkapiteln auf Basis der Methodik des paarweisen Vergleichs und der Nutzwertanalyse.

4.3.1 Identifikation und Gewichtung der Bewertungskriterien

Zur Bestimmung des Mehrwerts der Plattformservices sind in einem ersten Schritt Bewertungskriterien zu definieren und gewichten. Eine Definition der anzuwendenden Bewertungskriterien erfolgte im Forschungsantrag, in dem diese als *Erlös- und Kostenstrukturen, notwendige Kompetenzen, Kundenkontaktpunkt* sowie *zeitliche und finanzielle Ressourcen* beschrieben werden.

Die Gewichtung erfolgt nachstehend durch die Verwendung der Methodik des paarweisen Vergleichs, welcher eine Methodik zur Entscheidungsfindung zwischen diversen Alternativen darstellt. Es erfolgt ein Vergleich zwischen den Bewertungskriterien hinsichtlich der wahrgenommenen Relevanz, wodurch eine Rangfolge erstellt werden kann (s. Eversheim et al. 2006, S. 438). Die Komplexität der Problemstellung wird durch die Zerlegung des Gesamtvergleichs in einzelne paarweise Vergleiche reduziert (s. Breiing u. Knosala 1997, S. 50). Anschließend werden die Ergebnisse der einzelnen paarweisen Vergleiche aggregiert und auf einer Skala (in Rahmen dieses Forschungsprojekts beträgt diese 1-5) bewertet, welche für die nachfolgende Nutzwertanalyse des Mehrwerts ebenfalls die Gewichtung der Bewertungskriterien darstellt. Eine Bewertung von 1 impliziert eine niedrige Relevanz des Bewertungskriteriums, eine Bewertung von 5 impliziert eine hohe Relevanz des Bewertungskriteriums. Die Gewichtung der jeweiligen Bewertungskriterien erfolgt entsprechend Formel 1.

Formel 1: Gewichtung der Bewertungskriterien durch den paarweisen Vergleich

$$G_i = Rd \left[(X - 1) * \frac{S_i - S_{min}}{S_{max} - S_{min}} + 1 \right]$$

S_i: Spaltensumme von Kriterium i

X: Maximalausprägung des Gewichtungsfaktors (hier X=5)

G_i: Gewichtung des Kriteriums i

Als kritische Bewertungskriterien konnten die *Erlös- und Kostenstrukturen, Fokussierung von Bedarfs- und Kapazitätsplanung sowie finanzielle Ressourcen* identifiziert werden, welche konstituierend für die Bestimmung des Mehrwerts der potenziellen Plattform-services der S&E-Industrie sind.

als wichtiger	Erlös- und Kostenstrukturen	Notwendige Kompetenzen	Kundenkontaktpunkt	Zeitliche Ressourcen	Fokussierung auf Bedarfs- und Kapazitätsplanung	Finanzielle Ressourcen	Summe	%	Gewicht (gerundet)
Erlös- und Kostenstrukturen	2	2	0	2	1	7	23,33%	5	
Notwendige Kompetenzen	0	2	2	0	0	4	13,33%	3	
Kundenkontaktpunkt	0	0	1	0	0	1	3,33%	1	
Zeitliche Ressourcen	2	0	1	0	1	4	13,33%	3	
Fokussierung auf Bedarfs- und Kapazitätsplanung	0	2	2	2	1	7	23,33%	5	
Finanzielle Ressourcen	1	2	1	1	2	7	23,33%	5	
						Prüfsumme	100%		

Abbildung 4-5: Paarweiser Vergleich der Bewertungskriterien der Plattformservices

4.3.2 Bestimmung des Mehrwerts der Plattformservices

Auf Basis der gewichteten Bewertungskriterien für den Mehrwert der einzelnen Plattformservices erfolgt eine Bestimmung des Mehrwerts durch die Methodik der Nutzwertanalyse. Die Nutzwertanalyse ist eine Methode der systematischen Entscheidungsfindung sowie -vorbereitung auf der Basis von Bewertungen (Nutzen) anhand von Bewertungskriterien und einer folgenden Auswahl (Nutzenrangfolge) von bestmöglichen Alternativen (Dittmer 1995, S. 44). Der Erfüllungsgrad eines Teilnutzens wird zum Gesamtnutzen einer jeden Entscheidungsalternative aggregiert. Die Entscheidungsalternative mit dem maximalen Gesamtnutzen ist entsprechend der Nutzwertanalyse zu priorisieren (s. Thormählen 1977, S. 638). Im Rahmen der Bestimmung des Mehrwerts der einzelnen Plattformservices stellen die in Kapitel 4.2 identifizierten Services die Entscheidungsalternativen dar, welche anhand der in Kapitel 4.3.2 gewichteten Bewertungskriterien bewertet werden. Die Berechnung des Nutzwertes erfolgt gemäß Formel 2.

Formel 2: Berechnung des Nutzwertes

$$NW_j = \sum_{i=1}^{n=i} G_i * E_{i,j}$$

NW_j: Nutzwert der Entscheidungsalternative j

G_i: Gewichtung des Bewertungskriteriums i

E_{i,j}: Erfüllungsgrad der Entscheidungsalternative j hinsichtlich Bewertungskriteriums

Die Ergebnisse der Nutzwertanalyse sind mit absteigendem Mehrwert in der nachstehenden Tabelle 4-3 aufgetragen. Eine Darstellung der vollständigen Nutzwertanalyse findet sich in Anhang 2.

Tabelle 4-3: Ergebnis der Nutzwertanalyse hinsichtlich des Mehrwerts der Plattformservices

Plattformservice	Mehrwert
Livedatenübertragung Tonnage/Lagerkapazität	80,0
Preventive Maintenance (auslastungsorientierte Planung von Wartungsintervallen)	77,0
Instandhaltungsplanung	76,0
Kapazitätsauslastungsbestimmung	74,0
Live Standortübertragung von Assets (Antizipation von Gefahrensituationen)	73,0
Livedatenübertragung Produktionskette / Maschinenverfügbarkeit	66,0
Digitalisierung von Prozessen	63,0
Verbesserung Arbeitssicherheit	63,0
Digitale/ automatisierte Kommunikation (bspw. via App mit Maschinenführern)	62,0
Prognose Produktionseffizienz (multivariable Regression)	58,0
Marktplatz	56,0
Predictive Maintenance	52,0
Leitfaden Data Collection (Sensortechnik)	52,0
Data Lake Management	49,0
Auslastungsorientierte Vermietung von Assets	48,0
Smartes Energiemanagement	45,0
Qualitätskontrolle & Predictive Quality	33,0

4.4 Umsetzbarkeit der Services

Eine Bewertung hinsichtlich der Umsetzbarkeit der Services ist in Relation mit dem verwendeten Betreibermodell zu betrachten, da jedes Betreibermodell strukturell systematische Potenziale und Hemmnisse aufweist. Weiterhin ist neben dem

grundsätzlichen Betreibermodell die Besetzung der Rollen durch verschiedene Akteure zu betrachten, da diese Komposition aus Struktur und Akteuren die individuellen Kompetenzen eines Betreiberszenarios und somit der entstehenden Plattform prägen (s. Parker et al. 2016, S. 112). Nachfolgend werden die Betreiberszenarien auf die Realisierbarkeit der einzelnen Plattformservices, basierend auf Befragungen von Branchenteilnehmern aus der S&E-Industrie und Experten der digitalen Transformation, unter Berücksichtigung des durch einzelne Services generierten Mehrwertes geprüft.

4.4.1 Bestimmung des Gesamtnutzens der Betreibermodelle

Das Bewertungssystem zur Bestimmung des Gesamtnutzens der Betreibermodelle basiert auf einer Betrachtung des in Kapitel 4.3 identifizierten generierten Mehrwerts durch die Plattformservices sowie die Bestimmung der Umsetzbarkeit der einzelnen Plattformservices im jeweiligen Betreiberszenario. Realisiert wird dies durch die Anwendung der in Kapitel 4.3.2 erläuterten Methodik der Nutzwertanalyse. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale sind hierbei, dass die Betreiberszenarien als Entscheidungsalternativen, die Plattformservices, die Entscheidungskriterien und die Umsetzbarkeit des Services im jeweiligen Betreibermodell der Teilnutzen eines Szenarios ist. Die Gewichtung der Entscheidungskriterien (Plattformservices) wird durch den in der Nutzwertanalyse der ersten Stufe ermittelten Mehrwert dargestellt (s. Abbildung 4-6).

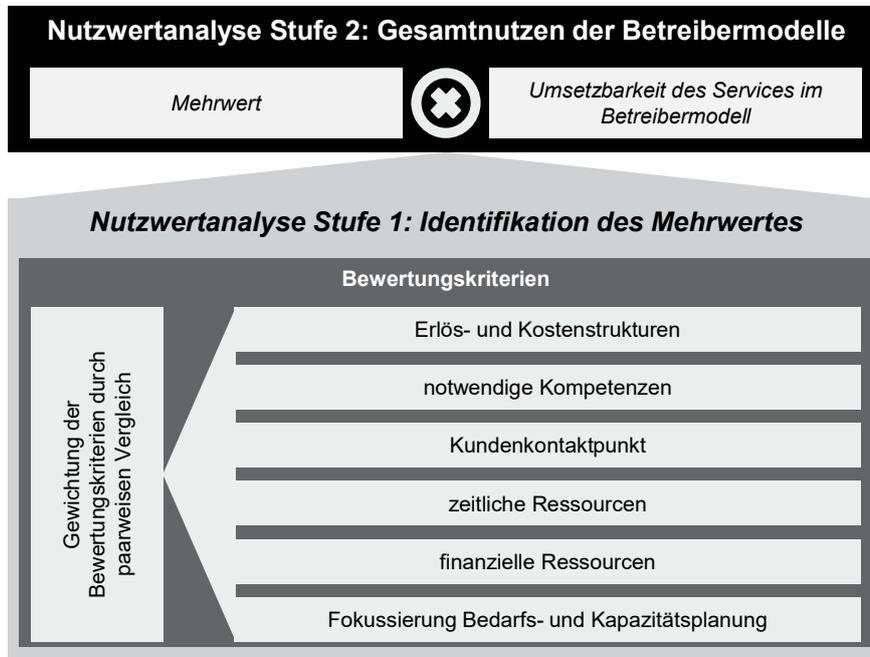


Abbildung 4-6: Vorgehen zur Bestimmung des Gesamtnutzen der potenziellen Betreibermodelle in Abhängigkeit der Realisierbarkeit der Plattformservices

Diese abschließende szenariobasierte Nutzwertanalyse beinhaltet die Einschätzung von im Forschungsprojekt involvierten Experten der S&E-Industrie sowie dem Bereich der digitalen Transformation. Die Empfehlung der Nutzwertanalyse ist die Umsetzung der Plattformlösung durch das Szenario 4 – Lizenzierungsmodell 1, in welchem der Branchenverband als Plattformsponsor orchestrierend wirkt. Die unterschiedlichen Bewertungen der Gesamtnutzen der jeweiligen Betreibermodelle, welche durch die Anwendung der szenariobasierten Nutzwertanalyse bestimmt wurden, ist in Tabelle 4-4 aufgetragen.

Betreiberszenario	Score Gesamtnutzen
Betreiberszenario 1 - Joint Venture	3459
Betreiberszenario 2 - Geteiltes Modell	1970
Betreiberszenario 4 - Lizenzierungsmodell 1	3741

Tabelle 4-4: Ergebnisse der zweistufigen Nutzwertanalyse zur Bewertung der ausgearbeiteten Betreiberszenarien unter Berücksichtigung der Bewertungsdimensionen *Mehrwert* und *Umsetzbarkeit* hinsichtlich der einzelnen Plattformservices

4.4.2 Validierung durch den projektbegleitenden Ausschuss

Der projektbegleitende Ausschuss agiert im Rahmen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ fortwährend als Quelle der Einblicke in die Industriepraxis der S&E-Industrie sowie als kontrollierende Instanz hinsichtlich der Projektergebnisse. Diese Funktion wird in Form einer Validierung der Relevanz der identifizierten und nach Mehrwert beurteilten Plattformservices während des dritten Treffens des projektbegleitenden Ausschusses am 17.03.2022 angewendet. Als anschauliche Präsentationsform der Ergebnisse dient eine grafische Skizzierung der Plattformoberfläche und des Nutzenumfangs in Form von Plattformservices (siehe Anhang 4). Im Rahmen des Treffens des projektbegleitenden Ausschusses identifizierte Potenziale und Hemmnisse (s. Abbildung 4-7), legen deutlich dar, dass ein Marktplatz für die temporäre Vermietung und Anmietung von ungenutzten oder benötigten Betriebsmittelkapazitäten fordernd für die Betriebe der S&E-Industrie ist. Neben rechtlichen und versicherungstechnischen Hindernissen stellen der Transport der teils stationären Betriebsmittel, die existierenden Vermietungsangebote von spezialisierten Unternehmen sowie der seltene Bedarf zusätzlicher Betriebsmittel bzw. die seltene Verfügbarkeit überschüssiger Betriebsmittelkapazitäten fundamentale Herausforderungen dar.

Positive Anregungen sind hinsichtlich der Kapazitätsauslastungsbestimmung von Betriebsmitteln und Betriebsstandorten zu identifizieren, welche durch ein transparentes Analyseverfahren standortübergreifende Informationen für Optimierungspotenziale aufzeigen soll. Weiterhin sind Bestrebungen für eine Verwendung von Telemetriedaten sowie weiteren sensorerfassten Daten, in Verbindung mit dem Wunsch der einfachen und standardisierten Eingabe sowie Akquise von Daten in einem generischen und interkompatiblen Datenformat, vorhanden.

Anregungen	Kritikpunkte
<ul style="list-style-type: none"> Dashboard soll Aufschluss über eigenen Status geben Potenzial für Optimierungen im Betrieb Standortübergreifende Informationen für Optimierung der Auslastung Erkennung von Verfügbarkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> Plattform-Marktplatz wird problematisch gesehen: <ul style="list-style-type: none"> Angebot und Nachfrage von Betriebsmitteln professionelle Anbieter vorhanden Wer übernimmt die Versicherung, Wartung etc.
<ul style="list-style-type: none"> Transparente Darstellung der Analyse: <ul style="list-style-type: none"> Wie kommt man an relevante Daten? Warum sind diese Daten relevant? Was ist die Aussagekraft der Daten? 	<ul style="list-style-type: none"> „Normaltransport“ nicht immer möglich. Demontage von Anlagen erforderlich bzw. Sondertransport notwendig. Verhältnis Nutzen und Kosten muss stimmig sein Transport und somit Umdisponierung aktuell teuer
<ul style="list-style-type: none"> Wie können Betriebsmitteldaten (Telemetriedaten) in die Plattform integriert werden? <ul style="list-style-type: none"> Freigabe der Herstellerdaten / externe Sensorik? Manuelle Eingabe? / Alternativen? 	<ul style="list-style-type: none"> Betriebsmittel sind relativ statisch, aufgrund der Auslegung des Betriebs und der Dimensionierung der Betriebsmittel Zu 90 % kein Überschuss der Kapazität von Betriebsmitteln Fuhrpark ist auf den Betrieb zugeschnitten
<ul style="list-style-type: none"> Einmalige, standardisierte Eingabe von Daten vereinfachte Datenakquise <ul style="list-style-type: none"> Einfache Übertragbarkeit in andere Systeme Szenario-Entwicklung für Auslastungen 	<ul style="list-style-type: none"> Unterschiede in der Fuhrparkkonstellation (gekauft/ geleast) Zusammenarbeit mit Auftragnehmern (Contractors) mit eigenen Betriebsmitteln
<ul style="list-style-type: none"> Tool zur Ursachenidentifikation <ul style="list-style-type: none"> Warum sind Betriebsmittel an gewissen Standorten effizienter / effektiver → Benchmarking 	<ul style="list-style-type: none"> Hilfs- & Zusatzgeräte sind meist alte/ gebrauchte/ abgeschriebene Geräte ohne hohe technologische Standards <ul style="list-style-type: none"> Daher geringe CAPEX und OPEX → Vermietung über Plattform nicht notwendig
<ul style="list-style-type: none"> Standortbezogene Daten: Kenntnis über Defizite und Potenziale in der Auslastung der Betriebsmittel Optimierung von Kosten: Auslastungsprognose von Betriebsmitteln mit verfügbaren Personal vergleichen 	

Abbildung 4-7: Kritik und Anregungen des projektbegleitenden Ausschusses zu Serviceumfängen und der Ausgestaltung der Benutzeroberfläche im Rahmen des dritten Treffens des projektbegleitenden Ausschusses am 17.03.2022

4.5 Umsetzungsroadmap und Beschreibung der Mindestaufwände zur Plattformpartizipation

Die Ausarbeitungen sowie Empfehlungen des Kapitels 4 hinsichtlich der Betreiberszenarien sowie des Serviceumfangs einer digitalen Plattform zur Steigerung der Kapazitätsauslastung und Prognosefähigkeit der Nachfrage in der S&E-Industrie wurden durch die Betrachtung des entstehenden Nutzenpotenzials aller Branchenteilnehmer der S&E-Industrie ausgearbeitet. Die Inhomogenität der Betriebsstrukturen, insbesondere bezüglich des Aspekts der digitalen Reife, welche in Kapitel 2.2 ausgearbeitet ist, resultiert in einer Charakterisierung der Branchenteilnehmer in die Unternehmenstypen *Digital ausbaufähig*, *Digital fortgeschritten* sowie *Digital Leader*. Um sämtlichen

Branchenteilnehmern eine Partizipation an einer digitalen Plattform zur Steigerung der Kapazitätsauslastung und Prognosefähigkeit zu ermöglichen, erfolgt eine Darlegung eines Transformationspfads hin zu digital fortgeschrittenen oder digital führenden Unternehmen sowie eine Beschreibung der Mindestaufwände zur Erschließung von Datenquellen, welche für die Nutzbarkeit der in Kapitel 4.3 identifizierten Services mit dem höchsten Mehrwert für die Industrieteilnehmer notwendig sind. Es werden die Services mit den fünf höchsten Nutzwerten hinsichtlich des Mehrwertes berücksichtigt.

Für eine Livedatenübertragung der geförderten Tonnage sowie ein Tracking der verfügbaren Lagerkapazität ist eine Betrachtung des eingehenden und ausgehenden Materialstroms eine Lösung, um die relevanten Lagermengen sowie freie Kapazitäten zu bestimmen (s. Zotică et al. 2022, S. 1). Um eine solche Funktion zu realisieren, ist entsprechend Kapitel 2.1.6 eine kabellose Zustandsdatenerfassung auf Anwendungssystemebene notwendig, welche durch entsprechende Sensorik die Bewegungsdaten sowie die Lademengen erfassen kann, welche in einer deskriptiven Analyse verwertet werden. Die Umsetzung einer Instandhaltungsplanung in Form von *preventive maintenance* und auslastungsorientierter Planung von Wartungsintervallen erfordert ein detailliertes Wissen von nötigen Wartungszyklen und -dauern des Betriebsmittelbestands sowie eine Bestimmung der Kapazitätsauslastung und eine Prognose der externen Nachfrage, um einen planerischen Abgleich von Auslastungssenken sowie der Wartungszeiträume durchzuführen. Die notwendigen Datenquellen für die Kapazitätsauslastung werden nachstehend beschrieben, da es sich um eine vollständige in Kapitel 4.2 bestimmte Servicefunktion handelt. Ein Modell der externen Bedarfsprognose wird in Kapitel 5.1.5 beschrieben. Für eine Kapazitätsauslastungsbestimmung ist die Bereitstellung der Kunden- und Auftragsdaten in digitaler Form notwendig. Entsprechend der Einstufung der digitalen Reife aus Kapitel 2.1.6 trifft dies auf die Merkmalsausprägungen digital (händisch) sowie digital (automatisch) zu. Weiterhin sind Informationen über die Personaldaten in Form von Verfügbarkeit und der Betriebsmitteldaten in Form einer Zustandsdatenerfassung in einem Anwendungssystem notwendig. Abhängig von der Aktualität der Kapazitätsauslastungsbestimmung kann als Art der Konnektivität eine kabelgebundene oder kabellose Methodik angewendet werden. Für den Service der Livestandortübertragung von Betriebsmitteln zur Antizipation von Gefahrensituationen ist eine echtzeitfähige Lokalisationsdatenerfassung notwendig, welche in der Lage ist, auf Objektebene eine Warnung zu kommunizieren,

sobald ein notwendiger Sicherheitsabstand unterschritten wird. Hierfür ist keine absolute Einordnung der Position notwendig, eine Bestimmung des relativen Abstands ist ausreichend. Eine Livedatenübertragung der Produktionsketten sowie der Maschinen- und Betriebsmittelverfügbarkeit erfordert entsprechend der Kategorisierung nach Hicking (2020) eine kabellose Zustandsdatenerfassung in einer Plattform mit einer deskriptiven Art der Datenanalyse. Die kontinuierliche Einspeisung der Daten in die Plattform birgt für die digital ausbaufähigen und digital fortgeschrittenen Unternehmen der S&E-Branche die Problematik, dass der existierende Betriebsmittelbestand inhomogen ist und Daten, falls sie erfasst werden, auf kostenintensiven Herstellerplattformen, welche eine Extraktion der Daten nur schwer ermöglichen, abliegen. Zusätzlich sind Betriebsmittel ohne eine entsprechende Sensorik und Vernetzung Teil des Bestands (s. Kapitel 3.1). Eine Methode der Vereinfachung besteht aus der manuellen Sammlung der Daten und einem Einspeisen in diskreten Zeitintervallen. Hierdurch verliert das System jedoch die Echtzeitfähigkeit.

Die digitale Transformation ist ein Megatrend der gesellschaftlichen und industriellen Entwicklung. Dies resultiert in dem Bedarf nach einem umfassenden Change-Management bei der Integration digitaler Tools in wenig digitalisierten Umgebungen (s. Reinhardt 2020, S. 48). Um die Unternehmen der S&E-Industrie zu befähigen, einen solchen Wandel zu implementieren, wird eine Umsetzungsroadmap für organisationalen Wandel nach KOTTER erläutert. Dieser präskriptive Rahmen stellt einen Leitfaden für das Management des Wandels unter Berücksichtigung von Schwierigkeiten im Zusammenhang mit Veränderungsbemühungen (s. Tang 2019, S. 53). Das achtstufige Vorgehen beinhaltet die drei übergeordneten Phasen des *Unfreezing*, *Moving* und *Refreezing* nach LEWIN und berücksichtigt in den acht untergeordneten Phasen die Relevanz des Mitarbeiterengagements sowie die Notwendigkeit eines normativen Leitsterns zur Implementierung des Wandels (s. Abbildung 4-8).

Unfreezing	8	Den Wandel Etablieren	Erfolgreiche Veränderung sind fest in der Unternehmenskultur zu manifestieren
	7	Kontinuierlich Engagement fördern	Kontinuierliche Analyse und Controlling der Umsetzung unter intensiver Einbindung der Beteiligten um weitere Anstöße des Wandels zu generieren
Moving	6	Kurzfristige Erfolge erzielen	Fokussierung auf schnell erreichbare Ziele, um durch Erfolge die Beschäftigten zu motivieren
	5	Barrieren abbauen	Abbau von organisationalen Hemmnissen (Organisationsstrukturen, Routinen) um den Wandel zu ermöglichen
	4	Freiwillige mobilisieren	Fortlaufende und breitenwirksame Kommunikation der Vision schafft Vertrauen und stärkt die Motivation
Refreezing	3	Strategische Vision und Initiativen	Definition einer Vision und Strategie für das Unternehmen, um das Ziel zu verdeutlichen
	2	Führungskoalition kreieren	Mitarbeitende in Schlüsselfunktionen sowie notwendigen Kompetenzen in einem interdisziplinären Team vereinen
	1	Dringlichkeitsgefühl schaffen	Verständnis für die Dringlichkeit des Veränderungsprojektes unter den Führungskräften und den beteiligten Beschäftigten schaffen

Abbildung 4-8: Umsetzungsroadmap von Change-Management-Projekten (eigene Abbildung i. A. a. Kotter 2012a, S. 2; Tang 2019, S. 53)

5 Entwicklung und Realisierung eines Demonstrators zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Erhöhung der Kapazitätsauslastung

Um den Unternehmen eine direkte Möglichkeit zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Erhöhung der Kapazitätsauslastung zu geben und die Umsetzbarkeit aufzuzeigen, wurde ein unternehmensneutraler Plattformdemonstrator realisiert. Die Entwicklung des Demonstrators erfolgte kontinuierlich und gemeinsam mit den Unternehmen des PAs.

5.1 Grobstruktur Plattform

Die Grobstruktur der Plattform besteht aus den vier Komponenten **Visualisierung**, **Analyse** der verfügbaren Daten, **Datenzugang** und **Daten** (s. Abbildung 5-1).

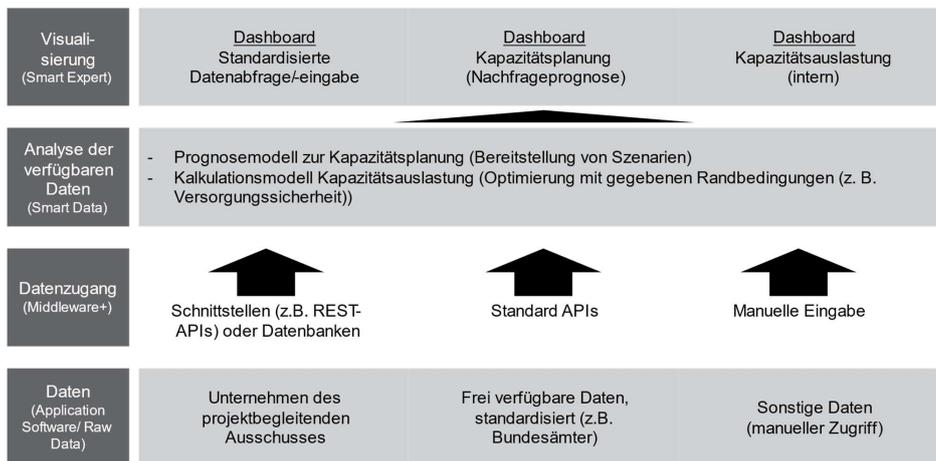


Abbildung 5-1: Grobstruktur der Plattform

Die Grobstruktur der Plattform orientiert sich an dem an der RWTH Aachen entwickelten *Internet of Production* (s. Schuh et al. 2017). Das Konzept des *Internet of Production* hat ebenfalls vier Komponenten: „Raw Data“ ist analog zu der Datenkomponente der Grobstruktur der Plattform. Darüber hinaus ist der Datenzugang an der „Middleware+“, die Analyse der verfügbaren Daten an der „Smart Data“- und die Visualisierung an der „Smart Expert“-Komponente orientiert. Abbildung 5-2 zeigt das *Internet of Production*.

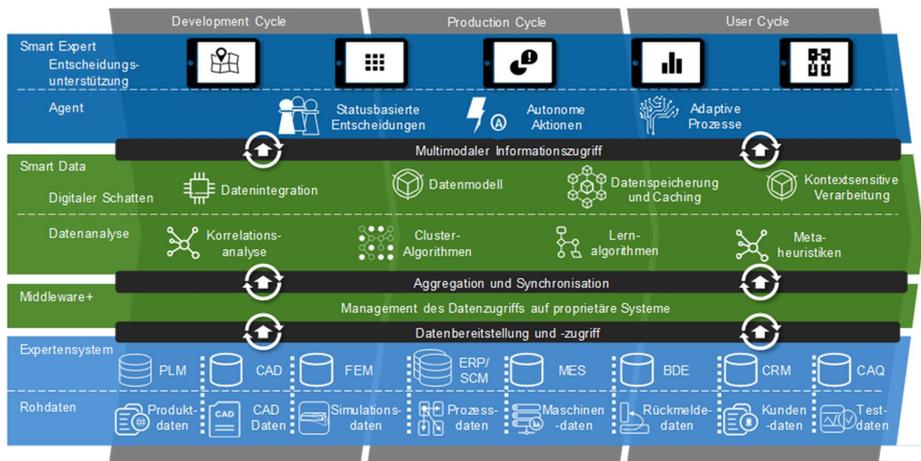


Abbildung 5-2: Konzept des *Internet of Production* (Schuh et al. 2017, S. 4 f.)

Zur Entwicklung der Grobstruktur lag der Fokus zunächst auf Gestaltung der Visualisierung. Basierend auf den Anforderungen an die Visualisierung wurden anschließend die drei weiteren Komponenten **Analyse** der verfügbaren Daten, **Datenzugang** und **Daten** erarbeitet. Dazu wurde ein dreistufiges Vorgehen gewählt: Zuerst wurden potenzielle funktionale Anforderungen durch einen interaktiven Workshop identifiziert (s. Kapitel 5.1.1). Anschließend wurden die potenziellen funktionalen Anforderungen mit dem projektbegleitenden Ausschuss validiert und priorisiert (s. Kapitel 5.1.2). Im letzten Schritt wurden die funktionalen Anforderungen im Detail ausgearbeitet und darauf basierend die nichtfunktionalen Anforderungen abgeleitet (s. Kapitel 5.1.3).

5.1.1 Identifikation funktionaler Anforderungen an die Plattform

Die Identifikation potenzieller funktionaler Anforderungen erfolgte im Rahmen mehrerer „Sketching-Workshops“. Mithilfe des Tools *Balsamiq* konnte jeder Workshop-Teilnehmende eigene Ideen zur Visualisierung der Plattform als Low-Fidelity-Mock-up skizzieren. Im Anschluss wurden die Mock-ups aller Teilnehmenden untereinander vorgestellt und diskutiert. Nach dem Workshop wurden alle gesammelten Ideen konsolidiert und zu einer ersten Visualisierung des Demonstrators zusammengetragen. Abbildung 5-3 zeigt die erste Visualisierung des Plattformdemonstrators. Die Visualisierung enthält eine Übersicht der potenziellen funktionalen Anforderungen an die Plattform. Diese wurden im nächsten Schritt mit dem projektbegleitenden Ausschuss validiert und priorisiert.

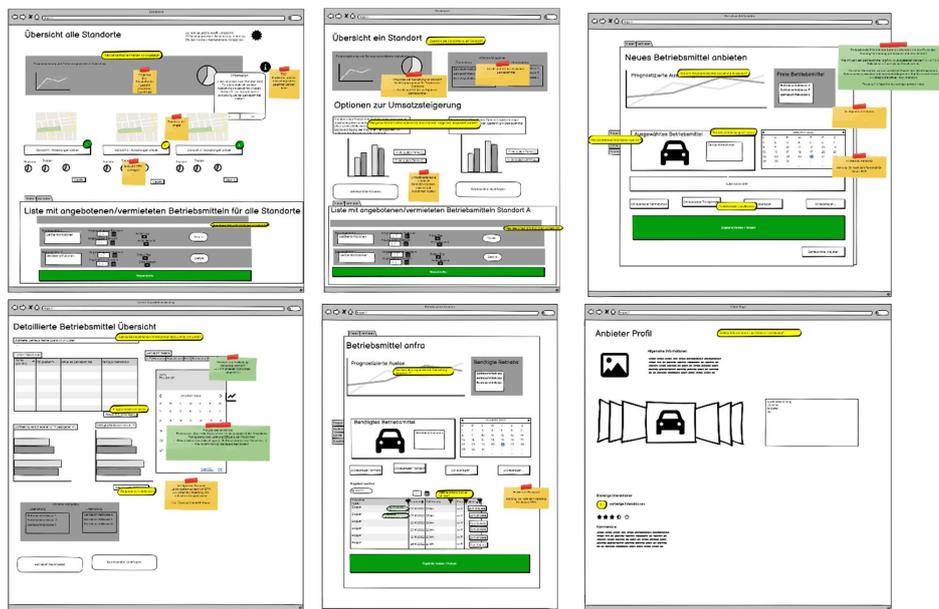


Abbildung 5-3: Erste Visualisierung des Plattform-Demonstrators

5.1.2 Validierung und Priorisierung der funktionalen Anforderungen

Zur Validierung und Priorisierung wurde die Visualisierung der Plattform beim dritten PROmining-Day am 17.03.2023 dem projektbegleitenden Ausschuss vorgestellt. Nach der Vorstellung hatte der projektbegleitende Ausschuss die Möglichkeit, die vorgestellten Funktionen zu bewerten. Folgende Erkenntnisse ergaben sich aus der Diskussion:

- Marktplatz zu aktuellem Zeitpunkt nicht zielführend, da die Herausforderungen woanders liegen
 - In 90 Prozent der Fälle ist kein Überfluss an Maschinen da
 - Austausch der Maschinen über Standorte findet vereinzelt statt, mündliche Absprache ist hier ausreichend
- Größeren Fokus auf die Analyse des Ist-Stands legen
 - Transparenz über freie Kapazitäten/Auslastungsgrad der Maschinen
 - Transparenz über Leistung/Effizienz der Maschinen
 - Gesamtsystem berücksichtigen (z. B. Einsetzbarkeit der Maschine, ...)

Basierend auf dem Feedback des projektbegleitenden Ausschusses wurden einige der funktionalen Anforderungen aussortiert und der Fokus auf die interne Kapazitätsplanung und die externe Prognoseplanung gelegt. Abbildung 5-4 zeigt die priorisierten funktionalen

Anforderungen, die sich aus der Validierung mit dem projektbegleitenden Ausschuss ergeben haben. Nachdem der Fokus mithilfe des projektbegleitenden Ausschusses gelegt werden konnte, wurde darauf aufbauend eine detailliertere Visualisierung erarbeitet und darüber hinaus die nichtfunktionalen Anforderungen abgeleitet.

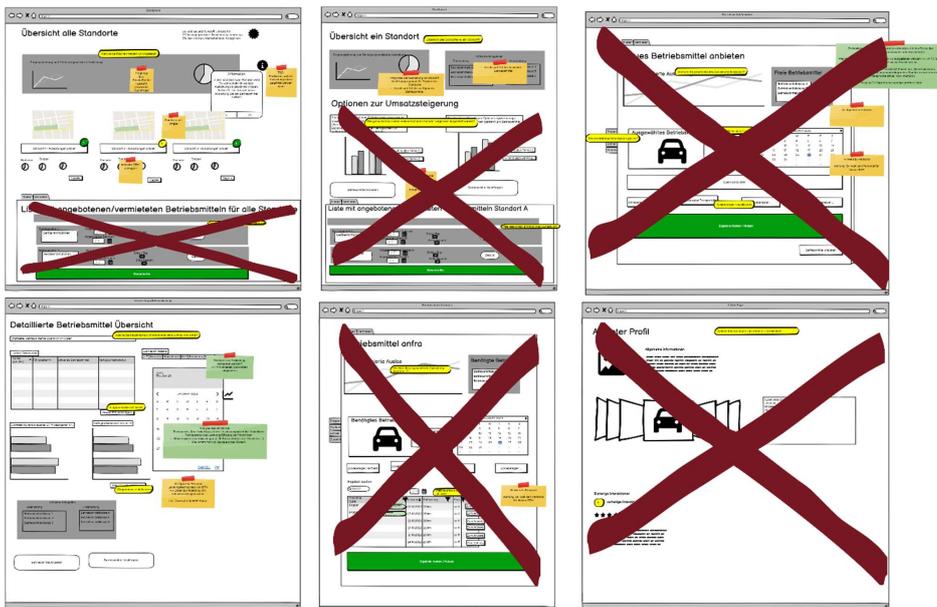


Abbildung 5-4: Priorisierte Visualisierung für den Plattform-Demonstrator

5.1.3 Ausarbeitung der funktionalen und Ableitung nichtfunktionaler Anforderungen

Die Anforderungen an den Plattfordemonstrator lassen sich in drei funktionale Bereiche aufteilen: Dashboard und KPIs zur Datenauswertung, Einstellungen für die Bedarfsprognose und Dateneingabe (s. Abbildung 5-5). Auf den Dashboards werden sowohl die Informationen zur internen Kapazitätsauslastung als auch die externe Bedarfsprognose visualisiert. Die Bedarfsprognose kann über die Einstellungen individuell kalibriert werden. Auf Basis der Daten aus der Dateneingabe kann die Plattform die interne Kapazitätsauslastung darstellen.

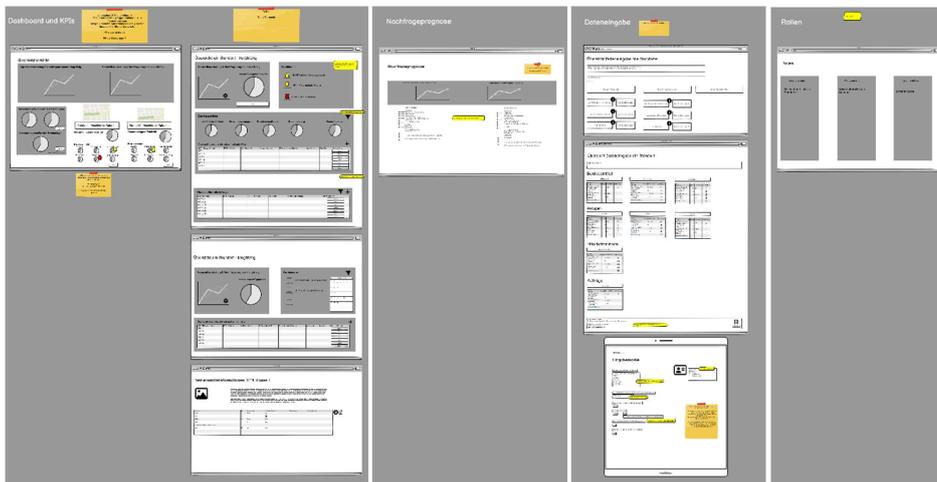


Abbildung 5-5: Detaillierte Visualisierung des Plattform-Demonstrators

Neben den funktionalen Anforderungen ergaben sich auch zahlreiche nichtfunktionale Anforderungen. Da es perspektivisch auch möglich sein soll, nicht nur manuell Daten in die Plattform einzupflegen, sondern auch Daten aus den Systemen der nutzenden Unternehmen zu ziehen, wurde die Plattform so gestaltet, dass Daten auch über standardisierte Schnittstellen (Rest-APIs) in die Plattform übertragen werden können. Damit man von jedem Endgerät auf die Plattform zugreifen kann, war eine weitere Anforderung, dass die Plattform webbasiert betrieben werden kann. Darüber hinaus wurde ein Rollen- und Rechtesystem entwickelt, da nicht jeder Mitarbeitende Zugriff auf alle Daten haben sollte.

Die Plattform hat zum Ziel, kleinen und mittleren Unternehmen im Bergbau eine effiziente und digitalisierte Überwachung und Planung ihrer Kapazitätsauslastung zu ermöglichen. Hierfür werden sowohl die aktuelle Auslastung visualisiert als auch der zukünftige Bedarf abgeschätzt. Die Plattform bietet dazu zwei Schlüsselfunktionen an:

- (1) Ein KPI-Dashboard, das mithilfe der Analyse von standortspezifischen internen Daten zu mobilen Anlagen, Arbeitszeiten des Personals, Verbrauch von Betriebsmitteln und Produktionsvolumen die standortübergreifende Kapazitätsauslastung visualisiert.
- (2) Ein regionales Nachfrageprognosemodell, das auf der Trendextrapolation der Nachfrage der nachgelagerten Industrie basiert. Es bricht das deutschlandweite Nachfragevolumen in regionale und standortspezifische Produktionsvolumina herunter.

Das Zusammenspiel von internen Daten zur Kapazitätsauslastung und externen Daten, die das Nachfrageprognosemodell auf der Plattform speisen, ist in Abbildung 5-6 schematisch dargestellt.

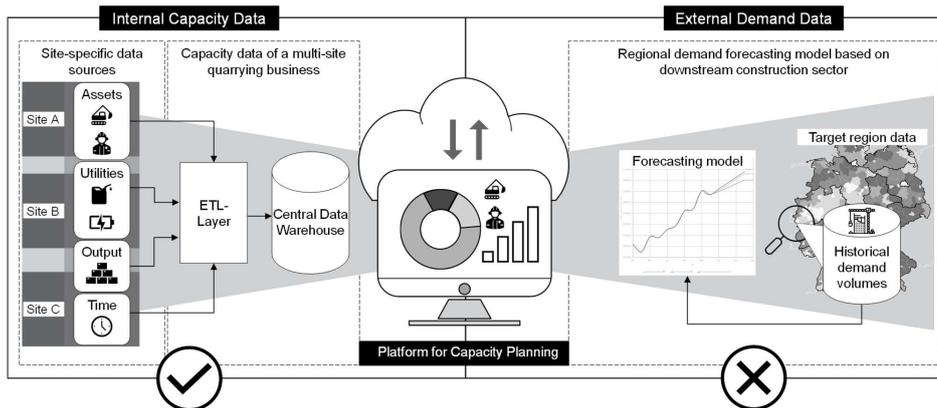


Abbildung 5-6: Die datenzentrierte Plattform führt interne Kapazitätsdaten mit externen Nachfrageprognosen zusammen (Stamm et al. 2023)

5.1.4 Interne Kapazitätsauslastung als Teil des Plattformkonzepts/als Plattformfunktion

Der webbasierte Plattfordemonstrator bietet KMU der S&E-Industrie Tools und Dienstleistungen zur standardisierten Datenerfassung und -auswertung. Mit diesen sollen die Unternehmen der S&E-Industrie, insbesondere bisher geringfügig digitalisierte Unternehmen, in die Lage versetzt werden, standortspezifische Kapazitäten zu überwachen und zu planen. Im Rahmen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ erfolgte eine Veröffentlichung von Teilen der Inhalte dieses Kapitels durch die Paper „Fortschritt beim Projekt PROmining – Eine digitale Plattform zur standardisierten Datenaufnahme und -auswertung für die Steine und Erdenindustrie entsteht“ von Lassen u. Müller (2022), „Entwicklung eines Plattfordemonstrators – ein Erfahrungsbericht“ von Lassen et al. (2023) sowie durch das Paper „Using Data-Centric Platforms To Improve Demand Forecasting And Capacity Utilization For Less Digitized Multi-Site Quarrying Businesses“ von Stamm et al. (2023).

Die Kapazitätsplanung ist ein wichtiges Instrument der Unternehmensführung, bei dem die Betriebsmittel entsprechend der Auftragslage und der Nachfrage zugewiesen werden (s. Eickemeyer et al. 2012). Moderne Betriebsmittel sind mit IoT-Sensoren ausgestattet. Sie können eine Vielzahl von Daten sammeln, die auf der Plattform des Herstellers

gespeichert werden (s. Suci u. Kowitz 2019). Die Daten werden dann analysiert, um Informationen über die Kapazitätsauslastung zu erhalten. Wichtige Key-Performance-Indicators zur Messung der Kapazitätsauslastung sind Betriebsstunden, Kraftstoffverbrauch, Leerlaufzeit und Produktionsleistung (s. Suci u. Kowitz 2019).

Die Optimierung der Kapazitätsauslastung von S&E-Betrieben mit mehreren Standorten birgt ein erhebliches wirtschaftliches Potenzial. Aufgrund der regionalen Abhängigkeit der Branche ist es für Unternehmen wichtig, die Produktionsmengen über alle Standorte hinweg zu koordinieren. Aufgrund des geringen Digitalisierungsgrades funktioniert der Informationsaustausch aktuell jedoch nur unzureichend und die Standortdaten werden nicht effektiv gemeinsam genutzt. Zudem findet kaum ein Datenaustausch mit anderen Unternehmen der Branche statt (s. Müller et al. 2022). Diese Faktoren führen zu einer Über- oder Unterauslastung der Produktion mit Folgen für Reaktionszeit, Kapazität, Budget, Effizienz, Strategie, Personalbestand und Wartung (s. Kowitz 2016; Rauth 2012).

Ziel der Plattform ‚PROmining‘ ist es, Prozessdaten der relevanten Betriebsmittel, Anlagen und Humanressourcen zu vernetzen. Maschinen- und Personaldaten werden in einer zentralen Datenbank gespeichert. Die verarbeiteten Daten werden abschließend als Leistungskennzahlen auf der Plattform visualisiert und geben Auskunft über Kapazitätsauslastung eines Betriebs. Die zusammengefassten Daten können als Entscheidungshilfe für Betriebsmittel- und Personaleinsatz sowie zur Überwachung der Prozesskette genutzt werden. Abbildung 5-7 zeigt exemplarisch, welche Daten in die Plattform *PROmining* integriert werden. Lager- und Haldenbestände werden innerhalb der Plattform nicht erfasst, bieten jedoch erweitertes Potenzial.

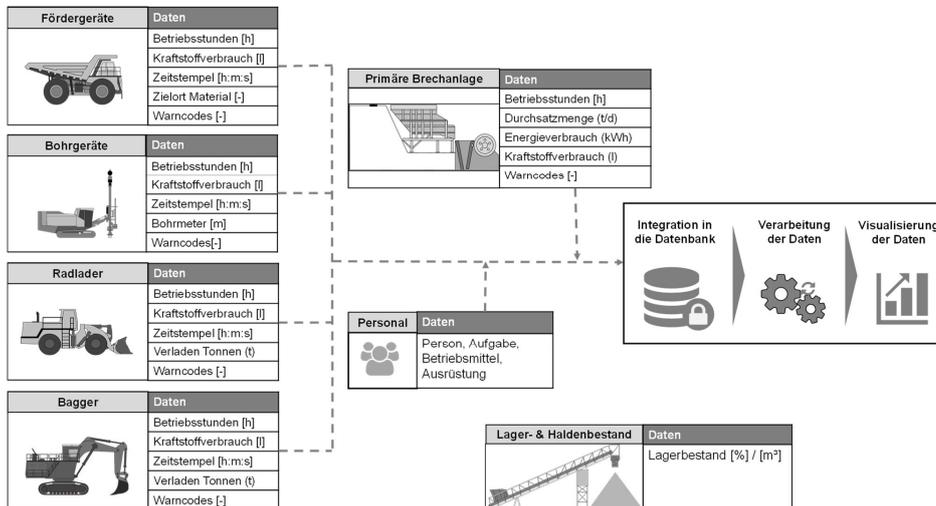


Abbildung 5-7: Prozessdaten relevanter Betriebsmittel, Anlagen und Humanressourcen die in der Plattform *PROmining* erfasst, integriert, verarbeitet und abschließend visualisiert werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Funktionen des Plattform-Demonstrators vorgestellt. Basierend auf dem Entwicklungsansatz wurde eine unternehmensneutrale Plattformlösung mit Services entwickelt, um die Prognosefähigkeit und Kapazitätsauslastung in der S&E-Industrie zu verbessern. Der Demonstrator ermöglicht eine einheitliche Erfassung von betriebsinternen Daten zu Betriebsmitteln, Personal und Produktion, ohne technische Hürden oder manuelle Mehrfacheingaben in verschiedene Systeme. Durch den Datenexport in verschiedene Dateiformate werden Personalkapazitäten im gesamten Unternehmen effizienter genutzt. Nutzer haben über die Plattform Zugriff auf wichtige interne Leistungs- und Produktionsfaktoren, je nach definierten Nutzungsrechten. Die visualisierten Daten werden auf der Plattform abhängig von Rolle und Berechtigung des Nutzers dargestellt.

Die regelmäßige Dateneingabe wird hauptsächlich von Mitarbeitenden in der Rolle des Operators durchgeführt. Die täglichen Eingabefelder sind über eine simplifizierte Maske zugänglich. Ziel dieser Maske ist es, dass der Operator zum Schichtende schichtbezogene Daten über ein beliebiges Endgerät eintragen kann. Die eingetragenen Daten werden in einem Datenbanksystem gespeichert und sind mit verschiedenen Funktionen auf der Plattform verknüpft. Die Schichteingabe-Funktion ermöglicht somit eine digitale Erfassung und Dokumentation von tagesaktuellen Informationen über geleistete Schichten und genutzte Betriebsmittel.

Durch die Dateneingabe und Speicherung in der Datenbank werden standortspezifische und branchentypische relative Kennzahlen wie Kraftstoff- und Energieverbräuche in Abhängigkeit zur Tonnage, Zeit oder Personenstärke berechnet und visualisiert. Anhand dieser Indikatoren werden relevante Leistungskennzahlen wie die Produktionseffizienz der Aufbereitungsanlage, der Maschinennutzungsgrad einzelner Betriebsmittel und die Maschinenverfügbarkeit berechnet und visualisiert. So können ungenutzte Kapazitäten wie nicht optimal genutzte Fördergeräte identifiziert werden. Um die Auslastung zu maximieren, können Auslastungsziele für den internen und unternehmensübergreifenden Betrieb definiert werden. Die Plattform kann somit eine datenbasierte Entscheidungsgrundlage schaffen, die in die Geschäftsprozesse integrierbar ist.

5.1.5 Externe Bedarfsprognose als Plattformfunktion

Zur Erhöhung der Prognosefähigkeit von KMU innerhalb der deutschen S&E-Industrie wurde eine Methodik für ein regionales Nachfrageprognosemodell entwickelt. Im Rahmen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ erfolgte eine Veröffentlichung von Teilen der Inhalte dieses Kapitels durch das Paper *„Using Data-Centric Platforms To Improve Demand Forecasting And Capacity Utilization For Less Digitized Multi-Site Quarrying Businesses“* von Stamm et al. (2023).

Für die Entwicklung des Tools zur regionalen Nachfrageprognose wurde eine Methodik zur Erstellung eines regionalen Nachfrageprognosemodells erarbeitet, das den Anforderungen der KMU entspricht. Das Prognosemodell folgt der Methodik von Kosow u. Gaßner (2008) und basiert auf der Trendextrapolation der Nachfrage der nachgelagerten Baustoffindustrie. Es schlüsselt das deutschlandweite Nachfragevolumen in regionale und standortspezifische Produktionsleistungen auf. In Verbindung mit standortspezifischen Kapazitätsdaten liefert das Prognosemodell eine Entscheidungsgrundlage für die nachfrageorientierte Produktionsplanung. Es kann KMU bei der Steigerung der Produktionseffizienz, der Senkung des Energieverbrauchs und der Optimierung von Wartungsplänen für Anlagen unterstützen (s. Piller u. Wölfel 2014). Ziel des regionalen Nachfrageprognosemodells ist es, in Verbindung mit der Erfassung der aktuellen Auslastungskennzahlen auf der Plattform die bedarfsorientierte Kapazitätsplanung der Unternehmen zu verbessern.

Regionales Nachfrageprognosemodell für die S&E-Industrie

Zur Erstellung eines regionalen Nachfrageprognosemodells zur Verbesserung der Gesamtauslastung der deutschen KMU in der S&E-Industrie wird eine szenariobasierte Analyse durchgeführt. Diese baut auf einer quantitativen Trendanalyse (TIA) auf (s. Kosow u. Gaßner 2008). Ein Szenario ist definiert als eine Darstellung möglicher Situationen in der Zukunft, während Trends als bestimmte Entwicklungen in einem bestimmten Zeitraum definiert sind (s. Kosow u. Gaßner 2008). Grundlage der Analyse ist die Trendbeobachtung, die eine umfangreiche Datenerhebung erfordert. Ermittelte Trends und deren prognostizierte Entwicklungen werden mit statistischen Methoden berechnet, um mögliche zukünftige Ergebnisse abzuschätzen. Es ist zu beachten, dass einer Trendanalyse, die ausschließlich auf einer quantitativen Trendextrapolation beruht, der Bezug zu realistischen zukünftigen Zuständen, die durch qualitative Faktoren beschrieben werden, fehlen könnte (s. Amer et al. 2013). Nichtsdestotrotz bietet eine quantitative TIA eine praktische Methodik zur Vorhersage der wahrscheinlichsten Szenarien mit quantifizierbaren Eintrittswahrscheinlichkeiten (s. Kosow u. Gaßner 2008). Die Trendextrapolation erfordert die Abbildung eines allgemeinen Trends oder eines Referenzszenarios (s. Amer et al. 2013). Dazu werden durch Expertenbefragungen oder Marktanalysen Daten über eine Reihe möglicher zukünftiger Ereignisse gesammelt. Die identifizierten Ereignisse werden dann hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und Wirkungsstärke auf den Basistrend projiziert. So können einzelne Schlüsselfaktoren variiert und mit konstanten Faktoren kombiniert werden. Dadurch ergeben sich alternative Verläufe der Trends (s. Kosow u. Gaßner 2008). Abbildung 5-8 veranschaulicht die Anwendung einer TIA auf Basis einer Trendextrapolation und bildet verschiedene Trendverläufe ab. Bis zum Zeitpunkt t_0 werden historische Daten für die Konstruktion der Extrapolation berücksichtigt. Zwischen t_0 und dem Zeitpunkt der Szenarioanalyse wird eine Fortsetzung des ermittelten Basistrends (Trend a) generiert. Darüber hinaus werden in diesem Zeitraum die TIA-Daten auf die Basistrendlinie projiziert, was zu unterschiedlichen Trendentwicklungen führt (Trendentwicklung b, c). (s. Kosow u. Gaßner 2008)

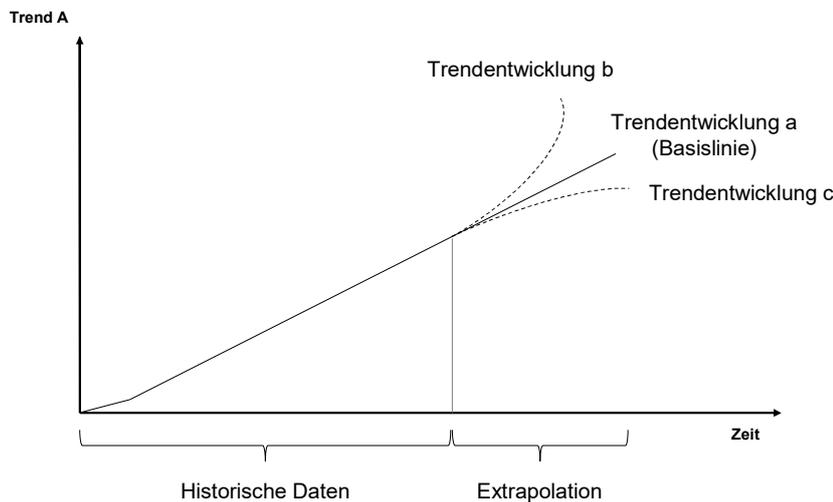


Abbildung 5-8: Schematische Darstellung einer quantitativen Trendanalyse (Stamm et al. 2023)

Als Datenbasis für das Nachfrageprognosemodell werden externe Daten der nachgelagerten Bauwirtschaft verwendet. Die Entwicklung des regionalen Nachfrageprognosemodells folgt der Methodik von Kosow u. Gaßner (2008) und kann in fünf Schritte unterteilt werden, die in Abbildung 5-9 dargestellt sind.

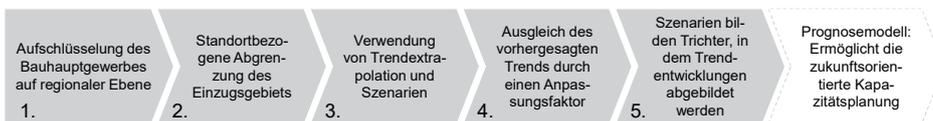


Abbildung 5-9: Methodik des regionalen Nachfrageprognosemodells (eigene Abbildung i. A. a. Stamm et al. 2023)

Die nachgelagerte Bauindustrie ist das wichtigste Kundensegment der S&E-Industrie, auf das 95 Prozent des Einkaufsvolumens entfallen. Die Arbeitshypothese lautet, dass Nachfrageschwankungen im Bausektor unmittelbar zu vergleichbaren Veränderungen der Produktionsmengen in der S&E-Industrie führen. Ferner wird angenommen, dass die Verkaufszahlen des Bausektors als Indikator für die Produktionsmengen der S&E-Industrie dienen. Somit ist es möglich, anhand des Umsatzes der regionalen Bauunternehmen Rückschlüsse auf die regionale Nachfrage nach Steinen und Erden zu ziehen.

Der nächste Schritt ist die Abgrenzung des standortspezifischen Einzugsgebiets eines Unternehmens. Aufgrund der hohen Transportkosten ist der relevante Lieferradius auf maximal 50 Kilometer begrenzt. Als Beispielregion wurde Aachen, Deutschland,

untersucht. An die Region Aachen grenzen zehn Gemeinden, die diese Anforderung erfüllen.

Anschließend wird der Umsatz des Baugewerbes in der oben genannten Region untersucht und eine Trendextrapolation durchgeführt. Die Gesamtumsätze des regionalen Baugewerbes werden auf Monats- und Jahresbasis untersucht und auf die regionale S&E-Industrie hochgerechnet. Auffällig ist ein regelmäßiger Nachfragerückgang von bis zu 70 Prozent in den Wintermonaten. Dies ist auf die schwierigen Witterungsbedingungen zurückzuführen, denen die Bauwirtschaft in dieser Zeit ausgesetzt ist (s. Otto u. Ditzen 2019). Im Jahresvergleich ist dieser vorübergehende Rückgang jedoch aufgrund seiner Regelmäßigkeit zu vernachlässigen. Die möglichen Entwicklungstrends im Baugewerbe werden in der BBS-Studie (s. Basten 2022b) gesondert analysiert. Die Analyse unterscheidet vier Haupttätigkeitsfelder der Bauwirtschaft (s. Tabelle 5-1), die für die Szenarien separat abgebildet werden können:

Tabelle 5-1: Szenarien für die vier bauwirtschaftlichen Bereiche (Stamm et al. 2023)

Berechnung der beiden Szenarien nach BBS (Veränderung im Vergleich zu 2020)	Obere Variante 2025	Untere Variante 2025
Bauvolumen im Wohnungsneubau	9.10 %	5.70 %
Neubauvolumen im Nichtwohnungsbau	13.90 %	5.80 %
Bauvolumen im Gebäudebestand	18.30 %	13.00 %
Bauvolumen im Tiefbau	15.50 %	11.80 %
Mittelwert der prozentualen Veränderung des Bauvolumens	14.20 %	9.08 %

Die wirtschaftliche Entwicklung in den vier genannten Handlungsfeldern wird anhand von Frühindikatoren für die gesamtwirtschaftliche und demografische Entwicklung geschätzt (s. Basten 2022b). Entsprechend den unterschiedlichen Datengrundlagen wird zwischen einer unteren und einer oberen Variante unterschieden, die in Tabelle 5-1 dargestellt sind. Diese Varianten werden auf die Gesamteinnahmen des Jahres 2020 angewandt, um eine obere und untere Grenze im Jahr 2025 darzustellen. Die verschiedenen Szenarien bilden einen Trichter, in dem eine Bandbreite möglicher Trendentwicklungen abgebildet wird, damit die Unternehmen ihre Kapazitätsplanung an die wahrscheinliche Nachfrageänderung anpassen können.

Im vierten Schritt wird die prognostizierte Entwicklung mit einem Anpassungsfaktor verrechnet, der auf einer Studie des Bundesverbandes Baustoffe – Steine und Erden e. V. basiert: "Um die beschriebenen Veränderungen in der Rohstoffnachfrage der Bauwirtschaft und der relevanten Wirtschaftsbereiche zu berücksichtigen, wird bei der

Abschätzung der zukünftigen Nachfrage nach S&E-Produkten in Deutschland ein Anpassungsfaktor von -1,75 Prozentpunkten pro Jahr angesetzt. Dieser beinhaltet die Differenz der Veränderung des realen Produktionswertes bzw. der Produktionsmenge (Tonnage)." (Basten 2022b)

Fallstudie regionalen Nachfrageprognosemodell

Im Folgenden wird das Ergebnis der Trendextrapolation für die Region Aachen dargestellt, das sich aus den oben beschriebenen Schritten ergibt. Der Umsatz des Baugewerbes von 2012 bis 2021 wurde für die zehn verschiedenen Kommunen im Verkehrsradius von Aachen analysiert. Auf Basis der Daten wurde eine Trendextrapolation bis zum Jahr 2025 durchgeführt, wobei die Summe der Umsätze der zehn Regionen hochgerechnet wurde. Der daraus resultierende Wert von 6.507,90 Millionen Euro wurde mit einem Anpassungsfaktor von -1,75 Prozentpunkten neu bewertet. Der prognostizierte preisbereinigte baugewerbliche Umsatz für ein S&E-Unternehmen in Aachen 2025 betrug 6.297,87 Millionen Euro. Zur Betrachtung weiterer Szenarien wurden die obere und untere Variante der für 2025 erwarteten Veränderung in den vier Bereichen des Baugewerbes (s. Tabelle 5-1) mit dem gesamten baugewerblichen Umsatz im Jahr 2020 verrechnet. Das Ergebnis der oberen Variante liegt bei 6.394,02 Millionen Euro und der unteren Variante bei 6.015,24 Millionen Euro. Alle drei Szenarien sind unten in Abbildung 5-10 dargestellt.

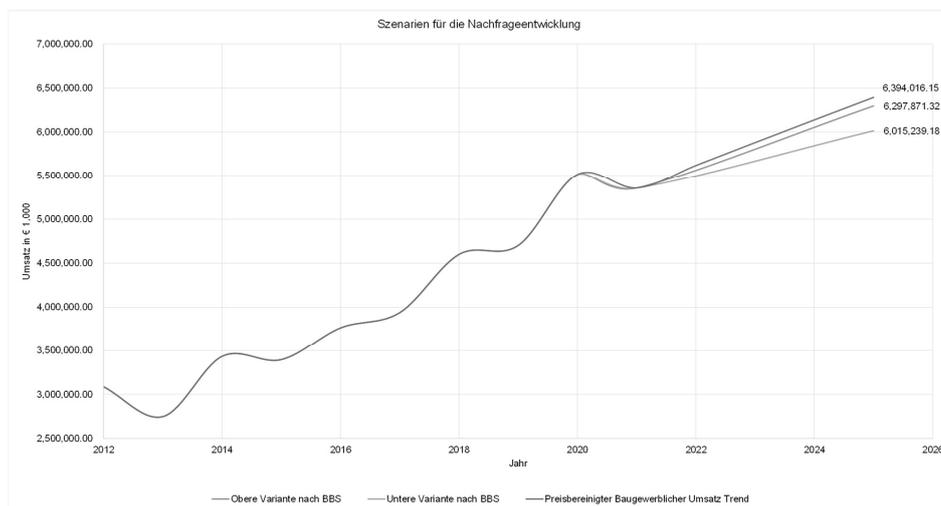


Abbildung 5-10: Trendextrapolation und Szenarien für die Entwicklung der Nachfrage in der S&E-Industrie (Stamm et al. 2023)

Die verschiedenen Szenarien bilden einen Ergebnistrichter, der eine Reihe von möglichen Trendentwicklungen umfasst. Diese regionalen Szenarien bieten in Kombination mit der Erfassung der innerbetrieblichen Auslastung den Aachener S&E-Betrieben die Möglichkeit, eine verbesserte zukunftsorientierte Kapazitätsplanung durchzuführen.

Fazit zum regionalen Nachfrageprognosemodell

Am Beispiel der S&E-Industrie in Aachen wurde eine Methodik zur Entwicklung eines regionalen Nachfrageprognosemodells erläutert. Der Ansatz zur Entwicklung eines regionalen Nachfrageprognosemodells bietet einen fünfstufigen Prozess für KMU in der S&E-Industrie. Als eine der Hauptfunktionalitäten der vorgestellten datenzentrischen Plattform kann das regionale Nachfrageprognosemodell den KMU helfen, ihre Entscheidungen über die Kapazitätsauslastung zu verbessern.

Studien zeigen, dass die Branche aufgrund der regionalen, saisonalen und konjunkturellen Nachfragedynamik starken Schwankungen unterworfen ist und aufgrund des geringen Digitalisierungsgrades noch einige Effizienzpotenziale offen hat. Während die Methodik zur Erstellung eines regionalen Prognosemodells eine Orientierungshilfe bieten kann, sind konkrete Eingangsdaten für die Verbesserung der Genauigkeit des resultierenden Modells unerlässlich. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, zu verstehen, von welchen Faktoren die vier untersuchten Sektoren des Baugewerbes direkt abhängig sind und in welcher Weise. Darüber hinaus wäre es interessant, zu analysieren, wie sich die regionale Nachfrage in Bezug auf bestimmte Kategorien von S&E-Produkten unterscheidet, da Preisunterschiede und Produktionsmengen erheblich variieren können. Mit zusätzlichen Datenquellen können sicherlich genauere multivariate Prognosemethoden angewendet werden. Da die Nachfrageprognose in dieser Branche jedoch kaum genutzt wird, könnte selbst eine lineare Regressionsmethode, die nur die wichtigsten Einflussfaktoren berücksichtigt, einen großen praktischen Nutzen bieten. Es ist davon auszugehen, dass diese Methodik auch auf strukturell vergleichbare Branchen mit einem geringen Digitalisierungsgrad übertragbar ist. Die der Nachfrageprognose zugrunde liegenden Hypothesen beruhen jedoch auf der starken Abhängigkeit der regionalen S&E-Industrie und des Bausektors. Daher muss die Prognosemethode zunächst in der S&E-Industrie validiert und getestet werden, bevor sie auf andere Industriezweige übertragen werden kann.

5.2 Konzeption geeigneter Identitäten

Um die strukturelle und organisatorische Ausrichtung von S&E-Betrieben im Plattformdemonstrator abzubilden, wurden geeignete Identitäten konzipiert. Die verschiedenen Nutzer der Plattform erhalten somit die Möglichkeit, unterschiedliche Services und Funktionen abhängig vom Bedarf zu nutzen. Die Abstimmung über relevante Teilnehmer und deren Rolle und Bedarfe erfolgt in enger Abstimmung mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses und im Hinblick auf die zuvor identifizierten Unternehmenstypen (s. Kapitel 2.2) der S&E-Industrie. Im Rahmen des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ erfolgte eine Veröffentlichung von Teilen der Inhalte dieses Kapitels durch das Paper *„Fortschritt beim Projekt PROmining – Eine digitale Plattform zur standardisierten Datenaufnahme und -auswertung für die Steine und Erdenindustrie entsteht“* von Lassen u. Müller (2022) sowie durch das Paper *„Entwicklung eines Plattformdemonstrators – ein Erfahrungsbericht“* von Lassen et al. (2023).

Die strukturelle und organisatorische Ausrichtung eines Unternehmens ist ein relevanter Erfolgsfaktor produzierender Unternehmen (s. Kampker et al. 2011, S. 133) und kann durch die vier Säulen Aufbauorganisation, Ressourcen, Informationssysteme und Unternehmenskultur beschrieben werden. Ein Merkmal der Aufbauorganisation ist die Arbeitsteilung und Organisation, bei der die Aufteilung von Arbeitsschritten zur gemeinschaftlichen Erbringung von komplexen Gesamtaufgaben ermöglicht wird. Die Arbeitsgestaltung beinhaltet das Schaffen eines aufgabengerechten und optimalen Zusammenwirkens von Menschen, Betriebsmitteln und Arbeitsgegenständen durch die funktionale Organisation von Arbeitssystemen unter Berücksichtigung der individuellen menschlichen Leistungsfähigkeit und Bedürfnisse. (s. Kampker et al. 2011, S.134)

Die Unternehmensstrukturen in der S&E-Industrie sind je nach ihrer Ausprägung diversifiziert. Durch die im Projekt durchgeführten Expert:inneninterviews sind teils divergierende Organisationsstrukturen erkennbar. Dabei bilden größere Unternehmen mit mehreren Standorten und einem hohen Personalaufkommen sowie kleine Unternehmen mit einem geringen Personalaufkommen den Industriezweig der Steine und Erden. Der generelle Aufbau der Personalhierarchien innerhalb der S&E-Betriebe ist jedoch vergleichbar. Es werden fünf generelle Hierarchieebenen erkannt: Geschäftsführung, Verwaltung, technische Leitung, Betriebsleitung und Personal im operativen Bereich.

Anhand der unternehmenstypischen Hierarchieebenen werden für die Plattform *PROmining* geeignete Identitäten und deren Rollen innerhalb der Plattform definiert. Jeder

individuellen Rolle wird ein angemessenes Maß an Zugriffsrechten gewährleistet, um ein Optimum zwischen freiem Informationszugang und Überprüfung zu schaffen (s. Silberberger 2003). Des Weiteren dient die Identitätsbestimmung dazu, einzelne Entscheidungseinheiten in ihre Kompetenzbereiche aufzuteilen, wodurch eine Steigerung der Produktivität durch die Spezialisierung verschiedener Gruppen im Hinblick auf Kenntnisstand und Fähigkeiten vorangetrieben wird. Infolgedessen wurden im Forschungsprojekt drei geeignete Identitäten konzipiert, um allen notwendigen Personalebene im S&E-Unternehmen die Plattformnutzung zu ermöglichen. Dabei wird zwischen den Rollen Geschäftsführung, Betriebsleitung und Operatoren unterschieden. Abbildung 5-11 zeigt die genannten Identitäten mit ihren Aufgaben und ihrem regelmäßigen, zeitlichen Aufwand.

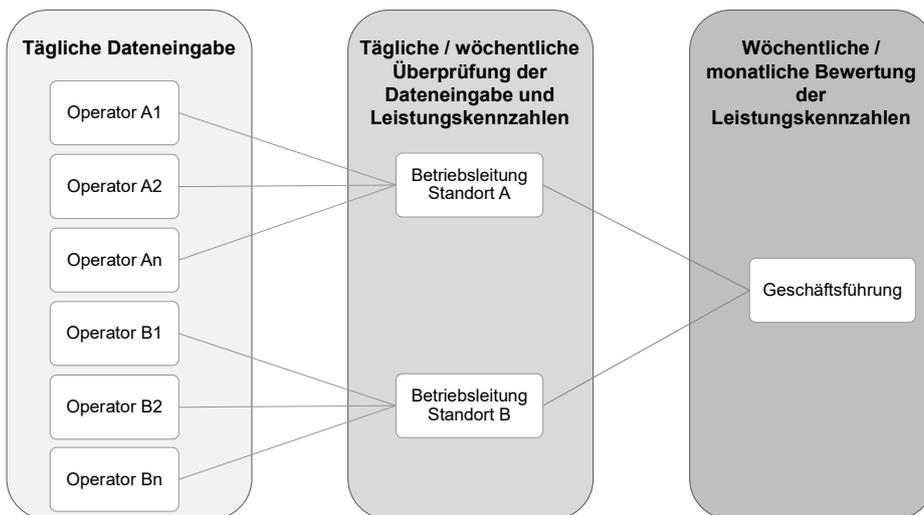


Abbildung 5-11: Definierte Identitäten und Nutzungsrechte (Lassen et al. 2023)

Operatoren besitzen die niedrigsten Zugriffsrechte auf die Plattform und können Schichtinformationen sowie schichtbezogene Daten zu Betriebsmitteln und Anlagen in die Plattform einpflegen. Zudem erhalten Operatoren begrenzten Zugriff auf visualisierte Leistungskennzahlen. Durch die Einsicht innerbetrieblicher, schichtbezogener Leistungskennzahlen und Leistungsziele, wie beispielsweise den Kraftstoffverbrauch in Liter pro produzierte Tonne, wird Operatoren die Möglichkeit bereitgestellt, ihre individuelle Leistung zu messen und zu beurteilen.

Nutzer mit der Rolle **Betriebsleitung** können die Eingaben von allen Operatoren einsehen, überprüfen und fehlerhafte Daten korrigieren. Zudem können Betriebsleiter jegliche Leistungsdaten zu einem Standort abrufen und erhalten somit tagesaktuelle Informationen über die Performance des zuständigen Betriebsstandorts und dort eingesetzter Betriebsmittel. Im Falle der Beschaffung neuer Betriebsmittel und Anlagen sind Betriebsleiter berechtigt, neue Stammdatenblätter anzulegen. Die Betriebsleitung ist somit in der Lage, den täglichen Betrieb des Standorts zu kontrollieren und sicherzustellen, sodass Leistung und Produktivität der Mitarbeiter und Betriebsmittel hoch sind.

Die Identität **Geschäftsführung** fasst die Hierarchieebenen **Geschäftsführung**, **Technische Leitung** und **Verwaltung** zusammen. In dieser Rolle besitzt der/die Nutzende die höchsten Zugriffsrechte und hat auf alle Funktionen und Daten der Plattform Zugriff. Dies schließt die Einsicht der Datenbank ein und ermöglicht den Export von Daten im CSV-Format. Leistungskennzahlen aller Betriebsstandorte und Betriebsmittel können eingesehen werden. Zudem können neue Stammdatenblätter zu Mitarbeitern und Betriebsstandorten angelegt werden. Der Identität **Geschäftsführung** ermöglicht es, technische Prozesse und Abläufe des gesamten Betriebs einzusehen und somit die Effizienz und Produktivität zu bewerten und zu optimieren.

5.3 Umsetzung des webbasierten Plattfordemonstrators

Der Plattfordemonstrator wurde am FIR entwickelt und getestet. Dazu wurde zunächst eine webbasierte Applikation aufgesetzt und das Rollen- und Rechtssystem initialisiert. Dazu wurde das Open-Source-Webentwicklungs-Framework „NextJS“ verwendet. Mithilfe von NextJS wurden sowohl Frontend als auch Backend basierend auf TypeScript entwickelt. Parallel dazu wurde auf Basis des Aufbaus der internen Kapazitätsauslastung und der externen Bedarfsprognose ein Datenmodell entwickelt und aufgesetzt. Die Daten werden in einer Postgres-SQL Datenbank gespeichert. Als Schnittstelle zwischen der SQL-Datenbank und des Backends werden Dataviews mithilfe der Open-Source-objektrelationalen Mapping(ORM)-Lösung PRISMA erstellt.

Nachdem die Grobstruktur des Demonstrators aufgebaut wurde, wurden das Frontend und Backend in NextJS implementiert. Sowohl für die interne Kapazitätsauslastung als auch für die externe Bedarfsprognose wurden die folgenden Schritte nacheinander bearbeitet:

- (1) Dateneingabe durch den:die Nutzende: Im Frontend wurde eine Eingabemaske entwickelt. Die eingegebenen Daten werden im Backend aufbereitet und mithilfe von PRISMA in der SQL-Datenbank gespeichert.
- (2) Logik zur Berechnung im Backend: Die Daten werden anschließend im Backend weiterverarbeitet und für die Visualisierung im Frontend vorbereitet.
- (3) Visualisierung im Frontend: Im Frontend werden die Daten im Anschluss visualisiert.

Hierbei dienen die zuvor erarbeiteten Ergebnisse der internen Kapazitätsauslastung und der externen Bedarfsprognose als Grundlage für die notwendigen Daten der Dateneingabe (1) sowie die Logik der Berechnung (2). Die anschließende Visualisierung (3) basiert auf den zuvor erstellten Mock-ups.

Der Demonstrator ist unter folgendem Link nutzbar:

<https://promining-tool.fir.de/>

Die Zugangsdaten werden kostenlos von den Instituten auf Anfrage bereitgestellt, um eine begleitete Einarbeitung zu ermöglichen.

6 Unternehmensspezifische Implementierung, Testing und Validierung der Plattformlösung sowie Begleitung der Unternehmen beim Transformationsprozess

In diesem Arbeitsschritt wird eine Implementierung der Plattformlösung erreicht. Dazu werden die Unternehmen an einen Demonstrator herangeführt, welcher im weiteren Verlauf kontinuierlich verbessert wird. Prägend für diesen Bereich sind die zwei übergeordneten Ziele. Einerseits soll eine erste testweise Verwendung des Plattformdemonstrators erreicht und zur Optimierung der Anwendung aufgearbeitet werden. Andererseits soll, gemeinsam mit den Unternehmen, eine Abschätzung des Transformationsprozesses unter der Einwirkung der Plattform vorgenommen werden. Dieser Prozess wird auf seine Struktur und Reichweite analysiert und zielführend gestaltet.

Die durchgeführte Fallstudie zur unternehmensspezifischen Implementierung, Testung und Validierung der Plattformlösung wurde in der Fachzeitschrift „Mining Report Glückauf“ vorgestellt (s. Lassen et al. 2023).

6.1 Optimierung des Plattformdemonstrators mit Unternehmen des PAs

Die erste Vorstellung und weitere Optimierung der Plattform erfolgen basierend auf Workshops mit Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses. Zugrunde liegt jenen eine Vorabversion der Plattformanwendung, anhand welcher Funktionen demonstriert und durch Unternehmensvertreter getestet werden können. Die Vertreter:innen werden aktiv dazu ermutigt, Feedback zu äußern. Durch kontinuierliche Abstimmung kann eine laufende Weiterentwicklung der Plattform ermöglicht werden.

6.1.1 Vorstellung des Plattformdemonstrators

Zum Kennenlernen und individuellen Verwenden des Demonstrators werden drei Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses zu Teilnehmenden der Plattform gemacht. Dabei können entsprechende Zugriffsmöglichkeiten direkt erprobt werden. Die für den Test notwendigen Daten werden in drei Schritten eingepflegt: Stammdaten werden durch die jeweilige Geschäftsführung in das System eingetragen. Für Zustandsdaten ist im Betrieb der Betriebsmittelführer zuständig, weshalb dieser auch im Test die Daten hinzufügt. In einem letzten Schritt werden die Eingaben durch die Betriebsleitung geprüft. Auf die Erstellung der nötigen Datensätze folgend, wird den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben, eigenständig den Demonstrator zu verwenden und seine Funktionen auszuprobieren.

6.1.2 Feedback

Um nach Vorstellung und Benutzung des Plattformdemonstrators die Rückmeldungen der Teilnehmenden aufzunehmen, wird auf einen mehrteiligen Fragebogen zurückgegriffen (s. Anhang 13). Im ersten und zweiten Teil liegt der Fokus dabei auf der Datenerfassung. Eingangs erfolgt eine Abschätzung, welche Daten erfasst werden und mit welcher Regelmäßigkeit dies geschieht. Im folgenden Abschnitt wird eine persönliche Einschätzung zur Wichtigkeit der unterschiedlichen Daten in Bezug auf die Arbeitstätigkeit erbeten. Hiermit kann hinterfragt werden, ob der Demonstrator die richtigen Daten im richtigen Maße aufarbeitet und wie diese in der Darstellung priorisiert werden sollen. Im dritten Teil des Fragebogens steht der Plattformdemonstrator selbst im Vordergrund. Neben der Bewertung verschiedener nutzungsbezogener Aspekte auf diskreten Skalen, wie der Bedienbarkeit und Anschaulichkeit, sind einige Freitextfelder für die Teilnehmenden vorgesehen. Hier haben die Nutzer:innen die Möglichkeit, frei auf positive oder negative Auffälligkeiten des Demonstrators hinzuweisen, sowie sich weitere Funktionen zu wünschen.

In der Auswertung der Antworten konnten einige auffällige Gemeinsamkeiten unter den Antworten der Teilnehmenden festgestellt werden. So erfassen die meisten Teilnehmenden die Menge des verbrauchten Kraftstoffs, die getankten Liter und den Betriebsstundenzählerstand. Grundsätzlich erfolgt die Dokumentation zumeist mit Stift und Papier und auf täglicher Basis. Wie zu erwarten, besteht Uneinigkeit zwischen den unterschiedlichen Rollen, welche Daten zur Aufgabenerfüllung benötigt und erfasst werden, abhängig davon, welche Aufgabe die Testperson im Unternehmen einnimmt. Verbesserungspotenzial wurde an der Dateneingabe geäußert, die Testnutzer wünschten sich einige weitere Funktionalitäten. Dazu zählt unter anderem eine direkte Anbindung der Plattform an ERP-Systeme sowie Verfügbarkeit auf Mobiltelefonen. Gelobt wurden unter anderem die verständliche Struktur sowie die übersichtliche Aufarbeitung der Daten.

6.1.3 Iterative Optimierung durch Pilotanwendung

Basierend auf den Workshop-Resultaten konnten Verbesserungspotenziale und Perspektiven zur Weiterentwicklung identifiziert werden. Auf die erste Pilotierungsrunde folgte eine erste Anpassungsperiode, in der die Ergebnisse der Demonstration in die Plattform eingearbeitet wurden. Durch weiteren kontinuierlichen Austausch wurde eine laufende Anpassung des webbasierten Demonstrators ermöglicht. Am Ende des Prozesses konnte somit ein validierter Open-Source-Demonstrator an die Unternehmen

übergeben werden, welcher kostenfrei auf der ‚PROmining‘-Website des Projekts (www.projekt-promining.de) verfügbar ist.

6.2 Dokumentation des Transformationsprozesses im Rahmen der Pilotierung

Im Rahmen von Workshops mit Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses konnte anhand der Business-Transformation-Canvas eine initiale Abschätzung des Transformationsprozesses vorgenommen werden. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Teilnehmenden bereits die Möglichkeit, sich mit dem Demonstrator vertraut zu machen, um mögliche Auswirkungen mit größerer Genauigkeit abschätzen zu können.

6.2.1 Die Business-Transformation-Canvas

Die Business-Transformation-Canvas ist ein Werkzeug zur Unterstützung bei Unternehmenstransformationen. Ausgehend von der Erstellung einer Transformationsstrategie werden die Gestaltung des neuen Systems und der Weg zur Umsetzung thematisiert und die Unternehmen bis hin zur letztendlichen Implementierung begleitet. Dazu werden unterschiedliche Handlungsfelder festgelegt, welche maßgeblich das Gelingen der Transformation beeinflussen. Wie in Abbildung 6-1 ersichtlich, ermöglicht die Business-Transformation-Canvas einen umfassenden Überblick über betroffene Unternehmensteile und weitere Faktoren (s. Gudergan et al. 2017). Zur praktischen Anwendung im Workshop wurde die Darstellung um eine Sektion zur Beschreibung erwarteter Auswirkungen ergänzt.

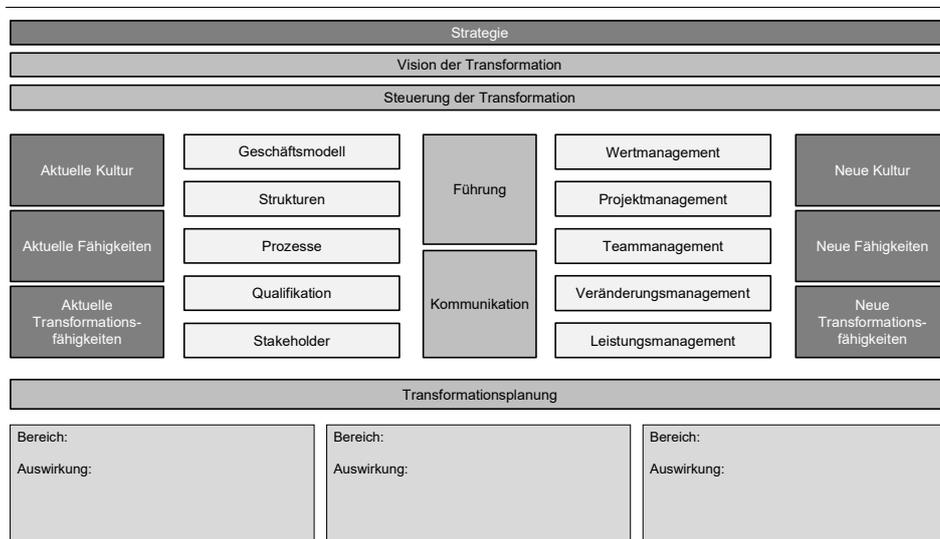


Abbildung 6-1: Business-Transformation-Canvas (eigene Abbildung i. A. a. Gudergan et al. 2017)

6.2.2 Einordnung der Transformationen im Unternehmenskontext

Im Gespräch mit Vertreter:innen der teilnehmenden Unternehmen wurden die von einer Einführung der Plattform betroffenen Bereiche anhand der Business-Transformation-Canvas befragt. Zugrunde liegt dieser Befragung ein vordefinierter Fragenkatalog, um sicherzustellen, dass sämtliche relevanten Felder, insbesondere die Unternehmenskultur und -fähigkeiten, evaluiert werden. An einigen Punkten bestand dabei große Einigkeit zwischen den Vertreter:innen, andere wurden nur vereinzelt identifiziert.

Besonders häufig wurden Strukturen und Prozesse als mögliche Felder für Veränderung genannt. Zu den Auswirkungen zählen eine Neuverteilung von Aufgaben sowie die mögliche Schaffung eines Digitalisierungsbeauftragten. Verallgemeinert kann festgehalten werden, dass mit Einführung der Plattform einerseits Zuständigkeiten für die digitalen Systeme geschaffen werden müssen, sich andererseits neue befreite Kapazitäten aus der vereinfachten Datenerfassung ergeben. Hinsichtlich der Prozessdauer werden entsprechend auch Veränderungen erwartet. Dabei konnten zwei gegenläufige Trends erkannt werden. Einerseits kann, durch das Einpflegen der Daten in das digitale System, der Arbeitsprozess aus Sicht des Einzelnen verlängert werden. Andererseits ist eine Verkürzung des Gesamtprozesses abzusehen. Aus formeller Sicht ändern sich die Prozesse auch in ihrer Dokumentation. Voraussichtlich muss die Verwendung der

Plattform prozessseitig hinterlegt werden, außerdem sind möglicherweise spezifische Prozesse zu erarbeiten.

Weitere häufig genannte Bereiche für mögliche Transformationen sind vor allem das Leistungsmanagement sowie Kultur, Fähigkeiten, Qualifikation und Kommunikation. Damit einhergehend werden voraussichtliche Veränderungen wie höhere Akzeptanz für digitale Geräte in Betriebsmitteln, weniger direkter Kontakt durch digitale Übertragung sowie Aufbau grundlegender digitaler Fähigkeiten erwartet.

6.3 Potenziale und Hemmnisse der Digitalisierung in der Transformation

Durch die Interaktion mit Unternehmensvertreter:innen in Workshops konnte ein allgemeines Stimmungsbild zur Anwendung der Plattform eingeholt werden. Daraus sowie aus den Antworten auf den Fragebogen und den Reaktionen auf den Demonstrator kann eine Einschätzung der Potenziale und Hemmnisse der Digitalisierung bei den im Fokus stehenden Akteuren der S&E-Industrie erreicht werden.

Als eines der erklärten Ziele des Projekts steht das Schaffen eines Zugangs zur Digitalisierung für Kleinstbetriebe. Die Plattform soll eine erste Chance für bisher kaum digitalisierte Unternehmen bieten, von den Vorteilen der Vernetzung zu profitieren sowie erste Fähigkeiten darin aufzubauen. Die Erreichung dieses Ziels wurde uns in den Gesprächen bestätigt. Unternehmen sehen den Demonstrator als einfache Möglichkeit für Kleinstbetriebe der S&E-Industrie, Zugang zur Digitalisierung zu erlangen und sich weiterzuentwickeln. Ein Einsatz der Plattform stellt also für digital ausbaufähige Unternehmen einen Aufstieg zu digital fortgeschrittenen Unternehmen in Aussicht, insbesondere bei Betrachtung der Datenaufnahme sowie der Auswertung (s. Kapitel 2.2). Auch die Komplexität der Daten kann dabei erhöht werden.

Dem steht hauptsächlich das Hemmnis der Mitarbeiterfähigkeiten entgegen. Tätige in den jeweiligen Betrieben sind eine manuelle Datenerfassung gewohnt und oft bisher noch nicht in vernetzten Arbeitssystemen unterwegs. Dementsprechend ist ein Ausbau der Fähigkeiten der Mitarbeitenden unumgänglich für eine Umstellung auf Plattformlösungen. Dass solche Systeme nicht selbsterklärend sind, konnte in der Plattformdemonstration bestätigt werden, wo sich zur Bedienung zumindest eine kurze Anleitung als empfehlenswert erwies. Mit Ausbau der Fähigkeiten kann auch die Akzeptanz der Mitarbeitenden für digitale Systeme erhöht werden. Dieses Hemmnis zu überwinden, auch

über die eigene Anwendung hinaus, ist Teil der Ziele der Plattform *PROMining*. Sie kann als Einstieg in eine digitalisierte Arbeitsweise gesehen werden.

7 Bearbeitung des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ durch die Forschungsstellen

7.1 Verwendung der Zuwendung in den Forschungseinrichtungen

Forschungsstelle 1: Forschungsinstitut für Rationalisierung FIR e. V.an der RWTH Aachen

Für die wissenschaftliche und technische Bearbeitung des Projekts wurden insgesamt 23,99 Personenmonate (PM) für Angestellte mit abgeschlossener wissenschaftlicher Ausbildung eingesetzt.

Forschungsstelle 2: MRE – Institute of Mineral Resources Engineering, RWTH Aachen University

Für die wissenschaftliche und technische Bearbeitung des Projekts wurden im gesamten Projektzeitraum 24 Personenmonate (PM) für Angestellte mit abgeschlossener wissenschaftlicher Ausbildung eingesetzt.

In beiden Forschungsstellen wurden keine Geräte (Einzelansatz B des Finanzierungsplans) angeschafft sowie keine Leistungen Dritter (Einzelansatz C des Finanzierungsplans) in Anspruch genommen.

Forschungsjahr	Personal nach A1 Forschungsstelle 1 (FIR) (WiMi)	Personal nach A1 Forschungsstelle 1 (MRE) (WiMi)
2021	11,65 PM	12,30 PM
2022	12,34 PM	11,70 PM
Gesamt	23,99 PM	24,00 PM

7.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten und das eingesetzte Personal entsprechen dem beantragten Arbeitsplan und waren insofern für den Projekterfolg notwendig und angemessen. Die angewendeten Methoden entsprechen dem Projektantrag und haben nach bisherigem Erkenntnisstand zu einem erfolgreichen Projektabschluss geführt.

Im Rahmen der vier Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses im digitalen Format (Videokonferenzen via Zoom) wurden die erreichten Zwischenergebnisse präsentiert und zur Diskussion gestellt. Regelmäßige Expert:innengespräche mit Teilnehmenden des projektbegleitenden Ausschusses dienten dazu, wichtige Informationen über praktische Rahmenbedingungen und unternehmensspezifische Anforderungen zu sammeln. Die Ergebnisse wurden aufbereitet und in einem webbasierten Plattformdemonstrator den Unternehmen der S&E-Industrie verfügbar gemacht.

Es wurde eine umfassende Recherche zur Branchenstruktur der S&E-Industrie durchgeführt und es erfolgten eine Charakterisierung und Typologisierung der

Unternehmen der S&E-Industrie. Diese dienten als Grundlage zur Entwicklung eines Werkzeugs zur Einordnung von Akteuren im Business-Ecosystem und der Plattform. Darüber hinaus wurden sieben leitfadengestützte Unternehmensbefragungen initiiert, um Probleme und Hindernisse bezüglich der Nachfrageglättung und Auslastung von Ressourcen zu erheben sowie den aktuellen Stand der Datenerfassung und -haltung in den Unternehmen zu erfassen. Als Teil des Projekts wurden Bergwerke besucht und Prozesse analysiert. Ziel dessen war es, bestehende Prozesse zu identifizieren, zu verstehen und Schwachstellen zu erkennen. Diese Informationen wurden später verwendet, um Optimierungspotenziale zu identifizieren. Zudem wurde ein Fragebogen entwickelt, um relevante Leistungskennzahlen für S&E-Unternehmen zu erfassen. Dieser wurde von neun Unternehmen ausgefüllt, um deren Umgang mit Daten und Leistungskennzahlen im Vergleich zu anderen Unternehmen zu messen. Die Ergebnisse wurden später verwendet, um Best Practices zu identifizieren, die in der Plattform umgesetzt werden können. Im Rahmen des Projekts wurden relevante Plattformservices für die S&E-Industrie ausgearbeitet und priorisiert. Weiterhin wurde ein langfristiges Betreiberkonzept für die angestrebte Plattformlösung dargelegt und Empfehlung hinsichtlich der Umsetzung bereitgestellt. Im Forschungsprojekt wurde ein digitaler, webbasierter, unternehmensneutraler Plattformdemonstrator programmiert. Dazu wurden eine Grob- und Feinstruktur erarbeitet. Die Entwicklung erfolgt kontinuierlich und iterativ mit den Unternehmen des PAs. Die Integration der entwickelten Plattform wurde in drei Unternehmen angestrebt. Anschließend wurde die Business-Transformation-Canvas angewendet, um den aktuellen Zustand dieser Unternehmen zu erfassen und Möglichkeiten zur Optimierung zu identifizieren.

7.3 Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse

Die Forschungsfrage des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ lautete: *Wie können KMU im Bergbau durch den Einsatz einer wirtschaftlich tragfähigen Plattformlösung befähigt werden, von der Digitalisierung zu profitieren, um mit einer gesteigerten Prognosefähigkeit auf schwankende Nachfragen zu reagieren?*

Ziele des Forschungsprojekts ‚PROmining‘ waren folglich die unternehmensneutrale Konzeptionierung, Entwicklung und Realisierung eines webbasierten Demonstrators zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Erhöhung der Kapazitätsauslastung von KMU in der deutschen Steine- und Erdenindustrie. Das Konzept wurde basierend auf Literaturrecherchen und Expert:innenbefragungen entwickelt und anhand von

Praxisworkshops validiert. Dabei entstandene Erkenntnisse bezüglich des Nutzungsverhaltens konnten in einer intuitiven Darstellung relevanter Kennzahlen verwertet werden. Sie basieren auf einer Zusammenführung unterschiedlicher Datenquellen innerhalb und außerhalb des Betriebs. Im Demonstrator erfolgt die Anzeige über ein anschauliches Dashboard, das den Nutzenden unterschiedlicher Rollen jeweils relevante Daten zugänglich macht. Mit dem Demonstrator einer Plattformlösung werden Anreize für KMU geschaffen, die digitale Transformation anzugehen und die interne Datenhaltung zu verbessern. Erkenntnisse lassen sich des Weiteren auch auf angrenzende und ähnlich digitalisierte Branchen übertragen und können auch dort Transformationen anregen.

7.4 Fortgeschriebener Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Ein wichtiges Ziel des Forschungsvorhabens war der Transfer von Ergebnissen in die Wissenschaft und Praxis. Während und nach der Projektlaufzeit erfolgte über Workshops, Konferenzen und Publikationen in wissenschaftlichen und branchenspezifischen Medien sowie über den gemeinsamen Internetauftritt der Forschungsstellen ein regelmäßiger Transfer in Wissenschaft und Praxis zum Forschungsprojekt. Bereits während der Projektphasen wurde zur praxistauglichen Validierung der Erkenntnisse ein aktiver Austausch zwischen den am Forschungsprojekt teilnehmenden Unternehmen und den Forschungsstellen initiiert. Somit wurde erreicht, dass die Unternehmen frühzeitig die Vorgehensweisen und Handlungsempfehlungen sowie den webbasierten Plattformdemonstrator in der betrieblichen Praxis anwenden und im realen Einsatzfall überprüfen konnten. Die zeitliche Planung des Transfers der Ergebnisse in die Wirtschaft sowie weitere Detailinformationen sind in Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 aufgeführt.

Tabelle 7-1: Bereits durchgeführte spezifische Transfermaßnahmen

Maßnahmen	Ziel	Ort / Rahmen	Zeitraum
PROmining-Day	Bekanntmachung des Projekts und Kick-off	Aachen, MRE & FIR	16.04.2021
4 Treffen des projektbegleitenden Ausschusses	Entwicklung und Dissemination des Projektergebnisse sowie Validierung der Ergebnisse auf praxisrelevante Problemstellungen	1. PA-Sitzung (digital) 2. PA-Sitzung (digital) 3. PA-Sitzung (digital) 4. PA-Sitzung (digital)	16.04.2021 01.10.2021 17.03.2022 09.11.2022
Wissenschaftliche und praxisorientierte Veranstaltungen	Vorstellung des Projekts Sicherstellung der Umsetzbarkeit der Ergebnisse durch Praxisdiskussionen	ForumMIRO 2021; ForumMIRO 2022 (Kongress- und Fachausstellung des Bundesverbands Mineralische Rohstoffe e.V.); Aachen International Mining	24.-26.11.2021 28.-30.11.2022 ausgefallen

Maßnahmen	Ziel	Ort / Rahmen	Zeitraum
		Simposia (AIMS) 2021 & 2022	wegen COVID-19-Pandemie
Vorstellung auf Konferenzen	Verbreitung und Diskussion der Forschungsergebnisse	10. Kolloquium 'Fördertechnik im Bergbau' 2022; PRO-VE 2022: 23rd Working Conference on Virtual Enterprises; CPSL 2023: Conference on Production Systems and Logistics	26./27.04.2022 19.-21.09.2022 28.02.-03.03.2023
Präsenz im Internet	Fortlaufende Information über das Forschungsprojekt und die (Teil-)Ergebnisse	Eigene Webpräsenz für das Forschungsprojekt und Nennung auf Institutsseiten: https://projekt-promining.de/ ; https://mre.rwth-aachen.de/ ; https://www.fir.rwth-aachen.de/	Projektbegleitend und fortlaufend
Presse-/ Öffentlichkeitsarbeit	Bekanntmachung des Projekts und weitere Verbreitung der Projekthinhalte und -ergebnisse	Informationsdienst der Wissenschaft; Pressemitteilung & Social Media Kanäle der RWTH Aachen University; Presseverteiler FIR; Rundbrief 2021 der Vereinigung Aachener Bergakademiker e. V.	08.02.2022 08.02.2022 17.02.2022 22.02.2022
Veröffentlichung von Ergebnissen in (populär-) wissenschaftlichen Medien	Bekanntmachung und Diskussion der Ergebnisse in der Wissenschaft	GP-GesteinsPerspektiven 03/2022; PROVE 2022 Tagungsband: Collaborative Networks in Digitalization and Society 5.0; Tagungsband: 10. Kolloquium Fördertechnik im Bergbau; Mining Report Glückauf 01/2023; Tagungsband: CPSL 2023 Institutszeitschrift FIR: UdZ – The Data-driven Enterprise Heft/Issue 02.2021;	20.05.2022 27.08.2022 04.2022 02.2023 04.2023 05.05.2021
Veröffentlichung von Ergebnissen in branchenspezifischen Zeitschriften	Bekanntmachung und Diskussion der Ergebnisse in der Wissenschaft und Branche	Nachhaltigkeit und Digitalisierung 2022 Nachhaltigkeit und Digitalisierung 2023 (Publikationen als Supplement der Fachzeitschriften „Steinbruch und Sandgrube“, „Asphalt & Bitumen“, „Die Schweizer Baustoff-Industrie“, „Straßen- und Tiefbau“); Bergbau – Zeitschrift für Rohstoffgewinnung, Energie, Umwelt 08/2022	02.12.2021 01.10.2022 08.2022
Integration in die Universitätslehre	Integration in Lehrveranstaltungen von MRE & FIR	<u>Vorlesung</u> : „Angewandte Rohstoffgewinnung über Tage“; <u>Abschlussarbeit</u> : „Empfindlichkeit von regionalen Märkten der Steine- und Erdenindustrie am Beispiel der Sand- und Kiesbranche“; <u>Abschlussarbeit</u> : „Entwicklung	SS 2021 & 2022 SS 2021 SS 2022

Maßnahmen	Ziel	Ort / Rahmen	Zeitraum
		eines szenariobasierten Prognosemodells zur Erhöhung der Kapazitätsauslastung in der Steine- und Erdenindustrie“	

Tabelle 7-2: Geplante spezifische Transfermaßnahmen

Maßnahmen	Ziel	Ort / Rahmen	Zeitraum
Fortbildungsangebote im Rahmen verschiedener FIR-Zertifikatkurse	Überführung der Projektergebnisse in das Schulungskonzept zur Qualifizierung von Mitarbeitern aus KMU	Aachen, FIR	Nach Projektabschluss
Angebot von Beratungsprojekten	Unterstützung von KMU bei individuellen Problemstellungen durch Beratungsmandate	FIR und MRE; Vor Ort bei den jeweiligen Unternehmen	Nach Projektabschluss
Integration der Ergebnisse in das Service-Science-Innovation-Lab des FIR	Bereitstellen des Methodenwissens in einer strukturierten Form für den branchenübergreifenden Transfer Aufbau und Präsentation eines physischen Demonstrators	Aachen, FIR	Seit November 2022
Teilnahme an Veranstaltungen des Smart Service Centers	Übertragung der Forschungsergebnisse in die Praxis	Aachen, FIR; Smart Service Center der EICe GmbH: Physischer Demonstrator	Nach Projektabschluss

7.5 Gegenüberstellung der erzielten und der angestrebten Ergebnisse

In diesem Kapitel erfolgt die Analyse zwischen den laut Forschungsvorhaben angestrebten und den im Forschungsprojekt ‚PROmining‘ tatsächlich erarbeiteten Ergebnissen. Die über die angestrebten Ergebnisse hinausgehenden Lösungen, Methoden und Hilfestellungen sind *kursiv* gekennzeichnet und unterstreichen die hohe Arbeitsleistung und Impact des Forschungsprojekts.

Arbeitspaket 1

In einem ersten Schritt wurden zunächst verschiedene Teilnehmenden innerhalb der deutschen S&E-Industrie und angrenzenden Branchen identifiziert. Darauf aufbauend wurde eine Branchenmorphologie erstellt, welche die Grundlage für die anschließende Typisierung darstellt. Dies ermöglicht die Verortung der Unternehmen innerhalb der Branche. Anschließend wurden für die Unternehmen die jeweiligen internen und externen Einflussfaktoren hinsichtlich der Bedarfs- und Kapazitätsplanung mittels qualitativer, leitfadengestützter Experteninterviews erarbeitet. Somit konnte, aufbauend auf den Erkenntnissen über die verschiedenen Unternehmenstypen, den gewichteten

Einflussfaktoren auf die Bedarfs- und Kapazitätsplanung und die Bewertung der Einflussfaktoren selbst, das Potenzial für die Einführung einer Plattformlösung in der S&E-Industrie bewertet werden. Zuletzt wurde ein Werkzeug zur Einordnung der Akteure in das Ökosystem und zur Unterstützung der vorgenannten Potenzialbewertung entwickelt.

AP 1: Nutzen- und Potenzialanalyse einer Plattform für KMU in der deutschen S&E-Industrie (AP-Leitung: FIR)

<p>Im Antrag angestrebte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Morphologie und Typisierung für Unternehmen der S&E-Industrie • Gewichtete Einflussfaktoren hins. der Bedarfs- & Kapazitätsplanung • Abschätzung des Plattformpotenzials
<p>Durchgeführte Arbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zunächst wurde ein Wertschöpfungsnetzwerk zur Darstellung der Akteure in der S&E-Industrie erstellt. Über eine literaturbasierte Recherche wurde eine Morphologie gebildet. Die Ausbildung von vier Typen erfolgte auf Basis des morphologischen Kastens durch ein Cross-Consistency-Assessment. • Zur Untersuchung der gewichteten Einflussfaktoren hins. der Bedarfs- und Kapazitätsplanung wurde eine PESTEL-Analyse durchgeführt, welche die Einflussfaktoren mit Schwerpunkt der Digitalisierung hins. der Teilnehmer der Branche aufzeigt. Unterstützt durch Expert:innengespräche mit sieben Unternehmen wurden diese mit einem paarweisen Vergleich auf ihre Prognostizierbarkeit und Beeinflussbarkeit hin gewichtet. • Die Entwicklung eines Tools zur Einordnung der Akteure in das Ökosystem soll insbesondere den KMU die Analyse erleichtern. Hierzu können die Unternehmen mithilfe einer Schritt-für-Schritt-Anleitung das zugrundeliegende Ökosystem auf das Plattformpotenzial hin analysieren und bewerten.
<p>Erzielte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Wertschöpfungsnetzwerk</i>, Morphologie und Typisierung für Unternehmen der S&E-Industrie • Gewichtete Einflussfaktoren hins. der Bedarfs- & Kapazitätsplanung • Abschätzung des Plattformpotenzials • <i>Tool zur Untersuchung des Ökosystems</i>

Arbeitspaket 2

Ziel des Arbeitspakets war die Untersuchung der verfügbaren internen und externen Daten für den Betrieb einer Plattform. Hierbei wurden sowohl interne Datenquellen (z. B. Kapazitätsauslastung von Betriebsmitteln und Personal) als auch externe Datenquellen (z. B. Informationen über die Marktlage) ausgewertet. Auf Basis einer Anforderungsanalyse wurden für fehlende Daten bzw. Datenquellen mit unzureichender Datenqualität Verbesserungsvorschläge für die KMU entwickelt, was zur Verbesserung der Datenhaltung in den Unternehmen beitragen soll.

AP 2: Identifikation von Datenquellen und Unterstützung der KMU bei der Verbesserung der eigenen Datenhaltung (AP-Leitung: MRE)

<p>Im Antrag angestrebte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aktueller Stand der Datennutzung und Datenverarbeitung in S&E-Betrieben • Aufzeigen von Hemmnissen und Einschränkungen in der Nutzung der Daten • Maßnahmen und Guidelines zur Verbesserung der Datenhaltung
<p>Durchgeführte Arbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Untersuchung des aktuellen Stands der Datennutzung wurde zunächst eine Prozessanalyse am definierten Handlungsrahmen durchgeführt, um Produktionsfaktoren und Betriebsmitteldaten zu definieren, die Einfluss auf interne Kapazitätsauslastungen haben. • Anhand von leitfadengestützten Interviews wurde zudem der aktuelle Stand der Datenhaltung in den Betrieben der S&E-Industrie untersucht. Dabei wurde zwischen der Erfassung, Verarbeitung und Nutzung von internen und externen Daten der KMU unterschieden. Es wurden Daten identifiziert und analysiert, welche in den Betrieben für interne Planungsprozesse, insbesondere für die Kapazitätsplanung herangezogen werden. • Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Erfassung von internen Betriebsmitteldaten und Leistungskennzahlen. Mithilfe eines Fragebogens konnte die Integration der Leistungskennzahlen in den unternehmerischen Planungs- und Produktionsprozess identifiziert und analysiert werden. Im Rahmen einer Expert:innenbefragung wurden die Ergebnisse bewertet. • Innerhalb eines interaktiven Industrietreffens wurden die

	<p>Teilnehmenden zu Hemmnissen und Einschränkungen in der Nutzung von Daten befragt. Die Ergebnisse wurden anschließend analysiert und in die Definition von Guidelines integriert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anhand der verfügbaren internen und externen Datenquellen einer Anforderungs- und Marktanalyse wurden Maßnahmen und Guidelines zur Verbesserung der Datenhaltung für KMU entwickelt.
<p>Erzielte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation des aktuellen Stands der Datennutzung und Datenverarbeitung in S&E-Betrieben • Hemmnisse und Einschränkungen in der Nutzung von Daten • Maßnahmen und Guidelines zur Verbesserung der Datenhaltung • <i>Aufbau einer Datenbasis zum Betrieb der Plattform</i>

Arbeitspaket 3

Im Arbeitspaket 3 wurden die möglichen Plattformbetreiber identifiziert und hinsichtlich ihrer Eignung mittels einer Bewertungsmatrix untersucht. Diese stellt die Konsequenzen dar, welche durch den Betrieb der Plattform durch den potenziellen Betreiber entstehen. In Abhängigkeit der jeweiligen Betreiber wurde untersucht, welche Plattformservices die Bedarfs- und Kapazitätsplanung von KMU verbessern könnten. Die möglichen Services wurden hinsichtlich ihres Mehrwerts analysiert und für die Services mit den besten Bewertungen eine Einführungsroadmap erstellt.

AP 3: Ausarbeitung eines langfristigen Betreiberkonzepts und Identifikation möglicher Services zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Kapazitätsauslastung (AP-Leitung: FIR)

<p>Im Antrag angestrebte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bewertung relevanter Plattformservices für KMU inkl. Präferenzkatalog • Ranking und Nutzenbewertung in Abhängigkeit des Betreibers • Umsetzungsroadmap (Entwicklungsplan)
--	---

<p>Durchgeführte Arbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es wurden potenzielle Plattformbetreiber und -sponsoren sowie Technologieanbieter identifiziert. Diese können in drei Kategorien unterteilt werden. Auf Basis der AP 1 und 2 können unterschiedliche Betreiberszenarien entwickelt werden, um die Auswirkungen auf die Plattformteilnehmer aufzuzeigen. • Gemeinsam mit den Teilnehmenden des projektbegleitenden Ausschusses und gestützt durch eine Literaturrecherche wurden die notwendige Plattformservices, welche einen Mehrwert für die einzelnen Akteure (Teilnehmer und Betreiber) der Plattform darstellen, identifiziert. • Zudem wurden in einem Workshop mit dem projektbegleitenden Ausschuss die notwendigen Anreize zur Partizipation an der Plattform identifiziert und analysiert. • Durch Gewichtung und Bestimmung des Mehrwerts der Plattformservices sowie die Bewertung der Umsetzbarkeit in Abhängigkeit des Betreibermodells können die geeigneten Services abgeleitet werden. Mit der Entwicklung einer Umsetzungsroadmap wird ein konkretes Vorgehen abgeleitet.
<p>Erzielte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Identifikation und Priorisierung konkreter Plattformbetreiber</i> • Bewertung relevanter Plattformservices für KMU der S&E-Industrie • Empfehlung eines geeigneten Betreibermodells in Abhängigkeit der Services auf Grundlage eines Rankings und Nutzenbewertung • Umsetzungsroadmap

Arbeitspaket 4

Im vierten Arbeitspaket wurde unternehmensneutral ein Plattfordemonstrator entwickelt und realisiert, der den Unternehmen Werkzeuge bereitstellt, die Prognosefähigkeit zu verbessern und die Kapazitätsauslastung zu erhöhen. Ein wesentlicher Aspekt der Plattformlösung soll die Befähigung von KMU und Unternehmensverbänden zur verbesserten Vorhersage der zukünftigen Nachfrage sein. Daraus ergibt sich die Forschungsfrage des vierten Arbeitspakets: *„Durch welche Maßnahmen und Instrumente können die Wirkungsbeziehungen einer gesteigerten Prognosefähigkeit durch die Plattformlösung identifiziert und strukturiert gesteigert werden und inwieweit können die zuvor identifizierten Services in Verbindung mit der Kapazitätsauslastungsplanung einen*

Beitrag dazu leisten?“ Ziele des vierten Arbeitspakets waren die unternehmensneutrale Identifizierung und Bereitstellung von Maßnahmen und Werkzeugen, um die Wirkungsbeziehungen zur Erhöhung der Prognosefähigkeit zu identifizieren und KMU dazu zu befähigen, in Verbindung mit den zuvor identifizierten Services Verbesserungen umzusetzen.

AP 4: Unternehmensneutrale Entwicklung und Realisierung eines Demonstrators zur Verbesserung der Prognosefähigkeit und Erhöhung der Kapazitätsauslastung (AP-Leitung: FIR)

<p>Im Antrag angestrebte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrator einer Plattformlösungen für Unternehmen der S&E-Industrie mit Services • zur Verbesserung der Prognosefähigkeit • zur Erhöhung der Kapazitätsauslastung
<p>Durchgeführte Arbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es erfolgte zunächst die Entwicklung der Grobstruktur des Systems. • Mit der Konzeption von Nutzerprofilen und der Erarbeitung eines Zugriffsmanagements für unterschiedliche Identitäten im Unternehmen können unter Wahrung des Informationsschutzes Informationen auf der Plattform eingegeben und bereitgestellt werden. • Definition von Schnittstellen der Plattform, sodass ein Zugriff über verschiedene Endgeräte möglich ist. • Die Detaillierung des Designs des Plattformdemonstrators erfolgte durch das Aufsetzen der webbasierten Applikation und Initialisierung des Rollen- und Rechtesystems sowie dem Aufbau der Datenbanken. • Die Implementierung der internen Kapazitätsauslastung und der externen Bedarfsprognose erfolgte mit folgenden Schritten: 1. Aufbau Dateneingabe, 2. Entwicklung der Backend-Logik, 3. Visualisierung im Frontend.
<p>Erzielte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrator einer Plattformlösung • Funktionalitäten zur Kapazitätsauslastung

	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionalitäten zur Prognoseplanung • <i>Aufbau eines cyberphysischen Demonstrators</i>
--	---

Arbeitspaket 5

Abschließend wurde betrachtet, wie KMU und die Unternehmensverbände die Plattform erfolgreich implementieren. Es wurden daher die Implementierungs- und Transformationsprozesse der teilnehmenden Unternehmen untersucht. Durch den kontinuierlichen Austausch mit den Beteiligten wurde eine iterative Anpassung des Plattfordemonstrators durchgeführt und der Plattfordemonstrator validiert. Die Forschungsfrage des fünften Arbeitspakets lautet: *„Wie ist der Implementierungs- und Transformationsprozess eines Unternehmens oder von -verbänden mit einem klassischen, analogen Geschäftsmodell hin zu einer plattformgestützten Prognosefähigkeit zu gestalten, um die Potenziale bestmöglich auszuschöpfen?“* Ziel war die Unterstützung der KMU bei der unternehmensspezifischen Implementierung der Plattformlösung und Begleitung beim Transformationsprozess von KMU mit einem klassischen, analogen Geschäftsmodell hin zur prognosegestützten Nutzung der angebotenen Services.

AP 5: Unternehmensspezifische Implementierung, Testing und Validierung der Plattformlösung sowie Begleitung der Unternehmen beim Transformationsprozess (AP-Leitung: FIR)

Im Antrag angestrebte Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Validierter webbasierter Demonstrator • Beschreibung einer Unternehmenstransformation durch den Plattformbeitritt • Betreibermodell
Durchgeführte Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Drei wichtige Elemente waren die Implementierung des Plattfordemonstrators bei den Unternehmen und die daran anschließende Durchführung von Tests sowie die Validierung. • Daraufhin erfolgten eine iterative Anpassung des Plattfordemonstrators nach dem Anwenderfeedback sowie die Vorstellung und Anwendung durch verschiedene Rollen in drei ausgewählten Unternehmen unter intensiver Begleitung. • Die wissenschaftliche Begleitung des durch den Plattformbeitritt bedingten Veränderungsprozesses wurde mithilfe des Ordnungsrahmens der Business-Transformation-Canvas (BTC)

	<p>sichergestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • In Expert:inneninterviews und mit Strukturierung durch die BTC wurden Potenziale und Hemmnisse in der durch den Plattformdemonstrator bedingten Unternehmenstransformation erfasst.
<p>Erzielte Ergebnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Validierter webbasierter Demonstrator • Beschreibung einer Unternehmenstransformation durch Plattformbeitritt • Empfehlung eines Betreibermodells basierend auf den priorisierten Services

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Produktion und Kapazitätsauslastung in der Baustoff-, Steine- und Erdenindustrie.....	5
Abbildung 1-2: Vorgehen im Forschungsprojekt	10
Abbildung 2-1: Wertschöpfungssystem der deutschen S&E-Industrie	21
Abbildung 2-2: zweidimensionaler morphologischer Kasten	22
Abbildung 2-3: Förder tonnagen in Natursteintagebauten.....	27
Abbildung 2-4: Verwendung von S&E-Erzeugnissen in nachgelagerten Wirtschaftszweigen	28
Abbildung 2-5: Morphologie zur Beschreibung der Unternehmen der S&E-Industrie.....	37
Abbildung 2-6: Cross-Consistency-Assessment zur Vermeidung inkonsistenter Typen	39
Abbildung 2-7: Typisierung der Unternehmen der S&E-Industrie.....	42
Abbildung 2-8: PESTEL-Analyse für die deutsche S&E-Industrie	45
Abbildung 2-9: Paarweiser Vergleich der internen Einflussfaktoren.....	46
Abbildung 2-10: Paarweiser Vergleich der externen Einflussfaktoren.....	47
Abbildung 2-11: Beeinfluss- und Prognostizierbarkeit der internen Faktoren der Bedarfs- und Kapazitätsplanung	48
Abbildung 2-12: Beeinfluss- und Prognostizierbarkeit der externen Faktoren der Bedarfs- und Kapazitätsplanung	49
Abbildung 2-13: Ermittlung des Kooperationsindex	52
Abbildung 2-14: Übersicht der Business-Ecosystem-Umgebung	53
Abbildung 3-1: Datenerfassung (analog), -haltung (digital-händisch) und -analyse (deskriptiv) von produktionspezifischen Informationen	58
Abbildung 3-2: Micro-Analyse der standortspezifischen Verbrauchs- und Förderdaten.....	58
Abbildung 3-3: Digital-händische Datenerfassung und Visualisierung der Produktivität eines Ladegeräts (Radlader)	59
Abbildung 3-4: Datenerfassung von tagesaktuellen Schichtinformationen über die erfolgte Leistung und relevante Betriebsmittelinformation.....	60
Abbildung 3-5: Datenerfassung der monatlichen Arbeitszeit Personal Hydraulikbagger.....	62
Abbildung 3-6: Übersicht der anfallenden Datenarten im Rohstoffgewinnungsprozess	66
Abbildung 3-7: Exemplarische Darstellung des aktuellen Stands der Datennutzung in digital ausbaufähigen Unternehmen der S&E-Industrie	68
Abbildung 3-8: Ansatz zur Verbesserung der Datenhaltung.....	70
Abbildung 3-9: Darstellung von Leistungskennzahlen eines Bohrgeräts in einer OEM-Plattform	75
Abbildung 3-10: Hemmnisse für eine stärkere wirtschaftliche Datennutzung.....	81
Abbildung 3-11: Maßnahmen zur Verbesserung der Kapazitätsauslastung im S&E-Betrieb	86
Abbildung 4-1: Die Akteure digitaler Plattformen.....	89
Abbildung 4-2: Modelle der Kooperation von Plattformsponsor(-en) und -manager(-n).....	91
Abbildung 4-3: Potenzielle Betreiberszenarien für eine digitale B2B-Plattform der deutschen S&E-Industrie	96
Abbildung 4-4: Potenzielle Services einer digitalen Plattform der deutschen S&E-Industrie.....	102
Abbildung 4-5: Paarweiser Vergleich der Bewertungskriterien der Plattformservices	104
Abbildung 4-6: Vorgehen zur Bestimmung des Gesamtnutzen der potenziellen Betreibermodelle in Abhängigkeit der Realisierbarkeit der Plattformservices.....	107
Abbildung 4-7: Kritik und Anregungen des projektbegleitenden Ausschusses zu Serviceumfängen und der Ausgestaltung der Benutzeroberfläche im Rahmen des dritten Treffens des projektbegleitenden Ausschusses am 17.03.2022	109
Abbildung 4-8: Umsetzungsroadmap von Change-Management-Projekten.....	112
Abbildung 5-1: Grobstruktur der Plattform.....	113
Abbildung 5-2: Konzept des <i>Internet of Production</i>	114

Abbildung 5-3: Erste Visualisierung des Plattform-Demonstrators.....	115
Abbildung 5-4: Priorisierte Visualisierung für den Plattform-Demonstrator.....	116
Abbildung 5-5: Detaillierte Visualisierung des Plattform-Demonstrators	117
Abbildung 5-6: Die datenzentrische Plattform führt interne Kapazitätsdaten mit externen Nachfrageprognosen zusammen	118
Abbildung 5-7: Prozessdaten relevanter Betriebsmittel, Anlagen und Humanressourcen die in der Plattform <i>PROMining</i> erfasst, integriert, verarbeitet und abschließend visualisiert werden.....	120
Abbildung 5-8: Schematische Darstellung einer quantitativen Trendanalyse.....	123
Abbildung 5-9: Methodik des regionalen Nachfrageprognosemodells	123
Abbildung 5-10: Trendextrapolation und Szenarien für die Entwicklung der Nachfrage in der S&E-Industrie.....	125
Abbildung 5-11: Definierte Identitäten und Nutzungsrechte	128
Abbildung 6-1: Business-Transformation-Canvas	134

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Abgrenzung zu bisherigen Forschungsprojekten	11
Tabelle 2-1: Identifizierte Potenziale und Hemmnisse von Plattformlösungen	49
Tabelle 3-1: Übermittelte Telemetriedaten eines Hydraulikbaggers	61
Tabelle 3-2: Kennzahlen zur Leistungsbeschreibung eines Betriebsmittels nach ISO Technical Spezification 15143-3	73
Tabelle 3-3: Bestehende Plattformlösungen für die Bergbaubranche und anverwandte Branchen	76
Tabelle 4-1: Bewertungssystematik des Interessenvergleichs zwischen Betreiber- und Nutzerseite einer digitalen Plattformlösung für die S&E-Industrie	97
Tabelle 4-2: Ergebnisse des Interessenvergleichs von Betreiber- und Nutzerseite einer digitalen Plattformlösung der S&E-Industrie.....	97
Tabelle 4-3: Ergebnis der Nutzwertanalyse hinsichtlich des Mehrwerts der Plattformservices	105
Tabelle 4-4: Ergebnisse der zweistufigen Nutzwertanalyse zur Bewertung der ausgearbeiteten Betreiberszenarien unter Berücksichtigung der Bewertungsdimensionen <i>Mehrwert</i> und <i>Umsetzbarkeit</i> hinsichtlich der einzelnen Plattformservices	107
Tabelle 5-1: Szenarien für die vier bauwirtschaftlichen Bereiche	124
Tabelle 7-1: Bereits durchgeführte spezifische Transfermaßnahmen	139
Tabelle 7-2: Geplante spezifische Transfermaßnahmen.....	141

Literaturverzeichnis

- Aberle, G.: Transportwirtschaft. Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen. 4., überarb. u. erw. Auflage. Oldenbourg, München [u. a.] 2003.
- Adrien Rimélé, M.; Dimitrakopoulos, R.; Gamache, M.: A stochastic optimization method with in-pit waste and tailings disposal for open pit life-of-mine production planning. In: Resources Policy 57(2018), S. 112–121. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.02.006
- Allweins, M. M.; Proesch, M.; Ladd, T.: The Platform Canvas – Conceptualization of a Design Framework for Multi-Sided Platform Businesses. In: Entrepreneurship Education and Pedagogy 4(2021)3, S. 455–477. DOI: 10.1177/2515127420959051.
- Amer, M.; Daim, T. U.; Jetter, A.: A review of scenario planning. In: Futures 46(2013), S. 23–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2012.10.003>
- Andruleit, H.; Elsner, H.; Graupner, T.; Homberg-Heumann, D.; Huy, D.; Pein, M. et al.: Deutschland – Rohstoffsituation 2017. Hrsg.: BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover 2018.
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)
- Andruleit, H.; Elsner, H.; Henning, S.; Homberg-Heumann, D.; Kreuz, A.: DERA-Rohstoffliste. Berlin (DERA-Rohstoffinformationen). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, November 2020.
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2019.pdf;jsessionid=381865FBD8406BED2C716D39CA50E6F2.2_cid284?__blob=publicationFile&v=5 (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)
- Anggraeni, E.; Hartigh, E. den; Zegveld, M.: Business ecosystem as a perspective for studying the relations between firms and their business networks. In: Proceedings: ECCON 2007. https://secouu.files.wordpress.com/2009/06/anggraeni-den-hartigh-zegveld_2007_business-ecosystem-as-a-perspective.pdf (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)
- Arentz, O.; Münstermann, L.: Wo liegt der Kern des deutschen Mittelstands? In: Wirtschaftsdienst 93(2013)9, S. 622–628. DOI: 10.1007/s10273-013-1574-5.
- Azevedo, A.; Ribeiro, H.: New Business Models Elements Oriented to Product-Service Machinery Industry. In: Advances in sustainable and competitive manufacturing systems. 23rd International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing; [FAIM

2013; Porto, Portugal; Proceedings. Hrsg.: A. Azevedo. Springer, Cham [u. a.] 2013, S. 1277–1289.

Baier, M.; Bookhagen, B.; Eicke, C.; Elsner, H.; Henning, S.: Deutschland – Rohstoffsituation 2020. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, November 2021. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)

Barnewold, L.; Lottermoser, B. G.: Identification of digital technologies and digitalisation trends in the mining industry. In: International Journal of Mining Science and Technology 30 (2020) 6, S. 747–757. DOI: 10.1016/j.ijmst.2020.07.003.

Basten, M.: bbs-Zahlenspiegel 2017. Struktur- und Konjunkturdaten der Baustoff-, Steine- und-Erden-Industrie. Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. Berlin 2017.

https://www.baustoffindustrie.de/fileadmin/user_upload/bbs/Dateien/Downloadarchiv/Konjunktur/2017-06-07_BBS_Zahlenspiegel_ONLINE.pdf (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)

Basten, M.: bbs-Zahlenspiegel 2021. Daten und Fakten zur Baustoff-Steine-Erden-Industrie. Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. Berlin 2021. https://www.baustoffindustrie.de/fileadmin/user_upload/bbs/Dateien/Downloadarchiv/Konjunktur/2021-06-20_BBS_Zahlenspiegel_klein-1.pdf (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)

Basten, M.: bbs-Zahlenspiegel 2022. Daten und Fakten zur Baustoff-Steine-Erden-Industrie. Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. Berlin, Juni 2022. https://www.baustoffindustrie.de/fileadmin/user_upload/bbs/Dateien/Downloadarchiv/Konjunktur/2022-06-20_BBS_Zahlenspiegel_klein_final.pdf (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023) [=2022a]

Basten, M.: Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2040 in Deutschland. Hrsg.: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V. Berlin, Februar 2022.

https://www.baustoffindustrie.de/fileadmin/user_upload/bbs/Bilder/Aktuelles/2022-04-20_BBS_Rohstoffstudie_01_ONLINE.pdf (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023) [=2022b]

Baums, A.; Schössler, M.; Scott, B. (Hrsg.): Kompendium Industrie 4.0. Wie digitale Plattformen die Wirtschaft verändern – und wie die Politik gestalten kann. Kompendium Digitale Standortpolitik; Bd. 2. Berlin, Oktober 2015. <http://plattform-maerkte.de/wp-content/uploads/2015/11/Kompendium-High.pdf> (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)

- Behringer, S.: Konzerncontrolling. 2. Auflage. Springer Gabler, Wiesbaden [u. a.] 2014.
- Bell, F.; Smyl, S.: Forecasting at Uber: An Introduction. Uber Engineering online, 06.09.2018. <https://eng.uber.com/forecasting-introduction/> (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)
- Bookhagen, B.; Eicke, C.; Elsner, H.; Henning, S.; Kern, M.; Kresse, C.; Kuhn, K.; Liesegang, M.; Lutz, R.; Mährlitz, P.; Moldenhauer, K.; Pein, M.; Schauer, M.; Schmidt, S.; Schmitz, M.; Sievers, H.; Szurlies, M.: Deutschland – Rohstoffsituation 2021. Hrsg.: BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover, Dezember 2022. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohsit-2021.pdf;jsessionid=85FA1AC153A598C22846C0075CAB7E95.internet961?__blob=publicationFile&v=4 (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)
- BMWi (Hrsg.): Digitale Plattformen. Digitale Ordnungspolitik für Wachstum, Innovation, Wettbewerb und Teilhabe. Weissbuch. Berlin, März 2017. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/weissbuch-digitale-plattformen.pdf?__blob=publicationFile&v=26 (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)
- Böhm, D. N.; Rennhak, C.; Ebert, T.: Kundenbindung in B2B-Beziehungen. In: Herausforderung Kundenbindung. Hrsg.: C. Rennhak. DUV, Wiesbaden 2006, S. 261 – 272.
- Böhner, R.: Untersuchungen zur Feinstaubbelastung durch Tagebaue der Steine- und Erdenindustrie. Mitteilungen zu Tagebau- und Tiefbohrtechnik; Bd. 17. Mainz, Aachen 2014, – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2013.
- Boos, W.; Völker, M.; Schuh, G.: Grundlagen des Managements produzierender Unternehmen. In: Strategie und Management produzierender Unternehmen. Hrsg.: G. Schuh; A. Kampker. Reihe Handbuch Produktion und Management; Bd. 1. Springer, Berlin [u. a.] 2011, S. 1 – 61.
- Booth, A.; Hart, J.; Sim, S.: Building a great data platform. Five insights into building a great data platform can help energy, chemical, utility, and basic-materials companies get it right. McKinsey online, 01.08.2018. <https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/building-a-great-data-platform> (Link zuletzt geprüft: 04.08.2023)
- Börner, A.; Bornhöft, E.; Häfner, F.; Hug-Diegel, N.; Kleeberg, K.; Mandl, J.; Nestler, A.; Poschlod, K.; Röhling, S.; Rosenberg, F.; Schäfer, I.; Stedingk, K.; Thum, H.; Werner, W.;

- Wetzel, E. (Hrsg.): Steine- und Erden-Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. Geologisches Jahrbuch; Sonderhefte: Reihe D: Mineralogie, Petrographie, Geochemie, Lagerstättenkunde; H. SD 10. Schweizerbart, Stuttgart 2012. (
- Bösch, I.: Makroökonomik und Wirtschaftspolitik. Ein Lehrbuch zur Entwicklung nach der Weltwirtschaftskrise 2009. UTB; Bd. 4869. Mohr Siebeck, Tübingen 2017.
- Braun, T.; Hennig, A.: Untersuchungen zur Betriebsstruktur deutscher Natursteintagebaue. In: Berg Huettenmaenn Monatshefte 161 (2016) 4, S. 181–186.
- Braun, T.; Hennig, A.; Lottemoser, B. G.: The need for sustainable technology diffusion in mining: Achieving the use of belt conveyor systems in the German hard-rock quarrying industry. In: Journal of Sustainable Mining 16 (2017) 1, S. 24–30. DOI: 10.1016/j.jsm.2017.06.003.
- Breiß, A.; Knosala, R.: Bewerten technischer Systeme. Theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen. Springer, Berlin [u. a.] 1997..
- Brown, T.; Katz, B.: Change by design. Wie Design Thinking Organisationen verändert und zu mehr Innovationen führt. Vahlen, München 2016.
- Bundesministerium der Finanzen (Hrsg.): Beteiligungsbericht des Bundes 2021. Berlin, Februar 2022.
https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Bundesvermoegen/Privatisierungs_und_Beteiligungspolitik/Beteiligungspolitik/Beteiligungsberichte/beteiligungsbericht-des-bundes-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Link zuletzt geprüft: 15.06.2023)
- Buntz, B.: The Top 20 Industrial IoT Applications. IoT World today, 20.09.2017.
<https://www.iotworldtoday.com/iiot/the-top-20-industrial-iiot-applications> (Link zuletzt geprüft: 15.06.2023)
- Butollo, F.; Schneidmesser, L.: Data and Digital Platforms in Industry: Implication for enterprises strategies and governance. Hrsg.: Weizenbaum Institute for the Networked Society – The German Internet Institute, Berlin. Weizenbaum Series; Nr. 19. Berlin 2021.
<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/251213/1/Full-text-report-Butollo-et-al-Data-and-digital.pdf> (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)
- Cardoso, J.; Winkler, M.; Voigt, K.; Berthold, H.: IoS-Based Services, Platform Services, SLA and Models for the Internet of Services. In: Software and data technologies. Hrsg.: J. Cordeiro; A. Kumar Ranchordas; B. Shishkov. 4th international conference, ICSoft 2009,

Feldfunktion geändert

Sofia, Bulgaria, July 26 – 29, 2009; revised selected papers, Bd. 50. Communications in Computer and Information Science; Bd. 50. Springer, Berlin [u. a.] 2011, S. 3–17.

Carson, L.: Designing a Public Conversation Using the World Café Method. In: Social Alternatives 30 (2011) 1, S. 10–14.

<https://search.informit.org/doi/epdf/10.3316/ielapa.201106325> (Link zuletzt geprüft: 26.06.2023)

Chahal, H.; Jyoti, J.; Wirtz, J.: Business Analytics: Concept and Applications. In: Understanding the Role of Business Analytics. Hrsg.: H. Chahal; J. Jyoti; J. Wirtz. Springer, Singapur [u. a.] 2019, 8 S. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-1334-9_1

Demartini, M.; Evans, S.; Tonelli, F.: Digitalization Technologies for Industrial Sustainability. In: Procedia Manufacturing 33, S. 264–271. DOI: 10.1016/j.promfg.2019.04.032.

Dispan, J.; Schwarz-Kocher, M.: Digitalisierung im Maschinenbau. Entwicklungstrends, Herausforderungen, Beschäftigungswirkungen, Gestaltungsfelder im Maschinen- und Anlagenbau. Working Paper Forschungsförderung; Nr. 94. Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf, September 2018. <https://d-nb.info/1169795951/34> (Link zuletzt geprüft: 15.06.2023)

Dittmer, G.: Managen mit Methode. Instrumente für individuelle Lösungen. Gabler, Wiesbaden 1995, S. 43–56.

Duarte, J.; Rodrigues, M. Fernanda; Santos Baptista, J.: Data Digitalisation in the Open-Pit Mining Industry: A Scoping Review. In: Archives of Computational Methods in Engineering 28 (2021) 4, S. 3167–3181. DOI: 10.1007/s11831-020-09493-3.

Duarte, J.; Rodrigues, F.; Castelo Branco, J.: Sensing Technology Applications in the Mining Industry-A Systematic Review. In: International journal of environmental research and public health 19 (2022) 4, S. 2334/16 S. DOI: 10.3390/ijerph19042334.

Duden-Red. (Hrsg.): [Definition] Unternehmensgruppe. <https://www.duden.de/node/190414/revision/565643> Link zuletzt geprüft: 19.06.2023)

Eickemeyer, S. C.; Busch, J.; Heinke, Y.; Goßmann, D.: Verfügbarkeitsoptimierung in der Kapazitätsplanung. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 107 (2012) 12, S. 903–907. DOI: 10.3139/104.110878.

Eisenmann, T. R.; Parker, G.; van Alstyne, M. W.: Opening Platforms: How, When and Why? In: SSRN Electronic Journal (2008) August, S. 131–162.

El Madani, A: SME Policy: Comparative Analysis of SME Definitions. In: IJARBSS 8 (2018) 8, S. 100 – 111. DOI: 10.6007/IJARBSS/v8-i8/4443.

Engelhardt; S. v.; Wangler; L.; Wischmann; S.: Eigenschaften und Erfolgsfaktoren digitaler Plattformen. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Hrsg.: Begleitforschung AUTONOMIK für Industrie 4.0 – iit-Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Berlin, März 2017. https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/autonomik-studie-digitale-plattformen.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)

Engels, G.; Plass, C.; Rammig, F. J. (Hrsg.): IT-Plattformen für die Smart Service Welt. Verständnis und Handlungsfelder. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Utz, München 2017. <https://www.acatech.de/publikation/it-plattformen-fuer-die-smart-service-welt-verstaendnis-und-handlungsfelder/download-pdf/?lang=de> (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)

Eversheim, W.; Liestmann, V.; Winkelmann, K.: Anwendungspotenziale ingenieurwissenschaftlicher Methoden für das Service Engineering. In: Service engineering. Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. Hrsg.: H.-J. Bullinger; A.-W. Scheer. 2., vollst. überarb. u. erw. Auflage. Springer, Berlin [u. a.-] 2006, S. 423–442.

Eymer, W.; Oppermann, S.; Redlich, R.; Schümann, M.: Grundlagen der Erdbewegung. 2. Auflage. Kirschbaum, Bonn 2006.

Fahey, L.; Narayanan, V. K.: Macroenvironmental analysis for strategic management. West Publishing., St. Paul (MN) 1986.

Ganeriwalla, A.; Harnathka, S.; Costa, A.; Volkov, M.; Voigt, N.: Racing Toward a Digital Future in Metals and Mining. BCG online, 04.02.2021.

<https://www.bcg.com/publications/2021/adopting-a-digital-strategy-in-the-metals-and-mining-industry> (Link zuletzt geprüft: 07.09.2023)

Gawer, A.; Cusumano, M. A.: Industry Platforms and Ecosystem Innovation. In: Journal of Product Innovation Management 31 (2014) 3, S. 417–433.

Gilbert, D. U.: Digitale Plattformen: Konzept, Bedeutung und Analyse der Problembereiche. In: WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium 49 (2020) 2-3, S. 12–18. DOI: 10.15358/0340-1650-2020-2-3-12.

Gleißner, H.; Femerling, J. C.: Kompakt Edition: Transport. Elemente – Management – Märkte. Springer Gabler, Wiesbaden 2016. .

Göhler-Robus, M.: D-EiT Extractive Industries Transparency Initiative Germany. Berichtsjahr 2020. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Bonn [u. a.], Mai 2023. <https://d-eiti.de/Downloads/5.%20D-EITI%20Bericht.pdf> (Link zuletzt geprüft: 07.09.2023)

Grabher, G.; van Tuijl, E.: Uber-production: From global networks to digital platforms. In: Environment and Planning A: Economy and Space 52 (2020) 5, S. 1005–1016. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0308518X20916507> (Link zuletzt geprüft: 22.06.2023)

Grömling, M.: Volkswirtschaftliches Porträt der deutschen Baustoffindustrie. Hrsg.: Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e. V. Berlin, Juni 2011. https://www.baustoffindustrie.de/fileadmin/user_upload/bbs/Dateien/Downloadarchiv/Verbandspublikationen/branchenportrait_2011.pdf (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)

Gudergan, G.; Feige, B. A.; Krechting, D.: Ordnungsrahmen für den Prozess der Business-Transformation. In: Digitalisierung. Betriebliche Handlungsfelder der Unternehmensentwicklung. Hrsg.: A. Blaeser-Benfer; W. Pollety. RKW Kompetenzzentrum; Bd. 5. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main 2017, (S. 155–172.

Günther, T.: Baustellenmanagement im Anlagenbau. Von der Planung bis zur Fertigstellung. Springer Vieweg, Berlin [u. a.] 2015.

Haarhoff, D.; Lublasser, E.; Overmann, S.; Elser, H.; Voet, H.: Industrie 4.0 in der Zementindustrie – Status quo und Perspektiven. Eine Studie im Auftrag der Initiative für Nachhaltigkeit in der deutschen Zementindustrie. Aachen, Januar 2019. <https://cloud.vdz-online.de/index.php/s/7FBcaeZ3anYNGEp#pdfviewer> (Link zuletzt geprüft: 30.06.2023)

Haric, P.: [Definition] Unternehmen. Gabler Wirtschaftslexikon online, 22.01.2019. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/unternehmen-48087/version-369159> (Link zuletzt geprüft: 19.06.2023)

Haucap, J.; Kehder, C.; Loebert, I.: B2B-Plattformen in Nordrhein-Westfalen: Potenziale, Hemmnisse und Handlungsoptionen. Ein Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Berlin, Dezember 2020.

https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/gutachten_b2b-plattformen.pdf
(Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)

Helmold, M.: Kaizen, Lean Management und Digitalisierung. Mit den japanischen Konzepten Wettbewerbsvorteile für das Unternehmen erzielen. Springer Gabler Wiesbaden 2021.

Hicking, J.: Spezifikation von intelligenten Produkten im Maschinenbau. Schriftenreihe Rationalisierung; Bd. 175. Hrsg.: G. Schuh. Apprimus, Aachen 2020. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2020.

Hillebrand, E.: Branchenanalyse Rohstoffindustrie. Reihe Study der Hans-Böckler-Stiftung; Bd. 315. Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf 2016.

https://www.boeckler.de/pdf/p_study_hbs_315.pdf (Link zuletzt geprüft: 07.09.2023)

Hirsch-Kreinsen, H.; Kubach, U.; Stark, R.; Wichert, G. v.; Litsche, S.; Sedlmeir, J.; Steglich, S.: Themenfelder Industrie 4.0 – Forschungs- und Entwicklungsbedarfe für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0. 2., überarb. Fassung. München, Juli 2022

https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Themenfelder.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)

Huy, D.; Andruleit, H.; Babies, H.-G.: DERA-Rohstoffliste. Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover [u. a.], November 2014.

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/Rohsit-2013.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)

Inmarsat (Hrsg.): The Rise of IoT in Mining. London 2017. .

https://www.inmarsat.com/content/dam/inmarsat/corporate/documents/enterprise/insights/inmarsat_WP_The_Rise_of_IoT_in_Mining.pdf.coredownload.inline.pdf (Link zuletzt geprüft: 25.06.2023)

ISO/TS 15143-3:2020: Earth-moving machinery and mobile road construction machinery – Worksite data exchange – Part 3: Telematics data. Januar 2020.

Jaekel, M.: Die Macht der digitalen Plattformen. Wegweiser im Zeitalter einer expandierenden Digitalosphäre und künstlicher Intelligenz. Springer Vieweg, Wiesbaden [u. a.] 2017.

Kampker, A.; Schuh, G.; Schittny, B.: Unternehmensstruktur. In: Strategie und Management produzierender Unternehmen. Hrsg.: G. Schuh; A. Kampker. Reihe Handbuch Produktion und Management; Bd. 1. Springer, Berlin [u. a.] 2011, S. 133 – 229.

Kaufmann, T.: Strategiewerkzeuge aus der Praxis. Analyse und Beurteilung der strategischen Ausgangslage. Springer, Berlin [u. a.] 2021, S. 19–28.

Kazakidis, V.: Operating risk: planning for flexible mining systems. 2001.

Kluge, S.: Empirisch begründete Typenbildung. Zur Konstruktion von Typen und Typologien in der qualitativen Sozialforschung. Leske und Budrich, Opladen 1999.– Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 1998
Komljenovic, D.; Nour, G. A.; Popovic, N.: An approach for strategic planning and asset management in the mining industry in the context of business and operational complexity. In: IJMME 6 (2015) 4, Artikel 73047, S. 338 – 360. DOI: 10.1504/IJMME.2015.073047.

Kosow, H.; Gaßner, R.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Werkstattbericht / IZT, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung; Bd. 103. IZT, Berlin 2008.

Kotter, John P.: Die Kraft der zwei Systeme. Wie man Innovationen erfolgreich vorantreibt und strategische Veränderungen schnell umsetzt. Ein Dialoggespräch mit Dr. Kotter, Professor of Leadership em., Harvard Business School, geführt von Dr. Konieczny, Führung, Organisation, Interconsilium. <https://www.interconsilium.de/die-kraft-der-zwei-systeme/> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023) [=2012a]
Kotter, John P.: Leading change. [Nachdruck], with a new preface by the author. Harvard Business Review Press, Boston (MA) 2012. [=2012b]

Kowitz, S.-F.: Discover Patterns in Exceptions – Entdecke das Muster im Sonderfall. Bergbau 4.0 und Big Data: Erfahrungen eines Start-ups. In: GeoResources 2 (2016) 3, S. 46–48.

Krämer, H.: Digitalisierung, Monopolbildung und wirtschaftliche Ungleichheit. In: Wirtschaftsdienst 99 (2019) 1, S. 47–52. DOI: 10.1007/s10273-019-2394-z.

Krcmar, H.: Einführung in das Informationsmanagement. 2., überarb. Auflage. Springer Gabler, Berlin [u. a.] 2015.

Laayati, O.; Bouzi, M.; Chebak, A.: Smart Energy Management System: Design of a Monitoring and Peak Load Forecasting System for an Experimental Open-Pit Mine. In: ASI 5 (2022) 1, 18 S. DOI: 10.3390/asi5010018.

- Lacy, P.; Rutqvist, J.: Waste to wealth. The circular economy advantage. Palgrave Macmillan, Basingstoke 2015.
- Lanke, A.; Ghodrati, B.; Hoseinie, H.: Uncertainty Analysis of Production in Open Pit Mines: operational parameter regression analysis of Mining Machinery. In: Mining science 23 (2016), S. 147–160. <http://www.miningscience.pwr.edu.pl/pdf-67268-8276?filename=Uncertainty%20Analysis%20of.pdf> (Link zuletzt geprüft: 08.09.2023)
- Lassen, J.; Braun, M.; Müller, J.; Hoeborn, G.: Das Potenzial digitaler Plattformlösungen. In: Nachhaltigkeit und Digitalisierung (2021) Sonderheft: Die Zukunft im Bau, S. 8–12.
- Lassen, J.; Müller, J.: Fortschritt beim Forschungsprojekt PROMining. Eine digitale Plattform zur standardisierten Datenaufnahme und -auswertung für die Steine- und Erdenindustrie entsteht. In: Nachhaltigkeit & Digitalisierung (2022/2023) Sonderveröffentlichung: Die Zukunft im Bau, S. 6–9.
- Lassen, J.; Müller, J.; Schulte, M.; Hecht, L.: Development of a Plattform Demonstrator. An Experience Report. In: Mining Report Glückauf 159 (2023) 1, S. 72 – 79.
- Levy, M.; Huli, C.: Design Thinking in a Nutshell for Eliciting Requirements of a Business Process: A Case Study of a Design Thinking Workshop. In: 2019 IEEE 27th International Requirements Engineering Conference. 23. – 27. September 2019, Jeju Island, South Korea: Proceedings. IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway (NJ) 2019, S. 351–356.
- Lieberknecht, C.: Renaissance der kommunalen Wohnungsunternehmen Forum Wohnen und Stadtentwicklung (2016) März/April, S. 78 – 81.
https://www.gdw.de/media/2019/11/renaissance-der-kommunalen-wus_lieberknecht.pdf
(Link zuletzt geprüft: 09.06.2023)
- Lindner, D.: KMU im digitalen Wandel. Ergebnisse empirischer Studien zu Arbeit, Führung und Organisation. Springer Gabler, Wiesbaden 2019.
- Lundborg, M.; Gull, I.: Digitale Plattformen als Chance für den Mittelstand. Relevanz, Anwendung, Transfer. Hrsg.: Begleitforschung Mittelstand-Digital. Bad Honnef, Oktober 2019. https://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/Publikationen/digitale-plattformen-als-chance.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Mack, O.; Veil, P.: Platform Business Models and Internet of Things as Complementary Concepts for Digital Disruption. In: Phantom Ex Machina. Disruption's Role in Business

Model Transformation. Hrsg.: A. Khare; B. Stewart; R. Schatz. Digital Springer, Cham [u. a.] 2017, S. 71–85.

Maheswari, C.; Priyanka, E. B.; Thangavel, S.; Vignesh, S. V. R.; Poongodi, C.: Multiple regression analysis for the prediction of extraction efficiency in mining industry with industrial IoT. In: *Production Engineering, Research and Development* 14 (2020) 4, S. 457–471. DOI: 10.1007/s11740-020-00970-z.

Mareis, C.: Systematisierte Innovationen: Entdecken und Erfinden in Fritz Zwickys Morphologischem Weltbild. In: *Wissenskulturen. Bedingungen wissenschaftlicher Innovation*. Hrsg.: F. Esser; H. Müller. Studien des Aachener Kompetenzzentrums für Wissenschaftsgeschichte; Bd. 12. Kassel University Press, Kassel 2012, S. 43 – 66. [=2012a]

Mareis, C.: Quadratisch, praktisch, gut. In: *Maske und Kothurn* 58 (2012) 2, S. 109–122. DOI: 10.7767/muk.2012.58.2.109. [=2012b]

Meier, P.: Digitale Plattformen als Innovationstreiber. In: *Innovationsumgebungen gestalten. Impulse für Start-ups und etablierte Unternehmen im globalen Wettbewerb*. Hrsg.: P. Plugmann. Springer Gabler, Wiesbaden 2018, S. 207–217.

Meinel, C.; Weinberg, U.; Krohn, T.: *Design thinking live. Wie man Ideen entwickelt und Probleme löst*. Murmann, Hamburg 2015.

Meuser, M.; Nagel, U.: ExpertInneninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht: ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: *Qualitativ-empirische Sozialforschung. Konzepte, Methoden, Analysen*. Hrsg.: D. Garz; K. Kraimer. Westdt. Verl., Opladen [u. a.] 1991, S. 441 – 471.

Meuser, M.; Nagel, U.: Das Experteninterview – konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In: *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft. Neue Entwicklungen und Anwendungen*. S. Pickel; G. Pickel; H.-J. Lauth; D. Jahn. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden 2009, S. 465–479.

MIRO (Hrsg.): *Die deutsche Gesteinsindustrie. Wirtschaft – Produktion – Anspruch*. Berlin 2020. https://www.bv-miro.org/wp-content/uploads/MIRO-Bericht_2020.pdf (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)

MIRO (Hrsg.): *Die deutsche Gesteinsindustrie. Wirtschaft – Produktion – Anspruch. Bericht der Geschäftsführung 2021/2022*. Berlin 2022. https://www.bv-miro.org/wp-content/uploads/Miro_2022_Web_PDF.pdf (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)

- Mishra, P. C.; Mohanty, M. K.: A review of factors affecting mining operation. In: *World Journal of Engineering* 17 (2020) 3, S. 457–472. DOI: 10.1108/WJE-03-2019-0082.
- Moore, J. F.: Predators and Prey: A New Ecology of Competition. In: *Harvard business review* 71 (1993) 5/6, S. 75–86.
- Moura, R. L. de; Landa Farias Ceotto, L. de; Gonzalez, A.: Industrial IoT and Advanced Analytics Framework: An Approach for the Mining Industry. In: *2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence. CSCI 2017: Las Vegas, USA, 14. – 16. December 2017: Proceedings.* Hrsg.: H. R. Arabnia. IEEE, Piscataway (NJ) 2017, S. 1308–1314.
- Mühlbach, P.: Digitale Transformation im Bergbau – “Next Level Mining”. In: *Mining Report* 153 (2017) 1, S. 47–53.
- Müller, J.; Lassen, J.; Hoeborn, G.; Conrad, R.; Stich, V.; Lober, N.: Improving Forecasting Capability and Capacity Utilization in Less Digitized Industries Through Participation in the Platform Economy. In: *Collaborative Networks in Digitalization and Society 5.0. 23rd IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2022, Lisbon, Portugal, September 19. – 21, 2022, Proceedings, Bd. 662.* Hrsg.: L. M. Camarinha-Matos; A. Ortiz; X. Boucher; A. L. Osório. IFIP Advances in Information and Communication Technology (IFIPACT); Bd. 662. Springer, Cham [u. a.] 2022, S. 141–150.
- Negendank, J. F. W. (Hrsg.): *Innovation und Zukunft der Steine- und Erden-Industrie in Mitteleuropa. Scientific Technical Report STR 06/11.* GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam 2006. <https://e-docs.geo-leo.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0001-32C0-8/0611.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023)
- Niebuer, A.; Bender, P.: Akteure und Rollen – Wer macht was bei plattformbasierten Ökosystemen? SMP online, 23.11.2020. <https://www.smp-ag.de/de/presse/akteure-rollen-wer-macht-was-plattformbasierten-oekosystemen> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)
- O’ Neill, O.: Digitalisierung im Bergbau – Industrie 4.0. In: *Mining Report* 153 (2017) 1, S. 39–46.
- Otto, J.; Ditzen, M.: *Baugewerbe.* In: *Konjunkturprogramme in der Bauindustrie.* Springer Gabler, Wiesbaden 2019, S. 29–38.
- Ouden, E. den: *Innovation Design.* Springer, London [u. a.] 2012.

- Papenfuß, U.: Public Corporate Governance. In: Handbuch zur Verwaltungsreform. Hrsg.: S. Veit; C. Reichard; G. Wewer. 5., vollst. überarb. Auflage. Springer VS, Wiesbaden [u. a.] 2019, S. 319–331.
- Parker, G.; van Alstyne, M.; Choudary, S. P.: Platform revolution. How networked markets are transforming the economy – and how to make them work for you. W.W. Norton, New York [u. a.] 2016.
- Patzold, V.; Gruhn, G.; Drebenstedt, C.: Der Nassabbau. Erkundung, Gewinnung, Aufbereitung, Bewertung. Springer, Berlin [u. a.] 2008.
- Peppard, J.; Rylander, A.: From Value Chain to Value Network. In: European Management Journal 24 (2006) 2-3, S. 128–141. DOI: 10.1016/j.emj.2006.03.003.
- Piller, C.; Wölfel, DI W.: Production Planning for SMEs – Implementation of Production Planning with Subject-Oriented Business Process Management (S-BPM). In: S-BPM ONE – Application Studies and Work in Progress. 6th International Conference, S-BPM ONE 2014, Eichstätt, Germany, April 22. – 23., 2014. Proceedings, Bd. 422. Hrsg.: C. Zehbold. Communications in Computer and Information Science (CCIS); Bd. 422. Springer, Cham [u. a.] 2014, S. 164–173.
- Poser, C.; Langer, A.; Hernandez-Diaz, T.; Mandl, J.; Müller, V.: Firmenverzeichnis Steine, Erden & Industrieminerale für Niedersachsen. Hrsg.: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie. Hannover, 31.07.2013. https://www.researchgate.net/profile/heinz-gerd-roehling/publication/267034584_firmenverzeichnis_steine_erden_industrieminerale_fur_niedersachsen_2013 (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)
- Rauth, H.: Anlagenmanagement. Reorganisation der Instandhaltung eines Steinbruchs unter technisch-wirtschaftlicher Reflexion. Mittweida, Hochsch., Dipl.-Arb., 2012. https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/2301/file/DA_RAUTH_Anlagenmanagement.pdf (Link zuletzt geprüft: 07.06.2023).
- REFA (Hrsg.): Industrial Engineering. Standardmethoden zur Produktivitätssteigerung und Prozessoptimierung. 2. Auflage. Hanser, München [u. a.] 2015. (REFA-Fachbuchreihe Unternehmensentwicklung).
- Reinhardt, K.: Digitale Transformation der Organisation. Grundlagen, Praktiken und Praxisbeispiele der digitalen Unternehmensentwicklung. Springer Gabler, Wiesbaden 2020.

Rennhak, C., Opresnik, M. O.: Marketing: Grundlagen. Springer Gabler, Wiesbaden 2016.

Richters, K.: Diese Startups wollen den Handwerkermarkt neu aufrollen. Business Insider online, 14.03.2016. <https://www.gruenderszene.de/allgemein/homebell-renovating-renovago> (Link zuletzt geprüft: 29.06.2023)

Ritchey, T.: Wicked problems – social messes. Decision support modelling with morphological analysis. Risk, governance and society; Bd. 17. Springer, Berlin [u. a.] 2011.

Rochet, J.-C.; Tirole, J.: Platform Competition in Two-Sided Markets. In: Journal of the European Economic Association 1 (2003) 4, S. 990–1029. DOI: 10.1162/154247603322493212.

Röhl, K.-H.; Bolwin, L.; Hüttl, P.: Datenwirtschaft in Deutschland. Wo stehen die Unternehmen in der Datennutzung und was sind ihre größten Hemmnisse? Hrsg.: Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI). IW Institut der deutschen Wirtschaft, Köln, 24.02.2021. https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2021/Hemmnisse_der_Datenwirtschaft_Studie.pdf (Link zuletzt geprüft: 08.09.2023)

Rüegg-Stürm, J.; Grand, S.: Das St. Galler Management-Modell. Management in einer komplexen Welt. 2., überarb. Auflage. UTB; Bd. 5092. Haupt, Bern [u. a.] 2020.

Runkler, T. A.: Data analytics. Models and algorithms for intelligent data analysis. 3. Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden [u. a.] 2020.

Schallmo, D.; Lang, K.: Design Thinking erfolgreich anwenden. So entwickeln Sie in 7 Phasen kundenorientierte Produkte und Dienstleistungen. 2., aktualis. Auflage. Springer Gabler, Wiesbaden 2020.

Schawel, C.; Billing, F.: Top 100 Management Tools. Das wichtigste Buch eines Managers. Von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung. Gabler, Wiesbaden 2017.

Scheed, B.; Scherer, P.: Strategisches Vertriebsmanagement. Methoden für den systematischen B2B-Vertrieb im digitalen Zeitalter. 2., überarb. u. erw. Auflage. Springer Gabler, Wiesbaden 2021.

Scherwitz, P.; Bank, L.; Roth, S.; Theumer, P.; Mundt, C.; Winter, M.; : Digitale Transformation in der Produktionsplanung und -steuerung. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 115 (2020) 4, S. 252–256. DOI: 10.3139/104.112271.

Schlüchtermann, J.; Siebert, J.: Industrie 4.0 und Controlling: Erste Konturen zeichnen sich ab. In: Controlling 27 (2015) 8-9, S. 461–465. DOI: 10.15358/0935-0381-2015-8-9-461.

Schober, K.-S.; Hoff, P.; Nölling, K.: Die Digitalisierung der europäischen Bauwirtschaft. Der europäische Weg zu „Construction 4.0“. Roland Berger GmbH, München 2016.
https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digitalisierung_bauwirtschaft_final.pdf (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

Schreieck, M.; Hein, A.; Wiesche, M.; Krcmar, H.: The Challenge of Governing Digital Platform Ecosystems. In: Digital Marketplaces Unleashed. Hrsg.: C. Linnhoff-Popien; R. Schneider; M. Zaddach. Springer, Berlin [u. a.] 2017, S. 527–538.

Schuh, G.; Kampker, A.; Stich, V.; Kuhlmann, K.: Prozessmanagement. In: Strategie und Management produzierender Unternehmen. Hrsg.: G. Schuh; A. Kampker. Reihe Handbuch Produktion und Management; Bd. 1. Springer, Berlin [u. a.] 2011, S. 327 – 382.

Schuh, G.; Brecher, C.; Klocke, F.; Schmitt, R. (Hrsg.): Engineering valley – Internet of production auf dem RWTH Aachen Campus. Festschrift für Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Dr. h.c. mult. Walter Eversheim. Apprimus, Aachen 2017.

Schuh, G.; Kelzenberg, C.; Lange, J. de; Busch, M.; Möller, T.: Integrierte Produktionsplanung in der Prozessindustrie. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (2018) 12, S. 795–798. DOI: 10.3139/104.112015.

Schuh, G.; Schmidt, C.: Grundlagen des Produktionsmanagements. In: Produktionsmanagement. Hrsg.: G. Schuh; C. Schmidt. Reihe Handbuch Produktion und Management; Bd. 5. Springer, Berlin [u. a.] 2014, S. .

Schwarzkopf, F.; Drescher, J.; Gornig, M.; Blazejczak, J.: Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine- und-Erden-Industrie bis 2035 in Deutschland. Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e. V., Berlin 2016.
https://www.baustoffindustrie.de/fileadmin/user_upload/bbs/Dateien/Downloadarchiv/Rohstoffe/Rohstoffstudie_2019.pdf (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)

Shaughnessy, H.: Shift. A user's guide to the new economy. Disruption House, London 2015.

Silberberger, H.: Collaborative Business und Web Services. Ein Managementleitfaden in Zeiten technologischen Wandels. Springer, Berlin [u. a.] 2003.

- Skrypzak, T.: Untersuchungen zur Optimierung der Prozessabläufe und der Energieeffizienz bei der Gewinnung von Natursteinen in Festgesteinstagebauen. Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2016.
- Stamm, J. v.; Müller, J.; Hoeborn, G.; Lassen, J.; Stich, V.: Using Data-Centric Platforms To Improve Demand Forecasting And Using Data-Centric Platforms To Improve Demand Forecasting And Capacity Utilization For Less Digitized Multi-Site Quarrying Businesses. In: Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2023). Conference on Production Systems and Logistics. Hrsg.: D. Herberger; M. Hübner; V. Stich. Querétaro, Mexico, 28th February 2023 – 2nd March 2023. Tecnológico de Monterrey (Tec de Monterrey). publish-Ing., Hannover 2023, S. 438–447.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Finanzen und Steuern. Liste der sonstigen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen. Destatis online, 08.09.2022.
[https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentliche-Finanzen/Fonds-Einrichtungen-Unternehmen/Methoden/Downloads/liste-sonstige-FEU-2022-pdf.pdf?__blob=publicationFile\(Link zuletzt geprüft: 15.06.2023\)](https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Oeffentliche-Finanzen/Fonds-Einrichtungen-Unternehmen/Methoden/Downloads/liste-sonstige-FEU-2022-pdf.pdf?__blob=publicationFile(Link%20zuletzt%20geprueft%3A%2015.06.2023))
- Steiner, W.; Braun, P.: Die Bedeutung von ganzheitlichen Marken-Ökosystemen. In: Brand Experience. An jedem Touchpoint auf den Punkt begeistern. Hrsg.: A. Baetzgen. Schäffer Poeschel, Stuttgart 2015, S. 190–203.
- Suciu, M.; Kowitz, S.: Digitizing Raw Material Mining – End-to-End Integration into an IIoT Platform for the Analysis of Machine Data. 2019. In: Mining Report Glückauf, 155 (2019) 4, S. 382–388.
- Tang, K. N.: Leadership and Change Management. Springer, Singapur [u. a.] 2019, S. 47–55.
- Theisen, M. R.: Der Konzern. Betriebswirtschaftliche und rechtliche Grundlagen der Konzernunternehmung. 2., völlig überarb. u. erw. Auflage. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2000.
- Thordsen, T.; Murawski, M.; Bick, M.: How to Measure Digitalization? A Critical Evaluation of Digital Maturity Models. In: Responsible Design, Implementation and Use of Information and Communication Technology. 19th IFIP WG 6.11 Conference on e-Business, e-Services, and e-Society, I3E 2020, Skukuza, South Africa, April 6. – 8., 2020, Proceedings, Part I, Bd. 12066. Hrsg.: M. Hattingh; M. Matthee; H. Smuts; I. O. Pappas; Y. K. Dwivedi; M. Mäntymäki. Lecture Notes in Computer Science (LNCS); Bd. 12067. Springer, Cham [u. a.] 2020, S. 358–369.

- Thormählen, T.: Der Nutzwert der Nutzwertanalyse. *Wirtschaftsdienst* 57 (1977) 12, S. 638 – 644. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/135145/1/wd_v57_i12_pp638-644.pdf (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)
- Trianni, A.; Cagno, E.; Worrell, E.: Innovation and adoption of energy efficient technologies: An exploratory analysis of Italian primary metal manufacturing SMEs. In: *Energy Policy* 61 (2013) 10, S. 430–440. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.06.034.
- Tuunanen, T.; Hänninen, J.; Vartiainen, T.: Value co-creation for cyber-physical systems in mining and construction industry. In: *Value co-creation for cyber-physical systems. 21st Americas Conference on Information Systems, Puerto Rico, 2015, Proceedings*, 12 S. <https://core.ac.uk/download/pdf/301365748.pdf> (Link zuletzt geprüft: 08.06.2023)
- Tyuleneva, T.: Problems and Prospects of Regional Mining Industry Digitalization. In: *E3S Web Conference* 174 (2020), S. 4019. DOI: 10.1051/e3sconf/202017404019.
- Uuskoski, M.; Menon, K.; Kärkkäinen, H.; Koskinen, K.: Perceived Risks and Benefits of Advanced Pay-Per-Use Type of Business Models Based on Industry 4.0 Enabled Technologies in Manufacturing Companies. In: *Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0. 15th IFIP WG 5.1 International Conference, PLM 2018, Turin, Italy, July 2-4, 2018, Proceedings; Bd. 540*. Hrsg.: P. Chiabert; A. Bouras; F. Noël; J. Ríos. IFIP Advances in Information and Communication Technology (IFIPACT); Bd. 540. Springer, Cham [u. a.] 2018, S. 498–507.
- van Alstyne, M. W.; Parker, G. G.; Choudary, S. P.: Pipelines, platforms, and the new rules of strategy. In: *Harvard business review HBR* 94 (2016) 4, S. 54–62.
- VDMA Fachverband Mining (Hrsg.): *Mining: Konjunkturbericht 2017*. Essen 2017.
- Wolan, M.: *Digitale Innovation. Schneller, wirtschaftlicher, nachhaltiger*. BusinessVillage, Göttingen 2013.
- Yan, J.; Meng, Y.; Lu, L.; Guo, C.: Big-data-driven based intelligent prognostics scheme in industry 4.0 environment. In: *2017 Prognostics and System Health Management Conference (PHM-Harbin), Harbin, China, 7/9/2017 – 7/12/2017. Conference proceedings*. Hrsg.: D. Liu; S. Wang; H. Liao; B. Zhang; Q. Miao; Y. Peng. IEEE, Piscataway (NJ) 2017, 5 S.
- Zhu, L.; Laptev, N.: Deep and Confident Prediction for Time Series at Uber. In: *17th IEEE International Conference on Data Mining workshops (ICDMW), New Orleans (LA)*,

11/18/2017 – 11/21/2017. Proceedings. Hrsg.: R. Gottumukkala. IEEE, Piscataway (NJ) 2017, S. 103–110.

Zotică, C.; Forsman, K.; Skogestad, S.: Bidirectional inventory control with optimal use of intermediate storage. In: Computers & Chemical Engineering 159 (2022) March, S. 107677. DOI: 10.1016/j.compchemeng.2022.107677.

Anhang

Anhang 1: Interessenabgleich von potenziellen Plattformbetreibern und Nutzern	CLXXII
Anhang 2: Nutzwertanalyse hinsichtlich des Mehrwertes der Plattformservices	CLXXIII
Anhang 3: Gesamtnutzen der Betreiberszenarien	CLXXIV
Anhang 4: Sketch der Plattformoberfläche und des Nutzensumfangs zur Validierung durch den projektbegleitenden Ausschuss.....	CLXXV
Anhang 5: Finales Zielbild der Plattformoberfläche und des Nutzensumfangs nach der Validierung durch den projektbegleitenden Ausschuss	CLXXV
Anhang 6: Plattfordemonstrator PROmining - Dashboard.....	CLXXVII
Anhang 7: Plattfordemonstrator PROmining - Detailansicht eines Standorts.....	CLXXVIII
Anhang 8: Plattfordemonstrator PROmining - Übersicht der Schichtinformationen	CLXXIX
Anhang 9: Plattfordemonstrator PROmining - Anlegen eines neuen Standorts	CLXXX
Anhang 10: Plattfordemonstrator PROmining - Eingabefeld zu Schichtinformationen	CLXXXI
Anhang 11: Leitfaden zum Experteninterview	CLXXXII
Anhang 12: Fragebogen zur Erfassung und Nutzung von betriebsmittelabhängigen Leistungskennzahlen.....	CLXXXVI
Anhang 13: Fragebogen zur Validierung der Plattform	CXCII

Anhang 1: Interessenabgleich von potenziellen Plattformbetreibern und Nutzern

Kategorie	Subkategorie	Interessenabgleich				Anmerkung
		1	2	3	4	
Kategorie A	Subkategorie A.1	+	+	+	+	
	Subkategorie A.2	+	+	+	+	
	Subkategorie A.3	+	+	+	+	
Kategorie B	Subkategorie B.1	+	+	+	+	
	Subkategorie B.2	+	+	+	+	
	Subkategorie B.3	+	+	+	+	
	Subkategorie B.4	+	+	+	+	
	Subkategorie B.5	+	+	+	+	
	Subkategorie B.6	+	+	+	+	
	Subkategorie B.7	+	+	+	+	
	Subkategorie B.8	+	+	+	+	
	Subkategorie B.9	+	+	+	+	
	Subkategorie B.10	+	+	+	+	
Kategorie C	Subkategorie C.1	+	+	+	+	
	Subkategorie C.2	+	+	+	+	
Kategorie D	Subkategorie D.1	+	+	+	+	
	Subkategorie D.2	+	+	+	+	

Anhang 2: Nutzwertanalyse hinsichtlich des Mehrwertes der Plattformservices

	Gewichtung	Kapazitätsauslastungsbestimmung		Livedatenübertragung Produktionskette / Maschinenverfügbarkeit		Livedatenübertragung Tonnage/Lagerkapazität		Prognose Produktionseffizienz (multivariable Regression)		Qualitätskontrolle & predictive Quality	
		Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
Erlös- und Kostenstrukturen	5	4	20,00	3	15,00	4	20,00	2	10,00	3	15,00
notwendige Kompetenzen	3	3	9,00	3	9,00	3	9,00	1	3,00	1	3,00
Kundenkontaktpunkt	1	4	4,00	3	3,00	4	4,00	2	2,00	2	2,00
zeitliche Ressourcen	3	2	6,00	3	9,00	4	12,00	1	3,00	1	3,00
Fokussierung auf Bedarfs- und Kapazitätsplanung	5	5	25,00	4	20,00	4	20,00	5	25,00	1	5,00
Finanzielle Ressourcen	5	2	10,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00	1	5,00
Summe	17		74,00		66,00		80,00		58,00		33,00

Bewertungszahl von 1-5
 Bewertungszahl 1 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium nicht
 Bewertungszahl 5 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium vollständig

Verbesserung Arbeitssicherheit		Live Standortübertragung von Assets (Ankizipation von Gefahrensituationen)		Marktplatz		Auslastungsorientierte Vermietung von Assets		Digitalisierung von Prozessen		Digitale/ automatisierte Kommunikation (bzw. via App mit Maschinenführern)		Consulting: Leitfaden Data Collection (Sensortechnik etc.)	
Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
3	15,00	4	20,00	1	5,00	1	5,00	3	15,00	2	10,00	4	20,00
4	12,00	3	9,00	3	9,00	2	6,00	3	9,00	4	12,00	2	6,00
2	2,00	2	2,00	1	1,00	1	1,00	2	2,00	3	3,00	3	3,00
3	9,00	4	12,00	2	6,00	2	6,00	4	12,00	4	12,00	1	3,00
2	10,00	3	15,00	4	20,00	4	20,00	3	15,00	3	15,00	2	10,00
3	15,00	3	15,00	3	15,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00
63,00		73,00		56,00		48,00		63,00		62,00		52,00	

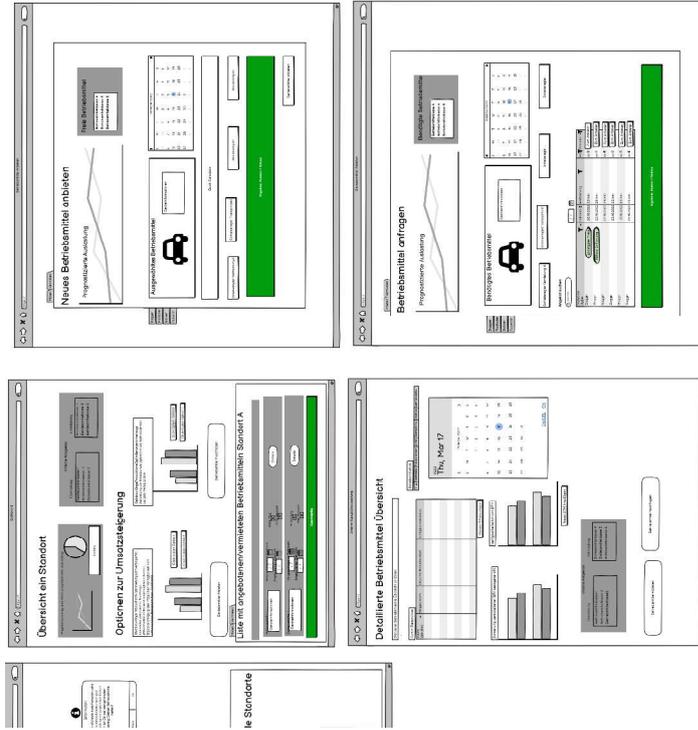
Consulting: Leitfaden Data Management (data Lake etc)		Smartes Energiemanagement		Instandhaltungsplanung		predictive Maintenance		preventive Maintenance (Auslastungsorientierte Planung von Wartungsintervallen)	
Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00
1	3,00	1	3,00	4	12,00	2	6,00	4	12,00
3	3,00	1	1,00	2	2,00	2	2,00	3	3,00
1	3,00	2	6,00	4	12,00	3	9,00	4	12,00
2	10,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00	4	20,00
3	15,00	2	10,00	4	20,00	1	5,00	3	15,00
49,00		45,00		76,00		52,00		77,00	

Anhang 3: Gesamtnutzen der Betreiberszenarien

	Mehrwert	Betreiberszenario 1: Joint Venture		Betreiberszenario 2: Geteiltes Modell		Betreiberszenario 4 - Lizenzierungsmodell 1 (Branchenverband als	
		Umsetzbarkeit	Ranking einzelner Services	Umsetzbarkeit	Ranking einzelner Services	Umsetzbarkeit	Ranking einzelner Services
Kapazitätsauslastungsbestimmung	74,0	5,0	1	4,0	1	5,0	1
Livedatenübertragung Produktionskette / Maschinenverfügbarkeit	66,0	5,0	2	4,0	2	5,0	2
Livedatenübertragung Tonnage/Lagerkapazität	80,0	4,0	3	3,0	3	4,0	3
Prognose Produktionseffizienz (multivariable Regression)	58,0	2,0	15	1,0	12	2,0	15
Qualitätskontrolle & predictive Quality	33,0	1,0	17	1,0	17	1,0	17
Verbesserung Arbeitssicherheit	63,0	2,0	14	2,0	6	2,0	14
Live Standortübertragung von Assets- antizipation von Gefahrensituationen	73,0	4,0	4	2,0	5	3,0	9
Marktplatz	56,0	3,0	10	1,0	13	4,0	8
Auslastungsorientierte vermietung von Assets	48,0	3,0	13	1,0	15	4,0	12
Digitalisierung von Prozessen	63,0	4,0	5	3,0	4	5,0	4
Digitale/ automatisierte Kommunikation (bspw. via App mit Maschinenführern)	62,0	4,0	6	1,0	11	5,0	5
Consulting: Leitfaden Data Collection (Sensortechnik etc.)	52,0	4,0	9	2,0	7	4,0	10
Consulting: Leitfaden Data Management (data Lake etc)	49,0	3,0	12	2,0	8	4,0	11
Smartes Energiemanagement	45,0	2,0	16	1,0	16	2,0	16
Instandhaltungsplanung	76,0	3,0	8	1,0	10	3,0	7
predictive Maintenance	52,0	3,0	11	1,0	14	3,0	13
preventive Maintenance (Auslastungsorientierte Planung von Wartungsintervallen)	77,0	3,0	7	1,0	9	4,0	6
Gesamtscore*		3459		1970		3741	

* Gesamtscore= Mehrwert*Fokussierung auf Bedarfs-und Kapazitätsplanung*Umsetzbarkeit(Szenario)
 *Mehrwert ermittelt aus der Nutzwertanalyse für einzelne Services
 Fokussierung auf Bedarfs- und Kapazitätsplanung: 3-stufige Bewertung (0; 0,5; 1)
 Umsetzbarkeit (Szenarienabhängig): 3-stufige Bewertung (0; 0,5; 1)

Anhang 4: Sketch der Plattformoberfläche und des Nutzensumfangs zur Validierung durch den projektbegleitenden Ausschuss



Anhang 5: Finales Zielbild der Plattformoberfläche und des Nutzensumfangs nach der Validierung durch den projektbegleitenden Ausschuss



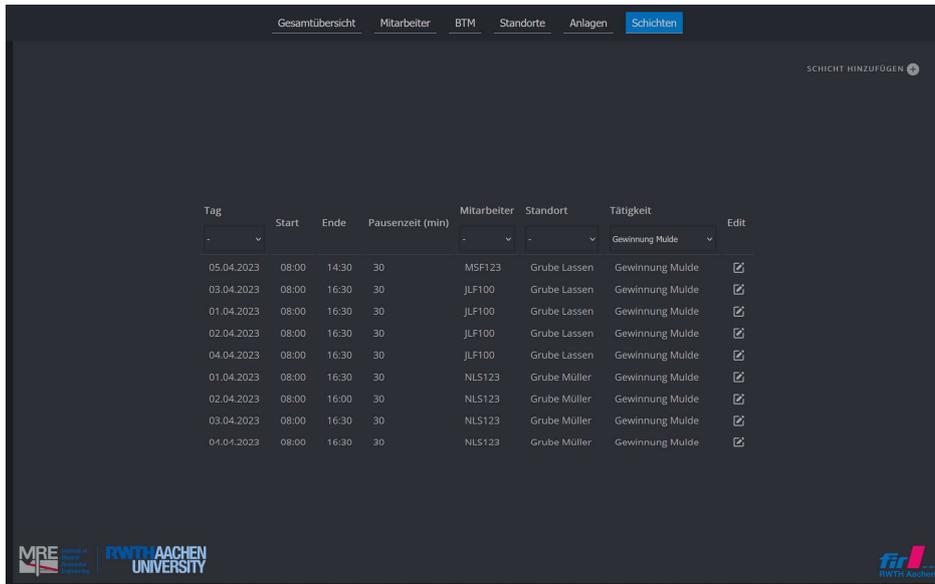
Anhang 6: Plattfordemonstrator PROmining - Dashboard



Anhang 7: Plattfordemonstrator PROMining - Detailansicht eines Standorts



Anhang 8: Plattformdemonstrator PROMining - Übersicht der Schichtinformationen



The screenshot displays the 'Schichten' (Shifts) tab in the PROMining platform. The interface includes a navigation bar with tabs for 'Gesamtübersicht', 'Mitarbeiter', 'BTM', 'Standorte', 'Anlagen', and 'Schichten'. A 'SCHICHT HINZUFÜGEN' button is visible in the top right corner. The main content is a table with the following columns: Tag, Start, Ende, Pausenzeit (min), Mitarbeiter, Standort, Tätigkeit, and Edit. The table lists 10 shifts with their respective dates, times, employees, locations, and activities.

Tag	Start	Ende	Pausenzeit (min)	Mitarbeiter	Standort	Tätigkeit	Edit
-	-	-	-	-	-	Gewinnung Mulde	-
05.04.2023	08:00	14:30	30	MSF123	Grube Lassen	Gewinnung Mulde	
03.04.2023	08:00	16:30	30	JLF100	Grube Lassen	Gewinnung Mulde	
01.04.2023	08:00	16:30	30	JLF100	Grube Lassen	Gewinnung Mulde	
02.04.2023	08:00	16:30	30	JLF100	Grube Lassen	Gewinnung Mulde	
04.04.2023	08:00	16:30	30	JLF100	Grube Lassen	Gewinnung Mulde	
01.04.2023	08:00	16:30	30	NLS123	Grube Müller	Gewinnung Mulde	
02.04.2023	08:00	16:00	30	NLS123	Grube Müller	Gewinnung Mulde	
03.04.2023	08:00	16:30	30	NLS123	Grube Müller	Gewinnung Mulde	
04.04.2023	08:00	16:30	30	NLS123	Grube Müller	Gewinnung Mulde	

Logos for MRE, RWTH AACHEN UNIVERSITY, and fir RWTH Aachen are visible at the bottom of the interface.

Anhang 9: Plattfordemonstrator PROMining - Anlegen eines neuen Standorts

The screenshot shows the 'Standorte' (Locations) tab in the PROMining software. The interface is dark-themed and includes a navigation bar at the top with tabs for 'Gesamtübersicht', 'Mitarbeiter', 'BTM', 'Standorte', 'Anlagen', and 'Schichten'. Below the navigation bar, there are four input fields for defining the location's parameters:

- Name des Unternehmens: [Empty text field]
- Sollbetriebsstunden pro Tag (h): [Empty text field with a dropdown arrow]
- Zielwert Maschinennutzung sgrad (%): [Empty text field with a dropdown arrow]
- Zielwert Produktionseffizienz (%): [Empty text field with a dropdown arrow]

Below these fields is a scrollable list of German states and regions, each with a right-pointing arrow:

- > Ba-Wü
- > Bayern
- > Berlin
- > Brandenburg
- > Bremen
- > Hamburg
- > Hessen
- > Meck.-Pomm.
- > Niedersachsen
- > NRW
- > RLP
- > Saarland

At the bottom left of the form is a 'Speichern' (Save) button.

Anhang 10: Plattfordemonstrator PROmining - Eingabefeld zu Schichtinformationen

Gesamtübersicht Mitarbeiter BTM Standorte Anlagen **Schichten**

Schicht hinzufügen

Tag: 06.04.2023

Start: --:--

Ende: --:--

Pausenlänge (in min):

Standort: Showcase

Tätigkeit: Anlagenüberwachung

Betriebsmittel

Neues BTM

Typ: [Dropdown]

Bezeichnung: [Dropdown]

Kennung: [Dropdown]

Betriebsstundenzählerstand: [Input]

Nachgetankt (l): [Input]

Warncodes: [Input]

Sonstiges: [Input]

LÖSCHEN

Anlagen

Neue Anlage

Typ: [Dropdown]

Bezeichnung: [Dropdown]

Kennung: [Dropdown]

Betriebsstundenzählerstand (h): [Input]

Durchsatzmenge pro Tag (t/d): [Input]

Energieverbrauch (kWh): [Input]

Nachgetankt (l): [Input]

Warncodes: [Input]

Sonstiges: [Input]

LÖSCHEN

< Zurück Speichern

Anhang 11: Leitfaden zum Experteninterview

Allgemeine Fragen zum Unternehmen

Frage 1.1: Wie lautet der Name Ihres Unternehmens?

Frage 1.2: Wie lautet Ihr Name und welche Position üben Sie im Unternehmen aus?

Frage 1.3: Wo sind Standorte Ihres Unternehmens?

Standort: _____ Postleitzahl, Ort: _____

Frage 1.4: Dauer und Art der Abbaugenehmigungen je Standort?

Standort	Art der Abbaugenehmigung	Dauer der Abbaugenehmigung	Genehmigte Tonnagemenge	Anzahl der Mitarbeiter

Frage 1.5: Bitte machen Sie eine ungefähre Angabe über die Mitarbeiteranzahl in Ihrem Unternehmen.

< 10 10 - 20 21 - 50 51 - 100 mehr als 100

Bitte machen Sie ggf. eine ungefähre Angabe über die Mitarbeiteranzahl in Ihrer Unternehmensgruppe.

< 20 21 - 50 51 - 100 101 - 300 mehr als 300

Frage 1.6: Bitte machen Sie eine ungefähre Angabe über den Jahresumsatz Ihres Unternehmens (einzelner Standort) im vergangenen Geschäftsjahr.

unter 1 Mio. € 1 bis 5 Mio. € 5 bis 10 Mio. €
 10 bis 20 Mio. € 20 bis 50 Mio. € mehr als 100 Mio. €

Bitte machen Sie ggf. eine ungefähre Angabe über den Jahresumsatz Ihrer Unternehmensgruppe im vergangenen Geschäftsjahr.

unter 10 Mio. € 10 bis 50 Mio. € 50 bis 100 Mio. €
 100 bis 200 Mio. € 200 bis 300 Mio. € mehr als 300 Mio. €

Frage 1.7: Für welchen Anwendungsbereich / Branche produziert Ihr Unternehmen?

Anwendungsbereich	Prozentualer Anteil Ihres Produktionsvolumens [%]
Bauwirtschaft	
Wohnungsbau	
Infrastruktur und Verkehr	
Industrie	
Sonstige	

Frage 1.8: Ist Ihr Unternehmen nach einschlägigen Normen zertifiziert?

DIN ISO 9001:2015
 Ja Nein

DIN ISO 14001:2015
 Ja Nein

CE-Zertifizierung
 Ja Nein

Sonstige: _____

Frage 1.9: Wie hoch ist die jährliche Tonnage Ihres Standortes?

Standort: _____ Rohstoff: _____ Jährliche Tonnage [t]: _____

Wertschöpfungssystem

Frage 1.10: Wer sind Ihre typischen Zulieferer (Rohstoffe, Betriebsmittel etc.)?

Frage 1.11: Wer sind Ihre typischen Kunden? (Privat, Gewerbe, Öffentlich) Nutzen Sie Ihre Rohstoffe im eigenen Unternehmen? Wenn ja, zu welchem Anteil?

Frage 1.12: Mit welchen weiteren Akteuren der Wertschöpfungskette stehen Sie in direktem Kontakt?

Frage 1.13: Wie groß ist die typische Transportentfernung zu Ihren Kunden?

- 1 – 20 km 20 – 50 km 50 – 100 km
 50 – 100 km > 100 km

Beliefern Sie Großkunden oder sonstige Ausnahmefälle? (Wenn ja, geben Sie bitte die Transportdistanz an)

Kunde: _____ Transportdistanz: _____

Frage 1.14: Werden bestimmte nachgelagerte Branchen saisonabhängig beliefert? Wenn ja, welche?

Frage 1.15: Arbeiten Sie mit Intermediären zusammen, wie bspw. Handelsplattformen und dienen diese dem Kauf oder Verkauf von Gütern?

Frage 1.16: Gibt es in der gesamten Wertschöpfungskette Unternehmen, die besonders viel oder besonders wenig Wert schöpfen oder wenig Einfluss auf die Wertschöpfungskette haben?

Frage 1.17: Neben dem Gut und Geld als Handelsbasis, gibt es weitere Dienstleistungen oder spez. Informationen (Daten) die Sie an Ihre Kunden weitergeben oder von Ihrem Zulieferer erhalten?

Frage 1.18: Stehen Ihnen im Unternehmen /-verbund eigene Frachtmittel zur Verfügung (sowohl bezogen auf Rohstoffe als auch auf Maschinen)? Wie setzt sich Ihre Flotte zusammen?

Art des Frachtmittels: _____ Anzahl: _____

Angaben zu den mobilen Betriebsmitteln

Frage 2.1: Wie groß ist der Anteil mobiler Betriebsmittel in Ihrem Maschinen- und Anlagenpark? [Angabe in %]

Frage 2.2: Welche Art von mobilen Betriebsmitteln verwenden Sie in Ihrem Unternehmen?

Geräteklasse

Hersteller

Modellbezeichnung

Betriebsgewicht [t]

Motorleistung [kW]

Durchschnittliche Auslastung [h/Tag]

Frage 2.3: Generieren diese mobilen Betriebsmittel digitale Daten? Falls ja, welche? Wie werden diese Daten erfasst und gespeichert?

Frage 2.4: Bestehen Service- und Wartungsverträge bezüglich dieser Betriebsmittel? (Schließen diese Verträge eine potenzielle Vermietung der Betriebsmittel aus?)

Angaben zu den Faktoren der Kapazitätsplanung

Frage 3.1: Was sind die Haupthindernisse für steigende Umsatzmengen in Ihrem Betrieb?
(Auftragslage, Produktionskapazitäten, Gesetzgebung)

Frage 3.2: Wie würden Sie den Gesamtauslastungsgrad der Produktion Ihres Unternehmens beschreiben? Wo sehen Sie Besonderheiten? (Mittelwert, Varianz)

Frage 3.3: Welche Faktoren begründen diese suboptimalen Auslastungen?

Frage 3.4: Haben die nachfolgenden Faktoren einen Einfluss auf Ihre Kapazitätsplanung? Können Sie Art und Ausmaß des Einflusses spezifizieren?

Faktor	Rangordnung (1 - 6):	Auswirkung des Einflusses
Personalwirtschaft		
Saisonalität		
Lagerkapazitäten		
Lokale Konjunktur		
Betriebsmittel		
Logistikkapazitäten		

Frage 3.5: Entstehen aufgrund von Koppelproduktion Güter, die Sie nicht absetzen können? Was passiert mit den Gütern? Müssen Aufträge abgelehnt werden aufgrund der Koppelproduktion?

Frage 3.6: Kommt es zu Minderungen der Produktionskapazität durch unerwartete Ausfälle oder fehlende Kapazitäten in den (mobilen) Betriebsmitteln? Falls ja, in welchem Ausmaß?

Frage 3.7: Wie oft werden mangelnde Betriebsmittelkapazitäten bei Ihnen als Engpass festgestellt?

Frage 3.8: Erhalten Sie digitale Daten über potenzielle Aufträge (zentrale Plattform vs. einzelne Ausschreibungen)?

Frage 3.9: Erhalten Sie digitale Daten über potenziell extern verfügbare Lager- und Logistikkapazitäten? (persönliche Kontaktaufnahme, Partnerschaften, Plattform)

Frage 3.10: Wenn Sie Güter verkaufen, liefern Sie technischen Daten an Ihre Kunden?

Frage 3.11: Welche (digitalen) Werkzeuge könnten Sie beim Verkauf Ihrer Güter unterstützen?

Technische (Prozess-)Angaben, Datenerfassung und -analyse

Frage 4.1: Wie groß ist die Relevanz von Datennutzung in den Geschäftsprozessen für Ihren Betrieb?

nicht relevant wenig relevant indifferent relevant sehr relevant

Frage 4.2: Welche betrieblichen Prozessschritte werden dokumentiert?
Welche Prozessdaten erfassen Sie?

Frage 4.3: Verwenden Sie Daten für die Entscheidungsfindung in der Prozess-/Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung? (Manuelle / Automatische Entscheidungsfindung)

Frage 4.4: Welche Analysemethoden verwenden Sie für (Güte-)Untersuchungen an Ihren Produkten? (Farbe, Körnung etc.)

Frage 4.5: Wie erfolgt die Dokumentation betrieblicher Prozessschritte (analog, digital-händisch), digital-automatisch)?

Frage 4.6: Verwenden Sie Sensoren zur Datenerfassung an Betriebsmitteln?

Frage 4.7: Sind genutzte Sensoren vernetzt? Besteht eine direkte Einspeisung der Sensordaten in Ihre IT-Infrastruktur?

Frage 4.8: Speichern Sie Sensor- oder Prozessdaten? (Dateityp, Programm, Anwendung)

Frage 4.9: Planen Sie, Ihre Anlagen /Geräte zu vernetzen (in welchem Zeitraum) oder haben Sie dies schon umgesetzt?)

Welche technischen Voraussetzungen müssten dazu vorhanden sein, welche fehlen bislang?

Frage 4.10: Erfassen Sie Nachfrage und Absatzmengen über längere Zeiträume? Nutzen Sie diese für zukunftsorientierte Produktionsplanung?

Frage 4.11: Welche zusätzlichen Daten liegen in der Regel nicht vor, die Sie aber benötigen, um Quantität und Qualität Ihrer Produktion zu steigern?

Digitalisierung und IT-Infrastruktur

Frage 5.1: Als wie relevant bewerten Sie Aktualität und Leistungsfähigkeit digitaler Technologien für Ihren Geschäftserfolg?

nicht relevant wenig relevant indifferent relevant sehr relevant

Frage 5.2: Wer verantwortet in Ihrem Unternehmen die IT? Lösen Sie das Ganze intern oder haben Sie einen externen Partner?

Frage 5.3: Spüren Sie steigende Anforderungen Ihrer Kunden hinsichtlich der „Digitalisierung“? Werden zum Beispiel mehr Datentransparenz oder eine schnellere Abwicklung oder ein einheitliches digitales Wiegesystem gefordert?

Frage 5.4: Welche Softwaresysteme setzen Sie in Ihrem Unternehmen ein?

Einsatzgebiet	Software
Unternehmenssteuerung	
Produktionssystem	
Wiegesystem	
Sonstige	

Frage 5.5: Gibt es in Ihrer Produktion ein zentrales System, z.B. zur Produktionsüberwachung, zum Datenmanagement?

Frage 5.6: Nutzen Sie digitale Technologien, um Arbeitseinsätze zu koordinieren und zu planen?

Welche Tools werden genutzt und wie wird es umgesetzt?

Welche Faktoren fließen in die Planung ein?

Wie werden diese Faktoren erfasst?

Frage 5.7: Nutzen Sie Cloud-Dienste in Ihrem Betrieb? Falls ja, welche und wofür?

Frage 5.8: Können mithilfe digitaler Technologien Wartungsintervalle (z.B. vorbeugende Instandhaltung) optimiert werden und somit die Auslastung der Produktion steigern?

Frage 5.9: Nutzen Sie zur Verarbeitung Ihrer Kundenprozesse (Angebotsaufnahme, Auftragsabwicklung, Rechnungsstellung) vernetzte IT-Systeme?

Frage 5.10: Analysieren Sie mithilfe digitaler Technologien das Kundenverhalten und leiten darauf basierend entsprechende Maßnahmen ab?

Frage 5.11: Werden interne Informationsflüsse (Zeiterfassung, Werkzeug-/Betriebsmittelverwaltung, Bau/Fahrtentagebuch) über mobile Endgeräte (Smartphone, Tablet) unterstützt?

Frage 5.12: Binden Sie externe Ressourcen (Planungs- und Konstruktionspläne, Wissen Prüfprotokolle) auf digitalem Weg in Ihr Unternehmen ein?

Frage 5.13: Welche weiterführenden digitalen Werkzeuge benötigen Sie zu Ihrer Unterstützung?

Wie müsste die digitale Lösung aussehen?

Was wäre Ihre Lösung?

Allgemeine Informationen zum Umgang mit Leistungskennzahlen

Erfassen bzw. bestimmen Sie Faktoren zur Beschreibung der Auslastung ihres Betriebes?	
<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Faktoren bestimmen bzw. erfassen Sie?	
<input type="checkbox"/> Maschinennutzungsgrad <input type="checkbox"/> Monatlich <input type="checkbox"/> Jährlich	<input type="checkbox"/> Produktionseffizienz <input type="checkbox"/> Monatlich <input type="checkbox"/> Jährlich
<input type="checkbox"/> Gesamteffizienz der Maschine (OE) <input type="checkbox"/> Monatlich <input type="checkbox"/> Jährlich	<input type="checkbox"/> Maschinenverfügbarkeit <input type="checkbox"/> Monatlich <input type="checkbox"/> Jährlich
<input type="checkbox"/> Gesamtanlageneffektivität (OEE) <input type="checkbox"/> Monatlich <input type="checkbox"/> Jährlich	<input type="checkbox"/> Sonstige:
Werden Ziele anhand von Leistungskennzahlen festgelegt?	
<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche:	

Allgemeine Informationen zu den eingesetzten Betriebsmitteln

Frage 1: Geräte Identifikation

1.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit der Geräteidentifikation?	
<input type="checkbox"/> Equipment Model	<input type="checkbox"/> Datum Installation der Telematikeinheit
<input type="checkbox"/> Equipment Hersteller	<input type="checkbox"/> Seriennummer
<input type="checkbox"/> Equipment-ID	
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
1.2: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Frage 2: Letzte bekannte Position des Betriebsmittels

2.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit der Ihnen letzten bekannten Position Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Datum	<input type="checkbox"/> Uhrzeit
<input type="checkbox"/> GPS-Koordinaten	<input type="checkbox"/> Höhe (ü. NN)
<input type="checkbox"/> Sonstige:	

2.2: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Frage 3: Betriebsstunden der Betriebsmittel

3.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit den Betriebsstunden Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Datum	<input type="checkbox"/> Uhrzeit
<input type="checkbox"/> Kumulierte Betriebsstunden (h) (Zeit in der der Motor eingeschaltet ist)	
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
3.2: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Fragen zur Erfassung des Kraftstoffverbrauchs der Betriebsmittel

Frage 4: Absoluter Kraftstoffverbrauch der Betriebsmittel (L)

4.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit dem absoluten Kraftstoffverbrauch Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Datum	<input type="checkbox"/> Uhrzeit
<input type="checkbox"/> Betriebsmittel-ID	<input type="checkbox"/> Betriebsstunden
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
4.2: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Frage 5: Kraftstoffverbrauch der Betriebsmittel in den vergangenen 24 Stunden

5.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit dem Kraftstoffverbrauch Ihrer Betriebsmittel in den letzten 24 Stunden?	
<input type="checkbox"/> Datum	<input type="checkbox"/> Uhrzeit
<input type="checkbox"/> Getanktes Kraftstoffvolumen [Liter]	<input type="checkbox"/> Verbrauchter Kraftstoff innerhalb der letzten 24 Stunden
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
5.2: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Frage 6: Wegstrecke der Betriebsmittel

6.1: Erfassen Sie die Wegstrecke Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
6.2: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit der zurückgelegten Wegstrecke Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Datum	<input type="checkbox"/> Uhrzeit
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
6.3: Wie wird die Wegstrecke erfasst?	
<input type="checkbox"/> Kumuliert	<input type="checkbox"/> Selektiv (wöchentlich, täglich, ...)
6.4: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Informationen über die Auslastung der Betriebsmittel

Frage 7: Leerlaufzeiten von Betriebsmitteln

7.1: Erfassen Sie die Leerlaufzeiten Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
7.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit den Leerlaufzeiten Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Datum	<input type="checkbox"/> Uhrzeit
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
7.2: Wie werden Leerlaufzeiten erfasst?	
<input type="checkbox"/> Kumuliert	<input type="checkbox"/> Selektiv
7.3: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Frage 8: Durchschnittlicher täglicher Nutzungsgrad Ihrer Betriebsmittel

8.1: Erfassen Sie den Nutzungsgrad Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
8.2: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit dem Maschinennutzungsgrad der letzten 24 Stunden?	
<input type="checkbox"/> Datum	<input type="checkbox"/> Uhrzeit
<input type="checkbox"/> Durchschnittlicher Maschinennutzungsgrad [%]	<input type="checkbox"/> Kraftstoffverbrauch [Liter]
<input type="checkbox"/> Energieverbrauch [kWh]	
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
8.3: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Frage 9: Ladespiele

9.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit den Ladespielen Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Uhrzeit	<input type="checkbox"/> Datum
<input type="checkbox"/> Anzahl Ladespiele	<input type="checkbox"/> Betriebsmittel-ID
Sonstige:	
9.2: Wie werden die Ladespiele erfasst?	
<input type="checkbox"/> Kumuliert	<input type="checkbox"/> Selektiv
9.3: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Frage 10: Kumulierte Umschlagsleistung

10.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit der kumulierten Umschlagsleistung?	
<input type="checkbox"/> Uhrzeit	<input type="checkbox"/> Datum
<input type="checkbox"/> Einheit zur Messung der Nutzlast [kg]	<input type="checkbox"/> Betriebsmittel-ID
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
10.2: Wie wird die Umschlagsleistung erfasst?	
<input type="checkbox"/> Kumuliert	<input type="checkbox"/> Selektiv
10.3: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Informationen zum Maschinen- bzw. Anlagenzustand

Frage 11: Motorenstatus der Betriebsmittel

11.1: Welche Kenngrößen erfassen Sie in Verbindung mit dem Motorenstatus Ihrer Betriebsmittel?	
<input type="checkbox"/> Uhrzeit	<input type="checkbox"/> Datum
<input type="checkbox"/> Motorennummer (Kennung)	<input type="checkbox"/> Motorstatus „an“ oder „aus“
<input type="checkbox"/> Sonstige:	
11.2: Wie erfolgt die Erfassung der Kenngrößen?	
<input type="checkbox"/> Analog	<input type="checkbox"/> Digital-händisch
<input type="checkbox"/> Digital-automatisch	

Anhang 13: Fragebogen zur Validierung der Plattform

Allgemeine Informationen	
Unternehmen:	
Position:	<input type="checkbox"/> Management <input type="checkbox"/> Betriebsleitung <input type="checkbox"/> BTM-Führer
Wie schätzen Sie Ihre digitalen Kenntnisse ein?	<input type="checkbox"/> Niedrig (Anfänger) <input type="checkbox"/> Mittel (Fortgeschritten) <input type="checkbox"/> Hoch (Experte)

1. Teil: Aktueller Stand der Datenerfassung	
Welche Daten erfassen Sie aktuell?	
Erfassen und dokumentieren Sie Informationen zu Ihrer Schicht?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Welche Daten erfassen Sie über Ihre persönliche Schicht?	<input type="checkbox"/> Datum <input type="checkbox"/> Beginn der Schicht <input type="checkbox"/> Tätigkeit <input type="checkbox"/> Ende der Schicht
Welche Daten erfassen Sie über Ihre genutzten Betriebsmittel?	<input type="checkbox"/> Verbrauchter Kraftstoff <input type="checkbox"/> Ölstand <input type="checkbox"/> Getankte Liter <input type="checkbox"/> Fehlermeldungen / Warncodes <input type="checkbox"/> Anzahl Ladespiele <input type="checkbox"/> Betriebsstundenzählerstand <input type="checkbox"/> Anzahl Touren Brecher <input type="checkbox"/> Kilometerzählerstand <input type="checkbox"/> Anzahl Touren Halde <input type="checkbox"/> Wartezeiten <input type="checkbox"/> Exakte Tonnage <input type="checkbox"/> Wartung (BTM-Pflege) <input type="checkbox"/> Stillstandzeiten <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____
Wie dokumentieren Sie diese Daten?	<input type="checkbox"/> Daten sind nicht vorhanden <input type="checkbox"/> Stift + Papier <input type="checkbox"/> Daten werden nicht dokumentiert <input type="checkbox"/> Funk, mündliche Meldung <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> digitales Endgerät
Wie regelmäßig dokumentieren Sie die Daten?	<input type="checkbox"/> Täglich <input type="checkbox"/> Keine Dokumentierung der Daten <input type="checkbox"/> Wöchentlich <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ <input type="checkbox"/> Bei Bedarf
Werden dokumentierte Daten einer Überprüfung unterzogen?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Wenn ja, von wem: _____

2. Teil: Persönliche Einschätzung über Datenerfassung	
Welche Daten sind für Sie bzw. für die Erfüllung Ihrer Aufgabe wichtig?	<input type="checkbox"/> Verbrauchter Kraftstoff <input type="checkbox"/> Ölstand <input type="checkbox"/> Getankte Liter <input type="checkbox"/> Fehlermeldungen / Warncodes <input type="checkbox"/> Anzahl Ladespiele <input type="checkbox"/> Betriebsstundenzählerstand <input type="checkbox"/> Anzahl Touren Brecher <input type="checkbox"/> Kilometerzählerstand <input type="checkbox"/> Anzahl Touren Halde <input type="checkbox"/> Wartezeiten <input type="checkbox"/> Exakte Tonnage <input type="checkbox"/> Wartung (BTM-Pflege) <input type="checkbox"/> Stillstandzeiten <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____
Welche Daten sind Ihrer Meinung nach zur Erfüllung Ihrer Aufgabe überflüssig?	<input type="checkbox"/> Verbrauchter Kraftstoff <input type="checkbox"/> Ölstand <input type="checkbox"/> Getankte Liter <input type="checkbox"/> Fehlermeldungen / Warncodes <input type="checkbox"/> Anzahl Ladespiele <input type="checkbox"/> Betriebsstundenzählerstand <input type="checkbox"/> Anzahl Touren Brecher <input type="checkbox"/> Kilometerzählerstand <input type="checkbox"/> Anzahl Touren Halde <input type="checkbox"/> Wartezeiten <input type="checkbox"/> Exakte Tonnage <input type="checkbox"/> Wartung (BTM-Pflege) <input type="checkbox"/> Stillstandzeiten <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____
Welche Daten hätten Sie gerne in einer Grafik dargestellt?	<input type="checkbox"/> Verbrauchter Kraftstoff <input type="checkbox"/> Ölstand <input type="checkbox"/> Getankte Liter <input type="checkbox"/> Fehlermeldungen / Warncodes <input type="checkbox"/> Anzahl Ladespiele <input type="checkbox"/> Betriebsstundenzählerstand <input type="checkbox"/> Anzahl Touren Brecher <input type="checkbox"/> Kilometerzählerstand <input type="checkbox"/> Anzahl Touren Halde <input type="checkbox"/> Wartezeiten <input type="checkbox"/> Exakte Tonnage <input type="checkbox"/> Wartung (BTM-Pflege) <input type="checkbox"/> Stillstandzeiten <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____

3. Teil: Feedback zur Plattform	
Wie finden Sie die optische Gestaltung der Plattform?	<input type="checkbox"/> Spricht mich nicht an 2 <input type="checkbox"/> ↑ 3 <input type="checkbox"/> ↔ 4 <input type="checkbox"/> ↓ <input type="checkbox"/> Spricht mich an
Wie empfinden Sie die Struktur der Dateneingabe?	<input type="checkbox"/> Unübersichtlich 2 <input type="checkbox"/> ↑ 3 <input type="checkbox"/> ↔ 4 <input type="checkbox"/> ↓ <input type="checkbox"/> Strukturiert & geordnet
Wie finden Sie die funktionale Gestaltung der Plattform?	<input type="checkbox"/> Komplizierte Bedienung 2 <input type="checkbox"/> ↑ 3 <input type="checkbox"/> ↔ 4 <input type="checkbox"/> ↓ <input type="checkbox"/> Einfache Bedienung
Wie empfinden Sie die Nutzung der Plattform und deren Funktionen?	<input type="checkbox"/> Herausfordernd 2 <input type="checkbox"/> ↑ 3 <input type="checkbox"/> ↔ 4 <input type="checkbox"/> ↓ <input type="checkbox"/> Einfach
Kam es bei der Nutzung der Plattform zu Komplikationen bzw. Missverständnissen?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Wenn ja, welche?
Was gefällt Ihnen an der Plattform gut?	
Was gefällt Ihnen an der Plattform nicht?	
Welche weiteren Plattformfunktionen wünschen Sie sich für Ihren Arbeitsalltag?	