

Diploma Thesis

Guideline for integral design of industrial buildings for the industry 4.0

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

Diplomarbeit

Leitfaden für integrale Industrieplanung für die Industrie 4.0

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Patrick Hollinsky-Bojic

Matr.Nr.: 00925478

unter der Anleitung von

Univ.Prof.in Dipl.-Ing. Dr.in techn. **Iva Kovacic**

Univ.Ass.in Dipl.-Ing. Dr.in techn. **Julia Reisinger**, BSc

Institut für Hoch- und Industriebau
Forschungsbereich Integrale Planung und Industriebau
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/E210-01, 1040 Wien, Österreich

Wien, im Juni 2023

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle recht herzlich bei meinen Betreuerinnen, Univ.Prof.in Dipl.-Ing. Dr.in techn. **Iva Kovacic** und Univ.Ass.in Dipl.-Ing. Dr.in techn. **Julia Reisinger**, BSc, für die Betreuung und wissenschaftliche Begleitung dieser Arbeit bedanken. Ihre tatkräftige Unterstützung, besondere Wertschätzung und Motivation haben mir schlussendlich die Kraft gegeben, diesen Prozess zu Ende zu bringen.

Des Weiteren möchte ich mich ganz besonders bei Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. **Gerald Goger** bedanken, der mir als zusätzlicher Prüfer zur Verfügung stand und mich mit seiner Vorlesung sowohl inhaltlich als auch persönlich inspiriert hat.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit geht der Forschungsfrage nach, welche Parameter in einem integralen Industrieauplanungsprozess berücksichtigt werden müssen. Der steigenden Komplexität der Anforderungen an ein Industriegebäude, im Sinne einer Industrie 4.0, muss in der Planung und Ausführung Rechnung getragen werden. Das Ziel ist, in einem Leitfaden bzw. Katalog die wichtigsten Parameter (Kennzeichnende Größen) zusammenzufassen. Dieser Katalog soll einen Überblick über die wichtigsten Themen und deren Ausgestaltung bieten. Vor allem in der frühen Planungsphase eines Industrieauprojektes soll Unterstützung im Entscheidungsprozess und der Zielformulierung geboten werden. Die Methode bzw. die Erarbeitung des Parameterkataloges und damit die Beantwortung der Forschungsfrage, wird auf zwei federführende Säulen gestellt. Die erste Säule wird durch eine Literaturrecherche gebildet und dient als inhaltliche Orientierung und Annäherung an das Thema. Die zweite Säule wird durch eine longitudinale Use Case Analyse gebildet. Hier werden von fünf realisierten Industriebauten jeweils die gleichen Stakeholder interviewt um das Expertinnenwissen abzufragen. Die Auswahl der jeweils gleichen Expertinnen soll eine möglichst qualitätsvolle Vergleichbarkeit der Ergebnisse liefern. Die Literaturrecherche und die mit insgesamt fünfzehn Expertinnen durchgeführten Interviews zeigen, dass die Parameter in ihrer Formulierung naturgemäß Unterschiede aufweisen, es allerdings einen klaren Trend der Themen, Probleme und Verbesserungsvorschläge gibt. Im Themenbereich „Ziele der Gebäudeebene“ werden möglichst flexible Gebäude angestrebt, um die vielseitigen Nutzungsszenarien eines Industriebetriebes langfristig darstellen zu können. Das zweite wichtige Ziel auf Gebäudeebene ist eine möglichst hohe architektonische Qualität und ästhetische Ausgestaltung, um für hochqualifizierte Mitarbeiterinnen attraktiv zu sein und langfristig Freude an der Benutzung dieser Gebäude zu vermitteln sowie die Lebenszyklusdauer der Gebäude zu maximieren. Auf der Prozessebene zeigt sich, dass die wichtigsten Parameter für den Erfolg einer Industrieauprojektentwicklung der frühe Planungsschwerpunkt, klar organisierte Schnittstellen unter den Stakeholdern und die Kommunikationskultur im Planungsteam ausschlaggebend sind. Die Analyse hinsichtlich der konkreten technischen Umsetzung zeigt, dass vor allem orthogonale und logisch - einfache Grundrisstypologien mit robusten und für höhere Lasten ausgelegte Tragwerke entscheidend wichtig sind für die Umsetzung und die langfristige Nutzung von Industriegebäuden. Die haustechnischen Maßnahmen werden in diesem Zusammenhang ebenfalls thematisiert und die Anforderung vor allem an deren Adaption und der kapazitätsmäßigen Auslegung dargestellt. Es zeigt sich, dass für die Bewältigung einer Komplexität des Ausmaß der Planung, Realisierung und Nutzung eines hochtechnologischen Industriebaus, vor allem das Zusammenspiel auf den Ebenen der Zielformulierung, des Prozesses und der konkreten technischen Ausgestaltung notwendig ist. Die Erfolge auf den einzelnen Ebenen stellen keine hinreichenden Kriterien für einen Projekterfolg dar, sehr wohl allerdings notwendige Kriterien. Diese Arbeit möchte den Anstoß geben, sich stärker mit dem übergeordneten Zusammenspiel der verschiedenen Stakeholder und deren Zielen zu beschäftigen. Nach Meinung des Autors, gilt es auch den zu wenig beleuchteten Planungsprozess stärker zu betonen und zu gestalten, um ökologisch, ökonomisch und sozio-kulturell erfolgreiche Projekte zu realisieren.

Abstract

This thesis asks the scientific question, which parameters should be considered during an integral planning process for the industry. The growing complexity of the requirements on an industrial building has to be considered. Especially when dealing with the industry 4.0. The aim of this thesis is to establish a parameter catalogue or checklist with the most important parameters (characteristic dimension) as support for the early decision making process for industry projects. The methodical approach is separated into two main parts. The first one is a literature research which helps to get a quick overview over the theoretical problem. The second one is a longitudinal multiple case study, in which interviews are held with relevant stakeholders of five realized industrial buildings. The interviews are held always with the same stakeholders of one project to gain a maximum in comparability. The literature research and the, overall fifteen interviews with experts are showing that parameters are different in their verbalization and phrasing but showing a common trend addressing problems and suggestions for improvements. Goals at the building level are mainly flexibility, to enable a maximum of use - scenarios, and architectural quality. On one hand, to win high qualified employees and on the other hand to communicate joy at the use of these buildings. These two parameters should lead to a higher lifecycle-span. On the process level, the leading parameters are the focus on early planning stages and the structured management of interfaces between all stakeholders. Also the culture of communication in the planning team is discussed. Dealing with the technical issues of such a process, the logic of the layout is critical. Also the robustness of the super structure is an important topic. It seems that the supporting structure should be over-designed and the heating, ventilation, air conditioning and refrigeration (HVACR) has to be expandable with little technical effort. However, the interaction of the parameters of all these levels should be aspired especially the parameters on the process level. Which is in the opinion of the author still underestimated, should be taken seriously. This thesis wants to suggest a deeper engagement with the interaction of all stakeholders and parameters on different levels to achieve successful projects regarding to economic, ecological and sociological - cultural points of view.

Genderhinweis Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung, Forschungsfrage und Methode	11
1	Einleitung	12
2	Forschungsfrage	15
2.1	Forschungsfrage & Ziel der Arbeit	15
2.2	Aufbau der wissenschaftlichen Arbeit	17
2.2.1	Teil I	17
2.2.2	Teil II	17
2.2.3	Teil III	17
2.2.4	Teil IV	17
3	Methode	19
3.1	Vorbemerkung zur Methode	19
3.1.1	Allgemeines	19
3.2	Literaturrecherche	19
3.3	Aufbau der Fallstudie (Multiple - Case Design)	20
3.4	Auswertung der Fallstudien	22
II	Literaturrecherche	27
4	Literaturrecherche	28
4.1	Allgemeines	28
5	Kategorisierter Parameterkatalog für integrale Industrieplanung aus II (Literaturrecherche)	33
III	Fallstudien	35
6	Projektbeschreibungen	36
6.1	Übersichtsmatrix Use Case - Benchmarks	36
6.2	Projektbeschreibung Use Case A	37
6.3	Projektbeschreibung Use Case B	37
6.4	Projektbeschreibung Use Case C	37
6.5	Projektbeschreibung Use Case D	38
6.6	Projektbeschreibung Use Case E	38
7	Leitfadeninterviews (Fragenkatalog)	39
7.1	Daten zu den durchgeführten Interviews	39
7.2	Allgemeiner Aufbau des Fragenkataloges	40

7.3	Fragenkatalog für Bauherrn	40
7.3.1	Generelle Fragen zum Unternehmen	40
7.3.2	Fragen an den Bauherrn zum Projekt (Case)	41
7.4	Fragenkatalog für Fachplanerinnen	42
7.4.1	Generelle Fragen zum Unternehmen	42
7.4.2	Fragen an die Fachplanerinnen zum Projekt	42
7.4.3	Fragen an die Fachplanerinnen Allgemein	43
8	Frequenzanalyse	45
8.1	Frequenzanalyse - Projektweise Auswertung	45
8.2	Frequenzanalyse - Professionsbezogene Auswertung	49
8.3	Frequenzanalyse - Zusammengefasste Auswertung	53
9	Qualitative Analyse	56
9.1	Qualitative Analyse - Projektbezogene Auswertung	56
9.2	Qualitative Analyse - Professionsbezogene Auswertung	58
9.3	Qualitative Analyse - Zusammengefasste Auswertung	60
10	Kategorisierter Parameterkatalog für integrale Industrieplanung aus III (Fallstudien)	62
IV	Zusammenfassung der Ergebnisse	69
11	Zusammengefasster Parameterkatalog für integrale Industrieplanung aus II und III	70
12	Fazit und Ausblick	71
12.1	Zusammenfassung	71
12.2	Diskussion der Ergebnisse	74
12.3	Abschließende Darstellung des Datenmaterials	75
13	Anhänge	78

Begriffsdefinitionen

Parameter kennzeichnende Größe in technischen Prozessen o.Ä., mit deren Hilfe Aussagen über Aufbau, Leistungsfähigkeit einer Maschine, eines Gerätes, Werkzeugs o.Ä. gewonnen werden [9, S.788]

Internet der Dinge beschreibt eine globale Netzinfrastruktur, an die Maschinen und Geräte angeschlossen werden [13, S.6].

Künstliche Intelligenz ist eine wissenschaftliche Disziplin, die das Ziel verfolgt menschliche Wahrnehmungs- und Verstandesleistungen zu operationalisieren und durch Artefakte, kunstvoll gestaltete technische - insbesondere informationsverarbeitende - Systeme verfügbar zu machen [10, S.1].

Entität bezeichnet etwas, das existiert, ein Seiendes, einen konkreten oder abstrakten Gegenstand. In diesem Sinn wird der Begriff der Entität in der Regel als Sammelbegriff verwendet, um so unterschiedliche Gegenstände wie Dinge, Eigenschaften, Relationen, Sachverhalte oder Ereignisse auf einmal anzusprechen. Dies ist die im zeitgenössischen Sprachgebrauch gängige Verwendung [29].

Just in Time Manufacturing bezeichnet eine aus Japan inspirierte Management Haltung die versucht die richtigen Dinge in der richtigen Qualität und Quantität am richtigen Ort und zur richtigen Zeit im Produktionsprozess verfügbar zu stellen und dadurch die Lager Bestände zu verringern und die Produktivität des Gesamtprozesses zu erhöhen [5].

Pull-Prinzip bedeutet, dass Materialien durch den Produktionsprozess „gezogen“ werden, die notwendigen Elemente werden nur dann angefordert (gezogen) wenn sie benötigt werden. So sollen Lagerbestände und Stapeln von Elementen vermieden werden. Das Pull-Prinzip ist ein integraler Bestandteil der Lean Production [5, S.44].

Losgröße ist definiert durch die Menge an Produkten eines Fertigungsauftrages, die die Stufen des Fertigungsprozesses als geschlossenen Posten durchlaufen [32].

Prozesswissen umfasst die Einsicht in Handlungsabläufe, Interaktionen, organisationale Konstellationen, Ereignisse usw.[3, S.18].

Technisches Wissen Daten, Fakten, sachdienliche Informationen, Tatsachen [3, S.17].

Sequenzialität sequenzielle Position sprachlicher Einheiten (Konversationsanalyse) [12, S.171].[20]

Erfolgsfaktoren sind in der Betriebswirtschaftslehre die Ursachen für den nachhaltigen Erfolg eines Unternehmens [30].

Abkürzungsverzeichnis

GIK Gesamtkosten gemäß ÖNORM B1801-1 „Bauprojekt-und Objektmanagement-Teil 1: Objekterrichtung“

BGF Bruttogrundfläche gemäß ÖNORM B1800 „Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen“

LOD Level of Detail [16, S.9].

Teil I

Einleitung, Forschungsfrage und Methode

Kapitel 1

Einleitung

Die industriellen Revolutionen Wir befinden uns in der Zeit der vierten industriellen Revolution. Bis jetzt brachte jede industrielle Revolution gesellschaftliche Änderungen mit sich. Zusätzlich zu den gesellschaftlichen Änderungen verändert sich auch die Art und Weise wie produziert wird und Waren hergestellt werden, wie Precht in [22] zeigt. Die erste industrielle Revolution bezeichnet die Mechanisierung mittels Wasser und Dampfkraft. Die zweite industrielle Revolution stellt die Einführung bzw. Erfindung und die Implementierung von Massenfertigungen mit elektrischer Energie und Technologien wie Fließbändern dar. Mit der dritten industriellen Revolution wird die digitale Revolution benannt, d.h. den Einsatz von Elektronik für die Automatisierung der Produktion und der Verwendung von speicherprogrammierbaren Steuerungen. Die vierte industrielle Revolution ist definiert durch die Vernetzung der Maschinen, Geräten und Sensoren. Die Informationen werden nicht nur gesammelt, sondern es werden Prozesse und Fabrikmodelle virtuell abgebildet und optimiert. Es wird Informationstransparenz angestrebt und durch digitalisierte Prozesse wird es möglich, dass einzelne Entitäten¹ der Prozesskette über das Internet der Dinge² miteinander kommunizieren. Dadurch werden nicht nur Optimierungen der Systeme ermöglicht, sondern auch eine weitere Erhöhung der Autonomie angestrebt. Die gewonnenen Daten können vernetzt verarbeitet werden und durch künstliche Intelligenz³ können autonom Entscheidungen, zum Beispiel betreffend der Produktionssystematik und Logistik getroffen werden. Das Ziel ist, eine möglichst autonome und optimierte Produktion zu ermöglichen. Durch die Erfassung und Vernetzung von digitalen Daten sollen diese Ziele erreicht werden vgl. Wikipedia [31]. Die wesentlichen Faktoren der Industrie 4.0 sind zusammengefasst [13, S.5]:

- Intelligente Maschinen
- Machine to Machine Kommunikation (M2M)
- Internet der Dinge
- Big Data wird zu Smart Data
- Selbstlernende Systeme
- Augmented Reality

Die industrielle Revolution 4.0 für Gebäude und die produzierende Industrie Die vierte industrielle Revolution läuft natürlich auf den verschiedensten Ebenen ab mit den unterschiedlichsten Anwendungen und Ausprägungen. Auf der Ebene der industriellen Produktion werden extrem niedrige Losgrößen⁴ ermöglicht und durch die allumfassend vorliegenden Informationen

¹Siehe Begriffsbestimmungen, **Entität**

²Siehe Begriffsbestimmungen, **Internet der Dinge**

³Siehe Begriffsbestimmungen, **Künstliche Intelligenz**

⁴Siehe Begriffsbestimmungen, **Losgröße**

und vernetzten, selbstlernenden Entitäten der Produktion wird es ermöglicht, effizienter und zeitnäher zu produzieren. Die Vision ist ohne Probleme mit einer Losgröße von eins, ein maximal individualisiertes Produkt Just in Time⁵ und möglichst ohne Lager herzustellen und den Kunden mit dem Internet der Dinge auf eine einfache und kundenspezifische Art konsumieren zu lassen. Natürlich findet eine vergleichbare Revolution auch auf der Ebene der Planung und Errichtung von Gebäuden und Infrastrukturen statt. Das Gebäude soll mittels Building Information Modeling einen digitalen Zwilling erhalten, welcher über alle Projektphasen alle relevanten Informationen trägt und Prozesse und Entscheidungen im Planungsprozess, der Ausführungsphase bis zum Betrieb und zum Rückbau des Gebäudes optimieren soll. Wesentlich erscheint hier nicht nur die faktische Tatsache, dass die Informationen über verwendete Baustoffe, Sonneneinstrahlungen bis hin zu Kostenkennwerten digitalisiert vorhanden sind, sondern auch, dass sie vernetzt und konsolidiert vorliegen und regelmäßig (automatisiert) aktualisiert werden. Durch diese Vernetzung an Informationen sollen die (Planungs)Prozesse stärker kollaborativ abgewickelt werden können und hier zusätzliche eine Effizienz - Steigerungen erreicht werden.



Abb. 1.1: Übersicht industrielle Revolutionen

Der Industriebauplanungsprozess 4.0 für die Industrie 4.0 Die Herausforderung des Industriebaus für die Industrie 4.0 und dieser Arbeit ist, beide Ebenen zu erkennen und zu berücksichtigen. In einem zeitgemäßen Bauwerk für eine vernetzte Industrie soll das Gebäude mit seinem digitalen Zwilling in allen Projektphasen vernetzt sein und entsprechend optimiert geplant, gebaut und betrieben werden. Natürlich soll die Produktion im Inneren des Gebäudes die Möglichkeit haben vollständig digitalisiert, vernetzt und mit einem hohen Grad an Automatisierung, entsprechend der vierten industriellen Revolution abgewickelt werden zu können. Idealerweise wird gewährleistet, dass die beiden Ebenen zusammenarbeiten und die Ziele und Anforderungen der Industrie 4.0 an das Gebäude erfüllt bzw. antizipiert werden können und das das Gebäude digitalisiert, vernetzt und kollaborativ geplant, gebaut und betrieben werden kann. Aus dieser Motivation heraus, entstand die Forschungsfrage (siehe Kapitel 2) und die entsprechenden Sub - Forschungsfragen. Am Ende steht hinter diesem Optimierungsgedanken auf der Ebene der Produktion und der Ebene des Bauwerks nicht ausschließlich eine finanzielle Motivation sondern, auch die der Ressourcen-Schonung in Zeiten einer globalen Klimakrise. Bis jetzt wendet sich die Forschung häufig entweder der Optimierung von Produktionssystemen oder dem Gebäude selbst zu. Deshalb wurde in dieser Arbeit ein holistischer Ansatz verfolgt, der sowohl auf Zielebene der

⁵ Siehe Begriffsbestimmungen, *Just in Time Manufacturing*

Stakeholder, der Planungsebene und der technischen Ebene arbeitet. Nach Meinung des Autors sollte der moderne Industriebau ökonomisch, ökologisch und sozio-kulturell erfolgreich sein. Dafür müssen alle beteiligten Entitäten auf allen Ebenen möglichst gut ineinander greifen.

Kapitel 2

Forschungsfrage

2.1 Forschungsfrage & Ziel der Arbeit

Forschungsfrage Welche Parameter¹ sind in der integralen Industrieplanung für die Industrie 4.0 zu berücksichtigen?

Subforschungsfragen

Welche Parameter gibt es in der Industrieplanung, hinsichtlich der Ziele auf Gebäudeebene, des Planungsprozesses und der konkreten technischen Maßnahmen und in welchem Zusammenhang werden diese Parameter identifiziert.

Ziel der wissenschaftlichen Arbeit ist es einen kategorisierten Parameterkatalog (Leitfaden) für die integrale Industrieplanung für die Industrie 4.0 als Unterstützung im Decision Making Process der frühen Projektphase eines Industriebauprojektes zu entwickeln.

Die erste Kategorisierung (worauf bezieht sich der Parameter) lautet:

- Z Ziele der Industriebauherrin und / oder der Fachplanerinnen auf Gebäudeebene
- P Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess
- T Technische Variablen auf Gebäudeebene

Die zweite Kategorisierung (in welchem Zusammenhang wurde der Parameter identifiziert) lautet:

- E Erfolgsfaktoren²
- V Verbesserungsvorschläge
- D Defizite

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass keine positive oder negative Bewertung der Parameter vorgenommen wird. Dies wäre aufgrund von Zielkonflikten zwischen den Stakeholdern und der Einzigartigkeit der Projekte nur sehr schwer möglich. Es wird in der ersten Kategorisierung lediglich festgestellt worauf sich der identifizierte Parameter bezieht (Gebäudeebene, Prozessebene oder Technische Ebene) und in der zweiten Kategorisierung in welchem Zusammenhang der Parameter identifiziert wurde (leistungsbestimmend, verbesserungswürdig, oder defizitär).

¹Siehe Begriffsbestimmungen, **Parameter**

²Siehe Begriffsbestimmungen, **Erfolgsfaktoren**

Das bedeutet aber nicht, dass ein Parameter, der in einem Leistungs-bestimmenden Zusammenhang identifiziert wurde, und dadurch in die Kategorie E (Erfolgsfaktoren) fällt, ausschließlich positive Auswirkungen für alle Stakeholder aufweist. Es bedeutet im Grunde nur, dass dieser Parameter in einem leistungsbestimmenden Zusammenhang identifiziert wurde. Die beiden Kategorisierungen dienen zur Ordnung der vorliegenden Daten. Dem Parameterkatalog wird ein Gerüst zur einfacheren Lesbarkeit und Orientierung gegeben. Wie die Parameter identifiziert und kategorisiert werden, wird im Kapitel 2.2 Aufbau der wissenschaftlichen Arbeit und Kapitel 3 Methode beschrieben.

2.2 Aufbau der wissenschaftlichen Arbeit

Die wissenschaftliche Arbeit gliedert sich in IV Teile. Im folgenden werden sie näher beschrieben.

2.2.1 Teil I

Im Teil I (Einleitung, Forschungsfrage und Methode) wird auf die veränderten Anforderungen an den Industriebau 4.0 und die verwendeten Methoden eingegangen.

2.2.2 Teil II

Im Teil II (Literaturrecherche) werden die Parameter der Industrieplanung anhand von aktueller Literatur und Publikationen recherchiert und gemäß den Subforschungsfragen kategorisiert und mit einem Label gruppiert. Die Vorgehensweise des Labeling, der Kategorisierung und Darstellung der Ergebnisse wird im Kapitel 3 Methode beschrieben.

2.2.3 Teil III

Im Teil III wird eine longitudinale Fallstudie durchgeführt und die wichtigsten Parameter der Subforschungsfragen werden anhand von Expertinneninterviews mit den federführenden Stakeholdern der Industrieplanung identifiziert und analysiert. Im Teil III gibt es im Gegensatz zum Teil II einen Zwischenschritt. Zuerst werden die Expertinneninterviews ausgewertet und analysiert und aufgrund der aufbereiteten Datengrundlage (die Analyse der Aussagen der Expertinneninterviews Siehe Kapitel 8 und 9), werden die Parameter identifiziert. Wie auch im Teil II werden die identifizierten Parameter mit einem Label gruppiert und gemäß Subforschungsfragen kategorisiert. Die Methode und Auswertung der Fallstudie wird im nächsten Kapitel detailliert beschrieben.

2.2.4 Teil IV

Im Teil IV (Zusammenfassung der Ergebnisse) werden die Ergebnisse aus Teil II und Teil III zusammengeführt und übersichtlich dargestellt.

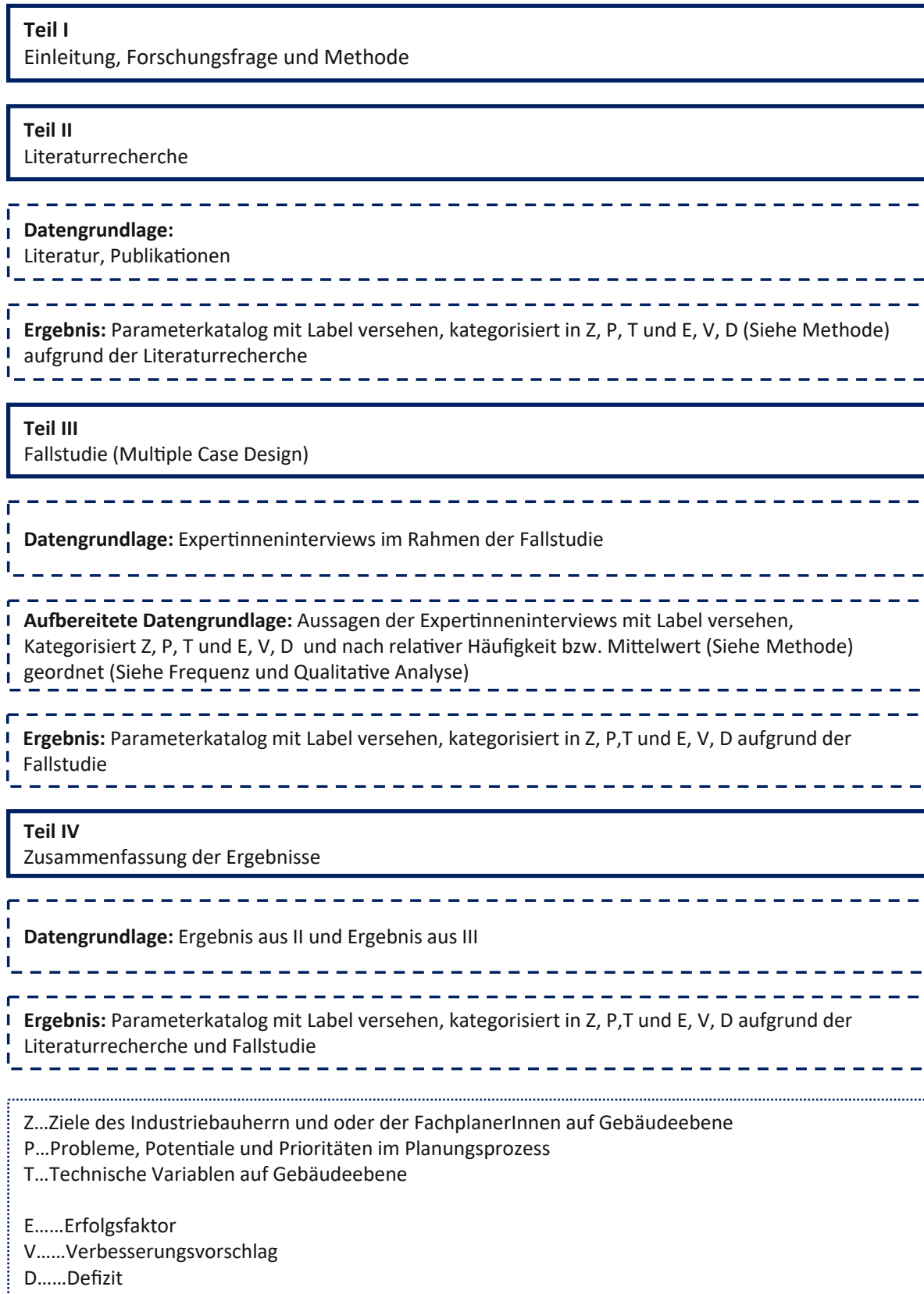


Abb. 2.1: Aufbau der wissenschaftlichen Arbeit

Kapitel 3

Methode

3.1 Vorbemerkung zur Methode

3.1.1 Allgemeines

Nachdem es sich um eine qualitative Forschungsmethode handelt orientiert sich die Arbeit in ihrer Vorgehensweise und Methodik an den Empfehlungen der aktuellen Fachliteratur. Federführend wurde für die Methode folgende Literatur verwendet: [8]

- „*Methodik der empirischen Forschung*“ von Albers et al. [1]
- „*Interviews mit Experten: eine praxisorientierte Einführung*“ von Bogner et al. [3]
- „Theory building from cases: Opportunities and challenges“ von Eisenhardt und Graebner [6]

3.2 Literaturrecherche

Die Methode gliedert sich in zwei Teile: Literaturrecherche und Fallstudie (Use Case Analysis). Zuerst wird wie oben beschrieben (Kapitel 2.2) eine Literaturrecherche durchgeführt mit dem Ziel, sich einen Überblick über die wichtigsten Parameter der Industriebauplanung zu verschaffen. Die Literaturrecherche wird mittels aktueller Literatur und Publikationen im Bereich des Industriebau 4.0 und dessen Planungsprozess durchgeführt. Neben den Einzelverweisen wird das vollständige Literaturverzeichnis am Ende dieser Arbeit angeführt. Am Ende der Literaturrecherche steht ein in (Z, P, T) und (E, V, D) ¹ geordneter Parameterkatalog. Der Aufbau des Parameterkataloges ist analog zu dem Parameterkatalog der Fallstudie. Die Vorgehensweise der Auswertung der untersuchten Literatur ist analog zu der Auswertung der Interviews aufgebaut (siehe Kapitel 3.4). Der parallel zur Fallstudie stattfindende induktive Prozess des Labels wird (siehe Kapitel 3.4) ebenso wie der deduktive Schritt der Kategorisierung übernommen. Die Frequenzanalyse und Qualitative Analyse wird in der Literaturrecherche nicht durchgeführt. Die vergebenen Label wie auch die im deduktiven Schritt durchgeführte Kategorisierung (der Forschungsfrage entspringenden Kategorien) werden direkt in den Parameterkatalog der Literaturrecherche übernommen und dargestellt.

¹ Siehe Kapitel 2 Forschungsfrage

3.3 Aufbau der Fallstudie (Multiple - Case Design)

Allgemeines Die Fallstudie wurde in Anlehnung an den Leitfaden für Integrale Planung vgl. Kovacic et al. [14] durchgeführt. Es handelt sich um eine longitudinale Fallstudie d.h. es werden fünf realisierte oder sich in der Ausführungsphase befindende Industriebauprojekte (Use Case Projects) analysiert und mit den relevanten Stakeholdern Leitfadeninterviews durchgeführt. Die Leitfadeninterviews werden für jedes Industriebauprojekt mit den jeweiligen Stakeholdern derselben Profession durchgeführt. Es wurden von jedem Projekt (Use Case Project) die gleichen Stakeholder interviewt um ein möglichst ganzheitliches Bild über die Ergebnisse der einzelnen Use Case Projects aber auch über die Professionen der Stakeholder zu erhalten. Die Fallstudien wurden anonymisiert, um Datenschutzbestimmungen nicht zu verletzen. Albers et al. [1] zeigt, dass beim Fallstudien - Design in die Einzelfallstudien (single case design) und die vergleichenden Fallstudie (multiple-case design) unterschieden werden kann. In dieser Untersuchung wurde der Ansatz der vergleichenden Fallstudie (multiple-case design) gewählt [1].

Fragenkatalog Der Aufbau und Inhalt des verwendeten Fragenkatalogs für die Expertinneninterviews wird im Kapitel (7) dargestellt. Es wird im Rahmen der Fallstudie (multiple-case design) ein systematisiertes Expertinneninterview durchgeführt [3]. Ziel des Interviews ist es das Sachwissen der Expertin umfassend zu erheben und mit dem Fragenkatalog einen ausdifferenzierten Leitfaden zu geben. Ziel des systematisierten Expertinneninterview ist es die Wissenslücken des Forschers bestmöglich zu schließen und hauptsächlich Technisches² als auch Prozesswissen³ zu generieren.

Auswahl der Industriebauprojekte (Use Cases) Albers et al. [1] beschreibt in der Methodik des Erkenntnisgewinns durch Fallstudien, dass die zu untersuchenden Fälle in einem Zusammenhang mit dem Forschungsziel zu stehen haben. Sie dürfen allerdings in diesem Rahmen durchaus beliebig, wenngleich begründet ausgewählt werden. Der wesentliche Punkt ist, dass nach Albers et al. [1] es nicht notwendig ist einem Zufallsprinzip (Randomsample) wie in der quantitativen Forschung zu gehorchen. Eine weiteres Argument für die begründete aber beliebige Auswahl der Use Cases im Rahmen des multiple case design liefert Eisenhardt und Graebner [6, S.27]:

„Another frequent challenge to theory building from cases concerns case selection. Some readers make the faulty assumption that the cases should be representative of some population, as are data in large-scale hypothesis testing research. In other words, they ask, How can the theory generalize if the cases aren't representative? A key response to this challenge is to clarify that the purpose of the research is to develop theory, not to test it, and so theoretical (not random or stratified) sampling is appropriate.“

Einen Überblick über die Benchmarks der Industriebauprojekte (Use Cases) wird in Grafik (6.1) in dem Kapitel (6) Projektbeschreibungen gegeben. Diese Projekte wurden ausgewählt, weil die höchste Informationsdichte gegeben ist und die beste Zugänglichkeit zu den federführenden Stakeholdern vorhanden ist. Durch die verschiedenartigen Typen an Produktionen (Reinraum, Lebensmittelindustrie, Metallverarbeitung) wird eine Diversität erzeugt und nicht ausschließlich die Bedürfnisse und Ziele einer spezifischen produzierenden Branche untersucht.

²Siehe Begriffsbestimmungen, **Technisches Wissen**

³Siehe Begriffsbestimmungen, **Prozesswissen**

Anzahl der Industriebauprojekte Betreffend der Anzahl der zu untersuchenden Projekte im Rahmen der Fallstudie wird sich an die Empfehlung von Albers et al. [1, S.37] von vier bis zehn Fällen, mit insgesamt fünf untersuchten Use Case Projekten gefolgt.

Auswahl der Interviewten Stakeholder (Sampling) Bei der Auswahl (Sampling der Expertinnen) wird der Empfehlung von Bogner et al. [3] gefolgt. Die gezielte Auswahl der Personen orientiert sich an deren Potential die Forschungsfrage zu beantworten. Es sollen Personen für die Fallstudie gefunden werden, die Informantinnen über den jeweiligen Forschungsgegenstand darstellen. Zum Thema des Expertinnenstatus äußert sich Bogner et al. [3, S.34] folgendermaßen:

„Vielmehr ist der Expertenstatus ein zugeschriebener, der vom jeweiligen Forschungsfeld und Interesse abhängt. Unterstellt wird Expertinnen dabei ja nicht nur eine spezifische Expertise, sondern aufgrund ihrer Position auch Entscheidungs- und Durchsetzungskompetenz.“

Die ausgewählten Stakeholder (Expertinnen) der untersuchten Projekte (Use Cases) sind (weil sie als integrale Bestandteile des Planungsprozesses identifiziert wurden und somit ein hohes Potential zur Beantwortung der Forschungsfrage aufweisen):

1. Bauherrinnen
2. Architektinnen
3. Tragwerksplanerinnen
4. Produktionsplanerinnen

Anonymisierung Die verschiedenen Projekte wurden mit Buchstaben codiert und die jeweiligen Stakeholder mit Nummern. So entspricht eine Kennzeichnung mit der Abkürzung C3 der Interviewpartnerin welche am Industriebauprojekt (Use Case) C mitgearbeitet hat und in der Tragwerksplanung tätig ist. Die Kennzeichnung E3 entspricht dann laut dieser Konvention der Tragwerksplanerin des Industriebauprojektes (Use Case) E.

Tab. 3.1: Übersicht Methode Auswertung der Fallstudie

Definition	Gewählt, Quelle
Art der Fallstudie	longitudinal, multiple-case design, [1]
Art des Interviews	systematisiertes Expertinneninterview, [3]
Auswahl der Use Cases	Informationsdichte, Forschungsziel (nicht zufällig), [6]
Anzahl der Use Cases	5 Use Cases, [1]
Auswahl der Interviewpartnerin	Informantin des Forschungsgegenstandes, [3]

3.4 Auswertung der Fallstudien

Allgemeines Bogner et al. [3] zeigt, dass es für die Auswertung von Expertinneninterviews kein standardisiertes Verfahren gibt. D.h. es kann eine eigene, kausale und durchgehend beschriebene Auswertungslogik gewählt werden. In der vorliegenden Arbeit wird eine Code-basierte Vorgehensweise gewählt wie in der qualitativen Inhaltsanalyse üblich [3]. Die Auswertung des Datenmaterials wurde in vier Abstraktions-Stufen durchgeführt (siehe Abbildung 3.1).

Transkription der Interviews Die während des Interviews aufgezeichneten Audiofiles wurden „per Hand“ transkribiert und zu einhundert Prozent, inhaltlich und semantisch korrekt wiedergegeben. Diese Transkriptionen sind völlig unverfälscht und widerspiegeln das gesprochene Wort aller Teilnehmerinnen (Interviewer und interviewte Person) während des Leitfadeninterviews.

Liste der getätigten Aussagen Nach Abschluss der Transkriptionen wurden alle Interviews analysiert und die für die Forschungsfragen relevanten Aussagen in eine Liste geschrieben. In diesem Abstraktionsschritt wurden die Aussagen leicht gekürzt, allerdings streng die semantische Struktur und inhaltliche Authentizität beibehalten.

Label (Kennzeichnung der getätigten Aussagen) Im nächsten Schritt werden, um die einzelnen Aussagen zählbar und vergleichbar zu machen, entsprechend der semantischen Grundstruktur und der inhaltlichen Kernaussage die einzelnen Aussagen mit einem Label (Kennzeichnung) versehen. Diese Vorgehensweise entspricht einer induktiven „Bottom-up“ Logik. Es geht in dieser Perspektive nicht darum die Daten in vorgefassten Theorien zu subsumieren, sondern in größtmöglicher Offenheit eine plausible und theoretisch anspruchsvolle Leseart von Expertinnenpraktiken zu entwickeln [3]. Das methodische Herzstück ist das Kodieren der Daten, d.h. in diesem Fall dem Kennzeichnen bzw. Labeling der Daten. Das Kodieren (Kennzeichnen oder Labeling) dient der analytischen Reorganisation von Daten. Wie werden diese Labels (Kennzeichnungen) vergeben? Wie wird beim Kodieren vorgegangen? Bei dieser Frage liefert Bogner et al. Hilfestellung:

„Das Kodieren dient der analytischen Reorganisation von Daten: Das Datenmaterial wird aus der Ordnung, die sich gleichsam natürlich durch den Gesprächsablauf ergibt, gebracht und nach einer Phase der alltagslogisch und theoretisch angeleiteten Sortierung und Kategorisierung in eine neue Ordnung gebracht, die aufgrund der Plausibilität von Kausalbeziehung zwischen den einzelnen Elementen mit - wenn auch hypothetischer - theoretischer Erklärungskraft belegt sein soll [3, S.77].“

Es handelt sich um eine induktive Logik. Die Sequenzialität⁴ wird durch das Labeln des Textes zerrissen, dies ist insofern eine stringente Vorgehensweise, als dass der Lebensweg im Gegensatz zum Bibliographischen Interview nicht relevant ist, es geht nicht um die Erzählstruktur oder die Chronologie des Textes, sondern um die Materialität und die inhaltliche Aussage [3]. D.h. konkret, Aussagen, die auf die unterschiedlichste Art und Weise zum Thema Kommunikation formuliert sein können, bekommen alle das Label „Kommunikation“. Dadurch wird gewährleistet, dass die Aussagen ihrem Inhalt nach gruppiert werden können und entsprechend sinnvoll quantifiziert werden kann wie häufig ein Thema genannt wird. Beispiele für die Zuordnung von Aussagen zu Labels werden im Anhang gegeben. Im ersten Schritt werden die Daten kodiert (Kennzeichnung oder Labeling) und in weiterer Folge kategorisiert, dieser Schritt entspricht dann in seiner Darstellung der Frequenzanalyse und der Qualitativen Analyse.

⁴ Siehe Begriffsbestimmungen, *Sequenzialität*

Frequenzanalyse In der Frequenzanalyse werden die zuvor gekennzeichneten Aussagen mit ihren Labels in die, gemäß dem Ziel bzw. Forschungsfrage (Kapitel 2) definierten Kategorien eingeteilt:

- Z Ziele der Industriebauherrin und, oder der Fachplanerinnen auf Gebäudeebene
- P Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess auf Prozessebene
- T Technische Variablen auf Gebäudeebene

Die Kategorisierung wird durchgeführt um eine möglichst gute Datengrundlage für den daraus entstehenden Parameterkatalog darzustellen. Die gekennzeichneten und kategorisierten Aussagen werden dann statistisch analysiert, d.h. die Aussagen bzw. Labels werden nach der relativen Häufigkeit (Formel 3.1) geordnet dargestellt. Es handelt sich um die relative Häufigkeit der Aussagen mit dem Label(i) innerhalb einer Kategorie. D.h. es kann aus der Auswertung dann abgelesen werden, dass z.B. 50% der relevanten Aussagen in der Kategorie Z Ziele auf Gebäudeebene mit dem Label(i) gekennzeichnet wurden. Zusätzlich werden die Mittelwerte der Aussagen mit dem Label(i) dargestellt (Formel 3.2). Die Mittelwerte stellen dann die durchschnittliche Anzahl der Aussagenennungen mit einem bestimmten Label pro Interviewpartnerin dar. Die methodische Frage die sich hier naturgemäß stellt, ist wie und nach welchen Kriterien werden die Aussagen kategorisiert. Das ist eine Problematik die auch in der zweifachen Kategorisierung der in der Literaturrecherche gefundenen Parameter zutrifft. Hier kann wieder auf Bogner et al. [3] verwiesen werden. Die Einteilung in Kategorien, unabhängig ob Parameter kategorisiert werden oder Aussagen, kann nur aus einer inhaltlichen Analyse dieser möglich sein. Ähnlich wie beim Labeling (Kennzeichnung, Kodierung) finden beide Kategorisierungen aufgrund von Plausibilität der Kausalbeziehungen zwischen den einzelnen Elementen statt. In diesem Fall von Aussage und Kategorie.

D.h. grundsätzlich ist jede Kategorisierung ein Informationsverlust (Abstraktion) und die Plausibilität der Kausalbeziehung aus Materialität des Textes und der Kategorisierung (die Sequenzialität wird nicht berücksichtigt) kann angezweifelt werden. Deshalb wurde stringent und nachvollziehbar vorgegangen und die Liste mit den getätigten Aussagen ist am Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement aufliegend. Dadurch kann jede einzelne Schlussfolgerung überprüft werden und gegebenenfalls die aufgestellte Hypothese, dass ein Parameter oder eine gelabelte Aussage in eine bestimmte Kategorie fällt, falsifiziert werden. Dies gilt für die Kategorisierung der Aussagen als auch für die Kategorisierung der Parameter aus Literatur und Fallstudie.

$$h = \frac{\text{Anzahl der Aussagen mit dem Label}(i) \text{ in einer Kategorie } (Z, P, T)}{\text{Summe aller Aussagen in dieser Kategorie } (Z, P, T)} = [1] \quad (3.1)$$

$$mu = \frac{\text{Anzahl der Aussagen mit dem Label } (i) \text{ in allen Interviews}}{\text{Summe der Interviewpartner}} = [1] \quad (3.2)$$

Die Ergebnisse der Frequenzanalyse werden zuerst projektweise ausgewertet (Kapitel 8.1), danach Professionsbezogen (Kapitel 8.2) und am Ende wird eine zusammenfassende Auswertung (Kapitel 8.3) erstellt.

Qualitative Analyse In der Qualitativen Analyse werden die im vorherigen Schritt kodierte Aussagen der zweiten Kategorisierung (gemäß Subforschungsfragen) unterzogen.

- E Erfolgsfaktoren
- V Verbesserungsvorschläge
- D Defizite

Hier ist zu erwähnen, dass in der Fallstudien Analyse zuerst die Aussagen analysiert und in der Frequenz und Qualitativen Analyse (Kapitel 8 und Kapitel 9) kategorisiert und nach der relativen Häufigkeit (Siehe Formel 3.1) bzw. dem Mittelwert (Siehe Formel 3.2) geordnet werden. Die Aussagen sind, wie beschrieben, bereits gelabelt und kategorisiert und dienen als aufbereitete Datengrundlagen für den Parameterkatalog. Das ist auch der Grund warum der Parameterkatalog die selben Label wie auch Kategorien aufweist.

Kategorisierter Parameterkatalog für integrale Industrieplanung der Fallstudie Als Abschluss (letzte Abstraktionsschritt der Datenauswertung der Interviews) werden aus der Frequenz und Qualitativen Analyse Parameter identifiziert und geordnet nach Häufigkeit der Nennungen der zugrundeliegenden Aussagen dargestellt. Es stellt die Zusammenfassung der Frequenz und Qualitativen Analyse und den Abstraktionsschritt von der Analyse der Aussagen zu einem Parameterkatalog der als Unterstützung für den Decision Making Process in der frühen Planungsphase eines Industriebaus dienen soll dar. Hier werden zur Anschauung die Eigenschaften eines Parameters der Industrieplanung noch einmal dargestellt.

$$p_i \Rightarrow \text{Aussagen}_i (\text{Label}_j) \Rightarrow \begin{pmatrix} Z & E \\ P & V \\ T & D \end{pmatrix} = \text{Label}_{17} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

Jeder identifizierte Parameter hat zugrunde liegende Aussagen die ein Label und eine Kategorisierung in der ersten Spalte der Matrix (Formel 3.3) und in der zweiten Spalte der Matrix haben. Im gegebenen Beispiel würde es sich um einen Parameter handeln, dessen zugrundeliegende Aussagen mit dem Label Nummer 17 aus der Liste aller induktiv gefundenen Labels gekennzeichnet wurde, und es würde sich um einen Parameter handeln dessen zugrundeliegenden Aussagen auf Prozessebene getätigt wurden und im Zusammenhang eines Erfolgsfaktor genannt wurden. Sollten sich Widersprüche in einer Gruppe von Aussagen mit dem selben Label ergeben werden diese gekennzeichnet. Zusätzlich werden im Parameterkatalog in Tabellenform auch gekennzeichnet wer, die dem Parameter zugrundeliegende Aussage getätigt hat bzw. welche Literaturquelle zugrunde liegt (Siehe Kapitel 5 und 10).

Anmerkung zu den Quellen Es werden selbstverständlich alle Quellen ordnungsgemäß zitiert, allerdings werden die Transkriptionen nicht publiziert. Dies würde das Volumen der Arbeit sprengen. Sie können aber selbstverständlich auf Anfrage beim Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement oder beim Verfasser eingesehen und gelesen werden.

Tab. 3.2: Übersicht Methode Auswertung der Fallstudie

Definition	Gewählt, Quelle
Labeling, Kodierung (Literatur und Fallstudie)	induktiv, kausal, [3]
Kategorisierung (Literatur und Fallstudie)	deduktiv, kausal [3]
Aussagen in Vergleichender Analyse gereiht nach (relative Häufigkeit)	Formel [3.1]
Aussagen in Qualitativer Analyse gereiht nach (Mittelwert)	Formel [3.2]

Auswertung der ExpertInneninterviews

Datengrundlage:

Transkription der Interviews

100% Übereinstimmend mit Audiofile des Interviews

Liste der getätigten und gemäß Forschungsfragen relevanten Aussagen

Aussage gekürzt, inhaltlich und in semantischer Struktur erhalten

Labels (Kennzeichnungen) der getätigten Aussagen

Aussage mit Label (Kennzeichnung), entsprechend Inhalt und Semantik versehen, induktive Kodierung



Frequenzanalyse (Kategorisiert)

in Z, P, T *

Qualitative Analyse (Kategorisiert)

in E, V, D *

Projektbezogene Auswertung

Projektbezogene Auswertung

Professionsbezogene Auswertung

Professionsbezogene Auswertung

Zusammengefasste (Allgemeine)
Auswertung

Zusammengefasste (Allgemeine)
Auswertung

Z...Ziele des Industriebauherrn und / oder der Fachplanerinnen auf Gebäudeebene
P...Probleme, Potentiale und Prioritäten im Planungsprozess
T...Technische Variablen auf Gebäudeebene

E.....Erfolgsfaktor
V.....Verbesserungsvorschlag
D.....Defizit

Ergebnis:

Kategorisierter Parameter Katalog für integrale Industrieplanung der longitudinalen Fallstudie

*Darstellung erfolgt sortiert nach relativer Häufigkeit (bzw. Mittelwert) der Aussagen mit dem Label(i) innerhalb der entsprechenden Kategorie

Abb. 3.1: Auswertung der ExpertInnen Interviews

Teil II

Literaturrecherche

Kapitel 4

Literaturrecherche

4.1 Allgemeines

Die Literaturrecherche soll in ihrer Struktur federführend in die erste Kategorisierung (siehe Kapitel 2) gegliedert werden. Die gängige Literatur und fachspezifische Publikationen werden untersucht nach Parametern aus der Perspektive von:

- Welche Ziele des Industriebauherrin und / oder der Fachplanerin sind auf Gebäudeebene in der aktuellen Literatur prioritär?
- Welche Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess sind auf Prozessebene in der Literatur besonders wichtig?
- Welche Technische Variablen sind auf Gebäudeebene häufig genannt?

Welche Eigenschaften soll ein modernes Industriegebäude aufweisen? Die Frage die sich stellt lautet, welche Ziele gibt es für einen modernen Industriebetrieb auf der Ebene seiner Gebäude. Welche Anforderungen werden an eine Gebäudestruktur gestellt in welcher eine produzierende Industrie im Rahmen der vierten industriellen Revolution optimal funktionieren kann. Und wonach sollen sich diese Ziele richten? Es wird der Trend erkannt, dass sowohl im Industriebau als auch im Planungsprozess die Nachhaltigkeit bzw. Zukunftsfähigkeit von Industriebauten mehr an Bedeutung gewinnt. Industriebauten sind sozio-technologische Systeme die Kapital intensiv in ihrer Herstellung sind und komplexe langlebige Produkte welche die Beziehung zwischen Material und Wertschöpfungskette abbilden. Des Weiteren ist ein Industriebau auch immer ein System in denen menschliche und technologische Komponenten zusammentreffen vgl. Chen et al. [4]. Wie soll ein optimales Industriegebäude aussehen und lassen sich allgemeine Regeln definieren? Grundsätzlich kann man voraussetzen, dass ein Industrieunternehmen auf Profit-Maximierung und Share Holder Value abzielt, allerdings wird in [4] gezeigt, dass Nachhaltigkeit auf ökonomischer, ökologischer und sozialer Ebene zunehmend wichtige Ziele sind die auch von Profit orientierten Unternehmen verfolgt werden. In vgl. Chen et al. [4] wurden folgende Nachhaltigkeitsfaktoren aus [2] übernommen und für eine Industrieauplanung adaptiert (Siehe Abbildung 4.1).

Untersuchte wissenschaftliche Literatur und Publikationen Nadoushani und Akbarnezhad [17] beschäftigen sich mit dem Umstand, dass Entscheidungen (Decision Making Process) betreffend der Tragstruktur und dessen Formulierung oft nach ökonomischen Kriterien getroffen werden. Der langfristige Horizont, vor allem aus einer ökologischen Betrachtungsweise heraus, wäre es Parameter wie beispielsweise die CO₂ Bilanz des Gebäudes über dessen gesamten Lebenszyklus stärker im Entwurf von Industriegebäuden zu berücksichtigen. Es wurden in ihrer Untersuchung verschiedene Tragsysteme und Strukturen hinsichtlich des Materials und der Ausgestaltung

Ökonomische Nachhaltigkeitskriterien	Ökologische Nachhaltigkeitskriterien	Soziale Nachhaltigkeitskriterien
Abhängigkeit von Fördermitteln	Luft Qualität	Zugang zu Energie
Schuldenquote	Vorbereitungsgrad Katastrophen	Zugang zu Nahrung
Energieverbrauch	Auswirkungen auf den Klimawandel	Unfall Versorgung
Informationstechnologie	Auswirkungen auf das Ökosystem	Demographischer Wandel Arbeiter
Kommunikationstechnologie	Auswirkung auf die Ozonschicht	Reinheit des Wasser
Arbeits - Produktivität	Netto Menge Wasserverbrauch	Intuitive Bedienbarkeit
Niveau Forschung und Entwicklung	Wasser Qualität	Gehalts - Ungleichheit
Material Verbrauch		Sanitäranlagen
Produktionstiefe		Sicherheit
Rentabilität		Selbsterklärende Bedienbarkeit
Transport		Arbeitsbedingungen
Abfall Management		Langzeitgesundheit der Arbeiter
Vulnerabilität gegen Naturkatastrophen		

Abb. 4.1: Kriterien der Nachhaltigkeit für die Industriebauplanung [4]

des Sekundärtragwerks analysiert. Unter anderem ergibt die Untersuchung, dass Rahmenkonstruktionen zu einer höheren CO₂ Bilanz im Lebenszyklus führen im Unterschied zu gelenkigen Konstruktionen.

Slaughter [26] beschäftigt sich mit dem Bedürfnis und der Anforderung an moderne Industriebauwerke, wandlungsfähig zu sein und den unterschiedlichen Arten von Veränderungen welchen ein Industriebau unterliegt. Es werden Designstrategien entwickelt, deren Kosten sich innerhalb der ersten Renovierung bzw. Nutzungsänderung des Gebäudes amortisieren sollen. Es wird argumentiert, dass flexiblere Strukturen, die einfacher an Nutzungsänderungen angepasst werden können, nicht nur ökonomische sondern auch ökologische Vorteile bringen. Die Aussage des wissenschaftlichen Artikels lautet: Wenn es zu Änderungen (Bsp. Änderung der Kapazität der Produktion, Änderung des Fluss der Produktion) kommt, die daraus folgenden Renovierungen mehrere Systeme innerhalb des Gebäudes betreffen und aus diesem Grund Tragwerke, Haustechnik und Fassade mit Hinblick auf zukünftige Veränderungen konstruiert werden sollen. Es werden 10 Designstrategien vorgestellt unter anderem der vereinfachte Abbruch von Bauteilen und Zonen des geplanten Industriebauwerkes um die baupraktische Ausführung von Erweiterungen, wie zum Beispiel das Hinzufügen einer Tragwerksachse zu vereinfachen. Des Weiteren wird die vereinfachte Erreichbarkeit von haustechnischen Anlagen und Komponenten diskutiert. Als Beispiel werden einfach demontierbare Trockenbauwände, um Installationsebenen einfacher und effizienter zu bedienen, gebracht.

Geraedts [7] betont den Umstand, dass flexible und adaptive Gebäude auch ökologisch effiziente Gebäude sind. Er stellt eine direkte Verbindung zwischen der Flexibilität eines Gebäudes und dessen Nachhaltigkeit her. Dem Argument ist gut zu folgen, da durch die längere Nutzung eines Industriebauwerkes, die benötigte Energie und Emissionen für die Errichtung des Gebäudes und der Herstellung der Baustoffe besser auf die genutzten Jahre umgelegt werden kann. Durch eine Maximierung der Lebenszykluszeit wird pro genutztem (betrieblen) Zeitintervall weniger Energie und Ressourcenverbrauch zugeordnet. Natürlich stellt der Ressourcen und Energiebedarf

des laufenden Betriebes ebenfalls einen erheblichen Beitrag zur Energiebilanz dar und sollte demnach ebenfalls optimiert werden. Allerdings werden auch effiziente Systeme im Betrieb in Frage gestellt, wenn die Lebenszyklusdauer eines Gebäudes nur wenige Jahre (5-10) beträgt und dementsprechend nach Ablauf dieser Lebenszykluszeit wieder der volle bzw. ein hoher Prozentsatz des Energiebedarfs zur Errichtung des Gebäudes und Herstellung der Materialien aufgebracht werden müssen. Insgesamt muss der kumulierte Energiebedarf der Energie für die Errichtung und des Betriebs über einen definierten Kontrollzeitraum als Kontrollparameter dienen.

Gourlis und Kovacic [11] untersuchen anhand einer Case Study eines bestehenden Industriebau mögliche Sanierungen der Gebäudehülle und die Auswirkung auf den Energieverbrauch des Gebäudes. Es werden zwei verschiedene Sanierungskonzepte, unter Berücksichtigung der internen Gebäudelasten ausgelöst durch Maschinen und Belegung der Gebäude bzw. Beleuchtungszeiten des Gebäudes, analysiert und evaluiert. Die Szenarien unterscheiden sich in der gewählten Art der Wärmedämmung des bestehenden Daches und dem zusätzlichen Einbau von Oberlichtern. Es wird gezeigt, dass durch die Sanierung der Gebäudehülle ein signifikantes Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs erreicht werden kann und insbesondere durch natürliche Belüftung Überhitzung vermieden werden kann bzw. akzeptable Werte erreicht werden können. Die Autoren Gourlis und Kovacic empfehlen die Sanierung der Gebäudehülle stärker in Betracht zu ziehen, insbesondere wenn eine Sanierung des Tragwerks notwendig ist. „The improvement of the building envelope through application of following measures: insulated roof and replacement of windows and skylights; resulted in a significant heating energy demand reduction for the facility by 52% [11, S.1398]“ Durch die verbesserten Werte des Energiebedarfs (Heizwärme und Kühlbedarf) kann die Infrastruktur wieder im Rahmen neuer Normen genutzt werden und dementsprechend seine Lebenszyklusdauer verlängert werden.

Shen et al. [25] entwickeln eine Checkliste um die Nachhaltigkeit eines Projekts einzuschätzen bzw. um die wichtigsten, federführenden Parameter in einem holistischen Ansatz zusammenzuführen. Es wird die Zusammenarbeit und der Austausch der verschiedenen Stakeholder des Bauprozess kritisch hinterleuchtet. Die Checkliste wird in Matrixform aufgebaut. D.h. die Checkliste wird auf den Projektphasen (Beginn - Entwurf, Planung, Ausführung, Betrieb, Rückbau) aufgebaut und 3 Hauptkategorien bewertet (Ökonomische Nachhaltigkeitsfaktoren, Soziale Nachhaltigkeitsfaktoren, Ökologische Nachhaltigkeitsfaktoren).

Vardopoulos [27] beschäftigt sich mit der anpassungsfähigen Wiederverwendung (neue Nutzung) von Industriebauten. Die Wiederverwendung wird als Renovierung von bestehenden und nicht mehr genutzten Gebäuden bzw. Rehabilitation und Umbau verstanden. Die Hauptmotivation, für die Wiederverwendung von Industriebauten sind gem. dem Autor der Denkmalschutz und Kommunale Initiativen zur Erhaltung von nicht mehr genutzten Industriebauwerken. Das Ziel dieser Studie ist die Identifikation wert-schöpfender Parameter von Wiederverwendungs-Projekten.

Shen et al. [24] entwickeln in einer weiteren Studie einen Datensatz aus KAIs, (Key Assessment Indicators) um die Nachhaltigkeit von Infrastrukturprojekten zu überwachen bzw. einzuschätzen. Interessant ist der Umstand, das der durch Expertinneninterviews ermittelte Datensatz mittels eines Fuzzy-Set-Theory ausgewertet wird (Ansatz der unscharfen Mengenlehre). Es wird eine Liste der Grundgesamtheit der identifizierten Parameter erstellt. Diese wird mittels des Mittelwerts und der Standardabweichung und einer Fuzzylogic Wahrscheinlichkeitsdichte Funktion ihrer Wahrscheinlichkeit nach, ob der jeweilige Parameter ein Key Parameter ist evaluiert. Anhand eines Entscheidungsorganigramm werden die gefundenen Parameter zugeordnet. Insgesamt können 20 Parameter über die statistische Methode verifiziert werden. Aufgegliedert werden diese, wie in [25], in Ökologische Faktoren, Soziale Faktoren und Ökonomische Faktoren. Allerdings werden sie nicht in Projektphasen unterteilt. Beispiele der von Shen et al. identifizierten Parameter sind, *Life Cycle Cost, Public Safety, Effects on air quality, Effects on land Pollution*.

Lee et al. [15] entwickelt eine Vorgehensweise für die Exploration eines Multi-Kriterien Para-

meterraumes für Industriegebäude. Es wird der Energieverbrauch, der ökologische Fußabdruck und die Kosteneffizienz über den gesamten Lebenszyklus analysiert. Der Studie zugrunde liegt ein Lagerhaus in Amsterdam. Die federführend untersuchten Parameter sind die U-Werte des Gebäudes, der Konstruktionstyp, die Verwendung bzw. der Einsatz von Solarpaneelen und der Einsatz von Oberlichtern. Es wird auf den Umstand eingegangen, dass 26 % des gesamten europäischen Energieverbrauches vom Industriesektor konsumiert wird. Die Energie wird durch produzierende Prozesse und dem Betrieb bzw. der Errichtung von Industriegebäuden in Anspruch genommen. Es wird in dieser Untersuchung explizit auf den Betrieb und seinen Energieverbrauch eingegangen und nicht auf die innerhalb der Gebäudehülle, stattfindenden produzierenden Prozesse. Die charakteristischen Herausforderungen eines Industriegebäudes werden mit besonderen thermischen Anforderungen, der allgemein einfacheren (eingeschossigen) Geometrie und der wenig dichten Personalbelegung charakterisiert. Insgesamt werden 6 Parameter in 4704 verschiedenen Kombinationen untersucht und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Energieverbrauch, ökologischen Einfluss und kosteneffizient analysiert. Zusammenfassend wird festgestellt, dass geringe Einsparungen und Optimierungen an Industriebauten, sehr große Auswirkungen aus einer kumulativen Perspektive haben. Hauptsächlich aufgrund des großen Flächenmultiplikators von Industriegebäuden. Diesem Gedanken folgend, kommt die Untersuchung zu dem Schluss, dass es möglich ist, mit minimalen Kostenaufwand in der frühen Planungsphase signifikante Einsparungen bezüglich zukünftigen Energieverbrauch und CO₂ Emissionen zu erzielen.

Pawellek [21] beschreibt in sieben Kapitel die gesamtheitliche Fabrikplanung für die Fabrik der Zukunft. Die ersten beiden Kapitel beschäftigen sich mit der Einführung in das Fachgebiet (Industrieauplanung) und den Grundlagen der ganzheitlichen Fabrikplanung. In den weiteren Kapiteln werden die Themen Strategieplanung und Strukturplanung bis hin zur Systemplanung und Ausführungsplanung erörtert. Im letzten Kapitel wird der Einsatz von EDV Systemen als Planungshilfsmittel und als Werkzeuge der Fabrikplanung beschrieben. Besonders interessant ist, dass schon zu Beginn der systematische Begriff der Fabrik, des Industriegebäudes definiert wird und die bekannten Flüsse einer Fabrik von Mensch, Material und Medien um den Fluss der Informationen ergänzt wird. Dies ist ein integraler Bestandteil einer modernen Fabrik, bzw. eines Industriegebäudes 4.0, welches nicht nur digitalisiert, sondern auch vernetzt funktioniert (machine to machine, IoT¹). Der Strategiewechsel von der „Fabrik der Vergangenheit“ hin zu der „Fabrik der Zukunft“ wird zusammengefasst als ein Übergang von einer Kapazitätsorientierung zu einer Materialflussorientierung. Von diskontinuierlichen zu kontinuierlichen Prozessen und von gängigen Losgrößen zur wirtschaftlich darstellbaren Losgröße 1. Inwiefern, die weltweite Corona Krise Einfluss nehmen wird auf Produktionsstrategien wie eine Just - In - Time Produktion, wird in dieser Arbeit nicht diskutiert. Allerdings kann der Faktor der Flexibilität und der flexiblen Nutzung von Industriegebäuden unter den Umständen einer globalen Pandemie nur unterstrichen werden. Hinsichtlich der Anforderungen an ein zeitgemäßes Industriegebäude (als äquivalent zu dieser Arbeit, Ziele auf Gebäudeebene) werden die Universalität (Gestaltung für verschiedene Nutzungsszenarien), die Modularität d.h. Verwenden von standardisierten und funktionsfähigen Elementen und die Mobilität des Maschinenlayouts hervorgehoben.

Reichardt et al. [23] zeigt anhand des Beispiel eines Automobilzulieferers die Vielschichtigkeit der zeitgemäßen Industrieauplanung. Es wird auf verschiedene Gestaltungsfelder der Industrieauplanung eingegangen, wie zum Beispiel den Standort, die Architektur, die Haustechnik und auf Prozesse innerhalb der Fabrik und der Organisation. Es werden Parameter bzw. Parameterkategorien unter den Überbegriffen, Tragwerk, Hülle, Medien, Ausbau und Anmutung subsumiert. Des weiteren wird ein im Planungsteam abzustimmendes Pflichtenheft vorgeschlagen um die optimale und performanteste (mit möglichst wenig Informationsverlust) Zusammenarbeit

¹ Siehe Begriffsbestimmungen, *Internet der Dinge*

in einem Planungsteam zu erreichen. Selbiges gilt für den Einsatz von Building Information Modeling und 3 Dimensionaler Planung.

Wiendahl et al. [28] beschreiben in insgesamt siebzehn Kapiteln die Grundlagen des Industriebaus. Es wird auf die Veränderungsnotwendigkeiten und generellen Produktionsanforderungen, bzw. auf bekannte Produktionskonzepte und die Systematik der Veränderungsfähigkeit, in den ersten fünf Kapiteln eingegangen. Im zweiten Teil des Buches wird auf die Funktionale Arbeitsplatzgestaltung und Arbeitsorganisation eingegangen. Mit Beschreibungen der räumlichen Arbeitsbereichsgestaltung und der sich daraus logisch ableitenden Gebäudegestaltung wird die strategische Standortplanung untersucht. Mit den Kapiteln Projektmanagement und Facility Management wird das Buch abgeschlossen. Bereits im ersten Kapitel wird auf Produktivitätsverluste und Einschnitte in der Wettbewerbsfähigkeit von Industrieunternehmen im deutschsprachigen Raum eingegangen. Als Grund für diesen Umstand wird die fehlende Wandlungsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit von Industrieunternehmen, respektive ihren Industriebauten genannt. Auf Ebene der Industriegebäude (d.h. außerhalb der Sphäre des Marktes und Managements und Aufbau und Abwicklungsorganisation, sondern bezogen auf das Gebäude) wird das Fehlen von Erweiterungsmöglichkeiten und der unübersichtliche Materialfluss als Hauptgrund für diesen Umstand genannt. Die immer komplexeren Anforderungen an einen Fertigungsbetrieb bzw. die immer stärker wachsende Bandbreite an Produkten wird anhand einer Studie über Nischenfahrzeuge illustriert [28, S.10]. In dem Unterkapitel, Bewertung der Veränderungsfähigkeit [28, S.141] wird das System Fabrik zuerst in die Fabrikebenen: Werk, Fabrik, Bereich und Arbeitsstation unterteilt. In einem nächsten Schritt werden Fabrikobjekte (Gegliedert in die Bereiche Technik, Organisation und Raum) in einer Matrixdarstellung den Fabrikebenen gegenübergestellt und in ihrer relativen Bedeutung, bezogen auf die Fabrikebene bewertet. So ergibt sich, dass in der Themengruppe Fabrikebene Werk, den Objekten Grundstück, Generalbebauung und Außenanlagen eine hohe Bedeutung beigemessen wird. Auf der Ebene der Fabrik werden die Objekte, Layout, Bauform, Tragwerk und Hülle mit der höchsten Bedeutung angeführt. Auf der Ebene des Bereich wird das Objekt des technischen Ausbaus mit hoher Bewertung dargestellt. Und auf der feinsten Ebene, der Arbeitsstation wird das Objekt Arbeitsplatzgestaltung hoch bewertet. Ein weiterer interessanter Aspekt des Themas Wandlungsfähigkeit einer Fabrik ist, dass der Wandlungsprozess in seiner Gesamtheit als ein erfolgreiches Zusammenspiel der Komponenten Wandlungsfähigkeit (Rekonfigurationspotenzial), der Wandlungskompetenz (Veränderungs- und Anpassungsbereitschaft der Mitarbeiter) und der Wandlungsbeherrschung (Qualität des geplanten Wandels) gesehen werden muss. Es wird damit gezeigt, dass eine flexible Fabrik bzw. ein flexibles Industriegebäude keinesfalls nur auf der Ebene der Technik und der Ausgestaltung des Gebäudes definiert wird. Es müssen unbedingt die Ebenen der Prozesse und der Sozialen Dimensionen mitberücksichtigt werden um eine Aussage über ein Änderungspotential treffen zu können. Zusammenfassend liefert die Literaturrecherche eine Vielzahl (siehe Kapitel 5) an Einflussgrößen auf das System Fabrik. Schwerpunkte werden in der Literatur auf die Ökologische Dimension des Industriebaus sowie auf die Errichtung flexibler Strukturen und Gebäude mit einer maximalen Lebensdauer gelegt.

Kapitel 5

Kategorisierter Parameterkatalog für integrale Industriebauplanung aus II (Literaturrecherche)

E...Erfolgsfaktoren V...Verbesserungsvorschläge D...Defizite

[P] Parameterkatalog der Literaturrecherche					
[Z] Ziele des Industriebauherrn und oder der Fachplanerinnen auf Gebäudeebene					
LA	KAT	Nr.	Parameter	Quelle	
	E	Z1	Maximierung der Lebenszyklusdauer eines Industriegebäudes	[7]	
		Z2	Mobilität des Maschinenlayouts (uneingeschränkte Beweglichkeit der Maschinen)	[21]	
		Z3	Maximale freie Bruttogeschossfläche (veränderbare Maschinenlayouts)	[7]	
		Z4	Maximale freie Spannweite (Stützenfreie Zone in der Produktionszone)	[7]	
		Z5	Maximale freie (Überschuss) Raumhöhe	[7] [17]	
		Z6	Modularität im Entwurf (Produktion) und Konstruktion	[7] [21] [25]	
		Z7	Industriegebäude um Unternehmen (Produktionswachstum) in Zukunft aufnehmen zu können	[25]	
		Z8	Universalität des Industriegebäudes, Dimensionierung und Gestaltung für verschiedene Anforderungen hinsichtlich Produkt oder Technologie	[21]	
	Arch*	E	Z9	Ästhetisch wertvolle und repräsentative Gebäude	[27]
			Z10	Energieeffiziente Gebäude *Label: Architekturqualität	[27]
	Erweiterbarkeit	V	Z11	Vereinfachter Abbruch von Bauteilen und Anschlüsse für Erweiterung vorsehen (bsp. weitere Tragwerksachsen)	[26]
			Z12	Erweiterbarkeit des Gebäudes (Struktur, Tragwerk, Installationen)	[7]
			Z13	Überschuss an freier Geschossfläche (Nutzfläche)	[7]
			Z14	Genügend potentielle Grundstücksfläche für Erweiterung	[27]
	K*	V	Z15	Kommunikationfördernde Gebäudekonfiguration (Position der Abteilungen) *Label: Kommunikation	[7]
	Ko*	V	Z16	Lebenszykluskosten minimieren *Label: Kosten	[25]
	Robu*	V	Z17	Reduzieren der Recycling Rate und Müllproduktion	[25]
			Z18	Überdimensionieren der Tragstruktur um spätere Lasten aufnehmen zu können	[7]
			Z19	Reduktion der Treibhausgase *Label: Robustheit	[25]
	Raum*	V	Z20	Energieeffiziente Fassaden und Bauwerkshüllen um energetischen Anforderungen langfristig zu entsprechen	[11]
			Z21	Schallschutz	[24]
			Z22	Effiziente Zu - und Abluft Systeme *Label: Raumbehaglichkeit	[24]

Abb. 5.1: Parameterkatalog aus Literaturrecherche 1

[P] Parameterkatalog der Literaturrecherche				
[T] Technische Variablen auf Gebäudeebene				
LA	KAT	Nr.	Parameter	Quelle
Architektur	V	T1	Grundrissform des Industriegebäudes	[7] [11]
		T2	Standardisierte Planung und Produkte (Dimensionen, Raster) verwenden	[21] [25]
		T3	Dimension und Position (Flügelssystem) der Fenster	[28]
		T4	Lagerkapazitäten vorhalten	[28]
		T5	Fassadensystem (Demontierbarkeit)	[7] [28]
		T6	Wärmededämmsystem	[25] [28]
Tragwerksentwurf	E	T9	Material des Tragwerks (Super Structure)	[17] [24]
		T10	System (Rahmen, Gelenk) Primärtragwerk und sekundäre Tragstruktur (laterale Lastableitung)	[17]
		T11	Position + Dimesion der Stützen	[7]
		T12	Höhere Lastaufnahme-Kapazität der Tragstruktur	[7]
		T13	Begehbare Zwischen- (abgehängte) Decken	[7]
		T14	Systematik und Erweiterbarkeit der horizontalen und vertikalen Tragstruktur	[7]
		T15	Konstruktionsart	[17] [25]
		T16	Überschuss an lichter Höhe unter Konstruktion	[25]
		T17	Position von Treppen und Stiegenhäusern	[7]
		T18	Raster Primär und Sekundär Tragwerk	[28]
Haustechnik	E	T19	Dimensionierung Fundamente	[28]
		T20	Auswechselbare Trockenbauwände vor Intallationsebene um Installationen effizienter zu erschließen, besserer Zugang zu haustechnischen-Komponenten	[7] [26]
		T21	Höhere Kapazitäten HKLS + ELO Systeme (Dimensionierung)	[7]
		T22	Position, Raster, vertikale Systematik HKLS + ELO Systeme	[7]
		T23	Abhängigkeit (Verflechtung) mit Nutzungsszenario	[7] [11]
		T24	Energieversorgungssystem	[25]
		T25	Sprinkler Anlagen und Brandschutzsysteme	[28]

Abb. 5.2: Parameterkatalog aus Literaturrecherche 2

Teil III

Fallstudien

Kapitel 6

Projektbeschreibungen

Die Benchmarks

- Art der Produktion, Umsätze
- *Brutto Grundfläche gem. [18] ÖNORM B 1800, 2013-08-01 (BGF)*
- *Gesamtkosten gemäß [19] ÖNORM B 1801-1, 2015-12-01 (GIK)*
- *Primäres und sekundäres Tragwerk eines Gebäudes (Super Structure)*

wurden in den Use Case Studys bzw. Leitfadeninterviews, siehe Kapitel (3) entnommen.

6.1 Übersichtsmatrix Use Case - Benchmarks

	Use Case A	Use Case B	Use Case C	Use Case D	Use Case E
Art	Reinraum	Metallverarbeitung	Metallverarbeitung	Lebensmittelproduktion	Lebensmittelproduktion
Umsatz	>7000	> 1200	40	116	900
BGF	60 000	16 000	9 000	24 000	4 600
GIK	k.A	45	17	50	k.a
Super	Stahlfachwerk	Stahlfachwerk	T Sattelträger STB	Stahlfachwerk	Dreifeld STB

Art.....Art der Produktion

Umsatz.....bezieht sich auf Alle Standorte des jeweiligen Industrieunternehmens [Millionen €]

BGF.....Brutto Grundfläche gem. ÖNORM B 1800 [m²]

GIK.....Gesamtkosten gem. ÖNB1801 [Millionen €]

Super.....Super Structure

Abb. 6.1: Übersichtsmatrix Use Case Benchmarks

6.2 Projektbeschreibung Use Case A

Art der Produktion

Bei dem Industriebau Projekt A handelt es sich um ein produzierendes Unternehmen mit Reinraumtechnik. Es wird 24 Stunden am Tag und 7 Tage die Woche gearbeitet 365 Tage im Jahr. Es handelt sich um eine Produktion mit Reinraum-Technik.

Umsatz

Der Umsatz des Industrieunternehmens A liegt in der Größenordnung von >7 Milliarden € 2019, weltweit betrachtet lt. Angabe der Unternehmenswebsite.

Fläche

Das Gebäude des Use Case A weist eine *BGF* von 60 000 m² auf.

Investitionsvolumen Gebäude

Zu den Gebäudekosten d.h. (*GIK*) wird vom Unternehmen keine Angabe gemacht, es wird angegeben, dass die gesamte Investition in den neuen Standort bei 1.6 Milliarden Euro liegt. Allerdings kann hier kein sinnvolles Verhältnis zu den Baukosten *GIK* gebildet werden, da die Investitionskosten für Technologie und Maschinenausstattung überwiegt.

Super Structure

Das Tragwerk (*Super Structure*) wurde in dem Use Case A mittels Fachwerkträgern aus Stahl realisiert.

6.3 Projektbeschreibung Use Case B

Art der Produktion

Bei dem Industriebauprojekt B handelt es sich um ein Maschinenbauunternehmen in der Metallverarbeitung mit Schwerpunkt der Kompressortechnik am Standort des Use Case B.

Umsatz

Der Umsatz des Industrieunternehmens B liegt in der Größenordnung von 1.2 Milliarden € 2019, weltweit betrachtet.

Fläche

Die *BGF* des Gebäude beträgt 16 000 m² laut internen Angaben des Industrieunternehmens B.

Investitionsvolumen Gebäude

Die *GIK* für das Industriegebäude B beträgt in etwa 45 Millionen Euro.

Super Structure

Das Tragwerk (*Super Structure*) wurde in dem Use Case B mittels Fachwerkträgern aus Stahl realisiert.

6.4 Projektbeschreibung Use Case C

Art der Produktion

Beim Industriebauprojekt C handelt es sich um ein Unternehmen in der Metallverarbeitung mit Schwerpunkt in der Zuliefer- Industrie. Das Projekt besitzt zwei Bauphasen:

- Phase 1: Neubau
- Phase 2: Erweiterung der Lagerflächen und Büroflächen.

Umsatz

Der Umsatz des Industrieunternehmens C liegt in einer Größenordnung von 40 Millionen Euro.

Fläche

Die *BGF* des Gebäude beträgt ca. 9 000 m².

Investitionsvolumen Gebäude

Die *GIK* für das Industriegebäude C beträgt in etwa 17 Millionen Euro für die Phase 1.

Super Structure

Das Tragwerk (*Super Structure*) wurde in dem Use Case C mittels T - Sattelträgern aus Stahlbeton realisiert.

6.5 Projektbeschreibung Use Case D

Umsatz

Der Umsatz des Industrieunternehmens D liegt in der Größenordnung von 116 Millionen Euro, insgesamt, 2019.

Fläche

Die *BGF* des Gebäude beträgt ca. 24 000 m²

Investitionsvolumen Gebäude

Die *GIK* für das Industriegebäude F beträgt in etwa 50 Millionen Euro. In dieser Summe ist schon die maschinelle Ausstattung inkludiert, diese ist allerdings laut Bauherr vernachlässigbar gering.

Super Structure

Das Tragwerk (*Super Structure*) wurde in dem Use Case F mittels Stahlfachwerken mit einer begehbaren abgehängten Paneel-Decke realisiert.

6.6 Projektbeschreibung Use Case E

Umsatz

Der Umsatz des Industrieunternehmens E liegt in einer Größenordnung von 900 Millionen Euro, insgesamt, 2019.

Fläche

Die *BGF* des Gebäude beträgt ca. 4 600 m²

Investitionsvolumen Gebäude

Für das Industriegebäude G wurden keine Aussagen zu den Investitionskosten *GIK* getätigt.

Super Structure

Das Tragwerk (*Super Structure*) wurde in dem Use Case E mittels einer gevouteten Platte aus Stahlbeton als Dreifeldträger ausgeführt.

Kapitel 7

Leitfadeninterviews (Fragenkatalog)

7.1 Daten zu den durchgeführten Interviews

	Use Case A	Use Case B	Use Case C	Use Case D	Use Case E	Σ
Bauherren	A1 Bauherr	B1 Bauherr	C1 Bauherr	D1 Bauherr	E1 Bauherr	5
Architektur	A2 Architektur	B2 Architektur	C2 Architektur	D2 Architektur	E2 Architektur	3
Tragwerksplaner	A3 Tragwerksplanung	B3 Tragwerksplanung	C3 Tragwerksplanung	D3 Tragwerksplanung	E3 Tragwerksplanung	3
Produktionspl.	A4 Produktionsplanung	B4 Produktionsplanung	C4 Produktionsplanung	D4 Produktionsplanung	E4 Produktionsplanung	4
Σ	1	3	4	3	4	15

Abb. 7.1: Daten der durchgeführten ExpertInneninterviews (fett gedruckte Stakeholder wurden interviewt)

Tab. 7.1: Übersicht Daten zu den durchgeführten Interviews

Definition	Anzahl
Durchgeführte Interviews	14
Interviewte Stakeholder	15
Anzahl der Use Cases	5
Anzahl der Use Cases	5
Interviewte Bauherrn	5
Interviewte Tragwerkplanerinnen	3
Interviewte Architektinnen	3
Interviewte Produktionsplanerinnen	4

7.2 Allgemeiner Aufbau des Fragenkataloges

Grundsätzlich wurde der Fragenkatalog im Sinne eines Leitfadeninterviews aufgebaut vgl. Kovacic et al. [14], d.h. die Fragen werden detailreich formuliert mit dem Ziel eine möglichst freie und offene Antwort zu bekommen. Die detailreiche Formulierung der Frage soll nicht im Sinne einer Liste abgearbeitet werden, sondern vielmehr als Impulsgeber für eine freie Antwort dienen. Nachdem Bauherren und Fachplanerinnen interviewt wurden, wurden zwei Fragenkataloge entworfen und folgendermaßen aufgebaut.

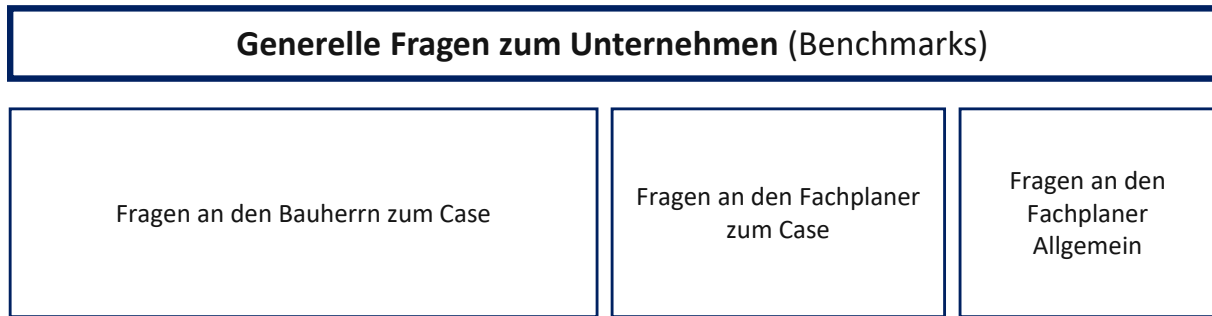


Abb. 7.2: Aufbau des Fragenkatalogs

In Abbildung (7.2) wird gezeigt, dass dem Bauherrn zuerst allgemeine Fragen zu Ihrem Unternehmen gestellt werden und danach zu ihrem Use Case d.h. Industriebauprojekt. Die Bauherren werden nur zu ihrem Case befragt, weil es oft ihr einziges Projekt in der Rolle als Bauherr bzw. Planungs und Bauprozessbeteiligter war. Die Fachplaner werden zusätzlich zu dem betreutem Case noch allgemein zum Planungsprozess und der Industrie 4.0. befragt.

7.3 Fragenkatalog für Bauherrn

Der folgende Fragenkatalog wurde in dieser Form für die Leitfadeninterviews mit Bauherrn verwendet vgl. Kovacic et al. [14].

7.3.1 Generelle Fragen zum Unternehmen

7.3.1.1 Vorstellung der Person und des Unternehmens

Welcher Disziplin / Profession gehören Sie an, welche Rolle übernehmen Sie für gewöhnlich in einem Projekt? Welche Erfahrungen haben Sie bis jetzt im Industriebau gemacht?

7.3.1.2 Tätigkeitsfelder

In welchem Tätigkeitsfeldern ist Ihr Unternehmen tätig (Tragwerksplanung, Architektur, TGA, Produktionsplanung, Bauphysik, Bauherr)? Was würden Sie als Ihr Kerngeschäft bezeichnen? Arbeiten Sie mit interdisziplinären Projektteams in Ihrem Unternehmen?

7.3.1.3 Größe des Unternehmens

Wie viele Mitarbeiterinnen beschäftigen Sie im Moment? Wieviel Umsatz machen Sie in etwa pro Jahr? Wann wurde Ihr Unternehmen gegründet?

7.3.1.4 Größe der Projekte

Welches Volumen (Baukosten 1-6) haben die Projekte die Sie abwickeln im Durchschnitt? Wie viele Projekte dieser Größenordnung haben Sie bereits abgewickelt?

7.3.2 Fragen an den Bauherrn zum Projekt (Case)

7.3.2.1 Bauherrnorganisation

Ablauf und Aufbauorganisation Ihres Unternehmens speziell auf das Projekt bezogen. Aus wie vielen Personen bestand Ihr Team zur Abwicklung dieses Bauprojekts? Waren verschiedene Disziplinen bzw. Professionen in Ihrem Team vertreten? Wie organisieren Sie sich als Bauherr (z.B. Projekthandbuch)? Wie gestaltete sich der Prozess bezüglich Schnittstellen und Milestones mit internen und externen Prozessbeteiligten? Wie wurde der Planungsprozess koordiniert bzw. gesteuert?

7.3.2.2 Projektentstehung - Beauftragung

Beschreiben Sie wie die Vergabe der Planungsleistungen bei diesem Projekt, erfolgte Sie an Einzelbüros, Einzelbüros im Netzwerk, als ARGE an Generalplaner oder Generalübernehmer? Was waren die Eignungskriterien der einzelnen Beteiligten (wirtschaftliche Leistungsfähigkeit – Manpower – Erfahrung - interdisziplinäres Arbeiten, Arbeiten mit BIM?) Gab es Probleme bei der Beauftragung?

7.3.2.3 Planungsprozess aus Bauherrenperspektive

Beschreiben Sie den Planungsprozess des Projekts, Welche Akteure waren bei diesem Projekt beteiligt (Architekten, Fachplaner, Eigentümer, Nutzer)? Wann wurde welcher Beteiligte in den Prozess eingebunden bzw. beauftragt? Wie sah die Arbeitsweise aus hinsichtlich digitaler Tools und Software (BIM)? Wie wurde die Verwendung der Software unter allen Projektbeteiligten koordiniert (BIM Manager, BIM Execution Plan)? Auf welche Art und Weise wurden Daten gesammelt und ausgetauscht (Projektserver, gewerkeübergreifende Plandarstellung)? Wie wurden die Planungsleistungen koordiniert? Wer hat diese Koordination übernommen?

7.3.2.4 Projektkommunikation

Beschreiben Sie die projektspezifische Kommunikation und Zusammenarbeit. Gab es regelmäßige Meetings der Projektbeteiligten und wenn ja, wer nahm daran teil? Können Sie das Kommunikationsklima beschreiben? Was sind die größten gemeinsamen Erfolge im Laufe eines Projekts? Würden Sie sagen, dass es sich lohnt, alle Projektbeteiligten früher in den Planungsprozess zu integrieren (Tragwerksplanung – Early Contractor Involvement)? Wo würden Sie sagen lagen die größten Hürden und Optimierungspotentiale in der Projektkommunikation?

7.3.2.5 Planung Status Quo

Identifizieren Sie die wichtigsten Defizite und Potentiale der zurzeit praktizierten Planungsprozesse im Bereich der „Industrie 4.0“ an Hand des vorliegenden Projekts.

7.3.2.6 Planung Ideal

Beschreiben Sie einen für Sie idealen Planungsprozess zur Realisierung von Industriebauten die eine maximale Flexibilität in der Nutzung aufweisen (Super Structure) und den Anforderungen Ihres Unternehmens gerecht werden.

7.3.2.7 Erfolgskomponenten und Ziele der Industrie 4.0

Was sind für Sie die wichtigsten Ziele im Industriebau? Flexibilität? Kosten? Qualitäten? Termine? Nachhaltigkeit? Wie würden Sie einen flexiblen Industriebau beschreiben? Identifizieren Sie die wichtigsten Kriterien für einen erfolgreichen Planungsprozess um diese Ziele zu realisieren?

7.4 Fragenkatalog für Fachplanerinnen

Der folgende Fragenkatalog wurde in dieser Form für die Leitfadeninterviews mit Fachplanerinnen verwendet [14]

7.4.1 Generelle Fragen zum Unternehmen

7.4.1.1 Vorstellung der Person und des Unternehmens

Welcher Disziplin / Profession gehören Sie an, welche Rolle übernehmen Sie für gewöhnlich in einem Projekt? Welche Erfahrungen haben Sie bis jetzt im Industriebau gemacht?

7.4.1.2 Tätigkeitsfelder

In welchen Tätigkeitsfeldern ist Ihr Unternehmen tätig (Tragwerksplanung, Architektur, TGA, Produktionsplanung, Bauphysik, Bauherr)? Was würden Sie als Ihr Kerngeschäft bezeichnen? Arbeiten Sie mit interdisziplinären Projektteams in Ihrem Unternehmen?

7.4.1.3 Größe des Unternehmens

Wie viele Mitarbeiterinnen beschäftigen Sie im Moment? Wie viel Umsatz machen Sie in etwa pro Jahr? Wann wurde Ihr Unternehmen gegründet?

7.4.1.4 Größe der Projekte

Welches Volumen (Baukosten 1-6) haben die Projekte die Sie abwickeln im Durchschnitt? Wie viele Projekte dieser Größenordnung haben Sie bereits abgewickelt?

7.4.2 Fragen an die Fachplanerinnen zum Projekt

7.4.2.1 Unternehmensorganisation im Projekt

Ablauf und Aufbauorganisation Ihres Unternehmens speziell auf das Projekt bezogen. Aus wie vielen Personen bestand Ihr Team zur Abwicklung dieses Bau bzw. Planungsprojekts? Waren verschiedene Disziplinen bzw. Professionen in Ihrem Team vertreten? Wie organisieren Sie sich als FachplanerIn (z.B. Projekthandbuch)? Wie gestaltete sich der Prozess bezüglich Schnittstellen und Milestones mit internen und externen Prozessbeteiligten? Wie wurde der Planungsprozess koordiniert bzw. gesteuert?

7.4.2.2 Projektentstehung - Beauftragung

Welche Form der Planungsleistungen bieten Sie normalerweise an, wurden Sie als Einzelbüro, Einzelbüro im Netzwerk, als ARGE an Generalplaner oder Generalübernehmer beauftragt? Was waren die Kriterien für Ihre Beauftragung (wirtschaftliche Leistungsfähigkeit – Manpower – Erfahrung - interdisziplinäres Arbeiten, Arbeiten mit BIM)?

7.4.2.3 Planungsprozess aus Fachplanerinnen Perspektive

Beschreiben Sie den Planungsprozess des Projekts, welche Akteure waren bei diesem Projekt beteiligt (Architekten, Fachplaner, Produktionsplaner, Eigentümer?) Wann wurden Sie in den Prozess eingebunden bzw. beauftragt? Wie sah die Arbeitsweise aus hinsichtlich digitaler Tools und Software (BIM) aus? Wie wurde die Verwendung der Software unter allen Projektbeteiligten koordiniert (BIM Manager, BIM Execution Plan)? Auf welche Art und Weise wurden Daten gesammelt und ausgetauscht (Projektserver, gewerkeübergreifende Plandarstellung)? Wie wurden die Planungsleistungen koordiniert? Wer hat diese Koordination übernommen?

7.4.2.4 Projektkommunikation

Beschreiben Sie die projektspezifische Kommunikation und Zusammenarbeit. Gab es regelmäßige Meetings der Projektbeteiligten und wenn ja, wer nahm daran teil? Können Sie das Kommunikationsklima beschreiben? Was sind die größten gemeinsamen Erfolge im Laufe eines Projekts? Würden Sie sagen das es sich lohnt, alle Projektbeteiligten früher in den Planungsprozess zu integrieren (Tragwerksplanung – Early Contractor Involvement)? Wo würden Sie sagen lagen die größten Hürden und Optimierungspotentiale in der Projektkommunikation?

7.4.2.5 Planung Status Quo

Identifizieren Sie die wichtigsten Defizite und Potentiale des Planungsprozesses bei diesem Projekt. Wo waren die Herausforderungen in diesem Projekt? Würden Sie von einem digital abgewickeltm Planungsprozess sprechen? Wo gab es bei diesem Projekt die größten Kollisionen und Probleme? Inwiefern hat die Produktionsplanung und Ihre Bedürfnisse die Gebäudeplanung beeinflusst? Wie wurde der Austausch von Information hier organisiert? Was hätte bei diesem Projekt aus Ihrer Sicht besser gemacht werden können?

7.4.3 Fragen an die Fachplanerinnen Allgemein

7.4.3.1 Planung ideal

Wie würde für Sie und Ihr Projektteam der ideale Planungsprozess aussehen? Halten Sie BIM in Ihrem Tätigkeitsbereich für sinnvoll? Wo sehen Sie die größten Herausforderungen in der Anwendung von BIM in der Planung? (Kulturell? Technisch?) Was würden Sie sagen sind die Bedürfnisse eines flexiblen Industriebau 4.0? Welche Informationen benötigen Sie für einen effizienten, flexiblen, nachhaltigen Industriebau in der frühen Planungsphase?

7.4.3.2 Erfolgskomponenten und Ziele der Industrie 4.0

Identifizieren Sie die wichtigsten Kriterien für einen erfolgreichen Planungsprozess für einen Industriebau 4.0 der entsprechend die flexiblen Anforderungen der Industrie 4.0 antizipiert und ermöglicht.

7.4.3.3 Digitalisierungsstrategie & Wissensmanagement

Verfolgen Sie im Unternehmen eine gezielte Digitalisierungsstrategie? Fördert die Unternehmenskultur eine Anwendung und den Ausbau von digitalen Planungswerkzeugen und Software? Wie läuft bei Ihnen das interne Wissensmanagement ab? Gibt es hier Probleme? Mit welchen Technologien sehen Sie sich in 20 Jahren arbeiten und wie wird das den Planungsprozess verändern?

Kapitel 8

Frequenzanalyse

8.1 Frequenzanalyse - Projektweise Auswertung

Die Projektweise Auswertung ordnet die Aussagen und zugehörigen Labels den Projekten zu. D.h. summiert wurde über die Labels, aufgegliedert dargestellt wird es allerdings über die einzelnen Use Case Projekte. Es werden in den Abbildungen (8.2), (8.3) und (8.4) in tabellarischer Übersichtsform die einzelnen Labels der getätigten Aussagen dargestellt. Geordnet nach relativer Häufigkeit der getätigten Aussagen mit dem Label(i) innerhalb dieser Kategorie (Formel 3.1). In den Spalten werden die einzelnen Use Case Projekte dargestellt, d.h. im Schnittpunkt der Reihen und Spalten kann abgelesen werden wie oft ein bestimmtes Label relevanten Aussagen dieses Use Case, zugeordnet wurde. Des Weiteren wird der Mittelwert der Aussagenennung mit dem entsprechendem Label (Formel 3.2) aller Interviews dargestellt.

D	Daten Projektweise Auswertung		
D	Interviews mit Stakeholdern von		
D1	Use Case A		1
D2	Use Case B		3
D3	Use Case C		4
D4	Use Case D		3
D5	Use Case E		4
Summe interviewte Stakeholder			15



Abb. 8.1: Übersicht interviewte Stakeholder Projektweise

Z	Ziele auf Gebäudeebene							
Z	Aussage (Label)	Use Case A	Use Case B	Use Case C	Use Case D	Use Case E	Häufigkeit	μ_i
Z1	Flexibilität	2	4	14	1	6	42%	1,8
Z2	Architekturqualität	0	5	2	2	0	14%	0,6
Z3	Erweiterbarkeit	0	0	1	4	4	14%	0,6
Z4	Agile Produktion	0	1	4	0	3	12%	0,5
Z5	Kommunikation	0	1	4	0	0	8%	0,3
Z6	Kosten	0	1	0	1	1	5%	0,2
Z7	Robustheit	1	0	1	0	0	3%	0,1
Z8	Raumbehaglichkeit	0	0	2	0	0	3%	0,1
μ_i ...Mittelwert der Nennungen pro interviewten Stakeholder		Σ Aussagen				65	100,00%	

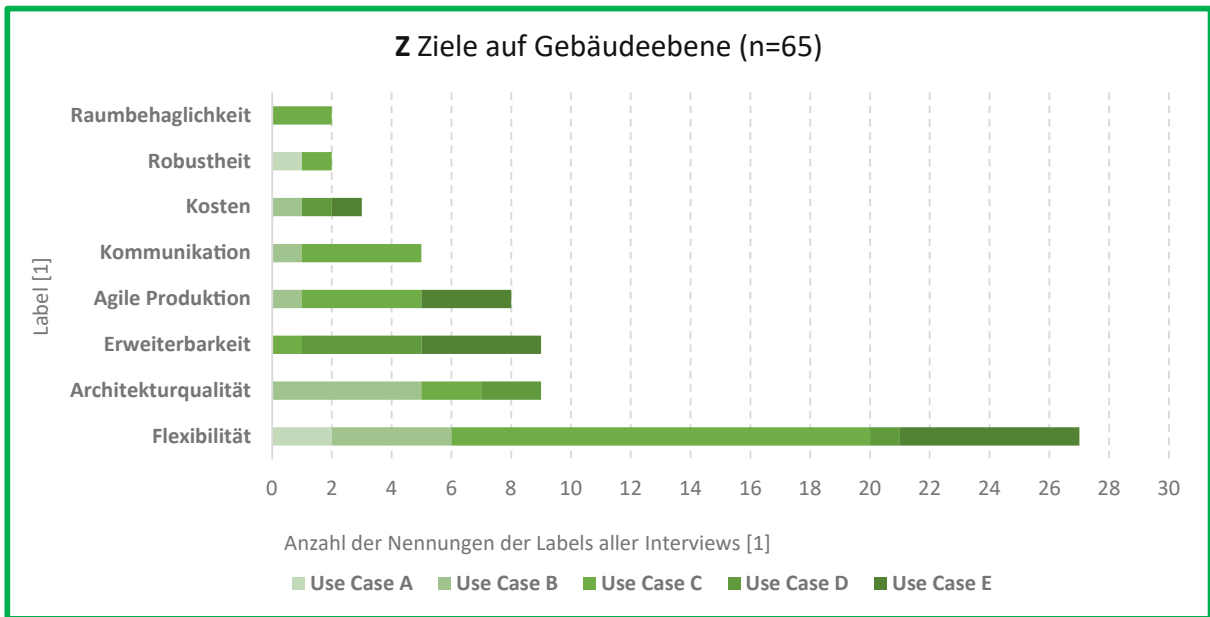


Abb. 8.2: Frequenzanalyse - Projektbezogene Auswertung - Ziele auf Gebäudeebene

P	Prozessebene - Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess								
P	Aussage (Label)	Use Case A	Use Case B	Use Case C	Use Case D	Use Case E	Häufigkeit	μ_i	
P1	Früher Planungsschwerpunkt	0	3	4	3	16	16%	1,7	
P2	Schnittstellen	4	1	10	5	3	14%	1,5	
P3	Team	0	1	6	2	13	14%	1,5	
P4	Software	0	1	3	6	10	12%	1,3	
P5	Interdisziplinäres Planen	0	3	1	4	12	12%	1,3	
P6	Planung flexibler Strukturen	0	5	3	4	4	10%	1,1	
P7	3D Planung	0	3	4	1	3	7%	0,7	
P8	Kommunikationsklima	1	3	1	1	4	6%	0,7	
P9	Bedarfsplanung	0	1	3	1	5	6%	0,7	
P10	Beauftragung	0	2	1	0	0	2%	0,2	
μ_i ...Mittelwert der Nennungen pro interviewten Stakeholder						Σ Aussagen	161	100 %	

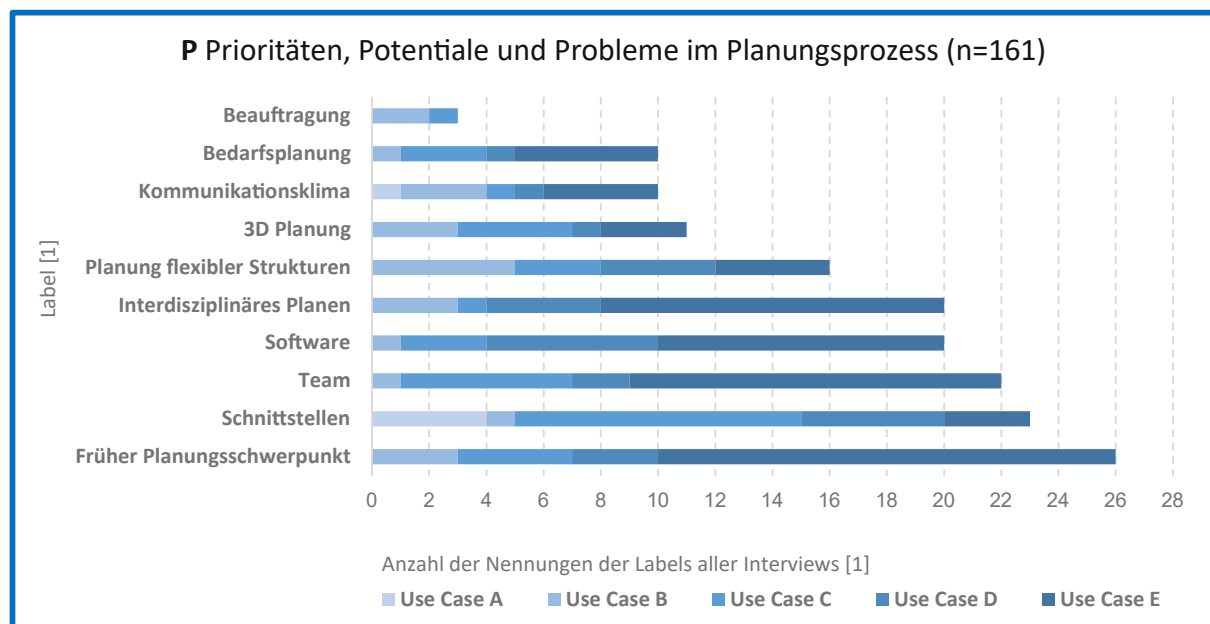


Abb. 8.3: Frequenzanalyse - Projektbezogene Auswertung - Prioritäten, Potentiale und Probleme

T Technische Variablen auf Gebäudeebene								
T	Aussage (Label)	Use Case A	Use Case B	Use Case C	Use Case D	Use Case E	Häufigkeit	μ_i
T1	Architektur	0	5	3	1	5	45%	0,9
T2	Tragwerksentwurf	0	1	2	6	2	35%	0,7
T3	Haustechnik	0	1	1	2	2	19%	0,4
μ_i ...Mittelwert der Nennungen pro interviewten Stakeholder				Σ Aussagen		31	100 %	

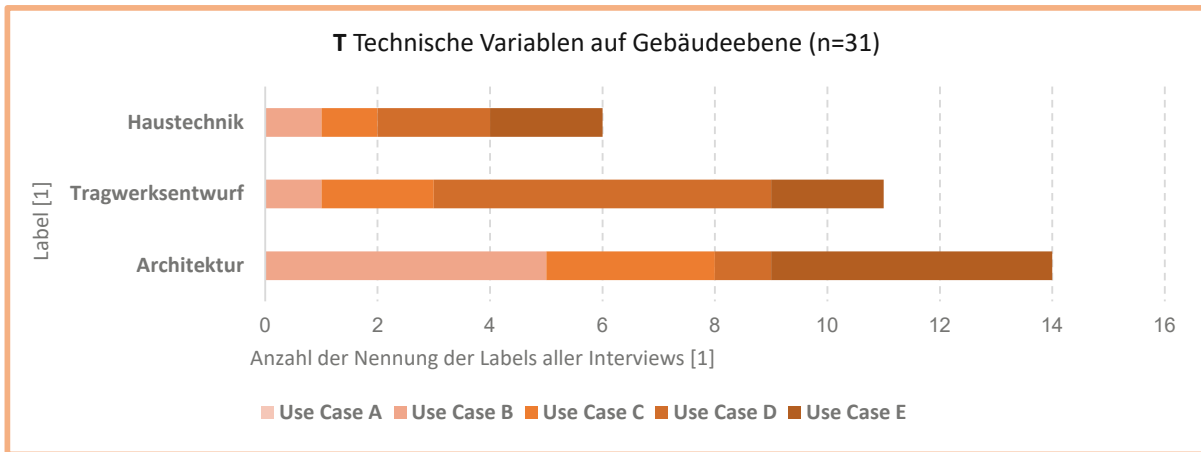


Abb. 8.4: Frequenzanalyse - Projektbezogene Auswertung - Technische Variablen auf Gebäudeebene

8.2 Frequenzanalyse - Professionsbezogene Auswertung

Bei der Professionsbezogenen Auswertung werden wie in der Projektweisen Darstellung die Daten der Interview Auswertungen (siehe Kapitel 3.4) tabellarisch dargestellt. In den Reihen werden die Labels der Aussagen dargestellt und in den Spalten die verschiedenen Professionen der Use Cases. D.h. im Schnittpunkt der Tabelle kann abgelesen werden wie viele Aussagen einer bestimmten Profession, innerhalb einer Kategorie mit dem Label (i) gekennzeichnet wurden. Die Berechnung der relativen Häufigkeit und des Mittelwerts erfolgt wie in der Projektweisen Auswertung nach Formel (3.1) und (3.2). Die Farbcodierung wird wie in der Projektweisen Auswertung (Kapitel 8.1) beibehalten. Zur einfacheren Lesbarkeit der Abbildungen wird eine Farbcodierung verwendet:

- *Ziele des Industriebauherrn und / oder der FachplanerInnen = grün*
- *Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess = blau*
- *Technische Variablen auf Gebäudeebene = orange*

D	Daten Professionsbezogene Auswertung	
D	Interviews mit Professionen aus	
D1	Bauherren	5
D2	Architekturplanung	3
D3	Tragwerksplanung	3
D4	Produktionsplanung	4
Summe interviewte Stakeholder		15



Abb. 8.5: Übersicht Profession interviewte Stakeholder

Z	Ziele auf Gebäudeebene							
Z	Aussage (Label)	Bauherr	Architektur	Tragwerkspl.	Produktionp.	Häufigkeit	μi	Σ
Z1	Flexibilität	18	4	2	3	42%	1,8	27
Z2	Architekturqualität	5	2	0	2	14%	0,6	9
Z3	Erweiterbarkeit	5	2	0	2	14%	0,6	9
Z4	Agile Produktion	4	0	0	4	12%	0,5	8
Z5	Kommunikation	4	0	0	1	8%	0,3	5
Z6	Kosten	2	0	0	1	5%	0,2	3
Z7	Robustheit	1	0	1	0	3%	0,1	2
Z8	Raumbehaglichkeit	2	0	0	0	3%	0,1	2
μ...Mittelwert der Nennungen pro interviewten Stakeholder				Σ Aussagen	65	100%		

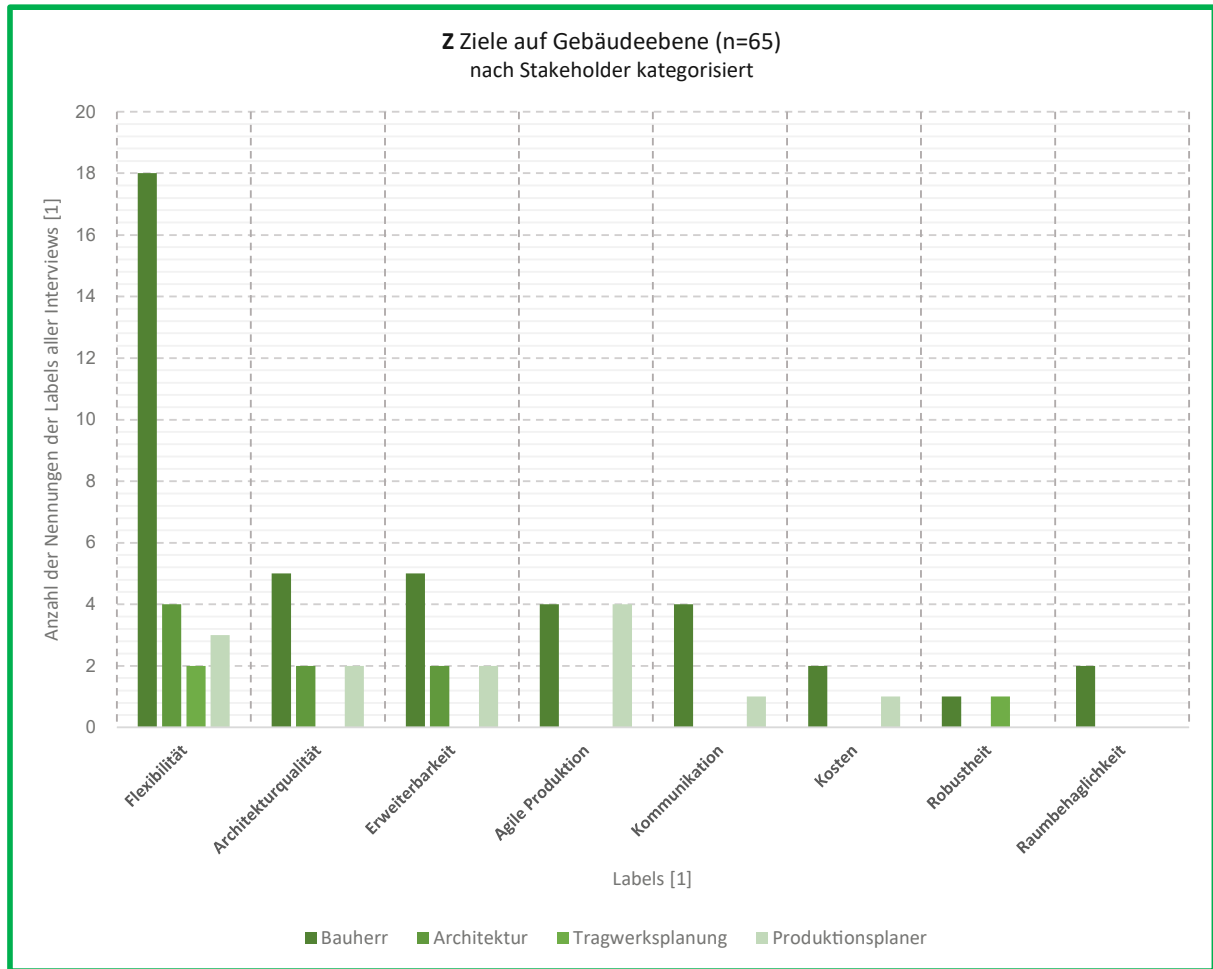


Abb. 8.6: Frequenzanalyse - Professionsbezogene Auswertung - Ziele auf Gebäudeebene

P Prozessebene - Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess								
P	Aussage (Label)	Bauherr	Architektur	Tragwerkspl.	Produktionp.	Häufigkeit	μ_i	Σ
P1	Früher Planungsschwerpunkt	6	6	6	8	16%	1,7	26
P2	Schnittstellen	8	1	12	2	14%	1,5	23
P3	Team	1	4	12	5	14%	1,5	22
P4	Software	3	5	5	7	12%	1,3	20
P5	Interdisziplinäres Planen	8	1	5	6	12%	1,3	20
P6	Planung flexibler Strukturen	7	0	2	7	10%	1,1	16
P7	3D Planung	4	2	3	2	7%	0,7	11
P8	Kommunikationsklima	4	4	2	0	6%	0,7	10
P9	Bedarfsplanung	2	4	0	4	6%	0,7	10
P10	Beauftragung	0	3	0	0	2%	0,2	3
μ_i ...Mittelwert der Nennungen pro interviewten Stakeholder				Σ Aussagen	161	100 %		

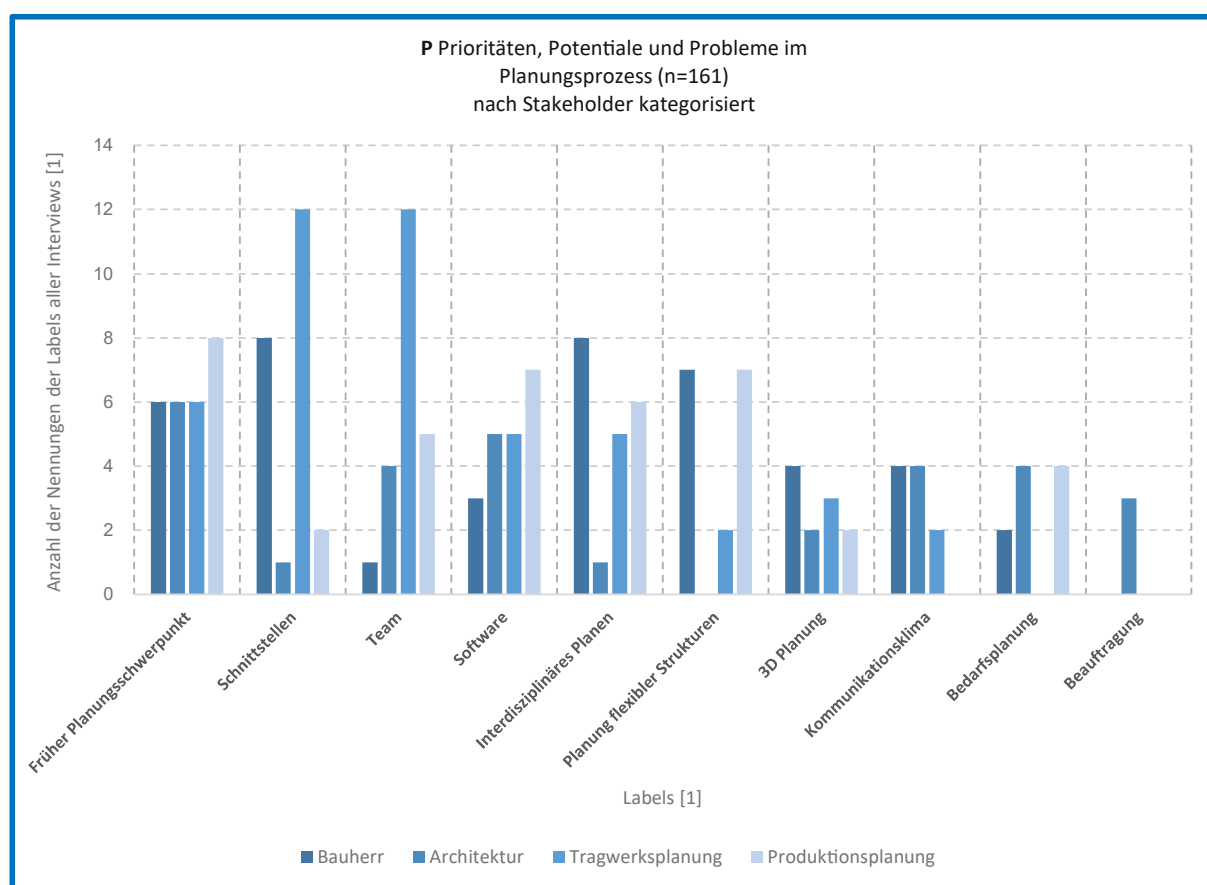


Abb. 8.7: Frequenzanalyse - Professionsbezogene Auswertung - Ziele auf Gebäudeebene

T Technische Variablen auf Gebäudeebene								
T	Aussage (Label)	Bauherr	Architektur	Tragwerkspl.	Produktionp.	Häufigkeit	μ_i	Σ
T2	Architektur	3	2	2	7	45%	0,9	14
T1	Tragwerksentwurf	5	1	5	0	35%	0,7	11
T3	Haustechnik	4	0	1	1	19%	0,4	6
μ_i ...Mittelwert der Nennungen pro interviewten Stakeholder				Σ Aussagen	31	100 %		

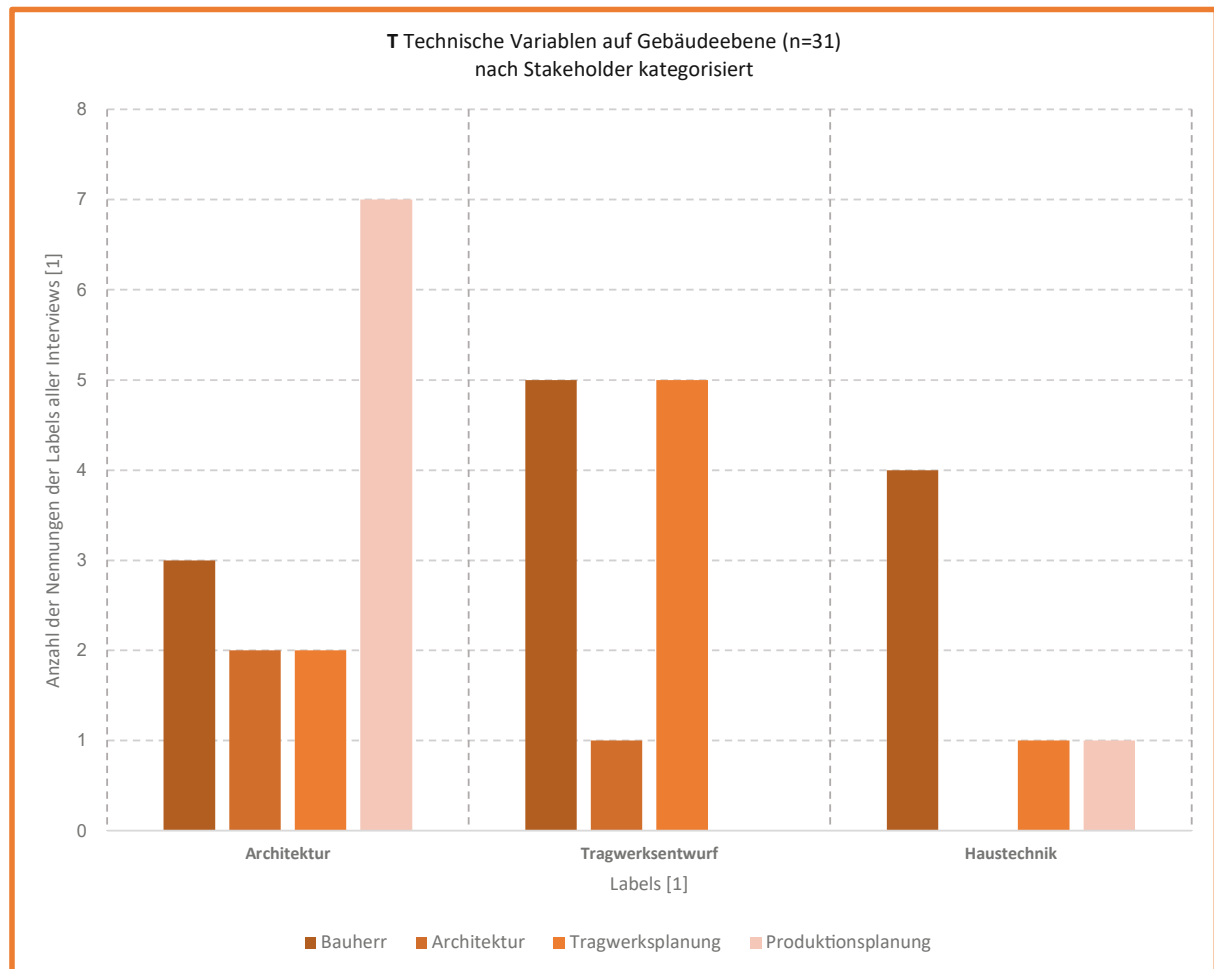


Abb. 8.8: Frequenzanalyse - Professionsbezogene Auswertung - Technische Variablen

8.3 Frequenzanalyse - Zusammengefasste Auswertung

In der zusammengefassten Auswertung werden die mit Labels versehenen Aussagen (gekennzeichnete Aussagen) und gemäß Forschungsfrage kategorisierten (Siehe Kapitel 3.4) Aussagen als Überblick über alle Projekte und alle interviewten Stakeholder dargestellt. Es dient gemeinsam mit der Zusammengefassten Auswertung der Qualitativen Analyse (Kapitel 9.3) als Grundlage für die Erstellung des kategorisierten Parameterkatalogs (Siehe Kapitel 10) für integrale Industrieauplanung der longitudinalen Fallstudie (Siehe Abbildung 3.1).

Die Darstellung der Ergebnisse wird nicht gewichtet. Der Hintergrund dazu ist, dass aufgrund der longitudinalen Logik der Fallstudie (Siehe Kapitel 3.3) eine Gewichtung hinsichtlich der Projekte eine Verzerrung der Ergebnisse hinsichtlich der Professionen ergeben würde. Des Weiteren wird die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse stark reduziert. Die statistische Ordnung (nach relativer Häufigkeit der Aussagen (Formel 3.1) und Mittelwert (Formel 3.2) der Anzahl der Nennungen pro Interview) dient der Orientierung über gewonnene Daten und wird nicht in den nächsten Auswertungsschritt übernommen. Zusätzlich kann bei einem Verzicht der Manipulation der Daten, im Sinne einer Gewichtung, durch die Darstellungen in der Projektweisen Auswertung (Kapitel 8.1) und der Professionsbezogenen Auswertung (Kapitel 8.2) nachvollzogen werden wie sich, die Summen in der Zusammengefassten Auswertung bilden.

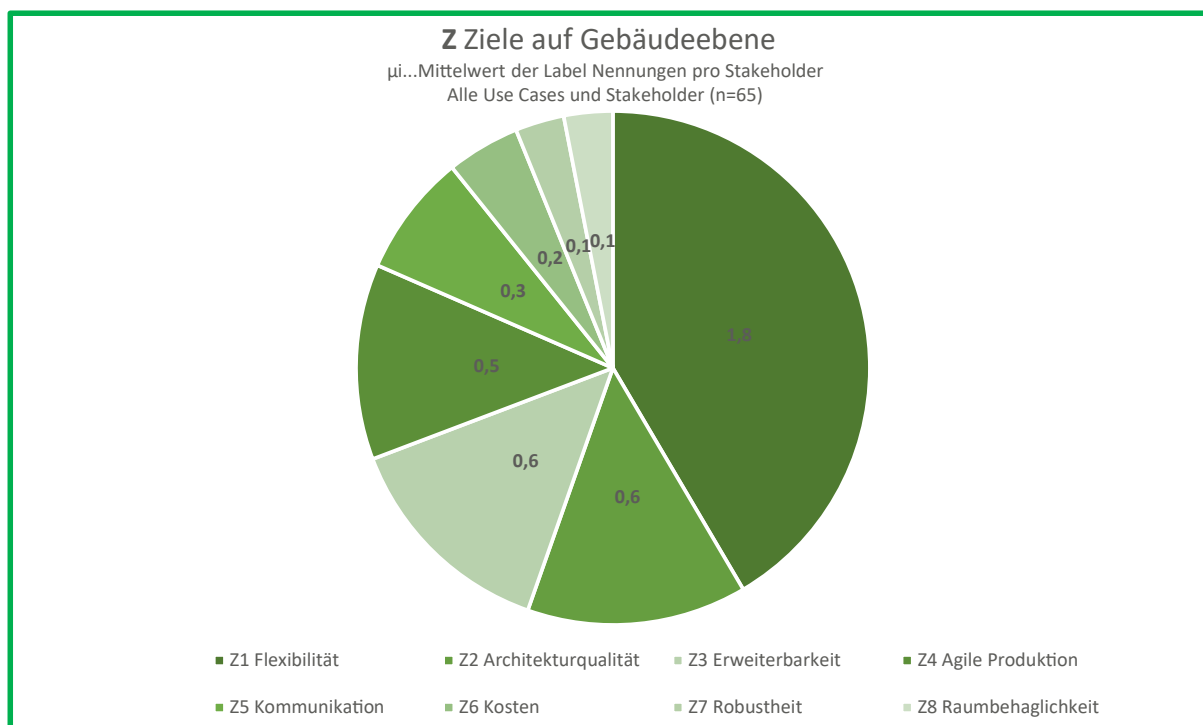


Abb. 8.9: Frequenzanalyse - Zusammengefasste Auswertung - Ziele auf Gebäudeebene

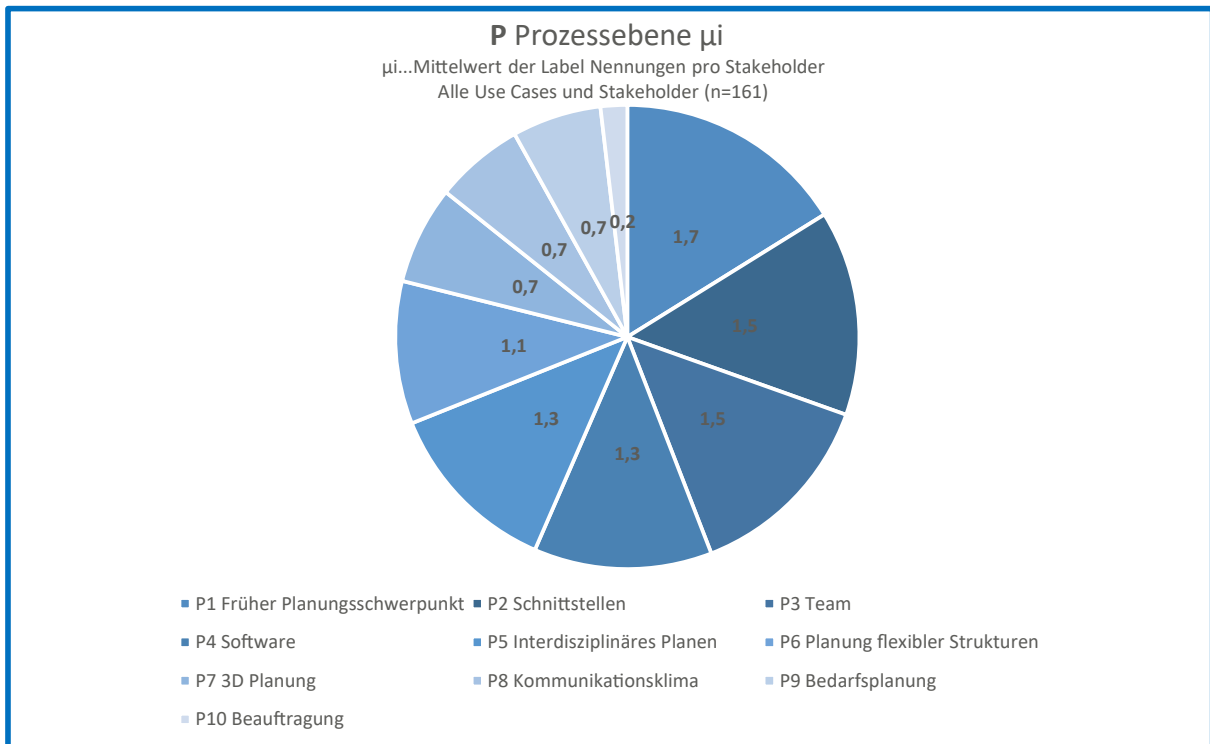


Abb. 8.10: Frequenzanalyse - Zusammengefasste Auswertung - Prozessebene

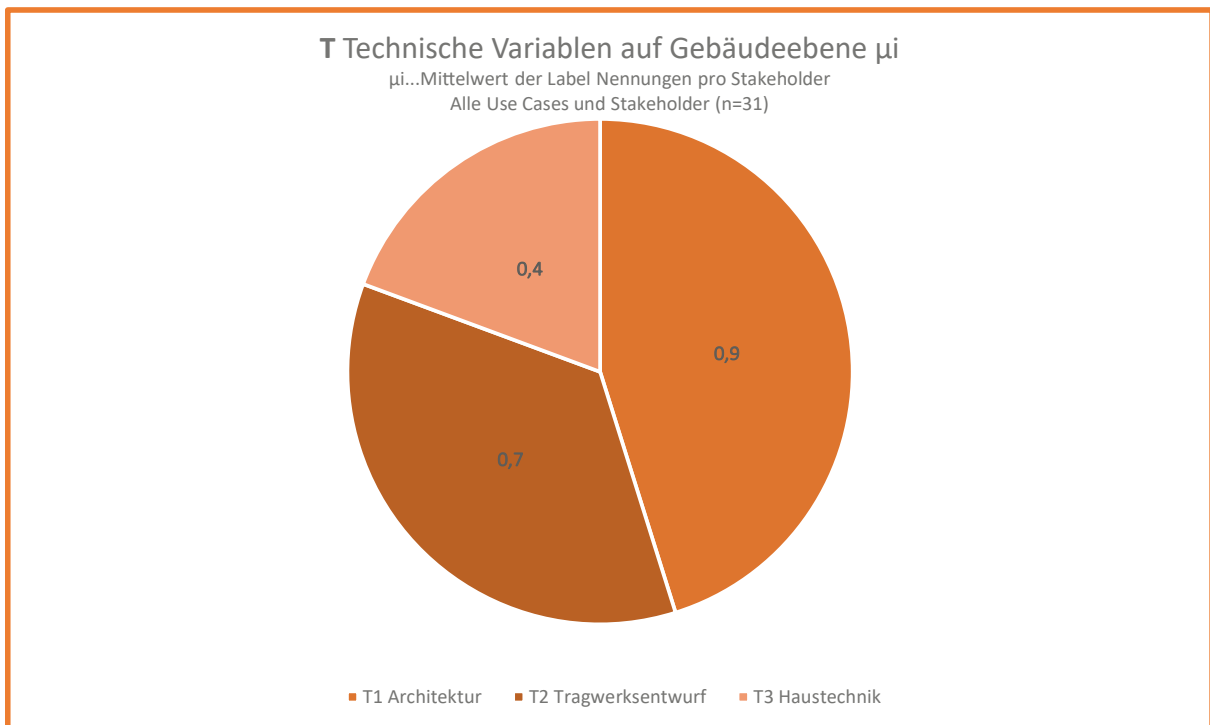


Abb. 8.11: Frequenzanalyse - Zusammengefasste Auswertung - Technische Variablen

In der Zusammengefassten Auswertung in der Darstellung des Paretdiagramms (Siehe Abbildung 8.12) wird gezeigt, dass auf der Ebene - Ziele auf Gebäudeebene - am meisten Aussagen der Interviews mit dem Label Flexibilität kodiert wurden. Insgesamt wurden 27 Aussagen mit dem Label Flexibilität, in einem plausibel kausalem Zusammenhang kodiert. Es kann dadurch eine hohe Priorität des Themas FLEXIBILITÄT für die Interviewteilnehmerinnen als Ziel für den modernen Industriebau auf Gebäudeebene abgeleitet werden.

Auf der Ebene Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess wurden die meisten Aussagen mit dem Label Früher Planungsschwerpunkt kodiert. Insgesamt wurden 26 Aussagen mit dem Label Früher Planungsschwerpunkt plausibel kausal und induktiv kodiert. Es wird dadurch gezeigt dass, das Thema des FRÜHEN PLANUNGSSCHWERPUNKTES im Planungsprozess eines modernen Industriebau eine hohe Priorität aufweist.

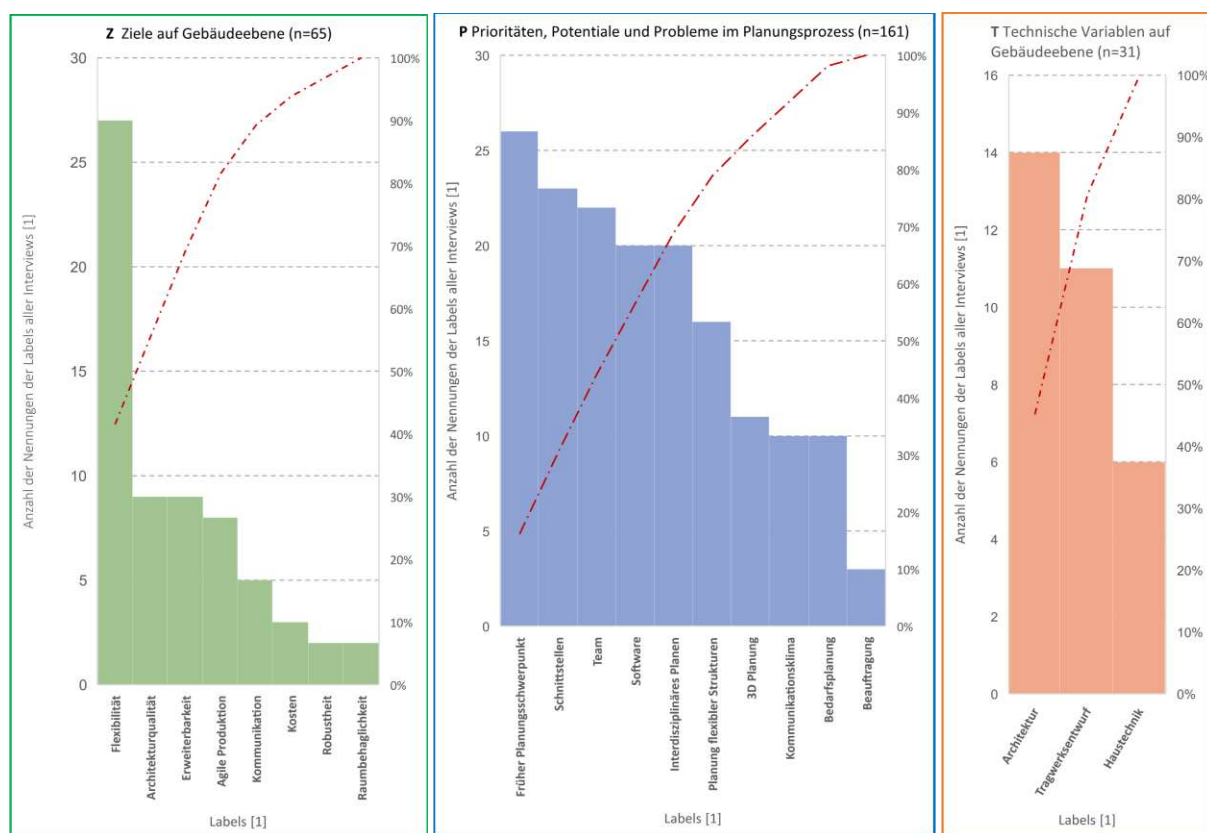


Abb. 8.12: Paretdiagramm der Zusammengefassten Auswertung

Auf der Ebene der Technischen Variablen wurden die meisten relevanten Aussagen mit dem Label Architektur kodiert. Insgesamt wurden 14 Aussagen mit dem Label Architektur plausibel kausal induktiv kodiert. Die Umsetzung der ARCHITEKTUR ist damit das federführende Thema auf der Ebene der Technischen Variablen.

Kapitel 9

Qualitative Analyse

9.1 Qualitative Analyse - Projektbezogene Auswertung

Die Qualitative Analyse ordnet die in den Expertinneninterviews getätigten Aussagen und zugehörigen Labels in die Kategorien:

- Erfolgsfaktoren
- Verbesserungsvorschläge
- Defizite

wie in Kapitel Methode (3) und Kapitel Forschungsfrage (2) beschrieben. Die Aussagen werden in der Qualitativen Analyse der zweiten Kategorisierung nach dargestellt und die Reihung wird anhand des Mittelwerts (Formel 3.2) der getätigten Aussagen vorgenommen, d.h. wie oft kam eine Aussage mit einem bestimmten Label(i) in einem Interview durchschnittlich vor. Die Idee, dieser in der Methode entwickelten zweiten Kategorisierung ist, zu verorten in welchem Zusammenhang die Aussage getätigt wurde (beispielsweise im Zusammenhang mit Defiziten). Es wird aber betont, dass diese Kategorisierung keine Bewertung darstellt, d.h. die Aussage mit einem entsprechendem Label wurde zwar im Zusammenhang mit einem Defizit getätigt, es kann aber nicht davon ausgegangen werden, dass es für alle Projektbeteiligten tatsächlich ein Defizit ist, weil es naturgemäß auch Zielkonflikte innerhalb der Stakeholder gibt. Wie bereits im Kapitel Methode (3) definiert handelt es sich im Gegensatz zum Labeling (Kodieren) um eine deduktive Schlussfolgerung. D.h. es wird zuerst von einer Allgemeinen Kategorie (Verbesserungsvorschläge) auf eine spezielle Aussage geschlossen. Des Weiteren wird auch in der Zusammengefassten Auswertung der Qualitativen Analyse auf den Inhalt der durch ein Label Zusammengefassten Aussagen in abgekürzter Form eingegangen. Dies wurde in der Frequenzanalyse nicht gemacht, es handelt sich aber um die selben Aussagen nur anders kategorisiert. Gemeinsam mit der Frequenzanalyse (Siehe Kapitel 8) soll die Qualitative Analyse eine Aufbereitung der Datengrundlage der Expertinneninterviews darstellen um wiederum eine möglichst gute Datengrundlage für den Kategorisierten Parameterkatalog für integrale Industriebauplanung aus der Fallstudie darzustellen.

Die Anzahl der interviewten Stakeholder und Verteilung auf die Use Case Projekte bzw. verschiedenen Professionen ist ident mit der aus der Frequenzanalyse und kann aus der Abbildung 8.1 und Abbildung 8.5 entnommen werden. In Abbildung 9.1 werden die Aussagen bzw. deren Labels nach Projekt und zweiter Kategorisierung (siehe oben) dargestellt.

Es wird zur einfacheren Lesbarkeit in der Qualitativen Analyse eine Farbcodierung eingeführt.

- *Erfolgsfaktoren = hellgrün*
- *Verbesserungsvorschläge = gelb*
- *Defizite = violett*

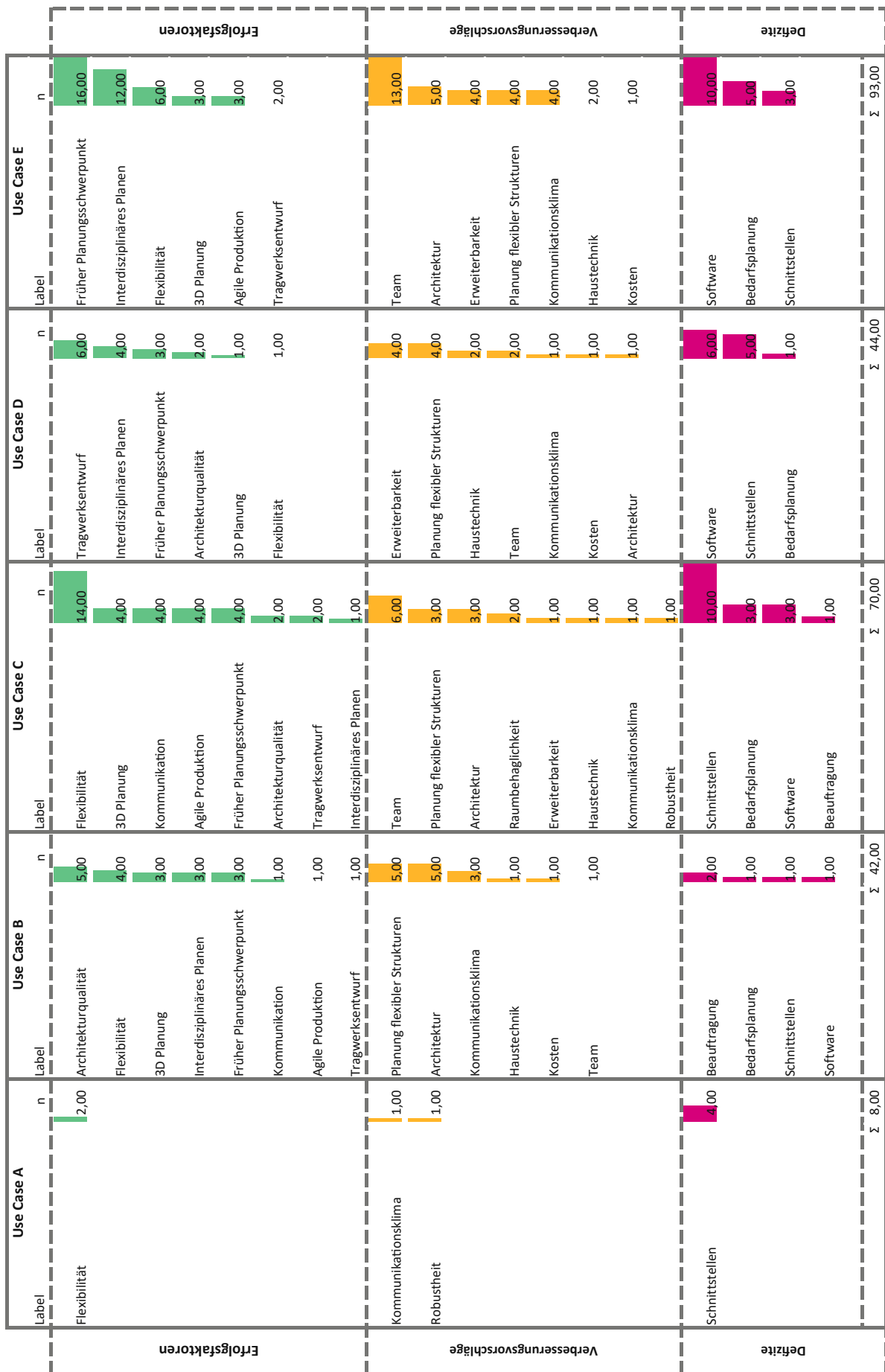


Abb. 9.1: Qualitative Analyse - Projektbezogene Auswertung

9.2 Qualitative Analyse - Professionsbezogene Auswertung

In der Professionsbezogenen Auswertung werden wie auch in der Qualitativen Analyse - Projektbezogene Auswertung (siehe Kapitel 9.1) die mit Labels zusammengefassten Aussagen Kategorisiert nach:

- Erfolgsfaktoren
- Verbesserungsvorschläge
- Defizite

d.h. in welchem Zusammenhang wurde die Aussage getätigt und nach Professionen geordnet dargestellt. Die Anzahl der verschiedenen Stakeholder ist natürlich wieder ident mit der Vergleichenden Analyse (siehe Kapitel 8) und wird in Abbildung 8.5 dargestellt. Die Art und Weise wie Aussagen zu Labels zusammengefasst wurden bzw. wie diese Kategorisierung stattgefunden hat, wird im Kapitel 3 dargestellt.

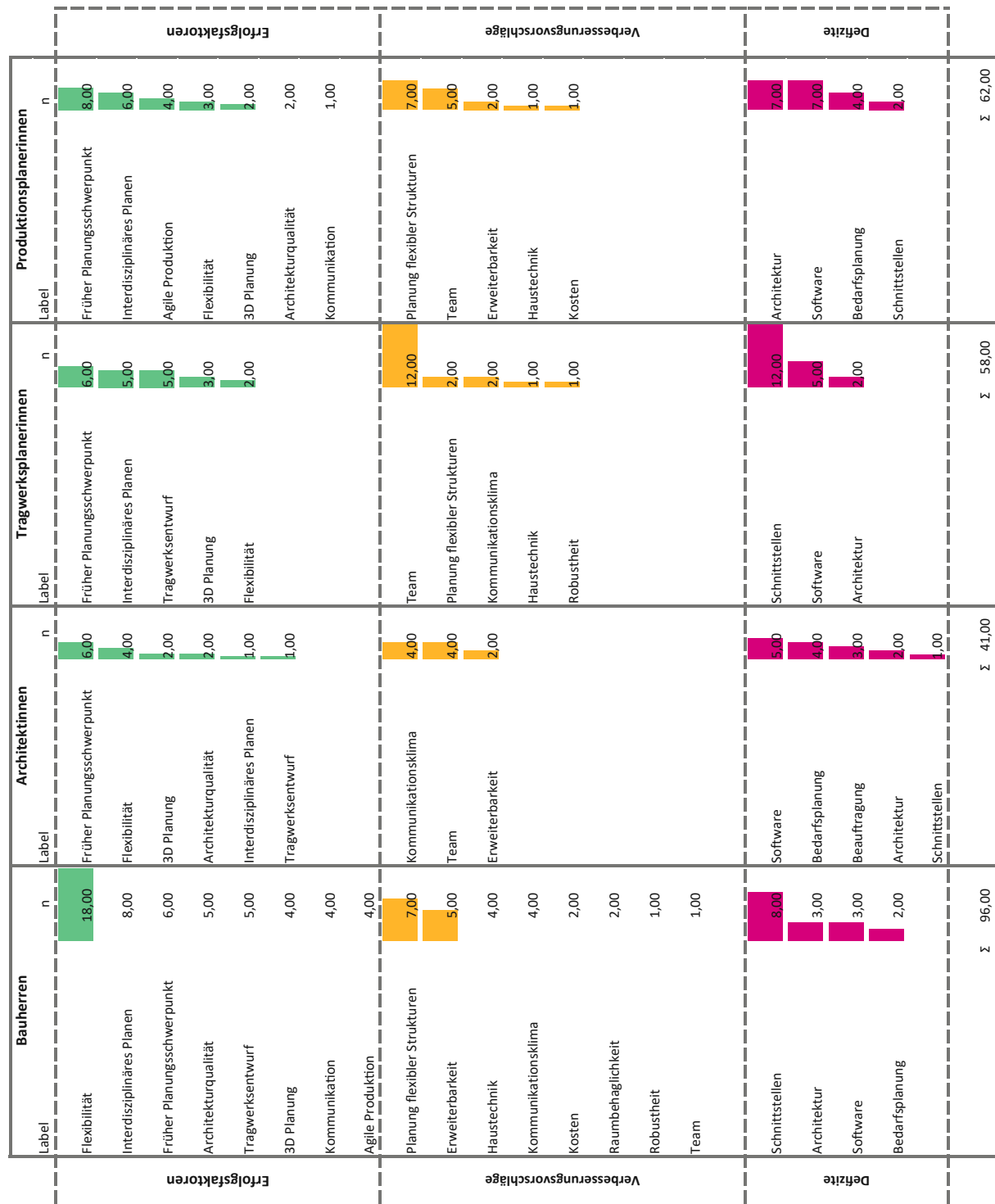


Abb. 9.2: Qualitative Analyse - Professionsbezogene Auswertung

9.3 Qualitative Analyse - Zusammengefasste Auswertung

In der Zusammengefassten Auswertung werden die Aussagen bzw. deren Labels nicht mehr wie in der Projektbezogenen Auswertung (Kapitel 9.1) und der Professionsbezogenen Auswertung (Kapitel 9.2) nach den Projekten oder den Stakeholdern geordnet, sondern Zusammengefasst und nur nach der zweiten Kategorie geordnet. Die Reihung erfolgt in dieser Darstellung nach dem Mittelwert der Aussagen mit entsprechendem Label (siehe Formel 3.2). Zusätzlich wird in der Zusammengefassten Auswertung auch ein kurzer Abriss über den Inhalt der mit einem Label zusammengefassten Aussage getätigt um einen möglichst guten Überblick und eine gute aufbereitete Datengrundlage darzustellen.

Erfolgsfaktoren		Verbesserungsvorschlag		Defizite	
Label	Zusammenfassung	Label	Zusammenfassung	Label	Zusammenfassung
	μ_i		μ_i		μ_i
Flexibilität	Nutzung des Gebäudes und Layout. Wachstums möglichkeiten Erweiterbarkeit	Team	Kompetentes Projektteam mit Know How (Software) und entsprechenden Ressourcen	Schnittstellen	Schnittstellen ineffizient (2D zu 3D) nicht gut definiert und nicht koordiniert, Probleme mit LOD
Früher Planungsschwerpunkt	Planung bereits bei Bedarfsermittlung (vor Grundstück) involviert	Planung flexibler Strukturen	Flexibilisierungsmaßnahmen in der Planung miteindenken, Bewusstsein für Planung flexibler Strukturen berücksichtigen	Software	Digitalen Austausch besser nutzen, verschiedene Stakeholder haben Schwierigkeiten Daten zu verarbeiten
Interdisziplinäres Planen	Zusammenarbeiten aller Prozessbeteiligten in allen Prozessphasen	Architektur	Grundrissgestaltung Raumhöhen maximieren Belichtungsfächen vorsehen Qualitativer Innenausbau (Oberfl.) für Automatisierung	Bedarfsplanung	Bessere Bedarfsplanung und ganzheitliches Verständnis der Prozesse
3D Planung	Kollisionskontrollen mit HKLS und Maschinen, Qualitätssicherungen und Präsentationen	Kommunikationsklima	Interne und externe Kommunikationskultur verbessern, standardisieren	Beauftragung	Anonyme Architekturwettbewerbe, GP mit Planungskoordination überfordert
Tragwerksentwurf	Tragwerk soll zukünftige Entwicklungen antizipieren, Ausbaulasten, Erweiterbarkeit, Freiflächen	Erweiterbarkeit	Erweiterung (Flächen) Unternehmenswachstum ermöglichen		
Architekturqualität	Ästhetische und funktionale Gebäude für optimale Identifikation und Produktivität der Mitarbeiter	Haustechnik	Medien sollen größeren Einsatzradius aufweisen, mehr Augenmerk auf Medienfluss		
Agile Produktion	Agile Produktion ermöglichen, keine Kapazitäten in Produktion vorhalten. Pull Prinzip	Kosten	Kosteneffizientere Gebäude und Zielkostenplanung		
Kommunikation	Kommunikation soll durch Gebäude (Wege) ermöglicht und gefördert werden	Raumbehaglichkeit	Gebäude vor Überhitzung schützen, Schallschutz für Mitarbeiter		
		Robustheit	Gebäude robuster ausführen um verschiedene Nutzungsszenarien besser zu ermöglichen		

Abb. 9.3: Qualitative Analyse - Zusammengefasste Auswertung

Kapitel 10

Kategorisierter Parameterkatalog für integrale Industrieauplanung aus III (Fallstudien)

Parameterkatalog Vorbemerkungen

Im Folgenden wird der kategorisierte Parameterkatalog für die integrale Industrieauplanung aus den gewonnenen Daten der Fallstudien dargestellt. Der Parameterkatalog ist analog zu der Frequenzanalyse (siehe Kapitel 8) und Qualitativen Analyse (siehe Kapitel 9) aufgebaut und stellt, die anhand der getätigten Aussagen der Expertinnen, identifizierten Parameter, in den entsprechenden Kennzeichnungen und Kategorisierungen der zugrunde liegenden Aussagen dar. Es wird darauf hingewiesen, dass der Parameterkatalog auf Grund der Frequenz der Aussagen die mit einem bestimmten Label versehen wurden, geordnet wird. Die Identifikation eines Parameters stellt den letzten Abstraktionsschritt gem. *dem Aufbau der wissenschaftlichen Arbeit* (siehe Kapitel 2.2) dar. Die Ordnung der gefundenen Parameter gemäß der Häufigkeit (Frequenz, siehe auch Formel 3.2), der Aussagen die mit einem bestimmten Label und entsprechender Kategorie versehen wurden, stellt keine Bewertung der Parameter dar. Es handelt sich lediglich um eine Ordnung des Datenmaterials zur einfacheren Lesbarkeit der Daten. Des Weiteren wird betont, dass das Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit nicht das Testen bzw. aktualisieren oder falsifizieren einer Hypothese ist, sondern wie in Eisenhardt und Graebner [6] beschrieben eine Theorie zu entwickeln, bzw. eine Hypothese aufzustellen.

Wie in der Forschungsfrage bzw. der Zielsetzung der Arbeit (siehe Kapitel 2) beschrieben, soll es einen Leitfaden, eine Orientierungshilfe, für relevante Stakeholder im Planungsprozess in der frühen Planungsphase im Decision Making Process darstellen. Folgende Abkürzungen werden in dem Parameterkatalog verwendet:

E...Erfolgsfaktoren V...Verbesserungsvorschläge D...Defizite

[P] Parameterkatalog der Fallstudie				
[Z] Ziele des Industriebauherrn und oder der Fachplanerinnen auf Gebäudeebene				
LA	KAT	Nr.	Parameter	Quelle
Flexibilität	E	Z1	Möglichkeit, während des laufenden Betriebs zu erweitern	[A1]
		Z2	Räumliche Flexibilität (Tagesintervall) für Maschinenlayout gewährleisten	[B1] [C1] [C4]
		Z3	Produktionsbereich soll nicht maximal ausgenutzt werden (Pufferzone)	[C2]
		Z4	Stützenfreie Zone im gesamten Gebäude maximieren	[C1]
		Z5	Werksarbeitsplätze sollen räumliche Positionen im Produktionsbereich automatisiert verändern können	[C1] [C4]
		Z6	Modulares Bauen mit Standard - Konstruktionssystemen bevorzugen, um Flexibilität zu gewährleisten	[B4]
		Z7	Keine Effizienz-Maximierung des Gebäudes, alternative Nutzungsszenarien berücksichtigen	[B2]
		Z8	Hohe Flächenlast-Kapazität im gesamten Produktionsbereich, punktuelle Lastaufnahmezonen vermeiden	[C3]
		Z9	Möglichkeit vorsehen, große Maschinen nachträglich in das Industriegebäude einzubringen	[C1] [C4]
		Z10	Möglichkeit Büroarbeitsplätze mit minimalen bautechnischem Aufwand räumlich neu zu positionieren	[C1] [C4]
		Z11	(Intelligente) Gebäudeleittechnik mit angepasster Flexibilität mit Maschinenlayout konzipieren	[E1]
		Z12	Potential über 20-30 Jahre verschiedene Prozesse im Industriegebäude abzubilden	[E1] [B4] [E2]
Architekturqualität	E	Z13	Hochwertige, repräsentative Industriegebäude um für hochqualifizierte Mitarbeiterinnen attraktiv zu sein	[B1] [C1] [C4]
		Z14	Industriegebäude (ästhetisch und funktional hochwertig) soll Freude an der Wertschöpfung für die nächsten 50 Jahre vermitteln	[B4]
		Z15	Durchgehende Sichtachsen in allen Bereichen des Gebäudes gewährleisten	[B2]
		Z16	Nachhaltige Energieeffiziente Gebäude, um Fabriken langfristig zu betreiben	[B4] [D1]
		Z17	Büroarbeitsplätze für kreatives Arbeiten, Erholung am Arbeitsort und Verwirklichung der Mitarbeiterinnen schaffen	[B4]
Erweiterbarkeit	V	Z18	Erweiterungsmöglichkeiten des Industriegebäudes (Flächen, Produktion, Verwaltung) gewährleisten	[C1] [C4]
		Z19	Wachstumsbereiche, insbesondere für Produktionssysteme vorsehen	[E4]
		Z20	Gebäude und Grundstück muss für Erweiterung kompatibel sein	[D1]
		Z21	Schnittstellen für Erweiterungsmöglichkeiten bereits in Planung vorsehen	[D4]
		Z22	Wachstumsbereiche (Grundstücke) bereits in der Masterplanung mitdenken	[E2]
Agile Produktion	E	Z23	Zwischenlager sollen im Produktionsfluss vermieden werden	[C1] [C4]
		Z24	Lean Management im Produktionslayout mitdenken (Kundenorientierung, Ständige Verbesserung, Standardisierte Prozesse)	[C1] [C4]
		Z25	Lean Gedanke (Ständiges Umstellen, Agile Bürogrößen, Flexible Büros) soll sich in Planung niederschlagen	[C1] [C4]
		Z26	Wertschöpfende Prozesse sollen von Logistikprozessen getrennt werden	[C1] [C4]
		Z27	In der Produktionssystemplanung keine Kapazitäten vorhalten (Pull Prinzip)	[E4]
		Z28	Intelligente Planung, keine Kapazitätsspeaks (günstige Prozesse langsamer, Quasi-Lager schaffen)	[E4]

Abb. 10.1: Parameterkatalog aus Fallstudie 1

[P] Parameterkatalog der Fallstudie				
[Z] Ziele des Industriebauherrn und oder der Fachplanerinnen auf Gebäudeebene				
LA	KAT	Nr.	Parameter	Quelle
Kommunikation	E	Z29	Abteilungslayout soll persönliche Kommunikation ermöglichen (Gemischte Büros, Ansprechende Pausenraumgestaltung, Vernetzung, kein Inseldenken)	[C1] [C4]
		Z30	Gebäude Abteilungslayout soll Zusammenarbeit begünstigen (Kommunikation, Informationsfluss)	[C1] [C4]
		Z31	Abteilungen sollen nahe (räumlich) an der Produktion liegen	[C1] [C4]
		Z32	Produktionsgebäude soll Zusammenarbeit stark fördern	[B4]
Kosten	V	Z33	Kosteneffizienz anstreben, Kostenoptimierung des Gesamtprojekts erzielen. Integrale Kostenprozesse etablieren	[B1] E4] [D1]
Robustheit	V	Z34	Robuste und redundante Gebäude errichten. (Redundanz und Ausfallsicherheit der Produktion)	[A1]
		Z35	Systematische (Logik, Regelmäßigkeit) und robuste Tragwerke anstreben um Flexibilität im Tragsystem (Lastabtragung) zu gewährleisten	[C3]
Raum*	V	Z36	Klima und Kühlmöglichkeiten der Halle, Behaglichkeit der Arbeitsplätze (Schallschutz und Zugluft) gewährleisten *Label Raumbehaglichkeit	[C1] [C4]
[P] Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess				
Früher Planungsschwerpunkt	E	P1	Architekturkonsultanten bereits bei der Bedarfsermittlung im Planungsprozess (vor Grundstückskauf) integrieren	[B2]
		P2	In der frühen Projektphase bereits in einem Gesamtmodell arbeiten (BIM)	[C3] [D3]
		P3	Planungen der Abteilungen (Kommunikationsfluss, Informationsfluss) frühzeitig berücksichtigen	[C1] [C4]
		P4	Planung soll von innen nach außen erfolgen (Hülle richtet sich nach Layout, Abteilung, Maschinen)	[C1] [C4]
		P5	Räumliche Verortung und Kapazität des Lagers am Beginn des Planungsprozesses definieren (Beeinflussung Fluss und Weg)	[C1] [C4]
		P6	Zusammenarbeit Produktionssystemplanung und Gebäudeplanung in früher Konzeptionsphase	[E4]
		P7	Zeitdruck in der Planungsphase nach Möglichkeit vermeiden (Abstimmungsprobleme zwischen Planern)	[E3] [E4]
		P8	Zu jeder Planung (auch Bestandsplanung) Greenfield - Planung (Best Case). Kein Brownfield ohne Greenfield	[B4]
		P9	In der Planung mit den Wertschöpfungsprozessen beginnen, mit Kernprozessen beginnen	[B4]
		P10	Frühzeitig mit Produktionsplanern, Prozessplanern, Größenordnung für Maschinen und Maschinenauslegung definieren	[E1]
		P11	Unterschiedliche Fachausbildungen (wegen Zahlreicher Sonderthemen) so früh wie möglich im Prozess zusammen bringen	[D1] [E1]
		P12	Baubegleitende Planung nach Möglichkeit vermeiden. Planungsprozess vor Baubeginn abschließen	[E2]
		P13	Masterplan mit möglichst großem Zeithorizont (Nutzung) sollte zu Beginn des Projektes stehen	[E2]
		P14	Frühzeitiges Einbinden von Baufirmen um teure Umplanungen zu vermeiden (Änderungen von Bausführenden Firmen vermeiden)	[E2] [E3]
		P15	Prozess der Planungsbesprechungen (Koordination) transparenter gestalten	[D4]

Abb. 10.2: Parameterkatalog aus Fallstudie 2

[P] Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess					
LA	KAT	Nr. Parameter	Quelle		
Schnittstellen	D	P16	Hook - Up Planung (Anschlussplanung) vorsehen im Prozess bei komplexerer Produktion	[A1]	
		P17	Checks and Balance im Planungsprozess (Generalunternehmer überprüft Generalplaner)	[A1]	
		P18	Koordinationsstrategie (Bauherr) für Planungsbüros vorgeben	[A1]	
		P19	Planungsteams an verschiedenen räumlichen Standorten vermeiden	[A1]	
		P20	Generalplaner, mit fehlenden Management-Fähigkeiten vermeiden	[B1]	
		P21	Definition der Schnittstellen zu externen Planungspartnern (insbesondere Spezial, Maschinenanlageplaner, Anlagenbau etc.) hinreichend definieren	[C2]	
		P22	Kollisionskörper in 3-Dimensionaler Planung einbauen (z.B. Platzhalter für Transportwege und Maschinen)	[C3]	
		P23	Standardisierte BIM Austauschformate und definierten LOD (Siehe Abkürzungsverzeichnis, LOD) für Maschinendaten	[C3]	
		P24	BIM Manager für Datenqualität, LOD und Schnittstellenmanagement	[C3]	
		P25	Gesamtplanung mit einer einzelnen Schnittstelle zum Bauherrn	[D1]	
	P26	Sprechen unterschiedlicher digitaler Sprachen vermeiden (2D zu 3D)	[D1]		
	P27	Entscheidungsstruktur von Bauherrn klar definieren (Verantwortungsbereiche)	[E1]		
	Team	V	P28	Projektstartgespräch für interne Projektteams vorsehen und durchführen	[C3]
			P29	(Planungs) Team bestehend aus Personen mit Visionen und Know-How Trägern	[C3]
			P30	Ergebnisverantwortliche (z.B. Architekturplanung, Tragwerksplanung, BIM) Personen am Planungsstandort als Stabstelle zum Gesamtprojektleiter	[C3]
			P31	Einfache Tools (Software) vermitteln und im Team etablieren um Akzeptanzproblem der neuen Arbeitsweise und BIM zu entschärfen	[C3]
			P32	Arbeiten mit Closed BIM (ein Softwareanbieter) mit geschulten Mitarbeitern	[D3]
			P33	Auftraggeber-Teams mit Projektleiterinnen mit entsprechender Zeit und Ressourcen	[E4]
			P34	Doppelrollen in der verantwortlichen Projektleitung vermeiden (Bsp. Facility Manager und Projektleitung)	[E4]
			P35	Qualifizierte Projektleiterinnen mit Gesamtverantwortung, Projektmanagement mit entsprechenden Ressourcen ausstatten	[E4]
P36			Bauherr sollte BIM verstehen und Branchen affin sein (Projektteam das BIM beherrscht und bautechnisches Verständnis aufweist)	[D1] [E3]	
P37			Prozesse im Planungsteam frühzeitig definieren (Workflow der Konsulenten) und den Gesamt(Planungs)prozess von kompetenten, zentralen Personen führen (erfahrene Gruppenleiterin)	[E2] [E3]	
P38			Spezialwissen von Produktionssystemplanern eng in das Planungsteam einbinden (Spezialwissen und Erfahrung)	[B4]	
P39			Projekt - Interne Projektsteuerung für Planungsteam (Protokollierung etc.) das klare Strukturen in Besprechungen vorgibt mit möglichst wenig Schnittstellen	[E3]	
P40			Erfahrene Teams mit persönlichem Kontakt um Wissenstransfer zu kultivieren	[E3]	

Abb. 10.3: Parameterkatalog aus Fallstudie 3

[P] Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess				
LA	KAT	Nr.	Parameter	Quelle
Software	D	P41	Planungsdateien in BIM zu groß, zu viele Informationen	[B2]
		P42	Dort modellieren wo es am einfachsten ist (z.B.RFEM dann Revit)	[C3]
		P43	Standardisierte Kontrollansichten für Qualitätskontrolle (Bsp. 3D Bewehrungsplanung)	[C3]
		P44	Kollisions-Kontrollen in eigener Software durchführen	[C3]
		P45	Doppelte Arbeiten in der Anwendung digitaler Tools vermeiden (Bsp. Architekturplanung zeichnet Produktionslayout komplett neu)	[E4]
		P46	Dokumente, Entscheidungen, Pläne mittels BIM digital austauschen, BIM 4D zur Anwendung bringen	[D1]
		P47	Planungsprozess von einer Hand geführt, dieser Prozess sollte sich auch in der Softwareanwendung wiederfinden	[D1]
		P48	Software als Werkzeug einsetzen um technisch kompetente Lösungen umzusetzen - Einsatz von BIM ermöglicht schnellere Projektabwicklung (Planungsprozess) gegenüber 2D Planung	[E2]
		P49	In BIM Modelle nur Informationen eintragen die tatsächlich relevant sind für den Planungs und Bauprozess	[E2]
		P50	Importieren von Geometrien aus unterschiedlichen Softwareanwendungen und Planungsschwerpunkten nach Möglichkeit vermeiden	[E3]
Interdisziplinäres Planen	E	P51	Partneringphase für Zielkosten (Generalplaner und Generalunternehmer) vorsehen	[B1]
		P52	Integrales Vorprojekt mit allen Beteiligten (Generalplanung, Logistik, Bauherrn, Produktionssystemplaner)	[D1]
		P53	Enge Zusammenarbeit von Architekturplanung, Produktionsplanung, Tragwerksplanung, Bauherrn etc. in regelmäßigen Abstimmungen über alle Projektphasen anstreben	[C1] [C4] [E4] [D1]
		P54	Integrale Kostenprozesse in allen Projektphasen anstreben	[D1]
		P55	Bauherrn Beratung um interdisziplinären Prozess zu steuern	[B4]
		P56	Gesamtplanung mit einer Schnittstelle zu Auftraggeber bevorzugen	[E2]
		P57	Fachplanerinnen auch mit anderen Disziplinen vertraglich in den Prozess einbinden	[E3]
		P58	Sämtliche Fachplanerinnen in einem Haus vertreten anstreben	[E3]
Planung flexibler Strukturen	V	P59	Bewusstsein für Flexibilität bei TGA Planern schaffen	[B1]
		P60	In der Planung stärker zukünftige Entwicklungen berücksichtigen (Veränderung der Produkte, Stückzahlen etc.)	[C1] [C4]
		P61	Flexibilisierungsmaßnahmen in Planung stärker berücksichtigen	[D3]
		P62	Dynamische Produktionsflussanalyse für Produktionssystemplanung (Zeitverlauf) am Beginn der Planung	[E4]
		P63	Vernünftige Planung ermöglicht Flexibilität (Unternehmenswachstum berücksichtigen)	[D1]
		P64	Top Management kommunizieren, dass in der Planung Lebensdauer von >50 Jahren angestrebt werden sollen	[B4]
		P65	In einem erfolgreichen Planungsprozess über den 3 bis 5 Jahreshorizont hinausdenken und langfristig Freude am Ergebnis erzeugen	[B4]
		P66	Zeitnahe Reaktionsvermögen im Planungsprozess und Bereitschaft in Flexibilität zu investieren (Bsp. Tragwerk)	[E3]
		P67	Arbeitsvorbereitung in der Produktions(system) Planung hinsichtlich Prognose des Unternehmenswachstums bereits in Planung berücksichtigen	[D4]

Abb. 10.4: Parameterkatalog aus Fallstudie 4

[P] Prioritäten, Potentiale und Probleme im Planungsprozess				
LA	KAT	Nr.	Parameter	Quelle
3D Planung	E	P68	Dreidimensionale Planung (Kollisionskontrolle Maschinen, Präsentationen)	[B2] [C2]
		P69	Dreidimensionale Bewehrungsplanung (Qualitätssicherung)	[C3]
		P70	Dreidimensionale Planung in einem Gesamtmodell (Gebäude und Produktion)	[C1] [C4] [E4]
		P71	Maschinenlayouts (Bsp. Gully unter Maschinen) 3D Planen um Vorstellungskraft der Beteiligten zu unterstützen	[D1] [B4]
		P72	Mehrdimensionale Planung ist sinnvoll durch Erfassung klarer Geometrie (Definition de Geometrie für Alle Beteiligten im Prozess)	[E3]
		P73	Geometrie Teilweise schon 3D vorhanden, Berechnungsmodelle noch nicht ausgereift arbeiten 2D, sollten 3D basiert verwendet werden	[E3]
Kommunikationsklima	V	P74	Standardisierte Kommunikation im Planungs und Ausführungsprozess	[A1]
		P75	Bauftragung einer Bauherrn-Beratung um kulturelle Aspekte des Prozesses zu etablieren	[B1]
		P76	Vertrauen und offenes Verhältnis der Beteiligten im Planungsprozess (interne und externe Teams und Kommunikationskultur mit Vertrauen und Anstand) etablieren	[B1] [B2]
		P77	Direkte und kurze Kommunikation, Mediation im Planungsprozess (Empathie bei Prozessbeteiligten etablieren)	[C2]
		P78	Kommunikation neben den Bau und Planungsbesprechungen auch kurzfristig innerhalb des Teams ermöglichen	[E2]
		P79	Neue Mitarbeiterinnen in Prozesse und Strukturen durch offene Kommunikationskultur schnell einführen	[E3]
		P80	Projektreview um aus vorhergehenden Projekten zu lernen	[E3]
Bedarfsplanung	D	P81	Bauherr muss Know How einbringen (Bestellqualität)	[C2]
		P82	Bessere Bedarfsplanung, Informationsflüsse, Organisationsformen, Arbeitsplatzgrößen	[C1] [C4]
		P83	In der Bedarfsplanung (Anm. Bauherr baut für sich selbst) Interviews mit allen Abteilungen (übergreifend) stärker Gesamtprozess betrachten	[C1] [C4]
		P84	Bauherr muss seine eigenen Prozesse verstehen und kommunizieren können	[E2]
		P85	Kommunikation mit Arbeiter (Meister) in der Produktionsplanung	[E4]
		P86	Vollständig gepflegtes ERP System als Planungsgrundlage	[E4]
		P87	Produktionsplaner schon vor dem Architekturwettbewerb einbinden um Lastenheft zu erstellen	[B4]
		P88	Qualitäten frühzeitig definieren (Bsp. Anforderungen an Türen) frühe Bestellqualität und gemeinsames Commitment	[E2]
Bauftragung	D	P89	Einseitige Beauftragungs-Verhältnisse sollen vermieden werden wie z.B. Design to Cost , vertraglich mit Konsulenten vereinbart	[B2]
		P90	Einseitige Leistungsabfragen wie Anonyme Architekturwettbewerbe wirken sich ungünstig auf den Prozess aus	[B2]
		P91	Planungsleistungen an Gesamtplaner vergeben in rechtlicher Sphäre (Ergebnisverantwortung)	[C2]

Abb. 10.5: Parameterkatalog aus Fallstudie 5

[P] Parameterkatalog der Fallstudie				
[T] Technische Variablen auf Gebäudeebene (Fallstudien)				
LA	KAT	Nr. Parameter	Quelle	
Architektur	V	T1	Kommunikationszentrum im Herz des Gebäudes schaffen	[B2]
		T2	Produktionsbüros auf höhere Ebene (Skybox) um Freifläche zu maximieren	[C1] [C5]
		T3	Tageslicht maximieren um Arbeitsplatzqualität zu optimieren	[C1] [C5]
		T4	Montageflächen nicht durch gemeinsam genutzte Einheiten (Schleiferrei, Beschichtung) begrenzen im Grundriss	[C1] [C5]
		T5	Rechteckige orthogonale Grundrisskonfigurationen sind anzustreben (besser für Umbau geeignet), Spezialformen (U-Shape) vermeiden	[E5]
		T6	Gebäude soll Automatisierungs-tauglich sein, Ermöglichung von fahrerlosen Systemen, keine steilen Rampen, zu schmale Wege, Ebenheit und Qualität der Oberflächen, nur eine Ebene	[B4]
		T7	Maximale Raumhöhen für Nachrüstungen, Veränderungen in der primären und sekundären Nutzung. Raumhöhen nicht am aktuellen Maschinenlayout orientieren um Höhen und Haustechnikkollisionen zu vermeiden	[B4] [E1] [E3]
		T8	Großzügige Wegflächen, Verkehrsflächen und Transportwege vorsehen	[B4]
Tragwerksentwurf	E	T9	Keine Vollwandträger konstruieren wegen lateraler Leitungsführung	[B2]
		T10	Ausreichende Dimensionierung der Fundamente (Flexibilität bezüglich Einzellasten, Maschinen, Hydraulik Pressen)	[B2]
		T11	Maximale Spannweiten und regelmäßige Stützenraster, kein Massivbau (Einschränkungen) für Büroeinheiten und Trennwände	[C1] [C5]
		T12	Nachrüstmöglichkeiten bereits im Tragwerksentwurf berücksichtigen. (Nachrüstlasten aus zusätzlicher Haustechnik)	[D3]
		T13	Konsolen und Stützen konstruktiv stärker ausbilden (Bewehrung) für Zusatzlasten	[D3]
		T14	Breitere Fundamente für Stützen Verstärkungen oder zusätzlichen Stützen von Zubauten	[D3]
		T15	Lasten für begehbare und abgehängte Decken für Nachrüstung und Wartung HKLS	[D1]
		T16	Aufgelöste Lastableitung (Fachwerke) für Leitungsführung	[D1]
Haustechnik	V	T17	Frühzeitig wirtschaftliche Tragsysteme wählen um Umplanungen durch Ausführende zu vermeiden	[D1]
		T18	Robuste und logische Tragwerke planen und bauen, aufgrund der großen Lebensdauer großen Einfluss auf flexible Nutzungsszenarien	[E3]
		T19	Sämtliche Medien (ausgenommen Kanal) oberhalb des Produktionsbereiches führen (Flexibilität). Installationsebene als höchste Ebene, Entsorgung auf tiefster Ebene	[B1] [D1]
		T20	Sprinkleranlage einbauen um gesamtes Gebäude als einen Brandabschnitt auszuführen	[C1] [C5]
		T21	Flexibles Controlling Strommessungen, Wassermessungen, Gasmessungen	[E1]
		T22	Keine Leitungen in das Tragwerk einlegen, Architekturausbau muss entkoppelt von Tragwerk sein um Flexibilität zu gewährleisten. Bauteile mit unterschiedlicher Lebensdauer entkoppeln	[E1]
		T23	Im Betrieb Maschinendaten zentral zusammenfassen und mit diesen Daten arbeiten	[D4]

Abb. 10.6: Parameterkatalog aus Fallstudie 6

Teil IV

Zusammenfassung der Ergebnisse

Kapitel 11

Zusammengefasster Parameterkatalog für integrale Industrieauplanung aus II und III

Im Kapitel Zusammengefasster Parameterkatalog für integrale Industrieauplanung aus II und III werden die anhand der Literaturrecherche und der Fallstudie (Expertinneninterviews) identifizierten Parameter zusammengefasst dargestellt. Um die Lesbarkeit zu verbessern werden die Parameter, als der Name des Parameter und seinem Wert „Value“ dargestellt. Der Wert entspricht hierbei den inhaltlichen Aussagen der Interviews, respektive dem Fazit der Literaturquellen.

Wie schon im Kapitel Methode beschrieben (siehe Kapitel 3) handelt es sich bei vorliegender Arbeit nicht um eine Überprüfung einer Hypothese, sondern um eine Formulierung einer begründeten Annahme bzw. Initialhypothese, die in weiterer Folge durch statistische und empirische Methoden überprüft und gegebenenfalls falsifiziert oder aktualisiert werden kann.

Die Ordnung der identifizierten Parameter in Label und den beiden Kategorien erfolgte ebenfalls wie im Kapitel Methode beschrieben (siehe Kapitel 3) durch Induktion bzw. Deduktion mit einem Anspruch auf Plausibilität der Kausalbeziehung. Der Prozess des Labels bzw. das Kodieren fand während der inhaltlichen Auswertung der Interviews bzw. der Literatur statt. Im nächsten Schritt findet das Kategorisieren der mit einem Label gemeinsamen zusammengefassten Aussagen statt. Sollten Widersprüche insbesondere in der Kategorisierung der gelabelten Aussagen zwischen Literaturrecherche und Interviews entstehen, müssten diese aufgezeigt werden. Dies ist allerdings bei der vorliegenden Untersuchung nicht der Fall, so wurden beispielsweise die Aussagen die mit dem Label Flexibilität gekennzeichnet wurden in den Interviews wie auch in der Literatur stets im Zusammenhang mit dem Gebäude (Gebäudeebene) als auch mit einem Erfolg bestimmenden Parameter genannt.

Der vorliegende Katalog kann als Leitfaden und als Unterstützung im Decision Making Process, besonders in der frühen Phase der Planung eines Industrieaus herangezogen werden und beantwortet die Forschungsfrage dahingehend, dass diese Parameter in der integralen Industrieauplanung für die Industrie 4.0 zu berücksichtigen sind. Natürlich kann diese Auflistung an identifizierten Parametern keinen Anspruch auf Vollständigkeit stellen, sondern stellt nur das Ergebnis dieser Arbeit dar. Allerdings stellt der Parameterkatalog eine Grundlage dar, die im Zuge weiterer Untersuchungen und praktischer Projekterfahrung gepflegt, aktualisiert und falsifiziert werden kann und soll. Aus Gründen der Lesbarkeit wird der konsolidierte, zusammengefasste Parameterkatalog für integrale Industrieauplanung im Anhang dieser Arbeit angeführt (Siehe Kapitel 13).

Kapitel 12

Fazit und Ausblick

12.1 Zusammenfassung

Einleitend zum Fazit ist festzuhalten, dass es sich um eine sehr umfassende Forschungsfrage handelt, die mit ihren Subforschungsfragen auf viele verschiedene Ebenen zielt. Dies steht im Widerspruch zu einer einfachen reduzierten Antwort auf die Forschungsfrage. Welche Parameter müssen in der Zielsetzung (welches Gebäude soll gebaut werden?) und einem komplexen und vielschichtigem Planungsprozess berücksichtigt werden und wie sollen diese technisch umgesetzt werden? Allerdings können einige Parameter, aufgrund der inhaltlichen Analyse der Expertinneninterviews und der Literatur, für den Erfolg eines Industriebauprojektes wichtige Themenbereiche, Parameter und deren Ausgestaltung dargestellt werden. Ein Bauwerk ist bekannter Maßen in den meisten Fällen ein Unikat. Kein Projekt gleicht dem anderen zu einhundert Prozent, im Gegensatz zu anderen Industriezweigen. Die folgenden Bereiche können allerdings, mit einer möglichst geringen Beschränkung der Allgemeinheit, als relevant für die Formulierung einer begründeten Hypothese identifiziert werden. Stets mit dem Anspruch diese Hypothese nach einem potentiellen Erkenntnisgewinn zu aktualisieren, zu ergänzen und zu falsifizieren.

Gebäudeebene Eines der wichtigsten Themen für ein modernes Industriegebäude ist die Flexibilität, es ist aus verschiedenen Blickwinkeln und Gesichtspunkten gesehen ein wichtiges Thema. Auf der einen Seite geht es darum, im täglichen Betrieb nicht eingeschränkt zu werden, weil beispielsweise die Maschinenkonfiguration verändert werden muss. Auf der anderen Seite geht es um eine langfristige Nutzung der Industriegebäude um die Lebenszyklusdauer zu erhöhen. Das heißt, es gibt eine Mikroflexibilität die erreicht werden soll um beispielsweise einfach und kurzfristig eine neue Maschine in die Fabrik einzubringen und in den Maschinenverband zu integrieren oder das Layout dahingehend anzupassen, dass für eine bestimmte Bestellgröße eines Auftrag die Geschwindigkeiten der Maschinen optimal, im Sinne einer dynamischen Produktionsflussanalyse, auf einander abgestimmt sind. Gleichzeitig soll die moderne Fabrik auch die Möglichkeit besitzen, dass Arbeitsplätze von Mitarbeiterinnen auf unterschiedliche Szenarien reagieren können und die unterschiedlichsten Konfigurationen und Zusammenarbeitsszenarien ohne einem hohen bautechnischen Aufwand gewährleistet werden können. Es soll vermieden werden, dass bautechnische Randbedingungen dem Fluss des Industriegebäudes im Weg stehen oder dessen Effizienz negativ beeinflussen. Auf der Ebene der Makroflexibilität steht im Vordergrund, dass ein Gebäude für die unterschiedlichsten Nutzungen geeignet sein sollte. Die Veränderung der produzierten Produkte oder verwendeten Technologien und das Unternehmenswachstum soll vom Gebäude aufgenommen werden können. Die Unternehmerische Motivation ergibt sich aus der Tatsache, dass Investitionen in technologiebasierten Gebäuden auf einen möglichst langen Zeithorizont abgeschrieben werden sollen, ähnlich einer Baumaschine eines Bauausführenden Unternehmens. Frei folgend der einfachen Formel Produktivität ist das Verhältnis aus Input zu Output, wobei der Input der monetäre Aufwand der Investition in ein Gebäude ist und der Output die Anzahl der Jahre in welchen in der Fabrik ohne nennenswerten neuen Investitionen

produziert werden kann, wird das Argument unterstrichen. Um diese Spanne zu maximieren, muss das Gebäude eine Flexibilität auf Mikro- und Makroebene aufweisen um Änderungen im Fluss der Produkte, der Technologie und der Kapazität langfristig aufnehmen zu können. Es gibt allerdings einen zweiten interessanten Aspekt des Themas Flexibilität von Industriegebäuden, und zwar ist dies die gesellschaftliche, soziokulturelle und ökologische Ebene. Um so länger ein Gebäude steht, um so weniger Energieaufwand entsteht für das Befriedigen neuer Bedürfnisse einer alternativen Nutzung im Sinne der Opportunität. Natürlich setzt eine potentielle Umnutzung verschiedener bestehender Industriegebäude (Bsp. vom Industriebetrieb zu einem Gemeindezentrum, Markt, Wohnungen, Gebäude für Infrastruktur) voraus, dass bei der Errichtung die Prinzipien des ökologischen Bauens berücksichtigt wurden und es auch möglich ist, das Gebäude mit seiner neuen Nutzung energieeffizient und ressourcenschonend zu betreiben. Wenn diese Randbedingungen eingehalten sind, ist es finanziell effizienter und ökologischer, vorhandene Gebäude einer neuen Nutzung zuzuführen, als sie rückzubauen. Ein weiterer Aspekt der hier eine wichtige Rolle spielt, ist die ästhetische Ausformulierung und architektonische Qualität der Gebäude. Vorhandene Industriegebäude einer alternativen Nutzung zuzuführen, scheint einfacher, wenn diese ansprechend gestaltet und konstruiert sind und einer potentiellen Nutzerin Freude an dem Betrieb des Gebäudes vermitteln. Einige Beispiele für diese gelungenen Umnutzungen im industriellen Bereich findet man in Wien (Z.B die Wiener Gasometer oder die ehemaligen Anker Brotfabrik). Denkmalpflegerische und identitätsstiftende Momente einer alternativen Nutzung von Industriegebäuden spielen ebenfalls eine Rolle auf die in dieser Arbeit nicht eingegangen wird. Wenn die Lebenszyklusdauer eines Industriegebäudes nicht durch Veränderungen im Betrieb und auch nicht durch die Notwendigkeit einer alternativen Nutzung (wenn die Industrie abgesiedelt oder veraltet ist) eingeschränkt wird, kann ökologisch, ökonomisch und sozio-kulturell nicht nur effizient, sondern auch tatsächlich nachhaltig mit der Ressource Grund und Baustoffe umgegangen werden.

Die wichtigsten Ziele auf Gebäudeebene Dies bedeutet, dass die wichtigsten Ziele auf Gebäudeebene eines Industriebauprojektes, bzw. einer Industriebauprojektentwicklung *Flexibilität im Betrieb, Flexibilität in der Nutzung* und *architektonisch ansprechende und Freude vermittelnde Gebäude* sind. In den geführten Interviews wurden die meisten Aussagen auf Gebäudeebene mit dem Label Flexibilität und Architekturqualität versehen. Natürlich sind andere Aspekte wie die Erweiterbarkeit oder die kosteneffiziente Errichtung ebenso wichtige Themen, die deshalb nicht außer Acht gelassen werden sollten.

Planungsprozess Ein wichtiges Fazit der vorliegenden Untersuchung ist, dass der Planungsprozess einen integralen Bestandteil eines Industriebauprojektes darstellt. Es liegt in der Natur der Sache, dass wie oben beschrieben ein Bauprojekt stets ein Unikat darstellt, in welchem eine Vielzahl an Parametern berücksichtigt werden muss und Zielkonflikte unter einer großen Zahl an Stakeholdern vermittelt werden müssen. Diese angeführten Gründe sprechen für die Priorität, die einem qualitativ abgewickelten Planungsprozess gegeben werden sollte, weil dieser in direkter Kausalität mit der Qualität des gebauten Ergebnisses und der Umsetzung der Ziele auf Gebäudeebene steht. Die am meisten hervortretenden Themen im Planungsprozess, speziell bezogen auf den Industriebau, waren ein früher Planungsschwerpunkt, Schnittstellenmanagement und die Zusammensetzung und Organisation bzw. die dahinter stehenden Menschen des Planungs- und Bauherren - Teams. Die Themen des frühen Planungsschwerpunkts beziehen sich vor allem auf eine rechtzeitige Berücksichtigung möglichst aller Prozesse und Überlegungen der verschiedenen Disziplinen. Die optimale Zusammenarbeit der Planerinnen kann nur gemäß der Auswertung der Interviews und der Literaturrecherche dann stattfinden wenn offen, ohne Zeitdruck, miteinander kommuniziert werden kann und die Beteiligten sich auch auf eine gemeinsame Sprache einigen.

Die gemeinsame Sprache ist hier kein abstrakt theoretisches Modell, das erst gefunden werden muss, sondern besteht beispielsweise aus einem frühzeitig erarbeiteten digitalem Gebäudemodell, beispielsweise einem gesamt Modell in BIM welches von allen Stakeholdern modelliert wird. Die Schnittstellen und das Schnittstellenmanagement sollen gem. dem Ergebnis dieser Arbeit verbessert werden. Auch hier handelt es sich nicht um eine abstrakte Angelegenheit, sondern um die Reduktion von Schnittstellen im Planungsteam (Bsp. Gesamt und Generalplanung) und der Planung von Schnittstellen betreffend digitaler Austauschformate und Workflows. Um so klarer diese Themen definiert sind und diszipliniert eingehalten werden, umso weniger ist mit Problemen und Informationsverlusten im Planungsprozess zu rechnen. Mit steigender Komplexität der Planung und Bauausführung müssen die dahinter liegenden Prozesse und Schnittstellen umso effizienter funktionieren und unterstützt von der Projektleitung bzw. Projektsteuerung in klaren Entscheidungsstrukturen geführt werden. Hinsichtlich des Teams wird klar, dass ein Bauprojekt insbesondere ein Industriebauprojekt von Menschen geführt wird, die entsprechende Kompetenz und Erfahrung aufweisen müssen. Die Zusammensetzung des Teams und der menschliche und kultiviert - offene Umgang sollte keinesfalls unterschätzt werden, sondern stellt einen wichtigen Parameter für den Planungsprozess und in weiterer Folge für das Bauprojekt dar. Ein miteinander gut funktionierendes Team muss etabliert und gepflegt werden. Diese Aufgabe sollte auch mit entsprechenden Ressourcen ausgestattet sein.

Die wichtigsten Prioritäten im Planungsprozess Aus der oben durchgeführten Analyse, kann als begründete Hypothese angesehen werden, dass im Planungsprozess ein frühzeitiges Auseinandersetzen mit den Zielen des Gebäudes und deren technischer Umsetzung, in einer klar und gut umgesetzten Struktur (Management) mit eingespielten Teams, in welchen kultiviert und wertschätzend kommuniziert wird und essentielle Parameter für den Projekterfolg sind. Dies stellt naturgemäß eine Herausforderung für Bauherrn dar und ist nach Meinung des Autors leider ein viel zu wenig beachteter Aspekt für den Erfolg eines Bauprojekts.

Technische Variablen auf Gebäudeebene Hinsichtlich der konkreten technischen Variablen auf Gebäudeebene, wird ersichtlich, dass die Themen Architektur, Tragwerksentwurf und Haustechnik federführend als wichtige Parameter genannt werden. In dem Themenfeld der Architektur werden Aspekte der Gebäudelehre analysiert und beleuchtet. Dimensionierung von Belichtungsflächen, möglichst orthogonale Grundrisskonfigurationen, entsprechender Überschuss an Raumhöhe und großzügig dimensionierte Verkehrsflächen werden als verbesserungswürdig in der Planung und Umsetzung von Gebäuden identifiziert. Im Tragwerksentwurf werden ausreichend robuste, d.h. über die für die bekannte Nutzung hinausgehende Lastniveaus empfohlen. Das Primärtragwerk soll möglichst nicht vollwandig ausgeführt sein um eine einfache und flexible laterale Leitungsführung zu gewährleisten. Nachrüstungslasten hinsichtlich HKLS Systemen sollen in den Lastfallkombinationen mitberücksichtigt werden und vor allem Konsolen und Stützen überdimensioniert geplant werden. Die Logik des Tragwerks muss eingehalten werden bzw. so konzeptioniert werden, dass sie einfach fortgeführt werden kann. Auch hier handelt es sich nicht um theoretische Überlegungen, sondern um den Umstand in den primär und sekundär Achsen regelmäßige Abstände einzuhalten und Lastableitungen so zu gestalten, dass neue zusätzliche Lasten keine anderen oder neuen Spannungszustände wie z.B. Eckmomente in Rahmenkonstruktionen verursachen. Es scheint nahe liegend, dass gelenkige Aussteifungen und im Allgemeinen gelenkig gelagerte Systeme biegesteifen und massiven Konstruktionen vorzuziehen sind. Die Lagerungen der Tragwerke sollen ebenfalls möglichst großzügig dimensioniert werden damit im Anlassfall einer Erweiterung beispielsweise Stützen einfach aufgedoppelt werden können ohne Fundamente zusätzlich verstärken zu müssen. Im Bereich der HKLS Installationen wird empfohlen, eine Sprinkler Anlage standardmäßig einzuplanen um sich nicht durch geringe Brandabschnittsgrößen zu beeinträchtigen. Die Medien

sollten, abgesehen von Kanalleitungen in der obersten Ebene geführt werden um maximale Flexibilität zu gewährleisten. Messsysteme, d.h. zum Beispiel Zähler sollen ebenfalls flexibel gestaltet werden um Veränderungen in der Haustechnik einfacher zu gestalten.

Die wichtigsten Technischen Variablen auf Gebäudeebene Die wichtigsten Technischen Variablen sind einfache und klare Grundrisse mit logischen und robusten Tragwerken und einer entsprechend entkoppelten und einfach nachrüstbaren Haustechnik.

Ausblick Die gesamte Arbeit hat wie im Kapitel Methode 3 beschrieben das Ziel verfolgt eine begründete Hypothese aufzustellen und einen Leitfaden für die integrale Industrieplanung, besonders in frühen Projektphasen zu entwickeln. Das Ergebnis wird im zusammengefassten Parameterkatalog konsolidiert (siehe Kapitel 11). Diese Hypothese muss in einer weiterführenden Forschung überprüft und aktualisiert gegebenenfalls falsifiziert werden. Der Parameterkatalog ist als ein agiles Dokument und Hilfswerkzeug zu betrachten welches mit jedem Fortschritt im Erkenntnisstand überarbeitet und ausgebaut werden soll.

12.2 Diskussion der Ergebnisse

Die meisten in dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse können aus der praktischen Erfahrung in der Bauwirtschaft bzw. durch logische Schlussfolgerungen bestätigt bzw. zumindest nicht offensichtlich widerlegt werden.

Das moderne Industriegebäude auf Makro- wie auf Mikro- Ebene flexibel sein müssen um Veränderungen, nicht nur in der Produktionskapazität sondern auch in der Produktionssystematik und der Nutzung, aufnehmen zu können, scheint plausibel.

Des weiteren ist es nachvollziehbar, dass Industriegebäude mit einer hohen architektonischen Qualität errichtet werden sollten. Mit einer ästhetischen Ausformulierung, die nicht nur den Mitarbeiterinnen und Stakeholdern des jeweiligen Unternehmen Freude vermittelt sondern auch denn gesellschaftlichen Status des erhaltenswerten Gebäudes erreicht. Beide oben angeführten Punkte sollen zu einer Verlängerung der Lebenszykluszeit von Industriegebäuden führen. Auf unternehmerische Seite kann dadurch die kapitalintensive Investition des Neubaus vermieden werden. Aus gesamtgesellschaftlicher Sicht soll durch die längere Lebenszyklusdauer von Industriegebäuden die ökologische Gesamtperformance verbessert werden.

Die Ergebnisse auf Prozessebene, dass ein früher Planungsschwerpunkt mit klar definierten Schnittstellen und Planungsteams die mit einer hohen Kultur, möglichst standardisiert und klar miteinander kommunizieren, anzustreben ist, ist aus der praktischen Erfahrung ebenfalls zu bestätigen.

Sich auf einfache und klare Grundrissformen zu stützen in der Gestaltung von Industriebauten mit logischen (Erweiterungsfähigen) Tragwerken ist ebenfalls logisch nachvollziehbar. Ausreichend Kapazität vorzuhalten um haustechnische Systeme nachzurüsten, ergibt sich eben so aus der Überlegung der ständigen Veränderung und Anpassung der Nutzungen.

Zusammengefasst sind die Ergebnisse nicht überraschend, allerdings ist es umso wichtiger, sich im hektischen Alltag eines Planungs- und Ausführungsprozesses die wichtigsten Parameter vor Augen zu halten. Die Frage die sich stellt ist, wie können die vorliegenden Ergebnisse und aufgestellten Hypothesen überprüft bzw. aktualisiert und verfeinert werden. Nachdem die qualitative Forschung oft in einem durch subjektives Erleben gefärbten Kontext steht ist dies eine besondere Herausforderung. Gleichsam ist es schwierig Parameter wie den kulturellen Umgang in einem Projektteam zu messen.

In einem ersten Schritt könnte eine sinnvolle Vorgehensweise sein, die identifizierten Parameter in messbare und nicht quantifizierbare Parameter zu unterscheiden. Beispielsweise könnten die Erweiterbarkeit und Logik von Tragwerken dahingehend untersucht werden, welche neuen Lastfälle bei einer Erweiterung von Primär-Tragsystemen entstehen. Die zusätzlichen Schnittkräfte könnten als vielfaches einer Belastung q [kN/m] oder als absolute Zahlen dargestellt werden und sich schlussendlich in [kg] Mehraufwand an Material konsolidieren. Wenn Rahmenbedingungen (Constraints) bekannt sind (Bsp. minimale Spannweite, maximal erweiterbare Spannweite) könnten sich daraus interessante Strukturoptimierungs-Untersuchungen ergeben.

Die nicht quantifizierbaren Parameter wie z.B. der schon angesprochene kulturelle Umgang in Planungsteams, respektive die Kommunikationskultur könnte durch eine Erhöhung der Stichprobenanzahl in breiter Angelegten qualitativen, repräsentativen Studien untersucht werden. Durch standardisierte Fragebögen in welchen beispielsweise die Antwortmöglichkeiten auf eine Skala eingeschränkt werden, könnten bei entsprechender Anzahl an Stichproben, dem Gesetz der großen Zahlen folgend, statistische Erkenntnisse gewonnen werden. Diese Studie müsste allerdings vermutlich auf zumindest europäischer Ebene stattfinden.

Die vorgeschlagene Richtung für weitere Forschung im Bereich der kennzeichnenden Größen und Prozesse für einen modernen und nachhaltigen Industriebau 4.0 ist eine Unterscheidung in messbare (quantifizierbare) und nicht quantifizierbare Einflussgrößen und eine detailliertere Formulierung der Forschungsfrage. Für die Untersuchung der unterschiedlichen Parameter in einer tieferen Detailschärfe werden entsprechend verschiedene Methoden benötigen um belastbare wissenschaftliche Ergebnisse zu erzielen. Die vorliegende Arbeit soll ein Impulsgeber für weitere und detailliertere Forschung und Untersuchungen auf dem Gebiet der Einflussgrößen und Parameter des Industriebaus 4.0 sein.

12.3 Abschließende Darstellung des Datenmaterials

Zum Abschluss dieser Arbeit wird das Datenmaterial, mittels MATLAB Text Analytics Toolbox evaluiert. Hierzu werden die Transkripte bereinigt, d.h. ein Dokument erstellt, in welchem nur das gesprochene Wort (exkl. Fragen) inkludiert ist. Dieses Dokument repräsentiert die Gesamtheit aller Antworten der Expertinnen, es bildet die Grundlage für die automatisierte Analyse. Der Code der Analyse wird im Anschluss dargestellt und erklärt. Das Ziel der Analyse ist ein „Bag of Words“ zu generieren. In dieser „Bag of Words“ Grafik werden die absoluten Nennungen einzelner Wörter gemäß ihrer Häufigkeit in ihrer Größe skaliert. Somit kann ein Überblick gegeben werden, welche Wörter tatsächlich am häufigsten genannt wurden. Es soll einen schnellen Blick auf alle während der Interviews gesprochenen Wörter bieten. Aus dem globalen Dokument aller Antworten werden im Code Füllworte wie „das“ „und“ „oder“ exkludiert, weil diese naturgemäß am häufigsten genannt werden. Eine Übersicht über die rohen Daten bietet Abbildung 12.1. Die Abbildung 12.2 stellt die Häufigkeit der gesprochenen Worte exklusive der Füllworte dar.

Code der Analyse der Interviews mit MATLAB Text Analytics Toolbox

```
%% AAA Mining Global

%% A Import Stopwords

clear all
clc
format short
close all
```

```

opts = spreadsheetImportOptions("NumVariables", 1);
opts.Sheet = "Sheet1";
opts.DataRange = "A1:A249";
opts.VariableNames = "gibt";
opts.SelectedVariableNames = "gibt";
opts.VariableTypes = "string";
opts = setvaropts(opts, 1, "WhitespaceRule", "preserve");
opts = setvaropts(opts, 1, "EmptyFieldRule", "auto");
Stopwords = readtable("C:\01_Patrick\04_TU_WIEN\19_BIM_Flexi_4.0\03_Arbeit
\02_Analyse\99_Matlab_ANZ\Stopwords.xlsx", opts, "UseExcel", false);
Stopwords = table2array(Stopwords);
clear opts
clc
format short
close all

%% B Import Data to Analyse

filename = "Sammelmappeglobal.pdf"; %define filename
Name_of_Document="Sammelmappe_Global"
str = extractFileText(filename);%import data as string (STRING)

%% C Preprocess Data

documents = tokenizedDocument(str); %(TOKEN)
removewords = Stopwords;
cleanedDocuments = removeWords(documents,removewords); %remove words
cleanedDocuments = addPartOfSpeechDetails(cleanedDocuments);
%add part of speech details
cleanedDocuments = removeStopWords(cleanedDocuments); %remove stop words
cleanedDocuments = erasePunctuation(cleanedDocuments); %erase punctuation
cleanedDocuments = removeShortWords(cleanedDocuments,3);
%remove words with 2 or fewer characters
N = doclength(cleanedDocuments); %number of token in document
bag=bagOfWords(documents); % raw data
bag_clean = bagOfWords(cleanedDocuments); % create bag of words from newDocument
cleanedBag = removeInfrequentWords(bag_clean,2); % remove infrequentwords
XTrain = bag_clean.Counts; % Convert to numeric data
mdl = fitcecoc(XTrain,"BIM",'Learners','linear');

%% D Visualize and Analyze Data

titel_auto_1 = "Wordcloud Interview %s (cleaned) n>2"; %Beschriftung des Titel
titel_str_1=sprintf(titel_auto_1,Name_of_Document); %Beschriftung der X Achse
tbl_all = topkwords(bag_clean,N);
%tabel of all words an frequencys cleaned WITHOUT infrequent Words
tbl = topkwords(cleanedBag,30);
%create table from bag cleaned 25 most used words WITHOUT infrequent Words
figure (1)

```


Kapitel 13

Anhänge

Folgende Anhänge werden dieser Arbeit beigelegt:

- Anhang 1 - Liste der Aussagen gesamt
- Anhang 2 - Zusammengefasster Parameterkatalog für integrale Industrieplanung aus II und III
- Die vollständigen Transkriptionen der Interviews können am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement - Forschungsbereich Integrale Bauplanung und Industriebau und beim Autor ausgehoben werden.

Literatur

- [1] S. Albers, D. Klapper, U. Konradt, A. Walter und J. Wolf. *Methodik der empirischen Forschung*. Bd. 3. Springer, 2009.
- [2] U. G. Assembly. „2005 world summit outcome“. In: *United Nations, Report A/60/L 1* (2005), S. 139–139.
- [3] A. Bogner, B. Littig und W. Menz. *Interviews mit Experten: eine praxisorientierte Einführung*. Springer-Verlag, 2014.
- [4] D. Chen, S. Heyer, G. Seliger und T. Kjellberg. „Integrating sustainability within the factory planning process“. In: *CIRP annals* 61.1 (2012), S. 463–466.
- [5] T. Cheng und S. Podolsky. *Just-in-time manufacturing: an introduction*. Springer Science & Business Media, 1996.
- [6] K. M. Eisenhardt und M. E. Graebner. „Theory building from cases: Opportunities and challenges“. In: *Academy of management journal* 50.1 (2007), S. 25–32.
- [7] R. Geraedts. „FLEX 4.0, a practical instrument to assess the adaptive capacity of buildings“. In: *Energy Procedia* 96 (2016), S. 568–579.
- [8] B. Glaser und A. Strauss. „Grounded theory: Strategien qualitativer Forschung“. In: *Bern (Huber)* (1998).
- [9] B. I. GmbH. *Duden-Das Fremdwörterbuch*. Deutsche Nationalbibliothek, 2015.
- [10] G. Görz und J. Schneeberger. *Handbuch der künstlichen Intelligenz*. Walter de Gruyter, 2010.
- [11] G. Gourelis und I. Kovacic. „A study on building performance analysis for energy retrofit of existing industrial facilities“. In: *Applied Energy* 184 (2016), S. 1389–1399.
- [12] W. Imo und J. P. Lanwer. „Sequenzialität“. In: *Interaktionale Linguistik*. Springer, 2019, S. 171–189.
- [13] T. Kaufmann. *Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge: der Weg vom Anspruch in die Wirklichkeit*. Springer-Verlag, 2015.
- [14] I. Kovacic, C. Achammer, C. Müller, H. Seibel, D. Wiegand, M. Sreckovic und J. Glöggler. „Integrale Planung“. In: *Leitfaden für Public Policy, Planer und Bauherrn. Wien, oJ* (2012).
- [15] B. Lee, N. Pourmousavian und J. L. Hensen. „Full-factorial design space exploration approach for multi-criteria decision making of the design of industrial halls“. In: *Energy and Buildings* 117 (2016), S. 352–361.
- [16] E. Mavreli. „Level of Development vs. Level of Detail for BIM“. In: *TUM, Munich* (2018).
- [17] Z. S. M. Nadoushani und A. Akbarnezhad. „Effects of structural system on the life cycle carbon footprint of buildings“. In: *Energy and Buildings* 102 (2015), S. 337–346.
- [18] ÖNORM B 1800. „Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen“. In: (2013-08-01).

- [19] ÖNORM B 1801-1. „Bauprojekt-und Objektmanagement-Teil 1: Objekterrichtung“. In: (2015-12-01).
- [20] D. Parmenter. *Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. John Wiley & Sons, 2015.
- [21] G. Pawellek. *Ganzheitliche Fabrikplanung: Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung*. Springer-Verlag, 2014.
- [22] R. D. Precht. *Jäger, Hirten, Kritiker: Eine Utopie für die digitale Gesellschaft*. Goldmann Verlag, 2018.
- [23] J. Reichardt, C. Gottswinter und C. P. Schulze. „Lean Production in der Fabrikplanung am Beispiel eines Automobilzulieferers“. In: *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 105.4 (2010), S. 294–298.
- [24] L. Shen, Y. Wu und X. Zhang. „Key assessment indicators for the sustainability of infrastructure projects“. In: *Journal of construction engineering and management* 137.6 (2011), S. 441–451.
- [25] L.-Y. Shen, J. Li Hao, V. W.-Y. Tam und H. Yao. „A checklist for assessing sustainability performance of construction projects“. In: *Journal of civil engineering and management* 13.4 (2007), S. 273–281.
- [26] E. S. Slaughter. „Design strategies to increase building flexibility“. In: *Building Research & Information* 29.3 (2001), S. 208–217.
- [27] I. Vardopoulos. „Critical sustainable development factors in the adaptive reuse of urban industrial buildings. A fuzzy DEMATEL approach“. In: *Sustainable Cities and Society* 50 (2019), S. 101684.
- [28] H.-P. Wiendahl, J. Reichardt und P. Nyhuis. *Handbuch Fabrikplanung: Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten*. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2014.
- [29] Wikipedia. *Entität* — *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. [Online; Stand 7. April 2020]. 2019. URL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Entit%C3%A4t&oldid=194046609>.
- [30] Wikipedia. *Erfolgsfaktor* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Erfolgsfaktor&oldid=196030591>. [Online; accessed 05-January-2022]. 2022.
- [31] Wikipedia. *Industrie 4.0* — *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. [Online; Stand 7. April 2020]. 2020. URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Industrie_4.0&oldid=198106292.
- [32] Wikipedia. *Losgröße* — *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. [Online; Stand 15. April 2020]. 2019. URL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Losgr%C3%B6%C3%9Fe&oldid=194272560>.

Abbildungsverzeichnis

1.1	Industrielle Revolutionen Patrick © 2020	13
2.1	Aufbau der wissenschaftlichen Arbeit © 2020	18
3.1	Auswertung der ExpertInnen Interviews von Patrick Hollinsky © 2020	26
4.1	Kriterien der Nachhaltigkeit inspiriert aus [4]	29
5.1	Parameterkatalog aus Literaturrecherche 1 © 2021	33
5.2	Parameterkatalog aus Literaturrecherche 2 © 2021	34
6.1	Übersichtsmatrix Use Case - Benchmarks von Patrick Hollinsky © 2020	36
7.1	Daten der durchgeführten ExpertInneninterviews © 2020	39
7.2	Aufbau des Fragenkatalogs © 2020	40
8.1	Übersicht interviewte Stakeholder Projektweise © 2020	45
8.2	Frequenzanalyse - Ziele auf Gebäudeebene © 2020	46
8.3	Frequenzanalyse - Prioritäten, Potentiale und Probleme © 2020	47
8.4	Frequenzanalyse - Technische Variablen auf Gebäudeebene © 2020	48
8.5	Übersicht Profession interviewte Stakeholder © 2020	49
8.6	Frequenzanalyse - Ziele auf Gebäudeebene © 2020	50
8.7	Frequenzanalyse - Prozessebene © 2020	51
8.8	Frequenzanalyse - Technische Variablen © 2020	52
8.9	Frequenzanalyse - Ziele auf Gebäudeebene © 2020	53
8.10	Frequenzanalyse - Prozessebene © 2020	54
8.11	Frequenzanalyse - Technische Variablen © 2020	54
8.12	Pareto diagramm der Zusammengefassten Auswertung © 2020	55
9.1	Qualitative Analyse - Projektbezogene Auswertung © 2020	57
9.2	Qualitative Analyse - Professionsbezogene Auswertung © 2020	59
9.3	Qualitative Analyse - Zusammengefasste Auswertung © 2020	61
10.1	Parameterkatalog aus Fallstudie 1 © 2021	63
10.2	Parameterkatalog aus Fallstudie 1 © 2021	64
10.3	Parameterkatalog aus Fallstudie 1 © 2021	65
10.4	Parameterkatalog aus Fallstudie 1 © 2021	66
10.5	Parameterkatalog aus Fallstudie 1 © 2021	67
10.6	Parameterkatalog aus Fallstudie 1 © 2021	68
12.1	Bag of Words© 2021	77
12.2	Bag of Words Cleaned© 2021	77

Tabellenverzeichnis

3.1	Übersicht Methode Auswertung der Fallstudie	21
3.2	Übersicht Methode Auswertung der Fallstudie	25
7.1	Übersicht Daten zu den durchgeführten Interviews	39