



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Diplomarbeit

Weiterentwicklung des aktuellen zum integralen Fabrikplanungsprozess

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ. Prof. Dr. Ing. Dipl.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihn

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung,
Fraunhofer Austria Research GmbH)

Univ.Ass. Marius Peter Lütkemeyer, MSc

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung,
Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

Von

Andrei Ieremie

01129282 (E 066 482)

Gaadnerstraße 61/1

2371 Hinterbrühl

Wien, im November 2019

Andrei Ieremie



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit, mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im November 2019

Andrei Ieremie

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein Dank geht an Marius Peter Lütkemeyer MSc, der meine Arbeit und somit auch mich betreut hat. Ihm möchte ich für die wissenschaftliche Unterstützung und für die persönliche Betreuung danken.

Weiters möchte ich mich herzlich bei den Teilnehmern an meinen Experteninterviews bedanken, dass sie sich trotz ihres vollen Terminkalenders Zeit für mich genommen haben. Mein Dank geht an Frau Katharina Anders, Herrn Thomas Sobottka, Herrn Helmut Klaus, Herrn David Seiberl, Herrn Thomas Wirth und Herrn Alexander Haenel.

Ein besonderer Dank geht an meine Freundin, welche mich in jeder Situation unterstützt und ermutigt hat, immer ein offenes Ohr für mich hatte und Verständnis aufzeigte, wenn ich wenig Zeit hatte.

Meinen Freunden möchte ich für die seelische Unterstützung und die notwendigen Ablenkungen von Zeit zu Zeit danken.

Mein größter Dank geht zuletzt an meine Familie, die mich während meines gesamten Studiums unterstützt und mir dieses Studium, finanziell ermöglicht hat. Ihnen gilt mein besonderer Dank.

Kurzfassung

Die steigende Nachfrage nach individualisierten Produkten und die Anpassungsfähigkeit an die geforderten Rahmenbedingungen des Wettbewerbs, stellt die Fabrikplanung vor neue Herausforderungen. Die ständige Um- und Neustrukturierung von Strategien und Prozessen bestehender Fabrikbereiche wirkt sich mit zunehmender Komplexität auf die Phasen der Fabrikplanung und die Planungsbeteiligten aus. Zur Bewältigung dieser Hürden muss Expertenwissen sinnvoll, zeitgerecht und bereichsübergreifend eingesetzt werden. Zur Unterstützung und Gewährleistung einer partizipativen Planung aller Mitbeteiligten und einem einwandfreien Fabrikplanungsablauf sind im Laufe des digitalen Zeitalters eine Vielzahl von Methoden und Werkzeugen entstanden.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Analyse des Fabrikplanungsprozesses, um Schwachstellen in der Vorgehensweise und zwischen Projektbeteiligten zu identifizieren. Die Frage nach einer Weiterentwicklung des Fabrikplanungsprozesses ist von großem Interesse, weil nur unter der Berücksichtigung und Einbindung aller notwendigen Planungsbeteiligten in den dazu erforderlichen Phasen, eine reibungslose Durchführung der Fabrikplanung sichergestellt wird. Dafür wird auf Basis der analysierten Schwachstellen ein Idealprozess für die Fabrikplanung abgeleitet, in welchem die erhobenen Schwachstellen durch Verbesserungsmaßnahmen eliminiert werden.

Im ersten Teil der Arbeit wird die Terminologie der Fabrikplanung und der digitalen Fabrik mithilfe der Literaturrecherche geklärt und es werden die für diese Arbeit erforderlichen Grundlagen beschrieben. Darauf aufbauend erfolgt eine detaillierte Beschreibung des Fabrikplanungsprozesses und eine Übersicht über Methoden und Werkzeuge. Der zweite Teil der Arbeit widmet sich der methodischen Vorgehensweise zur Analyse des Fabrikplanungsprozesses in der Praxis. Für die Praxisanalyse wurden Experteninterviews mithilfe eines Leitfadens durchgeführt. Anschließend wurden die Interviews mithilfe der computerunterstützten qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Zur Auswertung wurden Prozesslandkarten erstellt, um die Ableitung zum Idealprozess verständlich und illustriert darzustellen. Diese beinhalten den Prozess mit allen Verantwortlichen in jeder Phase, die eingesetzten Methoden und Werkzeuge sowie die geschilderten Probleme aus der Praxis.

Das Ergebnis dieser Arbeit beschreibt einen idealisierten Fabrikplanungsprozess, in welchem die geschilderten Probleme durch Verbesserungsmaßnahmen weitgehendst eliminiert wurden. Alle erforderlichen Stakeholder, welche an der Planung mitwirken, wurden optimal angeordnet. Es wurden Verbesserungen bezüglich Methoden und Werkzeugen vorgeschlagen und idealisiert in den integralen Fabrikplanungsprozess integriert.

Abstract

The increasing demand for individualized products and the ability to adapt to the required conditions of competition pose new challenges for factory planning. The constant restructuring and restructuring of strategies and processes of existing factory areas has an increasing impact on the phases of factory planning and the planning participants. To overcome these hurdles, expert knowledge must be used wisely, in a timely manner and across departments. In the course of the digital age, a variety of methods and tools have emerged to support and ensure participatory planning by all stakeholders and a flawless factory planning process.

The present work deals with the analysis of the factory planning process in order to identify weaknesses in the procedure and between project participants. The question of a further development of the factory planning process is of great interest, because it is only with the consideration and integration of all necessary planning participants in the necessary phases that a smooth execution of factory planning is ensured. On the basis of the weak points analyzed, an ideal process for factory planning is derived in which the weaknesses are eliminated by means of improvement measures.

In the first part of the thesis, the terminology of factory planning and the digital factory is clarified by means of the literature search and the basics required for this work are described. Building on this, a detailed description of the factory planning process and an overview of methods and tools is provided. The second part of the thesis deals with the methodical approach to the analysis of the factory planning process in practice. Expert interviews were conducted using a guide to the practice analysis. Subsequently, the interviews were evaluated using computer-aided qualitative content analysis. Process maps were created for the evaluation in order to illustrate the derivation of the ideal process in an understandable and illustrated way. These include the process with all those responsible in each phase, the methods and tools used and the practical problems outlined.

The result of this work describes an idealized factory planning process, in which the described problems were largely eliminated by improvement measures. All necessary stakeholders involved in the planning were optimally organized. Improvements in methods and tools have been suggested and ideally integrated into the integral factory planning process.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Allgemeine Einleitung in das Themenfeld	1
1.2	Problemstellung / Forschungsfragen.....	1
1.3	Lösungsansatz	2
1.4	Aufbau und Struktur der Arbeit.....	3
2	Fabrikplanung	4
2.1	Begriffsbestimmungen und -definitionen	5
2.2	Fabriklebenszyklus.....	7
2.3	Planungsgrundfälle.....	8
2.3.1	Neuplanung (Greenfield)	8
2.3.2	Umplanung (Brownfield)	8
2.3.3	Rückbau	9
2.3.4	Revitalisierung	9
2.4	Planungsebenen	9
2.5	Ziele der Fabrikplanung.....	11
2.6	Planungsursachen.....	12
2.7	Planungsmitwirkende	13
3	Digitale Fabrik.....	15
3.1	Begriffsdefinitionen.....	16
4	State-of-the-Art	18
4.1	Fabrikplanungsprozesse	18
4.2	Planungsphasen nach VDI 5200.....	20
4.2.1	Zielfestlegung	20
4.2.2	Grundlagenermittlung	22
4.2.3	Konzeptplanung.....	23
4.2.4	Detailplanung.....	25
4.2.5	Realisierungsvorbereitung	28
4.2.6	Realisierungsüberwachung	30
4.2.7	Hochlaufbetreuung	31
4.2.8	Projektabschluss.....	32

4.3	Einordnung des Architekten im Fabrikplanungsprozess.....	34
4.4	Methoden-Übersicht.....	35
4.4.1	Informations- und Datenerhebungsmethoden	35
4.4.1.1	3D-Laserscanning	36
4.4.1.2	Motion-Capturing-Verfahren	37
4.4.1.3	Objektidentifikation mittels RFID.....	37
4.4.1.4	Bestandsaufnahme mittels UAS (Unmanned Aircraft System).....	38
4.4.2	Darstellungs- und Gestaltungsmethoden.....	39
4.4.3	Mathematische Planungs- und Analysemethoden.....	41
4.4.4	Simulationsmethoden	43
4.4.4.1	Finite-Element-Methode (FEM).....	44
4.4.4.2	Mehrkörpersimulation	44
4.4.4.3	Ergonomiesimulation	45
4.4.4.4	Kontinuierliche Systeme	45
4.4.4.5	Zeitgesteuerte Simulation	46
4.4.4.6	Ereignisdiskrete Simulation.....	47
4.4.5	Methoden der künstlichen Intelligenz.....	48
4.4.5.1	Multiagentensysteme MAS	48
4.4.5.2	Neuronale Netze.....	49
4.4.6	Visualisierungsmethoden.....	50
4.4.6.1	Monitoring.....	52
4.4.6.2	2D und 3D Animation.....	53
4.4.6.3	Fabrikplanungstisch.....	54
4.4.6.4	Virtual Reality	55
4.4.6.5	Augmented Reality	56
4.4.7	Kollaborationsmethoden	58
4.4.7.1	Technische Kommunikationsmittel.....	59
4.4.7.2	Gemeinsame Informationsräume und Wissensmanagement.....	59
4.4.7.3	Workflowmanagement und Workgroup Computing	60
4.4.7.4	Projektmanagement.....	61
5	Methodik	63
5.1	Experteninterview.....	63
5.2	Qualitative Inhaltsanalyse	64
5.2.1	Ablauf der qualitativen Inhaltsanalyse	65

5.2.1.1	Initiierende Textarbeit, Markieren wichtiger Textstellen und Schreiben von Memos	66
5.2.1.2	Entwickeln von thematischen Hauptkategorien.....	66
5.2.1.3	Erster Codierprozess: Codieren des gesamten (bis zu diesem Zeitpunkt vorhandenen) Materials mit den Hauptkategorien	68
5.2.1.4	Zusammenstellen aller mit der gleichen Kategorie codierten Textstellen .	69
5.2.1.5	Induktives Bestimmen von Subkategorien am Material.....	69
5.2.1.6	Zweiter Codierprozess: Codieren des kompletten Materials mit den ausdifferenzierten Kategorien.....	70
5.2.1.7	Einfache und komplexe Analysen, Visualisierungen	70
6	Analyse der Experteninterviews.....	72
6.1	Fallzusammenfassungen	72
6.1.1	Interview bei ZKW (aus Sicht eines Kunden).....	72
6.1.2	Interview bei Fraunhofer (aus Sicht eines Beraters)	81
6.1.3	Interview bei ATP (aus Sicht eines Architekten)	87
6.1.4	Interview bei IFP Consulting (aus Sicht eines Beraters)	92
6.1.5	Interview bei Ingenics (aus Sicht eines Beraters)	97
6.2	Hauptkategoriendefinitionen.....	101
6.3	Subkategoriendefinitionen.....	101
6.3.1	Subkategorien zu „Fabrikplanung“	101
6.3.2	Subkategorien zu „Stakeholder“	102
6.3.3	Subkategorien zu „Methoden und Tools“	104
6.3.4	Subkategorien zu „Probleme und Ursachen“	106
6.3.5	Subkategorien zu „Lösungsvorschläge“	108
6.4	Prozessanalyse.....	108
7	Konzepterstellung	109
7.1	Vorbereitung.....	109
7.2	Strukturplanung.....	115
7.3	Detailplanung	119
7.4	Ausführungsplanung	124
7.5	Ausführung.....	127
8	Interpretation der Ergebnisse.....	132
8.1	Resultate der angewendeten Methoden.....	132
8.2	Resultate in Bezug auf die Problemstellung.....	133

8.3	Resultate in Bezug auf die Forschungsfragen.....	135
9	Diskussion und Ausblick	137
9.1	Diskussion der Ergebnisse	137
9.2	Einschränkungen der Ansätze und Ergebnisse.....	137
9.3	Nächste mögliche Schritte zur Weiterentwicklung.....	138
10	Literaturverzeichnis	139
11	Abbildungsverzeichnis.....	147
12	Tabellenverzeichnis.....	149
13	Abkürzungsverzeichnis.....	150
14	Anhang	151

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einleitung in das Themenfeld

Die Fabrikplanung hat in den letzten Jahrzehnten einen hohen Stellenwert in der Industrie erlangt. Die einzelnen Bereiche der zu planenden Fabrik nehmen stetig an Komplexität zu und müssen sich immer schneller an die geforderten Rahmenbedingungen des Wettbewerbs anpassen. Diese Trendentwicklung wirkt sich auf die Fabrikprozesse in Form von permanenten Änderungsanforderungen aus.

Für die Praxis bedeutet dies einen erhöhten Zeitaufwand zur Umplanung und höhere Kosten für Umgestaltungsmaßnahmen. Aus diesem Grund gewinnt der Planungsbereich der Fabrik immer mehr an Bedeutung und Aufmerksamkeit. Es werden heute mehr Zeit und Kosten in die Planung investiert, um möglichen Änderungen oder auftretenden Fehlern, während der Fabrikplanung und des Fabrikbetriebs, entgegen zu wirken. Vorausgesetzt ist, dass der Fabrikplanungsprozess bis zur Umsetzung fehlerfrei umgesetzt wird und dies wird nur erreicht, indem Fachwissen aus allen Bereichen der Fabrik, rechtzeitig in die Planung einfließt.

Infolgedessen entwickeln sich auf der Planungsseite immer mehr Schnittstellen, was die Durchführung der Planung negativ beeinflusst. Durch fehlende Kommunikation und mangelndes Expertenwissen in den notwendigen Phasen entstehen Fehler in der Planung. Das führt zu Fehlerfolgen in der Umsetzung und zu hohen Kosten für Fehlerbewältigungsmaßnahmen.

Im Laufe der digitalen Vernetzung sind eine Vielzahl von Methoden und Werkzeugen entstanden, um die Planung von Fabriken, Produktionsnetzwerken, Lieferketten, usw. zu begünstigen. Aufgrund des Konkurrenzkampfes verschiedener Softwareanbieter entstehen vermehrt Formatierungsschnittstellen zwischen Softwareumgebungen, deren Verknüpfungen ebenfalls bewerkstelligt werden müssen. Das führt zu dem Problem, dass der Fabrikplanungsprozess immer aufwendiger wird, da der Planungshorizont stetig wächst.

Der Begriff der „digitalen Fabrik“ hat sich bereits in unserem digitalen Zeitalter manifestiert und es stellt sich die Frage, in welchem Ausmaß diese Werkzeuge in der heutigen Planung bereits zum Einsatz kommen.

1.2 Problemstellung / Forschungsfragen

Das Thema Fabrikplanung hat sich mittlerweile für Unternehmen zu einem komplexen Unterfangen entwickelt, weil dieser Planungsprozess mit viel

Zeitaufwand, hohen Kapazitäten und Kosten verbunden ist. Die Fabrikplanung wird heute in Form von Projekten durchgeführt. Der Verantwortungsbereich einer Fabrikplanung überschreitet das Expertenwissen eines Projektteams, weshalb die Erleichterung der Kommunikation aller Beteiligten über Fachgrenzen hinweg von hoher Relevanz geprägt ist. Trotzdem sind die häufigsten Ursachen für Probleme innerhalb von Fabrikplanungsprojekten in der Praxis immer noch:

- unzureichende Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Parteien,
- unzureichende Informationsbereitstellung und
- willkürliche Nutzung digitaler Methoden zwischen allen Beteiligten (Schnittstellen).

Das führt zu folgenden Misserfolgen in der Fabrikplanung:

- Wiederaufnahme und Nacharbeit abgeschlossener Projektphasen,
- Verschiebung des Fertigstellungstermins und
- zusätzliche anfallende Kosten, etc.

Der Grund für die Problementstehung ist die sequentielle Abarbeitung von Fabrikprojekten, indem das Projekt von einem Verantwortlichen zum nächsten übertragen wird und die Rücksprache des Projektfortschrittes in unzureichendem Ausmaß erfolgt. Das führt zu der Beschäftigung mit der folgenden Forschungsfrage:

Wie sollte der neue Fabrikplanungsprozess unter Berücksichtigung einer besseren Kommunikation zwischen allen verantwortlichen Schnittstellen und der Einbindung unterstützender Methoden definiert werden?

1.3 Lösungsansatz

Um die Forschungsfrage zufriedenstellend lösen zu können, ist das Ziel dieser Arbeit alle Beteiligten (interne und externe) der Fabrikplanung, frühzeitig in den Fabrikplanungsprozess zu integrieren. Dafür wird die aktuelle Vorgehensweise der Fabrikplanung in Bezug auf ihre Schwachstellen analysiert. Darüber hinaus soll herausgefunden werden, welche digitalen Methoden in der Fabrikplanung zum Einsatz kommen. Die ermittelten Schwachstellen sollen anschließend, durch den Einsatz von geeigneten Methoden und Überarbeitung des Fabrikplanungsprozesses, systematisch abgebaut werden. Das Ziel der Arbeit ist es also, einen zukünftigen, integralen Fabrikplanungsprozess zu generieren. Dafür werden die Vorgehensweise der Fabrikplanung aus der Praxis, sowie die eingesetzten Methoden ermittelt. Der Ist-Zustand aus der Theorie und aus der Praxisanalyse soll mithilfe ermittelter Lösungsvorschläge aus der Praxis, eigenen Verbesserungsmaßnahmen und dem erweiterten Einsatz digitaler Unterstützungsmethoden, schrittweise in einen Soll-Zustand abgeleitet werden.

1.4 Aufbau und Struktur der Arbeit

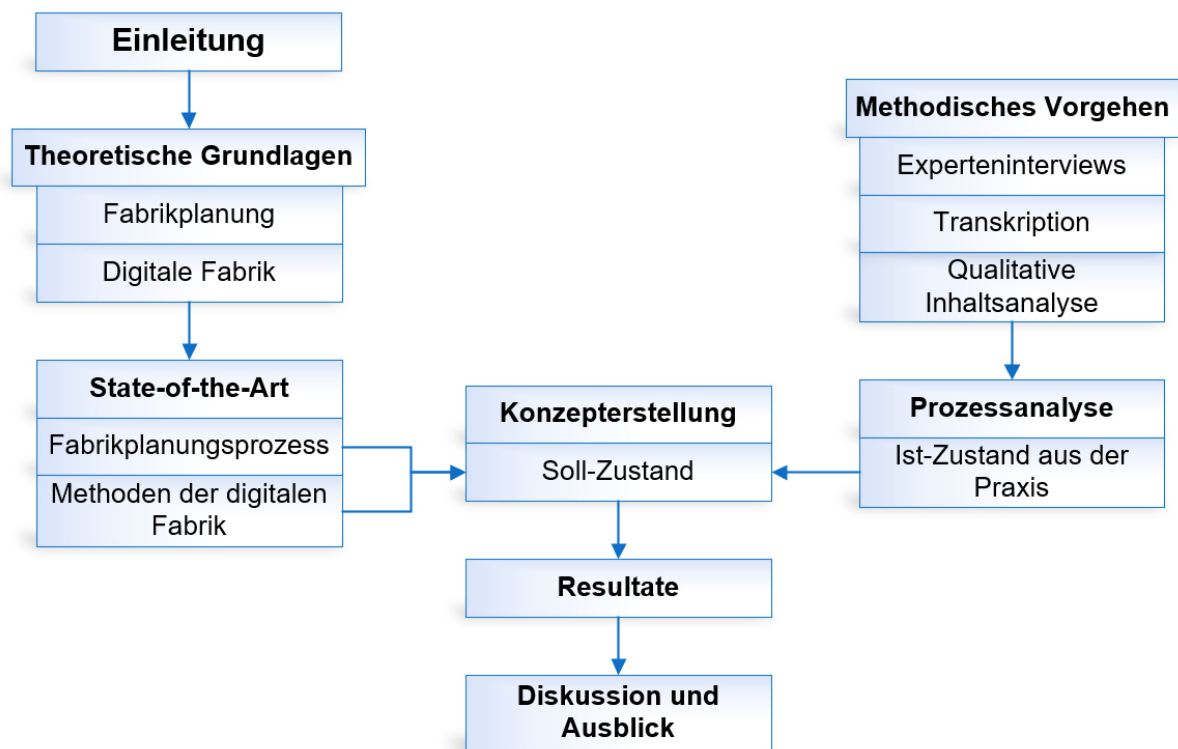


Abbildung 1: Aufbau und Struktur der eigenen Arbeit

Die Arbeit beginnt mit der Einleitung, um dem Leser zuerst das Themenfeld näher zu beschreiben. Nach der Problemstellungsbeschreibung wird der geplante Lösungsansatz erläutert.

Zu Beginn der eigentlichen Arbeit soll eine gründliche Literaturrecherche der theoretischen Grundlagen im Bereich der Fabrikplanung und der digitalen Fabrik durchgeführt werden. Anschließend erfolgt die Literaturrecherche vorhandener Fabrikplanungsprozesse sowie die im Zuge der Digitalisierung entstandenen Methoden der „digitalen Fabrik“.

Im praktischen Teil der Arbeit sollen Schwachstellen bzw. Probleme bezüglich des Fabrikplanungsprozesses durch die Durchführung von Experteninterviews aufgedeckt werden. Die digitale Fabrik bietet uns heute eine breite Anzahl von Werkzeugen (z.B. Analyse-, Simulations-, Kommunikationstools, etc.). Die Aufgabe ist es die ermittelten Probleme aus den Experteninterviews zu analysieren und anschließend die Schwachstellen des momentanen Fabrikplanungsprozesses durch Lösungsvorschläge aus den Interviews, eigene Verbesserungsmaßnahmen, geeignete Tools und dem Umdenken der Organisation, systematisch weiterzuentwickeln. Anschließend soll das neue Konzept mit dem alten verglichen und auf Basis der Experten interpretiert werden. Im Anschluss wird das Ergebnis kritisch hinterfragt, um weitere Verbesserungspotentiale zu identifizieren und Aussichten in Bezug auf die Zukunft zu geben.

2 Fabrikplanung

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für die Fabrikplanung, durch Literaturrecherche ermittelt. Angefangen mit einem kleinen Ausflug in die Vergangenheit zu den Wurzeln der Fabrikplanung, gefolgt von Begriffsdefinitionen und Komplikationen, welche sich aus dem Fabriklebenszyklus ergeben. Weiters werden die Planungsgrundfälle aufbereitet, welche sich im Laufe der Zeit herauskristallisiert haben. Abschließend werden die Ziele und die Ursachen der Fabrikplanung erläutert. Das Kapitel schließt mit den Planungsmitwirkenden ab.

Die Wurzeln der Fabrikplanung gehen zurück bis in die 1920-er Jahre. Im Jahr 1925 definierte das RKW (Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Industrie und Handwerk) den Begriff „Rationalisieren“, als Erfassung und Anwendung aller Mittel, welche durch die planmäßige Ordnung und die Technik, zur Anhebung der Wirtschaftlichkeit angeboten werden. Der Grund dafür war die Steigerung des Volkswohlstandes durch Vermehrung, Verbesserung und Kostenreduktion der produzierten Güter. Dies löste damals eine organisationsbezogene Rationalisierungsbewegung aus, die vor allem auf eine Strukturierung der Arbeitswelt gerichtet war. Demzufolge entwickelte sich eine schärfere Trennung des Produktionsbetriebes von der Produktionsvorbereitung, weshalb der Planungsbereich zum ersten Mal eine Eigendynamik erhielt.¹ Mitte des 20. Jahrhunderts diente der Fabrikbetrieb nicht mehr ausschließlich dem technologischen und wirtschaftlichen Fortschritt unserer Industriegesellschaft, sondern als Objekt der Forschung und Entwicklung. Die Aufgabe der Fabrikwissenschaften beschäftigte sich von dem Zeitpunkt an, mit der Erforschung betriebener Fabriken und mit der Entwicklung von Modellen, für eine optimale Fabrikgestaltung.²

¹ vgl. Spur (1994), S. 7

² vgl. ebenda, S. 12

2.1 Begriffsbestimmungen und -definitionen

Der Begriff Fabrikplanung setzt sich aus den Worten „Fabrik“ und „Planung“ zusammen. Vor 1984 existierte laut Kettner keine eindeutige und allgemeingültige Definition des Begriffes „Fabrik“. Er beschrieb die Fabrik folgendermaßen:³

Eine Fabrik ist ein industrieller Industriebetrieb, d.h. nach dem Prinzip der Arbeitsteilung arbeitender gewerblicher Produktionsbetrieb, dessen Zielsetzung die Gewinnung, Veredelung oder Verarbeitung von Stoffen zur Erzeugung von Konsumgütern oder von Produktionsmitteln ist.

1985 definierte der Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation den Begriff Planung wie folgt:⁴

„Planen ist das systematische Suchen und Festlegen von Zielen sowie von Aufgaben und Mitteln zum Erreichen der Ziele.“

Als ein herausragender Vertreter für die Epoche des 20. Jahrhunderts, befasste sich Rockstroh mit der technologischen Betriebsprojektierung. Das Projektieren ist eine wesentliche Voraussetzung, um die Qualität der Prozesse für die materielle Produktion zu gewährleisten. Außerdem ist sie als komplexe Tätigkeit immer auf die Zukunft orientiert und wurde folgendermaßen definiert:⁵

Das **Projektieren** bezeichnet die vorbereitenden Arbeiten des Analysierens, des Vorausdenkens, des Entwerfens und Darstellens von Anlagenkomplexen. Diese schlagen sich einerseits in zwei oder drei dimensional, konstruktiv-bildlichen Darstellungen oder andererseits in textlichen Bezeichnungen, Erläuterungen und Berechnungen nieder.

Auch Kettner hatte eine ähnliche Ansicht, dass die Planung eine wesentliche Voraussetzung für die Funktionstüchtigkeit und den Nutzwert, für eine zu realisierende Fabrik, stellt. Er beschrieb die Aufgabe der Fabrikplanung, als das Schaffen von Voraussetzungen, um unter Berücksichtigung zahlreicher Rahmen- und Randbedingungen, die betrieblichen Ziele sowie die sozialen und die volkswirtschaftlichen Funktionen einer Fabrik zu erfüllen.⁶

2009 erarbeitete der Verein Deutscher Ingenieure die Richtlinie VDI 5200, um eine zeitgemäße, methodisch abgesicherte Fabrikplanung zu ermöglichen. 2011 veröffentlichten sie eine überarbeitete Version dieser Richtlinie. Da sie die aktuellsten Definitionen im Rahmen der Fabrikplanung enthält und viele nennenswerte Autoren

³ vgl. Kettner; Schmidt; Greim (1984)

⁴ REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. (1985), S. 18

⁵ vgl. Rockstroh (1977), S. 11ff

⁶ vgl. Kettner; Schmidt; Greim (1984), S. 3

wie Grundig⁷, Schenk⁸, Bracht⁹, Pawellek¹⁰, etc. von diesem Gebrauch machen, werden die benötigten Begriffe aus dieser entnommen:¹¹

- **Produktion**

Alle erforderlichen Tätigkeiten, welche zur betrieblichen Leistungserstellung unmittelbar an der Produktherstellung beteiligt sind. Umfasst werden insbesondere die Prozesse Arbeitsplan erstellen, Konstruieren, Fertigen, Montieren, Lagern, Transportieren, Prüfen, Planen, Steuern, Waren vereinnahmen und versenden sowie Hilfsprozesse wie Instandhalten.

- **Fabrik**

„Ort, an dem Wertschöpfung durch arbeitsteilige Produktion industrieller Güter unter Einsatz von Produktionsfaktoren stattfindet.“¹²

- **Planung**

„Gedankliche Vorwegnahme eines angestrebten Ergebnisses einschließlich der zur Erreichung als erforderlich erachteten Handlungsabfolge.“¹³ Zudem soll in vorgegebener Zeit, unter Berücksichtigung aller wichtigen Einflussfaktoren und vorgegebenen Kosten, die dazu notwendigen Entscheidungen vorbereitet werden.

- **Fabrikplanung**

„Systematischer, zielorientierter, in aufeinander aufbauende Phasen strukturierter und unter Zuhilfenahme von Methoden und Werkzeugen durchgeführter Prozess zur Planung einer Fabrik von der Zielfestlegung bis zum Hochlauf der Produktion.“¹⁴ Eine folgende Anpassung im laufenden Betrieb ist genauso Inhalt der Fabrikplanung, weshalb der Fabrikplanungsprozess aus unterschiedlichen Anlässen angestoßen werden kann. Er umfasst zudem verschiedene Planungsfälle. Die Erarbeitung von Aufgaben, erfolgt in Form von Projekten durch ein Team. Mithilfe von Methoden des Projektmanagements, werden die Aufgaben gesteuert.

⁷ vgl. Grundig (2018), S. 11

⁸ vgl. Schenk; Wirth; Müller (2014), S. 28

⁹ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 28

¹⁰ vgl. Pawellek (2014), S. 6

¹¹ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 3f

¹² Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 3

¹³ ebenda, S. 4

¹⁴ ebenda, S. 3

2.2 Fabriklebenszyklus

Der Lebenslauf einer Fabrik wird durch ein sehr turbulentes Umfeld beeinflusst. Aber auch Bausubstanzen und verändernde Klimabedingungen wirken sich auf den Lebenslauf der Fabrik aus. Zum Beispiel haben Tragwerke gegenüber Böden oder Gebäudehüllen, ohnehin verschiedenen Lebensdauern und letzteres kann zum Beispiel durch Gewitter beschädigt werden.¹⁵ Primär hängt der Fabriklebenszyklus von den Lebenszyklen der Produkte und Prozesse, mit ihren Maschinen und Anlagen ab, welche sich bis hin zum Gebäudelebens- und Flächennutzungszyklus auswirken. Stärker differenziert, beinhalten Produkt- und Prozesslebenszyklen wiederum Betriebsmittelzyklen, mit unterschiedlichen Zyklen der Anlagen für die Flüsse (z.B. Energie, Material, Information).

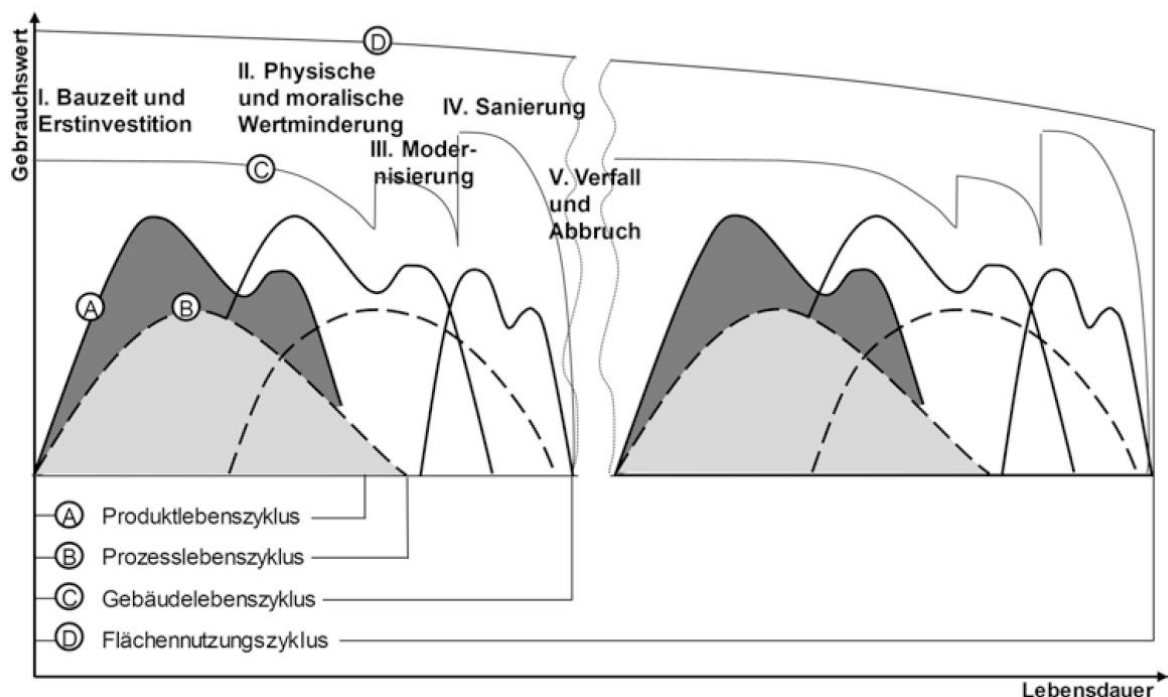


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Produkt-, Prozess-, Gebäudelebens- und Flächennutzungszyklus¹⁶

In Abbildung 2 werden die unterschiedlichen Lebenszyklen verdeutlicht. Der Produktlebenszyklus (A) wird in Abhängigkeit vom Kundenwunsch, Produkt und Branche immer kürzer. Der Prozesslebenszyklus (B) passt sich dem Produktlebenszyklus an und kann auch für mehrere ausgelegt sein. Folglich wirkt er auf das Produktionssystem. Der Gebäudelebenszyklus (C) hat sich den Änderungen des Produktionssystemlebenszyklus anzupassen und ist somit nach dem Prozesslebenszyklus ausgelegt. Der Flächennutzungszyklus (D) orientiert sich am Flächenrecycling, d.h. an der Wiederverwertung sanierter Flächen. Die

¹⁵ vgl. Dombrowski; Ernst; Reimer (2018), S. 54; vgl. Müller; Engelmann; Löffler; u. a. (2009), S. 53

¹⁶ Schenk; Wirth; Müller (2014), S. 148

Herausforderung besteht darin, diese unterschiedlichen Zyklen innerhalb einer Fabrik zu beherrschen und zu synchronisieren. Dies kann nur erreicht werden, wenn eine permanente Anpassung erfolgt.¹⁷ Diese Entwicklung stellt die Planung und Optimierung von Fabriken, Fabrikstandorten, Prozessen, Maschinen, Einrichtungen und der betrieblichen Organisation in den Mittelpunkt.¹⁸

2.3 Planungsgrundfälle

Aus dem Fabriklebenszyklus lassen sich folgende Planungsgrundfälle ableiten, welche sich hinsichtlich Aufgabencharakter, Problemumfang, Schwierigkeitsgrad, Lösungskonzepten und -freiräumen sowie speziellen Inhalten der Planungsmethodik unterscheiden.¹⁹

2.3.1 Neuplanung (Greenfield)

Das ist der klassische Grundfall der Fabrikplanung. Eine Fabrik wird von Grund auf, unter Beachtung baulicher Restriktionen wie Gelände und vorhandene Infrastruktur, neu geplant. Als Synonym für die Neuplanung wird oft der Begriff „Greenfield“ verwendet, weil die Planung der Fabrik, bildhaft auf einer „grünen Wiese“ ohne vorhandener Bausubstanz, durchgeführt wird. Aufgrund zahlreich, existierender Fabriken ist die Durchführung der Neuplanung, in ihrer Häufigkeit begrenzt. Durch die Globalisierung von Märkten und Standorten, ist eine zunehmende Anwendung dieses Grundfalls, wieder deutlich erkennbar.

2.3.2 Umplanung (Brownfield)

Dieser Grundfall ist der häufigste, vorkommende Grundfall in der Fabrikplanung und stellt somit eine betriebliche Daueraufgabe dar. Eine bestehende Fabrik wird unter Berücksichtigung vorhandener Produktionsfaktoren und Restriktionen des laufenden Fabrikbetriebs, an die bestehenden Anforderungen angepasst. Dies kann durch eine Modernisierung bzw. Neustrukturierung, Erweiterung oder Produktionsoptimierung, einer vorhandenen Fabrik, erreicht werden. Die Erweiterung führt zur Intensivierung der Raum- und Flächennutzung und kann im Extremfall, den vorhandenen Standort in Frage stellen. Der Grundfall wird somit um die Planungsaufgaben der Neuplanung ergänzt, um den Fabrikerweiterungskomplex an einem neuen Standort zu errichten.

¹⁷ vgl. Schenk; Wirth; Müller (2014), S. 147f; vgl. Wirth; Schenk; Müller (2012), S. 2

¹⁸ vgl. Landherr; Neumann; Volkmann; u. a. (2013), S. 163

¹⁹ vgl. Grundig (2018), S. 17ff; vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 4

2.3.3 Rückbau

Eine bestehende Fabrik befindet sich am Ende ihres Lebenszyklus. Dieser ist durch kontinuierlichen Rückgang des Umsatzes, Abbau der Fertigungstiefe oder Auslagerung von Produktionsstufen erkennbar. Gibt es keine Alternativen mehr die Fabrik wirtschaftlich zu betreiben²⁰, wird die Fabrik stillgelegt und demontiert, um die Fläche für zukünftige Verwendungen vorzubereiten.

2.3.4 Revitalisierung

Eine stillgelegte Industriebrache wird für eine industrielle Nutzung wiederaufbereitet und in Betrieb genommen. Der Vorteil gegenüber Neuplanungen ist, dass die Flächen sofort zur Verfügung stehen und nicht erst baulich geplant werden müssen. Allerdings ist darauf zu achten, dass die erneute Inwertsetzung nicht mit höheren Kosten und Planungsaufwand als einer Neuplanung verbunden ist.²¹

Sinngemäß unterscheiden sich die Planungsgrundfälle zwischen unterschiedlichen Autoren nicht. Allerdings werden in anderen Werken die Grundfälle stärker untergliedert. Grundig trennt die genannte Umplanung weiter in Erweiterung und Um- und Neugestaltung bestehender Fabriken auf.²² Helbing beschreibt sogar 10 verschiedene Planungsgrundfälle und gliedert sie in die Schwerpunkte Neuprojektierung, Anpassungs-, Rekonstruktions- und Außerbetriebnahmeprojektierung.²³ Laut Helbing werden sich, im Laufe der Zeit, die verschiedenen Grundfalldefinitionen vereinheitlichen.²⁴

2.4 Planungsebenen

Die Planungsebene ist neben dem Planungsgrundfall ein wichtiges Differenzierungsmerkmal für eine Fabrikplanungsaktivität. Sie ist als Aggregationsstufe während der Planung zu verstehen, um die Transparenz des Planungsobjektes zu erhöhen und die Komplexität zu reduzieren. Die Planungsebenen werden hierarchisch vertikal aufgegliedert und reichen vom Arbeitsplatz bis hin zum Produktionsnetzwerk.²⁵ Folgende fünf Planungsebenen werden in einer Fabrikplanung unterschieden:²⁶

²⁰ vgl. Dombrowski; Ernst; Reimer (2018), S. 71

²¹ vgl. Strunz (2003), S. 8

²² vgl. Grundig (2018), S. 18

²³ vgl. Helbing; Mund; Reichel (2010), S. 89f

²⁴ vgl. Helbing; Mund; Reichel (2018), S. 86

²⁵ vgl. Dombrowski; Ernst; Reimer (2018), S. 55; vgl. Grundig (2018), S. 15

²⁶ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 7

1. Arbeitsplatz

„Elementarer Produktionsbereich mit Betriebsmitteln und Nebeneinrichtungen.“²⁷

2. Segment

„Geschlossener Produktionsbereich bestehend aus mehreren Arbeitsplätzen mit definierten Produktionsaufgaben.“²⁸

3. Gebäude

„Architektonisch-räumlich geschlossener Produktionsbereich mit definierten, nicht unbedingt abgeschlossenen Produktionsaufgaben“²⁹. Diese Definition bezeichnet den Begriff „Fabrik“. Es kann aus mehreren Segmenten, einem Teilsegment, oder mehreren Teilsegmenten bestehen.

4. Werk

„Örtlich-räumlich geschlossener Produktionsbereich mit definierten Produktionsaufgaben an einem Standort.“³⁰ Ein Werk kann aus mehreren Gebäuden bestehen, welche interne Wegnetze, Außenanlagen und Verbindungen zu werksexterner Infrastruktur beinhalten kann.

5. Produktionsnetz

„Lokal, regional, überregional oder international konfigurierter Verbund von Standorten eines oder auch mehrerer Unternehmen.“³¹

Die Fabrik wird folglich durch die Planungsebenen Arbeitsplatz, Segment und Gebäude, bei direkter funktionaler Verknüpfung zum Werk und Produktionsnetz gebildet. Unter dem Aspekt der Wertschöpfung ist die Fabrik, nicht als isolierte Einheit zu betrachten. Sie bildet einen Wertschöpfungsknoten im gesamten Wertschöpfungsprozess und ist somit Teil eines Wertschöpfungsnetzes, welches durch ständige Fragmentierung und Neukonfiguration geprägt ist.³²

²⁷ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 7

²⁸ ebenda

²⁹ ebenda

³⁰ ebenda

³¹ ebenda

³² vgl. Grundig (2018), S. 15

2.5 Ziele der Fabrikplanung

Die Ziele einer Fabrik leiten sich aus den Unternehmenszielen und Rahmenbedingungen ab, anhand welcher sich die Fabrikplanung orientiert.³³ Das Ziel der Fabrikplanung ist somit die Gestaltung einer effizienten und effektiven Fabrik, um wettbewerbsfähige Produkte und Dienstleistungen generieren zu können. Dabei müssen aktuelle und zukünftige ökologische, ökonomische, gesellschaftliche und rechtliche Anforderungen berücksichtigt werden.³⁴ Grundig teilt diese Anforderungsfelder in 4 Hauptgebiete:³⁵

1. Sicherung einer hohen **Wirtschaftlichkeit**

Die Sicherung einer hohen Wirtschaftlichkeit beschreibt im Allgemeinen die Steigerung des Gewinnes. Produkte sind, unter Vermeidung nicht wertschöpfender Tätigkeiten, termin- und qualitätsgerecht herzustellen. Essenziell dafür ist eine Minimierung von Durchlaufzeiten und Beständen sowie eine hohe Auslastung von Maschinen und Anlagen, Flächen und Personal. Dies kann durch einen logistikgerechten Produktions- und Materialfluss gewährleistet werden.

2. Sicherung einer hohen **Flexibilität und Wandlungsfähigkeit**

Die Sicherung einer hohen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit beschreibt die permanente Anpassung von Ausrüstungen, Prozesse, Raumstrukturen, Gebäudesysteme, Organisationslösungen, an die Turbulenz innerer (z. B. Produktanlauf) und äußerer Einflüsse (z. B. Absatzschwankungen).

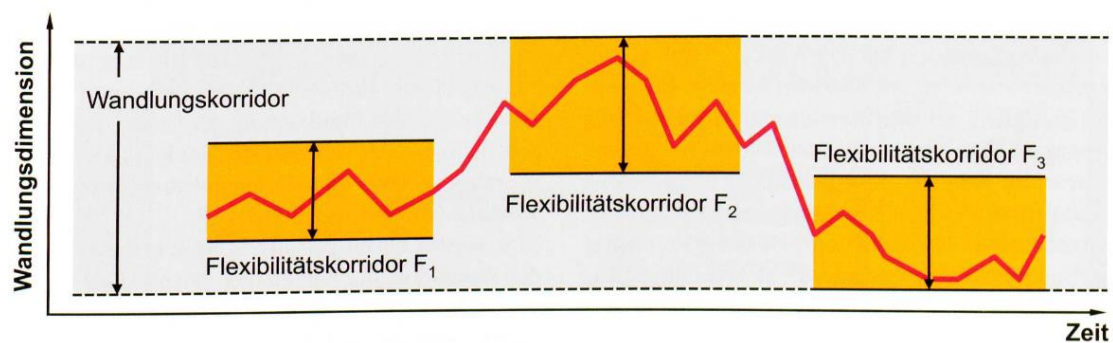


Abbildung 3: Gegenüberstellung Flexibilität und Wandlungsfähigkeit³⁶

Die Flexibilität beschreibt die Möglichkeit auf Veränderungsimpulse reagieren zu können ohne Um- oder Rückbau des Systems. Das System wird in Abbildung 3 durch Flexibilitätskorridore F₁ bis F₃ beschrieben. Werden diese Grenzen durch größere Schwankungen überschritten, muss sich das System wandeln, um den Anforderungen gerecht zu werden. Die Wandlungsfähigkeit

³³ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 5

³⁴ vgl. Hopf; Müller (2016), S. 19

³⁵ vgl. Grundig (2018), S. 12

³⁶ Wiendahl; Reichardt; Nyhuis (2014), S. 129

beschreibt den vorgedachten Lösungsraum innerhalb dessen sich das System verändern kann. Weil die Möglichkeiten zur Veränderung begrenzt sind, wird der Lösungsraum durch einen Wandlungskorridor dargestellt, welcher stets durch Rück- und Umbauoptionen gekennzeichnet ist.³⁷

3. Sicherung einer hohen **Attraktivität**

Die Sicherung einer hohen Attraktivität wird aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet. Mitarbeiter sollen durch humane Arbeitsplatzgestaltung, Entlohnungs- und Sozialbedingungen motiviert werden. Weiters muss die moderne Fabrik ökologische Kriterien in Bezug auf geringere Umweltbelastungen erfüllen. Auch das Erscheinungsbild der Außenhülle einer Fabrik ist heute maßgebend für eine erfolgreiche Mitarbeiterrekrutierung. Somit wird ein hoher Wert auf eine moderne, ästhetische Gebäudearchitektur gelegt.

4. Sicherung einer hohen **Energie- und Ressourceneffizienz**

Die Sicherung einer hohen Energie- und Ressourceneffizienz hat in den letzten Jahren eine deutliche Erweiterung erfahren. Als Gründe dafür können die dramatisch steigenden Energiepreise und Energienachfrage der letzten Jahre genannt werden. Diese Entwicklung führt viele Unternehmen zu einer Sensibilisierung und einer intensiven Beschäftigung mit dem Thema Energieeffizienz. Das Ziel einer energieeffizienten Fabrik ist die Herstellung von Produkten oder Dienstleistungen mit einem möglichst geringen Energieeinsatz.³⁸

2.6 Planungsursachen

Die Ursachen für eine Fabrikplanung sind veränderte Bedingungen innerhalb der Fabrik, oder veränderte Bedingungen von außen an die Fabrik, durch das eigene Unternehmen oder durch andere Beteiligte innerhalb des Unternehmensumfelds.³⁹

- **Fabrikinterne** Planungsursachen sind z.B. organisatorische Änderungen, neue Produktionstechnologien oder Verschleiß vorhandener Fabrikaurüstung.
- **Unternehmensinterne** Planungsursachen sind z.B. Veränderung der Unternehmensstrategie oder neue Produktentwicklung.
- **Unternehmensexterne** Planungsursachen sind z.B. gesetzliche Vorgaben, veränderte Marktsituation, Veränderungen am Arbeitsmarkt oder spezifische Kundenwünsche.

³⁷ vgl. Wiendahl; Reichardt; Nyhuis (2014), S. 128

³⁸ vgl. Müller; Engelmann; Löffler; u. a. (2009), S. 1f

³⁹ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 4

2.7 Planungsmitwirkende

Die Fabrikplanung ist durch komplexe Problemstellungen gekennzeichnet und kann nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Fabrik- und Fachplanern gelöst werden. Für dieses Unterfangen sind die richtigen Mitarbeiter mit der benötigten Kompetenz, für ein zeitlich begrenztes und verschiedenartiges Planungsprojekt zusammenzuführen. Nur so kann die Partizipation der Mitarbeiter zu einer höheren Planungsqualität und zu einer verkürzten Planungszeit führen. Viele Planungsvorgehen basieren auf dem Grundgedanken des Systems Engineering, welches die enge Verknüpfung von Systemgestaltung und Projektmanagement beschreibt. Die Aufgabe der Fabrikplaner ist es, die Fabrik ganzheitlich zu betrachten und systematisch in Teilbereiche zu zerlegen. Anschließend teilen sie die entsprechenden Fachplaner, den jeweiligen Aufgabenstellungen im Planungsprozess zu. Jeder Fachplaner verfügt über spezielles Wissen und Verantwortung für seinen konkreten Aufgabenbereich (z.B. Gebäude, Anlagen, Ausrüstungen, etc.). Um die Komplexität der Fabrik beherrschen zu können, gehen die Bemühungen dahin, den Planer mit Hilfe systematischer Vorgehensweisen und Instrumentarien zu unterstützen. Durch ein zugrunde liegendes Phasen- bzw. Prozessmodell kann dem Planer mit geeigneten Methoden, Wissen, Daten und Informationen assistiert werden. Aufgrund der Einflussmöglichkeiten in frühen Planungsphasen wird der Zusammenführung verschiedener Fachrichtungen eine hohe Bedeutung zugesprochen, weil gerade hierfür das Fachwissen aller Planungsbeteiligten eingebracht werden muss.⁴⁰

Folgende Planungsmitwirkende sind neben den Planungsingenieuren in das Fabrikplanungsteam einzubeziehen:⁴¹

- Mitarbeiter der Arbeitsvorbereitung
- Mitarbeiter der Organisationsbereiche (Steuerungs- und Informationstechniken, ERP/PPS-Anwendung)
- Mitarbeiter kaufmännischer Bereiche (Finanzierungsmanagement, Kostenanalysen, Investitionsrechnungen)
- Industriearchitekten, Bauingenieure (Hochbau/Tiefbau)
- Spezialisten für Sondergewerke (z. B. Arbeitssicherheit, Heizungstechnik, Klimatisierung, Lüftungstechnik, Ver- und Entsorgungstechniken)
- Spezialisten für Planungs- und Entscheidungstechniken (z. B. Anbieter von Bau- und Montageablauf-Managementsystemen, Anbieter von Simulationstechniken für Fabrik- und Materialflussprozesse).

⁴⁰ vgl. Dombrowski; Ernst; Riechel (2011), S. 697; vgl. Hopf; Müller (2016), S. 20f; vgl. Pawellek (2014), S. 12

⁴¹ vgl. Grundig (2018), S. 19

In den Fällen baurelevanter Planungsobjekte ist es für den Planungsablauf wichtig, die Industriearchitekten frühzeitig als Mitglied des Planungsteams für Ablauf und Gewerke einzubinden. Die Leistungsphasen sind gemäß der „HOAI-Objektplanung“ in den Fabrikplanungsablauf einzuordnen.

Die jüngsten Ereignisse zeigen auf, dass der Fabrikplanungsprozess immer mehr ein transparenter Kommunikationsprozess der beteiligten Partner ist.⁴² Dazu schlägt Prof. H. Schulte für den zukünftigen Fabrikplanungsprozess folgendes vor:⁴³

„Wie wäre es, wenn bei einer komplexen Fabrikplanungsaufgabe der Unternehmer/Auftraggeber Einladungen an eine (beliebige) Zahl von Experten aussprechen würde, die mit eigenen, verschiedenen Ideen, Methoden und Lösungen gleichzeitig in einem Projektraum (real oder virtuell) arbeiten bis eine gemeinsame Lösung gefunden wird und sozusagen weißer Rauch aufsteigt?“

⁴² vgl. Wirth; Schenk; Müller (2012), S. 5

⁴³ Schenk; Wirth; Müller (2014), S. 30

3 Digitale Fabrik

Der Begriff der digitalen Fabrik (DF) hat im Zeitalter der Digitalisierung einen signifikanten Aufschwung erhalten. Durch exponentiell wachsende Rechnerleistung, ständig steigende Bandbreiten der Datenübertragung und scheinbar unlimitierten Speicherplatz der Cloud und Datenbanken, entstehen laufend neue IT-Methoden und IT-Werkzeuge zur Unterstützung der Fabrikplanung. Diese Digitalisierungswelle hat sich in der heutigen Industrie unter dem Synonym „Industrie 4.0“ für die vierte industrielle Revolution etabliert. Diese Initiative stellt vor allem die digital vernetzte Wertschöpfung vom Produktentwurf über die Produktions- und Fabrikgestaltung bis hin zum Fabrikbetrieb in den Mittelpunkt.⁴⁴ Die Anforderungen an moderne Produktionsstätten werden, seit dem Beginn des 21. Jahrhunderts, zunehmend komplexer und die Produktentwicklungszeiten immer kürzer. Aus diesem Grund haben Planer immer weniger Zeit, optimale Produktionssysteme zu planen. Gleichzeitig fordern gestiegene Umweltschutzanforderungen, eine intelligente und integrierte Planung von Gebäuden und Anlagen. Zur Bewältigung dieser Problemstellungen sind in den vergangenen Jahren viele IT-Methoden und IT-Werkzeuge entstanden, wodurch die Planungsqualität und die Planungsgeschwindigkeit deutliche Verbesserungen aufzeigen. Herkömmliche Planungs- und Steuerungsmethoden verlieren zunehmend an Bedeutung. Moderne APS-Systeme werden unterstützend für den Bereich Planung und Steuerung eingesetzt sowie vernetzte, automatisierte und flexible Maschinen zur Verbesserung der Flexibilität. Der Begriff „Industrie 4.0“ oder „Internet of Things“ umfasst die digitale Vernetzung aller Lösungselemente und der Begriff „digitale Fabrik“ beschreibt die Integration dieser, in ein Fabriksystem und bildet alle Aspekte einer Fabrik als digitales Modell ab. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen die Planungssystematiken erweitert und die Projektmanagementmethoden angepasst werden. Ziel ist es, alle relevanten Stakeholder frühzeitig in das Projekt zu integrieren und zu synchronisieren. Hier inbegriffen sind die Produktionssystemplanung, die Betriebsmittelplanung, die IT-Systemplanung, die Gebäudeplanung mit den zuständigen Fachplanern sowie die Mitarbeiter des Betriebs, externe Gutachter und Behörden.⁴⁵

⁴⁴ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018)

⁴⁵ vgl. Kerkenberg (2016), S. 104f; vgl. Schenk; Wirth; Müller (2014), S. 90

3.1 Begriffsdefinitionen

Auch hier haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Definitionen der digitalen Fabrik gebildet. Einer der ersten Definitionen aus der Literatur definiert die DF als rechnerunterstützte Abbildung aller Gestaltungsmerkmale und Prozesse der Fabrik. Unter Verwendung realer Planungsdaten wird die DF als ein virtuelles, zu betreibendes Modell verstanden. Neben den Kerngeschäftsprozessen umfasst die Abbildung alle Querschnittsfunktionen und insbesondere die organisatorischen, technischen und baulichen Ressourcen. Darunter fällt die gesamte Aufbau- und Ablauforganisation sowie die technische und bauliche Infrastruktur.⁴⁶ Ein relevanter Schwerpunkt ist die Verknüpfung von Simulationstechnologien über verschiedene Unternehmensebenen hinweg. Ziel ist es, dass durch die gemeinsame Datennutzung, Synergieeffekte zwischen den einzelnen Anwendungsbereichen entstehen.⁴⁷ Um Klarheit in der Begriffswelt zu schaffen, definierte der VDI-Fachausschuss in der VDI-Richtlinie VDI 4499 den Begriff „digitale Fabrik“ folgendermaßen:

- **Digitale Fabrik**

„Die Digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u. a. der Simulation und der dreidimensionalen Visualisierung –, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden.

Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt.“⁴⁸

- **Modell**

„Vereinfachte Nachbildung eines geplanten oder existierenden Systems mit seinen Prozessen in einem anderen begrifflichen oder gegenständlichen System. Es unterscheidet sich hinsichtlich der untersuchungsrelevanten Eigenschaften nur innerhalb eines vom Untersuchungsziel abhängigen Toleranzrahmens vom Vorbild.“⁴⁹

- **Methode**

Eine Methode bezeichnet eine „systematische zielgerichtete Vorgehensweise, sowie ein durchdachtes Verfahren, welches für eine Vielzahl von Problemen zu einer sinnvollen Lösung führt.“⁵⁰

⁴⁶ vgl. Dombrowski; Bothe; Tiedemann (2001), S. 97

⁴⁷ vgl. Bley; Franke (2001)

⁴⁸ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2008), S. 3

⁴⁹ ebenda

⁵⁰ Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 86

- **Werkzeug**

„Ein IT-gestütztes Werkzeug (Softwareprogramm, auch Anwendungsprogramm oder kurz Anwendung genannt) stellt die softwaretechnische Implementierung einer Methode oder einer Kombination von mehreren Methoden dar, um diese rechnergestützt einsetzen zu können.“⁵¹

⁵¹ Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 87

4 State-of-the-Art

4.1 Fabrikplanungsprozesse

Die praxisorientierte Forschung verfolgt das Ziel, die Differenz zwischen Theorie und Praxis aufzulösen. Es wird eine Systemgestaltung aus den theoretischen Grundlagen für die Fabrikplanung geschaffen.⁵² Planungsprozesse helfen Planungsinhalte in einen logisch-strukturierten Ablauf zu setzen, welche in konkreten Fabrikplanungsprojekten, handlungsleitend eingesetzt werden können. Daraus können Projektpläne, einschließlich konkreter Aufgaben abgeleitet werden. In den letzten Jahren hat die Forschung der Fabrikplanung verschiedene Vorgehensmodelle hervorgebracht. Obwohl sich die Prozessschritte bei verschiedenen Autoren hinsichtlich Untergliederung und Benennung unterscheiden, hat sich doch ein gemeinsames Verständnis in Bezug auf die Aufgabenumfänge der Fabrikplanung herausgebildet.⁵³ Grundlegend für das Planungsvorgehen sind die Planungsphasen Zielplanung, Konzeptplanung (Kernaufgabe der Fabrikplanung) und Ausführungsplanung.⁵⁴ Schuh beschäftigte sich mit den Prozessabläufen verschiedener Autoren und stellte sie in einem gemeinsamen Prozess dar. Die Einteilung erfolgt in fünf übergeordnete Hauptphasen Vorbereitung, Strukturplanung, Detailplanung, Ausführungsplanung und Ausführung.⁵⁵ Möhrle erweiterte diese Darstellung in Abbildung 4 durch aktuellere Ansätze weiterer Autoren. Er betont außerdem, dass die dargestellten Inhalte aufgrund ihres normativen Charakters, der VDI-Richtlinie VDI 5200 folgen.⁵⁶ Der VDI Fachausschuss „Fabrikplanung“ hat die relevanten Erkenntnisse sowie das Planungsvorgehen systematisch aufbereitet und zur Diskussion gestellt. Somit wurde eine gute Grundlage für Fabrikplanungsprojekte im Anwendungsbereich der Produktion von Stückgütern geschaffen.⁵⁷

⁵² vgl. Schuh; Gottschalk; Lösch; u. a. (2007), S. 2

⁵³ vgl. Möhrle (2018), S. 32f

⁵⁴ vgl. Aggteleky (1987), S. 33; vgl. Schmigalla (1995), S. 93

⁵⁵ vgl. Schuh; Gottschalk; Lösch; u. a. (2007)

⁵⁶ vgl. Möhrle (2018), S. 33

⁵⁷ vgl. Wirth; Schenk; Müller (2012)

Autor	Vorbereitung	Strukturplanung	Detailplanung	Ausführungsplanung	Ausführung
GRUNDIG (2015)	Zielplanung Vorplanung	Grobplanung Gestaltung	Feinplanung	Ausführungsplanung	Ausführung
SCHENK (2014)	Vorplanung	Hauptplanung	Detailplanung	Realisierungsplanung Erprobungsplanung Inbetriebnahmeplan.	Anfahren
VDI 5200 (2011)	Zielfestlegung Grundlagenermittlung	Konzeptplanung	Detailplanung	Realisierungsvorbereitung	Realisierungsüberw. Hochlaufbetreuung Projektabschluss
PAWELLEK (2008)	Strategieplanung	Strukturplanung	Systemplanung	Ausführungsplanung	Inbetriebnahme
FELIX (1998)	Analyse Projektinitiative Zielplanung	Konzeptplanung		Projektplanung Aus-schreibung Realisierung	Inbetriebnahme Dokumentation Bewirtschaftung
WIENDAHL (1996)	Zielplanung Betriebsanalyse	Prinzipplanung Dimensionierung	Idealplanung Realplanung	Ausführungsplanung	
AGGTELEKY (1987)	Initiative Vorarbeit Aufstellung	Betriebsanalyse Feasibilitystudie Bericht	Genehmigung Detailplanung und Ausführungsplanung		Inbetriebnahme
REFA (1985)	Zielkonzeption Standort- & Umweltstudie Betriebs-analyse	Technisch-wirtschaftliche Konzeption		Ausführungsplanung	
KETTNER (1984)	Zielplanung Vorarbeiten	Idealplanung Realplanung	Feinplanung	Ausführungsplanung	
ROCKSTROH (1980)	Projektierungs-aufgabe Produktionsprogr. Standort	An-bindung Arbeits-kräfte Flächen-bedarf Hilfsbetriebe	Trans- port & Lager Zu- ord- nung Be- bau- ung Lay- out		

Abbildung 4: Fabrikplanungssystematiken⁵⁸

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

⁵⁸ Möhrle (2018), S. 34 in Anlehnung an Schuh; Gottschalk; Lösch; u. a. (2007), S. 2

4.2 Planungsphasen nach VDI 5200⁵⁹

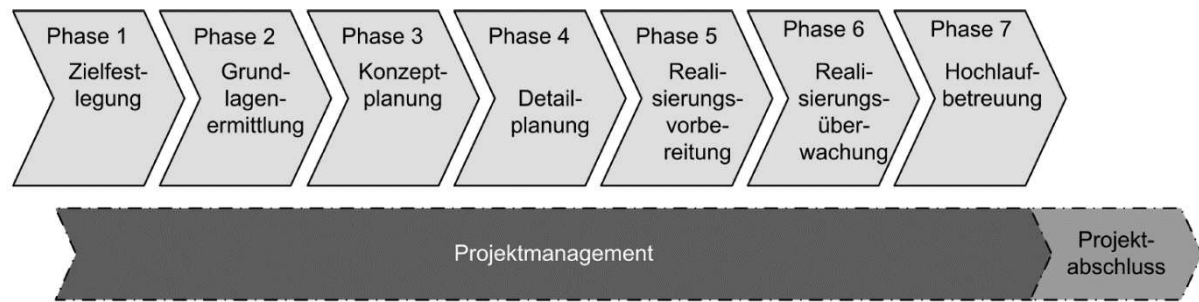


Abbildung 5: Phasenmodell des Fabrikplanungsprozesses⁶⁰

Der Fabrikplanungsprozess ist in 7 Phasen unterteilt, welche hintereinander und teilweise auch wiederholend ausgeführt werden. Am Ende jeder Phase müssen entsprechende Ergebnisse vorliegen, damit der Auftraggeber (z.B. Projektleiter) die Durchführung der nächsten Phase anordnen kann. Der Abschluss jeder Phase ist einem Meilenstein gleichzusetzen, den es zu erreichen gilt. Dieses Phasenmodell bezieht sich hauptsächlich auf die Planungsgrundfälle Neuplanung und Umplanung. Abhängig von der Planungstiefe und dem Planungsinhalt, wird eventuell nur ein Teil aus dem Phasenmodell durchgeführt. Parallel zum Phasenmodell werden die notwendigen Tätigkeiten des Projektmanagements durchgeführt. Die Vorgaben für das Projektmanagement wurde im Jahr 2009 überholt und wurde als DIN 69901:2009-1⁶¹ veröffentlicht. Der Projektabschluss beinhaltet die bewertete Leistung der Fabrikplanung und markiert somit das Ende des Projektmanagements.

4.2.1 Zielfestlegung

In dieser Planungsphase wird die Aufgabenstellung für die zu planende Fabrik geklärt und das zu planende Projekt strukturiert. Der Sinn dahinter besteht darin, dass am Planungsprojekt zielorientiert gearbeitet und das daraus resultierende Ergebnis ordnungsgemäß bewertet werden kann. Um das Ziel erlangen zu können, werden folgende vier Schritte hintereinander und eventuell wiederholend ausgeführt.

⁵⁹ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 8ff

⁶⁰ ebenda

⁶¹ DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2009): Deutsche Norm: DIN 69900 Projektmanagement – Netzplantechnik; Beschreibungen und Begriffe.

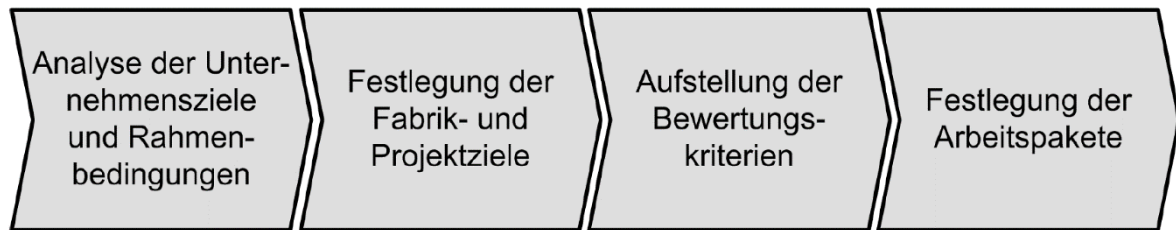


Abbildung 6: Phase 1 – Zielfestlegung⁶²

Am Ende der Zielfestlegung sollen als Output die Ziele des Projektes, ein Projektplan und die Ziele der Fabrik mit gewichteten Beurteilungskriterien vorliegen.

1. Analyse der Unternehmensziele und Rahmenbedingungen

Um die charakteristischen Zielsetzungen des Auftraggebers feststellen zu können, sind Untersuchungen der Unternehmensziele und Rahmenbedingungen notwendig. Informationen aus den Bereichen der Vertriebsplanung und Unternehmensplanung sind für die Analyse der Unternehmensziele notwendig, sowie die nähere Erläuterung des Planungsinhaltes und der Planungstiefe. Bestimmte Rahmenbedingungen des Projektes wie Budget- und Zeitrahmen, mögliche Standorte, geplante Produkte oder strategische Ausrichtung, können die Planung in Bezug auf Freiheitsgrade und Betrachtungshorizont einschränken und müssen analysiert werden. Das Resultat dieser Tätigkeit ist eine grobe Aufgabenstellung, welche dem passenden Planungsanlass zugrunde liegt.

2. Festlegung der Fabrik- und Projektziele

Damit Planungsprozess und Planungsergebnis mit den exakten Zielsetzungen übereinstimmen können, ist es notwendig die Fabrik- und Projektziele festzulegen. Dadurch werden Leistungsgrößen wie Produktvielfalt, Qualität, Lieferzeiten, Kosten und Stückzahl pro Zeiteinheit für die Produktion definiert, welche durch geeignete Kennzahlen quantitativ gemessen werden können. Genauso werden qualitative Fabrikziele (vgl. Abschnitt 2.5) als Leitbild definiert und deren Erfüllungsgrad im Laufe der Fabrikplanung, durch passende Bewertungsmaßnahmen, beurteilt. Weiters sollen Termine und das Projektbudget eingehalten werden, welche durch die definierten Projektziele festgelegt werden. Weitere qualitative Projektziele sind die Qualität der Dokumente, sorgfältige Einbeziehung von Fachdisziplinen, Mitarbeitern und weiter Beteiligte von außen, sowie die Definition von anzuwendenden Planungsmethoden. Die Resultate dieser Tätigkeit sind definierte Kennzahlen für den späteren Fabrikbetrieb, zu erreichende Fabrikziele und einzuhaltende Projektziele.

⁶² Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 10

3. Aufstellung der Bewertungskriterien

Um geeignete Planungsvarianten auswählen zu können muss ein Bewertungsmaßstab zur Verfügung gestellt werden. Vorgaben sind hinsichtlich der Bewertung von betriebswirtschaftlichen Kennzahlen, Kostensätzen und Berechnungsmodus zu definieren um später die notwendigen Kosten ermitteln zu können. Zusätzlich sollen weiter qualitative und quantitative Bewertungskriterien, in Bezug auf die Fabrikziele, definiert, miteinander verglichen und gewichtet werden. Die Resultate dieser Tätigkeit sind gewichtete Bewertungskriterien und definierte Vorgaben zur Ermittlung der Kosten.

4. Festlegung der Arbeitspakete

Diese Aufgabe beschäftigt sich mit der Strukturierung des Planungsprojekts. Die Arbeitspakete beinhalten genaue Beschreibungen der geäußerten Ausgangssituation und Zieldefinition des Auftraggebers. Das Resultat dieser Tätigkeit ist ein Projektplan, welcher gut strukturiert in Arbeitspaketen vorliegt.

4.2.2 Grundlagenermittlung

In dieser Planungsphase werden alle erforderlichen Informationen und Daten gesammelt oder generiert, welche für die Planung benötigt werden. Der Sinn besteht darin, eine genauere Ausgangssituation aus der Sicht der Fabrikplanung zu schaffen und diese durch die zu Verfügung stehenden Planungsdaten, auf Erreichbarkeit prüfen zu können. Um das Ziel erlangen zu können, werden folgende zwei Schritte hintereinander und eventuell wiederholend ausgeführt.

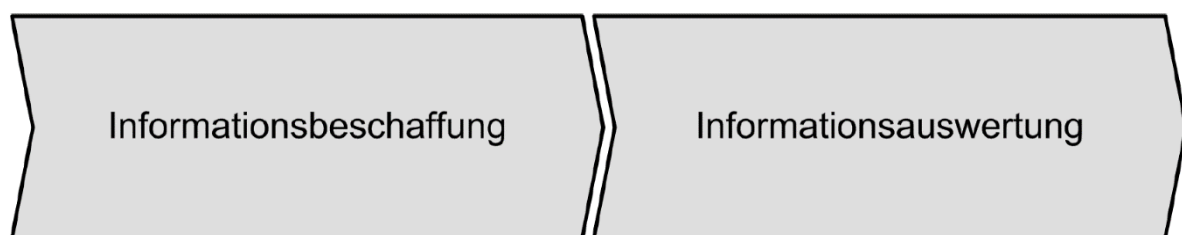


Abbildung 7: Phase 2 – Grundlagenermittlung⁶³

Am Ende der Grundlagenermittlung sollen als Output die erforderlichen Informationen und Daten zur weiteren Planung vorliegen.

1. Informationsbeschaffung

Diese Aufgabe beschäftigt sich mit der Sammlung und Generierung von erforderlichen Informationen und Daten für die weitere Planung. Dabei soll sich die Datenbeschaffung auf die drei Säulen Immobiliendaten, Produktions-

⁶³ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 11

und Produktdaten fokussieren. Die zu ermittelnden Ist-Daten und Beschränkungen ergeben sich aus der Erfassung von Gebäuden, Grundstücken, Produktionsabläufe, Betriebsmitteln und Mengengerüsten. Um das Fabrikziel „Flexibilität“ zu gewährleisten, sind Informationen über Menge, Art und Spezifikation aus den Hochrechnungen zukünftiger Produkte abzuleiten sowie die dazu notwendigen Prozesse und Ressourcen auszulegen und abzusichern. Durch das Festlegen der genannten Informationen werden zukünftige Entwicklungen in der Planung berücksichtigt. Die Resultate dieser Tätigkeit sind inhaltlich zusammengefasste und strukturierte Planungsdaten.

2. Informationsauswertung

In dieser Aufgabe soll überprüft werden ob die geforderten Fabrikziele erreicht werden können. Zusätzlich sollen die Planungsdaten, bezüglich der Fabrikziele, weiter vertieft und ausgewertet werden. Die Resultate dieser Tätigkeit sind Auswertungen, bezüglich der geforderten Fabrikziele, welche als Planungsgrundlage vorliegt.

4.2.3 Konzeptplanung

In dieser Planungsphase wird ein ganzheitliches Fabrikkonzept entworfen, welches die Ergebnisse aus den beiden vorherigen Planungsphasen erfüllen soll. Um das Ziel erlangen zu können, werden folgende vier Schritte hintereinander und eventuell wiederholend ausgeführt.

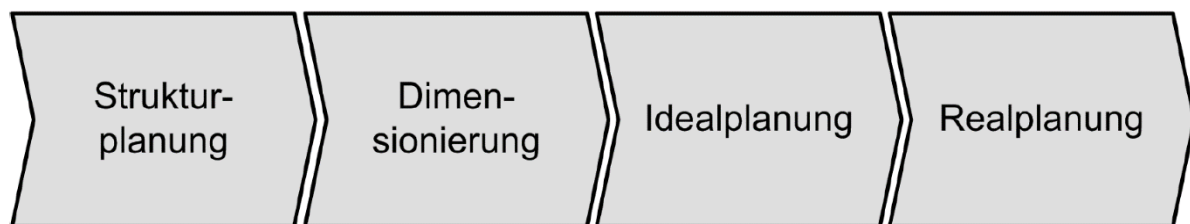


Abbildung 8: Phase 3 - Konzeptplanung⁶⁴

Am Ende der Konzeptplanung soll als Output das qualitativ und quantitativ bestgeeignete Reallayout mit dem zugehörigen Gebäudeentwurf vorliegen. Die Entscheidung für das beste Layout wird anhand des Material- und Informationsflusskonzept, für den Produktionsprozess und dem Kommunikationskonzept, ausgewählt.

⁶⁴ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 12

1. Strukturplanung

Die Strukturplanung hat die Aufgabe die organisatorischen und funktionalen Einheiten für die Planungsebenen (vgl. Abschnitt 2.4) und ihren korrelierenden Beziehungen festzulegen. Die Abfolge der notwendigen, wertschöpfenden Tätigkeiten werden durch die Definition der Geschäftsprozesse festgelegt. Daraus resultiert das Kommunikationskonzept aus welchem alle Mitwirkenden, mit ihren qualitativ und quantitativ detaillierten Beziehungen, bestimmt werden. Durch heterogene Anforderungen wie Kundenentkopplung, Märkte, Technologien, Produkte oder Produktionsabläufe, erfolgt die Produktionsstruktur. Sie bildet den Grundstein um organisatorische und funktionale Einheiten, sowie deren wechselseitigen Beziehungen, festzulegen. Es werden mehrere Produktionsstrukturvarianten erarbeitet und bewertet, um sie darauffolgend in ein ideales Funktionsschema zu integrieren. In diesem Schema sind alle Produktionsprozessabfolgen der Fabrik, ohne ihre räumliche Anordnung, abgebildet. Die Resultate dieser Tätigkeit sind das ideale Funktionsschema und das Kommunikationskonzept.

2. Dimensionierung

In dieser Aufgabe sollen der Flächenbedarf der Einheiten für die Planungsebenen und die Kapazitätsauslegung ermittelt werden. In Abhängigkeit der erfassten Planungsdaten (vgl. Abschnitt 4.2.2) werden verschiedene Varianten, durch Automatisierungsgrade oder Technologien, für Personalressourcen und für Art und Menge von Betriebsmitteln festgelegt. Flächenbedarfe werden abhängig von ermittelten Kapazitäten errechnet. Aus dem idealen Funktionsschema soll ein Informations- und Materialflusskonzept für die Logistikeinrichtung erstellt, sowie Planungs- und Steuerungsverfahren für die Auftragsabwicklung festgelegt werden. Abschließend werden für die Materialflüsse die Mengen und Frequenzen zwischen allen funktionalen Einheiten ermittelt, sowie die erforderlichen Flächen. Die Resultate dieser Tätigkeit sind die dimensionierten Ressourcen, das Logistikkonzept und das flächenmaßstäbliche Funktionsschema.

3. Idealplanung

Die Kerndisziplin der Idealplanung ist es die Fabrikziele abzusichern und den Lösungsraum für die Realplanung aufzuweiten. Außerdem dient die Idealplanung als Vergleichswert für erarbeitete Varianten der Realplanung. Die ermittelten Einheiten werden bei der Idealplanung ohne Rücksicht auf Restriktionen räumlich angeordnet. Die erstellten Anordnungen der Layoutvarianten haben die qualitativen Fabrikziele (vgl. Abschnitt 2.5 und Abschnitt 4.2.1 [Pkt. 2]) und die Anforderungen des Logistik- und Kommunikationskonzept zu berücksichtigen. Jedoch werden layoutbezogene

Restriktionen wie Anforderungen an die technischen Anlagen, gesetzliche und wirtschaftliche Einschränkungen, sowie bauliche und räumliche Restriktionen in den Layoutvarianten nicht berücksichtigt. Zusätzlich sollen für die Ideallayouts, verschiedene Varianten von Gebäudehüllen entworfen und bewertet werden. Die Resultate dieser Tätigkeit sind Ideallayouts mit ihren zugehörigen Gebäudehüllen.

4. Realplanung

Die Kerndisziplin der Realplanung ist es Layout- und Gebäudevarianten, unter Berücksichtigung aller Restriktionen, zu erstellen und bewerten. Die Realplanung beinhaltet die Vorplanung der Gebäude bis zu ihren Tragwerken und die Layoutplanung innerhalb der Gebäude. Es sollen verschiedene Layoutvarianten erstellt werden, welche die vorhandenen Restriktionen, die realen Rahmenbedingungen und die definierten Fabrikziele zu berücksichtigen haben. Aus diesem Grund entstehen unterschiedliche Lösungen für Layouts, welche auf unterschiedliche Ziele abgestimmt sind die zueinander in Konkurrenz stehen können. Folglich sollte, wenn notwendig, Prüfungen zur Genehmigungsfähigkeit durchgeführt werden um die Realisierbarkeit dieser Layouts und Gebäudeentwürfe sicher zu stellen. Abschließend sollen die entwickelten Lösungsvarianten und die Idealvariante qualitativ und quantitativ, sowie monetär nach den zuvor erstellten Bewertungskriterien (vgl. Abschnitt 4.2.1 [Pkt. 3]) bewertet werden. Um die monetäre Bewertung durchführen zu können, muss eine Kostenabschätzung für Investitionen und eine Kostendifferenzbetrachtung für den Betrieb durchgeführt werden. Um die Lösungsvarianten miteinander zu vergleichen, werden die monetären Bewertungen mit den qualitativen und quantitativen Bewertungen zusammengeführt, um daraus das zukünftige Layout mit ihrem zugehörigen Gebäudeentwurf für die Fabrik auszuwählen. Die Resultate dieser Tätigkeit sind ein realisierbares Fabrikkonzept mit Groblayout inklusive dem zugehörigen Gebäudeentwurf.

4.2.4 Detailplanung

In dieser Planungsphase wird die gewählte Variante des Fabrikkonzepts fertig geplant. Das bedeutet, dass die grafischen Elemente der Fabrik detailliert dargestellt und beschrieben werden. Wenn notwendig sollen auch hier mehrere Varianten geplant werden. Um das Ziel erlangen zu können, werden folgende drei Schritte hintereinander und eventuell wiederholend ausgeführt.

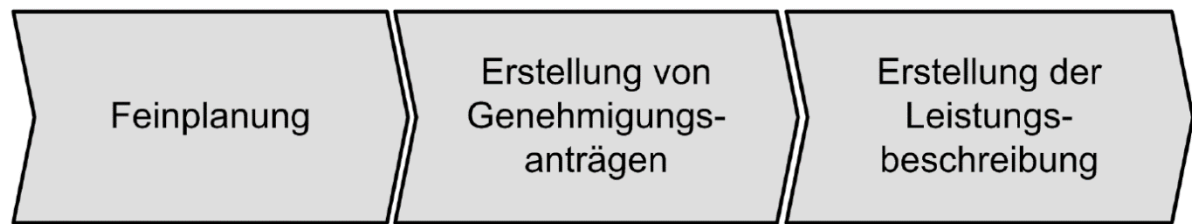


Abbildung 9: Phase 4 - Detailplanung⁶⁵

Am Ende der Detailplanung soll als Output das Feinlayout der Fabrik mit ihren Ausführungsplänen der Gebäude und den jeweiligen Kostenberechnungen vorliegen. Dafür sollen das Kommunikations- und Logistikkonzept durch Prozessbeschreibungen konkretisiert, die Lastenhefte für die Betriebsmittel verfasst und die Arbeitsorganisation für die Fabrik erstellt werden. Zusätzlich sollen die notwendigen Genehmigungsanträge für die Behörden erarbeitet und eingereicht werden.

1. Feinplanung

Der Entwurf der Fabrikelemente soll weitgehendst konkretisiert werden, damit die Unterlagen zur Genehmigung und Ausschreibung erstellt werden können. Informationsflüsse, Materialflüsse und Kommunikationsflüsse werden detailliert, in Form von Prozessbeschreibungen und Prozessdarstellungen, geplant. Hier wird die Zuweisung von Ressourcen und Produkten zu den Prozessen beschrieben. Weiters sollen für die detaillierte Planung der Ablauf der Prozessschritte, deren organisatorische Eingliederung und die jeweils eingesetzten Arbeitshilfsmitteln beschrieben werden. Aufbauend auf diesen Ermittlungen erfolgen die Qualifikationsanforderung an die Mitarbeiter und die Gestaltung der Arbeitsorganisation. In der detaillierten Ressourcenplanung werden die Lastenhefte für Logistikeinrichtungen und Betriebsmittel erstellt. Durch die ständige Anpassung und genauere Bestimmung der Ressourcen, erfolgt Schritt für Schritt die Überführung vom Groblayout zum Feinlayout. Parallel dazu wird in der Entwurfsplanung die zeichnerische Darstellung der Gebäude spezifiziert unter Berücksichtigung der Medienversorgung und der Einordnung der Betriebsmittel in den Gebäudestrukturen. Aufbauend auf diesen Planungsergebnissen soll eine Kostenberechnung erstellt werden. Die Resultate dieser Tätigkeit sind das Feinlayout mit konkretisierten Betriebsmitteln und dem entsprechenden Gebäudeentwurf sowie die berechneten Kosten.

2. Erstellung von Genehmigungsanträgen

Genehmigungsanträge sind eine Notwendigkeit, um Genehmigungen verschiedener Behörden einholen zu können. Die Aufgabe ist es, die Vorlagen

⁶⁵ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 15

zur Einholung notwendiger Genehmigungen für alle Baumaßnahmen zu erarbeiten. Zusätzlich gilt zu beachten, dass alle Genehmigungen die öffentlich-rechtlichen Vorschriften berücksichtigen. Parallel werden produktionsprozessbezogene Anträge (z.B. Immissionsschutzgesetz) für die Einreichung erarbeitet. Die Resultate dieser Tätigkeit sind alle notwendigen Genehmigungsanträge unter Berücksichtigung aller gesetzlichen Vorschriften.

3. Erstellung der Leistungsbeschreibung

Um Angebote einholen und Aufträge an Lieferanten vergeben zu können, müssen die erforderlichen Unterlagen ausgearbeitet werden. Für die Ausschreibung der Lieferantenleistung werden grundsätzlich zwischen zwei Vorgehensweisen unterschieden:

- **Funktionale Leistungsbeschreibung**

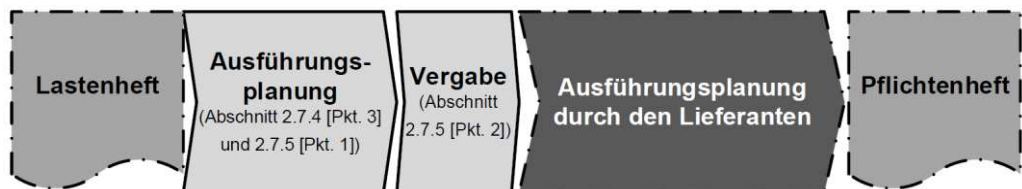


Abbildung 10: Funktionale Leistungsbeschreibung⁶⁶

Die Ausführungsplanung wird nach Vergabe durch den Lieferanten durchgeführt, weshalb das Lastenheft für die funktionale Leistungsbeschreibung völlig ausreichend ist. Der Lieferant ist allein verantwortlich für die Erstellung des Pflichtenhefts.

- **Detaillierte Leistungsbeschreibung**

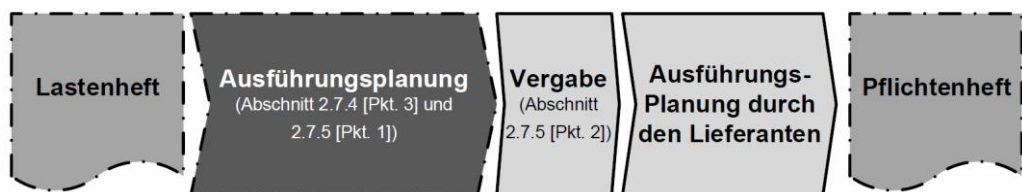


Abbildung 11: Detaillierte Leistungsbeschreibung⁶⁷

Die Ausführungsplanung wird größtenteils durch das Fabrikplanungsteam selbst durchgeführt. Der Lieferant hat fast keinen Aufwand mehr, aber dafür nur noch geringe Freiheitsgrade bei der Erstellung des Pflichtenhefts.

Das Fabrikplanungsteam überwacht laufend die Lieferantenplanungen. Das Resultat dieser Tätigkeit ist je nach Gebrauch die funktionale, oder die detaillierte Leistungsbeschreibung.

⁶⁶ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 16

⁶⁷ ebenda

4.2.5 Realisierungsvorbereitung

In dieser Planungsphase wird die Realisierung der Fabrik vorbereitet. Die Umsetzungsplanung und die Organisation der Vergabe an die Lieferanten erfolgt aufbauend auf den Leistungsbeschreibungen der Fabrikelemente. Um das Ziel erlangen zu können, werden für die Vergabe folgende drei Schritte hintereinander und eventuell wiederholend ausgeführt. Ein weiterer Schritt für die Umsetzungsplanung wird zudem parallel ausgeführt.

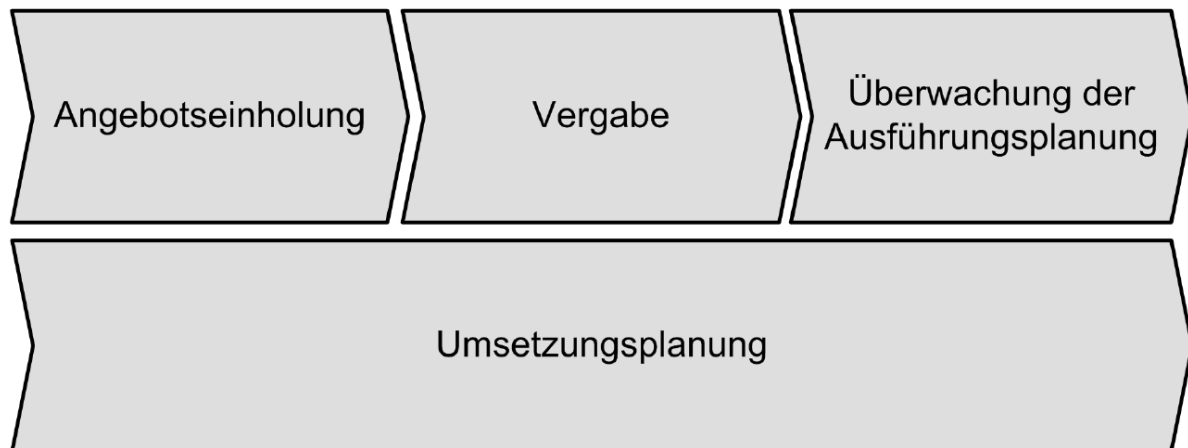


Abbildung 12: Phase 5 - Realisierungsvorbereitung⁶⁸

Am Ende der Realisierungsvorbereitung sollen als Output die Liste der selektierten Lieferanten und die Pflichtenhefte für die angeforderten Fabrikelemente vorliegen. Letzteres beinhalten umsetzungsfertige Ausführungspläne und einen verifizierten Kostenplan.

1. Angebotseinholung

Diese Tätigkeit beschäftigt sich mit der Vorbereitung der Vergabe an die Lieferanten. Dafür wird aufbauend auf den Leistungsbeschreibungen, die Ausschreibungsunterlagen erstellt. Es soll eine Bieterliste aus potentiell selektierten Anbietern erstellt werden an welche anschließend, die Ausschreibungsunterlagen zur Angebotsabgabe übermittelt werden. Die Resultate dieser Tätigkeit sind Ausschreibungsunterlagen und die Bieterliste.

2. Vergabe

Hier werden die Lieferanten endgültig ausgewählt und beauftragt. Dafür werden alle Angebote technisch ausgewertet. Sie werden mit den Ausschreibungsunterlagen verglichen, bewertet und auf Vollständigkeit überprüft. Anschließend werden die Lieferanten festgelegt, indem mit Ihnen die kommerziellen Bedingungen, die Abwicklungsmodalitäten und die Preise in Abstimmung mit den Budgets verhandelt werden. Die Beschreibungen der

⁶⁸ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 17

Lieferleistungen sind in Pflichtenheften eingetragen. Abschließend muss noch anhand der Vergabepreise, der Kostenplan für die Fabrik neu angepasst und verfeinert werden. Die Resultate dieser Tätigkeit sind erfolgte Lieferantenbeauftragung(-en) mit den jeweiligen Pflichtenheften.

3. Überwachung der Ausführungsplanung

Die vom Lieferanten konzipierten Ausführungspläne werden geprüft und nachfolgend freigegeben. Die Resultate dieser Tätigkeit sind bewilligte Ausführungspläne.

4. Umsetzungsplanung

In dieser Tätigkeit wird der Personalaufbau, die Umzüge, die Baustelle und der Umstieg vorbereitet.

- **Personalaufbaukonzept:** Die Personalbeschaffung und die Personalqualifizierung ist aufbauend auf dem Personalentwicklungskonzept und der Personalplanung zu initiieren.
- **Umzugsplan:** Die erforderlichen Umzüge der Arbeitsplätze, Betriebsmittel und des Personals sind in Abstimmung mit den Rahmenbedingungen der Realisierung zu planen.
- **Baustelleneinrichtungsplan:** Für die Leistungserstellung auf der Baustelle ist die notwendige temporäre Infrastruktur zu planen. Inbegriffen sind Einrichtungen zur Medienversorgung/-entsorgung, Lagerflächen, Verkehrswege und Versorgungseinrichtungen für das Baustellenpersonal. Zusätzlich soll ein Baustellensicherungskonzept entworfen werden.
- **Umstiegskonzept:** Um die Lieferfähigkeit der Produkte während der Realisierung sicher stellen zu können, müssen entsprechende Maßnahmen definiert werden. Inbegriffen sind die notwendige temporäre Infrastruktur, der Produktionsanlauf mit Erstversorgung an Materialien und die Planung der Nullserie.

Besonders wichtig ist die ausreichende Bereitstellung von Information an alle Mitwirkenden, welche an der Umsetzung beteiligt sind. Die Resultate dieser Tätigkeit sind das Personalaufbaukonzept, der Umzugsplan, der Baustelleneinrichtungsplan und das Umstiegskonzept.

4.2.6 Realisierungsüberwachung

In dieser Planungsphase werden der plangemäÙe Personalaufbau und die ordnungsgemäÙe Ausführung der Gebäude mit Außenanlagen sichergestellt und dokumentiert. Vor allem betrifft das die Baustelleneinrichtung und die permanente Ausführung aller Sicherheitsmaßnahmen. Die beschlossenen Qualitätsstandards des definierten Zeitplans und den budgetierten Kosten, sollen für alle Ausführungen eingehalten werden. Um das Ziel erlangen zu können, werden folgende zwei Schritte hintereinander und eventuell wiederholend ausgeführt.



Abbildung 13: Phase 6 - Realisierungsüberwachung⁶⁹

Am Ende der Realisierungsüberwachung sollen als Output die erstellte Fabrik und die zugehörige Abschlussdokumentation vorliegen.

1. Koordination, Überwachung und Dokumentation der Realisierung

- **Koordination:** Abstimmung aller Mitwirkender, welche an der Durchführung beteiligt sind.
- **Überwachung:** Stellt sicher, dass die Ausführung einzelner Gewerke bezüglich Arbeitssicherheit und Übereinstimmung der beschlossenen Leistungen eingehalten wird. Kerndisziplin der Überwachung ist die Erfassung der Mängel und die Überwachung ihrer Beseitigung. Sie kommt bei Baumaßnahmen, Installation und Inbetriebnahme der Betriebsmittel zum Einsatz. Um die Qualität erfolgreich abzusichern, werden verschiedene Abnahmen (behördliche Abnahme, Leistungsabnahme, Sicherheitsabnahme) durchgeführt. Ihre Ausführung wird nach einschlägigen Vorschriften und Richtlinien, sowie beschlossenen Kriterien auf Vertragsmäßigkeit und Fehlerfreiheit überprüft. Weiters ist das Einhalten des Fertigstellungstermins und die reibungslose Realisierung der Fabrik, wie in der Umsetzungsplanung (vgl. Abschnitt 4.2.5 [Pkt. 4]) festgelegt, sicherzustellen. Abschließend werden die Rechnungen aller Lieferanten kontrolliert, ob diese mit den vertraglichen Vereinbarungen übereinstimmen, um anschließend die Freigabe erteilen zu können. Die Personalqualifizierung und Personalbeschaffung, wird im Laufe der Überwachung unterstützt.

⁶⁹ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 19

- **Dokumentation:** Im Zuge der Realisierung können die erbrachten Leistungen auf Rückverfolgbarkeit und Nachvollziehbarkeit überprüft werden. Dafür werden die Abnahmedokumentation, die Rechnungen für einzelne Gewerke und das Bautagebuch benötigt.

Die Resultate dieser Tätigkeit sind alle einzelvertraglich vereinbarten, fertiggestellten Leistungen für Gebäude und Betriebsmittel. Dazu gehört die Dokumentation der Realisierung und die Verfügbarkeit des notwendigen Personals.

2. Abschlussdokumentation

Für den späteren Fabrikbetrieb und für eventuell zukünftige Umplanungen, können alle notwendigen Informationen aus der Abschlussdokumentation genutzt werden. Deshalb müssen alle gesammelten Einzeldokumente vervollständigt, zusammengeführt, strukturiert und für den späteren Wiedergebrauch archiviert werden. Die Resultate dieser Tätigkeit sind aktualisierte Ausführungsunterlagen (Bedienungsanleitungen, Zeichnungen, etc.) und die Feststellung der tatsächlich ausgeführten Leistungen mit ihren inkludierten Kosten.

4.2.7 Hochlaufbetreuung

Nach Inbetriebnahme der Fabrik wird die Leistungsfähigkeit bis zum angestrebten Wert hochgefahren und abschließend bezüglich der in Phase 1 definierten Fabrikziele bewertet. Um das Ziel erlangen zu können, werden folgende zwei Schritte hintereinander und eventuell wiederholend ausgeführt.



Abbildung 14: Phase 7 – Hochlaufbetreuung⁷⁰

Am Ende der Hochlaufbetreuung soll als Output der Nachweis für die Fabrik vorliegen, dass sie bei definiertem Leistungsniveau mit stabilen Prozessen produziert.

⁷⁰ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 20

1. An- und Hochlaufbetreuung

Um das in den Fabrikzielen definierte Leistungsniveau zu erreichen, wird die Fabrik durch die An- und Hochlaufbetreuung unterstützt. Unter Anlauf der Fabrik wird der Betriebszustand verstanden indem verkaufsfähige Produkte produziert werden. Zudem werden im Laufe des Anlaufs organisatorische Prozesse, vor allem die Arbeitsorganisation, eingerichtet und etabliert. Weiters sind die Produktionsprozesse einzurichten und bezüglich der Produktqualität zu verbessern. Um die Stabilität der Produktionsprozesse gewährleisten zu können, wird das zugehörige Qualitätssicherungssystem eingeführt. Dafür sind Instandhaltungsroutinen notwendig die als Voraussetzung etabliert werden müssen. Eine weitere Aufgabe ist die Sicherstellung der Betriebe der Gebäude und deren technische Ausrüstung. Dafür werden weiters logistische Prozesse zur Distribution, Produktion und Versorgung eingerichtet. Nach dem Start der Produktion (SOP) wird die Fabrik auf das angestrebte Leistungsniveau gebracht und die Logistik, für das Zusammenspiel aller Prozesse, stabilisiert. Das Resultat dieser Tätigkeit ist eine stabil produzierende Fabrik auf dem geplanten Leistungsniveau.

2. Bewertung der Fabrik

Um zu überprüfen inwiefern die Fabrikziele erreicht worden sind, muss die Fabrik in ihrem Betrieb bewertet werden. Dafür werden die festgelegten qualitativen und quantitativen Fabrikziele (vgl. Abschnitt 4.2.1 [Pkt. 2]) auf den Grad ihrer Erfüllung bewertet. Anhand dieser Bewertungen kann das Fabrikplanungsergebnis abgeleitet werden, welches für die Abnahme durch den Auftraggeber relevant ist. Alternativ können die Produkte durch Kunden bewertet werden. Das Resultat dieser Tätigkeit ist die Bewertung der produzierenden Fabrik.

4.2.8 Projektabschluss

Das bisher erarbeitete Projektwissen wird für die Ausführung zukünftiger Projekte aufbereitet und dokumentiert. Dadurch soll das Fabrikplanungsteam entlastet werden. Weiters wird aufgrund der Projektziele die Güte des Planungsprozesses bewertet. Um das Ziel erlangen zu können, werden folgende zwei Schritte parallel ausgeführt.

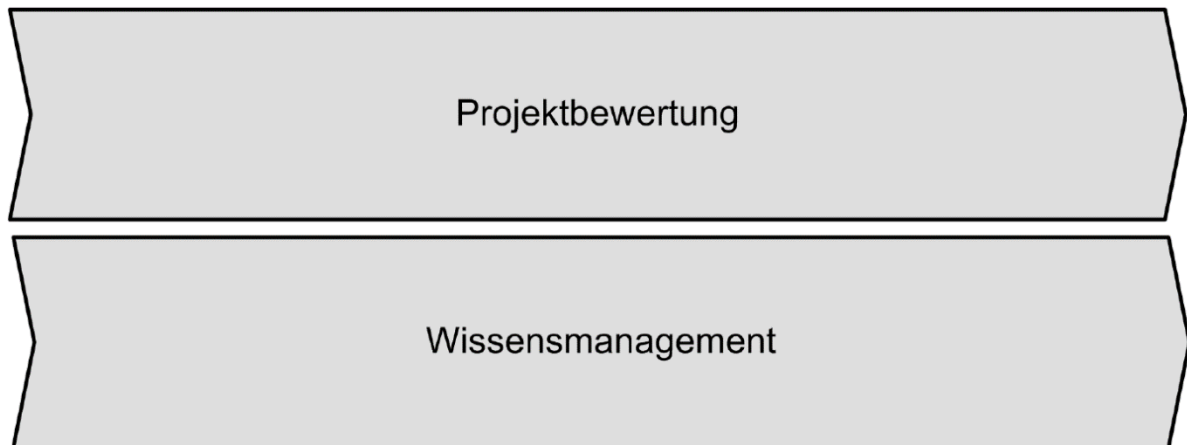


Abbildung 15: Projektabschluss⁷¹

Am Ende des Projektabschlusses soll als Output ein Projektabschluss vorliegen, welches das gesammelte Projektwissen, eine Planungsprojektbewertung, die Fabrikbewertung (vgl. Abschnitt 4.2.7 [Pkt. 2]) und die Abschlussdokumentation (vgl. Abschnitt 4.2.6 [Pkt. 2]) beinhaltet.

1. Projektbewertung

Die Projektbewertung überprüft die Einhaltung der in Phase 1 festgelegten Projektziele. Die vom Planungsteam erbrachte Planungsleistung wird vom Auftraggeber oder zusammen mit ihm, anhand der definierten Projektziele (vgl. Abschnitt 4.2.1 [Pkt. 2]) bewertet. Für Kostenüberschreitungen und Terminverzögerungen ist eine Ursachenanalyse durchzuführen und der Bewertung beizulegen. Das Resultat dieser Tätigkeit ist die Bewertung der erbrachten Planungsleistung.

2. Wissensmanagement

Die erworbenen Kenntnisse im Fabrikplanungsprojekt sollen für künftige Projekte nutzbar gemacht werden. Dafür wird rückblickend auf dem Projektverlauf, auffallende Einzelereignisse analysiert und beurteilt. Die fachliche, organisatorische und methodische gewonnene Information und das generierte Wissen werden abschließend erfasst und systematisch dokumentiert. Das Resultat dieser Tätigkeit ist das ergänzte, systematisch hinterlegte Fabrikplanungswissen.

⁷¹ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 21

4.3 Einordnung des Architekten im Fabrikplanungsprozess

Der Architekt ist ein integraler und sehr wichtiger Bestandteil des Fabrikplanungsteams. Aus diesem Grund sind seine Leistungen, nach HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) § 15 Objektplanung, im Fabrikplanungsprozess integriert. Folgendes Bild zeigt die Zuordnung der Leistungsphasen des Architekten am Fabrikplanungsprozess.⁷²

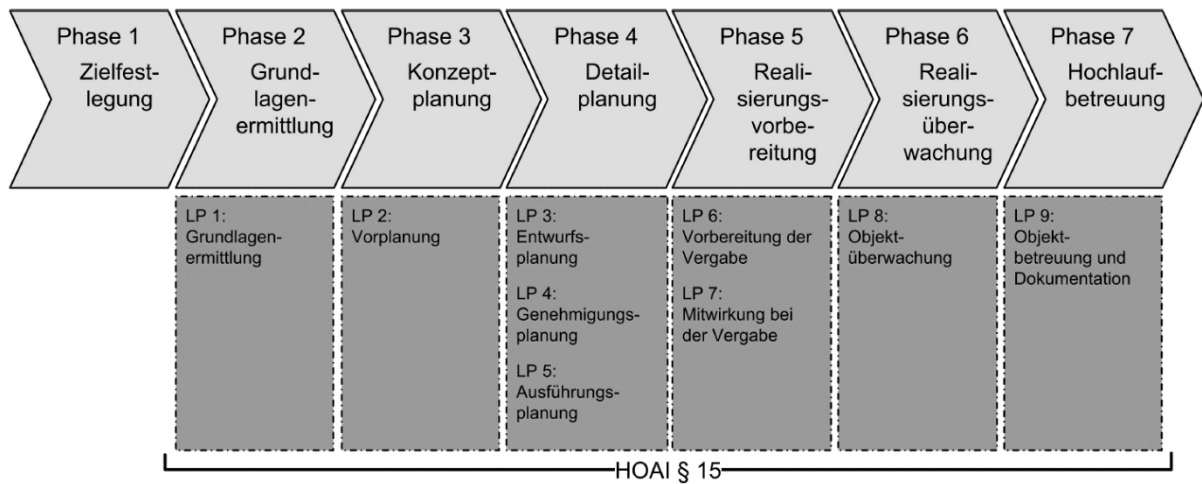


Abbildung 16: Zuordnung der Leistungsphasen gemäß HOAI § 15 zu den Planungsphasen⁷³

⁷² vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011), S. 22

⁷³ ebenda, S. 23

4.4 Methoden-Übersicht

In der DF erfolgt die Anwendung und Erstellung der einzelnen Modelle durch die Anwendung verschiedener Analyse-, Modellierungs- und Visualisierungsmethoden. Die Modelle und Methoden in der DF heben sich durch eine möglichst durchgängige digitale Vernetzung hervor. Dafür ist es notwendig, dass alle für die Planungsaufgaben erforderlichen Informationen als Daten in digitaler Form vorliegen müssen. Für die folgende Aufzählung von Methoden wird aus Vereinfachungsgründen eine modellgestützte Methode mit dem Modell für diese Methode gleichgesetzt und auf eine Beschreibung einzelner Werkzeugklassen verzichtet.⁷⁴

4.4.1 Informations- und Datenerhebungsmethoden

Die Informations- und Datenerhebung kann entweder manuell, durch Extraktion der Daten aus ausgewählten Informationsquellen oder automatisch über spezielle Eingabegeräte durchgeführt werden. Wichtige Erhebungsdaten sind Maschinendaten wie Störungen oder Belegungszeiten, Fertigungsauftragsdaten, Lagerbestandsdaten und Personaldaten. Es ist darauf zu achten, dass die erhobenen Daten auf Fehlerfreiheit, Vollständigkeit, Plausibilität, Konsistenz, Verwendbarkeit und auf die Fehlerfreiheit des Erhebungsprozesses geprüft werden. Nach der Durchführung der Datenbeschaffung liegen zumeist Rohdaten vor, welche für die eigentliche Planungsaufgabe aufbereitet werden müssen. Zudem ist noch zu unterscheiden ob die Daten Primär oder Sekundär erhoben wurden.⁷⁵ Primärdaten werden zur Beantwortung einer konkreten Fragestellung erhoben.⁷⁶ Als mögliche Methoden der Primärdatenerfassung bieten sich die mündliche und schriftliche Befragung, die manuelle/automatische Beobachtung oder die Erfassung von Daten durch einen Fragebogen. In Bezug auf Kosten- und Zeitaufwand ist die Austeilung von schriftlichen Fragebögen die günstigste Variante. Oftmals liegen aber schon Daten vor und wurden im Laufe der Zeit gesammelt. In diesem Fall müssen die Daten nicht erneut aufgenommen, sondern zielgerichtet auf die geplante Aufgabenstellung aufbereitet werden. Ist das der Fall, handelt es sich um Sekundärdaten welche aus Dokumentenanalysen stammen. Diese haben einerseits einen großen Vorteil, dass die Daten sofort verfügbar sind und keine Kosten für Neuerhebung entstehen, aber den Nachteil, dass die Daten nicht explizit für die Planungsaufgabe erhoben wurden und somit fehlerbehaftet bzw. ungenau sein können.⁷⁷ Primäre Datenerhebungen sind aus dem Grund wenn möglich, immer zu bevorzugen.⁷⁸ In dieser Arbeit wird aus der Literatur, hauptsächlich Bezug auf automatische Datenerhebungsmethoden

⁷⁴ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 86

⁷⁵ vgl. ebenda, S. 89

⁷⁶ vgl. Hartung; Elpelt; Klösener (2009), S. 7

⁷⁷ vgl. Voß; Buttler (2004), S. 18f

⁷⁸ vgl. Hartung; Elpelt; Klösener (2009), S. 7

genommen. Für manuelle Datenerhebungsmethoden wird auf die verwendete Literatur verwiesen.

Automatische Datenerhebung:

Die automatische Datenerhebung nimmt in der DF eine hohe Bedeutung an, weil sie in der realen Fabrikanlage die Daten in viel kürzeren Zeitintervallen erheben kann. Außerdem ist die Wahrscheinlichkeit von fehlerhaften Daten geringer und sie erlaubt die erhobenen Daten fast ohne Medienbruch in den Modellen der DF zu verwenden. Besondere Vorteile von technischen Datenerfassungsmethoden sind einfaches Zählen (ist ein Objekt oder Ereignis anwesend oder nicht), effiziente Messung (erfasst Messwerte zu diskreten und kontinuierlichen wie auch analogen und digitalen Signalen) und automatische Identifizierung von Objekten (z.B. über Barcodes, RFID oder Objektdaten wie Geometrie, Lage, Größe, etc.). Die technischen Systeme bestehen meist aus einem oder mehreren Sensoren, welche mit einer Auswerteelektronik verbunden sind. Das erlaubt die analog gemessenen Signale in digitale Daten umzuwandeln. Aufgrund der ermittelten Datenmengen und Einsatzmöglichkeiten, unterscheiden sich die Sensoren in ihrer Anwendung.⁷⁹ Eine umfassende Arbeit des Themas Sensorklassifizierung findet sich in Ten Hompel et al.⁸⁰, was den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde und deshalb nicht näher darauf eingegangen wird. Folgend werden ein paar automatische Methoden, der primären Datenerhebung, für die DF erläutert:

4.4.1.1 3D-Laserscanning

Die Datenerhebung für eine Fabrik (Tragstruktur, Hülle, Fördertechnik, etc.) mit der Überführung in ein 3D-digitales Modell ist in der Regel mit hohem Aufwand verbunden. Außerdem sind die Daten aufgrund manueller Datenerhebung meist fehlerbehaftet und aufgrund individueller Aufnahme von Menschen ungenau. Die Methode des 3D-Laserscanning aus der digitalen Fabrik ermöglicht, durch eine berührungslose Abtastung der Oberfläche von Gegenständen, eine schnelle und exakte Bestandsaufnahme von Fabrikanlagen und Gebäuden.⁸¹ Nach einem 3D-Laserscan von großflächigen Arealen, liegen zunächst große Datenmengen in Form von Messpunktswolken vor. Anschließend wird aus dieser Menge an gesammelten Daten, das 3D-Modell der vermessenen Oberflächen rekonstruiert.⁸² Dieses Modell wird digital als virtuelles Fabriklayout (VFL) abgespeichert um sie später in Gestaltungs- und Simulationsmethoden einbinden und weiterverwenden zu können. Dies erhöht zwar die gesamte Planungszeit, aber reduziert dafür drastisch die

⁷⁹ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 92

⁸⁰ Ten Hompel, Michael; Büchter, Hubert und Franzke, Ulrich (2008): Identifikationssysteme und Automatisierung. Berlin, Springer.

⁸¹ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 93

⁸² vgl. Luhmann; Schumacher (2017), S. 96

Realisierungszeit und die Entstehung möglicher Fehler während des Fabrikbetriebs.⁸³

4.4.1.2 Motion-Capturing-Verfahren

Automatische Erfassung und Analyse der menschlichen Bewegung ist ein hochgradig aktiver Forschungsbereich aufgrund der Anzahl der potenziellen Anwendungen und ihre inhärente Komplexität.⁸⁴ Aufgrund der zunehmenden Anzahl an Produktvarianten steigt proportional dazu die Nachfrage nach Prototypen für die Produktüberprüfung. Diese Entwicklung treibt die Planungskosten stark an weshalb der Prototypenbau durch virtuelle Verifizierungen ersetzt wird. Eine virtuelle Verifikation ist in der Praxis mit hohem Aufwand verbunden, weil verfügbare Simulationswerkzeuge prohibitiven manuellen Modellierungsaufwand für menschliche Bewegungen von akzeptabler Qualität erfordern.⁸⁵ In der Automobilindustrie haben sich besonders Bewegungsaufnahmeverfahren mit körperfixierten Sensoren bewährt. Die bekannteste Variante ist ein Motion-Capturing-Anzug, welcher an den relevanten Gliedmaßen mit Sensoren bestückt ist. Eine im Anzug integrierte Elektronik sorgt dafür, dass die vom Sensor erfassten Daten zusammengefasst und drahtlos an ein Informationssystem (Computer) übertragen werden. Dieser sammelt die Bewegungsdaten des Probanden. Der Vorteil dieser Art der Bewegungsaufnahme zur ergonomischen Beurteilung von Montagetätigkeiten ist, dass auch bei Verdeckung des Probanden durch Anlagen oder Karosserieteile trotzdem noch verlässliche Bewegungsdaten in Echtzeit geliefert werden. Die Bewegungen werden ausgehend von einer definierten Startposition des Probanden aufgenommen und in digitale 3D-Daten umgewandelt. Die erfassten Daten können dann weiters für die Simulation von Montageprozessen verwendet werden.⁸⁶

4.4.1.3 Objektidentifikation mittels RFID

Generell sollte im Zeitalter der Digitalisierung jedes physikalische Objekt mit einer automatischen Identifikationstechnologie ergänzt werden, damit das Objekt zu jeder Zeit eindeutig identifiziert werden kann. RFID (Radio Frequency Identification Device) ist eine der am häufigsten verwendeten automatischen Identifikationstechnologie überhaupt. RFID-Technologien integrieren einfache Kommunikations-, Speicher- und Berechnungskomponenten in ansteckbaren Etiketten (Tags), welche drahtlos über Entfernungen mit einem Lesegerät kommunizieren können. RFID wird in zahlreichen Anwendungen wie Produktverfolgung, Transport, Logistik, Mauteinhebung⁸⁷, Lieferkette und Lagerverwaltung eingesetzt.⁸⁸ Jedes RFID-System besteht grundsätzlich aus einem oder mehreren RFID-Transpondern, Lesegeräten und

⁸³ vgl. Eriksson; Sedelius; Berglund; u. a. (2018), S. 37

⁸⁴ vgl. Moeslund; Hilton; Krüger (2006), S. 90

⁸⁵ vgl. Manns; Otto; Mauer (2016), S. 945

⁸⁶ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 94

⁸⁷ vgl. Chen; Shigang (2016)

⁸⁸ vgl. Zhang; Li; Fan (2018), S. 1028

Informationssystemen, welche die RFID-Daten verarbeiten, sowie die Transponder in Bezug auf Auslesen und Beschreiben steuern.⁸⁹

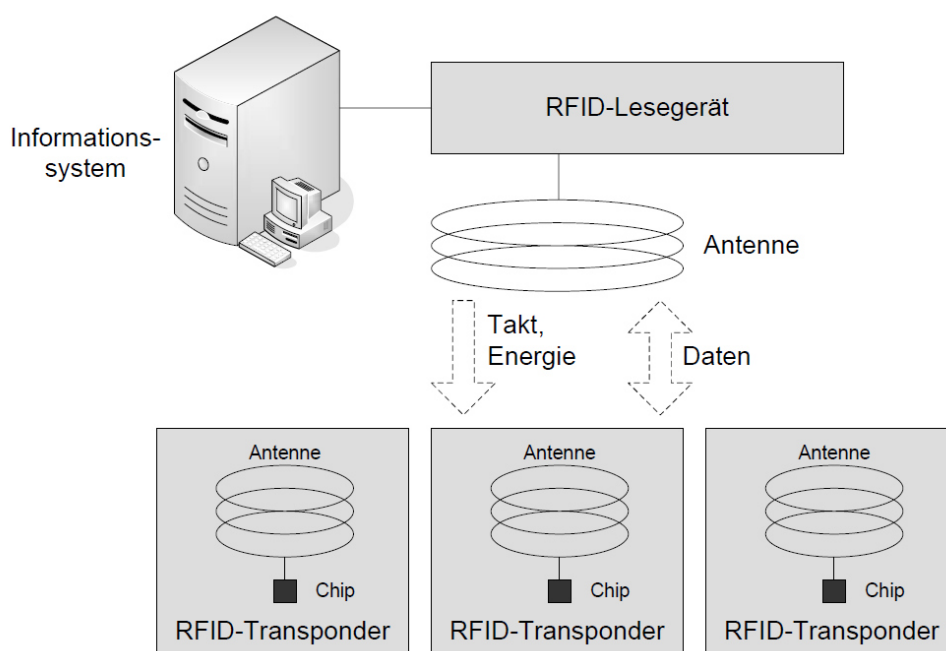


Abbildung 17: Bestandteile eines RFID-Systems⁹⁰

Der Transponder stellt den eigentlichen Datenträger eines RFID-Systems dar. Er besteht aus einem elektronischen Mikrochip und einem Koppellement (Antenne) welches durch magnetische oder elektromagnetische Felder mit dem Lesegerät kommuniziert. Der Transponder verhält sich außerhalb der Reichweite zum Lesegerät vollkommen passiv und besitzt in der Regel keine eigene Spannungsversorgung (Akku, Batterie). Der Datenaustausch sowie die Energieversorgung erfolgt drahtlos durch das Koppellement ausschließlich in Nähe des Lesegerätes.⁹¹ Die RFID-Technologie hat heute einen sehr hohen Nutzwert für die DF und ist neben der klassischen Objektkennzeichnung auch für die Verbesserung von Prozessabläufen, die Rückverfolgbarkeit (Transparenz in der Lieferkette) und die Verfahrensvereinfachung nutzbringend.⁹²

4.4.1.4 Bestandsaufnahme mittels UAS (Unmanned Aircraft System)

In den letzten Jahren hat sich als alternatives und kostengünstiges Aufnahmeverfahren, die unbemannte Befliegung durch UAS etabliert. Dabei handelt es sich meist um eine Drohne, welche mit einer Kamera ausgestattet ist und damit Industrieanlagen, sowie Geländeoberflächen aufnehmen kann. Dieses Messverfahren erfolgt berührungslos und effizient und liefert aufgrund der geringen

⁸⁹ vgl. Tamm; Tribowski (2010), S. 13

⁹⁰ Tamm; Tribowski (2010), S. 13

⁹¹ vgl. Finkenzeller (2012), S. 8

⁹² vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 98

Flughöhe, eine hohe Informationsdichte. Die Einsatzmöglichkeiten durch UAS sind somit sehr vielfältig.⁹³

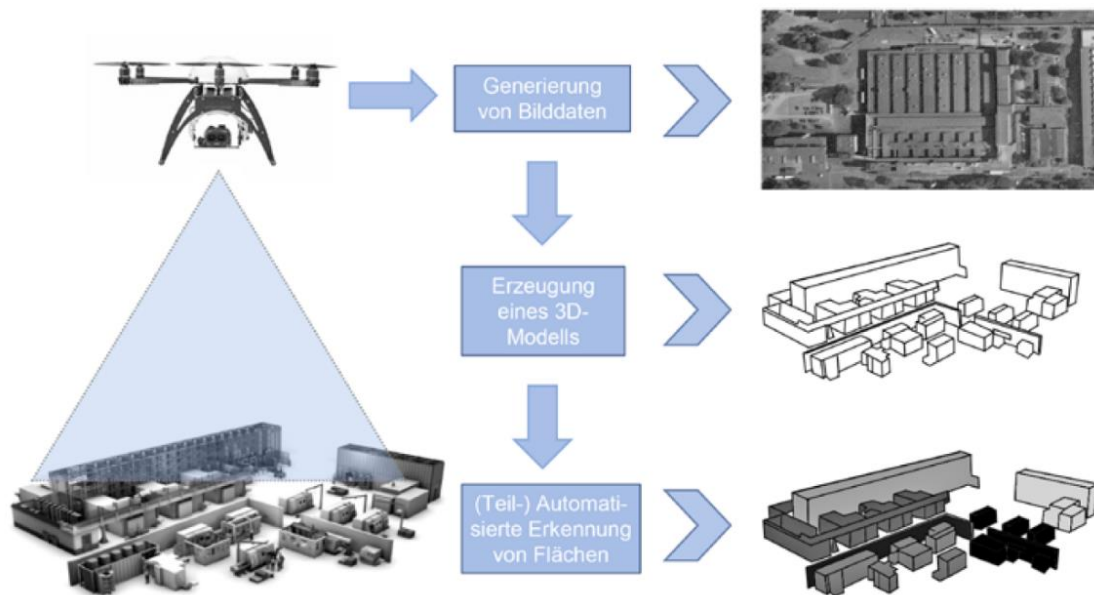


Abbildung 18: Bestandsaufnahme mittels Drohne⁹⁴

Der Vorteil gegenüber anderen Verfahren liegt in der Flexibilität der Bestandsaufnahme. Mithilfe von Drohnen ist es möglich auch gesperrte Bereiche wie Schutzzäune oder Maschinen zu überfliegen. Ein weiterer Vorteil liegt in der Automatisierung der Drohne. Sie kann so eingestellt werden, dass sie vollautonom durch die Fabrikhalle navigiert und das Layout scannt. Damit entfallen die hohen Kosten für ein speziell geschultes Personal und reduziert drastisch den Zeitaufwand einer herkömmlichen manuellen Bestandsaufnahme.⁹⁵

4.4.2 Darstellungs- und Gestaltungsmethoden

Primär dienen Darstellungs- und Gestaltungsmethoden der Beschreibung und Darstellung eines Sachverhaltes. Sie schaffen Transparenz und Systemverständnis für alle Personen, welche am Planungsprozess beteiligt sind. Deshalb ist es im Sinne der Akzeptanz von hoher Bedeutung, die Darstellung auf Verständlichkeit, Eindeutigkeit und Klarheit abzustimmen.⁹⁶ Anfangs sollen die Darstellungs- und Gestaltungsmethoden die Struktur und interne Zusammenhänge des Systems nur beschreibend (deskriptiv) darstellen um Mitwirkenden zu helfen das System besser zu verstehen, aber auch um Raum für Interpretation offen zu lassen. Das ermöglicht Sichtweisen und Ideen von verschiedenen Beteiligten zusammenzuführen, um sie später in die Konzeptphase einfließen zu lassen. Im späteren Verlauf werden durch

⁹³ vgl. Luhmann; Schumacher (2017), S. 184

⁹⁴ Melcher; Küster; Stonis; u. a. (2018), S. 268

⁹⁵ vgl. ebenda, S. 267f

⁹⁶ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 99

geeignete Analysen die Modelle immer formaler (exakter) gestaltet und somit die Modelle hinsichtlich ihrer Interpretationsmöglichkeiten eingeschränkt.⁹⁷ Ein Beispiel für eine deskriptive Darstellungsmethode beschreibt die Wertstromanalyse. Sie bildet die visuelle Darstellung der Informations- und Materialflüsse ab, ohne große Gewichtung auf einzelne Prozesse zu legen.⁹⁸ Das folgende Diagramm zeigt einige formale, diagrammbasierte Darstellungsmethoden.

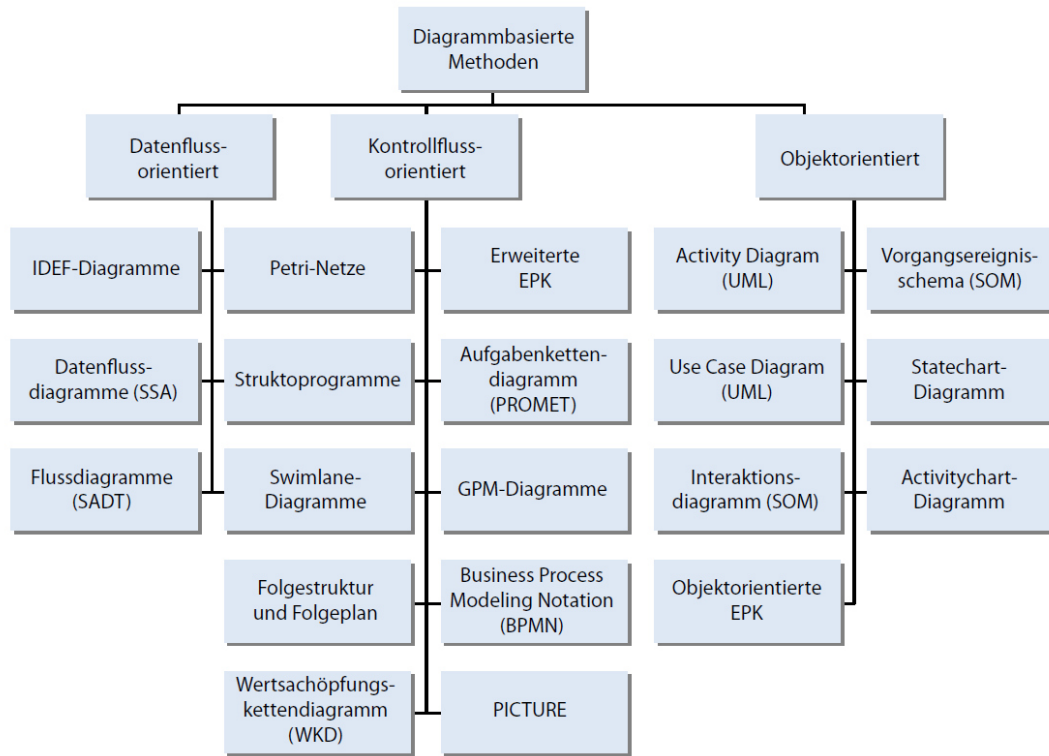


Abbildung 19: Übersicht über ausgewählte Diagrammsprachen⁹⁹

In dieser Literatur wurde im Rahmen einer Umfrage ermittelt, welche dieser formalen Darstellungsmethoden am gängigsten in der Praxis eingesetzt werden.¹⁰⁰ Die Auswertung führte zum folgenden Ergebnis:

Methode	Nutzungs-Häufigkeit
SADT (Structured Analysis and Design Technique)	44,0%
eEPK (erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette)	43,1%
Swimlane-Diagramm	38,8%
UML (Unified Modeling Language)	21,6%
BPMN (Business Process Modeling Notation)	16,4%
SOM (Semantische Objektmodell)	9,5%
Petri-Netz	3,4%
IDEF (Integration Definition for Function Modeling)	2,6%

Tabelle 1: Auswertung formaler Darstellungsmethoden¹⁰¹

⁹⁷ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2016b), S. 18

⁹⁸ vgl. Sihm; Sunk; Nemeth; u. a. (2016), S. 175

⁹⁹ Gadatsch (2012), S. 64

¹⁰⁰ vgl. ebenda

Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen wird auf die einzelnen Methoden nicht näher eingegangen. Wie schon erwähnt dienen Darstellungs- und Gestaltungsmethoden dem besseren Verständnis von Systemen. Sie lassen sich außerdem durch geeignete Methoden für alle Beteiligte visualisieren.

4.4.3 Mathematische Planungs- und Analysemethoden

Mathematische Planungs- und Analysemethoden sind notwendig um für ein zu untersuchendes System, quantifizierbare Zusammenhänge zu formulieren. Sie nutzen mathematische Funktionen und Rechenregeln, um ein besseres Verständnis der ermittelten Ergebnisse und Wirkzusammenhänge zu erlangen. Durch Kombinationen von Optimierungs- und Simulationsmethoden, können produktionslogistische Untersuchungsgegenstände viel genauer nachgebildet werden als durch die Nutzung einzelner Methoden. Während ein Simulationsmodell das System und deren Steuerungslogik repräsentiert, modellieren die Optimierungsmethoden die notwendigen Strategien zur Produktionsprogrammplanung oder Transportplanung. In den meisten Fällen sind solche Optimierungsmethoden bereits in vielen Simulationswerkzeugen enthalten. Folgend werden einige Planungs- und Analysemethoden aufgelistet, welche häufig in der Praxis verwendet werden. Allerdings wird, um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, für nähere Beschreibungen auf die verwendete Literatur verwiesen.¹⁰²

- **Netzplantechnik**

Wird häufig in der Produktions- und Logistikplanung eingesetzt um komplexe Prozessverläufe systematisch darstellen und analysieren zu können.¹⁰³ Weiters können Abläufe geplant, gesteuert und überwacht werden und zwar unter Berücksichtigung von Zeit, Kosten, Ressourcen und anderen Größen.¹⁰⁴

- **ABC-Analyse**

Wird häufig im Bereich Produktion und Logistik eingesetzt, um Hauptursachen schneller zu erkennen. Dafür werden Merkmale wie Kosten, Umsatz, Verbrauch, Preis, sowie Anzahl an Ein- und Auslagerungen eines Artikels nach deren Wichtigkeit bzw. der Bedeutung ihrer Auswirkung in einem Säulendiagramm geordnet. Anschließend wird die Relevanz jedes Merkmals in Bezug auf den Gesamtumfang aller Merkmale ermittelt.¹⁰⁵

¹⁰¹ vgl. Gadatsch (2012), S. 65

¹⁰² vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 106ff

¹⁰³ vgl. ebenda, S. 109

¹⁰⁴ vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 10

¹⁰⁵ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 111; vgl. Sihm; Sunk; Nemeth; u. a. (2016), S. 261

- **XYZ-Analyse**

Sie dient als gute Entscheidungshilfe bei der Auswahl der Lagerhaltungs- und Beschaffungsstrategie. Sie funktioniert ähnlich wie die ABC-Analyse, nur dass die Klassifizierung anhand qualitativer Merkmale wie Verbraucherstruktur oder Bedarfsdynamik erfolgt.¹⁰⁶

- **Trichtermodell**

Ein in der Praxis anerkanntes und weit verbreitetes Modell zur Beschreibung von Produktionsprozessen, ist das Trichtermodell und das daraus abgeleitete Durchlaufdiagramm. Beim Trichtermodell wird davon ausgegangen, dass jede beliebige Kapazitätseinheit einer Fertigung in seinem Durchlaufverhalten durch die Größen Zugang, Bestand und Abgang vollständig beschrieben werden kann. Der Trichter symbolisiert die Kapazitätseinheit unabhängig davon, ob es sich um einen Einzelarbeitsplatz, ein Kostenstelle oder um eine gesamte Fertigung handelt. Wie schon erwähnt wird anschließend das Durchlaufdiagramm abgeleitet, welches das dynamische Systemverhalten qualitativ im Zeitablauf beschreibt und die Wirkzusammenhänge zwischen den logistischen Zielgrößen aufzeigt.¹⁰⁷ Die Kennlinien werden für die Analyse, Verbesserung und Konfiguration der Fertigungssteuerung verwendet.¹⁰⁸

- **Nutzwertanalyse**

Ist eine Planungsmethodik zur systematischen Analyse einer Entscheidungssituation, wenn eine Vielzahl von entscheidungsrelevanten Zielkriterien zu beachten ist, oder ein monetärer Projektwert nicht bestimmt werden kann. Sie dient erfolgreich zur Bewertung verschiedener Alternativen, indem deren Zielwertkombinationen verglichen werden und in Abhängigkeit des maximalen Gesamtnutzen, die beste Alternative ermittelt wird.¹⁰⁹ Der Nutzwert gibt an, wieviel Prozent die Variante, verglichen mit der maximal möglichen Bewertung, erreicht hat. Im Allgemeinen werden Varianten mit einem Nutzwert unter 80% kritisch hinterfragt, weil diese langfristig nicht wettbewerbsfähig sind. Grund dafür kann sein, dass die Restriktionen des Grundstücks, oder des Gebäudes keine bessere Lösung bietet. In diesem Fall sollte das Gebäude oder der Standort infrage gestellt werden, oder die Lösung ist noch nicht ausgereift und wird an das Planungsteam zurückverwiesen.¹¹⁰

¹⁰⁶ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 111; vgl. Sihm; Sunk; Nemeth; u. a. (2016), S. 225

¹⁰⁷ vgl. Nyhuis; Wiendahl (2012), S. 17

¹⁰⁸ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 115

¹⁰⁹ vgl. Zangemeister (1971), S. 7

¹¹⁰ vgl. Wiendahl; Reichardt; Nyhuis (2014), S. 505

4.4.4 Simulationsmethoden

Simulationsmethoden dienen der Analyse komplexer dynamischer Sachzusammenhänge. Durch die Möglichkeit an systembeschreibenden Modellen zu experimentieren, können Aussagen hinsichtlich ihres Verhaltens über die Zeit gewonnen werden. Simulationsmethoden finden Verbreitung in den verschiedensten Bereichen unserer Gesellschaft und ihre Anwendungen reichen von der Abbildung, Rekonstruktion bis hin zur Durchführung von modelldargestellten Systemen. Der Begriff „Simulation“ wird in der VDI-Richtlinie VDI 3633 Blatt 1 folgendermaßen definiert:

„Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind; insbesondere werden die Prozesse über die Zeit entwickelt.“¹¹¹

Essenzielle Eigenschaften der Simulation sind die Modellierung der Zeit, die Abbildung von zufälligen Ereignissen, die Experimentierbarkeit der Modelle über systematische Struktur- und Parametervariationen und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Um das Zeitverhalten abzubilden und die laufende Zeit innerhalb eines Simulationsmodells zu beobachten, werden die kontinuierliche, die zeitgesteuerte und die ereignisdiskrete Simulation unterschieden. Bei der kontinuierlichen Simulation wird die Zeit sowie die Zustandsvariablen durch stetige Funktionen beschrieben. Bei der ereignisdiskreten Simulation entstehen Zustandsänderungen, abhängig vom eintretenden Ereignis nur zu diskreten Zeitpunkten. Bei der zeitgesteuerten Simulation wird die Simulationszeit kontinuierlich um einen festen Zeitwert Δt erhöht. Nachfolgend werden kurze Erläuterungen zu den bekanntesten Simulationsmethoden gegeben.¹¹²

Kontinuierliche Simulation:

Die kontinuierliche Simulation untersucht das dynamische Verhalten Raum und/oder Zeit eines technischen Systems und wird vor allem im physikalisch-technischen Bereich eingesetzt. Der Grundgedanke ist, dass sich der Zustand eines Systems und damit auch eines Modells stetig mit der Zeit verändert. Abhängig von der Aufgabenstellung kann auch die räumliche Dynamik von Bedeutung sein. Das Systemverhalten wird durch partielle Differentialgleichungen mit der freien Variable Zeit modelliert. Die Gleichungssysteme werden mithilfe eines numerischen Ansatzes der Diskretisierung gelöst. Die Modellierungsansätze werden abhängig von den jeweiligen Eigenschaften der zu untersuchenden dynamischen Systeme

¹¹¹ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2014), S. 3

¹¹² vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 117

unterschieden und ausgewählt. Nachfolgend werden die verschiedenen Modellierungsansätze vorgestellt:¹¹³

4.4.4.1 Finite-Element-Methode (FEM)

Die Grundidee bei der Finite-Elemente-Methode besteht darin, die Lösung durch eine einfachere Funktion zu approximieren. Somit wird eine Diskretisierung des Funktionenraums der Lösung eingeführt. Die Approximation erhält man durch eine Linearkombination einer endlichen Anzahl von Basisfunktionen.¹¹⁴ Die Diskretisierung des Problemgebietes erfolgt über eine nicht überlappende Zerlegung des Gebietes in einfache Teilgebiete (sogenannte finite Elemente). Diese bestehen in Abhängigkeit der Geometrie des zu analysierenden Objektes aus Elementtypen wie 1D-Intervalle, 2D-Dreiecke und -Vierecke, krummlinige Elemente, 3D-Tetraeder oder Quader, die das reale Objekt näherungsweise abbilden. Für jedes finite Element werden polynomiale Ansatzfunktionen festgelegt. An den Knoten bzw. Kanten der Elemente werden physikalische Eigenschaften des Materials wie seine Biegesteifigkeit, sein Wärmeleitverhalten oder sein Fließverhalten definiert. Während der Simulation verändert sich das Netz aufgrund äußerer Einwirkungen in unterschiedlichen Größen. Zum Beispiel verändert sich die Position eines Knotens, die Länge einer Kante, der Drucks oder die Temperatur in einem Element. Damit findet die FEM-Methode ihre Anwendung in Einsatzgebieten, in denen die Untersuchung von Bauteilen in Bezug auf die Festigkeit und die Verformung unter Last eine erhebliche Rolle spielt.

4.4.4.2 Mehrkörpersimulation

Die Dynamik von Mehrkörpersystemen basiert auf analytischer Mechanik und wird auf eine Vielzahl von Konstruktionssystemen sowie auf biomechanische Probleme angewendet. Um das Bewegungsverhalten eines realen Prototyps vor seiner Fertigstellung untersuchen und optimieren zu können, muss ein virtueller Prototyp in Form eines mechanischen Ersatzsystems (Mehrkörpersystems) erstellt werden. Zunächst muss das technische System bzw. das natürliche System durch die Elemente des Mehrkörpersystems ersetzt werden. Dies geschieht in Abhängigkeit der Kinematik des realen Systems durch starre und/oder flexible Körper, Gelenke, Schwerkraft, Federn, Dämpfer sowie Stellungs- und/oder Kraftaktuatoren.¹¹⁵ Aufgrund von Verbindungen der Einzelkomponenten untereinander, ist die Bewegung unter ihnen kinematisch eingeschränkt. Jede Einzelkomponente folgt aufgrund ihrer Freiheitsgrade unterschiedlichen translatorischen und rotatorischen Bewegungen. Als Voraussetzung für die Kinematikanalysen müssen in der Regel die digitalen Produktdaten vorliegen. Anschließend wird anhand der Kinematiksimulation visuell überprüft, ob alle Bewegungsabläufe ordentlich ablaufen. Falls das nicht der

¹¹³ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 118ff

¹¹⁴ vgl. Munz; Westermann (2012), S. 291

¹¹⁵ vgl. Rill; Schaeffer (2010), S. 2; vgl. Schiehlen (2006), S. 566f

Fall sein sollte, werden die Probleme durch die Kinematikdefinition korrigiert. Nach erfolgreicher Durchführung der Kinematiksimulation sind alle Betriebsmittel, Anlagen und Werkzeuge geometrisch korrekt gestaltet und positioniert. Dank der Mehrkörpersimulation können Kollisionen und Unerreichbarkeiten schon früh in der Planungsphase statt bei der Inbetriebnahme erkannt werden. Damit können erhebliche Mehrkosten eingespart und Verzögerungen eliminiert werden. Ein weiterer Vorteil der Kinematiksimulation besteht darin, dass direkt aus ihr Steuerungen von Robotern oder NC-Maschinen abgeleitet werden können, was zu einer weiteren Zeiteinsparung beim Inbetriebnahmeprozess führt.

4.4.4.3 Ergonomiesimulation

Vorrangig wird mit der Ergonomie das Ziel verfolgt, bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion insbesondere die physiologischen und mentalen Fähigkeiten und Grenzen des Menschen zu berücksichtigen. Innovative Sensor- und Fusionssysteme ermöglichen heute die Verfügbarkeit und die Verarbeitbarkeit von Informationen, welche in der Vergangenheit kaum zugänglich waren. Somit stellt sich die Frage, wie eine Optimierung des Mensch-Maschine-Systems hinsichtlich Effizienz und Effektivität zu gestalten sind.¹¹⁶ Dazu werden digitale Menschmodelle benötigt, die modellhaft geometrische und weitere Eigenschaften und Fähigkeiten des Menschen abbilden, simulieren und zur Nutzung bereitstellen. Als Teil der digitalen Fabrik ermöglichen sie eine frühzeitige simulative Analyse und Gestaltung und erlauben eine schnelle Prüfung verschiedener Szenarien. Als wichtigster Output wird die Visualisierung ergonomischer Sachverhalte dargestellt.¹¹⁷ Mittels kinematischer Analysen wird die Ausführbarkeit und der Zeitbedarf für die Ausführung von Arbeitsvorgängen, als wichtige Beurteilungskriterien ermittelt. Mittels statischen Menschmodellierungen wird anhand vom Menschen auszuübenden Kräfte und Drehmomente, die Erträglichkeit des auszuführenden Arbeitsvorganges ermittelt.¹¹⁸ Die Ergebnisse können als Basis für Entscheidungen zur Durchführbarkeit mit dem Betriebsrat und den Gesundheitsschutz herangezogen werden. Der ergänzende Einsatz unterschiedlicher Methoden führt zur Verbesserung für das bestehende Arbeitssystem, zur erheblichen Belastungsreduzierung beim Personal und zur frühzeitigen Einschulung in die durchzuführenden Bewegungsabläufe vor dem Fertigungsbeginn. Für den Einsatz von Menschmodellen im Rahmen der DF wurde 2015 vom Verein Deutscher Ingenieure die Richtlinie VDI 4499 Blatt 4 erarbeitet.

4.4.4.4 Kontinuierliche Systeme

Bei kontinuierlichen Systemen wird das Verhalten ohne eine komplexe räumliche Dynamik betrachtet. Kontinuierliche Systeme untersuchen in erster Linie

¹¹⁶ vgl. Schmidt; Schlick; Grosche (2008), S. 67f

¹¹⁷ vgl. Bullinger-Hoffmann; Mühlstedt (2016), S. 73f

¹¹⁸ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2015), S. 4f

flussorientierte Fragestellungen innerhalb volkswirtschaftlicher Analysen, Stoffstromkreisläufen und umwelttechnischer Sachzusammenhänge. Als Beispiele können die Wärmesimulation und die Lärmentwicklung genannt werden. Die Wärmesimulation verfolgt zum Beispiel das Ziel, eine wirtschaftlich günstige Positionierung von Heizungen, Lüftern oder Kühleinrichtungen in einem Raum zu erreichen, wobei auch indirekte Wärmeentwicklung von Maschinen, Aggregaten oder sonstigen Anlagen berücksichtigt werden. Die Geräuschsimulation verfolgt das Ziel, einer effizienten und effektiven Positionierung von Schallschutzeinrichtungen wie Dämmkabinen oder Lärmwänden. Außerdem kann mit der Geräuschsimulation die akustische Wirkung von Alarmanlagen, Signalen oder sprachgestützten Informationssystemen untersucht werden.

Diskrete Simulation:

Bei der diskreten Simulation werden die Zustandsänderungen nicht wie bei der kontinuierlichen Simulation über die Zeit ausgelöst, sondern sprunghaft zu diskreten Zeitpunkten. Solch ein diskreter Zeitpunkt wird durch das Eintreten eines atomaren verbrauchenden Ereignisses beschrieben. Auch innerhalb der diskreten Simulation gibt es unterschiedliche Simulationsstrategien, welche abhängig vom Sachverhalt zum Einsatz kommen. Folgend werden die beiden häufigsten Ansätze der diskreten Simulation erläutert.¹¹⁹

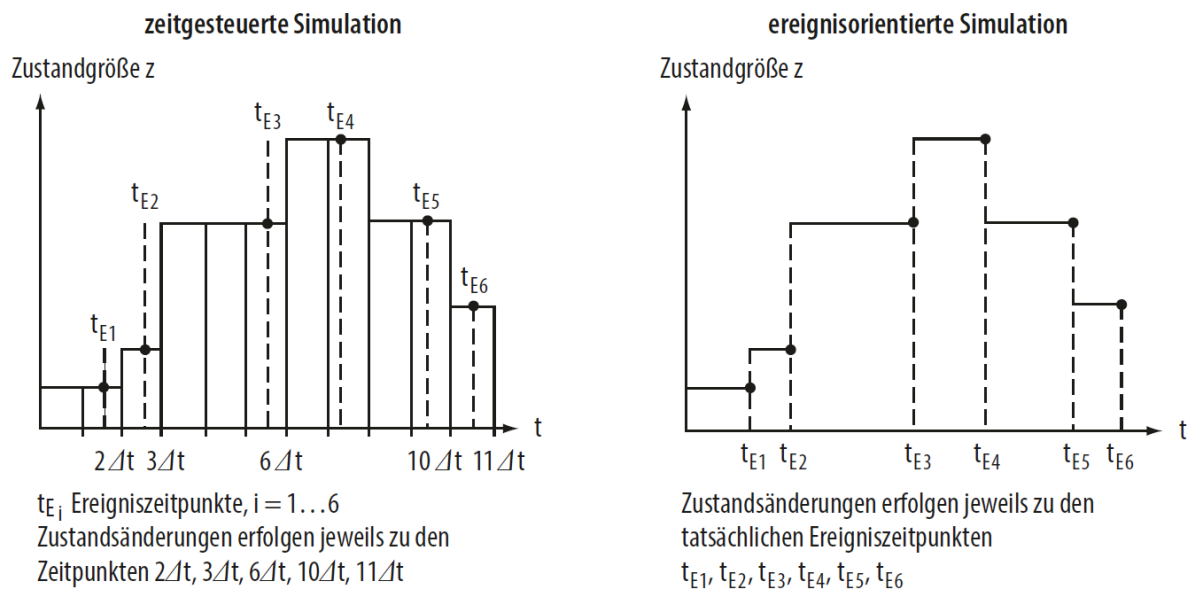


Abbildung 20: Wirkung von Ereignissen bei zeitgesteuerter und ereignisorientierter Simulationsmethode¹²⁰

4.4.4.5 Zeitgesteuerte Simulation

Bei der zeitgesteuerten Simulation wird in jedem Simulationsschritt, die Simulationszeit um ein vorher festgelegtes konstantes Zeitinkrement Δt erhöht. Nach

¹¹⁹ vgl. Matte (1989), S. 201

¹²⁰ Tempelmeier (2018), S. 10

dem weiterschalten der Zeit um das festgelegte Zeitinkrement, werden alle aufgetretenen Zustandsänderungen durchgeführt (Abbildung 20). Die Wahl des Wertes Δt ist von entscheidender Bedeutung für Genauigkeit, Korrektheit und Effizienz der Simulation. Ein zu klein gewählter Wert erhöht enorm die Rechenzeit und ist bei längeren Zeiten ohne Zustandsänderung (Totzeiten) ineffizient für den Fortschritt der Simulation. Ein zu groß gewählter Wert kann zu Fehlern in der Simulation führen. Es könnte zu Wechselwirkungen von Zustandsänderungen innerhalb eines Zeitinkrements führen und somit ihre Beziehungen während der Simulation durcheinanderbringen. Also ist darauf zu achten, dass jede Zustandsänderung, welche Auswirkung auf die nächste hat, erst im nachfolgendem Simulationsschritt durchgeführt wird. Wird der Wert klein genug gewählt um den kontinuierlichen Verlauf des Modells hinreichend genau zu approximieren, nimmt die zeitgesteuerte Simulation einen quasi-kontinuierlichen Charakter an.¹²¹ Die zeitgesteuerte Simulation findet Anwendung, wenn die Betrachtung von Einzelereignissen für den Sachverhalt nicht machbar und eine kontinuierliche Simulation aufgrund der zu betrachtenden Zustandsänderungen zu diskreten Zeitabständen nicht notwendig ist. Zum Beispiel wird sie für logistische Energie- und Materialströme verwendet, oftmals auch in Verbindung mit diskreten Produktionsanlagen.¹²²

4.4.4.6 Ereignisdiskrete Simulation

Bei der ereignisdiskreten Simulation werden die Zustandsänderungen über das Auftreten von Ereignissen verursacht. Ein Ereignis ist grundsätzlich atomar was bedeutet, dass es nicht weiter zerlegbar ist. Die Zeitpunkte für den Eintritt von Ereignissen sind in der Regel nicht immer gleich weit entfernt voneinander. Der Zustand nach einem Ereignis behält seine Gültigkeit bei, bis das nächste Ereignis diesen Zustand ändert (Abbildung 20).¹²³ Dafür ist es aber notwendig, den Zeitpunkt des nächsten Ereignisses zu kennen was bedeutet, dass alle zukünftigen Ereignisse mit ihren Eintrittszeitpunkten feststehen bzw. eingeplant sind. Alle abzuarbeitenden Ereignisse werden vom Simulator in einer Ereignisliste verwaltet. Somit kann nach Ausführung eines Ereignisses die Zeit zum nächsten Ereignis übersprungen werden und vom Simulator ausgeführt werden was erhebliche Rechenzeit einspart.¹²⁴ Mit dieser Simulationsstrategie lassen sich Systeme mit diskreten beweglichen Objekten sehr gut abbilden. Der größte Nutzen der ereignisgesteuerten Simulation liegt in der Untersuchung logistischer Prozesse, Materialflüsse, Produktionsprozesse und ihrer Auslegung sowie der Leistung der Produktionssysteme. Zeitgesteuerte und

¹²¹ vgl. Matte (1989), S. 202f

¹²² vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 128

¹²³ vgl. Tempelmeier (2018), S. 10f

¹²⁴ vgl. Matte (1989), S. 201

kontinuierliche Simulationen sind für den Bereich logistischer Systeme weniger relevant.¹²⁵

4.4.5 Methoden der künstlichen Intelligenz

Die heutigen Produktionsprozesse sind durch eine hohe Dynamik und Komplexität gekennzeichnet und führt die etablierten Planungs- und Steuerungsmethoden an ihre Grenzen.¹²⁶ Der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) ist sehr vielfältig, jedoch befindet sich diese Technologie in einem Zeitalter in dem Unternehmen nur zögerlich die KI weiter erforschen und einsetzen. Um den Einsatz der KI voranzutreiben müssen Unternehmen grundlegende Strategien und Datenstrukturen entwickeln, um neue Erkenntnisse zu erlangen. Für die Industrie ergeben sich durch die KI völlig neue Innovationspotentiale, denn noch nie waren Produktionsanlagen so stark vernetzt wie heute. Dank dem Zeitalter der Digitalisierung sind erhebliche Datenmengen verfügbar. Durch die Auswertung dieser Daten durch die KI, sind Leistungssprünge in der Nutzung von Maschinen und Anlagen in Bezug auf Flexibilität, Qualität und Effizienz zu erwarten. Unternehmen, die sich frühzeitig mit diesem Thema beschäftigen, werden ihre Wettbewerbsfähigkeit, Produktivität und Qualität ihrer Arbeitsprozesse weiter verbessern können. Eine besondere Bedeutung für den zukünftigen Arbeitsmarkt erhalten in Zukunft, KI ausgestattete Roboter. Sie werden vermehrt Einzug in alle Arbeits- und Alltagsumgebungen erhalten und neue Aufgaben übernehmen.¹²⁷ Folgend werden zwei Methoden erläutert, mit denen die KI zum Einsatz kommt:¹²⁸

4.4.5.1 Multiagentensysteme MAS

Jüngste Entwicklungen haben gezeigt, dass Multiagentensysteme neue und interessante Möglichkeiten mit sich bringen. Daher haben die Forscher versucht, die Agententechnologie auf die Integration von Fertigungsunternehmen, die Zusammenarbeit von Unternehmen, die Planung von Fertigungsprozessen, die Terminplanung und die Steuerung von Fertigungsstätten, Materialhandhabung und Lagerverwaltung sowie die Einführung neuartiger Fertigungssysteme anzuwenden.¹²⁹ Um die Funktionsweise von MAS zu verstehen wird zuerst der Begriff „Agent“ nach der Definition von Jennings und Wooldridge erläutert:

¹²⁵ vgl. Arnold; Isermann; Kuhn; u. a. (2008), S. 79; vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 128ff; vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2014), S. 3

¹²⁶ vgl. Scholz-Reiter; Harjes; Hamann (2010), S. 101

¹²⁷ vgl. o.V. (2018): Künstliche Intelligenz praktisch anwenden. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 113, 6, 1.

¹²⁸ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 132ff

¹²⁹ vgl. Shen; Hao; Yoon; u. a. (2006), S. 416

Ein Agent ist ein Computersystem, das sich in einer bestimmten Umgebung befindet und das in dieser Umgebung autonom agieren kann, um seine Entwurfsziele zu erreichen. Der Agent sollte in der Lage sein, ohne das direkte Eingreifen von Menschen oder anderen Agenten zu handeln und er sollte die Kontrolle über seine eigenen Handlungen und internen Zustände haben. MAS bedeutet also ein loses gekoppeltes Netzwerk von Problemlösern (Agenten), die zusammenarbeiten, um Probleme zu lösen, die über ihre individuellen Fähigkeiten hinausgehen.¹³⁰

In den letzten Jahrzehnten findet eine intensive Untersuchung von Agentensystemen statt und zeigt bereits eine weite Verbreitung für den Anwendungsbereich „Steuerung von Produktionssystemen“. Agenten werden in Produktionssysteme implementiert, die auf Anforderung ihrer Umwelt ein bestimmtes Verhalten zeigen und eine Aktion ausführen (z.B. Ressourcenagenten). Ändert sich der Zustand der Umwelt für einen Agenten, so reagiert dieser selbstständig auf diese Veränderung (Reaktivität). Ein großer Vorteil von Agenten ist, dass sie ebenso eigene Ziele verfolgen und zur Erreichung dieser, selbstständig handeln können (Proaktivität). Das ermöglicht Agenten Aufträge gezielt auszuführen, indem sie mit anderen Agenten durch speziell kodierte Nachrichten¹³¹ kommunizieren (z.B. Auftragsagenten).¹³² Somit ist durch das dynamische Zusammenspiel der einzelnen Agenten das Produktionssystem in der Lage, sich selbst zu organisieren.¹³³ Ein weiteres interessantes Einsatzgebiet von Agenten ist die Konstruktionsunterstützung im Produktentstehungsprozess. Da in der Entwicklung die Abhängigkeiten zwischen den Baugruppen nicht immer fest vorgegeben sind, kann das Agentensystem die Suche nach kompatiblen Teilen selbstständig durchführen. Das Agentensystem arbeitet parallel zum Entwickler im Hintergrund, kann weitere Veränderungsvorschläge anbieten und dient auch als Überprüfungstool. Dadurch wird der Integrationsaufwand von neuen Baugruppen in das Fahrzeugmodell erheblich reduziert.¹³⁴ Die genannten Einsatzfelder befinden sich teilweise noch im Forschungs- und Prototypenstadium. Eine intensivere Auseinandersetzung mit diesem Thema ist im Rahmen von Industrie 4.0 zu erwarten.

4.4.5.2 Neuronale Netze

Als neuronale Netze werden Netzwerke aus Nervenzellen im Gehirn von Menschen und Tieren beschrieben. Dieser komplexen Verschaltung verdankt der Mensch seine Intelligenz, die Fähigkeit kontinuierlich zu lernen und sich an variable Umweltbedingungen anzupassen. Entsprechend unserem heutigen Wissensstand über natürlich neuronale Netze, versucht die Forschung diese künstlich zu modellieren, zu simulieren oder sogar als Hardware nachzubauen.¹³⁵ Zell definiert

¹³⁰ vgl. Jennings; Wooldridge (1998), S. 4

¹³¹ vgl. Kremer; Westerkamp (2013), S. 191

¹³² vgl. Lüder; Foehr (2013), S. 47

¹³³ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2018), S. 11

¹³⁴ vgl. Muñoz; Spors; Bracht; u. a. (2005), S. 320

¹³⁵ vgl. Ertel (2008), S. 241

künstlich neuronale Netze (KNN) als informationsverarbeitende Systeme, welche aus einer großen Anzahl von einfachen Einheiten (Zellen, Neuronen) bestehen. Durch Aktivierung der Zellen werden Informationen, über gerichtete Verbindungen, an andere Zellen gesendet. Das besondere Merkmal an ihnen ist, dass sie in der Lage sind, selbstständig aus Trainingsbeispielen zu lernen.¹³⁶ Die Netze modifizieren sich selbstständig um sich an die Gegebenheiten anzupassen. Als naheliegendstes Beispiel können Roboterarme genannt werden, um ihnen die erforderlichen Bewegungen beizubringen, damit sie eine bestimmte Aufgabe erfüllen. Hat der Roboter die Aufgabe erlernt, bewirkt die KNN, dass der Roboter seine Bewegungen selbstständig weiteroptimiert. Da die KNN mit stark vereinfachten Modellen der natürlich neuronalen Netze arbeitet, besitzt sie dieselben Stärken und Schwächen wie diese. Für numerische Berechnungen sind sie nicht gut geeignet, aber in den Bereichen Mustererkennung, DataMining, Diagnose oder Prozesssteuerung sind sie konventionellen Rechnern weit überlegen. Weitere ihrer positiven Eigenschaften sind Parallelität, hohe Fehlertoleranz, verteilte Wissensrepräsentation, assoziative Speicherung von Information oder auch Robustheit gegen Störungen oder verrauschte Daten. Der große Nachteil ist, dass das Verhalten der KNN nicht ausgewertet werden kann. Das Wissen, welches sich die KNN durch die Testdaten angeeignet hat, kann aus dem Netz nicht extrahiert werden.¹³⁷

4.4.6 Visualisierungsmethoden

Visualisierungsmethoden dienen der Absicherung abgestimmter, widerspruchsfreier und verteilter Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachgruppen indem Planungsergebnisse von Zwischenergebnissen sowie von komplexen Projektlösungen visuell veranschaulicht werden. Weiters helfen sie Ergebnisse und Lösungspräsentationen funktionsgerecht, verständlich und überzeugend den Entscheidungsträgern vorzulegen. Neben 2D- und 3D-Darstellungen sind eine Vielzahl von innovativen IT-Systemen wie parametrisierbare virtuelle Räume oder teambasierte, interaktive Planungstechniken entstanden, dessen Einsatz es zu nutzen gilt.¹³⁸ Der Verein Deutscher Ingenieure setzte sich intensiv mit dem Thema „Simulation“ und „Visualisierung“ auseinander und definierte den Begriff „Visualisierung“ in der VDI-Richtlinie 3633 Blatt 11 folgendermaßen:

„Die Visualisierung umfasst die Erzeugung der grafischen Veranschaulichung von Daten und Sachverhalten durch Transformation der Daten in symbolische und geometrische Information; sie muss nicht zwangsläufig computerbasiert sein.“¹³⁹

¹³⁶ vgl. Zell (1994), S. 23

¹³⁷ vgl. Lippe (2006), S. VIIIff; vgl. Karrenberg (2012), S. 443ff; vgl. Zell (1994), S. 26ff

¹³⁸ vgl. Grundig (2018), S. 24

¹³⁹ Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 3

Die Visualisierung stellt somit den Oberbegriff aller visuellen Veranschaulichungen von Daten dar. Das bedeutet, dass alle grafischen Darstellungen (mit oder ohne Rechnerunterstützung) sowie alle 2D- oder 3D-Animationen dem Begriff „Visualisierung“ untergeordnet sind. Hauptsächlich unterscheiden sich die Visualisierungsmethoden bezüglich Dimension, Darstellungsmöglichkeiten, Zeitverhalten und Interaktion durch den Betrachter. In der VDI-Richtlinie 3633 Blatt 11 ist ein morphologischer Baukasten¹⁴⁰ beschrieben, welches dem Anwender erlaubt, die geeignete Visualisierungsmethode auszuwählen. Auf nähere Auswahlkriterien des Baukastens wird in dieser Arbeit nicht näher eingegangen. Bei der Auswahl soll beachtet werden, dass die ermittelte Visualisierungsmethode die Daten bei der Wiedergabe nicht verfälscht, der Betrachter die relevanten Informationen intuitiv aufnehmen kann und der Aufwand, zur Erstellung und Interpretation der visualisierten Information, den Nutzen nicht übersteigt. Die Visualisierung hat vor allem den Nutzen das allgemeine Systemverständnis zu verbessern, Fehler durch Systemdiagnose auszudecken und situationsbezogene Analysen zu unterstützen, indem komplexe Systemzusammenhänge aufgeschlüsselt und erklärt werden. Nachfolgend wird die Visualisierung, aufgrund des Zeitverhaltens, in statische und dynamische Visualisierungsmethoden aufgeteilt und die bekanntesten Visualisierungssysteme wie Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) erläutert.¹⁴¹

Visualisierung grafischer und statischer Modelle:

Die statische Visualisierung, ob zwei- oder dreidimensional, zeichnet sich dadurch aus, dass die visualisierte Darstellung keine Veränderung über die Zeit nimmt. Dennoch können statische Sachverhalte über die Zeit dargestellt werden. Hauptzweck der grafischen Darstellung von Sachverhalten ist die intuitive Erkenntnisfähigkeit des Betrachters. Die Intention der Visualisierung liegt nicht in der Entnahme von exakten Zahlenwerten, sondern in der Wahrnehmung und Interpretation des gesamten Musters durch den Betrachter. Auf diese Weise ist es zum Beispiel möglich einen Durchschnitt abzulesen oder eine Entwicklung eines Trends zu erkennen. Als bekannte Visualisierungsmodelle können Kreisdiagramme, Balkendiagramme, Gantt-Diagramme, etc. genannt werden. Sie werden heute auf Bildschirmen mit hoher Auflösung dargestellt oder mittels leistungsstarker Hardware wie Drucker und Plotter zu Papier gebracht. Aufgrund der fortschrittlichen Entwicklung in der Computergrafik, werden statische Modelle auch dreidimensional dargestellt. Oft werden sie für die Darstellung räumlicher Dimensionen von Layouts verwendet, um dem Betrachter die Vorstellung zu erleichtern.¹⁴² Um einen Bruch in

¹⁴⁰ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 8

¹⁴¹ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 135f; vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 16

¹⁴² vgl. ebenda, S. 137f; vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (1997), S. 12ff

der digitalen Durchgängigkeit zu vermeiden werden rein digitale Methoden für Visualisierungszwecke empfohlen.

Dynamische Visualisierung:

Im Unterschied zur statischen Visualisierung geht die dynamische Visualisierung von einer veränderlichen Darstellung durch die Modifikation des Zeit- oder Raumverhaltens aus. Dadurch wird es möglich, zwei- oder dreidimensionale Abbildungen über die Zeit darzustellen was das Verständnis komplexer dynamischer Sachverhalte fördert. Die visuelle Beschreibung der Information erfolgt in symbolischer, ikonischer oder fotorealistischer Form. In Abhängigkeit des zu visualisierenden Raumes, kann die Entscheidung auf eine Visualisierung zeitlicher oder logischer Zusammenhänge ohne Modelllayout (Monitoring) über ein einfaches zweidimensionales Modelllayout (2D-Animation) bis hin zu einer dreidimensionalen Modellausprägung (3D-Animation) fallen.¹⁴³

4.4.6.1 Monitoring

Monitoring bedeutet in erster Linie viele Daten zu sammeln um daraus, automatisiert die richtigen Schlüsse ziehen zu können. Es wird sowohl in der Planung als auch im Betrieb von Fabrikanlagen eingesetzt, um Zustände oder charakteristische Kennzahlen zu visualisieren. Mithilfe dessen ist es möglich, Einsicht in die dynamischen, internen Abläufe von Fabrikanlagen zu erhalten. Vor allem wird diese Methode der Visualisierung während eines Simulationslaufs genutzt, um ihre Ablaufdaten dynamisch in Form von alphanumerischen Zustandsgrößen und Diagrammen darzustellen. Dies ermöglicht dem Anwender frühzeitig auf unerwünschte Entwicklungen wichtiger Zustandsgrößen zu reagieren. In Abhängigkeit des Anwendungsbereiches werden unterschiedliche grafische Darstellungsformen zur Verdeutlichung der gewünschten visuellen Aussage eingesetzt. Das Auswahlpektrum reicht von einfachen Symbolen und Texte über zeitabhängige Diagramme bis hin zu visualisierten Analoganzeigen wie Thermometer oder Füllstandsanzeigen. Zum Beispiel wird die Prüfung von Roboterbewegungen oder die Darstellung der Ressourcennutzung bei der Auftragsbearbeitung vorzugsweise durch das Gantt-Chart visualisiert.¹⁴⁴

¹⁴³ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 140; vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 4

¹⁴⁴ vgl. ebenda, S. 141; vgl. Kramm (2016), S. 5; vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (1997), S. 18f

Die Anforderungen an ein Monitoring-System können vielfältig sein. Die Bedeutendsten werden in den nachfolgenden fünf Kategorien eingeordnet:¹⁴⁵

1. Zustand des Systems beobachten

Statuserfassung aller Software, Hardware, Dienste und Langzeitspeicherung von Informationen

2. Alarmierung

Über die Ursache von Fehler informieren, Fehlerbehebung dokumentieren und manuelles Eingreifen ins System verlangen

3. Diagnose

Informationssammlung für detaillierte Ursachenanalyse und Entscheidungshilfe

4. Qualitätsmessung

Datensammlung über Leistungsfähigkeit und Durchsatz des Systems zu Identifikation von Engpässen, Überlastungen und Implementierungsfehlern

5. Konfiguration

Standardisierte Konfigurationen überwachen und bei Abweichungen warnen

4.4.6.2 2D und 3D Animation

Animation bedeutet zum Leben erwecken und wird aus dem lateinischen Wort „animare“ abgeleitet. Sie erzeugt mittels Rechner und geeigneter Programme, aus mehreren Bildfolgen einen visuellen Effekt. Unter visuellen Effekt wird eine Veränderung von Position, Form, Farbe, Transparenz, Beleuchtung, Struktur und Musterung eines Objektes über die Zeit verstanden.¹⁴⁶ Animationen werden zunehmend in raumbezogene Fachdisziplinen eingesetzt, um räumliche Daten analysieren und präsentieren zu können. Weiters helfen sie Planungsszenarien verständlich zu präsentieren, historische Entwicklungen zu zeigen oder umweltrelevante Prozesse zu visualisieren.¹⁴⁷ Ein weitaus größerer Nutzen ergibt sich aus der Übernahme von objekt- oder elementbezogenen Daten aus der Simulation. Indem bestimmte Vorgänge und Ergebnisse der Simulation in die Animation eingebunden werden, wird ein realitätsnahes Abbild des Simulationsmodells erstellt. Diese simulationsunterstützte Animation nutzt vor allem der Erkenntnisgewinnung und der Kenntnisvermittlung. Unter Erkenntnisgewinnung wird die Umsetzung von Visualisierungsinhalten in subjektive Information für den Betrachter verstanden. Das hilft dem Betrachter das System besser zu verstehen,

¹⁴⁵ vgl. Kramm (2016), S. 6f

¹⁴⁶ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 3

¹⁴⁷ vgl. Buziek; Dransch; Rase (2013)

Modellfehler aufzudecken sowie Systemzusammenhänge zu analysieren. Unter Kenntnisvermittlung wird die Vermittlung von Information zwischen mindestens zwei Beteiligten verstanden. Das hilft die Kommunikation im Projektteam zu verbessern, Personal einzuschulen und erhöht die Akzeptanz durch anschauliche Erklärung.¹⁴⁸ Mithilfe einer Animation von Materialflüssen und Produktionsprozessen können potenzielle Szenarien wie Nachschubbedarf oder auftretende Staus identifiziert werden und somit die Leistungsfähigkeit der virtuellen Fabrik überprüft werden. Ablaufanimationen ermöglichen verbesserte Analysen durchzuführen und aussagekräftige Statistiken zu treffen.¹⁴⁹

4.4.6.3 Fabrikplanungstisch

Der Fabrikplanungstisch ist ein optimales Werkzeug zur Unterstützung der partizipativen Layoutplanung. Das Ziel ist alle Wissensträger eines Unternehmens in den Fabrikplanungsprozess einzubeziehen. Es unterstützt vor allem die Mitarbeiterpartizipation aus der Produktion, da besonders diese über nicht dokumentiertes Prozesswissen verfügen welches für die Fabrikplanung von hoher Bedeutung ist.¹⁵⁰ Für dieses Unterfangen wurde vom Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung (IFU) der Planungstisch 4.0 entwickelt, welcher mehrere Werkzeuge der DF zur intuitiven, partizipativen Layoutplanung vereint. Über einen multitouch-fähigen Display können Nutzer das Layout gestalten und optimieren. Dazu vergleicht ein Algorithmus jede Änderung am Layout mit dem Idealzustand was dem Nutzer ermöglicht, Verbesserungen oder Verschlechterungen zu erkennen und zu berücksichtigen. Somit wird auch Nicht-Experten ermöglicht, sich aktiv an der Layoutplanung zu beteiligen. Sie werden proaktiv und automatisch mit wichtigen Planungsinformationen versorgt was die Akzeptanz und die Sensibilisierung für die Planungsthematik erhöht. Weiters können Anwender durch die Erweiterung mit 3D-Modellen noch intuitiver mit dem Planungstisch interagieren.

¹⁴⁸ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 15; vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 143

¹⁴⁹ vgl. Beesten (2012), S. 145

¹⁵⁰ vgl. Dombrowski; Riechel (2010), S. 1091

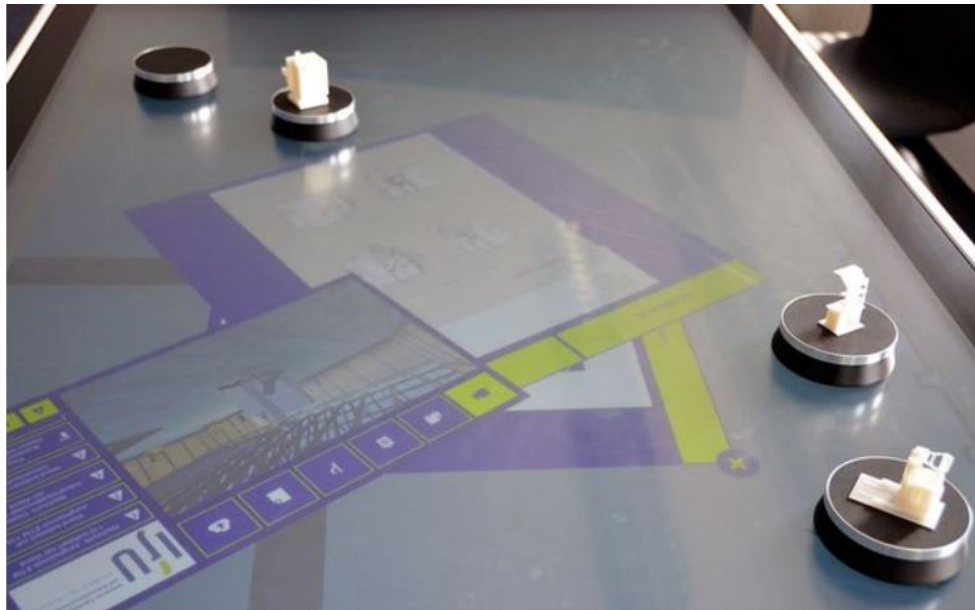


Abbildung 21: IFU Fabrikplanungstisch 4.0¹⁵¹

Wie in Abbildung 21 ersichtlich, repräsentieren die dargestellten Objekte auf dem Planungstisch, 3D-Modelle von Maschinen und Anlagen. Sie sind mit RFID-Kennzeichnungen versehen, welcher der Tisch automatisch erkennt und digital abbildet. Der Tisch selbst, kann je nach Anwendungsbereich entweder statisch oder mobil eingesetzt werden. Er lässt sich wie ein IKEA-Tisch demontieren und beim Kunden direkt am Shopfloor aufbauen. Der größte Vorteil ist jedoch, dass der Planungstisch alle relevanten Planungsdaten und Restriktionen im Hintergrund mit der Datenbank abgleicht, aktualisiert und berücksichtigt, sodass der Anwender den Fokus nur mehr auf den kreativen Teil der Planung legen kann. Dank dem Planungstisch wird in Zukunft die Einbeziehung aller Planungsbeteiligten vereinfacht, die Akzeptanz des Planungsergebnisses gefördert, implizites Wissen integriert und der Planungsfortschritt beschleunigt. Planungsfehler können durch die automatisierte Planungsunterstützung vermieden sowie Kosten eingespart werden.¹⁵²

4.4.6.4 Virtual Reality

Unter Virtual Reality (VR) wird eine Mensch-Maschine-Schnittstelle verstanden, welche dem Anwender ermöglicht, vollständig in eine dreidimensionale virtuelle Welt einzutauchen. Die virtuelle Welt wird von einem Computer generiert und ermöglicht dem Anwender die virtuelle Umgebung als Realität wahrzunehmen und mit dieser zu interagieren.¹⁵³ VR-Systeme finden besonders bei räumlich-geometrischen Problemstellungen Anwendung, wo der Mensch als Entscheidungsträger für Lösungen verantwortlich ist. Diese Aussage trifft in vielerlei Hinsicht auf die Fabrikplanung zu. Demnach erhält Virtual Reality vermehrten Einsatz in der

¹⁵¹ <https://ifu-centerofexcellence.com/forschungcenterofexcellence/technologien/>, abgerufen am 11. März 2019.

¹⁵² vgl. Bauernhansl; Dombrowski (2016), S. 22f; vgl. Dombrowski (2017), S. 40f

¹⁵³ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 3

Gebäudeplanung, der Layout-Planung, der Produktionsanlagenplanung oder der Realisierungsüberwachung.¹⁵⁴ Der große Vorteil besteht vor allem darin, dass die Fabrik als Planungsgegenstand vollständig digital abgebildet wird und das Planungsteam Lösungsvorschläge virtuell umsetzen und evaluieren kann, ohne aufwendig am physischen Produktions- oder Montageablauf umzubauen. Weiters kann die virtuelle Umgebung zu Schulungszwecken für Mitarbeiter eingesetzt werden, um Arbeitsprozesse zu üben, bevor der Arbeitsplatz in die Realität umgesetzt wird.¹⁵⁵

Während dedizierte Software wie Computer-Aided Design (CAD), Computer-Aided Architectural Design (CAAD) oder Building Information Modeling (BIM), Architekten und Ingenieure bei der Planung unterstützen, sind sie weniger geeignet, menschliche Faktoren bei der Planung zu berücksichtigen und zu bewerten. Solche menschlichen Faktoren sind zum Beispiel die Wahrnehmung von Größen und Entfernungen, der Komfort, aber auch räumliche Einschränkungen an einem Arbeitsplatz. Durch den Einsatz von VR-Systemen können Planer, Mitarbeiter oder Kunden, diese Faktoren auf natürliche Weise durch die Möglichkeit des echten Gehens (Real Walking) erfahren. Bei der Real Walking-Methode geht der Anwender mittels einer VR-Brille (HMD), welche mit Trackingsensoren bestückt ist und den Anwender vollständig von der realen Welt abschottet, durch eine leere Halle. Die Sensoren ermitteln seine Position wie auch seine Blickrichtung und Kopfneigung in Echtzeit. Ein Computer rendert die virtuelle Umgebung (z.B. geplante Fabrik) für den Benutzer, welche er intensiv durch die VR-Brille wahrnehmen kann. Virtuelle Umgebungen mit echten Real Walking-Funktionen sind anderen Darstellungsweisen überlegen, da das Gehen das intuitivste Werkzeug für die Navigation in virtuellen Umgebungen ist. Damit können auch Nicht-Experten frühzeitig in den Entwicklungsprozess integriert werden.¹⁵⁶

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass der Einsatz von VR bei der Umsetzung von Planungsaufgaben Nacharbeiten reduziert und somit auch die Kosten im Unternehmen senkt. Durch die ständige Weiterentwicklung von Software und Hardware, erwächst die Digitale Fabrik mit der neuen Softwaregeneration ihren Kinderschuhen und ermöglicht kleinen und mittelständischen Betrieben zu Großunternehmen aufzuschließen.¹⁵⁷

4.4.6.5 Augmented Reality

Unter Augmented Reality (AR) wird die Überlagerung der realen Welt mit virtuellen Zusatzinformationen verstanden. Der Betrachter nimmt gleichzeitig Informationen

¹⁵⁴ vgl. Runde; Cannarozzi (2016), S. 183

¹⁵⁵ vgl. Weidig; Aurich (2014), S. 748

¹⁵⁶ vgl. Kunz; Zank; Fjeld; u. a. (2016), S. 257f

¹⁵⁷ vgl. Beesten (2012), S. 146

aus der realen Welt und virtuellen Welt wahr.¹⁵⁸ Häufig wird für die Vermischung der realen mit der virtuellen Umwelt auch der Begriff Mixed Reality (MR) als Synonym für AR verwendet. Abhilfe zwischen den Begrifflichkeiten schafft hier die eingeführte MR-Taxonomie von Milgram et al.:

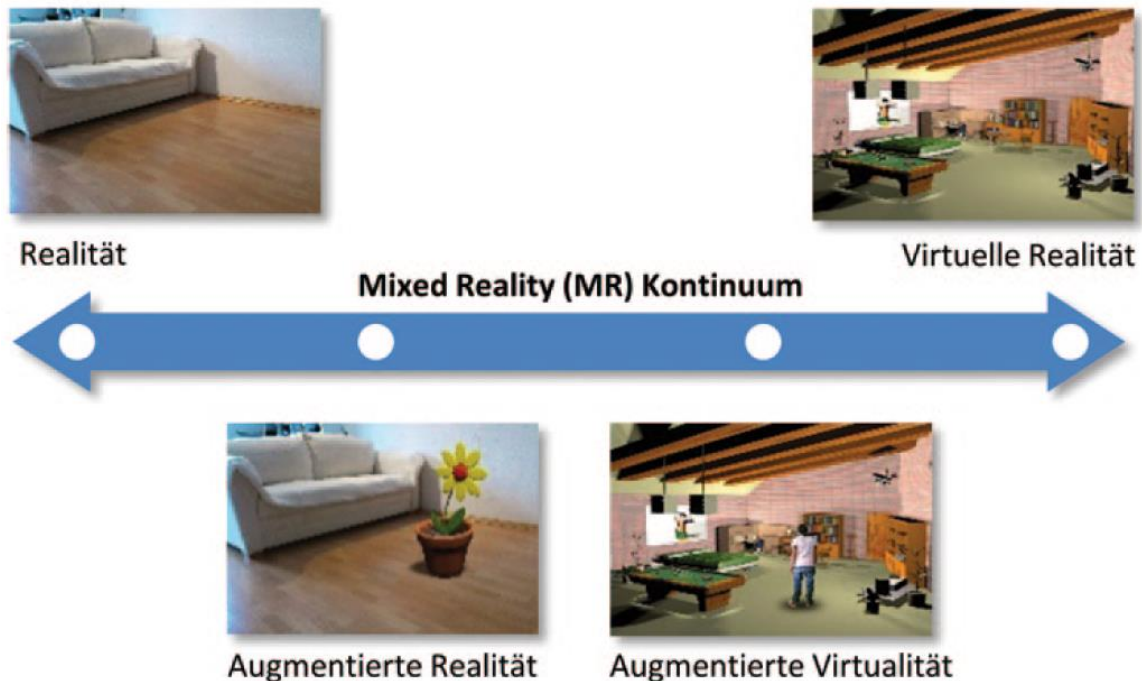


Abbildung 22: Mixed Reality Taxonomie¹⁵⁹

MR wird als ein Kontinuum beschrieben, welches sich zwischen den Extremen auf der linken Seite, der Realität und der rechten Seite, der Virtualität erstreckt (siehe dazu Abbildung 22). Der Trend innerhalb dieses Kontinuums entwickelt sich in Richtung der Virtualität. Das bedeutet, dass der Anteil der Realität kontinuierlich abnimmt, während der Anteil der Virtualität stetig zunimmt. Wenn der Anteil der Realität überwiegt, ist von AR die Rede. Überwiegt aber der virtuelle Anteil, ohne dass die Umgebung dabei ausschließlich virtuell ist (Virtuelle Realität), so spricht man von Augmentierter Virtualität (AV).¹⁶⁰

Die AR-Technologie bietet als intuitive Schnittstelle zwischen der Realität und der Virtualität, ein hohes Potential für die Optimierung von Fertigungsprozessen, Montageprozessen oder für die Durchführung von Wartungsarbeiten. Grund dafür ist die Möglichkeit, die Ansicht von realen Anlagen oder Gebäuden deckungsgleich mit Konstruktionsdaten zu überlagern. Durch den visuellen Vergleich der Objekte mit den Planungsdaten (SOLL/IST-Vergleich), können Abweichungen schneller identifiziert und Kollisionen frühzeitig erkannt werden. Der Großteil aller AR-Anwendungen finden mittels tragbarer elektronischer Geräte wie Smartphones und Tablets statt.

¹⁵⁸ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a), S. 3

¹⁵⁹ Broll (2013), S. 246 in Anlehnung an Milgram; Takemura; Utsumi; u. a. (1995), S. 283

¹⁶⁰ vgl. Broll (2013), S. 246; vgl. Milgram; Takemura; Utsumi; u. a. (1995), S. 283ff

Der Grund dafür ist, dass diese bereits die notwendige Hardware beinhalten sowie die erforderliche Sensorik, denn die Genauigkeit der kongruenten Überlagerung ist für den SOLL/IST-Vergleich ein entscheidender Erfolgsfaktor. Für eine aussagekräftige Abweichungsanalyse müssen die virtuellen Modelle exakt hinsichtlich ihrer Position und Lage, aber auch im Hinblick auf eine korrekte Beleuchtung auf dem Objekt überlagert werden. Interaktionstechniken aus der VR können auch in der AR Anwendung finden, da aber die Anwender mit den realen Objekten interagieren müssen, werden bei AR-Anwendungen auf einfache Techniken zurückgegriffen. AR hat verglichen mit VR ein viel breiteres Einsatzspektrum, woraus jedoch wachsende Herausforderungen resultieren, weil sie in sehr unterschiedlichen Umgebungen funktionieren müssen. Mit der Weiterentwicklung von optischen See-Through-Brillen werden die Einsatzgebiete und -möglichkeiten unermesslich ansteigen. Aus den Praxiseinsätzen sammeln sich viele positive Erfahrungen was das Potential der AR-Technologie, als effektives Planungsinstrument für die Fertigungs- und Produktionsplanung, weiter bestärkt. Mit ihrer Hilfe können weiterführende Planungen abgesichert werden, was sich in reduzierte Änderungskosten und termingerechte Sicherstellung des Projektabschlusses widerspiegelt.¹⁶¹

4.4.7 Kollaborationsmethoden

Angesichts der rasanten Entwicklung der Netzwerktechnologie und der stetigen Zunahme an Ressourcen, benötigen Benutzer einen persönlicheren Service, um sie bei der Auffindung von Informationen, aus den enormen Ressourcen, zu unterstützen. Der sogenannte personalisierte Service erfüllt die personalisierten Bedürfnisse der Benutzer, durch die Bereitstellung sachdienlicher Inhalte.¹⁶² Die Ausweitung der Kommunikation und Zusammenarbeit über Organisations- und Bereichsgrenzen hinweg, beschleunigt Planungsprozesse und reduziert die Komplexität während der Arbeit, durch die Implementierung von Tools für die gemeinsame Fabrikplanung.¹⁶³

Allgemein beschreibt die elektronische Zusammenarbeit (E-Collaboration), die Zusammenarbeit zwischen Personen, die mit elektronischen Technologien eine gemeinsame Aufgabe übernehmen.¹⁶⁴ Die dafür eingesetzten Kollaborationsmethoden und Tools, unterstützen die synchrone und asynchrone

¹⁶¹ vgl. Bracht; Schlegel (2018), S. 252f; vgl. Broll (2013), S. 291; vgl. Dörner; Matthys; Bogen; u. a. (2013), S. 317f

¹⁶² vgl. Wang; Peng; Cao (2009)

¹⁶³ vgl. Menck; Yang; Weidig; u. a. (2012), S. 318

¹⁶⁴ vgl. Kock; Davison; Wazlawick; u. a. (2001)

Kommunikation und die systematische Ablage von Informationen, um elektronische Dokumente gemeinsam zu nutzen.¹⁶⁵

Für die Umsetzung von E-Collaboration oder Collaborative (Virtual) Engineering setzt Bracht die IT-basierte Vernetzung aller Aufgaben, Informationen, Daten und Softwarewerkzeuge von der Produktentstehung, über die Produktionsplanung bis hin zum Fabrikbetrieb voraus. Im Folgenden definiert er E-Collaboration und Collaborative (Virtual) Engineering wie folgt:¹⁶⁶

E-Collaboration umfasst alle Formen der computerbasierten synchronen oder asynchronen Kollaboration, inklusiver einer systematischen gemeinsamen Bearbeitung, Nutzung und Verteilung elektronischer Dokumente von mindestens zwei beteiligten Akteuren in möglicherweise zeitlicher und/oder räumlicher Trennung.

Beim **Collaborative (Virtual) Engineering** wird die Kollaboration auf die Aufgaben und Prozesse des Engineerings in Produktentstehung sowie Produktionsplanung und -betrieb bezogen. Dezentrale Teams werden durch virtuelle Arbeitsumgebungen und Engineering-Plattformen über Unternehmensgrenzen hinweg unterstützt.

4.4.7.1 Technische Kommunikationsmittel

Kommunikationsmittel dienen der Übermittlung von Daten und Informationen, wobei hier synchrone und asynchrone Kommunikationsformen unterschieden werden. Zu IT-gestützten Kommunikationsmittel zählen E-Mail, Chat, Internet oder Voice- und Videokonferenzen. Der Informationsaustausch zwischen zwei oder mehreren Akteuren wird in asynchron und synchron untergliedert. E-Mail unterstützt einen asynchronen Informationsaustausch zu unterschiedlichen Zeiten, während Videokonferenzen einen synchronen Informationsaustausch zum zeitlichen arbeiten unterstützt. Mithilfe von IT-basierten Kommunikationsmitteln wird eine medienbruchfreie Abwicklung von Geschäftsprozessen unterstützt.¹⁶⁷

4.4.7.2 Gemeinsame Informationsräume und Wissensmanagement

Gemeinsame Informationsräume, welche Projektteams bei der Sammlung und Austausch von Wissen unterstützen sollen, werden auch als virtuelle Teamräume bezeichnet. Diese stellen heute noch weitere Kooperationsunterstützungen zur Verfügung, wie gemeinsame Terminkalender und weitere synchrone und asynchrone Unterstützungen für die gemeinsame Zusammenarbeit.¹⁶⁸

In der Produktentstehung sind IT unterstützende technische Datenbanken und Kommunikationssysteme, wie PDM-Systeme (Produktmanagementsysteme), unumgänglich geworden. PDM-Systeme fokussieren sich primär auf den

¹⁶⁵ vgl. Alt (2003), S. 105

¹⁶⁶ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 151

¹⁶⁷ vgl. ebenda, S. 152

¹⁶⁸ vgl. Gross; Koch (2009), S. 107ff

Lebenszyklusbereich der Produktentstehung und dienen in erster Linie der Integration von CAx-Systemwerkzeugen und der Anbindung von ERP-Systemen. Mit der primären Konzentration auf Engineering-Prozesse und -Daten, versteht sich PDM als Teildisziplin von PLM (Produktlebenszyklusmanagement). PDM-Systeme sind eine Integrationsplattform, die zur konsistenten Speicherung, Verwaltung und transparenten Bereitstellung von Informationen, über Produkte und deren Entstehungsprozesse für alle relevanten Bereiche eines Unternehmens, dienen.¹⁶⁹

Wissensmanagement beschreibt die Organisation aller Prozesse, in denen Informationen, Erfahrungen und Erkenntnisse identifiziert, erzeugt, gespeichert, verteilt und angewendet werden. Unternehmen und Geschäftsbereiche werden heute mit verschiedensten Herausforderungen konfrontiert. Diese betreffen nicht nur die Unternehmensperspektive, sondern auch die Perspektive der eigenen Mitarbeiter, Kunden und/oder Geschäftspartner. Deshalb wird heutzutage der Befassung mit dem Thema Wissensmanagement, eine hohe Priorität gewidmet.¹⁷⁰

Expertensysteme sind ebenso computergestützte Systeme, die dem Wissensmanagement unterstützend zum Einsatz kommen. Bei Expertensystemen handelt es sich um Programme, mit denen das Spezialwissen und die Schlussfolgerungsfähigkeit qualifizierter Fachleute nachgebildet werden soll. Das Ziel besteht darin, das Wissen welches Experten durch Handlung und Erfahrung gesammelt haben zu formalisieren, automatisiert und verarbeitbar im Computer zu speichern, damit es jederzeit reproduzierbar zur Verfügung steht um einfache Probleme auch ohne Experten lösen zu können.¹⁷¹

4.4.7.3 Workflowmanagement und Workgroup Computing

CSCW (Computer Supported Collaborative Work) beschreibt grundsätzlich die Unterstützung der Zusammenarbeit durch den Einsatz von Technologie. Das Ziel ist die unterstützenden Technologien, immer effizienter und angenehmer zu gestalten. Dafür werden soziale Interaktionen und die daraus abgeleiteten Konzeptionen und Entwicklungen von Technologien analysiert. CSCW stellt somit einen Überbegriff für technologieunterstützende Zusammenarbeit dar, wofür sich mittlerweile eine Menge an Begrifflichkeiten gesammelt haben. Eines davon ist auch das Workgroup Computing.¹⁷²

Unter Workflow wird der operationale Aspekt eines Arbeitsablaufes verstanden. Also wie sind Aufgaben, Dokumente und Informationen strukturiert, wer führt sie aus und in welcher zeitlichen Reihenfolge werden sie ausgeführt.¹⁷³ Das Workflowmanagement verfolgt das Ziel, die Aktivitäten in einem Team, koordiniert an

¹⁶⁹ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2016a), S. 9

¹⁷⁰ vgl. Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009b), S. 8f

¹⁷¹ vgl. Puppe (1991), S. 2ff

¹⁷² vgl. Gross; Koch (2009), S. 4

¹⁷³ vgl. ebenda, S. 92

die jeweiligen Prozessbeteiligten zu verteilen und alle regelmäßigen Prozesse im Unternehmen, auf Durchgängigkeit und Strukturiertheit zu unterstützen. Die Voraussetzung, um die arbeitsteiligen Prozesse aufgabenadäquat unterstützen zu können, ist die fundierte Kenntnis über die Geschäftsprozesse und über die organisatorischen Strukturen des Unternehmens. Workgroup Computing-Systeme als Teilgebiet von CSCW, unterstützen kleinere Teams bei der unmittelbaren Zusammenarbeit, indem Infrastrukturen und Ressourcen bereitgestellt werden. Damit können sie auch bei räumlicher und zeitlicher Aufteilung, flexibler auf Projektaufgaben agieren. Abhängig von der Art der Trennung des Teams, werden verschiedene Systeme eingesetzt, um Prozesse als Workflowmanagementsysteme flexibler zu bearbeiten. Als Werkzeuge kommen spezielle Editoren zum Einsatz, sowie Entscheidungs- und Sitzungsunterstützungssysteme, welche eine simultane, gleichberechtigte Zusammenarbeit und die Kommunikation mit und ohne Medien zulassen. Typische Groupware-Softwarewerkzeuge unterstützen die Gruppenarbeit durch eine gemeinsame Erstellung, Ablage, Versionierung und Verwaltung von Projektdokumenten über einen Projektserver. Auf diesen kann über das Intranet oder das Internet jederzeit zugegriffen werden. Zu synchronen Workgroup Computing Unterstützungsmedien, können beispielsweise Planungstische und Multiprojektionsräume gezählt werden. Diese werden oftmals als Kollaborationsplattform für partizipatives Planen, in einem interdisziplinären Team, an einem Ort eingesetzt. Für jedes Objekt wird ein VR-Modell generiert, was zu einer Vernetzung von klassischen partizipativen Planungsmethoden mit den Methoden der DF führt. Der Vorteil liegt darin, dass klassische intuitive Verfahren genutzt werden und die Ergebnisse direkt in weiterbearbeitbare 3D-Modelle integriert werden können.¹⁷⁴

4.4.7.4 Projektmanagement

Das Projektmanagement beschreibt ein Leistungs- und Organisationskonzept, mit welchem das Projektgeschehen und die gegenseitig beeinflussenden Projektelemente nicht dem Zufall oder der geistigen Produktivität einzelner Personen überlassen werden, sondern gezielt zu einem fest befristeten Zeitpunkt herbeigeführt werden.¹⁷⁵ Der Grundgedanke ist die Leitung sozio-technischer Systeme in personen- und sachbezogener Hinsicht mit Hilfe von professionellen Methoden. Das Projektmanagement wird durch Projektmanagementsysteme unterstützt, welche den Einsatz der Systemressourcen kapazitiv planen und in Plänen und/oder Diagrammen wiedergeben.¹⁷⁶

¹⁷⁴ vgl. Bracht; Geckler; Wenzel (2018), S. 155f

¹⁷⁵ vgl. Aichele (2006), S. 31

¹⁷⁶ vgl. Wiendahl; Reichardt; Nyhuis (2014), S. 265

Nach der Definition der DIN-Norm 69901 ist das Projektmanagement die „Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Initiierung, Definition, Planung, Steuerung und den Abschluss von Projekten“¹⁷⁷.

Entsprechend diesen Aufgaben kommen unterschiedliche Methoden im Laufe des Projektmanagements zum Einsatz. Die Aufwandsabschätzung wird zu Beginn eines Projektes zur Prognose für den notwendigen Ressourceneinsatz angewendet. Als Beispiele kommen hier Expertenschätzung oder Delphi-Methode zum Einsatz. Das Projektcontrolling umfasst alle Controlling Methoden für das Projektmanagement. Sie werden zur Überwachung und Steuerung von Projekten eingesetzt und haben den Zweck Soll-/Ist-Vergleiche durchzuführen, um daraus Projektveränderungen abzuleiten. Als Controlling Methode können die Meilensteintrendanalyse (MTA) oder die Earned Value Analysis (EVA) erwähnt werden, mit welcher eine integrierte Betrachtung von Kosten, Zeit und Leistung durchgeführt wird und auf dieser Basis eine Prognose für die erwarteten Gesamtkosten, als auch den Fertigstellungszeitpunkt des Projektes ableitet.¹⁷⁸

¹⁷⁷ DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2009c), S. 14

¹⁷⁸ vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2009b), S. 4ff

5 Methodik

5.1 Experteninterview

Das Experteninterview ist wie die Beobachtung, Inhalts- oder Textanalyse, eine sozialwissenschaftliche Methode und hat die Kommunikation als Grundlage. Bei der Befragung eines Experten geht es darum valide, authentische Information über seine Erfahrung, oder über Organisationen, welche er repräsentiert zu erlangen. Das Ziel für den Interviewer ist akkurate, gültige Informationen über den eigenen Forschungsgegenstand in Erfahrung zu bringen. Die Beschreibung des Interviewenden zu dem Forschungsgegenstand muss nicht unbedingt konform mit dem des Interviewers sein, was sich keinesfalls als unbrauchbare Information herausstellen muss. Viel mehr eröffnet eine andere Betrachtungsweise einen neuen Blickwinkel zu dem Forschungsgegenstand, welches sich im Nachhinein als Hilfreich zur Lösung des Problems erweisen kann. Die Befragung unterteilt sich in quantitative-geschlossene oder in qualitative-offene Verfahren. Ein quantitatives Experteninterview wird hauptsächlich für empirische Datengewinnung eingesetzt wie z.B. für eine Häufigkeitsverteilung bestimmter Phänomene. Hier wird an die Objektivität des Experten appelliert. Sollten sich die Antworten von verschiedenen Experten unterscheiden, spricht das nicht für eine objektive Befragung. Aus diesem Grund ist der Fragebogen an die Experten, ihr Verhalten und die Interviewsituation zu standardisieren. Ein qualitatives Experteninterview ist weniger stark regelgeleitet und verfolgt das Ziel, ein tieferes Verständnis für den Forschungsgegenstand zu entwickeln. Der Interviewer individualisiert (subjektiviert) den Fragebogen, die Auswahl des Befragten und die Interviewsituation hingehend, dass er möglichst viel Information für die theoretische Vollständigkeit seiner Erhebung erreicht. Für eine erfolgreiche Befragung werden einige Voraussetzungen an die Zielperson (Interviewenden) gestellt:¹⁷⁹

- Interesse am Befragungsthema
- Inhaltliche und sprachliche Kompetenz
- Prinzipielle Akzeptanz von Befragungen und Wissenschaft
- Kooperationsbereitschaft auf die Fragen
- Ehrlichkeit bei der Beantwortung der Fragen

Für diese Arbeit wird Prozesswissen aus der Praxis benötigt weshalb eine standardisierte Befragung (quantitativ) nicht in Frage kommt. Auch eine freie Befragung erfüllt den Zweck nicht da bei dieser, spontane Denkanstöße viel zu stark dominieren und der eigentliche Zweck der Datenerhebung verfehlt werden könnte. Deshalb wird für diesen Teil der Arbeit die strukturierte bzw. halbstrukturierte

¹⁷⁹ vgl. Scholl (2015), S. 20ff

Befragung (qualitativ) gewählt, da diese eine Befragung mittels eines Leitfadens erlaubt. Für den Leitfaden wird eine Grobstruktur in Form von Primärfragen erstellt, was ein Abschweifen vom Thema verhindern soll aber dennoch genug Handlungs- bzw. Entfaltungsspielraum bietet. Damit es zu keinen Leerzeiten während der Befragung kommt, sollte der Interviewer zusätzlich noch Sekundärfragen erstellen, falls der Befragte den roten Faden verlieren sollte. Diese können, müssen aber nicht gestellt werden. Gegebenenfalls kann der Interviewer weitere Fragen ad hoc formulieren, um den Redefluss zu stimulieren. Für die Auswertung eines halbstrukturierten Interviews herrscht in der Literatur Uneinigkeit bezüglich des Transkribierens.¹⁸⁰ Für den Zweifelsfall werden in dieser Arbeit alle Interviews vollständig transkribiert. Je nach freiwilliger Bereitstellung von Experten, Rücksprache mit dem Betreuer und Umfang an zu erhebenden Daten, ist ein Stichprobenumfang von 5-7 Interviews geplant, was nach Scholl in die vorgeschriebene Größe der Stichprobe hineinfällt.¹⁸¹ Der Interviewleitfaden (Anhang L) und alle Transkriptionen (Anhang A-E) werden im Anhang der Diplomarbeit angefügt.

5.2 Qualitative Inhaltsanalyse

Wenn das Ziel des Experteninterviews darauf beruht Informationen zu gewinnen, eignet sich die qualitative Inhaltsanalyse als bestes Auswertungsverfahren. Das Wissen der Experten wird bei der qualitativen Inhaltsanalyse als Ansammlung von Informationen konzeptualisiert. Auch wenn die erhobenen Informationen verschiedener Experten hin und wieder kontrovers erscheinen, wird im Prinzip davon ausgegangen, dass sie die Welt richtig abbilden. Mit dieser Methode gilt es herauszufinden, wie Prozesse bzw. Zustände wahrheitsgemäß ablaufen, um sie im Anschluss über die systematische Analyse und den Informationsvergleich, auf Kausalabhängigkeiten zu prüfen. Gläser und Laudel entwickelten dafür ein fünfstufiges Auswertungskonzept, mit welchem die Interviewtexte in Kategorien aufgeteilt werden, um anschließend eine vernünftige Informationsbasis zur Beantwortung der Forschungsfrage zu erhalten. Die qualitative Inhaltsanalyse folgt dementsprechend einer Top-Down-Logik und zeichnet sich dadurch aus, dass sich die Kategorien am Material bewähren und revidierbar sein müssen.¹⁸² Sie unterscheidet sich gegenüber anderen dominierenden qualitativen Verfahren noch in zwei wesentlichen Punkten. Erstens erfolgt die Bearbeitung, der Informationen aus den Texten, unabhängig voneinander und ist nicht wie andere Verfahren an den Ursprungstext gebunden. Die Analyse erfolgt somit aus den extrahierten

¹⁸⁰ vgl. Lehmann (2015), S. 28f

¹⁸¹ vgl. Scholl (2015), S. 79

¹⁸² vgl. Bogner; Littig; Menz (2014), S. 72f

Informationen des erhobenen Materials. Der Bezug zum Ursprungstext bleibt dennoch über Quellenangaben erhalten.¹⁸³

5.2.1 Ablauf der qualitativen Inhaltsanalyse

Für diese Arbeit wurde der Ablauf der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz gewählt. Für die Analyse der Interviews wurden alle qualitativen Interviews wörtlich transkribiert und anschließend in die Software MAXQDA importiert. Die Analyse und Auswertung erfolgt demnach softwareunterstützend.

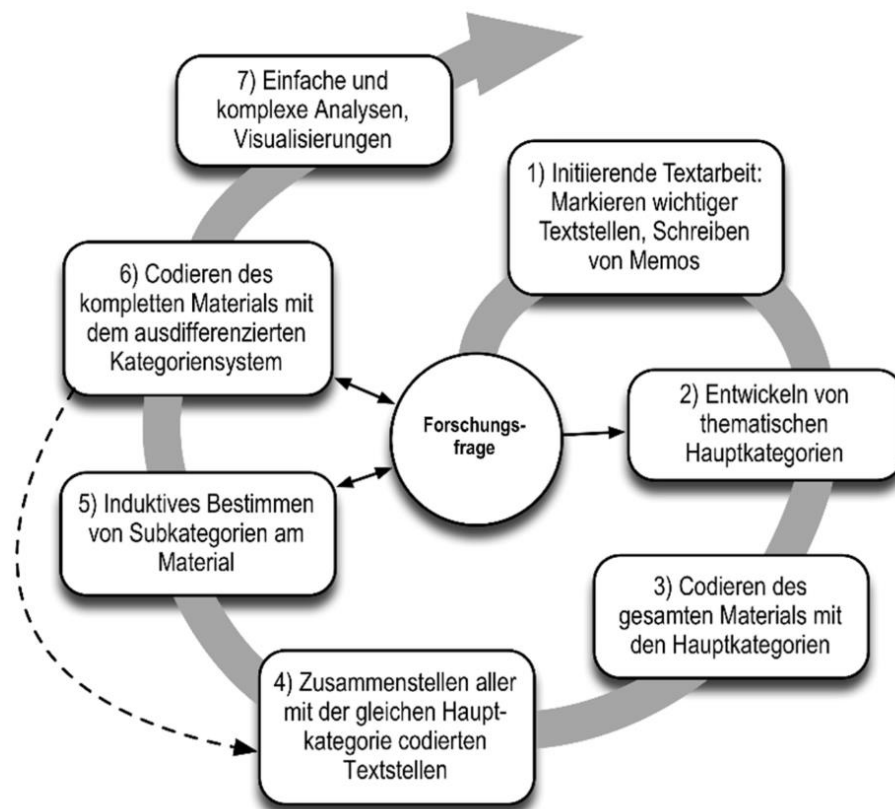


Abbildung 23: Ablaufschema einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse¹⁸⁴

Abbildung 23 zeigt die einzelnen Phasen, um die Inhaltsanalyse durch zu führen. Zu sehen ist, dass die Forschungsfrage stets im Mittelpunkt steht und der Ablauf darauf abzielt, diese zu beantworten. Folgend werden die einzelnen Phasen beschrieben, welche in MAXQDA durchgeführt werden:¹⁸⁵

¹⁸³ vgl. Gläser; Laudel (2009), S. 46f

¹⁸⁴ Kuckartz (2018), S. 100

¹⁸⁵ vgl. ebenda, S. 101ff

5.2.1.1 Initiierende Textarbeit, Markieren wichtiger Textstellen und Schreiben von Memos

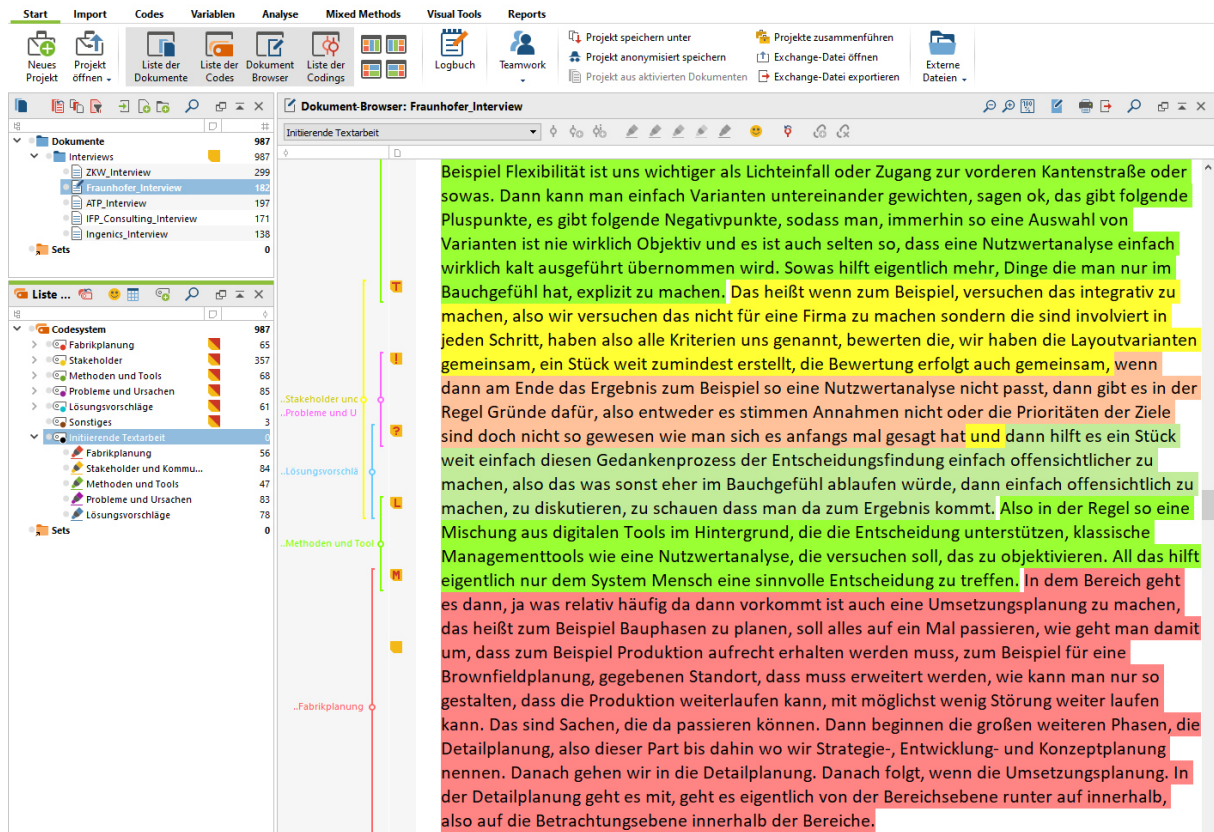


Abbildung 24: Initiierende Textarbeit in MAXQDA

Die initiierende Textarbeit ist die erste Auseinandersetzung mit dem zu analysierenden Material. Ziel ist ein Gesamtverständnis des Textes auf Basis der Forschungsfrage zu erreichen. Für diese Arbeit werden die Fragen aus dem Interviewleitfaden herangezogen und anhand dieser, wird jeder Text sorgfältig durchgelesen und die passenden Stellen mit themendefinierten Farben markiert. Das Schreiben von Memos ist bei dieser Art von Inhaltsanalyse weniger bedeutend, aber kann hilfreich sein um Ideen, Vermutungen, Gedanken oder Hypothesen festzuhalten. Am Ende dieser Phase werden Fallzusammenfassungen geschrieben um erstens eine systematisch ordnende, zusammenfassende Darstellung des überarbeitenden Textes zu erhalten und zweitens den Text auf die wichtigsten Aussagen zu komprimieren. Die Fallzusammenfassung darf nur aus dem Gesagten des Befragten erstellt werden. Im Hintergrund steht stets die Beantwortung der Forschungsfrage. Die Fallzusammenfassungen werden anhand der Hauptthemen des Leitfadens verfasst.

5.2.1.2 Entwickeln von thematischen Hauptkategorien

Die Entwicklung von thematischen Hauptkategorien dient der inhaltlichen Strukturierung der Daten. Die Hauptthemen lassen sich aus der Forschungsfrage oder aus dem Leitfaden zur Erhebung der Daten ableiten. Diese Art zu

kategorisieren, nennt sich deduktive Kategorienbildung. Es beschreibt die Bildung von Kategorien noch bevor das Material durchgearbeitet wird. Entstehen im Laufe der Textbearbeitung weitere (Sub-) Kategorien, wird von induktiver Kategorienbildung gesprochen. In der Praxis ist eine reine deduktive oder induktive Vorgehensweise selten anzutreffen, weshalb das Ablaufschema aus Abbildung 23 eine Mischung beider Kategorienbildungen beinhaltet. Jede erstellte Kategorie muss eine Kategoriendefinition haben, welche die Bezeichnung der Kategorie und eine inhaltliche Beschreibung beinhaltet. Optional können Abgrenzungsregeln zu benachbarten Kategorien verfasst werden. Die Menge aller Kategorien, wird als Kategoriensystem bezeichnet. Da bei der initiierenden Textarbeit detaillierter als gefordert gearbeitet wurde, entsprechen die Hauptthemen nahe der initiierenden Textarbeit. Im Regelfall werden die Hauptthemen an 10-25% des Materials erprobt, um die Anwendbarkeit des Kategoriensystem zu überprüfen. Folgende Regeln sollten für das erstellte Kategoriensystem eingehalten werden:¹⁸⁶

- Enge Verbindung zu Fragestellungen und Ziele des Projektes
- Nicht zu feingliedrig oder zu umfangreich
- Möglichst genaue Beschreibung der Kategorie
- Kategorien wählen, die sich als Strukturierungspunkte für den späteren Forschungsbericht eignen
- Getestet an einer Teilmenge des Materials

¹⁸⁶ Kuckartz (2018), S. 103

5.2.1.3 Erster Codierprozess: Codieren des gesamten (bis zu diesem Zeitpunkt vorhandenen) Materials mit den Hauptkategorien

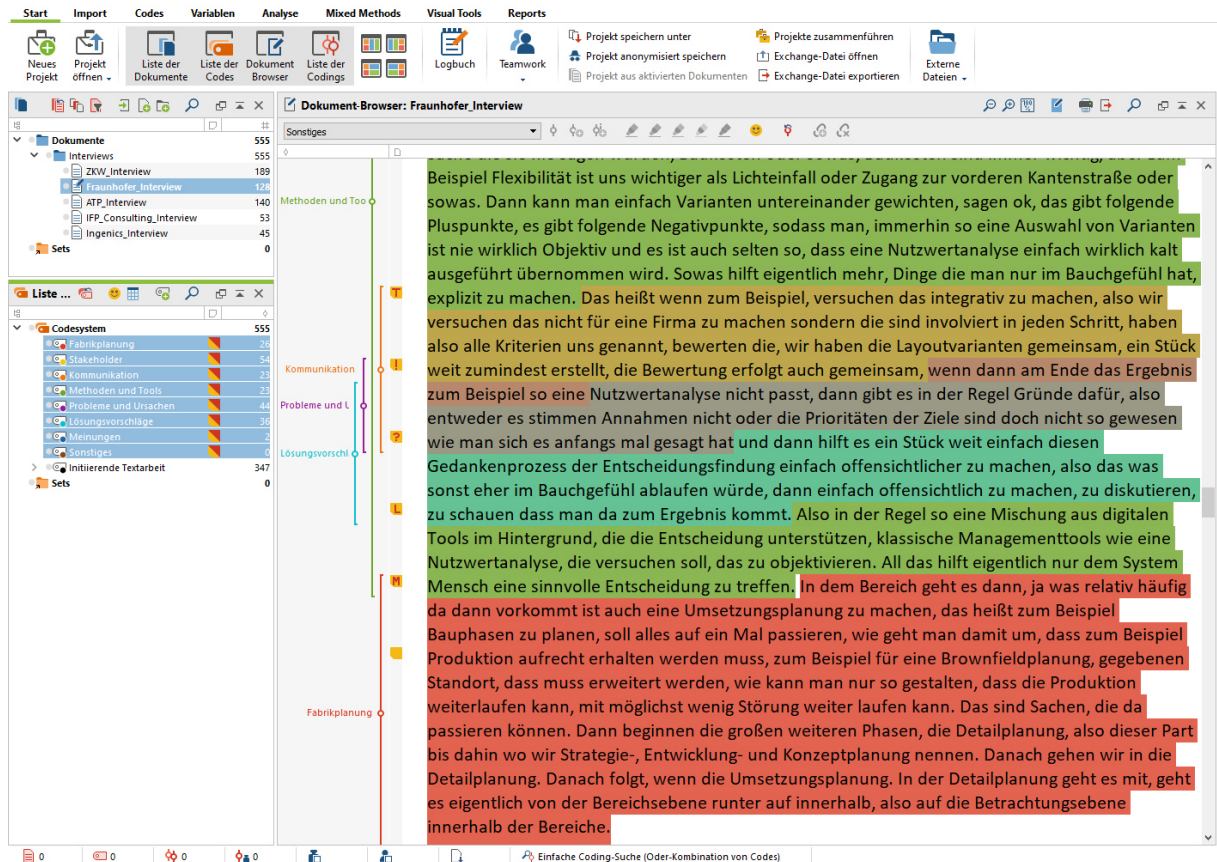


Abbildung 25: Codierung mit Hauptkategorien in MAXQDA

Das Material wird Zeile für Zeile durchgegangen und Textabschnitte werden den entsprechenden Hauptkategorien zugewiesen. Nicht relevante Abschnitte bzw. Meldungen hinsichtlich der Forschungsfrage, bleiben uncodiert. Anfangs sollten Mehrfachcodierungen einer Kategorie, innerhalb eines Absatzes, vermieden werden. Eine Textstelle kann mehrere Themen enthalten, weshalb sie auch mehreren Kategorien zugewiesen werden kann. Um Klarheit über die Codiereinheit, also der Größe der zu codierenden Texteinheit zu schaffen, werden folgende Codierregeln eingehalten:¹⁸⁷

1. Es werden Sinneinheiten codiert, aber mindestens ein vollständiger Satz.
2. Umfasst die Sinneinheit mehrere Sätze oder Absätze, werden diese codiert.
3. Ist die Interviewer-Frage für das Verständnis erforderlich, wird diese mitcodiert.
4. Bei der Sinneinheit muss ein gutes Maß gefunden werden, wie viel Text um die Information mitcodiert wird. Wichtiges Kriterium ist, dass die Textstelle ausreichend verständlich auch ohne umgebenden Text ist.

¹⁸⁷ Kuckartz (2018), S. 104

Eine Ausnahme dieser Codierregeln gilt für selbsterklärende Begriffe wie Eigennamen, Orte und Ähnlichem, wo es ausreichend ist die Begriffe zu codieren.

5.2.1.4 Zusammenstellen aller mit der gleichen Kategorie codierten Textstellen

Nach der Durchführung des ersten Codierprozesses, sollen die groben thematischen Hauptkategorien ausdifferenziert werden. Dafür werden alle Textstellen einer Hauptkategorie, aus allen Interviews, in einer Tabelle zusammengestellt.

5.2.1.5 Induktives Bestimmen von Subkategorien am Material

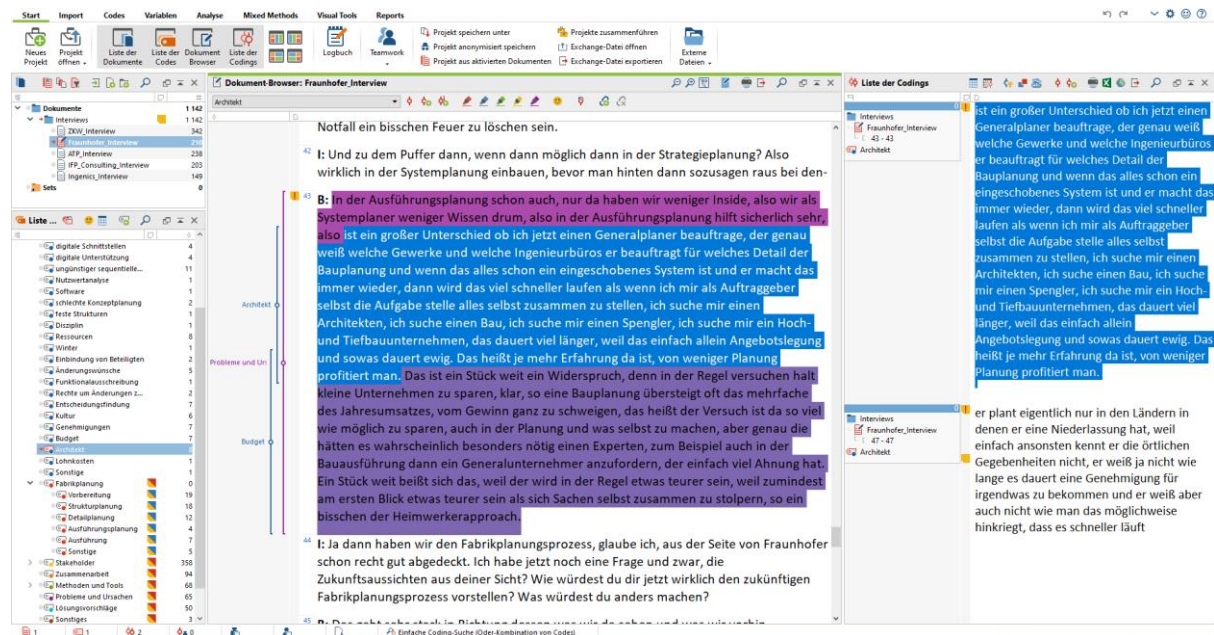


Abbildung 26: Induktive Codegenerierung in MAXQDA

Nach der Zusammenstellung, werden induktiv am Material Subkategorien entwickelt. Es ist darauf zu achten, dass die Subkategorien überschaubar bleiben. Je differenzierter eine Kategorie ist, desto präziser müssen Kategoriendefinitionen sein und desto schwerer ist die Zuordnung des Materials. Können keine neuen Subkategorien mehr gebildet werden, ist eine Sättigung eingetreten und die Subcodes werden organisiert und systematisiert. Das bedeutet, dass ähnliche Codes zusammengefasst oder Codes zu einer Oberkategorie gebündelt werden. Hier ist es besonders wichtig die Kategorien genau zu definieren und durch ein passendes Zitat zu illustrieren. Um die Vollständigkeit des Kategoriensystem zu garantieren, sollte immer eine zusätzliche Subkategorie „Sonstiges“ erzeugt werden. Die Illustrierung wird in dieser Arbeit nicht erfolgen, weil den Experten zugesichert wurde, keine wörtlichen Zitate aus dem Transkript zu verwenden.

5.2.1.6 Zweiter Codierprozess: Codieren des kompletten Materials mit den ausdifferenzierten Kategorien

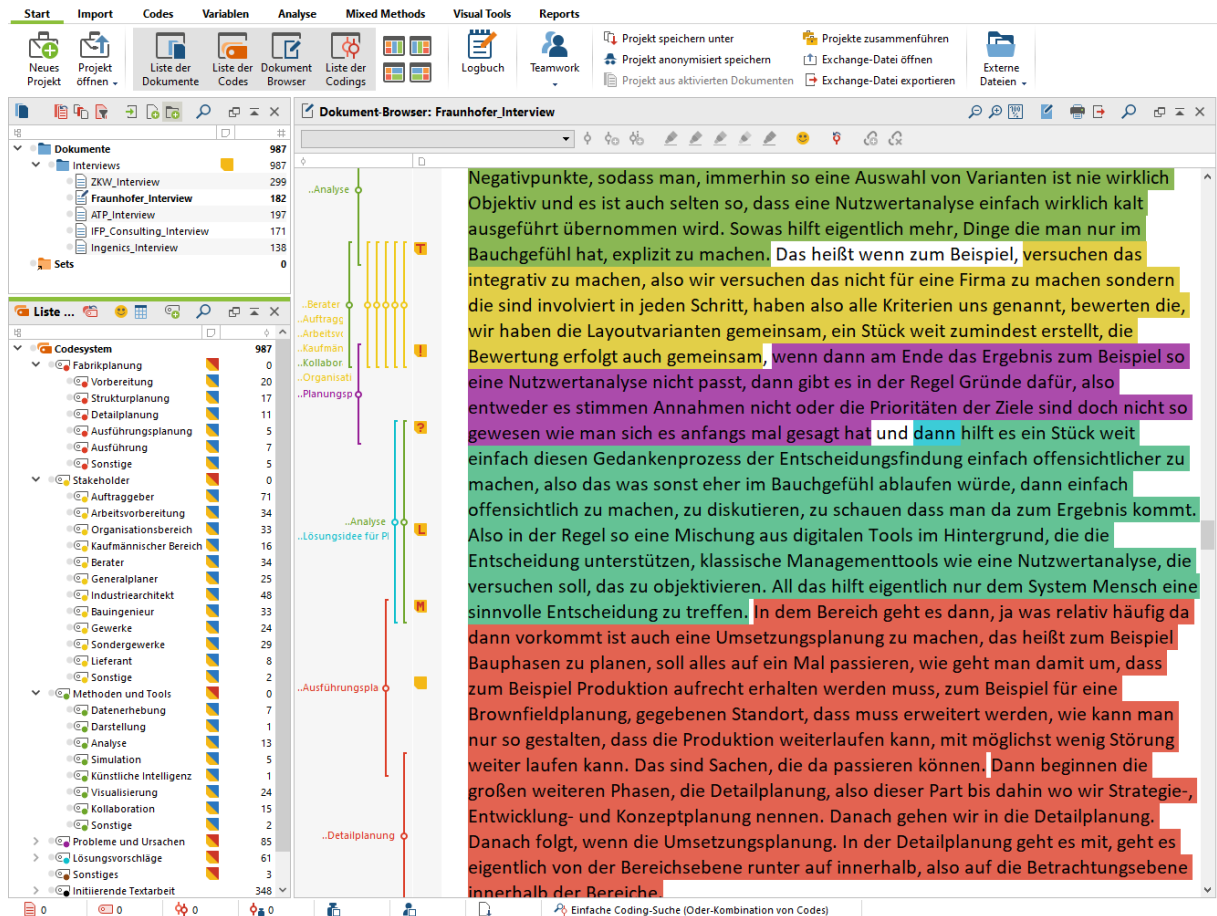


Abbildung 27: Codierung mit ausdifferenzierten Kategorien in MAXQDA

Nach erfolgreicher Ausdifferenzierung der Hauptkategorien in Subkategorien, erfolgt ein aufwendiger zweiter Durchgang des gesamten Datenmaterials. Die bisherigen, mit Hauptkategorien codierten Textstellen, werden im erneuten Durchgang den ausdifferenzierten Kategorien zugewiesen. Empfehlenswert ist es, bei relativ wenigen Interviewteilnehmern, eine kleinere Anzahl an Subkategorien zu erstellen. Grund dafür ist, um Ähnlichkeiten und Differenzen zwischen wenigen Teilnehmern erforschen zu können, dürfen Merkmale eines Interviews nicht gleich als Sonderfälle deklariert werden, sondern müssen in mehreren Fällen und Interviews auffindbar sein.

5.2.1.7 Einfache und komplexe Analysen, Visualisierungen

In dieser Phase findet die eigentliche Analyse statt. Kuckartz beschreibt eine systematische kategorienbasierte Auswertung um Zusammenhänge zwischen Subkategorien innerhalb einer Hauptkategorie zu analysieren. Im darauffolgenden Schritt wird dann etwas großflächiger nach Zusammenhängen zwischen Hauptkategorien gesucht und analysiert. Speziell für diese Arbeit wird ein anderes Vorgehen angewendet, weil die Analyse und Auswertung nach Kuckartz, stark textbasiert und in tabellarischer Form erfolgt. Zum besseren Verständnis wird für

jedes Experteninterview eine Prozesslandkarte unter Berücksichtigung des Kategoriensystems erarbeitet, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten visualisiert darstellen zu können. Anhand dieser Prozesslandkarten können die einzelnen Experteninterviews besser miteinander verglichen werden, um daraus einen optimalen Prozess ableiten zu können. Diese Vorgehensweise weist eine bessere Rückverfolgbarkeit der Analyseschritte auf und erleichtert die Durchführung von Optimierungsmaßnahmen, durch visualisierte Darstellungen.

6 Analyse der Experteninterviews

6.1 Fallzusammenfassungen

In den folgenden Tabellen sind, wie schon in Punkt 5.2.1.1 beschrieben, die themenbasierten Fallzusammenfassungen für jedes Experteninterview ersichtlich.

6.1.1 Interview bei ZKW (aus Sicht eines Kunden)

Titel	Zusammenfassung	Anfang	Ende
Fabrikplanung 1	Das Fundament für die Fabrikplanung ist die Kapazitätsplanung, welches später mit Architekten umgesetzt werden muss.	9	9
Fabrikplanung 2	Die Aufgaben erfolgen getrennt zwischen der Strategieplanung, in der Verbindung mit der Verkaufsabteilung, und der Bauausführungsplanung.	10	10
Fabrikplanung 3	Für die Architektenplanung müssen die internen Abläufe der Fabrik klar sein, um im Nachhinein die Gebäude und Technik festzulegen.	11	11
Fabrikplanung 4	Welche Projekte später in der Fabrik umgesetzt werden entscheidet sich vorher durch eine Portfolioplanung.	13	13
Fabrikplanung 5	Es werden sowohl Beratungstätigkeiten für die Geschäftsleitung durchgeführt als auch die Überwachung von Brownfield- und Greenfieldprojekten.	15	15
Fabrikplanung 6	Die Standortauswahl wird mit einem Consulter über gemeinsam erstellte Analysen entschieden.	16	16
Fabrikplanung 7	Am Anfang des Fabrikplanungsprozesses, gibt es noch nicht viele Beteiligte. Anfangs werden einige Standorte noch vor der Planung besichtigt.	17	17
Fabrikplanung 8	Wenn die Fabrikplanung in die Umsetzung übergeht, wirkt das Fabrikplanungsteam nur mehr als Überwacher und Koordinatoren.	17	17
Fabrikplanung 9	Ganz am Anfang beginnt der Fabrikplanungsprozess mit der Unternehmensstrategie, nach dem Sprichwort „structure follows strategy“. Hier wird entschieden in welche Richtung sich das Unternehmen entwickeln möchte und was es überhaupt in Zukunft machen möchte. Vorgegeben wird das durch die Geschäftsleitung. Ist das erfolgt, startet der Vertrieb mit Marktanalysen, zeigt Potentiale auf und erstellt ein paar Optionen, welche anschließend mit Kunden abgestimmt werden. Nach der Projektabstimmung folgen schon Überlegungen wie und wieviel produziert werden muss. Abhängig davon folgen schon Überlegungen zur Fabrikgröße, Wertschöpfungstiefe und vor allem wichtig, die Kapazitäten. Alle Überlegungen werden in ein Lastenheft geschrieben und festgehalten. Anhand von diesem und weiteren Faktoren wie politische Stabilität beginnt die Suche nach geeigneten Grundstücken.	26	26
Fabrikplanung 10	Vor der Grundstückauswahl erfolgt davor die regionale und lokale Standortauswahl. Grundstücke werden dann sehr viele von den lokalen Behörden angeboten.	27	27

Fabrikplanung 11	Die Unternehmensstrategie ist auf jeden Fall das Erste was erfolgt und dann die Marktanalyse, um herauszufinden wo es Wachstum und Potentiale gibt in Zukunft.	28	28
Fabrikplanung 12	Ein Werk hat eine lange Lebenszyklusdauer von mindestens 20 Jahren. Aufgrund des hohen Investments entscheiden viele Faktoren über die Standortauswahl wie Strategie, Zielkunden, Zielprojekte, Energieversorgung, qualifizierte Mitarbeiter, wie könnte die Fabrik an diesem Standort aussehen. Mit diesen Spezifikationen werden verschiedene Institutionen wie die Wirtschaftskammer oder Regierungen in den lokalen Ländern kontaktiert, welche einen Katalog mit verschiedenen Grundstücken anbieten aus welchem dann ein passendes ausgesucht wird.	28	28
Fabrikplanung 13	Die spätere Fertigungsplanung ist dann etwas einfacher und ein relativ sicherer Prozess.	33	33
Fabrikplanung 14	Ist die Entscheidung für ein geeignetes Grundstück gefallen folgt die große Hürde, dass das Unternehmen sich traut den Schritt zu machen. Dann fangen die Finanzabteilungen erstmals an Business Cases durchzurechnen, um herauszufinden, ob sich das Werk überhaupt rentiert. Hier werden Investitionskosten berechnet und mit den Regierungen, Förderungen ausgehandelt. Wenn dann der Startschuss erfolgt, beginnt die Suche nach einem Generalplaner.	34	34
Fabrikplanung 15	Die Planung muss sehr früh starten, weil eine Fabrik nicht nur anhand eines Projektes oder eines Kunden geplant wird. Die Planung muss sehr flexibel, für mehrere infrage kommende Projekte bezüglich Flächenbedarfe, Energiebedarfe, Kapazitäten, Transportkosten, etc. erfolgen.	35	35
Fabrikplanung 16	Zusammen mit dem Consulter wird die optimalste Standortwahl getroffen, abhängig vom Volumenausgang und Logistikkosten. Hier wird ein Durchschnitt aller aufsummierten eingehenden sowie ausgehenden Logistikkosten gebildet.	36	36
Fabrikplanung 17	Aus den definierten Projekten folgt eine grobe Flächenbilanz für die Fabrikplanung. Damit wird bis zur Übergabe des Projektes ein Lastenheft für den Architekten, für die Behördengenehmigungen und für die Bauüberwachung erstellt. Damit beginnt die Architektenausschreibung.	37	37
Fabrikplanung 18	Wichtig ist, dass die Planung getrennt von der Umsetzung erfolgt.	38	38
Fabrikplanung 19	Es erfolgt die Basisevaluierung durch den Architekten und als nächster Schritt geht es weiter in das Basic-Design. Hier erstellt der Architekt die ersten Entwürfe als Blocklayout und erzeugt erste Baukostenschätzungen.	39	39
Fabrikplanung 20	Das geht dann in den Baugenehmigungsprozess, welches in 4 Schritten unterteilt ist. Schritt 1 ist die Umwidmung des Grundstücks auf Industrieland, Schritt 2 die Umweltverträglichkeit, Schritt 3 die Baugenehmigung mit zugehörigen Plänen und Beschreibungen und im letzten Schritt 4 folgt, nachdem das Gebäude gebaut wurde, die Betriebsgenehmigung.	39	39
Fabrikplanung 21	Hat man die Baugenehmigung, geht es ins Detailengineering. Hier wird das Fabrikgebäude vom Generalunternehmer, der Baufirma, im Detail geplant. Der Architekt ist für das grobe Design zuständig und die Baufirma für das detaillierte Design.	39	39

Fabrikplanung 22	Im Lastenheft stehen schon Vorschläge für das Blocklayout bevor das Gebäude geplant wird.	41	41
Fabrikplanung 23	Die Flächenbilanz ist beim Blocklayout schon konkretisiert sowie das notwendige Personal für jeden Arbeitsbereich. Der Architekt plant das Außendesign, die Zufahrtsstraßen und die Platzierung dieser. Brandabschnitte, Fluchtwege und solche Sachen übernimmt hier auch der Architekt, weil diese Dinge länderspezifisch sind und er genauere Kenntnisse dafür besitzt.	43	43
Fabrikplanung 24	Mit dem Basic Engineering und den Prozessbeschreibungen werden die Baugenehmigungen bei den Behörden beantragt. Zur Freigabe zum Bauen kommt es aber noch nicht. Können die Detailpläne vorgewiesen werden, läuft dieser Prozess schneller ab.	79	79
Fabrikplanung 25	Die endgültige Genehmigung kann erst durch das feststehende Gebäude erhalten werden.	82	82
Fabrikplanung 26	Nachdem das Blocklayout steht und das Lastenheft erstellt wurde wird der Architekt eingebunden und ein Generalplaner gesucht.	84	84
Stakeholder und Kommunikation 1	Die Planung für alle Fabrikplanungsprojekte, auch länderübergreifend, erfolgen zentral über das Hauptwerk. Es werden sowohl Beratungstätigkeiten für die Geschäftsleitung durchgeführt als auch die Überwachung von Brownfield- und Greenfieldprojekten. Für Werke in anderen Ländern liegt der Aufgabenbereich in der Koordination des Architekten-Generalplaner.	15	15
Stakeholder und Kommunikation 2	Die Standortauswahl wird mit einem Consulter über gemeinsam erstellte Analysen entschieden.	16	16
Stakeholder und Kommunikation 3	Anfangs sind wichtige Beteiligte lokale Berater wie die Wirtschaftskammer und wenn es um die Bauausführungsplanung geht, werden dann mehr lokale Beteiligte ins Boot geholt.	17	17
Stakeholder und Kommunikation 4	Bei weit entfernten Fabriken wird ein Experte vor Ort eingesetzt mit welchem, monatlich Reviews durchgeführt werden. Diese dauern im Schnitt eine Woche.	21	21
Stakeholder und Kommunikation 5	Der Vertrieb ist der Erste, der losstartet und mit Marktanalysen beginnt, Potentiale aufzeigt und ein paar Optionen erstellt, welche anschließend mit Kunden abgestimmt werden.	26	26
Stakeholder und Kommunikation 6	Es gibt viele Entscheidungsträger, die Einfluss auf eine Fabrikplanung nehmen. Zu nennen sind Strategieabteilung, Zielkunden, Projektleiter aber auch verschiedene Institutionen wie die Wirtschaftskammern sowie die Regierungen lokal in den Ländern.	28	28
Stakeholder und Kommunikation 7	Die Finanzabteilungen werden aktiv und rechnen Business Cases. Die Regierungen vergeben oft Förderungen an Unternehmen, welche sich ansiedeln wollen. Zusammen mit einem Consulter werden Analysen durchgeführt wo der optimalste Standort ermittelt wird.	34	34
Stakeholder und Kommunikation 8	Eine wichtige Entscheidung für den Standort, sind Lieferanten. Diese sollten nicht zu weit entfernt sein sonst sind die Transportkosten zu hoch.	37	37

Stakeholder und Kommunikation 9	Bis zur Übergabe des Projektes ist das Lastenheft für den Architekten verfasst und die Behördengenehmigungen inklusiver Bauüberwachungen sollten auch feststehen. Die Auswahl des Architekten und der Baufirma oder eines Generalplaners wird zusammen mit der Einkaufsabteilung festgelegt.	37	37
Stakeholder und Kommunikation 10	Das Behördenengineering setzt für die Baugenehmigungen schon eine detaillierte Planung voraus. Der Architekt ist für das grobe Design zuständig und die Baufirma für das detaillierte Design.	39	39
Stakeholder und Kommunikation 11	Um die Kommunikation aufrecht zu erhalten werden viele Workshops durchgeführt. Ein Workshop dauert 3 oder 4 Tage wo alle wichtigen Planungsbeteiligte an einem Tisch sitzen.	48	48
Stakeholder und Kommunikation 12	Unternehmensintern besteht das Planungsteam aus einem Projektleiter, der Logistikabteilung, der Qualitätssicherung, der HR-Abteilung, also alle die wichtig für das Projekt sind. Untereinander findet je nach Bedarf 1-2-mal die Woche ein Projektteammeeting statt. Extern zum Architekten mit seinen Stabstellen wie Statiker, Gebäudetechniker, Elektriker, HVAC, Sanitär, usw. werden mindestens 1 mal im Monat Workshops durchgeführt.	53	53
Stakeholder und Kommunikation 13	Die wichtigsten internen Stakeholder sind einmal der Projektleiter und dann das Prozessengineering und die Logistik.	60	60
Stakeholder und Kommunikation 14	Die wichtigsten internen Stakeholder wie schon gehabt der Projektleiter, Logistik und Prozessentwicklung. Dann gibt es noch die Verkaufsabteilung, IT, Controlling, Einkauf, Personalabteilung, Qualitätssicherung, Werkzeugmanagement und die Fertigung selbst. Extern sind Regierungen, also lokale Gemeinden der größte Ansprechpartner.	68	68
Stakeholder und Kommunikation 15	Die Gemeinden haben im Hintergrund verschiedene Instanzen wie die Feuerpolizei, Arbeitssicherheit, Arbeitsinspektorat und Umweltverträglichkeit.	69	69
Stakeholder und Kommunikation 16	Weitere wichtige Stakeholder sind für uns natürlich Lieferanten, Architekt, Baufirmen, Berater und die Kunden selbst.	70	70
Stakeholder und Kommunikation 17	Das Team Facilitymanagement muss aufpassen, dass die Gebäudetechnik mit ihren Visualisierungen funktioniert.	92	92
Methoden und Tools 1	Um den optimalsten Standort auszuwählen wird zusammen mit einem Berater eine center of gravity-Analyse durchgeführt. Dabei wird geschaut wo sich die Werke der Kunden befinden und welcher Volumenfluss dort herrschen würde. Hier wird ein Durchschnitt aller aufsummierten eingehenden sowie ausgehenden Logistikkosten gebildet. Diese Herangehensweise wird auch Logistik Netzwerkanalyse genannt.	36	36
Methoden und Tools 2	Parallel zum Blocklayout erzeugt der Architekt die ersten 3D-Animationen.	39	39
Methoden und Tools 3	Zu unserer Werksplanungsstruktur gehören Projektstrukturplan, Flächenrechnungen, Raumliste, etc. und diese werden bis zu einem Ergebnis in Excel abgearbeitet. Beim Architekten hat sich diese BIM Software bewährt. Das unterstützt eine simultane interdisziplinäre Planung, indem Projektaufgaben überlappend fortschreiten können und Wartezeiten reduziert werden.	86	86

Methoden und Tools 4	Um Materialflüsse zu simulieren werden Methoden wie Value-Stream-Mapping oder Sankey-Diagramme angewandt. Produkte werden zu 100% digital gezeichnet und die Produktdaten wie Stücklisten, Materialien, Zykluszeiten pro Arbeitsstation und zukünftig auch Prozessdaten fließen in unser Product Lifecycle Management hinein. Es wird darauf hingearbeitet Abläufe, Kapazitäten, die gesamte Fabrik digital abzubilden, Stichwort digital Twin. Idealzustand ist natürlich, wenn abhängig von den Produkten, die produziert werden sollen, auf Knopfdruck die optimale Fabrik generiert und simuliert wird. Je besser alles verkettet und automatisiert ist, desto schneller kann auf Änderungen reagiert werden.	87	87
Methoden und Tools 5	Gebäudetechnische Prozesse werden mithilfe eines Gebäudemonitorings visualisiert für dessen Funktion das Facilitymanagement zuständig ist.	92	92
Methoden und Tools 6	Produktionsprozesse sind an ein IT-Netzwerk angeknüpft womit Auswertungen erstellt und jederzeit Prozessdaten eingesehen werden können. Das ist notwendig heutzutage, um Anforderungen an Ausschuss und Verfügbarkeit der Maschinen sicherstellen zu können. Betriebsdatenerfassung ist wichtig, um sich noch weiter zu verbessern. Beispiele sind Ausschussanalysen, Zykluszeiten und Rüstzeiten reduzieren und so weiter.	93	93
Probleme und Ursachen 1	Wichtig bei der Standortplanung ist, dass entsprechende Facharbeiter und Ingenieure in der Region zu finden sind zu vernünftigen Lohnkosten. Es nutzt nichts, wenn der Grund gratis ist und dann gibt es kein entsprechendes Personal vor Ort.	31	31
Probleme und Ursachen 2	Höher ausgebildetes Personal wie Ingenieure oder Akademiker finden sich vermehrt in städtischen Regionen wo es Universitäten gibt sonst müssen solchem Personal mehr Geld angeboten werden, um in ländliche Regionen zu ziehen.	32	32
Probleme und Ursachen 3	Die Architektenauswahl ist ein schwieriger Kampf gegen den Einkauf und gegen Entscheider von weiter oben, weil sie nur nach dem billigsten, Ausschau halten. Wenn möglich soll ein neutraler Architekt ausgewählt werden, also ohne eigene Baufirma, weil er ansonsten nur das plant, was er leicht umsetzen kann.	37	37
Probleme und Ursachen 4	Wenn der Architekt selbst eine Baufirma hat plant er entsprechend dem, was er selbst gut bauen kann oder was für ihn selbst billiger ist und benachteiligt damit andere Bieter, welche möglicherweise optimalere Lösungen anbieten kann.	38	38
Probleme und Ursachen 5	Für das Behördenengineering ist das Basic-Design nicht ausreichend genug. Hier wird schon ein detaillierterer Plan vorausgesetzt mit definierten Räumen, Fluchtwegen, etc. Das geht dann in den Baugenehmigungsprozess ein, welcher wiederum aus 4 Schritten besteht und jeder Schritt muss positiv sein, also genehmigt, bevor der nächste Schritt erfolgen kann.	39	39

Probleme und Ursachen 6	Der Baugenehmigungsprozess läuft unterschiedlich zäh in den Ländern ab. In manchen Ländern wie China oder Slowakei gibt es sehr lange Fristen, welche eingehalten werden müssen und durch die sequenzielle Abarbeitung der Prozessschritte, dauert das unnötig lange. Geschehen Änderungen, gehen alle Schritte, mit ihren Fristen, wieder von vorne los und ziehen den Zeitplan ewig in die Länge.	39	39
Probleme und Ursachen 7	Es gibt auch länderspezifische Unterschiede und kulturelle Aspekte, welche in die Fabrikplanung einfließen. Zum Beispiel gehen in China alle Mitarbeiter in der Fabrik duschen während in Österreich die Duschen nicht genutzt werden. Solche Sachen müssen auch beachtet werden.	44	44
Probleme und Ursachen 8	Eine Gefahr beim Architekten besteht darin, dass dieser die Raumaufteilung selbst interpretiert. Das bedeutet, dass die Raumgröße zwar gleichbleibt, er aber das Länge-Breite-Verhältnis ändert, was für Produktionsbereiche fatale Auswirkungen zur Folge hätte. Auch Sachen wie Fluchtwegs, oder Brandabschnitt, also da gibt es Diskussionen, welche nie enden.	48	48
Probleme und Ursachen 9	Ein großes Problem ist in erster Linie das Wirtschaftliche, ob sich das Werk überhaupt rechnet. Ein weiterer Risikofaktor ist auch immer, einen Auftrag mit welchem gerechnet wurde, dann doch nicht mehr zu bekommen. Generell ist das Problem in der Fabrikplanung, dass fast jeder mitredet. Vor allem Geschäftsführer und Management Positionen haben immer mal persönliche Präferenzen und da ist es ein großes Problem zu einem Schlussstrich zu kommen und alle auf einen Tisch zu bringen und ordentlich plant.	49	49
Probleme und Ursachen 10	Es darf nicht vorkommen, dass einer etwas braucht, sich allein mit dem Architekten in Verbindung setzt und der Architekt die Änderung sofort durchführt. Dann weiß keiner was der andere macht. Die Kommunikation ist sehr wichtig. Eine Funktionalausschreibung seitens des Architekten sollte auch vermieden werden, weil er dann ein Fixbudget definiert, aber niemand weiß, was alles in diesem Geld enthalten ist.	53	53
Probleme und Ursachen 11	Die Änderungen sollten sich seitens des Auftraggebers auch in Grenzen halten. Es gibt viele Beispiele wo es viele Änderungen am Ende gab und das Unmengen an Geld gekostet hat, weil diejenigen bei der Basisplanung geschlafen haben.	53	53
Probleme und Ursachen 12	Ein großes Problem ist auch, dass diejenigen Personen, die oft Änderungen aus eigenen Präferenzen durchführen, nicht wissen was diese Änderungen kosten und sich am Ende über die Mehrkosten wundern.	57	57
Probleme und Ursachen 13	In der Praxis ist es leider oft so, dass eine neue Fabrikplanung am Anfang niemanden interessiert. Erst wenn die ersten Teile des Gebäudes stehen, beginnen viele Leute Ideen und Anforderungen an die Fabrik zu stellen, wo es eigentlich schon zu spät ist.	58	58
Probleme und Ursachen 14	In der Praxis gibt es kein Projekt ohne Probleme, nur welche mit mehr oder weniger.	65	65

Probleme und Ursachen 15	Im Baugenehmigungsprozess gibt es viele Hürden zu bezwingen und eine, welche nicht bezwungen werden kann, ist Zeit. Der Architekt sollte die Zeitdauer des Baugenehmigungsprozesses kennen und dementsprechend auch einplanen, denn wenn einige Genehmigungen abgelehnt werden, kommen neue Fristen hinzu und diese verschieben den Fertigstellungszeitpunkt des Gebäudes immer weiter nach hinten.	75	75
Probleme und Ursachen 16	Eine weitere große Hürde, die wir beim Bauen hatten, war der strenge Winter. Zu dem Zeitpunkt gab es über 3-4 Wochen keinen Fortschritt.	77	77
Probleme und Ursachen 17	Es gab einmal ein Problem bei einer Gemeinde mit nur einem Mitarbeiter für Baugenehmigungen. Dieser hat die Fälle nach Antragsdatum bearbeitet obwohl ein Fabrikplanungsantrag höhere Baukosten und Relevanz hat. Das war ihm egal.	79	79
Probleme und Ursachen 18	Die endgültige Genehmigung kann erst durch das feststehende Gebäude erhalten werden. Der Grund ist, dass während dem Bauen auch immer Änderungen entstehen oder, dass etwas anders gebaut wird als geplant. Deshalb werden Genehmigungen, ausschließlich nur am physischen Objekt erstellt.	82	82
Probleme und Ursachen 19	Wir schauen, dass wir im Idealfall einen Generalplaner organisieren können und nicht alle Aufgaben auf verschiedene Stakeholder aufteilen, weil dabei zu viele Schnittstellen entstehen. Hier ist es schwierig sich gegen den Einkauf durchzusetzen, denn dieser schaut nur auf das Geld und ein Generalplaner ist einfach teurer.	84	84
Probleme und Ursachen 20	Wenn es Spielregeln gibt und die Disziplin passt kann eigentlich nichts schief gehen, aber es kommt oft vor, dass bestimmte Planungsbeteiligte ihren eigenen Weg gehen, weil sie aus langjährigen Erfahrungen immer schon so geplant haben. Ein weiteres großes Problem sind auch zu viele Spezialisten an einer Aufgabe. Wenn sie sich uneinig sind geht auch nicht weiter.	101	101
Probleme und Ursachen 21	Die Aktualität von Dokumenten ist auch so ein großes Thema von Großprojekten. Die Gefahr ist, dass verschiedene Personen mit verschiedenen Layoutvarianten arbeiten und deshalb am Ende Fehler auftauchen die viel Geld kosten und viel Arbeit in alte Revisionen untergeht.	102	102
Probleme und Ursachen 22	Kulturelle Aspekte sind in der Fabrikplanung auch entscheidend. In China zum Beispiel sind sie sehr fleißig, aber es fehlt Eigeninitiative, in Mexiko sind sie sehr gut aber nicht so diszipliniert, in Österreich sind festgefahrene Strukturen wiederum schlecht, also jedes Land hat seine Vor- und Nachteile.	105	105
Lösungsvorschläge 1	Im Idealfall betreiben wir ein sehr starkes Frontloading und investieren lieber mehr Geld in den Architekten und haben eine vernünftige Planung, als am Ende in der Bauphase viele Änderungen, die viel mehr Geld kosten.	37	37
Lösungsvorschläge 2	Es ist wichtig, dass der Architekt bei der Basisevaluierung uns möglichst detailliert hinterfragt und zum Beispiel Raumaufteilungen nicht selbst hineininterpretiert.	48	48
Lösungsvorschläge 3	Am Fabrikplanungsprozess sind viele Leute beteiligt, weshalb es sehr wichtig ist sie ständig zu informieren, wenn sich etwas ändert und sie immer wieder abholt.	51	51

Lösungsvorschläge 4	Die Kommunikation ist sehr wichtig und muss auf beiden Seiten, also Strategieplanung und Architekten, kanalisiert und dann wieder weiter verteilt werden.	53	53
Lösungsvorschläge 5	Anstatt einer Funktionalausschreibung, seitens des Architekten, betreiben wir ein ordentliches Frontloading. Das bedeutet wir erstellen eine genaue Stückliste mit allem was wir benötigen und mit dieser detaillierten Ausschreibung kann nichts mehr schief gehen.	53	53
Lösungsvorschläge 6	Um teure Nacharbeiten durch Änderungen verhindern zu können ist Disziplin und ein gutes Frontloading notwendig. Außerdem muss irgendwann ein design freeze durchgeführt werden. Das bedeutet es muss ein Meilenstein definiert werden, ab welchem keine Änderungen mehr erlaubt sind.	57	57
Lösungsvorschläge 7	Da einfach sehr viele Leute beteiligt sind, ist vor allem Disziplin notwendig, welches nur durch ordentliches Projektmanagement, Organisation und Kommunikation erzeugt und aufrechterhalten werden kann.	58	58
Lösungsvorschläge 8	Um unvorhersehbaren Ereignissen entgegenwirken zu können ist es notwendig Zeitpolster, sogenannte Puffer, einzubauen.	77	77
Lösungsvorschläge 9	Um Rückstände wieder aufzuholen müssen im Notfall Maßnahmen wie Wochenend- oder Schichtarbeiten ergriffen werden.	77	77
Lösungsvorschläge 10	Behördliche Komplikationen können vermieden werden, indem mit ihnen gemeinsame Richtlinien erarbeitet werden. Es ist unbedingt notwendig sich im Vorhinein bei den Behörden zu informieren und alle ihre Richtlinien zu berücksichtigen.	79	79
Lösungsvorschläge 11	Im Idealfall organisieren wir einen Generalplaner und vergeben nicht alles einzeln, weil zu viele Schnittstellen entstehen würden. Beim Generalplaner existiert bereits die Kommunikation über alle Abteilungen hinweg was die Planung erheblich erleichtert. Besser ist mehr Geld für die Planung auszugeben, denn Planungskosten sind meistens nur 5% von den Baukosten später.	84	84
Lösungsvorschläge 12	Der nächste Schritt ist sich in die Richtung der digitalen Fabrik zu entwickeln. Das Ziel ist Abläufe, Kapazitäten, die ganze Fabrik digital abzubilden, Stichwort digital Twin. Das wäre dann der Idealzustand, dass per Knopfdruck, auf Basis definierter Produkte, eine Simulation einer optimalen Fabrik erzeugt wird.	87	87
Lösungsvorschläge 13	Auch beim Bauen selbst ist es wichtig für uns flexibel, modular und erweiterbar zu bauen, um auf alle Änderungen schnell reagieren zu können.	88	88
Lösungsvorschläge 14	Auf Produktionsänderungen reagieren wir mit Prototypen. Hier gibt es eine Vorentwicklungsabteilung, welche die Aufgabe hat, den Prototypen zu industrialisieren. Wenn das erfolgt ist, können wir das dem Kunden verkaufen.	95	95
Lösungsvorschläge 15	Eine gute Planung ist durch nichts zu ersetzen. Je besser die Vorbereitung in Hinblick zu den Behörden, Architekten, Kunden, etc. ist, desto schneller und effizienter kann die Umsetzung erfolgen. Auch für zukünftige Entwicklungen muss kontinuierlich mit der Forschungsabteilung zusammen gearbeitet werden damit schnell auf zukünftige Anforderungen reagiert werden kann und konkrete Daten zur Verfügung stehen.	99	99

Lösungsvorschläge 16	Die Kommunikation muss klar in einem Kommunikationsplan deklariert werden. Auf jeder Seite muss es einen Projektleiter geben, welcher den aktuellen Stand der Planung kanalisiert, an seine Leute verteilt und für die nächsten Gesprächstermine wieder sammelt und aufbereitet. Aktuelle Revisionsstände sind enorm wichtig, um Fehler in der späteren Planung zu vermeiden.	101	101
Lösungsvorschläge 17	Das Team soll klein gehalten werden und aus erfahrenen Personen bestehen.	101	101
Lösungsvorschläge 18	Nach erfolgten Projekten ist unbedingt die Lessons learned Methode anzuwenden. Fehler, die gemacht worden sind und Probleme, die aufgetaucht sind, müssen unbedingt in einem Dokument niedergeschrieben und Verbesserungsvorschläge eingearbeitet werden. Das ist ein lebendes Dokument welches ständig wächst und mit welchem Fehler in Zukunft vermieden werden können.	105	105
Lösungsvorschläge 19	Idealerweise arbeitet der Architekt auch mit einer Software, welche auf Knopfdruck, bei jeder Layoutänderung, eine Materialliste erzeugt.	120	120

Tabelle 2: Fallzusammenfassung für ZKW¹⁸⁸

¹⁸⁸ vgl. Klaus; Seiberl (2019)

6.1.2 Interview bei Fraunhofer (aus Sicht eines Beraters)

Titel	Zusammenfassung	Anfang	Ende
Fabrikplanung 1	Wir betreiben hauptsächlich Systemplanung. Dazu gehören technische Aufgaben wie Layout ausarbeiten oder Datenaufnahme. In den letzten Jahren waren wir auch für die Projektleitung zuständig. Für die große Domäne der Bauplanung sind wir nicht zuständig. Wir kommunizieren mit dem Bauplaner und sind dann nur noch für die Koordination zuständig.	9	9
Fabrikplanung 2	Die Fabrikplanung beginnt mit der Projektinitialisierungsphase. Hier wird geklärt was und in welchem Umfang geplant werden soll. Die zweite Phase ist die Strategie- und Zielfestlegung. Hier werden Planungsgrundlagen geklärt wie Ressourcen, Zeit zur Verfügung, Termine bezüglich Einreichplan, wann ist der Produktionsstart, wieviel Budget und was ist schon an Vorarbeit geleistet worden. Auch die Art zu fertigen kann in dieser Phase überdacht werden und neue Fertigungsprozesse ausgedacht werden. Anschließend folgt die Phase der Grundlagenermittlung und Szenariobildung wo die vorhandenen Grunddaten ermittelt werden. Dann beginnt die Phase der Idealplanung wo Bereiche mit ihren Materialflüssen ohne Restriktionen optimal angeordnet werden, um Denkvarianten nicht einzuschränken. In der Realplanung wird dann versucht diese Idealkonstellation ohne Verluste in reales Layout mit allen Restriktionen zu leiten.	15	15
Fabrikplanung 3	Im Idealfall entsteht ein ideales Szenario aus welchem in der Realplanung mehrere Optionen, abhängig von den Restriktionen, abgeleitet werden. Anschließend wird geschaut, welche Option am besten an das Idealszenario anknüpft. Diese Optionen beinhalten schon Gebäudehülle, Infrastruktur für die Fertigung, Medienversorgung und technische Gebäudeausstattung. Das wird anschließend bewertet und damit kann schon eine Einreichungsplanung erfolgen.	17	17
Fabrikplanung 4	In der Grundlagenermittlung und Szenariobildung werden Wertströme und Produktflüsse von bestehenden Standorten aufgenommen und in verschiedenen Szenarien, für die Abschätzung neuer Zustände, genutzt.	21	21
Fabrikplanung 5	Neben der Variantenbewertung kommt es häufig vor, eine Umsetzungsplanung zu machen. Hier werden Bauphasen geplant, falls im Falle einer Erweiterung die Produktion mit möglichst wenig Störungen weiterlaufen soll. Die nächste große Phase nach der Auswahl der optimalen Variante ist die Detailplanung. Hier wird auf der Betrachtungsebene innerhalb der Bereiche vom Groben zum Feinen geplant. Im Anschluss erfolgt normalerweise die Umsetzungsplanung.	27	27
Fabrikplanung 6	Die Strategieplanung ist erstmal sehr grob, aber wenn entschieden wird neue Produktionsprozesse zu entwickeln, muss in den nächsten Planungsphasen viel mehr Zeit eingeplant werden.	29	29

Fabrikplanung 7	Im Wesentlichen sind die beiden ersten Phasen ausschlaggebend. Projektinitialisierung sagt was wollen wir machen und die Strategiephase sagt wie wollen wir es machen und was sind die Nebenbedingungen. Die Detailplanung geht dann in die Bereiche runter wie Arbeitsplatz, Ergonomieaspekte, Technik, etc.	29	29
Fabrikplanung 8	In der Fabrikplanung existiert, so ein wenig, eine Übergabephase. Der Architekt sollte spätestens am Ende der Realplanung eingebunden werden. Idealerweise wäre es, wenn die Bauplanung ein Stück weit parallel zur Systemplanung erfolgen würde.	31	31
Fabrikplanung 9	In der Konzeptplanung befindet sich die Ideal- und Realplanung. Die Detailplanung ist die Feinplanung bis runter zum Arbeitsplatz. Umsetzungsbegleitung, Anlauf, Optimierung, Anlauf und daneben laufen Bauprojektphasen ab.	33	33
Stakeholder und Kommunikation 1	Wir kommunizieren mit dem Bauplaner, sind aber für die architektonische Umsetzung nicht zuständig.	9	9
Stakeholder und Kommunikation 2	Wir als Ingenieure haben einen technischen Zugang und können Simulationen nutzen.	21	21
Stakeholder und Kommunikation 3	Wichtig ist möglichst viel Information aus dem Management oder vom Auftraggeber zu bekommen, was derjenige mit dem Projekt erreichen möchte.	21	21
Stakeholder und Kommunikation 4	Wir werden meistens in gewissen Planungsstadien hinzugezogen und arbeiten dann mit strategischen Partnern oder Firma und Bauplanern zusammen.	23	23
Stakeholder und Kommunikation 5	Die Materialflusssoftware kann gleichzeitig auch als Kommunikationsinstrument verwendet werden, um mit dem Auftraggeber über die Entwicklungen zu reden. Außerdem bietet sie die Möglichkeit Mitarbeiter aus der Fertigung, wie Meister oder Schichtführer, ebenfalls in die Planung einzubeziehen.	25	25
Stakeholder und Kommunikation 6	Wir versuchen immer integrativ zu planen. Das bedeutet der Kunde nennt uns alle seine Kriterien, wir erstellen gemeinsam mit ihm die Layoutvarianten und bewerten sie anschließend auch gemeinsam. Sollten die Bewertungen am Ende den Kunden nicht zufrieden stellen, folgen gemeinsame Diskussionen, um zu einem Ergebnis zu gelangen.	27	27
Stakeholder und Kommunikation 7	Das Wissen des Bauplaners wäre für die Elemente der Systemplanung von hohem Wert. Klassischerweise werden leider Aufgaben immer an den Nächsten sequenziell übergeben. Im Idealfall sollten beide Seiten ein Stück weit parallel arbeiten unter Einhaltung von Abstimmungspunkten.	33	33
Stakeholder und Kommunikation 8	Die wichtigsten Teams in der Fabrikplanung sind natürlich die des Auftraggebers. Besonders jenes, welches für die Systemplanung zuständig ist. Parallel können auch schon die Bauausführungsplaner mitberücksichtigt werden, weil es in dieser Phase ein Stück weit notwendig ist, an die Bauausführung zu denken. Die wichtigsten Stakeholder sind jene aus der Systemplanungsphase und Bauphase. An Behörden ist auch noch zu denken.	37	37
Stakeholder und Kommunikation 9	Der Bauplaner weiß relativ genau wie er mit den lokalen Behörden zurechtkommt und kennt die Vorlaufzeit für bestimmte Planungsphasen. Ein längeres und gutes Verhältnis zu den Behörden ist in der Fabrikplanung sehr wichtig.	39	39

Stakeholder und Kommunikation 10	Aus Projektsicht ist die Vereinigung der Systemplanung, also Ingenieure und die späteren Fabriknutzer mit der Bauplanung und Ausführung sehr wichtig.	39	39
Methoden und Tools 1	In der Idealplanung kommt Software für Layoutoptimierung zum Einsatz.	15	15
Methoden und Tools 2	Ein Vorteil mit uns zu kooperieren liegt darin, dass wir als Ingenieure Technologierecherchen oder Simulationen von neuen Fertigungsverfahren machen können, noch bevor die eigentliche Planung startet.	15	15
Methoden und Tools 3	Für die Idealplanung wenden wir Methoden wie Dreiecksverfahren an, aber in der Praxis wird dafür häufig eine Softwareunterstützung genutzt. Dabei wird ein Materialflussmodell hinterlegt. Die Bereiche sind logisch miteinander verknüpft und werden angeordnet. Abhängig vom Logistikfeedback der Software wird die Konstellation der Bereiche optimiert.	17	17
Methoden und Tools 4	In der Konzeptplanung kommen Visualisierungen zum Einsatz für die Fabrikhülle und -bereiche, Medienversorgung, Arbeitsplatzgestaltung, technische Gebäudeausstattung, etc.	17	17
Methoden und Tools 5	Für die Planung nutzen wir Projektmanagementsoftware, aber Kommunikationsmethoden im Sinne der Kollaboration ist noch nicht verbreitet. Hier wird hauptsächlich noch auf Email und Skype zurückgegriffen. Wir haben für jedes Projekt einen Austauschserver. Das ist ein digitaler Ort wo Dokumente abgelegt werden und für alle Beteiligte für Diskussionen zur Verfügung stehen. In der Strategiephase nutzen wir klassische Methoden wie Entscheidungsmatrizen, Portfolios, Diagramme für Stückzahlenentwicklung oder Prognosen und sehr beliebt, die Nutzwertanalyse, um Prioritäten festzulegen.	21	21
Methoden und Tools 6	In der Idealplanung kommen digitale Werkzeuge zum Einsatz wie Wertstromplanungstool. Es gibt auch Werkzeuge womit Daten standardisiert aufgenommen werden können.	23	23
Methoden und Tools 7	Wir haben selbstentwickelte Tools mit welchem Daten per Tablet aufgenommen werden können. In der Idealplanung beginnt der starke Softwareeinsatz, was als klassische Fabrikplanungssoftware bezeichnet wird. Mithilfe der Software werden Materialflüsse bewertet indem ein Materialflussmodell hinterlegt wird, welches Daten aus Stückzahlenentwicklung oder Arbeitsplänen nutzt. Das mit einem Layoutplanungssystem verknüpft, unterstützt visuell die Generierung von Varianten, um zum besten Ergebnis zu kommen.	25	25
Methoden und Tools 8	Im Reallayout wird das Ideallayout überlagert. In der Regel wird dafür das Materialflussplanungstool verwendet, um den derzeitigen Planungsstand einzusehen. Damit werden Bereiche, Anlagen, Maschinen und Materialflüsse visualisiert dargestellt, um jederzeit Klarheit über den Logistikaufwand zu haben.	25	25
Methoden und Tools 9	Wenn das Grundstück bekannt ist, kann es im einfachsten Fall als Hintergrundbild über das Ideallayout gezogen werden, um die Planung des Reallayouts zu vereinfachen. Budgetrestriktionen können mit einem direkten Kosten zu Fläche Umrechnungsfaktor in der Software festgelegt werden und als Schattenhintergrund für die Maximalfläche der anzuordnenden Bereiche dienen.	27	27

Methoden und Tools 10	In der Nutzungsphase hat sich das BIM-Modell (Building Information Modelling) durchgesetzt. Das ist ein dreidimensionales digitales Modell der Fabrik mit allen Medien und erweiterten Zusatzinformationen.	27	27
Methoden und Tools 11	In der Praxis wird das Materialflussplanungstool aus dem Ideallayout übernommen, im Reallayout mit Restriktionen ergänzt und Varianten gebildet. Im Anschluss folgt eine klassische Bewertung aus Logistiksicht und Nutzwertanalyse, die aus einer Menge an Faktoren gebildet wurde. Anhand dessen werden Varianten untereinander gewichtet. In der Praxis ist die Entscheidung einer Variante nie vollständig objektiv und auch die Nutzwertanalyse wird nie kalt ausgeführt übernommen.	27	27
Methoden und Tools 12	Um sinnvolle Entscheidungen zu treffen werden digitale Tools zur Unterstützung eingesetzt und klassische Managementwerkzeuge wie eine Nutzwertanalyse, um die Entscheidungen zu objektivieren.	27	27
Methoden und Tools 13	Es gibt verschiedene BIM-Software und einige werden mehr dafür geeignet sein, um Simulationssoftware integrieren zu können, andere weniger, weil es sich um klassische CAD-Systeme handelt mit Zusatzinformationen.	35	35
Probleme und Ursachen 1	Die Unternehmen machen sich selten Gedanken zur Produktentwicklung in den nächsten Jahren und die Folgen daraus für das Werk. Der Grund liegt darin, dass viel Unsicherheit mit diesem Thema verbunden ist, weshalb es in der Strategie- und Zielphase notwendig ist sich dieser Unsicherheit bewusst zu werden und flexibel plant.	21	21
Probleme und Ursachen 2	Es kommt oft vor, dass wir in späteren Planungsstadien dazu kommen, Unternehmen bereits ungünstig gehandelt haben und dann ist es unsere Aufgabe eine Lösung für aufgetretene Probleme zu finden.	23	23
Probleme und Ursachen 3	Das Softwaretool, welches alles schon berücksichtigt gibt es noch nicht. Daran wird laufend im Fabrikplanungsbereich geforscht.	27	27
Probleme und Ursachen 4	Wenn am Ende das Ergebnis oder eine Nutzwertanalyse nicht passt, stimmen Annahmen oder Prioritäten der Ziele, welche am Anfang definiert wurden, nicht.	27	27
Probleme und Ursachen 5	Klassischerweise wird leider nicht integriert geplant, sondern es läuft alles sequenziell ab. Entweder wird ein Bauplaner beauftragt das Fabrikgebäude zu planen und im schlimmsten Fall ist die Fabrikhülle schon fertig geplant und wir werden danach hinzugezogen und müssen mit sehr starken Einschränkungen planen. Umgekehrt ist es auch nicht ideal, weil das Wissen zu baulichen Optionen fehlt.	31	31
Probleme und Ursachen 6	Traditionell ist die Systemplanung leider sehr stark getrennt von der Bauplanung. Ungünstig ist auch, dass größtenteils das Facilitymanagement das Fabrikplanungsprojekt betraut, weil Produktionsbeauftragte stark ausgelastet sind und deshalb nicht belästigen möchte. Das führt zu dem Problem, dass die Fabrik mit relativ wenig Input aus der Produktion geplant wird und deshalb oft schief geht.	39	39

Probleme und Ursachen 7	Die häufigste Problemstellung aus Systemplanungssicht ist, dass unsere wichtigste Datenquelle auf dem Wissen von Produktionsbeteiligten beruht und diese, aufgrund der Boomphase in den letzten Jahren, keine Zeit für andere Projekte haben. Das ist für uns eine sehr große Restriktion für die Planung und deshalb kommt es oft vor, dass nicht ehrlich geplant wird.	41	41
Probleme und Ursachen 8	Systemplaner haben weniger Insider-Wissen in der Ausführungsplanung. Hier ist es besser einen Generalplaner zu beauftragen welcher genau weiß, welche Gewerke und Ingenieurbüros für welches Detail der Bauplanung benötigt wird als wenn der Auftraggeber selbst alle Gewerke einzeln sucht. Angebotsauslegungen dauern in der Regel sehr lange. Das Problem ist, dass kleinere Unternehmen aus finanziellen Gründen keine Generalplaner einstellen, weil sie sehr teuer sind und überall versucht wird Geld zu sparen. Aber genau solche hätten es besonders nötig von Experten beraten zu werden.	43	43
Probleme und Ursachen 9	Ausführungsplaner planen nach Möglichkeit nur in Ländern, in denen sie eine Niederlassung haben, weil sie die örtlichen Gegebenheiten in anderen Ländern nicht kennen.	47	47
Probleme und Ursachen 10	Die Systemplanung und Teile der Bauplanung sind stark mit ingenieurtechnischen Methoden durchzogen aber die Ausführungsplanung nicht. Hier gibt es starken Mangel an Methodeneinsatz und Neuerungen. Die Kommunikation zwischen verschiedenen Gewerken ist auch noch unzureichend. Bei Großprojekten läuft es teilweise schon systematisiert ab, aber bei kleineren Industriebetrieben gibt es noch eine Menge zu verbessern.	49	49
Probleme und Ursachen 11	Digitale Tools sind immer am Prozess gekoppelt und machen erst Sinn, wenn der Prozess und die Randbedingungen wie Informationen und Kommunikation zwischen Schnittstellen klar definiert sind.	49	49
Probleme und Ursachen 12	Die Fabrikplanung mit einem Tool zu starten ist immer gefährlich, weil Systemplaner, Architekten, Bauplaner, Statiker, etc. haben jeweils andere Anforderungen und können mit Modellen, vom jeweils anderen, nichts anfangen. Softwaretechnisch alle Beteiligte in einem Modell zu vereinen ist schwierig, weil jeder Beteiligte viele Informationen vom anderen gar nicht benötigt.	55	55
Lösungsvorschläge 1	Zu allererst soll die Systemplanung erfolgen noch bevor die Standortauswahl und Grundstücksauswahl beginnt. So werden später Komplikationen und böse Überraschungen vermieden. Vollständig verhindern lässt es sich nie.	23	23
Lösungsvorschläge 2	Wir versuchen derzeit mit Bauplanern gemeinsam ein Tool zu entwickeln, welches in späteren Phasen wie der Bauausführungsplanung weiter genutzt, sogar bis hin zur Nutzungsphase wieder herangezogen werden kann.	27	27
Lösungsvorschläge 3	Im Idealfall wird das BIM-Digitalmodell schon in der Planung begonnen und bis zum Ende, immer weiter mit Informationen angereichert wird.	27	27
Lösungsvorschläge 4	Layoutbewertungen und Nutzwertanalysen helfen den Gedankenprozess der Entscheidungsfindung offensichtlicher zu machen, zu diskutieren, um zu einem Ergebnis zu kommen.	27	27

Lösungsvorschläge 5	Ein Industriearchitekt weiß genau welche baulichen Optionen für welches Planungsdetail benötigt wird. Im Idealfall läuft die Systemplanung parallel zur Bauplanung ab. Hier entwickeln wir gerade mit Bauplanern ein Vorschlag für ein integriertes Vorgehen.	31	31
Lösungsvorschläge 6	Digitale Methoden dienen der Unterstützung für die Planung. Im Kern steht der gemeinsam definierte Prozess der parallel ablaufen sollte.	33	33
Lösungsvorschläge 7	Im Idealfall läuft die Systemplanung und die Bauplanung ein Stück weit parallel ab und es sollte immer wieder Abstimmungspunkte zwischen den beiden geben. Eine digitale Unterstützung durch ein erweitertes BIM mit einer Materialflussplanungsfunktion wäre wünschenswert.	33	33
Lösungsvorschläge 8	Wir versuchen einen Standardprozess zu entwickeln wo sinnvolle Prozesse der Systemplanung mit denen der Bauplanung integriert durchgeführt werden können und wieviel sinnvoll in eine Softwareumgebung integriert werden kann.	35	35
Lösungsvorschläge 9	Im Idealfall werden bei einer Planung, die Behörden frühzeitig informiert und bei Meetings miteinbezogen. Aus Projektsicht ist es vor allem wichtig die zwei Domänen Systemplanung und jene, welche an der Bauplanung und Ausführung beteiligt sind.	39	39
Lösungsvorschläge 10	Das Ziel ist so gut wie möglich zu planen und auch Sicherheitspuffer einzubauen. Puffer kostet immer Geld, weshalb auf eine vernünftige Mischung aus ausreichend Puffer und der Fähigkeit Probleme zu lösen geachtet werden soll.	41	41
Lösungsvorschläge 11	In einem Fabrikprojekt ist das Bewusstsein wichtig, dass eine Menge an Teams und Expertenwissen über viele Köpfe verteilt ist. Schnittpunkte oder Informationsübergabepunkte zu kennen ist essenziell für die Planung und im Idealfall wird das durch ein Planungstool unterstützt. Tools sind immer nur so schlau wie die Logik dahinter.	45	45
Lösungsvorschläge 12	Im Idealfall wird zur digitalen Unterstützung eine Mischung aus Materialflussplanungssoftware, welche die Möglichkeit hat bestimmte Szenarien durchzurechnen und BIM, welche ausgiebig mit Gebäudedaten angereichert ist, angewendet.	49	49
Lösungsvorschläge 13	Die bestmögliche Ausgestaltung von BIM wäre ein komplettes 3D-Modell der Fabrik mit aller in dem Fabrikgebäude Beteiligten, technischen Gebäudeausstattung und allen wichtigen Informationen verbunden mit Timeline, Wartungsplänen, Typeninformationen, etc., welches über ein Infofenster aufgerufen werden könnte.	55	55
Lösungsvorschläge 14	Das wichtigste sind definierte Schnittstellen und Prozesse. Für eine langfristige Ausbauphase wäre es sinnvoll, wenn Kernaufgaben in einer Software integriert wären. Buildinginformation und Planing in einer digitalen Plattform für alles zu haben ist der anzustrebende High-End-Zustand.	55	55

Tabelle 3: Fallzusammenfassung für Fraunhofer¹⁸⁹¹⁸⁹ vgl. Sobottka (2019)

6.1.3 Interview bei ATP (aus Sicht eines Architekten)

Titel	Zusammenfassung	Anfang	Ende
Fabrikplanung 1	Im Idealfall erfolgt der Bauauftrag mittels eines Lastenheftes, in welchem diverse Anforderungen seitens des Bauherrn beschrieben sind. Diese sollten relativ frühzeitig bekannt sein, damit das Gebäude unter Berücksichtigung aller Anforderungen entwickelt werden kann.	13	13
Fabrikplanung 2	Die Prozessplanung ist einer der wichtigsten Punkte in der Fabrikplanung.	15	15
Fabrikplanung 3	Zuerst werden Grundlagen ermittelt. Idealerweise gibt es ein Lastenheft, wo zu 80% schon alles drinnen steht. Wenn nicht werden Workshops mit diversen Zuständigen beim Gegenüber geführt, um die Grundlagen zu ermitteln. Dann startet der Vorentwurf und als nächstes der Entwurf, der schon detaillierter ist. Der Außenentwurf wird in der Regel aufgeteilt in eine Einreichplanung und eine Ausschreibungsplanung, welche parallel gemacht werden.	19	19
Fabrikplanung 4	Einreichplanung und Ausschreibungsplanung wird zeitgleich ausgeführt, weil bis zum Erhalt des Baubescheides auch die Baufirmen feststellen sollten. Als letztes geht es in die Ausführungsplanung.	21	21
Fabrikplanung 5	Das Bauunternehmen wird erst nach der Vergabe in den Planungsprozess miteinbezogen.	101	101
Fabrikplanung 6	Es kommt auch vor, dass wir abhängig von den Kundenanforderungen, Standortuntersuchen machen sollen und für ihn die Grundstücke evaluieren sollen.	115	115
Stakeholder und Kommunikation 1	Wir sind ein integral aufgestelltes Planungsbüro. Bis auf die Prozessplanung haben wir alles was für die Erstellung einer Fabrik notwendig ist wie Statik, Haustechnik, Elektro, Architektur, Nachhaltigkeitsthemen und so weiter zu einem Büro zusammengefasst. Wir stellen einen Gesamtprojektleiter (GPL) der die Aufgabe hat, sich um alle Abteilungen zu kümmern.	9	9
Stakeholder und Kommunikation 2	Der Gesamtprojektleiter ist das Bindeglied zum Bauherrn und kümmert sich, dass alle Abteilungen unter ihm funktionieren.	11	11
Stakeholder und Kommunikation 3	Bei gewissen Anforderungen oder Reibungspunkten, welche das Gebäude betreffen, ist der Architekt bei Abstimmungsterminen unbedingt dabei.	17	17
Stakeholder und Kommunikation 4	Der Informationsaustausch findet durch Workshops statt, wo sich Spezialisten vom Bauherrn mit Spezialisten von uns zusammensetzen und die Grundlagen ermitteln.	19	19
Stakeholder und Kommunikation 5	Normalerweise finden einmal die Woche oder alle zwei Wochen Bauherrentermine statt.	41	41
Stakeholder und Kommunikation 6	Für die Industrieplanung sind Fördertechnikplaner sehr wichtig. Natürlich auch Haustechnikplaner, Elektroplaner, Statiker, Brandschutzplaner, etc.	47	47
Stakeholder und Kommunikation 7	Brandschutzplaner sind Spezialisten, die extern beauftragt werden, weil sie gute Kontakte zu Behörden haben müssen und der ist schwer aufzubauen.	49	49
Stakeholder und Kommunikation 8	Außer Brandschutzgenehmigung, wo wir natürlich auch dabei sind, machen wir alle sonstigen Behördenabwicklungen.	51	51

Stakeholder und Kommunikation 9	Kundenseitig sind die wichtigsten Stakeholder Prozessplaner und Fördertechnikplaner. Behörden sind auch wichtige Beteiligte, weil sie die Einreichplanung genehmigen müssen und am Ende bei den Abnahmen auch dabei sind.	59	59
Stakeholder und Kommunikation 10	Im Terminplan gibt es eine Schnittstelle, wo wir das Gebäude an den Bauherrn übergeben und dann kommen die Produktions- oder Prozessbauer hinzu und fangen an ihre Anlagen aufzustellen.	67	67
Stakeholder und Kommunikation 11	Bauherrenbesprechungen finden in der Regel einmal die Woche statt. Je nachdem wo die Parteien sind, entweder persönlich oder über Skype.	73	73
Stakeholder und Kommunikation 12	Bei Bauherrengesprächen ist meistens die kundenseitige Projektsteuerung dabei. Sie hat die terminliche Verantwortung und überprüft auch die Arbeiten. Weiters sind je nach Themengebiet weitere Fachplaner von beiden Seiten bei den Gesprächen dabei.	75	75
Stakeholder und Kommunikation 13	Die Powerwall wird zur Kommunikation mit Fabrikplaner und Prozessplaner genutzt und zwar nach Bedarf, aber im Durchschnitt, ungefähr einmal im Monat stattfindet.	79	79
Stakeholder und Kommunikation 14	Statiker und Bauphysiker sind auch wichtige Stakeholder. Der Bauphysiker muss zusätzlich für jedes Gebäude einen Energieausweis zur behördlichen Einreichung erstellen.	89	89
Stakeholder und Kommunikation 15	Für den Bau gibt es grob vier wichtige Mitspieler. Die Planer, der Projektsteuerer, der Bauherr und die Baufirma, welche nach der Vergabe hinzukommt.	97	97
Stakeholder und Kommunikation 16	Wenn alle Gewerke einzeln beauftragt werden, gestaltet sich die Kommunikation schwieriger, aber auch hier gibt es eine zentrale Person, welche die Koordinationspflicht hat. In der Regel ist der Architekt die zentrale Person.	107	107
Stakeholder und Kommunikation 17	Wenn der Bauherr eine Ausschreibung macht, steht in den Verträgen meistens drinnen, dass der Architekt die Koordinationspflicht hat.	111	111
Stakeholder und Kommunikation 18	Verkehrsplanung bzw. Infrastrukturplanung ist auch sehr wichtig, weil die Verkehrslage auch mit den Behörden abgesprochen werden muss. Da arbeiten wir auch mit einem Partner zusammen.	117	117
Stakeholder und Kommunikation 19	Die Prozessplanung liegt immer nahe am Bauherrn und ist viel zu komplex, um hier intern Leute auszubilden. Normalerweise funktioniert die Kommunikation zwischen Prozessplaner und Architekten aber ganz gut.	125	125
Methoden und Tools 1	Wir planen BIM-fähig mit Revit. Revit erlebt seit den letzten Jahren eine Boomphase und hier ist auch ein Schwachpunkt. Die Kunden arbeiten mit anderen Tools, was den Datenaustausch stark behindert.	25	25
Methoden und Tools 2	BIM hat für uns einen gewissen Mehrwert, weil wir uns bei Ausschreibungen wesentlich leichter tun. Wir können aus dem BIM-Modell automatisch, Massen erhalten, schnelle 3D-Visualisierungen erzeugen und diese über diverse Viewer wie Enscape oder Navisworks mit dem Kunden kommunizieren.	37	37
Methoden und Tools 3	Am Ende der Planungsphase haben wir auch die VR-Brille im Einsatz, damit der Kunde einen virtuellen Durchgang durch das Projekt machen kann.	39	39
Methoden und Tools 4	Für Bauherrengespräche über weitere Distanzen wird Skype verwendet.	73	73

Methoden und Tools 5	Wir verwenden Powerwall, ein 8 Meter mal 3 Meter großer Bildschirm, um dem Bauherrn Modelle in 3D zu visualisieren, damit er sich diverse Punkte in der Fabrik anschauen kann und Prozesse in Bezug auf Kollisionen aufgedeckt werden.	79	79
Methoden und Tools 6	Die BIM-Präsentation muss natürlich vorbereitet werden, dass der Kunde im visualisierten Modell zu den wichtigen Stellen geführt wird und dort wichtige Punkte besprochen und Maßnahmen ergriffen werden können. Das wird alles in einem Protokoll mit Bildern zusammengefasst.	81	81
Methoden und Tools 7	Die BIM-Software ist eine rein statische Darstellung und funktioniert für unsere Verwendung sehr gut. Wir können auf Knopfdruck Massen berechnen. Auch im Bereich der Bauphysik haben wir schon wesentliche Erleichterungen erzielt.	87	87
Methoden und Tools 8	BIM steckt noch in der Entwicklung. Es lässt sich noch bis zu 5D erweitern. 4D beschreibt in dem Modell, die Hinterlegung einzelner Komponenten durch Terminpläne. Am Ende kann der Aufbau der Fabrik als Film mit Terminzeiten ablaufen oder sogar zur Kontrolle von Bauphasen genutzt werden. 5D beschreibt in dem Modell die Kostenhinterlegung jedes Materials.	119	119
Methoden und Tools 9	Die Massen werden aus dem BIM-Modell schon gut abgeleitet. Die Preise der Massen werden anschließend noch in Excel eingetragen, weil zu starke Marktschwankungen herrschen.	121	121
Probleme und Ursachen 1	Ein Problem ist, dass heute Gebäude immer schneller gebaut werden müssen und bis zum Bau das Gebäude meistens nicht fertig geplant ist und wir viel ändern müssen am Ende. Die Planung läuft parallel zum Bau immer noch weiter und wir müssen da immer nachfüllen.	13	13
Probleme und Ursachen 2	Das Hauptproblem ist, dass viel zu spät mit der Prozessplanung begonnen wird, weil sie teilweise noch gar nicht wissen was in der Fabrik für Prozesse ablaufen sollen.	15	15
Probleme und Ursachen 3	Optimal wären die fertigen Layouts vor der Ausführungsplanung aber oft müssen wir Änderungsanträge für Baugenehmigungen einholen, weil sich immer etwas ändert.	23	23
Probleme und Ursachen 4	Die Industrie arbeitet leider mit anderen Softwaretools als wir und das ist immer ein Aufwand, um eine geeignete Softwareschnittstelle für den Datenaustausch zu finden.	25	25
Probleme und Ursachen 5	Das Problem ist, dass die Automobilindustrie seit Jahren einen Standard mit MicroStation aufgebaut hat und der Datenaustausch mit dieser Software nur schwer kompatibel ist, weil die Software wenig Information bietet.	31	31
Probleme und Ursachen 6	Wir haben mit der Automobilindustrie vereinbart, dass wir die Planung mit Revit aufziehen, weil wir viel größere Vorteile mit BIM haben und am Ende mussten wir das ganze Modell für sie mit MicroStation nachkonstruieren.	33	33
Probleme und Ursachen 7	Das ist für uns ein Mehraufwand solch ein Projekt in einer anderen Software nachzukonstruieren. Das Problem ist auch, dass wenn das Modell nur umformatiert wird, viele Informationen verloren gehen.	37	37
Probleme und Ursachen 8	Die VR-Brille kann nicht zum jeden Abstimmungstermin mitgenommen werden, weil es viel Ausrüstung ist und für jede Visualisierung, extra Daten aufbereitet werden müssen.	41	41

Probleme und Ursachen 9	Wir haben das Datenformat von MicroStation bei uns ins Revit eingespielt. Um für das Verständnis eine grobe Visualisierung zu erzeugen ist es ausreichend aber es beinhaltet keine Hintergrundinformationen.	43	43
Probleme und Ursachen 10	Bauänderungsaufträge gibt es immer, weil der Bauherr bis zum letzten Tag Änderungen vornimmt. Aber wenn die Baugenehmigung für das Gebäude bereits erteilt worden ist, können Änderungen schneller durchgeführt werden.	55	55
Probleme und Ursachen 11	Bei der Behördeneinreichung müssen alle wichtigen Sachen genauestens dokumentiert werden, sonst weist die Behörde die Einreichung zurück und dann muss neu eingereicht werden. Bei erfahrenen Generalplanern geschieht das aufgrund von professioneller Erfahrung nie.	57	57
Probleme und Ursachen 12	Probleme entstehen auch hin und wieder, wenn wir das Gebäude übergeben haben und der Prozessplaner anfängt seine Anlagen aufzustellen oder der Bauherr im Nachhinein noch etwas geändert haben möchte.	67	67
Probleme und Ursachen 13	Unsere Termine in der Vorplanung oder Gebäudeplanung sind sehr eng gesteckt und ohne Puffer würden die Termine nicht eingehalten werden können.	71	71
Probleme und Ursachen 14	Wir haben des Öfteren Wände aufgestellt und nachher wieder wegreißen müssen, weil der Bauherr wieder etwas geändert haben möchte. Das kostet Geld.	93	93
Probleme und Ursachen 15	Aus Budgetgründen teilt der Kunde die Bauaufträge auf mehrere, unabhängige Gewerke auf und erlaubt ihnen, kostengünstigere Konstruktionen einzubauen. Aus diesem Grund entstehen dann Streitereien, weil es die Planung und den geplanten Gebäudeentwurf beeinflusst. Außerdem müssen die Änderungen im Modell nachgetragen werden. Das ist leider auch immer eine Geldfrage warum es am Ende zu solchen Nacharbeiten und Verzögerungen kommt.	97	97
Probleme und Ursachen 16	Das Problem ist, dass das Bauunternehmen erst nach der Vergabe hinzugezogen wird und dann wieder neue Änderungen, aus Kostengründen, entstehen.	101	101
Probleme und Ursachen 17	Noch ein großer Nachteil bei getrennten Gewerken ist, dass der Architekt, die zentrale Instanz der Planung, die externen Leute nicht kennt und dadurch die Kommunikation schwerer fällt.	107	107
Probleme und Ursachen 18	Materialkosten direkt ins Modell zu hinterlegen ist schwierig, weil die Marktschwankungen so extrem sind. Der Stahlpreis zum Beispiel kann von einem Monat zum nächsten variieren.	119	119
Lösungsvorschläge 1	Optimal wäre es, wenn alle im Revit arbeiten würden. Dann gäbe es keine Probleme mit dem Datenaustausch mehr.	25	25
Lösungsvorschläge 2	Wir führen für die Einreichplanung schon im Vorhinein diverse Vorgespräche mit den Behörden, damit bei der tatsächlichen Einreichung keine Probleme mehr entstehen können.	65	65
Lösungsvorschläge 3	Eine Lösung, um bei baulichen Verspätungen den Gesamtterminplan noch einhalten zu können, ist den Bauprozess parallel mit der Aufstellung der Anlagen ineinander zu verflechten. Also die Flächen zuerst fertig stellen, wo der Bauherr seine Anlagen zuerst aufstellen möchte und so Schritt für Schritt das Projekt zu Ende zu bringen.	67	67

Lösungsvorschläge 4	Bei Änderungen müssen ordentliche Gespräche mit dem Bauherrn stattfinden und notfalls gemeinsam ein neues Terminkonzept aufgestellt werden. Notfalls wird der Hochlauf der Fabrik, mit dem Bauprozess ineinander verflochten und das funktioniert meistens.	71	71
Lösungsvorschläge 5	Manchmal steht bei uns in den Verträgen, dass der Bauherr bis zum Entwurfsende, Änderungen vornehmen kann. Nachdem der Entwurf abgeschlossen ist, darf er nichts mehr ändern.	95	95
Lösungsvorschläge 6	Aus unserer Sicht bereiten wir im Vorhinein, also vor der Vergabe an die Bauunternehmen, die wirtschaftlichste Lösung für den Bauherrn vor. Wir führen Preisvergleiche durch und erstellen 3-4 Varianten mit Kostenabschätzungen.	103	103
Lösungsvorschläge 7	BIM steckt noch in der Entwicklung und lässt sich noch bis zu 5D erweitern. 4D beschreibt in dem Modell, die Hinterlegung einzelner Komponenten durch Terminpläne. Am Ende kann der Aufbau der Fabrik als Film mit Terminzeiten ablaufen oder sogar zur Kontrolle von Bauphasen genutzt werden. 5D beschreibt in dem Modell die Kostenhinterlegung jedes Materials. Das wäre theoretisch schon möglich, wenn es die Marktschwankungen nicht gäbe.	119	119
Lösungsvorschläge 8	Normalerweise funktioniert die Kommunikation zwischen Prozessplaner und Architekten ganz gut.	127	127

Tabelle 4: Fallzusammenfassung für ATP¹⁹⁰

¹⁹⁰ vgl. Wirth (2019)

6.1.4 Interview bei IFP Consulting (aus Sicht eines Beraters)

Titel	Zusammenfassung	Anfang	Ende
Fabrikplanung 1	Wir halten uns stark an die Vorgehensweise der VDI-Richtlinie. Wir starten mit einer Zielfestlegung, erst mal Strategieplanung und dann geht es in die Projektinitiierung. Hier wird mit dem Kunden ein gemeinsames Zielbild vereinbart wie Randbedingungen, Voraussetzungen, Fabrikziele, usw. Phase 2 ist die Grundlagenermittlung wie Datenaufnahme, Datenanalyse, Restriktionen, usw. Phase 3 ist die Konzeptplanung. Begonnen wird grob mit einer Strukturplanung wie Produktionsstruktur, Funktionsschema und dann wir dimensioniert. Welche Ressourcen, Flächen, Betriebsmittel werden benötigt. Daraus wird in der Idealplanung ein ideales Blocklayout erzeugt und anschließend in der Realplanung, verschiedene Varianten erzeugt und bewertet. Nach der Entscheidung einer Variante, geht es in die Detailplanung, wo die Feinplanung bis runter auf Arbeitsplatzebene durchgeführt wird. Hier werden die Kosten abgeschätzt und die Detailplanungsphase kann, muss aber nicht, mit Genehmigungsanträgen abschließen. Ausschreibung, Lastenheft, Pflichtenheft und solche Thematiken.	15	15
Fabrikplanung 2	Wir unterstützen den Kunden als Unternehmensberater bei allen Phasen der Fabrikplanung. Wir sprechen mit ihm vorab, welche Ziele er verfolgt und er entscheidet, für welche spezifischen Phasen er welche Unterstützung benötigt.	17	17
Fabrikplanung 3	Wir haben Kompetenzen was die Planung und die Analysen im Vorfeld angeht, aber was Architekturthemen, TGA-Themen, bauliche Themen betreffen, sind entsprechende Fachleute dafür zuständig. Somit führen wir zwar Ausschreibungen für eine Genehmigungsplanung durch, aber die Genehmigungsplanung direkt nicht.	19	19
Fabrikplanung 4	Phase 5 ist die Realisierungsvorbereitung, wo der Kunde bei Angebotseinholung und Vergaben unterstützt wird. Phase 6 ist die Realisierungsbegleitung, also die Überwachung der Ausführung und Phase 7 ist die Hochlaufbetreuung, wo die Produktion tatsächlich anläuft. Diese Phasen begleiten wir mit und kontrollieren den Planungsstand auf Abweichungen.	25	25
Fabrikplanung 5	Bei der Grundlagenermittlung gehen wir tief in die Datenanalyse, um klassifizieren zu können was später in die Fabrik rein soll. Das setzt die Datenverfügbarkeit voraus.	33	33
Stakeholder und Kommunikation 1	Wir können den Kunden als Unternehmensberater, über alle Phasen der Fabrikplanung unterstützen und begleiten. Der Kunde entscheidet aber, für welche Phasen er uns haben möchte und für welche wir nicht mehr zuständig sind.	11	11
Stakeholder und Kommunikation 2	In Workshops werden die Ziele mit den notwendigen Stakeholdern beim Kunden, gemeinsam erarbeitet und festgelegt.	31	31
Stakeholder und Kommunikation 3	In Terminzeitplänen gibt es Lenkungskreisausschüsse oder Gesellschafterversammlungen, bis wohin verschiedene Ergebnisse vorhanden sein müssen. Dafür werden mit dem Kunden Initiierungswshops durchgeführt, um den aktuellen Planungsstatus zu verfolgen.	33	33

Stakeholder und Kommunikation 4	In beauftragenden Unternehmen gibt es meistens einen Lenkungs- oder Steuerkreis für die Planung einer Fabrik. Das sind Personen die Entscheidungen treffen. Abhängig von der Unternehmensstruktur kann das, Geschäftsführer, Geschäftsleitung, technische Leiter sein, das ist ganz unterschiedlich.	41	41
Stakeholder und Kommunikation 5	Eine Person aus dem Lenkungsreis übernimmt die Projektleitung aus Kundenperspektive sowie eine Person vom Beratungsunternehmen die Projektleitung übernimmt. Bei einer Versammlung des Lenkungsreises sind beide Projektleiter mit dabei. Es gibt weiters ein Kernteam, bestehend aus 3-6 Personen, welche Daten zur Verfügung stellen, analysieren, Konzepte entwerfen und in Workshops Ideen produzieren und bewerten.	43	43
Stakeholder und Kommunikation 6	Zum Kernteam gehören Leute vom Berater und vom Kunden. Es hängt immer vom Produkt ab welche Kompetenzen im Team sind. Produktion und Logistik gehören eng zusammen, Qualität, Produktentwicklung, Prozesstechniker, IT, Finanzen und weitere Personen bei Bedarf aus Fachabteilungen, die zu entsprechenden Phasen dazu geholt werden.	45	45
Stakeholder und Kommunikation 7	Das Kernteam ist ein auserwähltes Team mit einem kundenseitigen Hauptverantwortlichen und je nach Fokus der Fabrik, kann jemand aus anderen Abteilungen im Kernteam sitzen, wenn seine Kompetenzen Kernthema sind.	47	47
Stakeholder und Kommunikation 8	Es finden wöchentlich Regeltermine zur Kommunikation zwischen Kernteam, Projektleitungen sowie nach Bedarf, Personen aus Fachabteilungen statt. Dann gibt es alle 5-6 Wochen, je nach Projektumfang und Abstimmungsbedarf, Meilensteintermine, wo auch der Lenkungsreis dabei ist. Wöchentlich wird ein Statusbericht an den Lenkungsreis versendet, um sie über Fortschritt, Herausforderungen und dringende Entscheidungen zu informieren. Falls Abstimmungstermine zwischen Meilensteintermine, seitens des Lenkungsreises notwendig sind, dient das als Kommunikationsgrundlage, um mit der Projektleitung Rücksprache zu halten.	49	49
Stakeholder und Kommunikation 9	Für die BIM-Planung, ist rein der Architekt zuständig.	59	59
Stakeholder und Kommunikation 10	Zur Transparenz und Kommunikation mit Stakeholdern nutzen wir das Werkzeug SharePoint zur Datenablage.	69	69
Stakeholder und Kommunikation 11	Die Nutzung gemeinsamer digitaler Server ist eine junge Entwicklung, weil früher wurde alles auf eigenen Servern abgelegt und heute verlangt der Kunde immer mehr permanenten Zugriff, um den Projektfortschritt zu erkennen.	71	71

Methoden und Tools 1	Jedes Unternehmen setzt individuell seine eigenen digitalen Tools ein. Wir nutzen PlantSim um Abläufe zu simulieren. Dafür werden hohe Planungssicherheit und viele Daten vorausgesetzt, weshalb die Prozessabläufe schon bekannt sein sollten. Ablaufsimulationen sind eher geeignet, um fertige Fabriken nochmals zu validieren. Ein sehr gutes Werkzeug für die Planung ist die Materialflussanalyse, wo wir visTABLE einsetzen. Das Tool ist gut geeignet, um Blocklayoutvarianten zu entwickeln und später in Detailplanungsebene in 3D-Darstellungen zu gehen. Für die Darstellung des 3D-Modells verwenden wir die VR-Brille, aber nicht zur Planung, sondern größtenteils zur Validierung, um zu sehen wie es in der Fabrik aussehen wird und um Schwachstellen aufzudecken.	51	51
Methoden und Tools 2	Es gibt die Möglichkeiten, sich mit Cursor und Tastatur am Bildschirm oder mit Panels in der Hand und aufgesetzter VR-Brille durch das 3D-Modell zu bewegen.	53	53
Methoden und Tools 3	Der Vorteil der VR-Brille ist, dass sie absolut Managementtauglich ist. Entscheider, welche sich nur alle 5-6 Wochen mit dem Thema beschäftigen haben durch die VR-Brille einen relativ schnellen Zugang zur Thematik. Dadurch haben sie eine bessere Vorstellung von der Planung und eine schnellere Einsicht in den Projektfortschritt.	55	55
Methoden und Tools 4	Die konkrete Gebäudeausplanung für die Umsetzung später, führt der Architekt in BIM durch. Das ist ein sehr detailliertes 3D-Modell des Gebäudes mit Verrohrungen, dimensionierten Ausrüstungen, etc.	55	55
Methoden und Tools 5	Wir arbeiten für die Planungen mit CAD-Layouts, welche weiterführend vom Architekten ins BIM übernommen und weiter ausdetailliert werden.	59	59
Methoden und Tools 6	Je nach Datenanforderung setzen wir EXIS oder Tableau zur Datenanalyse ein. Tableau ist vor allem geeignet, um schnell aussagekräftige Visualisierungen zu erstellen.	63	63
Methoden und Tools 7	Um Punktwolkenmodelle von Bestandsgebäuden schneller erstellen zu können, nehmen wir die Daten für ein Werksgelände mittels einer Drohne auf. Das hat den Vorteil, dass die Daten direkt digital verfügbar sind und viel schneller aufgenommen werden können. Momentan wird das nur auf offenem Gelände eingesetzt.	67	67
Methoden und Tools 8	Zur Transparenz und Kommunikation mit Stakeholdern nutzen wir das Werkzeug SharePoint zur Datenablage.	69	69
Methoden und Tools 9	Die Zugriffsrechte auf diesen gemeinsamen digitalen Servern sind beschränkt. Es haben nur ausgewählte Personen Zugriff auf die Daten. Der Vorteil ist, wenn verschiedene Abteilungen auf gleiche Daten zugreifen müssen ist sichergestellt, dass immer auf den aktuellsten Bearbeitungszustand zugegriffen wird.	73	73

Probleme und Ursachen 1	Ein sehr häufiges Problem in der Planung ist, dass die Ziele nicht klar festgelegt sind. Dann kommt es häufig zu Änderungen während der Planung, was in Nacharbeiten und Terminverzögerungen resultiert. Auch ein Problem ist, dass Zeitpläne kundenseitig sehr knapp angesetzt sind und viele Unternehmen keine Kapazitäten zur Verfügung haben. Kunden haben zeitlich gesehen sehr unrealistische Vorstellungen und unterberücksichtigen, dass im Unternehmen gewisse Entscheidungsprozesse stattfinden müssen.	29	29
Probleme und Ursachen 2	Wir benötigen für die Grundlagenermittlung natürlich Daten vom Unternehmen und die sind nicht immer verfügbar. Genauso werden oft vom Unternehmen wenig bis keine Ressourcen zur Verfügung gestellt, weil ihre Mitarbeiter stark ausgelastet sind.	33	33
Probleme und Ursachen 3	Eine große Herausforderung ist, dass Kunden Simulationen erwarten, obwohl sie nicht wissen was in der Fabrik mal geschehen soll. Wenn noch keine Daten verfügbar sind oder existieren, ist es schwer eine Simulation durchzuführen.	51	51
Probleme und Ursachen 4	Der Vorteil der VR-Brille ist auch gleichzeitig ein Nachteil. Dadurch, dass ein guter Eindruck geliefert wird, fangen viele Leute an mizureden, die keinen detaillierten Einblick haben und keine Hintergründe der Planung kennen. Je einfacher die Methode ist, desto schwieriger ist es allen Meinungen gerecht zu werden, weil jeder seine Meinung abgibt.	55	55
Probleme und Ursachen 5	Die meisten Drohnen schaffen es noch nicht sich innerhalb eines Gebäudes zu koordinieren, weil sie auf das GPS-Signal außerhalb des Gebäudes angewiesen sind. Da ist die Entwicklung noch nicht so weit, aber das kommt sicher auch bald.	69	69
Probleme und Ursachen 6	Verarbeitungszeiten auf den Ämtern ist auch so ein Risiko, welches berücksichtigt werden muss. Das hängt immer vom Amt selbst ab oder von der Beziehung zum Amt, aber in der Regel kann darauf kein Einfluss genommen werden. Falls ein Bearbeiter krank wird oder im Urlaub ist, kann so etwas auch 3-6 Monaten dauern.	79	79
Probleme und Ursachen 7	Noch ein Grund für Verzögerungen ist der momentane Bauboom. Alle Bauunternehmen und Anlagenhersteller haben derzeit volle Auftragsbücher, weshalb es zu einer deutlichen Verlängerung der Bauzeit oder Lieferzeit von Anlagen kommen kann und das ist nicht planbar.	83	83
Probleme und Ursachen 8	Oftmals fragt der Kunde in den ersten 2 Wochen schon wie die Fabrik am Ende aussehen wird. Natürlich ist es unrealistisch, dem Kunden, diese Frage beantworten zu können.	91	91
Probleme und Ursachen 9	Ein sehr großes Problem ist, dass kundenseitig keine rechtzeitigen Entscheidungen getroffen werden, weil Abstimmungszyklen im Hintergrund nicht eingehalten werden und deshalb zu Verzögerungen führen. Das sind unternehmensinterne Prozesse, welche aus Sicht der Fabrikplanung schwer geändert werden können.	93	93
Lösungsvorschläge 1	Falls sich der Kunde über die Zielsetzung nicht im Klaren ist, planen wir dafür bewusst mehr Zeit ein, um gemeinsam mit dem Kunden in Workshops das Zielbild zu entwickeln.	31	31
Lösungsvorschläge 2	Es ist wichtig mit der Planung frühzeitig zu beginnen und Puffer einzubauen, um unvorhergesehene Verzögerungen entgegenzuwirken.	33	33

Lösungsvorschläge 3	In den letzten Jahren klären wir mit dem Kunden die Datenanforderung noch vor dem tatsächlichen Projektstart ab, um am Anfang keine Zeit mehr mit Datenaufnahmen zu verlieren.	33	33
Lösungsvorschläge 4	Wenn ein Unternehmen sich entscheidet externe Unterstützung in Anspruch zu nehmen, dann sollte seitens der Unternehmensführung gewisses Engagement da sein, Ressourcen und Zeit für die Bearbeitung des Projektes zur Verfügung zu stellen.	37	37
Lösungsvorschläge 5	Der erste Punkt ist, dass wir vorab stärkeren Fokus auf die Projektinitiierungswshops legen, um mit dem Kunden die Fabrikziele zu klären. Der zweite Punkt ist, dass wir mit Angebotsverhandlungen zur Beauftragung schon die Datenanforderungen mitgeben, um die Verfügbarkeit der Daten im Voraus zu klären.	77	77
Lösungsvorschläge 6	Es muss mit entsprechenden Zeiten für Bau- oder Genehmigungsverzögerungen gerechnet werden und die Projektdauer realistisch eingeschätzt werden. Die Puffergröße wird aus gewissen Erfahrungswerten beschlossen.	87	87
Lösungsvorschläge 7	Eine klare Kommunikation vorab ist sehr wichtig. Der Wunschkandidat ist ein Kunde, welcher alle Daten, Ressourcen und Zeit zur Verfügung stellen kann, um auf sämtliche Anforderungen reagieren zu können. Geduld seitens des Kunden ist auch wichtig und den Mut Entscheidungen zu treffen.	91	91
Lösungsvorschläge 8	Die Digitalisierung wird auch noch weitere Tools hervorbringen, um die Fabrikplanung zu unterstützen. Zum Beispiel in Hinblick auf schnellere Prozessaufnahmen mittels GoPros auf den Köpfen der Mitarbeiter, um die Prozessaufnahmen nicht mehr per Hand aufzunehmen oder den Mitarbeiter bei seinen Tätigkeiten zu stören. An der Vorgehensweise der Fabrikplanung wird sich nicht viel ändern in Zukunft. Hier liegt das Potential in den Tools und Methoden zur Unterstützung der Fabrikplanung.	93	93

Tabelle 5: Fallzusammenfassung für IFP Consulting¹⁹¹¹⁹¹ vgl. Anders (2019)

6.1.5 Interview bei Ingenics (aus Sicht eines Beraters)

Titel	Zusammenfassung	Anfang	Ende
Fabrikplanung 1	Die Fabrikplanung für mittelständische Unternehmen findet im Größenbereich bis zu 5000 Mitarbeiter statt.	7	7
Fabrikplanung 2	Der Fabrikplanungsprozess ist von der Aufgabenstellung zum Kunden abhängig. Wir beginnen mit der Bedarfsermittlung und schauen was der Kunde benötigt. Wir versuchen zuerst die Prozesse vom Kunden zu optimieren und danach in die Bedarfsermittlung für das Gebäude zu gehen. Dann entwickeln wir ein Grobkonzept und falls anschließend vom Kunden gewünscht, führen wir die Standortauswahl durch. Wir begleiten den Kunden bei der Architektenauswahl und gehen mit ihm gemeinsam in die Feinplanung und Realisierung. Für die Realisierung haben wir Ingenieure, Architekten und Bauingenieure, welche die Baustelle entsprechend betreuen.	11	11
Fabrikplanung 3	Wir planen unter Berücksichtigung gewisser Anforderungen ein grobes Layout aber die eigentliche technische Zeichnung beginnt der Architekt. Die Phasenplanung entsprechend der Leistungsphasen macht auch der Architekt selbst. Er beachtet alle unsere Anforderungen und erstellt ein paar architektonische Entwürfe.	19	19
Fabrikplanung 4	Wir machen die Grundlagenermittlung und anschließend die Ideallayoutplanung. Falls es bereits ein Gebäude gibt, machen wir das als Brownfieldplanung und legen es an das Gebäude an.	53	53
Stakeholder und Kommunikation 1	Wir können den Kunden von der ersten Anfrage, über Architektenauswahl, bis zur Schlüsselübergabe vollständig begleiten. Am stärksten sind wir von der Konzeption bis hin zur Feinplanung tätig. Bei der Realisierung schalten wir unsere Architekten und Bauingenieure ein, welche die Baustelle entsprechend betreuen.	11	11
Stakeholder und Kommunikation 2	Wir sind Berater für den Bauherrn und dienen als Stabstelle zwischen ihm und anderen Parteien.	15	15
Stakeholder und Kommunikation 3	Der Architekt wird nach Beendigung der Vorplanung hinzugezogen.	17	17
Stakeholder und Kommunikation 4	Bei mittelständischen Unternehmen sind wichtige Stakeholder die Geschäftsführung, welche das Projekt beauftragt und der Projektleiter, welcher das Projekt bearbeitet. Je nach Größe des Unternehmens gibt es einen Aufsichtsrat dem Planungsergebnisse vorgelegt werden müssen.	31	31
Stakeholder und Kommunikation 5	In kleineren Gemeinden ist der Baubürgermeister ein wichtiger Stakeholder für Fabrikplanungsprojekte. In großen Konzernen gibt es wichtige Lenkungs- und Steuerkreise aber auch jene, welche später den Bereich betreuen wie Bereichsleiter bis hoch zum Werksleiter.	33	33
Stakeholder und Kommunikation 6	Idealerweise wird der Architekt nach unserer Bedarfsermittlung hinzugezogen. Der Standardfall ist aber, dass der Kunde sich einen Architekten gesucht hat, mit ihm die Planung begonnen hat und uns erst hinzuholt, wenn er merkt, dass er nicht weiterkommt.	37	37
Stakeholder und Kommunikation 7	Der Bauherr wird je nach eigenem Wunsch in den Planungsprozess einbezogen. Das kann von täglich, wöchentlich oder nur monatlich gehen.	41	41

Stakeholder und Kommunikation 8	Die Workshops mit dem Kunden finden so oft wie notwendig statt. Das sind Ganztagestermine, welche entsprechend strukturiert sind, wo verschiedene Varianten erarbeitet werden und abschließend, anhand erarbeiteter Kriterien, bewertet werden.	53	53
Stakeholder und Kommunikation 9	Der erste grobe Entwurf ist praktisch ein Meilenstein. Je nachdem wie groß die Aufgabe ist, kann der Workshop aufgeteilt werden. Zum Beispiel wird im ersten Teil nur das Ideallayout, im zweiten Teil verschiedene Layoutvarianten und im dritten Teil die Nutzwertanalyse erstellt. Die Entscheidungsvariante wird anschließend weiter verfeinert, wo es immer wieder Workshops geben wird.	55	55
Stakeholder und Kommunikation 10	Die Genehmigungsanträge bei Behörden werden hauptsächlich vom Architekten und vom Bauherrn durchgeführt, weil sie den Bauantrag stellen.	73	73
Methoden und Tools 1	Die Baubranche ist dabei das Thema BIM einzuführen, damit im frühen Planungsstadium 3D geplant und mit Daten angereichert wird und Kollisionsprüfungen durchgeführt werden.	23	23
Methoden und Tools 2	Die ersten Entwürfe zeichnen wir 2D im AutoCAD und für den ersten Gebäudeentwurf arbeiten wir mit Revit. Damit erstellen wir ein 3D-Modell, welches wir mit Daten anreichern. Das dient dem Architekten als Grundlage zur weiteren Planung und dem Kunden, um ein gutes räumliches Verständnis für die Fabrik zu entwickeln.	45	45
Methoden und Tools 3	Die generierten Pläne werden dreidimensional am Bildschirm visualisiert. Der Kunde kann virtuelle Rundgänge mit Hilfe einer Maus durchführen und frei darin navigieren.	47	47
Methoden und Tools 4	Es gibt auch die Möglichkeit Routen zu erstellen und sie dem Kunden als Video abspielen zu lassen. Es gibt auch die VR-Brille, welche aufgesetzt wird und durch drehen des Kopfes in der Halle umgesehen wird. Die haben wir nicht im Einsatz aber für Kunden, welche sich nicht täglich mit dem Thema befassen, wäre das interessant.	49	49
Methoden und Tools 5	Wir wenden Materialflusssimulation an, um Engpässe im Produktionsprozess sichtbar zu machen oder diesen, für die entsprechende Ausbringung, zu erweitern.	57	57
Methoden und Tools 6	Wir verwenden auch eine digitale Plattform, wo es einen Projektraum gibt, in welchem alle Daten hochgeladen werden. Um Chaos zu vermeiden existiert eine strenge Nomenklatur. Wenn Dokumente nicht entsprechend bezeichnet sind, können sie nicht hochgeladen werden.	63	63
Probleme und Ursachen 1	Ein Grundproblem ist oft, dass der Kunde nicht genau weiß was er will. Außerdem beauftragt er ein Fabrikplanungsprojekt auf Basis von groben Vertriebsschätzungen. Nachdem die ersten Kosten ermittelt werden und auch später vom Architekten genauere Kostenaufstellungen erzeugt werden, müssen die Änderungen der Vertriebszahlen im Projekt angepasst werden. Während der Planungs- und Bauphase gibt es öfters Probleme zwischen Architekten und seinen Gewerken. Ein großes Problem ist, dass der Architekt kein Verständnis für die Prozesse im Unternehmen entwickelt und die Einstellung hat, dass sich die Prozesse nach seinem Gebäude richten müssen, wobei es umgekehrt sein soll.	17	17

Probleme und Ursachen 2	In der Realisierungsphase werden oft Unterschiede zwischen einzelnen Gewerken festgestellt, was oft zu Kollisionen auf der Baustelle führt.	23	23
Probleme und Ursachen 3	Es geschieht oft, dass Anforderungen in der Bauphase bekannt werden, die in der frühen Planungsphase nicht bekannt waren und diese zu Mehrkosten und Nacharbeiten führt. Probleme können auch unvorhergesehene Dinge wie archäologische Funde sein, was die gesamte Vorplanung zunichtemachen kann und von vorne begonnen werden muss.	25	25
Probleme und Ursachen 4	Der Architekt macht zwar eine Grundlagenermittlung, aber dafür geht er nur eine Checkliste durch und fragt die Daten beim Kunden ab, ohne sich die Prozesse im Unternehmen selbst anzuschauen. Wir erarbeiten die Daten direkt mit dem Bauherrn zusammen, weshalb es schlecht ist, die Planung nur mit dem Architekten zu starten.	39	39
Probleme und Ursachen 5	Wir haben einmal in einem Workshop probiert, direkt mit Revit zu planen. Das hat aber den Nachteil, dass sich nicht jeder Teilnehmer einbringen kann, oder sie Berührungsängste mit der Technik haben und nur passiv daneben sitzen, während eine dritte Person alles zeichnet. Deshalb führen wir den Planungsworkshop noch am Papier, wo sich jeder Teilnehmer einbinden kann, wohlwissend, dass digitale Methoden den Aufwand einer Planungsleistung verringern kann.	51	51
Probleme und Ursachen 6	Der BIM Einsatz ist in Bezug auf die Inneneinrichtung noch nicht ausgereift. Wenn es um Bauteilfamilien wie Flurförderzeuge, Krane, Maschinen geht, gibt es vom Hersteller für die Einbindung ins Modell, relativ wenige Modelle zum Runterladen. Das hat den Aufwand für uns, dass wir Bauteilfamilien kreieren müssen oder stark vereinfachte Modelle einsetzen müssen.	61	61
Probleme und Ursachen 7	Ein weiteres Problem ist die Rechenleistung. Die Modelle werden zunehmend komplexer und wir bekommen vom Architekten gesagt, dass wir nicht zu viel in das Modell einplanen sollen, weil das Modell datentechnisch zu groß wird und sie Probleme mit der PC-Architektur bekommen.	61	61
Probleme und Ursachen 8	Die Erfahrung zeigt, dass viele Unternehmen, vor allem KMU, technisch noch nicht so weit sind, um digitale Methoden einzusetzen und in diese Richtung noch keine Kompetenzen haben. Das wird noch einige Zeit dauern bis das Knowhow dafür da ist und alles reibungslos funktioniert.	63	63
Probleme und Ursachen 9	Bezüglich Schnittstellenformate beim BIM ist auch die Frage, inwiefern sich die Softwarehersteller für ein Open-BIM Konzept öffnen, um verlustfreien Datenaustausch zu ermöglichen. Möglicherweise wollen sie, um konkurrenzfähig zu bleiben, ihr Alleinstellungsmerkmal behalten.	65	65
Probleme und Ursachen 10	Gründe für Terminverzögerungen können Einwohnerbeschwerden wegen Lärmemission sein oder in Nähen von Flugplätzen gibt es abhängig von Flugstandards Bebauungsvorschriften, die eingehalten werden müssen oder die Anforderungen vom Bauherrn sind höher als die Bebauungsvorschriften erlauben, was zu weiteren Verhandlungen mit Behörden führt.	73	73
Probleme und Ursachen 11	Unvorhergesehene Probleme können auch Funde von seltenen Tierarten sein, welche umgesiedelt werden müssen.	75	75

Lösungsvorschläge 1	BIM ist ein großartiges Tool, um Probleme wie Kollisionen im späteren Baubetrieb zu vermeiden.	23	23
Lösungsvorschläge 2	Durch den frühzeitigen Einsatz von BIM, können die Gewerke auf der Baustelle aufeinander abgestimmt werden. Es hilft dem Kunden frühzeitig ins 3D-Modell einzutauchen, um sich das Gebäude besser vorzustellen und beim Entscheidungsprozess. Eine Möglichkeit die Fabrikplanung in eine agile Richtung zu lenken, wäre Methoden wie scrum zu verwenden, um auf Änderungen, bezüglich Rahmenbedingungen und Ziele während des Projektes, flexibel reagieren zu können.	27	27
Lösungsvorschläge 3	In Zukunft wird sich die Fabrikplanung dahingehend ändern, dass Gebäude eine höhere Flexibilität aufweisen und stärker mit der digitalen Welt vernetzt werden. Die Flächen in der Fabrik müssen modular erweiterbar sein und möglichst wenig Monumente besitzen, um im Falle einer Änderung nicht eingeschränkt in der Nutzung zu sein. Die Einbindung in die digitale Welt ermöglicht Echtzeitüberwachung und prädiktive Instandhaltung von Maschinen und Anlagen, sowie automatische Datenerfassung, um die Fabrik auf neue Änderungen einzustellen.	59	59
Lösungsvorschläge 4	Wenn Softwarefirmen und Hersteller mehr Datenmaterial zur Verfügung stellen würden, würde das den Planungsprozess stark vereinfachen. Im Idealfall sind das keine statischen, sondern dynamische Baugruppen, damit sie im 3D-Modell schneller modelliert und angepasst werden können. Wichtig ist auch die Entwicklung in Richtung schnellerer und größerer Rechenleistung, weil Modelle immer komplexer und größer werden.	61	61
Lösungsvorschläge 5	Digitale Plattformen sind sehr sinnvoll, um gewisse Rechtssicherheit herzustellen wer, was, wann verändert hat. Das ist ein gutes Tool zur Datenüberwachung und Sicherstellung, dass alle Personen abgestimmt im aktuellsten Modell arbeiten.	63	63
Lösungsvorschläge 6	Es ist nur eine Frage der Zeit bis das alles in BIM problemlos funktionieren wird, zumal in Deutschland von öffentlichen Bauaufträgen gefordert wird, ab einer gewissen Budgetgrenze die Bauprojekte erzwingend in BIM durchzuführen.	63	63
Lösungsvorschläge 7	Bei BIM hat sich das IFC-Format als standardisiertes Format durchgesetzt, damit der Datenaustausch zwischen verschiedenen Softwares stattfinden können.	65	65
Lösungsvorschläge 8	Bei Beschwerden wegen Lärmemission, muss eine Einigung gefunden werden. Zum Beispiel auf Nacharbeit verzichten und auf Zweischichtbetrieb umstellen oder Fabriklieferungen dürfen nur zu gewissen Zeiten erfolgen. Die Infrastruktur ist auch ein wichtiges Thema, welches gewährleistet sein muss, wo die Verkehrsführung so gestaltet ist, dass der Verkehr reibungslos funktionieren kann.	75	75

Tabelle 6: Fallzusammenfassung für Ingenics¹⁹²¹⁹² vgl. Haenel (2019)

6.2 Hauptkategoriendefinitionen

Code	Kurze Definition
Fabrikplanung	Umfasst alle Meldungen für Vorgehensweise und Handlungen des Fabrikplanungsprozesses.
Stakeholder	Umfasst alle Beteiligte oder Gruppen, die für die Planung und Ausführung des Fabrikplanungsprozesses notwendig sind, sowie den Zeitpunkt ihrer Einbindung und Aufgaben.
Methoden und Tools	Umfasst alle Methoden, die im Fabrikplanungsprozess angewendet, oder existieren und nicht angewendet werden.
Probleme und Ursachen	Umfasst Probleme und Ursachen, die im Fabrikplanungsprozess zu Verzögerungen und Nacharbeiten führen.
Lösungsvorschläge	Umfasst Lösungsvorschläge, die zur Verbesserung der Fabrikplanung führen oder führen könnten.
Sonstiges	Umfasst wichtige Passagen wie z.B. subjektive Meinungen, die anderen Kategorien nicht zugeordnet werden können.

Tabelle 7: Hauptkategoriendefinitionen

Die Hauptkategorien wurden anhand der zu beantworteten Forschungsfrage gebildet. Die Hauptkategorie Fabrikplanung beschreibt den Fabrikplanungsprozess aus der Praxis. Die Hauptkategorie Stakeholder beschreibt alle Beteiligte, die am Fabrikplanungsprozess in der Praxis mitwirken. Die Hauptkategorie Methoden und Tools beschreibt den Einsatz von Methoden in der Praxis. Die Hauptkategorie Probleme und Ursachen beschreibt in der Praxis auftretende Probleme. Die Hauptkategorie Lösungsvorschläge beschreibt Ideen, wie die erwähnten Probleme aus der Praxis vermieden werden könnten.

6.3 Subkategoriendefinitionen

6.3.1 Subkategorien zu „Fabrikplanung“

Code	Kurze Definition	Genannte Beispiele aus dem Material
Vorbereitung	Codiert wird jede Meldung, welche die Zielfestlegung und Grundlagenermittlung betreffen.	<ul style="list-style-type: none"> -Projektinitialisierung -Strategie -Zielfestlegung -Randbedingungen -Grundlagenermittlung -Szenariobildung -Business Cases -Investment -Förderungen -Terminplanung -Ressourcen -Planungsgrundlagen -Produktionsprogramm aufnehmen -Prognosen -Grundstückermittlung -Standortauswahl -Lastenheft (Anforderungen)

Strukturplanung	Codiert wird jede Meldung, welche die Konzeptplanung betrifft.	<ul style="list-style-type: none"> -Kapazitätsplanung -Funktionsschema -Produktionsstruktur -dimensionieren -Vorentwurf -Prozessplanung -Realplanung -Idealplanung -Systemplanung -Grobkonzept -Blocklayout
Detailplanung	Codiert wird jede Meldung, welche die Detailplanung betrifft.	<ul style="list-style-type: none"> -Außenentwurf -Arbeitsplatzebene -Feinplanung -Behördengenehmigung -Baugenehmigung -Lastenheft -Architektenausschreibung -Einreichplanung -Ausschreibungsplanung
Ausführungsplanung	Codiert wird jede Meldung, welche die Realisierungsvorbereitung betrifft.	<ul style="list-style-type: none"> -Vergaben -Angebotseinholung -Realisierungsvorbereitung -detailgetreue Ausplanung
Ausführung	Codiert wird jede Meldung, welche die Realisierungsüberwachung, Hochlaufbetreuung und Projektabschluss betreffen.	<ul style="list-style-type: none"> -Hochlaufbetreuung -Assemblieren -Produktion -Überwachung -Koordination -Bau -Umsetzung -Realisierung
Sonstige	Codiert wird jede Meldung, die anderen Subcodes der Fabrikplanung nicht zugeordnet werden kann.	<ul style="list-style-type: none"> -mittelständische Kunden -keine Bauplanung -Planung und Umsetzung trennen -Architekt Einbindung -Leistungsphasen

Tabelle 8: Subkategorien definitionen zu Fabrikplanung

6.3.2 Subkategorien zu „Stakeholder“

Code	Kurze Definition	Genannte Beispiele aus dem Material
Auftraggeber	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher Entscheidungsträger und für die Beauftragung des Fabrikplanungsprozesses zuständig ist. Sind Unterkategorien vom Auftraggeber für Entscheidungen relevant, werden diese codiert.	<ul style="list-style-type: none"> -Steuerkreis -Entscheider -Gesellschafterversammlungen -Bauherr -Aufsichtsrat -Kunde -Gremien

Arbeitsvorbereitung	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für die Arbeitsvorbereitung beim Auftraggeber zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Steuerkreis -Entscheider -Gesellschafterversammlungen -Fördertechnikplaner -Meister -Schichtführer -Forschungsabteilung -Prozessentwickler -Logistik -Qualitätssicherung -Projektteam -Kernteam -Bereichsleiter -Mitarbeiter
Organisationsbereich	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für organisatorische Bereiche beim Auftraggeber zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Steuerkreis -Entscheider -Kernteam -Projektleitung -Gesellschafterversammlungen -(Facility-) Management -IT-Abteilung -Instandhaltung -HR-Abteilung -Projektteam -Werksleiter -Koordinatoren -Überwacher -Stabstellen
Kaufmännischer Bereich	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für kaufmännische Bereiche beim Auftraggeber zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Projektteam -Einkauf -Verkauf -Controlling -Finanzabteilungen -Vertrieb
Berater	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für die Fabrikplanungs-, -Beratung und -Begleitung im Fabrikplanungsprozess zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Kernteam -Projektleitung -Gesellschafterversammlungen -Fördertechnikplaner -Koordinatoren -Projektteam -Überwacher -Moderator
Generalplaner	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher zusammen mit Gewerken, für die architektonische, bauliche Planung und Umsetzung der Fabrik im Fabrikplanungsprozess zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Gesellschafterversammlungen -Projektleiter -Projektteam -Koordinator -Gewerke -Architekt -Bauplaner
Industriearchitekt	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für die architektonische Planung der Fabrik im Fabrikplanungsprozess zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Gesellschafterversammlungen -Projektteam -Koordinator
Bauingenieur	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für die bauliche Planung und Umsetzung im Fabrikplanungsprozess zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Gesellschafterversammlungen -Bauplaner -Projektteam

Gewerke	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für verschiedene gebäudetechnische Anforderungen der Fabrik im Fabrikplanungsprozess zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Gesellschafterversammlungen -Bauphysiker -Statiker -Umweltverträglichkeit -Sanitär -HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) -Elektriker -Gebäudetechniker -Projektteam -Stabstellen
Sondergewerke	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für spezielle gebäudetechnische Anforderungen der Fabrik im Fabrikplanungsprozess zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe. Dieser Stakeholder ist gekennzeichnet durch externe Beauftragung.	-Gemeinde -Bürgermeister -Gesellschafterversammlungen -Verkehrsplaner -Brandschutzplaner -Umweltverträglichkeit -Arbeitssicherheit -Behördengenehmigungen -Flächenwidmung -Baugenehmigung -Betriebsgenehmigung -Wirtschaftskammer -Regierungen
Lieferant	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher für die Zustellung von Erzeugnissen und Dienstleistungen im Fabrikplanungsprozess zuständig ist, sowie den Zeitpunkt seiner Einbindung und Aufgabe.	-Softwaremodelle -Softwarehersteller -Anlagenhersteller
Sonstige	Codiert wird jeder Stakeholder, welcher anderen Subcodes von Stakeholdern nicht zugeordnet werden kann.	-Facharbeiter -Ingenieure -Akademiker

Tabelle 9: Subkategorien Definitionen zu Stakeholder

6.3.3 Subkategorien zu „Methoden und Tools“

Code	Kurze Definition	Genannte Beispiele aus dem Material
Datenerhebung	Codiert werden alle Methoden und Tools, welche zur Informations- und Datenerhebung eingesetzt werden.	-Drohne -Punktwolkenmodelle -GPS-Signal -Excel (Preishinterlegung, Budgetrestriktionen) -Wertstromplanungstool -Tablet -Technologierecherche -center of gravity-Analyse
Darstellung	Codiert werden alle Methoden und Tools, welche zur Darstellung und Gestaltung eingesetzt werden.	-Entscheidungsmatrizen -Portfolios -Diagramme (Stückzahlenentwicklung, Prognosen)

Analyse	Codiert werden alle Methoden und Tools, welche zur mathematischen Planung und Analyse eingesetzt werden.	-Materialflussanalyse -Layoutoptimierung -Nutzwertanalyse -Dreiecksverfahren -Software -EXIS -Tableau -Sankey-diagramme -Business Case Rechnungen
Simulation	Codiert werden alle Methoden und Tools, welche zur Simulation eingesetzt werden. Genannte Beispiele aus dem Material:	-Materialflusssimulation -Layoutoptimierung -Ablaufsimulation -PlantSim (Validierung) -Fertigungssimulation
Künstliche Intelligenz	Codiert werden alle Methoden und Tools, welche in Bezug auf künstliche Intelligenz eingesetzt werden könnten.	-digital Twin
Visualisierung	Codiert werden alle Methoden und Tools, welche zur Visualisierung eingesetzt werden.	-BIM -3D-Darstellung -Kollisionsprüfung -Fabrikplanungstisch -visTABLE -3D-Animation -VR-Brille -Bildschirm -Powerwall -Gebäudemonitoring -Enscape -EXIS -Tableau
Kollaboration	Codiert werden alle Methoden und Tools, welche zur Kollaboration eingesetzt werden.	-VR-Brille -E-Mail -Austauschserver -Projektmanagementsoftware -Materialflussoftware -Kommunikationsinstrument -gemeinsame Layoutbewertung -Time Triggered Model -Informationsaustausch -Softwareumgebung -Plattform -Schnittstellen -Skype -Telefon -Projektmanagement -Workshops -Powerwall -BIM -Projektsharepoint
Sonstige	Codiert werden alle Methoden und Tools, welche anderen Subcodes von Methoden und Tools nicht zugeordnet werden können.	-Standards -digitale Vernetzung -IT-Netzwerk

Tabelle 10: Subkategorien definitionen zu Methoden und Tools

6.3.4 Subkategorien zu „Probleme und Ursachen“

Code	Kurze Definition	Genannte Beispiele aus dem Material
Planungsprobleme	Codiert werden alle Probleme und Ursachen, welche in der Planung auftreten.	<ul style="list-style-type: none"> -Flugstandards -nicht klar festgelegte Ziele -Nacharbeiten wegen Änderungen (Fokus, Mengengerüst, usw.) -Nutzwertanalyse passt nicht -fehlende Logistikplanung -keine integrierte Planung -keine fertige Planung vor Umsetzung -in der Vorplanung zu eng gesteckte Termine -keine Ressourcen zur Verfügung -ungeeignete Planungsbeteiligte -keine Datenverfügbarkeit -Kapazitätsmangel bei Bauunternehmen und Anlagenhersteller -Änderungswünsche -keine definierten Schnittstellen -fehlende Bereitstellung für Entscheidungen -behördliche Genehmigungen nur am physischen Objekt -neutraler Architekt -Eigeninterpretation des Architekten -Generalplaner besser als verschiedene Gewerke -fehlendes Prozessverständnis seitens des Architekten
Umsetzungsprobleme	Codiert werden alle Probleme und Ursachen, welche in der Umsetzung auftreten.	<ul style="list-style-type: none"> -Fund seltener Tierarten -Lärmemission -archäologische Funde -Kollisionen durch Unterschiede zwischen Gewerken -Witterung (strenger Winter) -Anforderungsänderungen während Umsetzung -unorganisierte Umsetzungsplanung -Änderungswünsche

IT-Probleme	Codiert werden alle Probleme und Ursachen, welche im Bereich der Digitalisierung auftreten.	<ul style="list-style-type: none"> -fehlende Kompetenz und Know-How -Berührungsängste mit Technik -Teilnehmereinbindung schwierig -hoher Aufwand für Übertragung in CAD -Koordinationsprobleme der Drohne im Gebäude -Doppelarbeit wegen fehlender Datenschnittstellen -unzureichende Informationsdarstellung -Alleinstellungsmerkmal von Softwarehersteller -Datentrennung zwischen Schnittstellen -einfache Tools nicht immer Vorteilhaft -Softwaretool für alles existiert nicht -Modelle zunehmend komplexer -wenige Bauteilfamilien für Gebäudeausrüstung
Monetäre Probleme	Codiert werden alle Probleme und Ursachen, welche einen monetären Hintergrund aufweisen.	<ul style="list-style-type: none"> -Laufende Änderungen durch Kostenermittlung -Nacharbeiten in der Planung aufgrund billiger Bauangebote -Facharbeiter zu geringen Lohnkosten -Änderungswünsche -keine Funktionalausschreibung -Einkauf schaut nur auf billige Planung -wirtschaftliche Unsicherheit bzgl. Aufträge -Sparen versus teure und gute Planung -starke Marktschwankungen
Sonstige	Codiert werden alle Probleme und Ursachen, welche anderen Subcodes von Probleme und Ursachen nicht zugeordnet werden können.	<ul style="list-style-type: none"> -zu hohe Kundenerwartungen -kein Projekt ohne Probleme -Prozessdefinition vor digitalen Tools -keine Disziplin -Kulturunterschiede -länderspezifische Ausführungsplaner

Tabelle 11: Subkategorien definitionen zu Probleme und Ursachen

6.3.5 Subkategorien zu „Lösungsvorschläge“

Code	Kurze Definition
Lösungsidee für Planung	Codiert werden alle Lösungsvorschläge, welche die genannten Planungsprobleme lösen könnten.
Lösungsidee für Umsetzung	Codiert werden alle Lösungsvorschläge, welche die genannten Umsetzungsprobleme lösen könnten.
Lösungsidee für IT	Codiert werden alle Lösungsvorschläge, welche die genannten IT-Probleme lösen könnten.
Lösungsidee für Monetäres	Codiert werden alle Lösungsvorschläge, welche die genannten monetären Probleme lösen könnten.
Sonstige	Codiert werden alle Lösungsvorschläge, welche die genannten sonstige Probleme lösen könnten.

Tabelle 12: Subkategorien-Definitionen zu Lösungsvorschläge

6.4 Prozessanalyse

Die Prozessanalysen wurden wie in Punkt 5.2.1.7 beschrieben, visuell mit Visio durchgeführt. Für jedes Interview wurde eine einzelne Prozesskarte mit Fabrikplanungsphasen, einbezogenen Stakeholder, eingesetzten Methoden, Tools und auftretenden Problemen erstellt. Aus Formatgründen können die Prozesskarten hier nicht angeführt werden, weil jeder Prozess auf einem A2 Format gezeichnet wurde. Die detaillierte Beschreibung der Prozesse werden im nächsten Kapitel, Konzepterstellung behandelt.

Die Prozesskarten befinden sich im Anhang F-J.

7 Konzepterstellung

Im Anschluss an die Prozessanalyse soll mithilfe der Lösungsvorschläge aus den Experteninterviews und eigenen Ideen, ein Idealprozess abgeleitet werden. Folgend werden die Probleme im Prozess für jede Phase einzeln aufgeführt, beschrieben und am Ende mithilfe von eigenen Lösungsideen und Lösungsvorschlägen aus den Interviews, in einen idealisierten Prozess überführt. Aus Komprimierungsgründen werden sich wiederholende Probleme zwischen den Interviews, auf die vorherigen Probleme aus den Interviews verwiesen. Phasen in welchen keine Probleme geäußert wurden, werden hier nicht angeführt.

7.1 Vorbereitung

Probleme in der Vorbereitung:

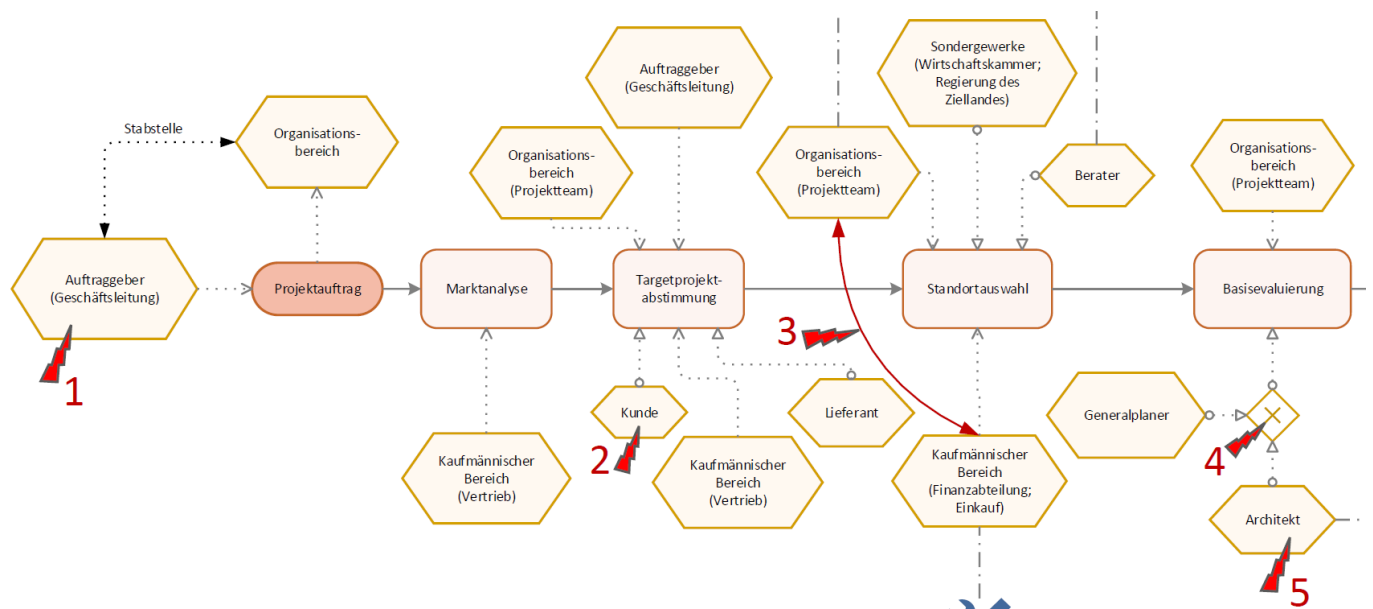


Abbildung 28: Vorbereitungsprobleme aus Interview 1

Allgemein hängt die Fabrikplanung auch von der Kultur und Disziplin der einzelnen Verantwortlichen ab.

1 beschreibt das Problem, dass zu viele mächtige Personen Einfluss auf die Fabrikplanung nehmen und laufend persönliche Präferenzen äußern. Das verursacht zu viele Schnittstellen und hohe Kosten in der Planungsphase und weitaus höhere in der Bauphase.

Ähnlich ist es bei **2**, dem Kunden. Auch dieser ändert andauernd seine Anforderungen, was zu kontinuierlichen Nacharbeiten in der Planung führt.

3 beschreibt das Problem der Einsparung am falschen Ort. Der Einkauf möchte immer den billigsten Architekten einsetzen, während das Projektteam auf der Suche nach einem Architekten ist, welcher ihre Vorstellungen am besten umsetzen kann.

4 beschreibt das Problem, dass ein Generalplaner teuer im Einkauf ist, aber dafür den Architekten und alle seine Gewerke in einem Büro zusammengefasst hat. Aus Einsparungsgründen sucht sich der Einkauf den Architekten und alle Gewerke einzeln, was aber wieder zu vielen Schnittstellen führt.

5 ist das Problem, dass wenn der Architekt nicht neutral ist und eine eigene Baufirma besitzt, plant er Varianten, welche er günstig für sich selbst umsetzen kann und nicht die optimale Lösung für den Auftraggeber.

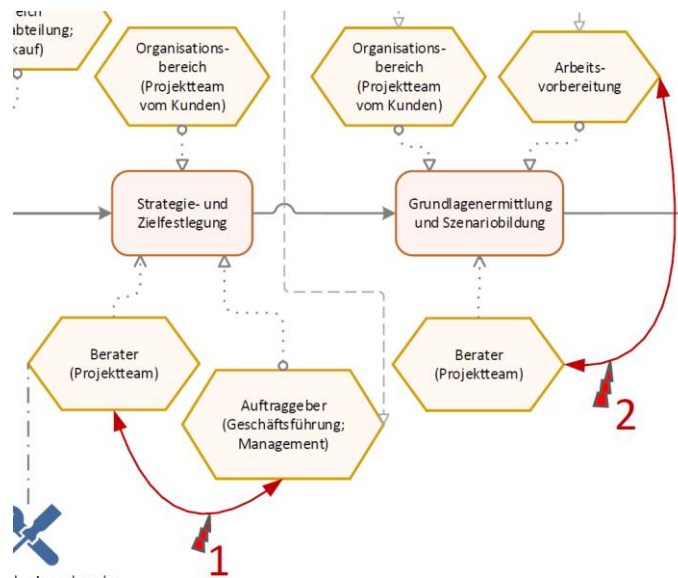


Abbildung 29: Vorbereitungsprobleme aus Interview 2

Aus dem Interview wurde in Erfahrung gebracht, dass Kollaborationsmethoden derzeit noch nicht verbreitet und im Einsatz sind. Außerdem ist eine digitale Unterstützung der Fabrikplanung nur dann sinnvoll, wenn der Planungsprozess feststeht und die Schnittstellen klar definiert sind. Feststehen muss auch der Verantwortungsbereich jeder definierten Schnittstelle für die Informationseinholung- und -verteilung, andernfalls können auch Kollaborationsmethoden keinen Mehrwert für Fabrikplanungsteams erzielen.

1 beschreibt das Problem, dass die Projektziele auf Kundenseite oft ungeklärt sind und viel Unsicherheit bezüglich welcher Zielverfolgung besteht.

2 beschreibt das Problem, dass die Mitarbeiter aus der Fertigung stark ausgelastet sind und für die Datenaufnahme nicht zur Verfügung gestellt werden. Das behindert

die Grundlagenermittlung, welche unumgänglich für die Planung eines idealen Funktionsschemas ist.

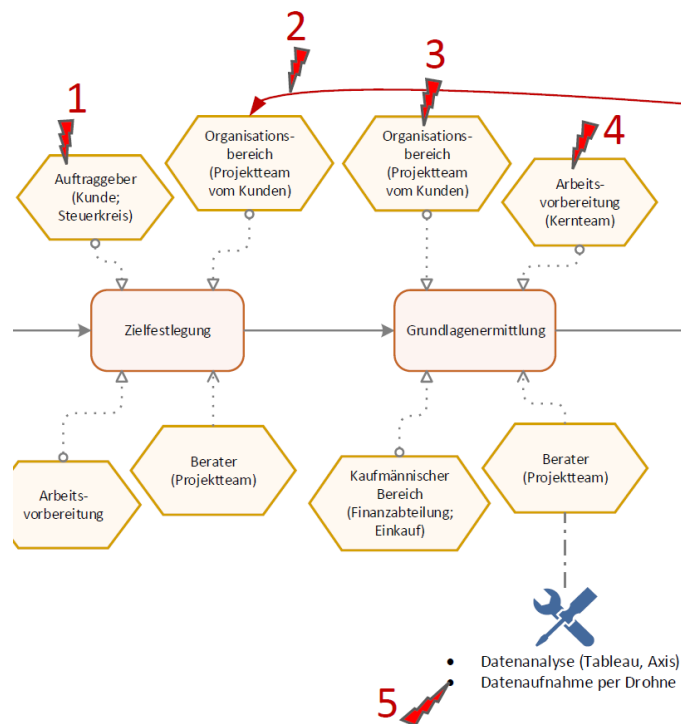


Abbildung 30: Vorbereitungsprobleme aus Interview 4

Aus dem Interview wurde in Erfahrung gebracht, dass keine Standards für den Einsatz IT-gestützter Werkzeuge existieren. Jedes Unternehmen setzt sie individuell und von verschiedenen Herstellern ein.

1 beschreibt das Problem, dass beim Auftraggeber oftmals keine rechtzeitigen Entscheidungen getroffen werden. Weiters haben sie unrealistische Vorstellungen bezüglich der Terminplanung, weil sie Zeiten zur Entscheidungsfindung, Angebotseinholung, oder Bearbeitungszeiten auf den Ämtern unterberücksichtigen. Bezüglich Simulationseinsatz erwarten sie viel zu schnell fertige Simulationen, was auch unrealistisch ist, weil ihnen ihre eigenen Prozesse noch unklar sind und zu Anfang viel zu wenig, bis keine Daten zur Verfügung stehen.

2 beschreibt ein Problem, welches in späteren Planungsphasen auftaucht und wieder auf die Zielfestlegung zurückführt, weil die Ziele in dieser Phase oft nicht festgelegt werden und es deshalb laufend zu Änderungen bzw. Nachträgen in der Planung kommt.

3 und **4** wurde bereits im Interview 2, Problem **2** erläutert. Hinzu kommt, dass die notwendigen Daten zur Datenanalyse oft nicht verfügbar sind und eine Menge Zeit und Aufwand betrieben werden muss, diese zu generieren, was zu einem verzögerten Planungsstart führt.

5 beschreibt das Problem, dass Drohnen keine internen Bestandaufnahmen machen können, weil sie sich im Gebäude nicht orientieren können.

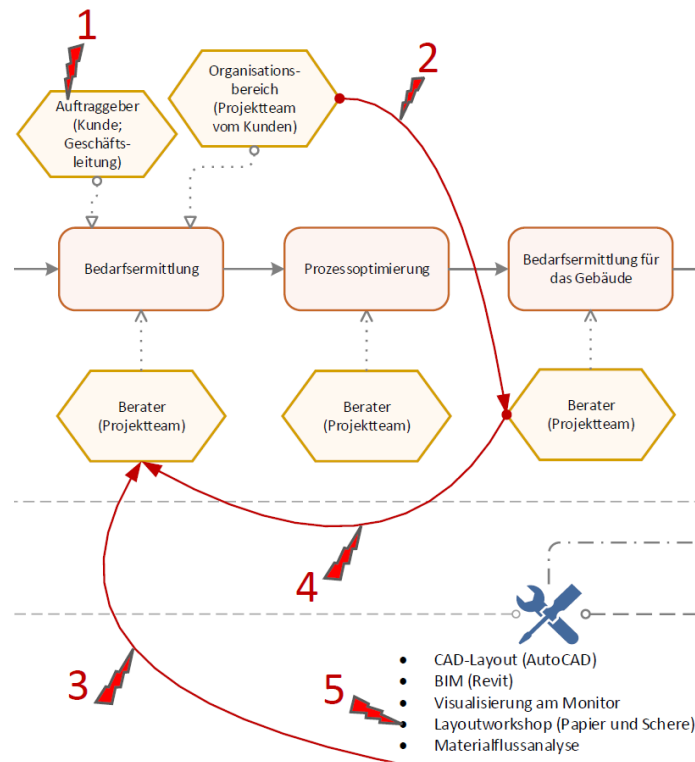


Abbildung 31: Vorbereitungsprobleme aus Interview 5

1 wurde bereits im Interview 4, Problem 2 erläutert.

2 beschreibt das Problem, dass Fabrikplanungsanfragen bei KMU nur anhand grober Vertriebsschätzungen erfolgen und keine qualitativen Fabrikziele verfolgt werden. Das führt direkt zu Problem 4, dass sobald die Vertriebszahlen aktualisiert werden, die ersten Änderungen ins Projekt eingearbeitet werden müssen.

3 beschreibt das Problem, dass in der Bauphase Anforderungen bekannt werden, welche in der frühen Planungsphase nicht bekannt waren, was zur Wiederaufrholung der Planung führt. Weiters können am Bau auch unvorhergesehene Probleme auftauchen wie archäologische Funde oder seltene Tierarten.

5 beschreibt das Problem eines Layoutworkshops mit 3D-Modellierung. Der Nachteil ist, dass Teilnehmer schwerer in die Planung eingebunden werden können, oder Berührungängste mit der Technik haben.

Lösungen in der Vorbereitung:

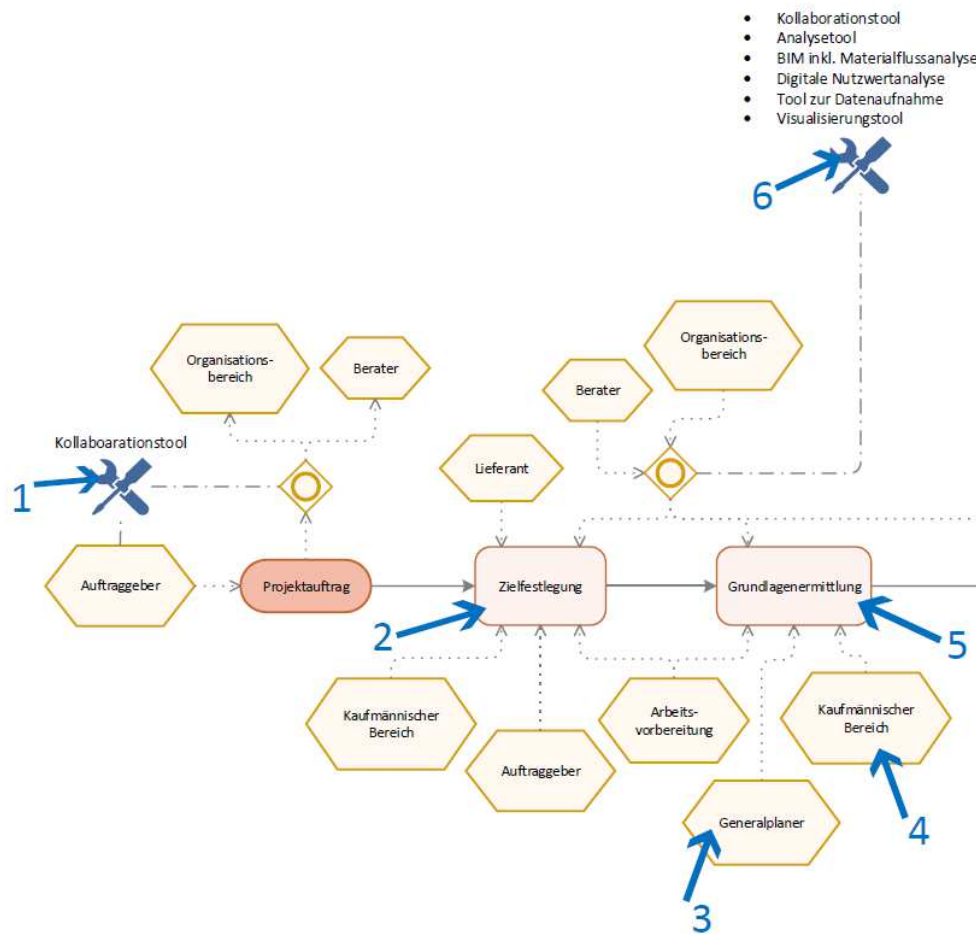


Abbildung 32: Verbesserter Ablauf der Vorbereitung

Die Voraussetzung für eine einwandfrei Fabrikplanung ist eine gut durchgeführte Systemplanung mit allen erforderlichen Stakeholdern. Sobald Wissen aus anderen Abteilungen gefordert ist, müssen diese hinzugezogen werden und es ist darauf zu achten, dass das Planungsteam klein gehalten wird, um nicht unnötig viele Schnittstellen zu haben.

1 beschreibt die Verbesserung der Kommunikation und virtueller Zusammenarbeit durch ein gemeinsam verwendetes Kollaborationstool. Der Vorteil liegt in der synchronen Datenbearbeitung über längere Distanzen hinweg. Dafür muss auf jeder Stakeholder-Seite, eine Schnittstelle festgelegt werden und für jede/n von ihnen, Zugriffsrechte zur Bearbeitung definiert werden. Es sollen laufend Meetings über das Tool eingeplant werden um jederzeit die Übersicht über den aktuellen Stand der Planung zu bewahren.

2 beschreibt die gemeinsame Entwicklung eines Zielbildes. Hier sollen alle Unklarheiten beseitigt werden und Meilensteine festgelegt werden. Diese sind

notwendig um zur nächsten Projektphase zu gelangen, Ergebnisse festzuhalten und um Änderungswünsche in Grenzen zu halten.

3 beschreibt den Einsatz eines Generalplaners, weil er einen massiven Vorteil aufweist. Er hat Architekten und alle notwendigen Gewerke für den Bau in einem Büro zusammengefasst. Das verhindert Abstimmungsprobleme zwischen den Gewerken, was eine Hauptursache für Fehler in der Bauphase darstellt. Der Generalplaner soll in der Grundlagenermittlung eingebunden werden, damit er beim Gebäudeentwurf ein Verständnis für die notwendige Anordnung der Bereiche besitzt.

4 erfordert ein Umdenken der kaufmännischen Bereiche, nicht am falschen Ort zu sparen. Mehr Investition in die Planung, verhindert hohe Kosten in der Bauphase.

5 beschreibt die erforderliche Datenverfügbarkeit, sowie die notwendige Bereitstellung der Ressourcen seitens des Unternehmens.

6 beschreibt den Einsatz erweiterter IT-gestützter Werkzeuge. Da das BIM in der Modellbildung einen starken Einsatz erfährt, wäre es ideal, wenn BIM mit weiteren Dimensionen wie Terminhinterlegung, Kostenhinterlegung oder gar mit einer Materialflussanalyse erweitert wird. Das Ziel ist von Anfang an zusammen in einem Modell zu arbeiten, ohne andauernd zwischen verschiedenen Programmen konvertieren zu müssen. Visualisierungstools wie VR-Brille oder 3D-Cave, helfen den Kunden die Fabrikplanung besser zu verstehen und erleichtert ihnen Entscheidungen zu treffen. Virtuelle Analysetools beschleunigen den Prozess der Datenauswertung und erleichtern den Projektbeteiligten den Prozess zu verstehen und schneller Layouts zu generieren. Bei der Prozessaufnahme können GoPros auf den Köpfen der Mitarbeiter montiert werden um Daten aufnehmen zu können, ohne die Mitarbeiter bei ihrer Arbeit zu behindern.

Das Potential von IT-gestützten Werkzeugen liegt Eindeutig in der Unterstützung einer effizienteren Fabrikplanung. Voraussetzung ist allerdings, dass der Prozess und die Schnittstellen klar definiert sind.

7.2 Strukturplanung

Probleme in der Strukturplanung:

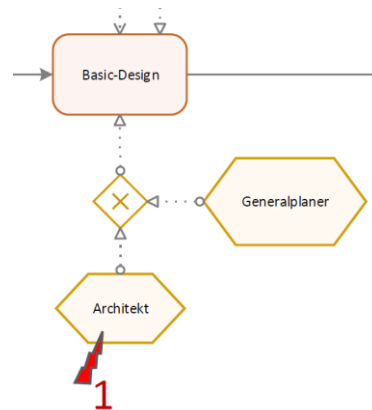


Abbildung 33: Strukturplanungsprobleme aus Interview 1

1 beschreibt das Problem, dass dem Architekten das Prozessverständnis der Fabrik fehlt. Beim Gebäudeentwurf stellt er die Dimensionierung der Fabrikbereiche in Frage und ändert das Länge-Breite-Verhältnis hingehend ab, wie es ihm am praktikabelsten ist.

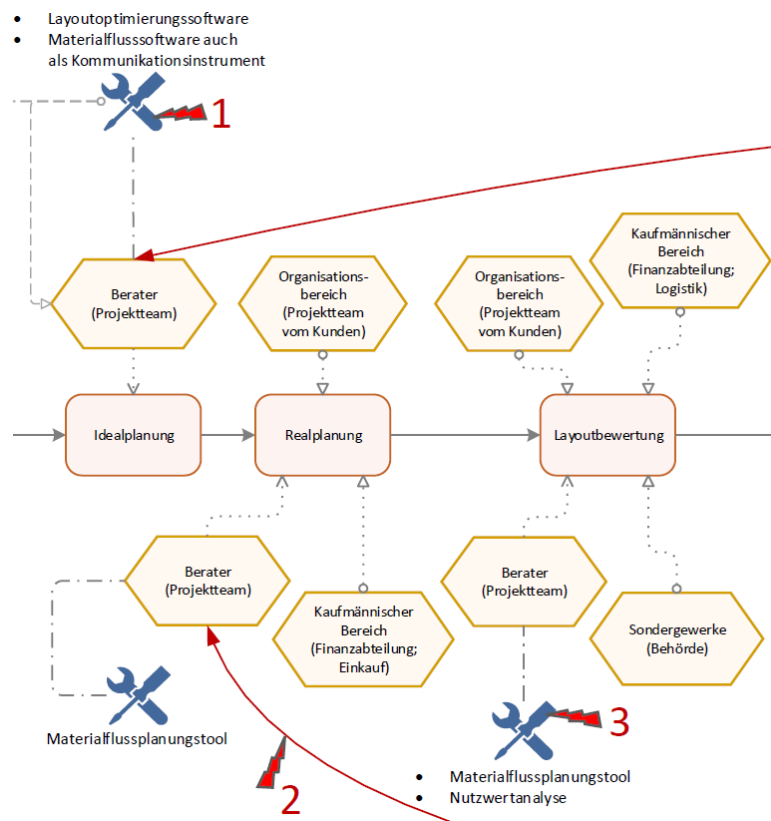


Abbildung 34: Strukturplanungsprobleme aus Interview 2

1 beschreibt das Problem, dass Simulationen, Analysen, Modellbildungen, etc. jeweils mit anderen Programmen durchgeführt werden. Das Softwaretool, das alles berücksichtigt, gibt es nicht.

2 beschreibt einen Problemfall, dass Systemplaner die optimale Fabrik planen ohne sich der baulichen Optionen bewusst zu sein. Das führt in der Umsetzungsplanung zu Realisierungsproblemen, was wiederum zu Änderungsnachträgen in der Planung führt.

3 beschreibt das Problem, dass die Layoutbewertung kein zufriedenstellendes Ergebnis liefert. Die Gründe sind falsche Annahmen oder Prioritätensetzung der Fabrikziele zu Beginn der Planung.

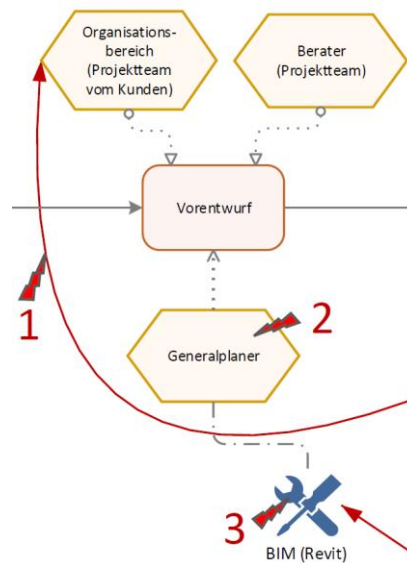


Abbildung 35: Strukturplanungsprobleme aus Interview 3

1 beschreibt das Problem, dass die Gebäude immer schneller gebaut werden. Der Bau wird begonnen, noch bevor die Prozessplanung zu Ende geplant wird, was zu vielen Bauänderungen führt.

2 beschreibt das Problem, dass für die Planung sehr wenig Zeit eingeplant wird und zu eng gesteckt ist. Bei Änderungen müssen immer neue Terminkonzepte verhandelt werden.

3 beschreibt das Problem, dass der Kunde wünscht, das Modell in einem anderen Programm aufzuziehen, weil sie ihre Standards dort integriert haben. Das führt zu Mehrarbeit, weil die Planer mit ihrem vertrauten Programm arbeiten und am Ende der Planung, das gesamte Modell in dem gewünschten Programm des Kunden nachzeichnen müssen. Grund dafür ist, dass bei einer Konvertierung viele Daten verloren gehen.

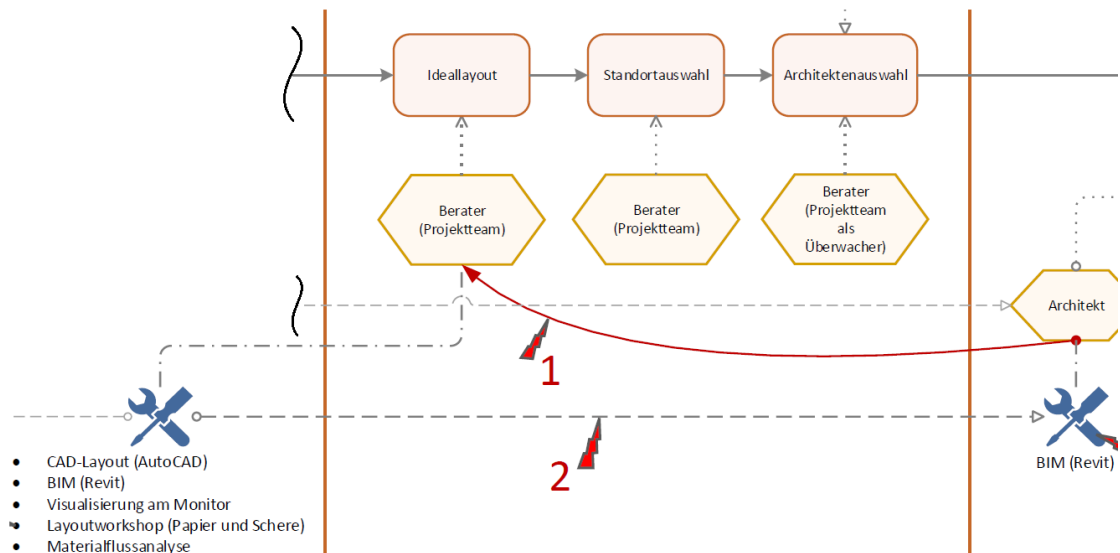


Abbildung 36: Strukturplanungsprobleme aus Interview 5

Aus dem Interview wurde erfahren, dass den kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), derzeit noch die Kompetenzen und das notwendige Knowhow in Bezug auf die digitale Fabrik fehlen.

1 wurde zum Teil im Interview 1, Problem 1 erläutert. Der Architekt legt erst am Ende seiner Planung eine genaue Kostenaufstellung vor, was bei KMU wieder zu Änderungen in der Planung führt. Hinzu kommt, dass KMU üblicherweise mit dem Architekten anfangen zu planen und einen Berater erst hinzuziehen, wenn sie in der Planung nicht weiterkommen.

2 beschreibt das Problem, dass die 3D-Modelle zunehmend komplexer werden und immer mehr Rechenkapazität benötigen. Deshalb muss darauf geachtet werden, dass die Modelle nicht mit zu viel Informationen überladen werden. Ein standardisiertes Schnittstellenformat zur verlustfreien Datenübertragung gibt es nicht. Ein Grund dafür kann sein, dass Softwarehersteller ihr Alleinstellungsmerkmal beibehalten wollen und sich deshalb nicht für eine offene Datenübertragung einsetzen.

Lösungen in der Strukturplanung:

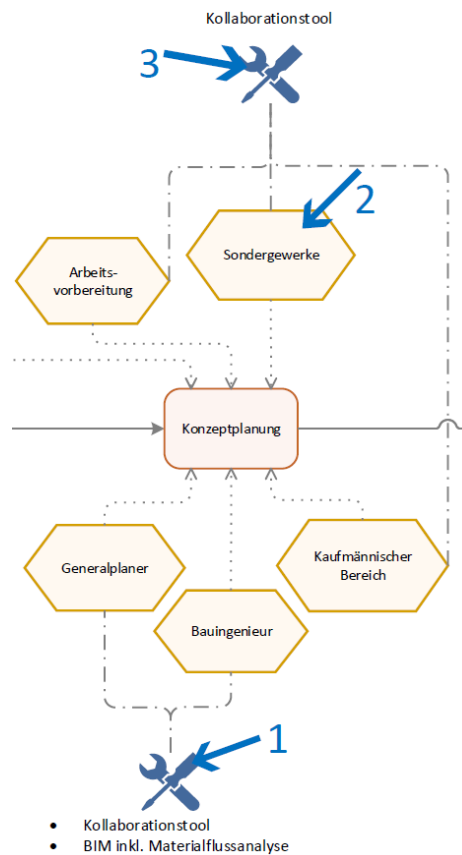


Abbildung 37: Verbesserter Ablauf der Strukturplanung

Idealerweise erfolgt die Systemplanung noch vor der Grundstücksauswahl. In diesem Fall erst nach der fertigen Konzeptplanung.

1 beschreibt die gemeinsame Verwendung eines erweiterten Tools für Architekten, Prozessplaner und Bauplaner, um unnötig viele Datenschnittstellen zu vermeiden. Als Vorteile können vorkalkulierte Stücklisten für Material und Anlagen, frühzeitige Vermeidung von Kollisionen und eine digitale Durchgängigkeit der Medienkette erwähnt werden. Als Voraussetzung müssen alle Produkte und Anlagen von Herstellern in digitaler Form vorliegen.

2 und **3** beschreibt die frühzeitige Einbindung der Behörden in den Planungsprozess um lange Bearbeitungszeiten vor der Bauphase zu vermeiden. Idealerweise werden sie gleich mit in ein gemeinsames Kollaborationstool eingebunden.

7.3 Detailplanung

Probleme in der Detailplanung:

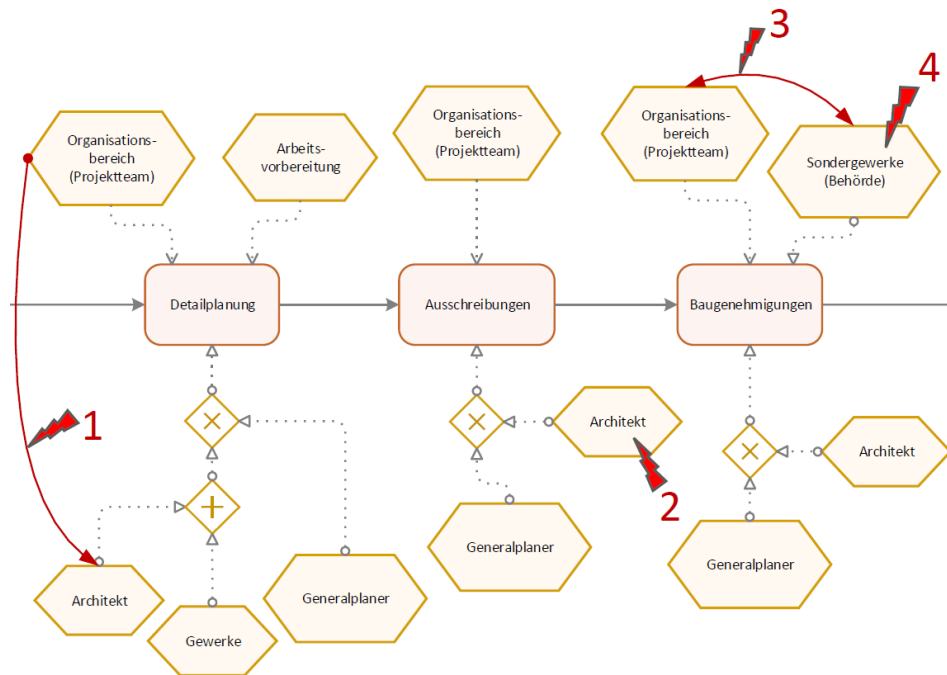


Abbildung 38: Detailplanungsprobleme aus Interview 1

- 1 beschreibt das Problem, dass inoffizielle Kommunikationswege zwischen einzelnen Planungsbeteiligten und Architekten genutzt werden. Das führt zu verschiedenen Versionen der Planungszeichnungen mit unklarer Aktualität der Daten.
- 2 beschreibt die Problematik von Funktionalausschreibungen seitens des Architekten. Das Problem wurde bereits in der Vorbereitung, Interview 1, Problem 5 erläutert.
- 3 beschreibt das Problem, dass Bauanträge meist zu spät begonnen werden und sich, mit den langen Einreichfristen, die Terminplanung verzögert.
- 4 beschreibt ein kulturelles Problem, dass Behörden in verschiedenen Ländern unterschiedlich lange Bearbeitungszeiten haben. Diese Kenntnis ist für die Terminplanung aber von hoher Bedeutung.

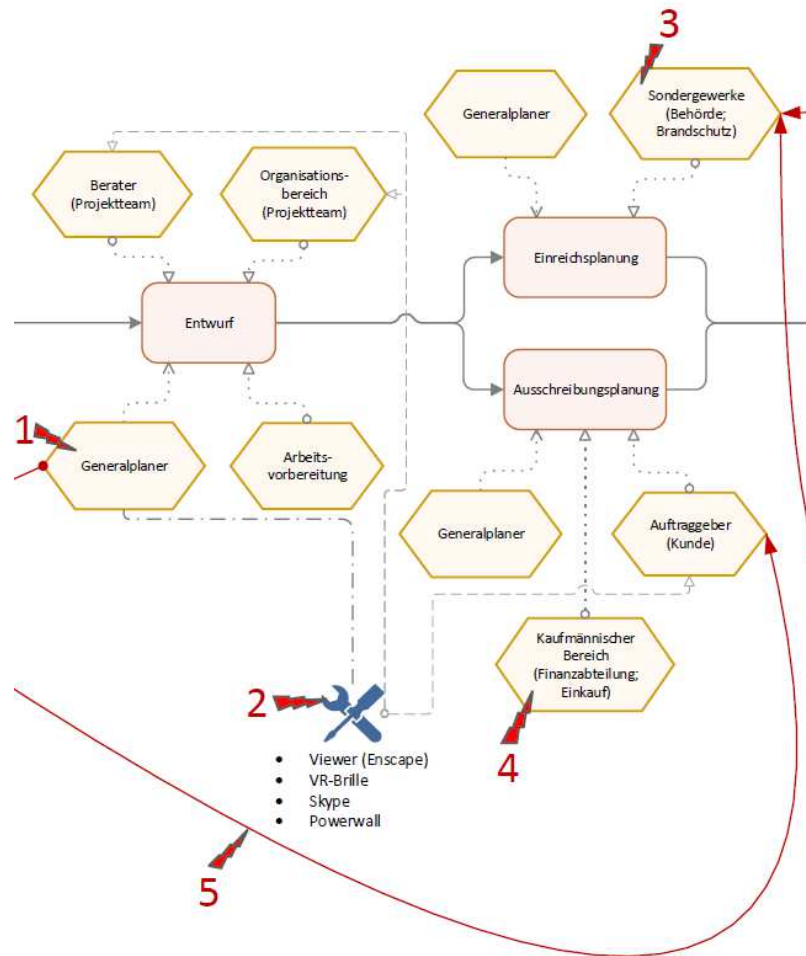


Abbildung 40: Detailplanungsprobleme aus Interview 3

1 wurde bereits in der Strukturplanung, Interview 3, Problem 2 erläutert.

2 beschreibt das Problem, dass Werkzeuge zur Visualisierung für den Kunden mit sehr viel Aufwand verbunden sind, weil ständig Daten zur Präsentation aufbereitet werden müssen.

3 ist ähnlich zu Interview 1, Problem 4. Weiters hängen die Bearbeitungszeiten auch von den persönlichen Beziehungen zu den Behörden ab.

4 beschreibt das Problem, dass aus Einsparungsgründen den Baufirmen erlaubt wird, eigene Konstruktionen vorzuschlagen falls diese günstiger als derzeitige geplante sind. Das führt wieder zu Änderungen in der Planung und zu Konflikten zwischen Stakeholdern bezüglich der Zuständigkeit dieser späten Planungsnachträge.

5 wurde bereits in der Strukturplanung, Interview 3, Problem 3 erläutert.

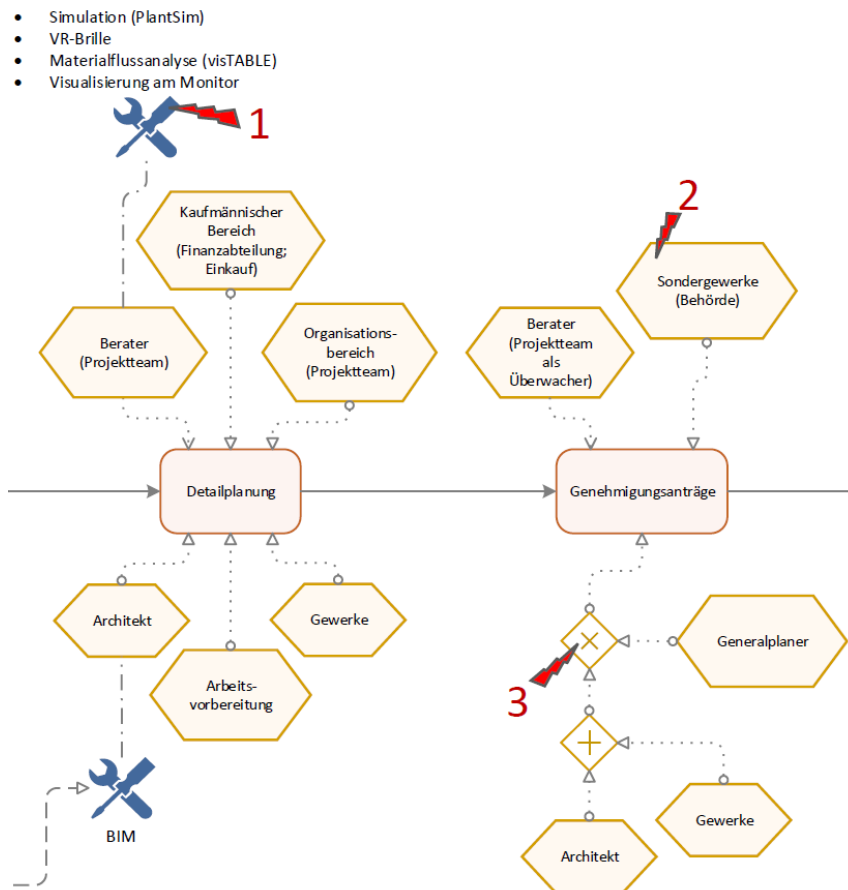


Abbildung 41: Detailplanungsprobleme aus Interview 4

1 beschreibt das Problem, dass mit guten Visualisierungen (VR-Brille) viele Planungsbeteiligte sich in der Lage fühlen mitzureden, obwohl sie kein detailliertes Hintergrundwissen aus der Planung besitzen. Je einfacher die Ergebnisse präsentiert werden können, desto schwieriger ist es allen Meinungen gerecht zu werden.

2 ist ähnlich zu Interview 1, Problem 4. Hinzu kommt, dass sich die Bearbeitungszeiten auch aufgrund von Erkrankung oder Beurlaubung des Sachbearbeiters verlängern können.

3 beschreibt das Problem, dass aktuell viele Bauunternehmen und Anlagenhersteller überlastet sind und keine Kapazitäten zur Verfügung haben, weshalb mit längeren Wartezeiten gerechnet werden muss.

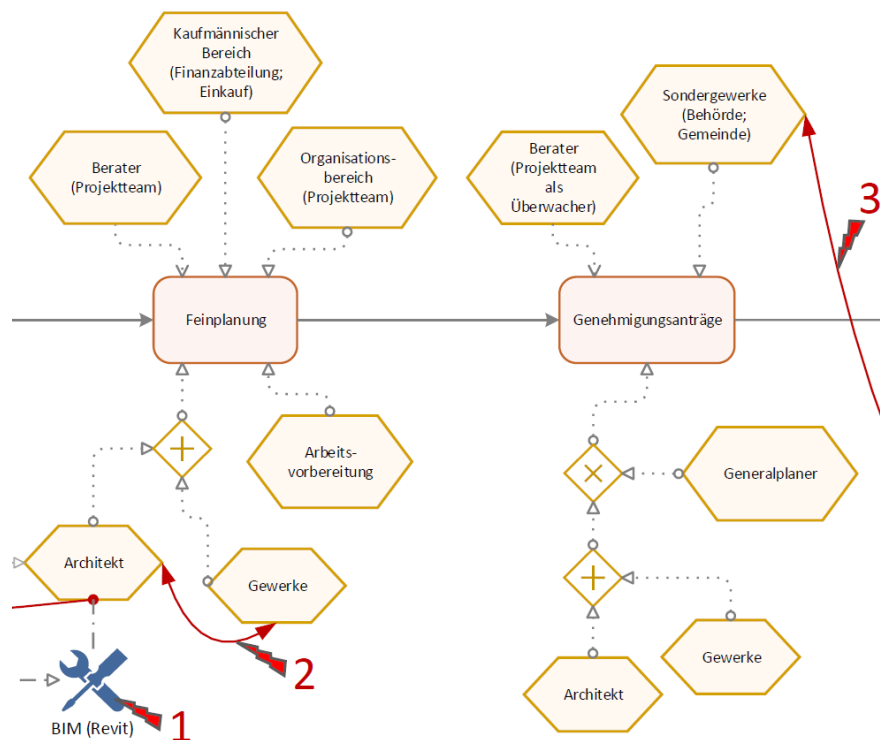


Abbildung 42: Detailplanungsprobleme aus Interview 5

1 beschreibt das Problem, dass für die Gebäudeinneneinrichtung und Betriebsmittel noch zu wenige digitale Bauteilfamilien existieren. Das führt zu einem Mehraufwand, weil sie erst kreiert werden müssen, oder stark vereinfachte Modelle eingesetzt werden.

2 beschreibt das Problem, dass es häufig Unstimmigkeiten zwischen Architekten und Gewerken herrschen.

3 beschreibt das Problem, dass es öfters zu Nachverhandlungen mit den Behörden kommt, weil Kunden noch Änderungswünsche äußern, oder zu spät noch Anforderungen bekannt werden wie zum Beispiel einzuhaltende Baustandards in Flugzonen.

Lösungen in der Detailplanung wurden mit Lösungen in der Ausführungsplanung gemeinsam kombiniert und erst nach den Problemen in der Ausführungsplanung behandelt.

7.4 Ausführungsplanung

Die Ausführungsplanung aus Interview 2, 4 und 5 ist in diesen Interviews grau gekennzeichnet, weil diese Aufgabe nicht mehr Teil des Verantwortungsbereichs des interviewenden Unternehmens ist.

Probleme in der Ausführungsplanung:

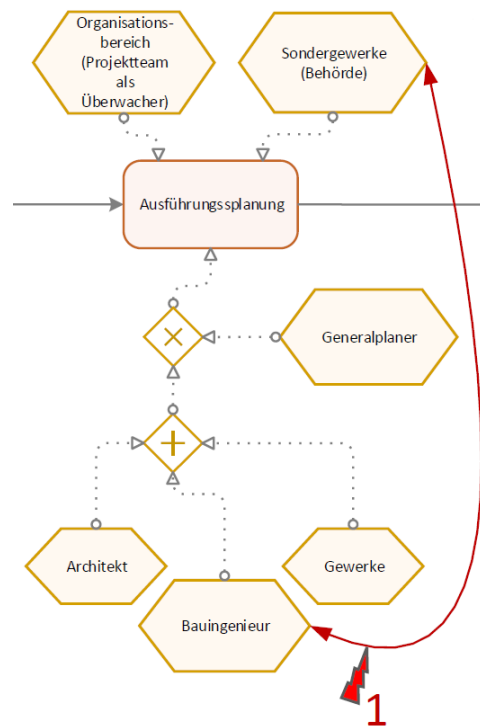


Abbildung 43: Ausführungsplanungsprobleme aus Interview 2

Aus dem Interview konnte erfahren werden, dass die Phase der Ausführungsplanung allgemein noch mit zu wenig Methoden zur gemeinsamen Kommunikation durchzogen ist.

1 beschreibt das Problem, dass Bauunternehmen die behördlichen Anforderungen in anderen Ländern nicht kennen, was zu längeren Bearbeitungszeiten für die Einreichplanung führt.

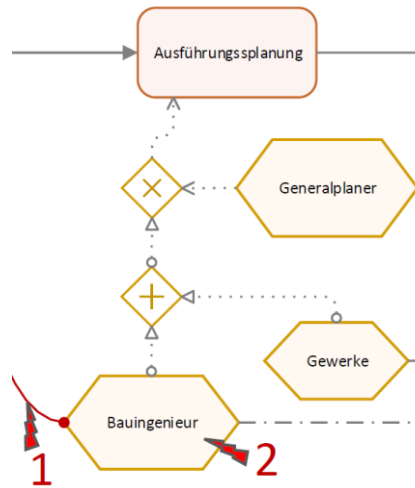


Abbildung 44: Ausführungsplanungsprobleme aus Interview 3

1 beschreibt das Problem, dass es zu Baugenehmigungsabsagen kommen kann, weil wichtige bauliche Maßnahmen wie zum Beispiel Fluchtwege nicht eingehalten wurden.

2 beschreibt das Problem, dass Bauunternehmen erst nach der Vergabe hinzukommen. Das führt dazu, dass sie die Planung hinsichtlich Ausführbarkeit nachträglich in Frage gestellt werden kann und die Planung erneut aufgerollt werden muss.

Lösungen in der Detail- und Ausführungsplanung:

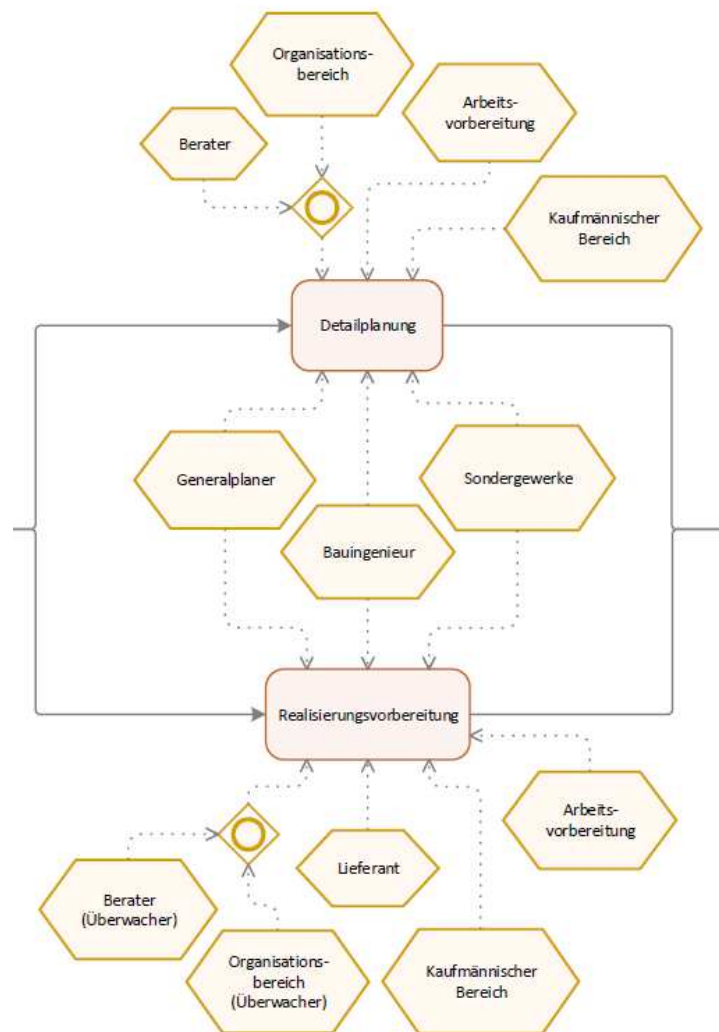


Abbildung 45: Verbessertes Ablauf der Detail- und Ausführungsplanung

Die Bauphasenplanung sollte parallel zur Systemplanung erfolgen, um bauliche Maßnahmen schon in der Planung berücksichtigen zu können. Die Detail- und Ausführungsplanung ist weniger mit Verbesserungsmaßnahmen durchzogen, weil das Wissen aller nötigen Planungsbeteiligten schon in der Vorbereitung und Strukturplanung vorhanden ist. Aus diesem Grund, kann die Umsetzungsplanung parallel zur Feinplanung erfolgen, weil Behörden und Bauplaner schon viel früher in den Planungsprozess eingebunden sind. Die Voraussetzung ist natürlich eine durchgängige digitale Vernetzung mit einem Kollaborationstool wie in der Vorbereitung und Strukturplanung beschrieben wurde, um in der Detail- und Ausführungsplanung nur mehr den Fokus auf die Feinplanung legen zu können. Natürlich gibt es auch Probleme, die nicht nur mit Planung und digitaler Unterstützung gelöst werden können. Die unrealistische Vorstellung für Terminplanungen seitens des Kunden kann noch in der Planung berücksichtigt werden, aber die kurzfristigen Handlungen der kaufmännischen Abteilungen in

Bezug auf Geldeinsparung kann nur durch ein Umdenken angeregt werden. Auch gibt es Technologieprobleme, welche erst im Laufe der Zeit gelöst werden, wie Rechenkapazitäts-Knappheit oder noch fehlende Bauteilfamilien verschiedener Hersteller.

7.5 Ausführung

Die Ausführung aus Interview 1, 2, 4 und 5 ist in diesen Interviews grau gekennzeichnet, weil diese Aufgabe nicht mehr Teil des Verantwortungsbereichs des interviewenden Unternehmens ist.

Probleme in der Ausführung:

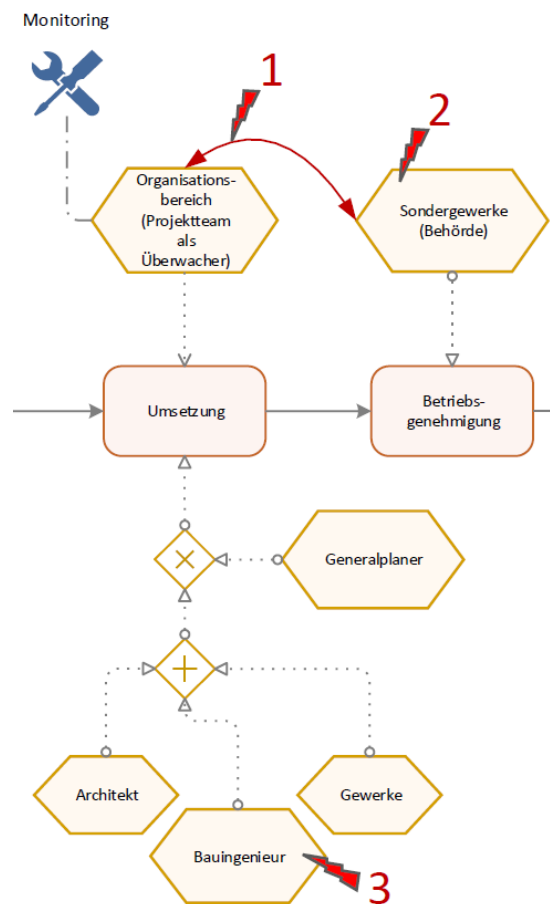


Abbildung 46: Ausführungsprobleme aus Interview 1

Allgemein wurde in Erfahrung gebracht, dass Projektbeteiligte mit anderen Aufgaben ausgelastet sind, weshalb Ideen und Anforderungen an die Fabrik ihrerseits viel zu spät erfolgen. Diese bringen sie meistens erst dann ein, wenn die ersten Teile der Fabrik bereits stehen, was mit Sicherheit zu spät ist.

1 beschreibt das Problem, dass es in der Bauphase noch zu vielen Änderungsanträgen kommt, weil unvorhergesehene Ereignisse eintreten oder Änderungswünsche geäußert werden.

2 wurde bereits in der Detailplanung, Interview 1, Problem 4 erläutert.

3 beschreibt das Problem, dass auch Witterungseinflüsse die Bauphase stilllegen können, wie zum Beispiel ein strenger Winter.

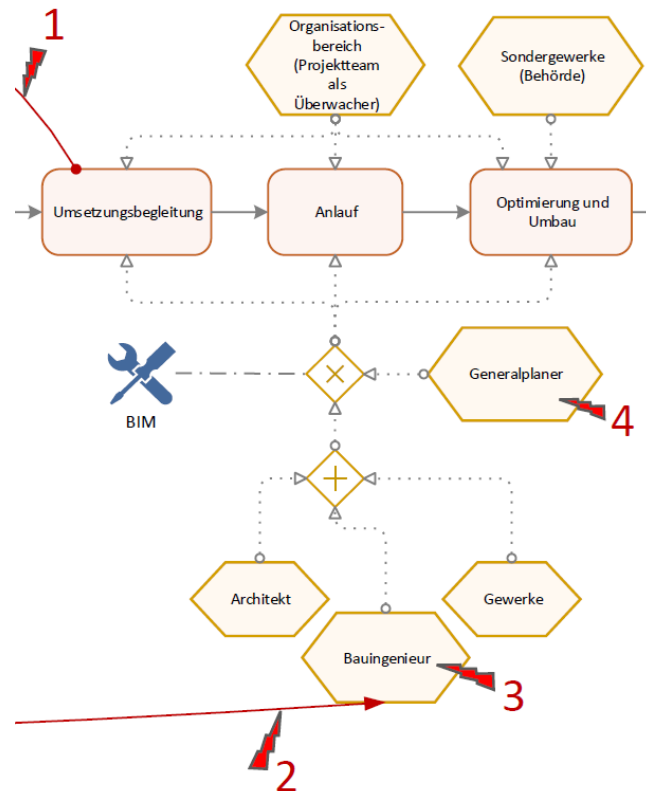


Abbildung 47: Ausführungsprobleme aus Interview 2

1 beschreibt einen Fall, dass ein Berater erst nach der Ausführungsplanung hinzugezogen wurde, weil vergessen wurde, die Logistik im ausreichenden Maße mit einzuplanen.

2 wurde bereits in der Detailplanung, Interview 2, Problem 1 erläutert.

3 beschreibt das Problem, dass Bauphasen sequentiell ablaufen und erst starten, nachdem die Planung fertiggestellt wurde.

4 wurde bereits in der Vorbereitung, Interview 1, Problem 4 erläutert.

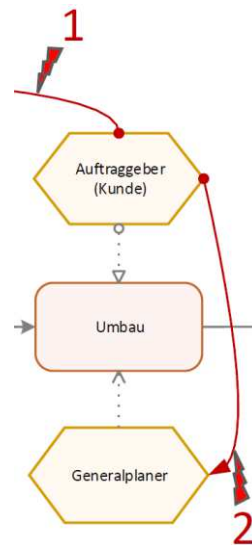


Abbildung 48: Ausführungsprobleme aus Interview 3

Aus dem Interview wurde erfahren, dass der Hauptgrund von Verzögerungen der Auftraggeber selbst ist. Der Grund ist, dass er bis auf den letzten Tag Änderungswünsche durchsetzen möchte. Ein weiterer Grund weshalb es oft zu Nachträgen in der Planung kommt, sind Material-Preisschwankungen am Markt.

- 1 beschreibt das bereits erwähnte Problem, dass der Auftraggeber Änderungen wünscht, nachdem das Gebäude bereits steht. Das verursacht weitere Änderungsanträge an die Behörde und massive hohe Kosten.
- 2 beschreibt Erfahrungen, dass schon Bauten wieder eingerissen worden sind, weil der Auftraggeber Änderungswünsche geäußert hat.

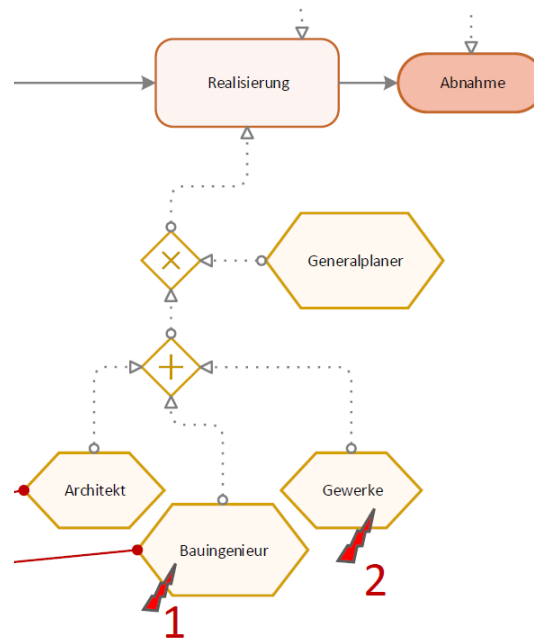


Abbildung 49: Ausführungsprobleme aus Interview 5

- 1 beschreibt das Problem, dass Verzögerungen auch wegen Einwohnerbeschwerden bezüglich Lärmemissionen entstehen können.
- 2 beschreibt das Problem, dass bei KMU häufig Unterschiede zwischen Gewerken erst bei Kollisionen auf der Baustelle festgestellt werden.

Lösungen in der Ausführung:

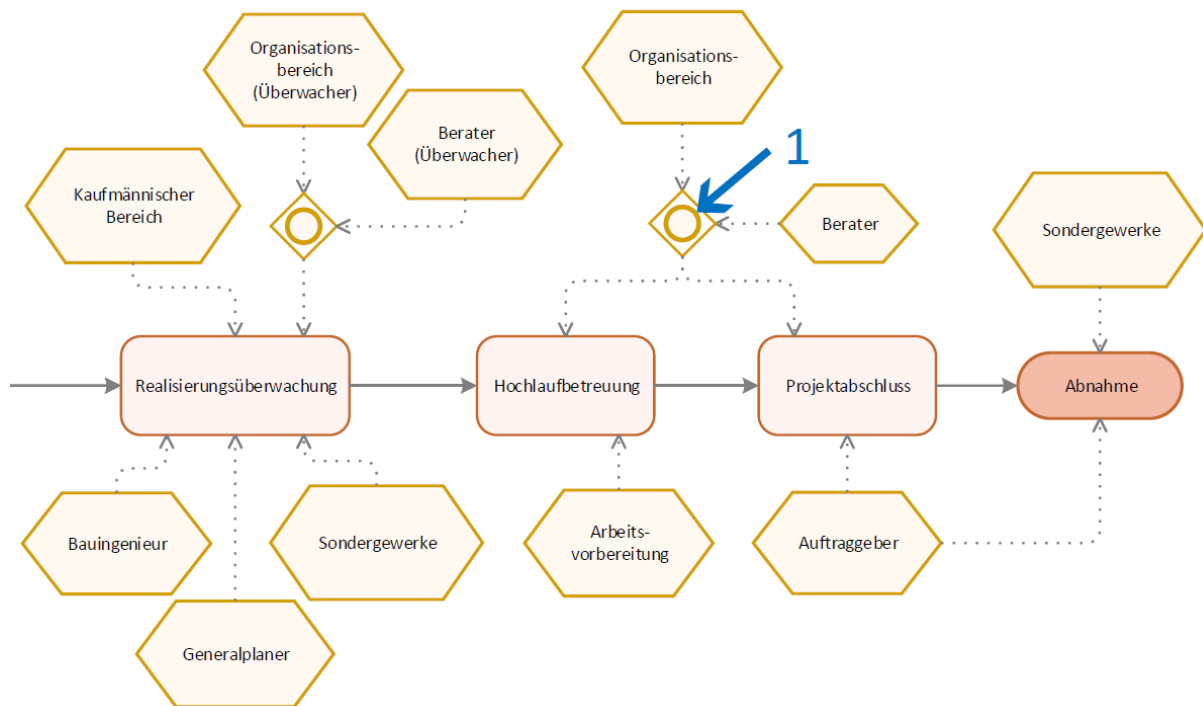


Abbildung 50: Verbessertes Ablauf der Ausführung

Auch der Ablauf der Ausführung ist wie im vorherigen Kapitel mit wenig Verbesserungsmaßnahmen durchgezogen, weil diese Phase nach erfolgreicher Ausplanung der Fabrik, fehlerfrei erfolgen sollte. Hier können allerdings auch Störeinflüsse auftauchen, welche normalerweise in der Planung unterberücksichtigt bleiben. Zu erwähnen wären Einwohnerbeschwerden wegen Lärmemissionen am Bau oder Witterungseinflüsse, welche im ausreichenden Rahmen in der Planung zuvor vermieden werden können.

1 beschreibt eine Maßnahme, welche ohnehin im Projektmanagement erfolgt, aber dennoch einmal angeführt wird, weil sie für zukünftige Fabrikplanungen von hoher Bedeutung sein wird. Sie beschreibt die Projektdokumentation am Ende der Fabrikplanung mit allen erbrachten Leistungen und Bewertungen. Auch vorkommende Probleme werden dokumentiert und mit Verbesserungsvorschlägen für das nächste Projekt aufbereitet.

8 Interpretation der Ergebnisse

8.1 Resultate der angewendeten Methoden

In dieser Arbeit wurden drei grundsätzliche Methoden verwendet.

Erstens die Literaturrecherche, um die notwendigen Kenntnisse für die nachfolgende Arbeit zu erlangen. Dabei wurden unterschiedliche Methoden des Fabrikplanungsprozesses entdeckt und einander gegenübergestellt. Dabei zeigte sich die Ähnlichkeit der unterschiedlichen Fabrikplanungsprozesse insbesondere in den übergeordneten Hauptphasen: Vorbereitung, Strukturplanung, Detailplanung, Ausführungsplanung und Ausführung. Fakt ist, dass obwohl sich die Fabrikplanungsprozesse in ihrer Untergliederung und Benennung unterscheiden, ihre Aufgabenumfänge alle übereinstimmen.

Zweitens wurde das halbstrukturierte Experteninterview mithilfe eines Leitfadens eingesetzt, um die notwendigen Informationen aus der Praxis in Erfahrung zu bringen. Als Resultat dieser Methode liegen die transkribierten Experteninterviews im Anhang vor.

Die dritte und letzte Methode, die in dieser Arbeit Anwendung findet, ist die computerunterstützte qualitative Inhaltsanalyse. Der Prozess wurde im zugehörigen Kapitel genauestens beschrieben. Mithilfe dieser Methode konnten die Transkripte, in Bezug auf die Problemstellungen und Thematiken, gut strukturiert werden, um sie für die Prozessanalyse zu verwenden. Der Einsatz der qualitativen Inhaltsanalyse liefert als Resultat gut strukturierte Texte mit der Möglichkeit auf Knopfdruck die erforderlichen Passagen in Hinblick auf die Problemstellung abzurufen.

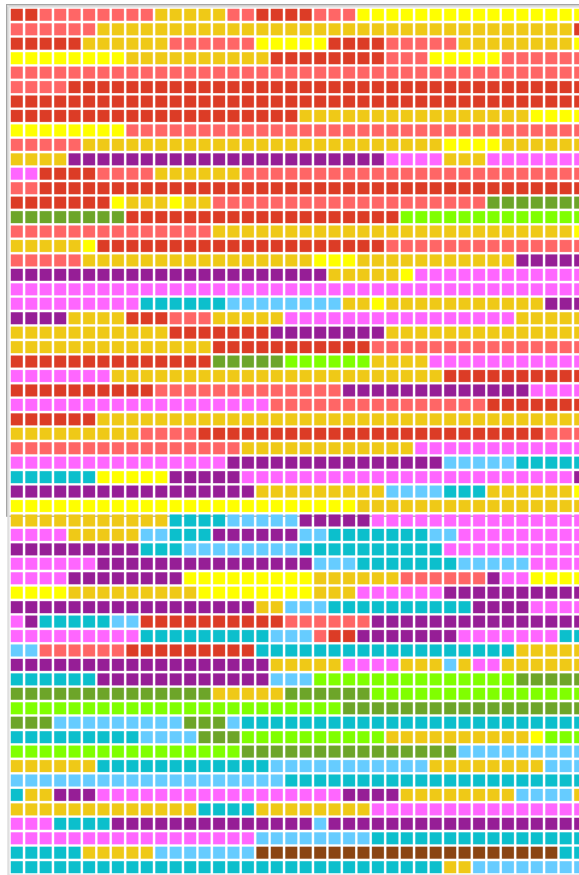


Abbildung 51: Themenportrait eines Interviews

Dieses Bild soll zeigen, in welcher chaotischen Reihenfolge einzelne Themenbereiche in einem Interview behandelt werden. Jede Farbe steht für die Codierung eines Satzes oder Textabschnittes mit einem relevanten Beitrag zu einer definierten Hauptkategorie (vgl. Abschnitt 6.2). Gleichfärbige aneinandergereihte Farben stehen für codierte Sätze oder Textabschnitte in Bezug auf definierte Subkategorien (vgl. Abschnitt 6.3) zur übergeordneten Hauptkategorie. Von links nach rechts werden die Vorkommnisse der themenbasierten Codierungen in chronologischer Reihenfolge des Interviewablaufs aufgelistet.

8.2 Resultate in Bezug auf die Problemstellung

Mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse folgt weiters aus der Prozessanalyse, dass obwohl gute Richtlinien zur Fabrikplanung existieren, im Fabrikplanungsprozess immer noch viele Probleme vorkommen. Wie am Anfang der Arbeit beschrieben, sind die Ursachen dieser Probleme hauptsächlich auf die Zusammenarbeit, Datenverfügbarkeit und Verwendung verschiedener IT-gestützter Werkzeuge zurückzuführen. Um diese Aussage zu untermauern, werden ein paar quantitative Resultate aus der Inhaltsanalyse visualisiert.

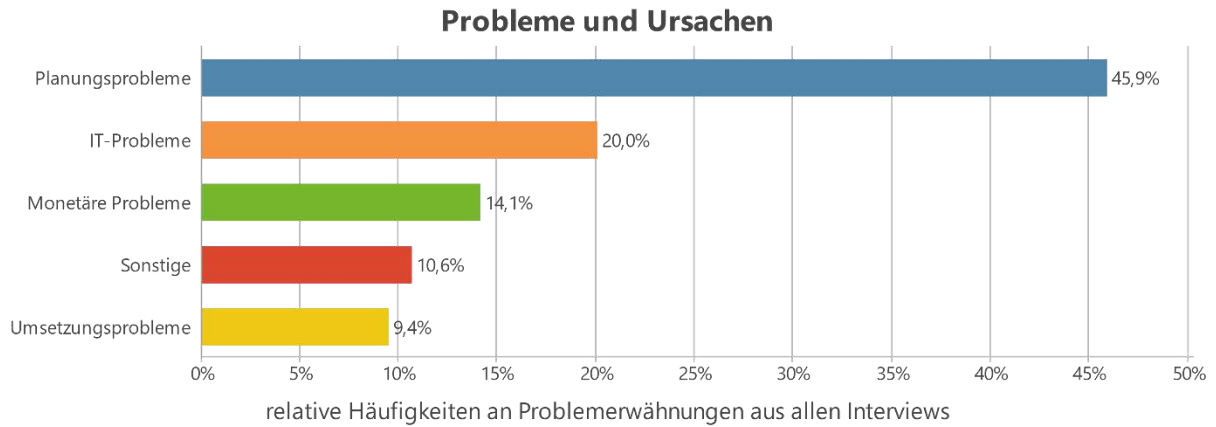


Abbildung 52: Problemerkennungen aus allen Interviews

Dieses Diagramm zeigt aus insgesamt 85 Nennungen, bezüglich welches Themas die meisten Probleme erwähnt wurden. Die meisten Probleme finden ihren Ursprung bereits in der Planung gefolgt von Problemen durch den Einsatz IT-gestützter Werkzeuge. Diese wurden bereits in Kapitel 7 Konzepterstellung genauestens behandelt. Fazit ist, dass die Planungsprobleme auf mangelhafte Zusammenarbeit zwischen internen und externen Schnittstellen, unzureichende Datenverfügbarkeit und Ressourcenbereitstellung für die Planung und fehlendes Wissen wichtiger Verantwortlicher in den notwendigen Phasen zurückzuführen sind. Bei den eingesetzten Werkzeugen entstehen die meisten Schwierigkeiten aufgrund der vielen Schnittstellenformate, was die gemeinsame Planung der Fabrik auf digitaler Ebene negativ beeinflusst.

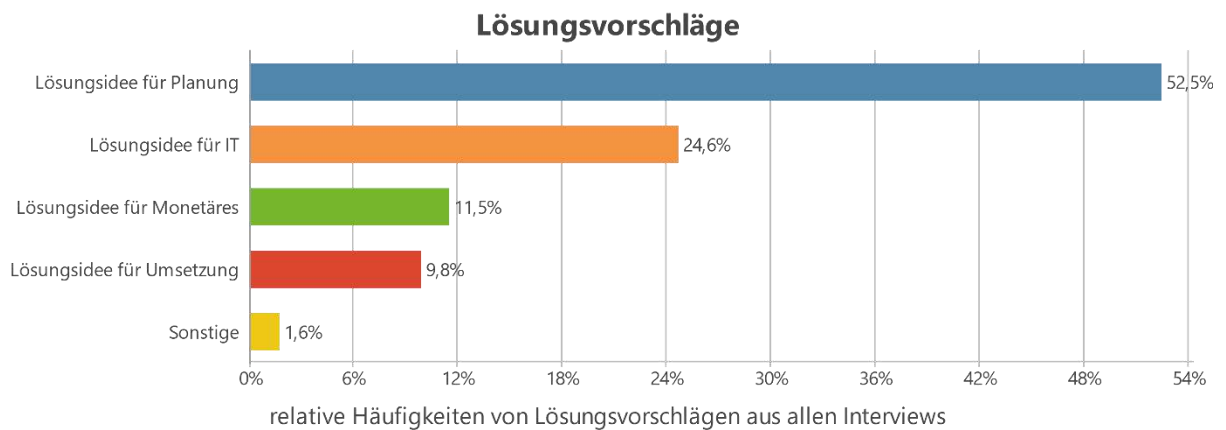


Abbildung 53: Lösungsvorschläge aus allen Interviews

Dieses Diagramm, bestehend aus insgesamt 61 Nennungen, zeigt bei welchem Thema die meisten Lösungsideen vorgeschlagen wurden. Auch hier wurden die Arten der Lösungsvorschläge in Kapitel 7 Konzepterstellung genauestens behandelt. Die prägnantesten Lösungen sind durchgängige Transparenz der Daten und Kommunikation zwischen allen wichtigen Beteiligten am Fabrikplanungsprozess und

die digitale Unterstützung der Planungsaufgaben mithilfe von IT-gestützten Werkzeugen in einer für alle gemeinsam genutzten Plattform.

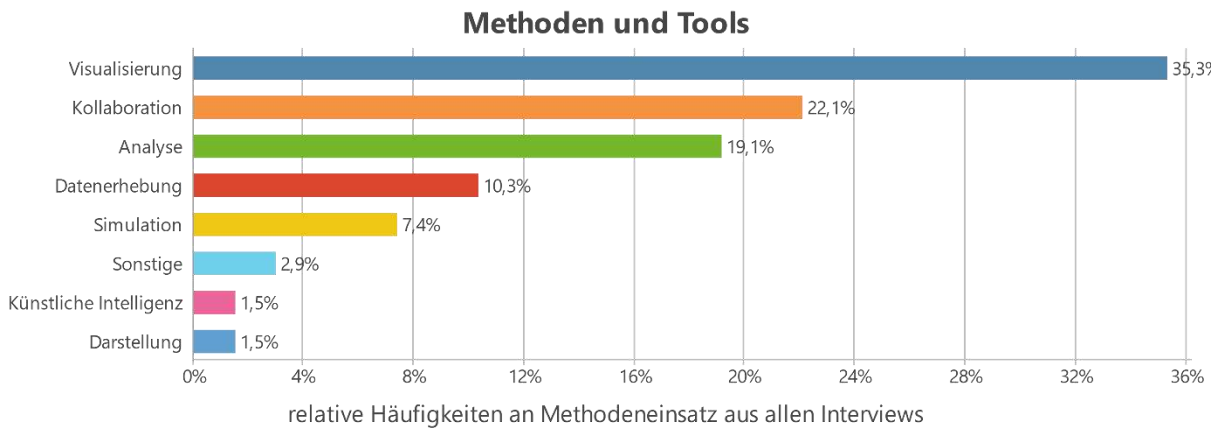


Abbildung 54: Methodenbasierter Werkzeugeinsatz aus allen Interviews

Dieses Diagramm zeigt aus insgesamt 68 Nennungen, bezüglich welcher Methodenkategorie die häufigsten Werkzeuge zum Einsatz kommen. Dies zeigt, dass auch heutzutage bereits eine Menge Werkzeuge zur Unterstützung der Fabrikplanung eingesetzt werden, aber dass bei ihrer Anwendung in ihrer Umsetzung noch Verbesserungsbedarf besteht (vgl. Abbildung 52). Fazit ist, dass Werkzeuge im Bereich der Visualisierung schon ein breites Einsatzspektrum erfahren. Bei Kollaborationsmethoden wurden jedoch hauptsächlich gemeinsam verwendete Austauschserver als Werkzeuge erwähnt, um gemeinsamen Zugriff auf die Planungsdaten zu ermöglichen.

8.3 Resultate in Bezug auf die Forschungsfragen

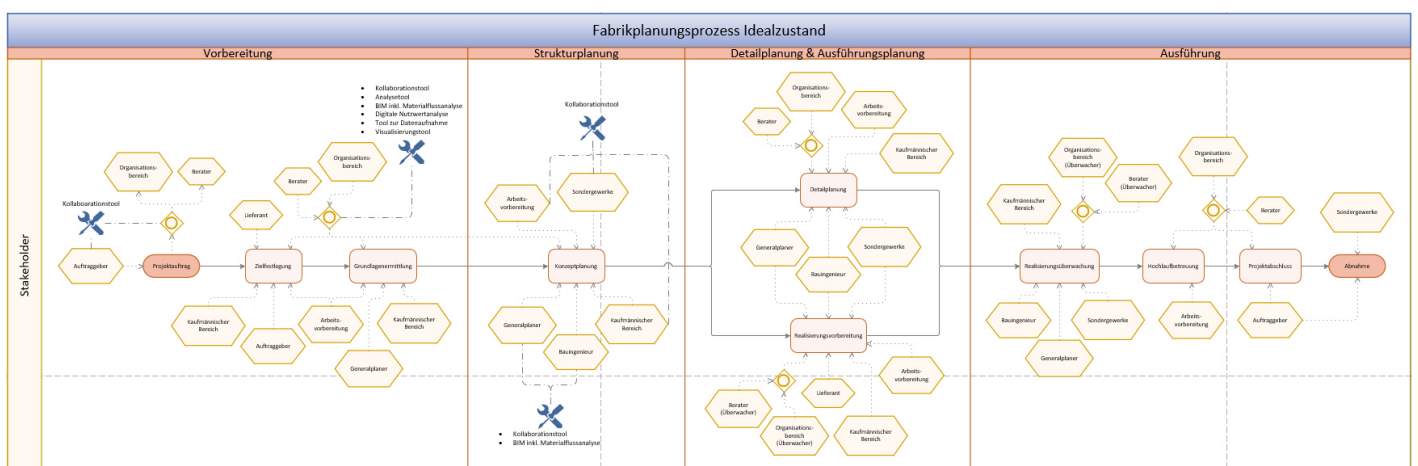


Abbildung 55: Idealprozess als Resultat

Abbildung 55 zeigt noch einmal überblicksmäßig den gesamten Idealprozess aus Kapitel 7 Konzepterstellung, welcher aus den Resultaten der Problemstellung

abgeleitet wurde. Dieser ist im Originalformat im Anhang K zu finden. Die wichtigsten Resultate im Vergleich zum Fabrikplanungsprozess aus der Theorie und Praxis sind:

- Der Idealprozess beinhaltet nicht nur die durchzuführenden Phasen, sondern gliedert auch deren notwendige Stakeholder ein.
- Die Zusammenarbeit soll mithilfe eines Kollaborationstools erfolgen, in welchem alle Daten gesammelt, strukturiert und unter Verteilung von Zugriffs- und Bearbeitungsrechten, die gemeinsame Durchführung der Fabrikplanung unterstützt wird. Inkludiert sind sowohl interne als auch externe Stakeholder.
- Voraussetzung für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit auf digitaler Ebene ist die gemeinsame Verwendung eines Tools für die Analyse, Planung und Erstellung einer dreidimensionalen Fabrik. Da BIM schon einen sehr beliebten Einsatz bei Architekten erfährt, sollte dieses Tool durch weitere Funktionen, wie Materialflussanalyse, Terminplanung, Kostenplanung, etc. erweitert werden, damit auch andere Stakeholder Nutzen daraus ziehen können.
- Der Startpunkt der Ausführungsplanung muss nicht mehr auf den Abschluss der Detailplanung warten, sondern kann parallel erfolgen. Der Grund dafür ist, dass das Wissen des Bauplaners schon in der Strukturplanung berücksichtigt wird. Auch die Baugenehmigungen können schneller abgearbeitet werden, weil die Behörden, wie der Bauplaner, schon in der Strukturplanung eingebunden werden. Am Ende der Konzeptplanung sollten alle Unklarheiten bezüglich der Zielsetzung, baulichen Optionen, Gebäudehülle und Prozesse beseitigt und das Vorhaben bei den Behörden bekannt sein.
- Die Ausführung sollte nach erfolgreicher Planung ohne weitere Einschränkungen erfolgen und einen einwandfreien Hochlauf der Fabrik gewährleisten. Bei der Ausführungsphase wurde an der VDI-Richtlinie festgehalten, weil die hier erwähnten Probleme hauptsächlich alle auf die Planung zurückzuführen sind.

9 Diskussion und Ausblick

9.1 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Arbeit richten sich an die zukünftige digitale Vernetzung der Fabrikplanung mit allen wichtigen Verantwortlichen darin. Der Einsatz IT-gestützter Werkzeuge erfahren in diesem Zeitalter einen massiven Aufschwung bezüglich Einsatzbereichen, weshalb es in Zukunft noch viele Hürden zu meistern geben wird. Es werden ständig weitere Werkzeuge entwickelt, weshalb die Auseinandersetzung mit diesem Thema und der Einsatz in der weiteren Praxis nie aussterben werden. Diese Aussage bringt mich dazu, noch auf einen wichtigen Punkt Bezug zu nehmen. Der Nutzen der Abschlussdokumentation aus der Projektplanung spielte immer schon eine wichtige Rolle, um die Vermeidung von Problemen für nachfolgende Projekte zu dokumentieren. Das wird besonders in Zukunft noch wichtiger werden, weil die kommenden Probleme aufgrund der Digitalisierung zunehmend komplexer werden.

9.2 Einschränkungen der Ansätze und Ergebnisse

Ziel dieser Arbeit war es, die Probleme zu analysieren und einen Idealzustand zu erarbeiten. Die Ergebnisse der Arbeit lassen sich sicherlich mit einer höheren Stichprobe umfangreicher validieren. Verbesserungsmaßnahmen können nicht immer im vollen Umfang erfolgen, weil es immer Faktoren gibt, welche mit methodischem Vorgehen nicht gelöst werden können. So wurde in den Interviews erwähnt, dass die Fabrikplanung und -durchführung auch von unbeeinflussbaren Umständen, wie Disziplin und Kultur der Menschen, abhängt. Diese zu beeinflussen, gestaltet sich aus technischer Sicht als äußerst schwierig. Aus diesem Grund wird darauf hingearbeitet, so viele Aufgaben wie möglich in allen Bereichen in der Industrie auf Technologien outzusourcen. Technologieeinschränkungen aufgrund begrenzter Rechenkapazität werden sicherlich mit fortschreitender Entwicklung gelöst werden. Was die Einstellung der kaufmännischen Abteilungen in Bezug auf Einsparungen betrifft, kann dies nur durch Anregung zum Umdenken erreicht werden, mehr Geld und Zeit für die Planung zu investieren. Mithilfe von IT-gestützten Werkzeugen in der Planung können Konflikte in der Zusammenarbeit, Entstehung von Nacharbeiten und somit hohe Kosten in der Umsetzung vermieden werden.

9.3 Nächste mögliche Schritte zur Weiterentwicklung

Die Verbesserungspotentiale in Bezug auf die Fabrikplanung werden sicherlich nie ein Ende finden. Die Entwicklung neuer Werkzeuge wird in der Fabrikplanung stets erprobt werden müssen und gleichzeitig werden dadurch auch neue Herausforderungen entstehen.

Ein besonders interessantes Thema wird der Einsatz künstlicher Intelligenz in der Fabrikplanung darstellen. Der Einsatzbereich künstlicher Intelligenz wird in Zukunft über automatisierte optimale Erstellung und Bewertung von Layoutvarianten, bis hin zur selbstständigen flexiblen Anpassung der Fabrik auf geänderte Produktionsänderungen erfolgen und die manuelle Arbeit von Projektteams erleichtern.¹⁹³

Aufgrund der spezifischen Anforderungen an Datenübertragungsraten, Bandbreiten, Performance und Hardware können realisierbare VR-Projekte oder Virtual Showrooms nur begrenzt eingesetzt werden. Der Grund ist das Fehlen einer Datenübertragung in Echtzeit an jedem beliebigen Ort mit minimalster Latenz. Die Antwort auf diese Problematik der Latenzzeiten könnte der Ausbau des 5G-Breitbandnetzes liefern. Durch die hohen Bandbreiten und der niedrigen Latenz von 5G ist die Bereitstellung von AR und VR ohne lokale Rechen-Hardware möglich, weil die Berechnung bereits im Netzwerk erfolgen kann. Das führt zur Reduzierung der Komplexität der AR- und VR-Endgeräte und erleichtert die Bereitstellung der Technologie, was die Möglichkeiten der Zusammenarbeit in virtuellen Räumen revolutionieren wird.¹⁹⁴

¹⁹³ vgl. <https://www.springerprofessional.de/fabrikplanung/industrie-4-0/die-fabrik-die-sich-selbst-konfiguriert/15603672>, abgerufen am 4. November 2019.

¹⁹⁴ vgl. <https://www.it-zoom.de/mobile-business/e/5g-turbo-fuer-virtual-reality-23421/>, abgerufen am 4. November 2019.

10 Literaturverzeichnis

- Aggteleky, Béla (1987): Fabrikplanung: Werkentwicklung und Betriebsrationalisierung. 1. Grundlagen - Zielplanung - Vorarbeiten, unternehmerische und systemtechnische Aspekte, Marketing und Fabrikplanung. 2., durchges. Aufl. d. Neuausg. Aufl., München; Wien, Hanser.
- Aichele, Christian (2006): Intelligentes Projektmanagement. W. Kohlhammer Verlag.
- Alt, Rainer (2003): Collaborative Computing - der nächste Schritt im Business Networking. In: Beyer, Lothar; Frick, Detlev; Gadatsch, Andreas; u. a. (Hrsg.): *Vom E-Business zur E-Society: New Economy im Wandel*. Arbeit und Technik. 1. Aufl. München, Rainer Hampp Verlag, S. 103–127.
- Anders, Katharina (2019): Experteninterview im Rahmen der Fabrikplanung bei IFP Consulting.
- Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; u. a. (2008): Handbuch Logistik. 3. Aufl., Berlin; Heidelberg, Springer.
- Bauernhansl, Thomas und Dombrowski, Uwe (2016): Einfluss von Industrie 4.0 auf unsere Fabriken und die Fabrikplanung. In: Deutscher Fachkongress Fabrikplanung, 47.
- Beesten, Herbert (2012): Durch 3D-Visualisierung Prozesse optimieren. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 107, 3, 144–146.
- Beste, Dieter (2018): Die Fabrik, die sich selbst konfiguriert, springerprofessional.de. URL <https://www.springerprofessional.de/fabrikplanung/industrie-4-0/die-fabrik-die-sich-selbst-konfiguriert/15603672>, abgerufen am 4. November 2019.
- Bley, H und Franke, C (2001): Integration von Produkt- und Produktionsmodell mit Hilfe der Digitalen Fabrik. In: wt Werkstattstechnik online, 91, 4, 214–220.
- Bogner, Alexander; Littig, Beate und Menz, Wolfgang (2014): Interviews mit Experten: eine praxisorientierte Einführung. Wiesbaden, Springer VS.
- Bracht, U und Schlegel, M (2018): AR- und VR-Brillen in der Fabrikplanung. In: wt Werkstattstechnik online, 108, 4, 251–256.
- Bracht, Uwe; Geckler, Dieter und Wenzel, Sigrid (2018): Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage Aufl., Berlin, Springer Vieweg.
- Broll, Wolfgang (2013): Augmentierte Realität. In: Dörner, Ralf; Broll, Wolfgang; Grimm, Paul; u. a. (Hrsg.): *Virtual und Augmented Reality (VR / AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Berlin; Heidelberg, Springer, S. 241–294.
- Bullinger-Hoffmann, Angelika C. und Mühlstedt, Jens (Hrsg.) (2016): Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Berlin; Heidelberg, Springer.

- Buziek, Gerd; Dransch, Doris und Rase, Wolf-Dieter (2013): *Dynamische Visualisierung: Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen*. Springer-Verlag.
- Chen, Min und Shigang, Chen (2016): *RFID Technologies for Internet of Things*. Schweiz, Cham, Springer International Publishing.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2009a): *Deutsche Norm: DIN 69900 Projektmanagement – Netzplantechnik; Beschreibungen und Begriffe*.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2009b): *Deutsche Norm: DIN 69901-3 Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 3: Methoden*.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2009c): *Deutsche Norm: DIN 69901-5 Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5: Begriffe*.
- Dombrowski, Uwe (2017): *Alle Beteiligten an einem Tisch*. In: *phase 10 // pbr AG*, 40–41.
- Dombrowski, Uwe; Bothe, Tim und Tiedemann, Hauke (2001): *Visionen für die Digitale Fabrik*. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 96, 3, 96–100.
- Dombrowski, Uwe; Ernst, Stefan und Reimer, Anne (2018): *Fabrikplanung*. In: Dombrowski, Uwe und Marx, Sabine (Hrsg.): *Klimalng - Planung klimagerechter Fabriken*. Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg, S. 51–80.
- Dombrowski, Uwe; Ernst, Stefan und Riechel, Christoph (2011): *Effiziente Integration von Mitarbeitern in den Fabrikplanungsprozess: Eine Auswahlssystematik*. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 106, 10, 696–700.
- Dombrowski, Uwe und Riechel, Christoph (2010): *Entwicklung eines Multitouch-Planungstischs zur Unterstützung der partizipativen Layoutplanung*. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 105, 12, 1091–1095.
- Dörner, Ralf; Matthys, Geert; Bogen, Manfred; u. a. (2013): *Fallbeispiele für VR/AR*. In: Dörner, Ralf; Broll, Wolfgang; Grimm, Paul; u. a. (Hrsg.): *Virtual und Augmented Reality (VR / AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, S. 295–326.
- Eriksson, Alexander; Sedelius, Erik; Berglund, Jonatan; u. a. (2018): *Virtual factory layouts from 3D laser scanning – A novel framework to define solid model requirements*. In: *Procedia CIRP*, 76, 36–41.
- Ertel, Wolfgang (2008): *Neuronale Netze*. In: Ertel, Wolfgang (Hrsg.): *Grundkurs Künstliche Intelligenz: Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden, Vieweg+Teubner, S. 241–279.
- Finkenzeller, Klaus (2012): *RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC*. 6., aktualisierte und erweiterte Auflage Aufl., München, Carl Hanser Verlag.

- Gadatsch, Andreas (2012): Grundkurs Geschäftsprozess-Management: Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis; eine Einführung für Studenten und Praktiker. 7. Aufl Aufl., Wiesbaden, Springer Vieweg.
- Gläser, Jochen und Laudel, Grit (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 3., überarb. Aufl Aufl., Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gross, Tom und Koch, Michael (2009): Computer-Supported Cooperative Work. München [u.a.], Oldenbourg.
- Grundig, Claus-Gerold (2018): Fabrikplanung: Planungssystematik - Methoden - Anwendungen. 6., neu bearbeitete Auflage Aufl., München, Hanser.
- Haenel, Alexander (2019): Experteninterview im Rahmen der Fabrikplanung bei Ingenics.
- Hartung, Joachim; Elpelt, Bärbel und Klösener, Karl-Heinz (2009): Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik ; [mit zahlreichen durchgerechneten Beispielen]. 15., überarb. und wesentlich erw. Aufl Aufl., München, Oldenbourg.
- Helbing, Kurt; Mund, Horst und Reichel, Martin (2010): Handbuch Fabrikprojektierung: mit 331 Tabellen. Berlin, Springer.
- Helbing, Kurt; Mund, Horst und Reichel, Martin (2018): Handbuch Fabrikprojektierung: mit 335 Tabellen. 2., aktualisierte und ergänzte Auflage Aufl., Berlin, Springer Vieweg.
- Hopf, Hendrik und Müller, Egon (2016): Methodik zur Fabrikssystemmodellierung im Kontext von Energie- und Ressourceneffizienz. Wiesbaden, Springer Vieweg.
- Jennings, Nick und Wooldridge, Michael J. (Hrsg.) (1998): Agent technology: foundations, applications, and markets. Berlin; Heidelberg; New York, Springer.
- Karrenberg, Ulrich (2012): Neuronale Netze. In: Karrenberg, Ulrich (Hrsg.): *Signale - Prozesse - Systeme: Eine multimediale und interaktive Einführung in die Signalverarbeitung*. Berlin; Heidelberg, Springer, S. 443–476.
- Kerkenberg, Thorben (2016): Digitale Fabrikplanung für zukunftssichere und Industrie 4.0-fähige Produktionssysteme. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 111, 3, 104–108.
- Kettner, Hans; Schmidt, Jürgen und Greim, Hans-Robert (1984): Leitfaden der systematischen Fabrikplanung: mit 333 Abbildungen und zahlreichen Checklisten. München; Wien, Hanser.
- Klaus, Helmut und Seiberl, David (2019): Experteninterview im Rahmen der Fabrikplanung bei ZKW Group.

- Kock, Ned; Davison, Robert; Wazlawick, Raul; u. a. (2001): E-collaboration: A look at past research and future challenges. In: *Journal of Systems and Information Technology*, 5, 1, 1–8.
- Kramm, Thorsten (2016): *Monitoring mit Zabbix: das Praxishandbuch*. 1. Auflage Aufl., Heidelberg, dpunkt.verlag.
- Kremer, Holger und Westerkamp, Clemens (2013): Einsatz von Agentensystemen zur Optimierung der Logistik in Produktions- und Agrarprozessen. In: Göhner, Peter (Hrsg.): *Agentensysteme in der Automatisierungstechnik*. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, S. 187–205.
- Kuckartz, Udo (2018): *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4. Auflage Aufl., Weinheim Basel, Beltz Juventa.
- Kunz, Andreas; Zank, Markus; Fjeld, Morten; u. a. (2016): Real Walking in Virtual Environments for Factory Planning and Evaluation. In: *Procedia CIRP*, 44, 257–262.
- Landherr, Martin; Neumann, Michael; Volkmann, Johannes; u. a. (2013): Fabriklebenszyklusmanagement. In: Westkämper, Engelbert; Spath, Dieter; Constantinescu, Carmen; u. a. (Hrsg.): *Digitale Produktion*. Berlin, Heidelberg, Springer Vieweg, S. 163–195.
- Lehmann, Günter (2015): *Die effektive Befragung: ein Ratgeber für die Datenerhebung in der beruflichen und wissenschaftlichen Arbeit*. Renningen, expert verlag.
- Lippe, Wolfram-Manfred (2006): *Soft-Computing: mit Neuronalen Netzen, Fuzzy-Logic und Evolutionären Algorithmen*. Berlin; Heidelberg, Springer.
- Lüder, Arndt und Foehr, Matthias (2013): Identifikation und Umsetzung von Agenten zur Fabrikautomation unter Nutzung von mechatronischen Strukturierungskonzepten. In: Göhner, Peter (Hrsg.): *Agentensysteme in der Automatisierungstechnik*. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, S. 45–61.
- Luhmann, Thomas und Schumacher, Christina (2017): *Photogrammetrie - Laserscanning - optische 3D-Messtechnik: Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2017*. Berlin Offenbach, Wichmann.
- Manns, Martin; Otto, Michael und Mauer, Markus (2016): Measuring Motion Capture Data Quality for Data Driven Human Motion Synthesis. In: *Procedia CIRP*, 41, 945–950.
- Matte, F (1989): Diskrete Simulation - Prinzipien und Probleme der Effizienzsteigerung durch Parallelisierung. In: *Informatik-Spektrum*, 12, 198–210.
- Melcher, Dominik; Küster, Benjamin; Stonis, Malte; u. a. (2018): Dreidimensionale Fabrikplanung durch Drohneneinsatz. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 113, 5, 267–271.

- Menck, N.; Yang, X.; Weidig, C.; u. a. (2012): Collaborative Factory Planning in Virtual Reality. In: *Procedia CIRP*, 3, 317–322.
- Milgram, Paul; Takemura, Haruo; Utsumi, Akira; u. a. (1995): Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In: Das, Hari (Hrsg.): Boston, MA, S. 282–292.
- Moeslund, Thomas B.; Hilton, Adrian und Krüger, Volker (2006): A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis. In: *Computer Vision and Image Understanding*, 104, 2–3, 90–126.
- Möhrle, Markus (2018): Gestaltung von Fabrikstrukturen für die additive Fertigung. Berlin; Heidelberg, Springer Vieweg.
- Müller, Egon; Engelmann, Jörg; Löffler, Thomas; u. a. (Hrsg.) (2009): Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben. Berlin, Springer.
- Muñoz, M. Begoña Toledo; Spors, Karin; Bracht, Uwe; u. a. (2005): Agentenbasierte Modellierung und Analyse von Verbindungen im Produktentstehungsprozess. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 100, 6, 319–324.
- Munz, Claus-Dieter und Westermann, Thomas (2012): Finite-Elemente-Methode. In: Munz, Claus-Dieter und Westermann, Thomas (Hrsg.): *Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen: Ein interaktives Lehrbuch für Ingenieure*. Berlin; Heidelberg, Springer, S. 291–320.
- Nyhuis, Peter und Wiendahl, Hans-Peter (2012): Logistische Kennlinien: Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. 3. Auflage Aufl., Berlin Heidelberg Dordrecht London New York, Springer Vieweg.
- o.V. (2018): Künstliche Intelligenz praktisch anwenden. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 113, 6, 1.
- Pawellek, Günther (2014): Ganzheitliche Fabrikplanung: Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung. 2. Aufl Aufl., Berlin, Springer Vieweg.
- Puppe, Frank (1991): Einführung in Expertensysteme. 2. Aufl Aufl., Berlin; Heidelberg; New York, Springer-Verlag.
- REFA - Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. (1985): 1 Methodenlehre der Planung und Steuerung: 1. 4. Aufl. Aufl., München, Hanser.
- Rill, Georg und Schaeffer, Thomas (2010): Grundlagen und Methodik der Mehrkörpersimulation: mit Anwendungsbeispielen. 1. Aufl Aufl., Wiesbaden, Vieweg + Teubner.
- Rockstroh, Wolfgang (1977): 1 Technologische Betriebsprojektierung: 1. Grundlagen und Methoden der Projektierung. Berlin, Verlag Technik.
- Runde, Christoph und Cannarozzi, Marc (2016): Virtuelle Techniken in der Fabrikplanung. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111, 4, 183–186.

- Schenk, Michael; Wirth, Siegfried und Müller, Egon (2014): Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage 2014 Aufl., Berlin, Springer Vieweg.
- Schiehlen, Werner (2006): Computational dynamics: theory and applications of multibody systems. In: European Journal of Mechanics - A/Solids, 25, 4, 566–594.
- Schimmele, Ralf (2019): 5G – Turbo für Virtual Reality? URL <https://www.it-zoom.de/mobile-business/e/5g-turbo-fuer-virtual-reality-23421/>, abgerufen am 4. November 2019.
- Schmidt, Ludger; Schlick, Christopher M. und Grosche, Jürgen (Hrsg.) (2008): Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme. Berlin, Springer.
- Schmigalla, Hans (1995): Fabrikplanung: Begriffe und Zusammenhänge. 1. Aufl.. Aufl., München, Hanser.
- Scholl, Armin (2015): Die Befragung. 3., überarbeitete Auflage Aufl., Konstanz, UVK Verlagsgesellschaft mbH.
- Scholz-Reiter, Bernd; Harjes, Florian und Hamann, Tilo (2010): Automatisierung des Lernens neuronaler Netze in der Produktionssteuerung. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 105, 1–2, 101–105.
- Schuh, G; Gottschalk, S; Lösch, F; u. a. (2007): Fabrikplanung im Gegenstromverfahren. In: wt Werkstattstechnik online, 97, 4, 5.
- Shen, Weiming; Hao, Qi; Yoon, Hyun Joong; u. a. (2006): Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review. In: Advanced Engineering Informatics, 20, 4, 415–431.
- Sihn, Wilfried; Sunk, Alexander; Nemeth, Tanja; u. a. (2016): Produktion und Qualität: Organisation, Management, Prozesse. München, Hanser.
- Sobottka, Thomas (2019): Experteninterview im Rahmen der Fabrikplanung bei Fraunhofer.
- Spur, Günter (1994): 6 Handbuch der Fertigungstechnik: 6. Fabrikbetrieb / hrsg. von Günter Spur. München; Wien, Hanser.
- Strunz, Matthias (2003): Ressourcenorientierte Fabrikplanungsgrundsätze: Unterstützung durch die Optimierung zukünftiger Geschäftsprozesse. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 98, 4, 189–197.
- Tamm, Gerrit und Tribowski, Christoph (2010): RFID. Berlin, Springer.
- Tempelmeier, Horst (Hrsg.) (2018): Modellierung logistischer Systeme. Berlin, Springer Vieweg.

- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (1997): VDI-Richtlinie: VDI 3633 Blatt 3 Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Experimentplanung und -auswertung.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2008): VDI-Richtlinie: VDI 4499 Blatt 1 Digitale Fabrik - Grundlagen.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009a): VDI-Richtlinie: VDI 3633 Blatt 11 Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Simulation und Visualisierung.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2009b): VDI-Richtlinie: VDI 5610 Blatt 1 Wissensmanagement im Ingenieurwesen - Grundlagen, Konzepte, Vorgehen.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2011): VDI-Richtlinie: VDI 5200 Blatt 1 Fabrikplanung - Planungsvorgehen.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2014): VDI-Richtlinie: VDI 3633 Blatt 1 Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Grundlagen.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2015): VDI-Richtlinie: VDI 4499 Blatt 4 Digitale Fabrik - Ergonomische Abbildung des Menschen in der Digitalen Fabrik.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2016a): VDI-Richtlinie: VDI 2219 Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung - Einführung und Betrieb von PDM-Systemen.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2016b): VDI-Richtlinie: VDI 4465 Blatt 1 Modellierung und Simulation - Modellbildungsprozess.
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. (Hrsg.) (2018): VDI-Richtlinie: VDI 2653 Blatt 1 Agentensysteme in der Automatisierungstechnik - Grundlagen.
- Voß, Werner und Buttler, Günter (Hrsg.) (2004): Taschenbuch der Statistik: mit 126 Tabellen. 2., verb. Aufl., München, Fachbuchverl. Leipzig im Hanser-Verl.
- Wang, Jun; Peng, Jian und Cao, Xiaoyang (2009): A Distributed Collaborative Filtering Recommendation Model for P2P Networks. In: Bertino, Elisa und Joshi, James B.D. (Hrsg.): *Collaborative computing: networking, applications and worksharing*. 4th International Conference, CollaborateCom 2008, Orlando, FL, USA, November 13-16, 2008: revised selected papers. Berlin; Heidelberg; New York, Springer, S. 1–10.
- Weidig, Christian und Aurich, Jan C. (2014): Virtuelle Lernfabrik Kaiserslautern: Eine Lernfabrik für die VR-unterstützte Fabrikplanung. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 109, 10, 747–751.
- Wiendahl, Hans-Peter; Reichardt, Jürgen und Nyhuis, Peter (2014): Handbuch Fabrikplanung: Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. 2., überarb. und erw. Aufl., München, Hanser.

- Wirth, Siegfried; Schenk, Michael und Müller, Egon (2012): Wandlungsfähige und ressourceneffiziente Fabriken: Konsequenzen für Fabrikplanung und -betrieb sowie Unternehmen. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 107, 6, 391–397.
- Wirth, Thomas (2019): Experteninterview im Rahmen der Fabrikplanung bei ATP.
- Zangemeister, Christof (1971): Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. 2. Aufl. Aufl., München, Wittemann.
- Zell, Andreas (1994): Simulation neuronaler Netze. 1. Aufl. Aufl., Bonn [u.a.], Addison-Wesley.
- Zhang, Li-Hao; Li, Tian und Fan, Ti-Jun (2018): Radio-frequency identification (RFID) adoption with inventory misplacement under retail competition. In: European Journal of Operational Research, 270, 3, 1028–1043.

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau und Struktur der eigenen Arbeit	3
Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Produkt-, Prozess-, Gebäudelebens- und Flächennutzungszyklus	7
Abbildung 3: Gegenüberstellung Flexibilität und Wandlungsfähigkeit	11
Abbildung 4: Fabrikplanungssystematiken	19
Abbildung 5: Phasenmodell des Fabrikplanungsprozesses	20
Abbildung 6: Phase 1 – Zielfestlegung	21
Abbildung 7: Phase 2 – Grundlagenermittlung	22
Abbildung 8: Phase 3 - Konzeptplanung	23
Abbildung 9: Phase 4 - Detailplanung	26
Abbildung 10: Funktionale Leistungsbeschreibung	27
Abbildung 11: Detaillierte Leistungsbeschreibung	27
Abbildung 12: Phase 5 - Realisierungsvorbereitung	28
Abbildung 13: Phase 6 - Realisierungsüberwachung	30
Abbildung 14: Phase 7 – Hochlaufbetreuung	31
Abbildung 15: Projektabschluss	33
Abbildung 16: Zuordnung der Leistungsphasen gemäß HOAI § 15 zu den Planungsphasen.....	34
Abbildung 17: Bestandteile eines RFID-Systems	38
Abbildung 18: Bestandsaufnahme mittels Drohne.....	39
Abbildung 19: Übersicht über ausgewählte Diagrammsprachen	40
Abbildung 20: Wirkung von Ereignissen bei zeitgesteuerter und ereignisorientierter Simulationsmethode	46
Abbildung 21: IFU Fabrikplanungstisch 4.0	55
Abbildung 22: Mixed Reality Taxonomie	57
Abbildung 23: Ablaufschema einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse	65
Abbildung 24: Initiierende Textarbeit in MAXQDA.....	66
Abbildung 25: Codierung mit Hauptkategorien in MAXQDA.....	68
Abbildung 26: Induktive Codegenerierung in MAXQDA	69
Abbildung 27: Codierung mit ausdifferenzierten Kategorien in MAXQDA	70
Abbildung 28: Vorbereitungsprobleme aus Interview 1	109
Abbildung 29: Vorbereitungsprobleme aus Interview 2	110
Abbildung 30: Vorbereitungsprobleme aus Interview 4	111
Abbildung 31: Vorbereitungsprobleme aus Interview 5	112
Abbildung 32: Verbesserter Ablauf der Vorbereitung	113
Abbildung 33: Strukturplanungsprobleme aus Interview 1	115
Abbildung 34: Strukturplanungsprobleme aus Interview 2	115
Abbildung 35: Strukturplanungsprobleme aus Interview 3	116

Abbildung 36: Strukturplanungsprobleme aus Interview 5	117
Abbildung 37: Verbesserter Ablauf der Strukturplanung	118
Abbildung 38: Detailplanungsprobleme aus Interview 1	119
Abbildung 39: Detailplanungsprobleme aus Interview 2	120
Abbildung 40: Detailplanungsprobleme aus Interview 3	121
Abbildung 41: Detailplanungsprobleme aus Interview 4	122
Abbildung 42: Detailplanungsprobleme aus Interview 5	123
Abbildung 43: Ausführungsplanungsprobleme aus Interview 2	124
Abbildung 44: Ausführungsplanungsprobleme aus Interview 3	125
Abbildung 45: Verbesserter Ablauf der Detail- und Ausführungsplanung	126
Abbildung 46: Ausführungsprobleme aus Interview 1	127
Abbildung 47: Ausführungsprobleme aus Interview 2	128
Abbildung 48: Ausführungsprobleme aus Interview 3	129
Abbildung 49: Ausführungsprobleme aus Interview 5	130
Abbildung 50: Verbesserter Ablauf der Ausführung	131
Abbildung 51: Themenportrait eines Interviews	133
Abbildung 52: Problemerkennungen aus allen Interviews	134
Abbildung 53: Lösungsvorschläge aus allen Interviews	134
Abbildung 54: Methodeneinsatz aus allen Interviews	135
Abbildung 55: Idealprozess als Resultat	135

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswertung formaler Darstellungsmethoden	40
Tabelle 2: Fallzusammenfassung für ZKW	80
Tabelle 3: Fallzusammenfassung für Fraunhofer	86
Tabelle 4: Fallzusammenfassung für ATP	91
Tabelle 5: Fallzusammenfassung für IFP Consulting	96
Tabelle 6: Fallzusammenfassung für Ingenics	100
Tabelle 7: Hauptkategorie definitionen	101
Tabelle 8: Subkategorie definitionen zu Fabrikplanung	102
Tabelle 9: Subkategorie definitionen zu Stakeholder	104
Tabelle 10: Subkategorie definitionen zu Methoden und Tools	105
Tabelle 11: Subkategorie definitionen zu Probleme und Ursachen	107
Tabelle 12: Subkategorie definitionen zu Lösungsvorschläge	108

13 Abkürzungsverzeichnis

RKW	Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Industrie und Handwerk
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
vgl.	vergleiche
Pkt.	Punkt
etc.	et cetera
SOP	Start of Production
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IT	Informationstechnik
u.a.	unter anderem
z.B.	zum Beispiel
RFID	Radio Frequency Identification Device
DF	Digitale Fabrik
ID	Identifikation und Datenerfassung
AUS	Unmanned Aircraft System
ERP	Enterprise-Resource-Planning
PPS	Produktionsplanungs- und Steuerung
APS	Advanced Planning and Scheduling
KI	Künstliche Intelligenz
MAS	Multiagentensysteme
KNN	Künstlich neuronale Netze
IFU	Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung
VR	Virtual Reality
CAD	Computer-Aided Design
CAAD	Computer-Aided Architectural Design
BIM	Building Information Modeling
HMD	Head Mounted Display
AR	Augmented Reality
MR	Mixed Reality
PDM	Produktdatenmanagement
PLM	Produktlebenszyklusmanagement
CSCW	Computer Supported Collaborative Work
MTA	Meilensteintrendanalyse
EVA	Earned Value Analysis

14 Anhang

Anhang A

Experten Interview-ZKW (Transkription)

Das Interview fand am 17.04.2019 bei ZKW Group GmbH in Wieselburg statt. Vor dem Interview wurde von beiden Interviewpartnern, das Einverständnis zur Aufnahme des Gesprächs eingeholt. Die Interviewdauer betrug 1 Stunde und 24 Minuten. Das Interview wurde in einem Besprechungszimmer durchgeführt. Anwesend waren 4 Personen, ich als Interviewer, 2 befragte Personen und eine Person zur unterstützenden Protokollierung (Stefan LENDL). Aus Datenschutzrechtlichen Gründen, werden gewisse Aussagen als Auslassung, mit ((...)) markiert.

I → Interviewer: Andrei IEREMIE

B1 → Befragte Person 1: Helmut KLAUS

B2 → Befragte Person 2: David SEIBERL

Interview:

I: So. Also, ich würde als erstes beginnen wollen, mit einer einfachen Frage und zwar wie lange sie schon in der Fabrikplanung tätig sind, dass wir einfach einen angenehmen Start haben.

B2: Also ich jetzt seit circa eineinhalb Jahren und war vorher bei ZKW fast acht Jahre in der Prozessentwicklung tätig. Also quasi Fertigungsprozesse selbst. Fabrikplanung selbst erst seit eineinhalb Jahren.

B1: Wobei die eineinhalb Jahre jetzt, muss ich dazu sagen, der David sehr stark das ganze Fundament für die Fabrikplanung macht. Das heißt für uns Kapazitätsplanung und das ist eigentlich der Fokus, dass der David vorgibt, was wir dann später oder ich mit, eigentlich alleine umsetzen muss, dann mit Architekten.

B2: Das geht dann geteilt. Das ich mehr so das strategische und mit Verkaufsabteilung und so weiter mach und der Helmut eher die bautechnischen Dinge.

B1: Genau. Architektenplanung. Also ich bin seit dem Jahr 2000 seit ungefähr 19 Jahren jetzt bei ZKW für die Fabrikplanung zuständig. Habe vorher 20 Jahre was ähnliches gemacht, allerdings waren das, Stahlwerke. Aber es hat ähnlich funktioniert wie jetzt. Also man muss wissen was drinnen ist und legt nachher die Gebäude und Technik fest. Also eigentlich 39 Jahre.

I: Dann wäre das fast auch schon erledigt. Zweite Frage und zwar welche Verantwortung und Rolle Sie in der Fabrikplanung übernommen haben. Also wirklich von Grund auf, also Greenfield.

B1: Also bei, wenn man jetzt das letzte Projekt, jetzt sind wir seit eineinhalb Jahren gemeinsam, der David und ich, wir haben also, wenn man es anhand des letzten Osteuropawerkes anschaut, beginnt des eigentlich schon beim Portfolio planen, da kann der David mehr dazu sagen. Also welche Projekte mit welchen Projekten füllt man das Gebäude. Geht es schon ins Detail jetzt, oder?

I: Nein noch nicht.

B2: Die Verantwortung indem Sinn, wir sind quasi in der ZKW Group, in der Organisation angesiedelt, also quasi in der Konzernmutter wo dann als Tochterfirmen die ganzen Standorte wie Wieselburg, Slowakei, China, Mexiko, und so weiter sind und wir machen quasi das aus Wieselburg für die ganze Welt, für alle unsere Werke. Und ich sag einmal, wir sind quasi, wir Stabsstelle für unser Geschäftsleitung anzusehen. Das heißt wir machen sehr viel Beratungstätigkeit für unsere

Geschäftsleitung, aber auch Überwachung sag ich einmal von Ausbauprojekten oder Greenfield-Projekten. Wie gesagt wir sind in der Gruppe zu dritt, das heißt wir können da nicht großartig selbst vor Ort arbeiten, aber es gibt dann eben Architekten-Generalplaner und so weiter und die Koordination dieser ist eben unsere Verantwortung.

B1: Genau. Wie auch die Site-Selection (Standortauswahl) eigentlich. Anhand des Osteuropawerkes wurden wir so zu sagen in den Krieg geschickt und haben mit einem Consulter natürlich gemeinsam eine Analyse erstellen müssen wo wäre denn unser bester Standort in Europa.

B2: Genau. Also ganz am Anfang vom Fabrikplanungsprozess sind wir noch ziemlich alleine, also wir fahren zum Beispiel in verschiedene Osteuropäische Länder sind wir letztes Jahr gefahren und haben eben uns einige Grundstücke angeschaut und so weiter. Da sind wir noch sehr alleine, eben mit ein paar lokalen Beratern, beziehungsweise von der Wirtschaftskammer, von der lokalen, und so weiter die uns unterstützen und je länger die Fabrikplanung dann dauert beziehungsweise, wenn es dann schon um den Bau und um die Umsetzung geht, kommen dann natürlich immer mehr Leute dazu. Da werden lokale Personen eingestellt und die übernehmen das dann immer mehr und mehr. Die Arbeit wird natürlich auch immer mehr. Wenn es dann wirklich um das Bauen von 30.000 m² Gebäude geht z.B. Da ziehen wir uns dann quasi mehr zurück und sind mehr die Überwacher und Koordinatoren.

I: Darf ich Fragen in wie vielen Projekten Sie jetzt tätig waren?

B1: Ich persönlich habe insgesamt 12 gehabt. Wovon natürlich das Erste immer Greenfield gewesen. Vor die 12, das war in Wieselburg, das Haag-Projekt war sicher Greenfield, ich weiß nicht ob Sie das kennen. Das war ein halber Kilometer weg vom Stammwerk. Das war ein Greenfieldprojekt, alles andere natürlich Brownfield in Wieselburg. Dann Wiener Neustadt, Elektronikwerk. Dann Slowakei, unser erstes Osteuropawerk, Greenfield. Dann China, Dalian, Greenfield und Mexiko in Silao, das waren die typischen Site-Selection-Prozesse mit allem Drum und dran und diese Werke sind mit Ausnahme jetzt von Mexiko schon alle mehrfach ausgebaut worden, unter anderem die Slowakei jetzt in der fünften Stufe, gerade aktuell mit ca. 40.000m² die größte Baustelle die wir haben im Moment. Also es sind 12 Einzelprojekte bei mir gewesen, davon 4 Greenfieldprojekte kann man sagen.

I: Sind Sie auch öfter vor Ort?

B1: Ja. Slowakei spätestens jede zweite Woche. Wenn es Flugreisen gibt, Mexiko, China, habe ich es immer so versucht, dass wir vor Ort einen Mann haben, einen Externen, einen Experten von irgendwo hergezaubert haben und dann halt monatlich unsere Reviews machen, die dann eine Woche dauern in etwa.

I: Ok. Herr Seiberl, bei wie vielen Projekten waren Sie bis jetzt tätig?

B2: Hauptsächlich jetzt, unser neues Osteuropawerk, dass wir noch immer planen, also das ist jetzt noch nicht umgesetzt. Das ist jetzt mein erstes großes Projekt, sagen wir mal so.

I: Gut dann würde ich auch gerne mal starten und zwar wirklich wie aus Ihrer Erfahrung jetzt der Fabrikplanungsprozess, wie Sie ihn beschreiben würden? Also wie geht man vor, wirklich von Null weg?

B1: Also nachdem der David eher eine Stufe da vor mir arbeitet, ich hätte es dann bei mir ab dem David seine Werte sozusagen, dann weitergeführt.

B2: Also da gibt es den berühmten Spruch „structure follows strategie“. Das erste ist natürlich immer mal eine Unternehmensstrategie, die sagt wo will man hin mit dem Unternehmen. Also keine Ahnung, wollen wir Weltmarktführer in irgendwas werden, d.h. die Geschäftsführung gibt einmal

vor, uns interessiert der und der Markt, wir wollen die und die Produkte machen in Zukunft und dann ist eigentlich der Sales, der Vertrieb, der Erste der quasi losstartet und einmal die Märkte analysiert und einmal schaut, ok, Automobilindustrie, da gibt es China, ist der größte Automobilmarkt, dann gibt es den Aftermarkt mit Nordamerika usw. und der Vertrieb sagt dann, man hätte eben die Potentiale, bringt ein paar Optionen auf den Tisch und dann gibt es eben gewisse Targetprojekte in Abstimmung mit dem Kunden, dann geht der Vertrieb zu VW oder zu General Motors, wie sie alle heißen und die sagen dann wir bräuchten da Lieferanten und so kommt das eben ins Rollen das Ganze und irgendwann hat man mal paar Targetprojekte. Das ist meistens so in unserem Fall drei, vier Jahre im Voraus, wo es dann potenzielles Geschäft gäbe und das wird dann quasi kopiert als gewisses Portfolio und abgeleitet von diesen Produkten überlegen wir uns dann einmal was braucht es für diese Produkte. Also wir überlegen uns dann natürlich drei, vier Jahre im Voraus, da gibt es ja noch keine Konstruktionsdaten oder so von einem Produkt, sondern nur wage Vorstellungen, wieviel Stück pro Jahr könnten das sein, welche Technologien könnten da drinnen sein und da fängt man mal auf einer sehr groben Basis an zu schauen, wieviel Stück würden wir dort produzieren wollen. Eine Million Scheinwerfer zum Beispiel oder zwei Millionen Scheinwerfer pro Jahr und von dem abgeleitet definiert man dann ein paar Eckpunkte. Wie groß sollte das Grundstück sein, was würden wir dort überhaupt machen, welche Wertschöpfungstiefe und wir schreiben dann so eine Art Lastenheft, das hat mehrere Seiten wo eben drinnen steht, Grundstücksgröße, Länge, Breite, Höhe, auch welche Disziplinen, also Arbeitsmarkt ist sehr wichtig. Welche Disziplinen suchen wir. Spritzguss Maschinen-Einsteller, Ingenieure und so weiter. Und da gibt es dann einen Katalog von Faktoren, zehn, zwanzig Faktoren, natürlich also Sachen wie politische Stabilität in der Region und so weiter, die man definiert und dann geht man auf die Reise quasi und sucht nach guten Grundstücken.

B1: Oder Lokalitäten am Anfang viel mehr. Regionen einmal. Das Grundstück kommt dann automatisch hervor, aus der Region, wenn man zum Beispiel jetzt eine Region in ((...)) vorhat, haben wir ((...)) gewählt, als bessere Region in ((...)) und wenn man dann vor Ort auf Besuch kommt, dann wird uns automatisch, werden uns Grundstücke angeboten, viele, viele, viele. Das ist wie, wenn Sie ein Haus bauen und jeder will Ihnen ein Grund verkaufen. Da haben Sie die Qual der Wahl dann.

B2: Aber grundsätzlich einmal, eine Unternehmensstrategie ist sicher mal das Erste und dann einfach mal der Markt, wo will man hingehen, wo gibt es Wachstum in Zukunft, weil das ist auch sehr wichtig. Ein Werk zu bauen ist ja nicht nur etwas, was man für ein Produkt oder für ein Produktlebenszyklus baut. Side Fact, Scheinwerfer haben normal ein Lebenszyklus von dreieinhalb Jahren, Autos selbst sieben Jahre, aber normal hat man eben nach einer Hälfte, ein Facelift drinnen und natürlich nur für einen Scheinwerfer ein Werk zu bauen ist nonsense. Weil ein Werk baut man üblicherweise, sag ich einmal, für mindestens zwanzig Jahre. Das ist natürlich ein riesen Investment, das man dann auch irgendwo nutzen muss. Das heißt man muss sich dafür sehr viele Faktoren anschauen, um sicher zu sein wo man ein Werk bauen will. Das ist natürlich sehr viel Fingerspitzengefühl und auch Befindlichkeiten von verschiedene Entscheidungsträger, die da Einfluss nehmen. Ja also Strategie, Zielkunden, Zielprojekte und irgendwie, das ist auch die große Schwierigkeit, umreißen wie kann denn das Werk einmal ausschauen und was brauchen wir da rundherum. Von Energieversorgung, an Mitarbeitern, und so weiter. Da definiert man da einmal einen Katalog, Spezifikation quasi und mit dem geht man dann auf die Reise und kontaktiert verschiedenste Institutionen, die Wirtschaftskammer hilft da zum Beispiel, beziehungsweise direkt lokal in den Ländern, die Regierungen und fragt da einfach einmal, wir hätten Interesse, wir machen die und die Produkte, wir suchen ein Grundstück und dann geht die Reise eigentlich los. Dann hat man einen langen Katalog von Grundstücken oder Regionen zuerst einmal. Da scheiden dann immer mehr aus und am Schluss bleiben ein paar übrig die man dann auch besucht.

B1: Ein kleines Beispiel fällt mir noch ein. Die meisten Laien, sag ich einmal unter Anführungszeichen fragen was kostet denn das Grundstück? Das ist meistens die wichtigste Frage von denen. Das ist bei uns komplett, weit hintenangestellt. Die Grundstückskosten haben fast keinen Einfluss, eigentlich an dem ganzen was der David gesagt hat, an den Kriterienkatalog, da sind weit andere Kriterien wesentlich wertgewichtiger.

I: Infrastruktur nehme ich an? Restriktionen? Solche Sachen?

B1: Auch nicht unbedingt. Infrastruktur, ja auch, aber gar nicht so das wichtigste. Das wichtigste ist, dass ich die Facharbeiter krieg und Ingenieure kriegen zu einem halbwegs, für uns günstiges Geld, sag ich einmal so. Das nutzt nichts, wenn der Grund gratis ist und dann habe ich keine Leute dort zum Beispiel.

B2: Darum muss man eben wissen, vorher, was braucht man, weil es gibt Firmen die machen, weiß ich nicht, Textilproduktion oder so, wo wirklich tausende Leute geschult sind im Nähen oder so. Da braucht man dann wahrscheinlich 95% Hilfsarbeiter quasi ohne Ausbildung. Die findet man natürlich in anderen Regionen und da ist dann das wichtigste, günstige Lohnkosten und andere Firmen die eben höhere Ansprüche haben, die halt mehr auch Lichttechniker, Ingenieure, Akademiker brauchen. Da muss man dann schon eher in die Region, in die Nähe von einer Stadt gehen, wo es Universitäten gibt in der Nähe und so weiter, weil sonst hat man das große Problem, dass man vielleicht billigste Arbeitskräfte hat aber, Akademiker und so weiter, denen muss man dann extrem viel zahlen, dass die vielleicht zwei, drei Stunden von weit entfernt, dann sich dort ansiedeln oder arbeiten für einen.

B1: Plus diese, in Österreich heißen sie Facharbeiter, können wir mit dem Namen nennen, dass sind zum Beispiel diese Toolmaker, also Werkzeugmacher. Wir haben eine Spritzgussmaschine, jede Spritzgussmaschine hat meistens so bis zu zehn Werkzeuge hintereinander aufgespannt und diese Werkzeuge sind eigentlich das Herzstück unserer Fabrik, kann man sagen. Und die funktionieren und da braucht es eben gute Werkzeugmacher. So wie es ein ((...)) war zum Beispiel oder unser Chef jetzt auch. Der Herr ((...)) war auch gelernter Werkzeugmacher, das ist schon ein bisschen eine Technologie, sag ich einmal, wo sehr viel Facharbeiter das Ding streicheln müssen, dass es funktioniert und das ist eigentlich unser Herzstück. Also wir können nicht hingehen wo es keine Kunststoffproduktion gibt. Das ganze Assemblieren später, das Zusammenschrauben von bis zu 200 Einzelteilen zu einem Scheinwerfer ist dann machbar und beziehungsweise ein relativ sicherer Prozess, sagen wir mal so. Während das Spritzgießen ein sehr hoher Level von Produktion ist, denke ich einmal, ohne dass wir hier übertreiben, weil beim Spritzguss gibt es 1000 Gründe warum der Teil dann nicht so aussieht wie er sollte am Ende des Tages. Da kann durchaus zum Beispiel die Halle produziert Staub oder ist von der Luftfeuchte zu niedrig oder solche Sachen spielen da eine wesentliche Rolle.

B2: Also angenommen man hätte dann ein gewisses Grundstück als Favoriten, dann kommt die erste große Hürde, eigentlich einmal, dass sich das Unternehmen natürlich auch trauen muss, den Schritt zu machen. Das heißt, da werden dann vor allem die Finanzabteilungen aktiv und rechnen da Business Cases. Problem dabei ist noch immer, dass die Produkte und die Zukunft natürlich sehr wage ist und sehr, ist noch immer fraglich ob man die Aufträge kriegt, die man haben will und so weiter, aber es wird einmal ein Business Case gerechnet und schaut, rechnet sich denn das Werk überhaupt. Wieviel Geld muss man ausgeben dafür, wieviel muss man investieren. Auch mit der Regierung lokal verhandeln. Die Regierungen geben meistens dann, Incentives (Anreize), also Förderungen her für Unternehmen, die sich ansiedeln dort. Das ist je nach Region sehr unterschiedlich. Und dann gibt es den Startschuss im besten Fall, dass unser Eigentümer z.B. sagen würde, dann ja machen wir, wir investieren. So ein Gebäude für Greenfieldprojekt, das kostet irgendwo, mit Maschineninhalt, sag ich einmal in der ersten Ausbaustufe 50 Millionen oder mehr

Euro. Also das ist schon ein riesen Investment. Und wenn es den Startschuss gibt, dann begibt man sich eben auf die Suche nach einem Generalplaner. Das darfst jetzt du erklären.

B1: Genau. Vielleicht noch zurück ein bisschen zum David, also dass muss man sich vorstellen, darum habe ich das jetzt aufgezeichnet wie ein riesen großen Trichter. Da wandern oben viele, viele Zielprojekte rein und für uns interessant sind nur ein paar wenige. Man weiß aber nicht was da unten rauskommt. Später. Als Book-Business sozusagen, als Geschäft. Man muss aber die ganze Planung schon vorher starten. Das heißt, man kann nicht hergehen und eine Fabrikplanung auf ein, zwei Scheinwerferprojekten machen. Weil später, nach drei Jahren, wenn der Lebenszyklus, wenn der endet, kann es andere Projekte geben, also muss man möglichst flexibel planen. Das heißt wir machen dann meistens so Durchschnittswerte. Also wir nehmen zwei, drei extreme Projekte her und rechnen da die Durchschnittsflächenbedarfe, die durchschnittlichen Bedarfe an Energie und so weiter und auch die Personalsituation.

B2: Als bestes Beispiel ist, in Ungarn sind extrem viele Autohersteller, Audi in Győr zum Beispiel und wenn man sich jetzt nur um Transportkosten sind da natürlich auch ein enorm wichtiger Faktor. Wenn man sich jetzt nur auf ein Projekt zum Beispiel mit Audi konzentrieren würde, dann wäre es naheliegend, dass wir da sehr nahe an das Audi-Werk sich platziert, nur muss man eben schon schauen, dass man die anderen auch noch irgendwo im Blick hat, weil in fünf Jahren kann es sein, dass wir vielleicht mit Audi kein Geschäft mehr macht und dafür mit, keine Ahnung, Opel oder sonst was, Jaguar, Landrover. Darum ist es immer wichtig, kommt dann später eben bei den Methoden auch, nennt sich „center of gravity-Analyse“ das wir machen oder unsere Consulter gemacht haben mit uns, wo man einfach schaut, wo sind die Werke der Kunden und wie viele Volumen würden dorthin gehen und mit dieser „center of gravity-Analyse“ bestimmt man quasi den Schwerpunkt, den optimalsten Punkt wo man sich hinsetzen sollte dann. Einfach quasi aufsummieren aller Logistikkosten und einen Durchschnitt bilden wo der optimale Punkt ist. Gibt es sowohl Outbound-seitig, quasi was wir verkaufen zu den Kunden, als auch in die andere Richtung wo sind unsere Lieferanten und wie liefern die zu uns. Das ist quasi Logistik Netzwerkanalyse.

B1: Genau. Wobei sie die Outbound, eigentlich nicht wirklich beeinflussen können, weil das gibt uns ja der Kunde vor, aber das Inbound, also alles was wir zukaufen, das können wir beeinflussen, also paar Beispiele. Wir lassen einfache Kunststoffteile extern produzieren, bei benachbarten Unternehmen, möglichst in der Nähe sonst erschlagen uns die Transportkosten wieder und das wird am Anfang nicht so gut gelingen, weil es da noch keine Partner gibt, die man da ins Boot geholt hat, also wenn man da längere Zeit, wie jetzt die Slowakei lebt schon zehn Jahre, da gibt es schon fünf, sechs super Spritzgusslieferanten mittlerweile und wir haben sozusagen von Lieferanten die weiter entfernt sind, die Ware dann näher zu unseren Werk, sozusagen herangezogen. Die Transportkosten sinken und der Preis sinkt dann natürlich auch und das hat man in der eigenen Hand dann, die Inbound-Kosten sozusagen. Bei den Outbound-Kosten, da gibt es sehr oft Überraschungen, weil da baust ein Werk in der Slowakei und dann musst du nach Schweden liefern, zum Volvo zum Beispiel. Das ist eine riesen lange Distanz oder teilweise sogar nach Amerika zum BMW nach Spartanburg zum Beispiel, wie wir das Mexikowerk noch nicht gehabt haben. Jetzt haben wir Mexiko, jetzt liefern wir halt von Mexiko aus nach USA. Wenn dann die Werte vom David da sind, sprich wir haben da ein paar Projekte, die wir definiert haben, dann gibt es so auf einer groben Flughöhe einmal eine grobe Quadratmeter, oder Flächenbilanz, sagen wir das mal so, die noch vom David per Knopfdruck heraus kommt. Die schauen wir sich an, wie passt denn die zu den anderen Werken im Durchschnitt. Und da kann man jetzt sagen wir haben so eine Faustformelrechnung beisammen, wo man irgendwo bei 45 bis 50 Hauptscheinwerfer pro Quadratmeter kommen, also das ist unsere Faustformel, die nehmen wir mal her für die Fabrikplanung, einmal für Länge mal Breite. Mit dem machen wir einmal unser Lastenheft für den Architekten, das heißt meistens Architekt plus permitting, also die

Behördengenehmigungen plus die Bauüberwachungen sollen da auch drinnen sein bis hin zum Handover, also bis zur Übergabe des Projektes. Wir machen da Architektenausschreibung, ganz normal wie es jede Firma auch macht, irgendeiner wird der Gewinner und wir schauen da, dass wir, ich sag einmal, das ist ein schwieriger Kampf gegen den Einkauf, der Einkauf würde den billigsten nehmen, wir wollen den besten haben. Meistens nicht der billige. Manchmal gelingt es uns und im Idealfall machen wir da ein sehr starkes Frontloading, also lieber hundert, zweihundert Tausend Euro mehr in den Architekten reinstecken und dafür eine gescheite Planung haben, als eine schlechte Planung und später, wenn man das Projekt umsetzt, also der Generalunternehmer kommt und baut uns das Gewerk und wir haben Tausend Änderungen zum Beispiel, zu einem hohen Preis, also wir reden da durchaus bei Baukosten von 30 Millionen Euro, musst froh sein wenn du Änderungen innerhalb von oder unterhalb von einer Million schaffst dann, also drei Prozent in etwa. Und die drei Prozent, wenn man die runterdrückt auf zwei, ist das schon mehr Geld als was ich vorher dem Architekten mehr gebe. Da haben wir super Beispiele, also wie man das machen sollte und wie man das nicht machen sollte, aber leider spielt da wie gesagt der Einkauf und dann auch teilweise dann Entscheider, die halt weiter oben sitzen, die schauen halt wirklich nur noch mehr aufs Geld. Also wir suchen unseren Architekten, wenn möglich einen neutralen, es gibt in allen Ländern der Erde meistens Architekten, die auch eine Baufirma haben. Wir haben es meistens geschafft, dass wir so einen erwischt haben muss ich ehrlicherweise gestehen, der quasi das geplant hat was er leicht umsetzen kann nachher. Hausnummer Strabag Slowakei macht Fertigbetonelemente oder selbst in der Hand und scheidet sofort die Stahlbau Skelettbauweise aus. In China zum Beispiel gibt es fast keine Fertigbetonelemente, die machen alles mit Stahlbau und das kann halt der Architekt sehr leicht hintreiben, wenn er das einfach so plant und darum ist es wichtig, dass man einen neutralen Architekten hat, der eigentlich keine Baufirma ist mehr. Das ist aber sehr schwierig. Jetzt haben wir Mexiko wieder einen gefunden, in der Slowakei haben wir die Situation, allerdings ist da der Architekt zu schlecht oder zu schwach, sagen wir es einmal, sodass halt dann, ich sag jetzt der Baustellenradiergummi immer wieder zu wenig wird weil wir dann nur mehr reagieren kann auf der Baustelle, sprich wir machen, der Architekt macht Fehler, Beispiel jetzt in der Slowakei, der Bodenaufbau, steht drinnen zehn Zentimeter Isolierung unterhalb vom Beton, wir haben aber eine Fußbodenheizung drinnen und der Fußbodenheizer den wir beistellen, der legt das Ganze auf eine drei Zentimeter dicke Platte seine Rohre, also müsste das um drei Zentimeter reduziert sein, das ist ein grober fahrlässiger Fehler vom Architekten würd ich sagen und jeder von uns würde den Fehler sehen, sofern er der Sprache mächtig ist dort. Da war alles slowakisch, Pläne hat er keine gegeben, das ist zwar irgendwo beschrieben gewesen, aber keiner hat es gesehen von uns Österreichern und die Slowaken haben es auch übersehen. Also Frontloading ist da das Wort würde ich sagen.

B2: Und das Ding mit dem unabhängigen Architekten. Wir planen normalerweise immer oder versuchen zwei Dinge zu trennen, einerseits die Planung und dann andererseits die Umsetzung, das ist uns sehr wichtig, dass wir quasi vorher einen unabhängigen Architekten, der quasi im unseren Interesse das Beste plant, laut unseren Vorgaben und dann gibt es eine Ausschreibung an die Baufirmen, die kriegen dann die Planung, da steht dann drinnen so schaut das Gebäude aus, die Höhe, die Leitungslängen und so weiter, sehr detailliert und die bieten das dann einfach an. Und wenn der Architekt aber selbst schon die Baufirma ist, dann plant er das natürlich entsprechend dem, was er gut kann selber, das heißt er plant das dann schon so, was er selbst herstellen kann zum Beispiel und benachteiligt damit schon andere Bieter und die Gefahr ist dann einfach, dass man dann nicht die optimalste Lösung kriegt, sondern die Lösung, die der am besten kann oder die der am günstigsten kann für sich selbst.

B1: Das geht dann los mit Basevaluieren, also der Architekt interviewt uns, neben dem Anfragedokument, das relativ umfangreich ist, kann man schon sagen, also das hat fünfzig Testseiten mittlerweile, bei uns was genau drinnen steht was wir wollen bis hin zu corporate identity zum

Beispiel genau beschrieben wie die RAL Farbe ist von dem Blau da und so weiter. U-Werte bei Fenstern oder überhaupt bei Hülle, also das ist schon sehr detailliert. Also mit dieser Basisanfrage kommt einmal die Evaluierung vom Architekten, der fragt halt dann, uns Löcher in den Bauch hoffentlich, so das ist einmal der erste Schritt, dann geht es weiter in das Basic-Design. Da macht dann der Architekt schon die ersten Entwürfe, also da haben wir schon das Grundstück, wo er das Gebäude am Grundstück platziert, so als Blocklayout sozusagen, macht er das und parallel dazu schon die ersten 3D-Animationen. Wir als Techniker können uns ja vorstellen, wenn wir einen 2D-Plan sehen, sehen wie das ausschaut, aber vor Ort ist es schöner, wenn man schöne bunte dreidimensionale Bilder dann hat. Die macht er dazu und gibt auch gleich erste Baukostenschätzungen dazu zu diesem Basic-Design heißt das. Das Basic-Design ist meistens noch nicht ausreichend, dass man da auch bei der Behörde schon anfragt, also das ist Behördenengineering, da muss man ein bisschen detaillierter schon planen, da müssen dann schon Fluchtwege drinnen sein und so weiter. Wenn die Fluchtwege drinnen sein müssen in der Planung, müssen auch schon Räume definiert werden, das ist also dann die Behörden, also das authority design heißt das bei uns oder permitting Design. Das Ganze geht dann in den Baugenehmigungsprozess ein, der wiederum meistens in vier Schritten ist, also worldwide, das ist ziemlich ähnlich. Das Erste wäre so das zoning-permit, das wäre quasi, ist das Grundstück schon auf Industrieland umgewidmet, Flächenwidmung, dann das Zweite ist dann die Umweltverträglichkeit. Das ist so schrittweise, also das Erste muss positiv sein, dass das Zweite dann angefragt werden kann. Wenn die Umweltverträglichkeit positiv ist, kann man die Baugenehmigung ansuchen, mit den Plänen dazu und Beschreibungen und wenn die Baugenehmigung durch ist, baut man und zum Schluss gibt es eine Betriebsgenehmigung. Das ist in jedem Land ziemlich ähnlich, nur halt sehr, sehr, zäh in manchen Ländern wie in China zum Beispiel, also Österreich und Mexiko geht sehr, sehr schnell und einfach, Slowakei und China ist ganz extrem. Also da gibt es dann Fristen die eingehalten werden müssen, die gibt es bei uns auch aber bei uns ist eine Frist halt drei, vier Wochen und da drüben sind es 90 Tage und so und wenn alles so hintereinander gehen muss, dann dauert das halt ewig und jede kleine Änderung muss wieder von vorne losgehen. Also in Österreich, wenn du eine Änderung hast zum Beispiel, machst du nachher eine Änderungsanzeige und mit dem letzten Schritt der Betriebsgenehmigung macht man das mit, die kommen, schauen sich das an, ich sag eine Hausnummer, wir sitzen jetzt da und der nächste Fluchtweg ist statt 40 Meter 45 Meter weg, was vielleicht eine gewisse Sondergenehmigung bracht, dann muss er das sehen. Wenn das eine schöne grade Gasse hin ist, wo er laufen kann, dann wird er es genehmigen, wenn das ein Labyrinth ist, dann wird er es eher nicht genehmigen. Und dann ist jetzt so ein kleiner Schnitt, nach dem man die Baugenehmigung hat, geht es um das Detailengineering vom ganzen Werk. Da reden wir jetzt von Schalungsplänen, Bewehrungsplänen und schon richtige Details, wie schauen Fensteranschlüsse aus mit Fensterbrett, Fensterbank und so, also das kann man dann entscheiden, macht das noch der Architekt mit und gibt es quasi dem Generalunternehmer, der Baufirma vor, oder übergibt man das der Baufirma, die meistens im Detail besser wissen was da genau zum Planen ist. Also der Architekt ist eher für das Grobe zuständig, für das grobe Design zuständig und meistens ist es gescheit, wenn man das Detailengineering dann der Baufirma überlässt. Ja das war soweit die Vorgehensweise.

I: Ok. Das bedeutet, dass für die Layoutplanung, jetzt an sich für die Grobplanung der Architekt jetzt zuständig ist und jetzt nicht, also ein spezielles Fabrikteam, was jetzt zum Beispiel intern bei ZKW ist?

B1: Bei uns intern, müssen wir jetzt eine Stufe, also einen Schritt zurückgehen. Also bei uns, wenn wir das Lastenheft machen, müssen wir intern schon uns klar werden wie schaut die Fabrik im Blocklayout aus. Also wir haben schon erste Vorschläge natürlich.

I: Ok, das heißt die ersten Konzepte, die ersten Varianten-

B2: -das ist schon von uns definiert. Diese Flächenbilanz sagt schon konkret zum Beispiel 4000 Quadratmeter Montagefläche, 3000 Quadratmeter Logistikfläche und so weiter. Wir wissen auch schon die und die Personen müssen wir unterbringen, Büropläne, also sprich wie viele Personen in welchem Büro. Das geben natürlich wir vor, was der Architekt dann macht ist das Ganze drumherum sag ich einmal. Zufahrtsstraßen, wie hoch wird das Gebäude dann schlussendlich sein, geben zwar auch wir vor, aber wie schaut das Gebäude aus, erstens vom Design her, wo platziert man es am Grundstück am besten. Dann so einfach länderspezifische Dinge, wie groß dürfen Brandabschnitte sein, Fluchtwege, dass wir eigentlich nicht wissen, also wir geben quasi den Input an, da gibt es einen Spruch dazu „form follows function“. Wir sagen quasi was das Gebäude können soll und der Architekt macht dann was Schönes draus, sag ich einmal.

B1: Zum Beispiel bei ganz banalen Sachen, die Toiletten, die Anzahl der Toiletten richtet sich nach der Anzahl der Mitarbeiter, das ist meistens auch anders in den Ländern. In China zum Beispiel brauchen sie extrem viele Duschen, weil sie duschen sich in der Fabrik und nicht zu Hause. In Österreich hast du zwar auch eine gewisse Vorschrift wie viele Duschen es geben muss, aber da siehst du das ganze Jahr keinen, die bleiben dann trocken, also das sind dann die länderspezifischen Unterschiede und natürlich auch bei den Fluchtwegbreiten und die Fluchtweglängen sind meistens gleich oder ähnlich.

I: Das bedeutet, dass jetzt der Architekt die Reallayouts also dann eigentlich als Vorschlag übergibt dann und wie funktioniert das dann, der Architekt bringt dann die Vorschläge jetzt zu ZKW und ZKW entscheidet dann welche Variante es haben möchte?

B1: Genau. Da haben wir später eh noch irgendwo die Kommunikation-Vergabe, da hätte ich das dann beschrieben wie das abläuft.

I: Gibt es sonst noch während diesen ganzen Projekten, also wirklich grobe Probleme? Wir haben jetzt einmal das Finanzproblem erwähnt, dass jetzt viel einfach nur am Geld hängt, das Problem mit dem Architekten, Baugenehmigungen können auch problematisch sein, das sind alles so Stakeholder die man, nehme ich mal an, so früh wie möglich integrieren möchte. Gibt es sonst noch, ich weiß nicht, zwischen diesen Layouts, gibt es noch Probleme, die auftreten?

B1: Also unsere Layouts, sagen wir mal so, wir trachten, dass unser Layout möglichst, nicht eins zu eins, aber diese Länge mal Breite Verhältnisse von einem Block zum Beispiel, eine Kunststoffhalle. Eine Kunststoffhalle sollte ein gewisses, Länge mal Breite Verhältnis haben, damit du die Maschinen gescheit unterbringst. Wenn der Architekt sagt, machen wir das schmaler und dafür länger oder was, dann bringt uns das nichts. Also müssen wir unseren Wunsch durchbringen, natürlich. Das kann natürlich auch Fluchtwegs Sachen Themen sein, oder Brandschutzabschnitte können da reinspielen zum Beispiel, durchaus. Also da gibt es Diskussionen, die enden nie. Wie gesagt, Architekt ist wichtig, dass er am Anfang bei der Basisevaluierung, also wenn wir jetzt schon bei den Problemen sind, möglichst detailliert, uns hinterfragt und nicht, dann sozusagen selbst reininterpretiert, seine Ideen. Das ist ganz schlecht. Also da muss uns später, also bei der Kommunikation kommen wir dazu, da muss einfach extrem viele Workshops geben dann. Ein Workshop dauert dann drei Tage, oder vier Tage. Am besten man sperrt sich ein, hat dann alle am Tisch und von da geht man das alles durch.

B2: Grobe Probleme, fallen mir noch ein, wie gesagt das ganze Wirtschaftliche, also rechnet sich das überhaupt, oder man kriegt dann einen Auftrag, mit dem man gerechnet hat, doch nicht, dann wird das Ganze wieder verzögert zum Beispiel und ein generelles Problem ist auch, dass bei einem Thema Werksplanung einfach fast jeder mitredet. Das heißt es gibt ein speziell, wenn dann sehr mächtige Leute, sag ich einmal aus dem Management oder so, gibt es immer wieder, dass sie dann irgendwelche persönlichen Präferenzen präferieren. Wenn man mal Geschäftsführer von einer Firma ist, hat man ein großes Netzwerk an Leuten und jeder kennt dann irgendwie jemanden, der vielleicht gerade ein Unternehmen in einem anderen Land leitet und der sagt ihm, da ist es so super bei uns.

Das heißt man kriegt dann von irrsinnig vielen Leuten Tipps, schaut euch Serbien an, schaut euch Rumänien, die Stadt ist super, weil da gibt es so viele Arbeitslose zum Beispiel. Das heißt, dass man da zu einem Schlusstrich kommt, einmal und sagt, das ist es jetzt, das ist sicher ein großes Problem auch. Das man alle auf einen Tisch bringt und Nägel mit Köpfen macht quasi.

I: Wie würden Sie jetzt zum Beispiel diese Probleme lösen, also was wäre so Ihre Vorstellung oder wie würden sie selbst das Problem lösen wollen? Hätten Sie da irgendwelche Ideen?

B2: Informieren. Wie gesagt, es sind extrem viele Leute beteiligt, man muss einfach, speziell in unserer Rolle sehr viel informieren, also immer wieder die Leute abholen.

I: Wie würde das aussehen, oder wie sollte das geschehen?

B1: Also bei uns intern haben wir ja ein Projektteam, ich sag jetzt einmal, da sind circa sieben, acht Leute dabei. Der Projektleiter, die Projektleitung machen meistens wir. Da ist dabei, Logistik, Qualitätssicherung, HR, und so weiter, also alle die mit dem Projekt zu tun haben. Wir machen dann schon Fixtermine, wöchentlich ein Mal, wenn es sein muss, sogar wöchentlich zwei Mal, also wenn es dann in die heiße Phase geht, kann es durchaus sein, der Herr ((...)), unser ((...)) jetzt, der hat beim Werk Haag jeden zweiten Tag in der Früh, von sieben bis acht, eine Stunde, ein Projektteammeeting gemacht. Also da darf keiner mehr sagen, er weiß von nichts und dann hin zum Architekten, wie gesagt, dass so eine Architektenphase, dauert in der Regel so vier bis sechs Monate und ich würde sagen, mindestens ein Mal pro Monat müsste es dann so ein Workshop geben, der durchaus vier Tage dauern kann. Also wo sie in Klausur gehen, der Architekt mit allen seinen Stabstellen, Statiker, Gebäudetechniker, also Gebäudetechnik, Elektrik, HVAC, Sanitär und das Ganze was da alles dazu kommt und man muss sich da einsperren und wirklich, also da geht es irgendwann am Ende des Tages geht um jede Tür, wie die aufgehen muss, genauso wie wenn man ein Haus baut zu Hause zum Beispiel und später einmal sogar wie soll ein Klo ausschauen, wie soll die Fliesenstruktur ausschauen, ob man Fliesen spiegelt zum Beispiel, oder ist es eh wurscht, oder legen wir auf das keinen Wert, also sehr detailliert dann zum Schluss schon. Das ist also Kommunikation, ist ganz wichtig und das Wichtigste ist, weil es ja immer wieder Änderungen gibt, muss man jetzt diese Kommunikation in gewisser Weise kanalisieren und dann wieder weiter verteilen. Es darf nicht passieren, wie es wir in der Slowakei typischerweise haben, einer zeigt auf, ruft den Architekten, irgendwen vom Architekten an uns sagt, das brauche ich und der malt das gleich hinein. Da weiß keiner was der andere macht. Das muss kanalisiert werden, auf beiden Seiten, bei ZKW und beim Architekten. Dann funktioniert das auch im Normalfall. Kommunikation ist wichtig. Wie man die Probleme löst, zum Beispiel der Architekt kann jetzt eine Funktionalausschreibung machen an den der es baut, da schreibt er nur rein, wir wollen ein Einfamilienhaus, oder in dem Fall eine Fabrik, zwei Kinder, also zwei Kinderzimmer, eine Küche, und so weiter, eine Funktionalausschreibung, das ist ganz schlecht. Da fällt man eigentlich fast immer auf die Nase, weil da gibt es dann nur, er spielt dann mit dem Budget und sagt uns ein Fixbudget voraus, sagen wir Hausnummer 30 Millionen Euro, sie wissen aber nicht, was sie um dieses Geld kriegen. Wir machen das anders, wir tun Frontloading wieder vorne an. Wir machen eine detaillierte bill of material, also eine Stückliste quasi, wo drinnen steht, soviel Kubikmeter Beton brauchen wir, soviel Tonnen Bewehrungsseisen, soviel Quadratmeter Asphalt, soviel Fensterfläche, soviel Toiletten, also eine bill of material und sogar zusätzlich noch die brand, also eine Fabrikat Beschreibung, sag ich jetzt nur einmal wenn ich den Beamer anschau, steht da irgendwas darauf und genau den will ich, oder ein Adäquat, also ein ähnliches Produkt oder ein gleichwertiges Produkt. Das ist jetzt eine detaillierte Ausschreibung und da kann eigentlich kaum einer raus. Das ist wie, wenn ich beim Haus bauen, schon genau hinein schreibe welche Materialien will ich und auch die Mengen dazu. Bestellen tun wir dann pauschal, also ich bestell nicht 758 Kubikmeter Beton natürlich, sondern ich mache dann eine Pauschale und sag pauschal will ich das Gebäude, dass so ausschaut und abrechnen tun wir nur die Änderungen gemäß diesen Einzelpreisen.

Das heißt ich mache irgendwo eine Tür dazu, dann habe ich genau den Preis von der einen Tür und den zahl ich auch, oder es fallen zwei weg, dann haben wir halt einen Minderpreis. Abgerechnet werden dann nur mehr die Änderungen, also keine Funktionalausschreibung würde ich da sagen und Änderungen seitens des Auftraggebers, die sollten sich halt in Grenzen halten. Also da gibt es Klassiker, wie bei uns in Haag oben, da haben wir neun Änderungen gehabt, für ein Projekt das durchaus auch dreißig, vierzig Millionen gekostet hat und in der Slowakei jetzt sind wir bei irgendwo bei 200. Da ist auch der Fall, dass jeder aufzeigt, er will noch was, weil er ein Jahr geschlafen hat in der Basisplanung vorher.

I: Was wäre zum Beispiel die Problemlösung für solche Nacharbeiten aus Ihrer Sicht?

B1: Disziplin eigentlich.

B2: Und Frontloading sicher wie du es schon gesagt hast.

B1: Und irgendwann, muss man ein freeze machen, also ein design freeze, also einfrieren. Es muss dann irgendein Meilenstein geben, wo man sagt und jetzt gibt es keine Änderungen mehr und das muss einfach rückkommuniziert werden zu allen. Also das muss man natürlich rechtzeitig sagen, dass da irgendwann das Ende ist und bis dorthin gibt es Änderungen. Ab da kosten die Änderungen was, das muss man klar kommunizieren, weil die, die ändern, wissen eigentlich nicht was das kostet. Die wollen ja nur die Sache haben. Teilweise sind es einfach, wie soll ich sagen, Reserven, die er sich schaffen will, Hausnummer Slowakei jetzt wieder haben wir 200 Stück IT-Verbraucher definiert. Das kann jetzt ein Büroarbeitsplatz sein, das kann ein Beamer sein oder TV-Gerät irgendwo, 200 verteilt in der ganzen Fabrik und im Laufe der Zeit sind es jetzt 500 geworden und da passt was nicht und die sind aber schon quasi bestellt weil er hat zur Baufirma gesagt, baut mir das ein und jetzt kommen die Rechnungen nach der Reihe rein, jetzt schauen sie, warum das 90.000 Euro kostet, das ist ja doch eh nicht so viel gewesen. Also ein design freeze gehört da rein und Disziplin vor allem. Das Hauptthema ist da Disziplin würde ich sagen.

B2: Das einfach, wie gesagt, da sind sehr viele Leute beteiligt, sehr viel Disziplin im Detail liegt und man muss einfach schaffen, durch Projektmanagement, Organisation, Kommunikation, dass sich die Leute früh genug auch beschäftigen damit, weil oft ist halt so, jeder hat viel zu tun, ok, wird ein neues Werk gebaut, niemanden interessiert es am Anfang, bis dann sag ich einmal, die ersten Teile vom Gebäude stehen und dann beginnen die Leute sich zu überlegen, wieviel Lampen brauch ich, wieviel Tische brauch ich, und so weiter und dann kommen erst die ganzen Ideen und Anforderungen auf, wo es schon zu spät ist eigentlich.

I: Sie haben es schon angesprochen, es sind extrem viele beteiligt in der Fabrikplanung. Wer fällt jetzt da aller rein? Also sind jetzt der Projektleiter, der Architekt-?

B1: Also fangen wir einmal bei ZKW intern an, ich würde sagen einmal der Projektleiter von ZKW, dann die wichtigsten zwei sind Prozessengineering, das heißt das was nachher da reinkommt, plus die Logistik, weil das sind die größten Flächennutzer. Die Logistik hat in etwa fünfzig Prozent Anteil, wenn ich jetzt alles was für die Produktion notwendig ist und die Prozesse brauchen auch die Hälfte circa und dann gibt es eben zeitlich noch Servicebetriebe dazu wie Instandhaltung, wie Toiletten, wie Büros, das ist dann nicht dabei bei diesen fünfzig, fünfzig. Also da gibt es dann, ich weiß jetzt nicht wie wir tun mit solche, wir haben extrem viel solche Unterlagen dazu, wie wir da machen, sie haben da noch gar nicht gefragt ob Sie sowas haben dürfen.

I: Ich würde das im Anschluss nach dem Interview vielleicht klären.

B1: Weil wir haben da jetzt eine Präsentation zusammengestellt von unserem ehemaligen Chef, das kommt genau von uns raus, da ist drinnen wie eine Projektorganisation, da sind auch die Tools drinnen, wie so ein Greenfieldwerk eigentlich funktioniert.

B2: Die sind an der FH, an der Donau Uni Krems, hat uns der ehemalige Chef immer im Zuge von irgendeinem Studiengang auch immer so ein Vortrag gehalten zum Thema Werksplanung.

I: Ist das jetzt reine Idealplanung oder ist das jetzt momentan-?

B1: Das ist so wie es abläuft, aber da ist jetzt nicht beschrieben, dass es Probleme gibt. Es gibt kein Projekt ohne Probleme, es gibt nur eins mit mehr oder weniger. Aber da ist es beschrieben wie so die Schritte sind, im Prinzip können sie dann, das ist wie ein Leitfaden quasi. Es gibt einen Projektstrukturplan, beim Projektstrukturplan sind einzelne Phasen drinnen, die einzelnen Phasen sind wieder quasi Tasks, Aufgaben von, sag ich jetzt einmal EIA, Umwelt, environmental impact assessment, Umweltverträglichkeitsprüfung, da steht genau drinnen was man da machen muss.

I: Die kommen ja als Stakeholder auch noch rein. Also zum Beispiel eben das mit den Behörden, wo man die Genehmigung braucht und-

B1: Bei ZKW gibt es da ein Projekt, eine Struktur mit zehn Leuten ungefähr. Das wird hinkommen.

B2: Also haben wir eh schon gehabt, Projektleiter, Logistik und Prozessentwicklung. Dann gibt es noch Sales, also Verkauf, IT, Controlling, Einkauf, Personalabteilung, also human resources, Qualitätssicherung, Werkzeugmanagement, Fertigung selbst. Das waren die wichtigsten und extern natürlich die Regierung, oder Lokalregierung, Gemeinde ist meistens der größte Ansprechpartner, das ist natürlich ein großer Stakeholder.

B1: Der im Hintergrund dann, verschiedene Instanzen wiederhat, wie die Feuerpolizei, dann Arbeitssicherheit, Arbeitsinspektorat zum Beispiel und dann auch die Umweltverträglichkeit generell, also alles was Abfall ist oder alles was Emissionen dort steht.

B2: Dann gibt es natürlich die verschiedensten, ich sag einmal Lieferanten für uns, also Architekt, Baufirmen, Berater, Kunden sind natürlich auch Stakeholder-

B1: Bis zu dem Zeitpunkt wo wir bauen ist dann meistens dieses Projekt, dass da heraus fällt aus dem Trichter, eigentlich schon bekannt und die haben dann sehr großes Interesse, dass die da drauf schauen, das sind dann quasi eine zweite Kontrollinstanz kann man sagen, also die kommen durchaus und machen Audits und sagen uns wie wir bauen müssen oder wie wir bauen sollen, also die stellen ungefähr solche Fragen wie Sie jetzt und wir beantworten sie dann auch so und wenn es dann irgendwann die Woche, letzte Woche war der BMW in der Slowakei und wir haben einen Bereich für den BMW quasi fertig haben müssen und der kommt dann und schaut wirklich, ok, das ist wirklich fertig und nimmt das ab, mehr oder weniger, obwohl es eigentlich komplett egal ist.-

I: Gibt es da hin und wieder auch Probleme, dass man irgendwelche Genehmigung nicht bekommt, oder dass man sich da noch durchschlagen muss?

B1: Ja, also-

I: Wird das nicht im Vorhinein geregelt? Also bevor man das Konzept der Fabrik erstellt? Emissionsschutzgesetz zum Beispiel und solche Baugenehmigungen, das wäre ja recht unvorteilhaft, wenn das recht spät zur Geltung kommt.

B1: Im Idealfall weiß der Architekt wie lang, also der kennt den authority-Prozess. Das ist ja ein Prozess, das ist eh da drinnen, sehen sie auch, das ist ein Prozessbild, das nicht einfach ist zum Verstehen und da gibt es sehr viele Hürden, da drinnen und wenn eine Hürde nicht übersprungen

werden kann, dann heißt das, Zeit meistens. So schaut es in China aus und das ist jetzt nicht einfach, also wenn da irgendeine Linie abgetrennt wird, dann steht die Mühle. In der Slowakei ist sie ähnlich komplex und wie gesagt, in der Slowakei hat sich jetzt eingebürgert, dass diese Greenparty, benennen sie es immer, da ist einer, der wird reich dadurch. Der kennt alle Bauprojekte in der Slowakei, alle größeren, ich sag nicht ein einzelnes kleines Haus, aber so ein 30 Millionen Projekt in der Slowakei und haltet überall die Hand auf. Das heißt er sagt die Bäume die wir da pflanzen, sind zu klein und zu wenige, er sagt wir haben zu viel auf dem Grundstück, zu viele Gebäude und zu wenig Grüngürtel und lauter so Sachen und dann mischen sich die ein und dann muss das Ganze bei der Behörde behandelt werden, das heißt die 90 Tage Frist, die ursprünglich der Architekt gerechnet hat, werden dann auf einmal eine Einspruchsfrist und hat wieder 45 Tage, irgendeine Dauer die dann zum Laufen beginnt und grad in der Slowakei haben wir kein einziges von und das sind ja nicht nur die vier Stufen, die wir zuerst gesagt haben, sondern das sind einzelne Stufen wieder Abwasser, Elektrik Anschluss, das Orange, also das Internet, oder die Firma Orange war das, das sind vier, fünf einzelne gewesen und wir haben da sicher zehn Genehmigungen gebraucht und keine einzige ist pünktlich gekommen, aber wirklich keine einzige und wenn man das jetzt im Terminplan nicht drinnen hat als Reserve, dann schaut es schlecht aus.

I: Ist es nur so möglich, dass man das als Puffer, also einrechnet und im Vorhinein ist sowas einfach nicht klärbar oder?

B1: Also der Architekt müsste das wissen. Wenn es der Architekt nicht weiß, dann ist es gut, wenn man Puffer drinnen hat. Die Puffer sagt uns da, dieses Projekt, also wir haben da irgendein Projekt fällt da heraus unten, das wird auf einmal book business, wir haben trotzdem da vorn gestartet und der Kunde sagt uns und da müssen wir fertig sein und jetzt brauchen wir da ein gewisse Zeit und wenn wir da jetzt zehn Prozent Puffer hat zum Beispiel, dann ist das genau das, für das was man da vorne verliert. Slowakei jetzt, haben wir irrsinnig viele Hürden gehabt, aber es ist sich wieder irgendwie ausgegangen. Die letzte Hürde war, das war der Winter der strenge, also die Minustemperaturen zum Beispiel. Da hat es echt drei, vier Wochen keinen Fortschritt gegeben an der Baustelle. Die erste Hürde waren die ganzen Genehmigungen, also zu spät begonnen und trotzdem, also da muss man dann einfach agieren, also eigentlich reagieren in dem Fall und zweischichtig monieren zum Beispiel war ein Thema, oder am Wochenende arbeiten, dass man dann schneller wird und effizienter, also da gibt es schon Maßnahmen.

I: Wenn man jetzt das Konzept schon hat, zum Beispiel auch als 3D-Modell. Ist es nicht möglich diese Genehmigungen schon im Vorhinein zu schieben also, dass man Genehmigungen schon dafür bekommt und nicht erst später sozusagen, Verzögerungen hat?

B1: Ja und Nein, also in Österreich funktioniert es so, dass man mit einem Basic Engineering, also das wäre jetzt so etwas, aber schon auch die Beschreibungen schon was da passiert drinnen, also die Prozessbeschreibungen, was ich rein schüttele und was rauskommt. Mit den Beschreibungen geht man an die Behörde und spricht es mal vorab durch. Eine Freigabe kriegen Sie aber da nicht, sie sind nur vorbereitet darauf. Wenn sie dann die Detailpläne kriegen, dann geht die Abarbeitung schneller. Das heißt wenn ich jetzt das mit einem Negativbeispiel Slowakei anschau, kleine Gemeinde wo wir sind, die haben nur einen Mitarbeiter, der das macht, der hat da auf seinen Tisch zehn Einfamilienhäuser, die eigentlich komplett wurscht sind, sag ich einmal und unser Werk. Die Einfamilienhäuser kosten jedes 100 Tausend Euro, Baukosten, unseres kostet 35 Millionen. Der hat das nicht vorgereicht, also der hat das, der Eingangsstempel war ihm wichtig. Wir haben dann gewartet, bis zum Sankt Nimmerleinstag. Das würde es in Österreich nicht geben. Wenn ich ihm vorher sage, wir haben ein großes wichtiges Projekt, 500 neue Arbeitsplätze zum Beispiel, dann zieht er das vor und da sind eben die Unterschiede, also auch in China sind wir dann, da war es eher der Brandschutz das Thema,

sind wir zu denen gegangen und haben dann quasi vorgefühlt, wie muss den unsere Dokumentation ausschauen, damit ihr im ersten Mal gleich zufrieden seid.

I: Und das immer noch keine Garantie dann?

B1: Das ist keine Garantie. Nein.

B2: Die endgültige Genehmigung kriegt man dann erst für was, was dasteht. Natürlich kann man sich vorher informieren und das so gut wie möglich versuchen zu berücksichtigen, aber erstens passiert immer etwas während dem Bauen, dass dann doch irgendetwas anderes wird und die Genehmigung selbst wird halt immer nur am physischen Objekt selber dann gemacht.

I: Zu welchen Zeitpunkten die jeweiligen Stakeholder hinzugezogen werden? Also der Architekt muss ja recht früh eingebunden werden-

B1: Genau, der Architekt ist ja eigentlich, also nachdem wir uns einig sind bei ZKW, was wollen wir, also mit dem Blocklayout und mit unserer Anfrage, die ist wirklich detailliert genug, dann ist es das Erste, dass man den Architekt holt und da schauen wir, dass wir einen Generalplaner kriegen und nicht einen der Architektur macht, dann der nächste macht Statik, der Dritte macht Elektrotechnik, der Vierte HVC und dann hat man erst wieder viele Schnittstellen. Wir schauen, dass wir einen Generalplaner kriegen und nicht nur das, sondern dass der Planer nicht dann Elektrik zum Beispiel, oder HVC wieder untervergift, außer es ist ein Partner, der bei ihm quasi schon das mehrfach erledigt hat. Da schauen wir darauf bei der Vergabe der Planung und natürlich auf die Ressourcen, ob der Architekt genug Ressourcen hat, das ist eigentlich fast die wichtigere Sache, weil es hat schon Baustellen gegeben oder Planungen gegeben, wo der Architekt einfach drei andere Sachen gehabt hat und unseres war dann nur die Nummer drei. Dann kann es auch nicht funktionieren. Aber Generalplaner, also wie gesagt, das ist ein schwerer Kampf bei uns, wenn man den Gewinn gegen den Einkauf ganz am Anfang, dass wir bei der Planung 30% mehr ausgeben können und die Planungskosten sind ja meistens nur ungefähr fünf Prozent von den Gebäudekosten später. Das wir dort vielleicht die 20 Prozent sind ja dann statt fünf Prozent nur mehr sechseinhalb oder so in etwa und diese eineinhalb Prozent was man da mehr ausgibt, die sparen wir am Ende des Tages ein oder vielleicht sogar bei den running costs später, weil der Architekt einfach smartere Lösungen hat. Thema wie Rückgewinnungen und solche Sachen oder Photovoltaik oder was auch immer da üblich ist wo man Energiekosten sparen kann zum Beispiel. Das ist wie beim Haus bauen würde ich sagen. Ein guter Architekt kann zwar auch teuer werden, aber indem er halt etwas overengineered, aber nachdem wir wissen was wir brauchen, werden wir da eh bremsen und schauen auf die Funktionalität.

I: Noch ein paar Fragen zur digitalen Fabrik und zu den Methoden? Sie haben es schon erwähnt beim Architekten, das BIM, building information modelling-

B1: Also vielleicht nochmal die Methoden, der erste Punkt, wie wir dann planen, also wir haben da eine klare Struktur drinnen mit unserem Projektstrukturplan, mit unsere Flächenrechnungen, mit unserer Raumliste und so, das sind jetzt keine speziellen Tools, sondern Excel und was auch immer, also mit dem kämpfen wir uns durch und da gibt es dann ein Ergebnis. Das ist also die ZKW Werksstruktur sag ich einmal. Werksplanungsstruktur und dann beim Architekten, hat sich eben diese BIM Software, sag ich einmal bewährt, die eben der ATP hat, die integrale Planung, dass das simultan sozusagen oder simultane interdisziplinäre Planung dann quasi überlappend fortgeschritten wird und nicht einer wartet auf den nächsten dann, also eins fertig und dann startet der nächste, das ist uns wichtig und speziell muss ich sagen, es gibt viele Firmen weltweit, aber wenn einer schon viele Projekte, also viele gute Referenzprojekte gemacht hat und das nicht das erste Mal gemacht hat, das

ist glaube ich Grundvoraussetzung dann, weil es kann durchaus sein, dass es einen guten Architekten gibt, aber der hat das noch nie gemacht und egal jetzt was für ein Tool er hat.

B2: Aber sonst Methoden, um es jetzt beim Namen zu nennen, wir machen jetzt zum Beispiel für das neue Werk Value-Stream-Mapping, Sankey-Diagramme, das ist auch so eine Methode, die wir anwenden, um Materialflüsse zu simulieren. Was fällt mir sonst noch ein. Business Case Rechnungen kann man sicher auch als Methode bezeichnen. Wir versuchen Werkzeuge der digitalen Fabrik, wir haben generell unsere Produkte werden ja natürlich zu 100% digital gezeichnet in einem CAD-System und wir haben, das heißt teamcenter ist unser PLM, Product Lifecycle Management, das heißt da sind immer mehr und mehr Produktdaten drinnen, also angefangen von Stücklisten, zukünftig auch Prozessdaten, also wirklich zu jedem Bauteil, welche Zykluszeit auf welcher Maschine, aus was für Materialien besteht der und so weiter, wo man den Bauteil selbst schon sehr gut beschreiben kann. Der nächste Schritt wird dann sein, da arbeiten wir gerade in Richtung diese digitale Fabrik, dann auch Abläufe, Kapazitäten und vielleicht sogar ganze Fabrik digital abzubilden, digital Twin. Um da vorzugreifen, das wäre dann auch der Idealzustand sag ich einmal, dass wir wirklich auf Knopfdruck, Simulationen rauskriegt, wo man sagt, die und die Produkte wollen wir machen und das Programm sagt dann, so schaut die optimale Fabrik aus. Das wird es nie geben, aber sehr viel Arbeit steckt eben drinnen, dass sich die Produkte oft ändern, es gibt Technologiesprünge und so weiter und dann zieht das einen ganzen Rattenschwanz an Updates hinten nach. Wie gesagt, wenn sich das Produkt vorne, das ist ja quasi das erste Ding, wenn sich das ändert, dann braucht man hinten vielleicht von den Maschinen mehr, von den Maschinen weniger, folglich braucht man vielleicht im Gebäude da mehr Platz, da weniger Platz und so weiter und je besser das Ganze verkettet ist und automatisiert ist, desto schneller ist man dann natürlich auch um auf Änderungen zu reagieren und wenn man da träge ist, verliert man einfach den Überblick. Im schlimmsten Fall baut man dann was, was man vielleicht nicht optimal nutzen kann.

B1: Genau. Stichwort bauen, flexibel bauen lautet da bei uns die Devise. Also wir nehmen jetzt keine Rücksicht auf die Hallenhöhe, dass man sagt dieser Prozess bräuchte nur sechs Meter, der andere braucht zwölf Meter, dann schauen wir das wir da einen Kompromiss finden und dann sozusagen die sechs Meter auch schon zwölf Meter hoch bauen und dann später wenn wir diese Prozesse wegstreicht und andere hinkriegt, dass wir eben zum Beispiel Kunststoffbereich braucht einen Kran oben drüber. Der braucht meistens die größte Hallenhöhe und auch die größten statischen Anforderungen. Jetzt schauen wir halt, dass wir da dieses Feld größer macht und das andere, was das nicht braucht auch größer macht und dann habe ich einen Bereich wo beide, sozusagen agieren und dann bin ich flexibel. Das kostet vielleicht ein bisschen mehr, aber wir sind dann, gerade nachdem die Scheinwerfer nach dreieinhalb Jahren wieder ganz anders ausschauen könnten oder auch können oder werden, ist ganz fix so, dass wir dann einfach reagieren können und sozusagen Plug and Play spielen innen, dass wir die Maschinen umrangieren, die haben keine Räder drauf, aber fast wie Räder, also so Spritzgussmaschinen von A nach B transportieren, das passiert sehr oft und dann habe ich eben eine Maschine die normalerweise, sag ich einmal 50 Kilowatt Strom braucht, auf der Stelle ist dann eine die 500 kW braucht, also das Zehnfache und das muss das System auch können. Beim Kühlwasser ist das gleiche und beim Kran, bei der Traglast auch wieder, also da muss man einfach dann flexibel bauen und immer modular und erweiterbar. Sprich wenn man eine Kühlenergie brauchen, dann darf das Kühlsystem, wenn man mehr Kühlenergie braucht darf das Kühlsystem nicht in sich zusammenbrechen, sondern muss modular erweiterbar sein. Das ist ganz wichtig plus Backup. Jetzt haben wir eh schon ganz schön viel. Backup heißt immer Minimum eins plus eins, also eine ist im Laufen, eine Maschine, eine habe ich auf Standby.

B2: Redundanz quasi.

B1: Genau. Wenn ich mehr brauche, habe ich dann irgendwann eine Zweite, habe ich zwei plus eins, laufen zwei und eine ist Reserve und irgendwann habe ich fünf plus eins zum Beispiel in Volllastdauer. Das ist fast bei jedem Medium was wir haben also, nur beim Strom gelingt es uns noch nicht ganz so, weil da bräuchten sie zwei Einspeisungen und irgendwo gehen die zwei Einspeisungen wieder zusammen, in Wieselburg haben wir ein Glück, dass das zwei Kraftwerke sind, verschiedene, eins kommt von Norden, eins von Süden und man kann es koppeln. In China probieren wir es gerade, dass wir eine zweite Einspeisung kriegen, aber fast überall scheitern wir, weil es dann ein paar Kilometer später eh schon wieder zusammen geht und wenn dann da etwas passiert, dann haben wir wieder keinen Strom. Also man schaut, dass man nicht tot ist beim Produzieren, wenn irgendeine Kleinigkeit ausfällt. Ringleitungen bei der Druckluft zum Beispiel.

I: Wie trackt man das zum Beispiel? Also da gibt es Methoden in der digitalen Fabrik für das Monitoring, Visualisierungsmethoden, wird da irgendetwas eingesetzt?

B1: Auf jeden Fall. Wir haben ein Gebäudemonitoring, also eine Visualisierung, wo jeder Prozess, also Elektrik, Druckluft, Kühlwasser, da haben wir mehrere Systeme, dann Wasseraufbereitung, wir brauchen durch die Spritzgusswerkzeuge, kannst nicht einfach Leitungswasser durchlassen, sondern das muss entmineralisiert werden und eine gewisse Härte haben, also das muss aufbereitet werden und da gibt es eine Visualisierung und das Team Facilitymanagement muss da aufpassen, dass das funktioniert.

B2: Aber auch bei den Produktionsprozessen haben wir da sehr viel was man vielleicht Industrie 4.0 nennen kann. Das ist ein sehr weiter Begriff, aber grundsätzlich Prozessvisualisierung beziehungsweise Betriebsdatenerfassung, das heißt alle unsere Produktionsprozesse sind, der eine mehr der andere weniger in irgendeiner Weise an IT-Netzwerk angeknüpft wo wir dann Auswertungen machen können, Prozessdaten einsehen können, Spritzgussmaschinen ist da ein Paradebeispiel, also da kann man von vor drei Jahren noch Daten auswerten und sehen was eine bestimmte Produktion, welche Zykluszeiten die gehabt hat, wieviel Ausschuss da war und so weiter, ist aber auch notwendig heutzutage, einfach um die Anforderungen an Ausschuss und Verfügbarkeit der Maschinen sicherstellen zu können. Man braucht einfach sehr viele Daten, um sich noch weiter verbessern zu können. Ausschussanalysen, Zykluszeiten reduzieren, Rüstzeiten reduzieren, so Dinge.

I: Wie reagieren Sie da auf Veränderungen? Also angenommen es gibt ja in der Produktion jetzt Veränderung, es kommt irgendein neues Bauteil, das jetzt anders gefertigt werden muss, wie gehen Sie solche Veränderungen an? Also simulieren Sie das im Vorhinein, oder wie stellen Sie zum Beispiel hier die Produktionslinie um?

B1: Prototypen machen wir da meistens. Also wenn wir jetzt zum Beispiel die Silikonfertigung anschaut, was neu ist bei uns, dann kaufen wir zuerst eine Prototypenmaschine mit einem Partner zusammen, Spritzgusslieferant Firma Engel und man probiert das, also da gibt es unsere Kollegen, da gibt es eine eigene Vorentwicklungsabteilung, die das dann sozusagen industrialisieren und erst wenn es industrialisiert ist, dann verkaufen wir das einem Kunden, Audi oder so.

B2: Genau, aber es gibt laufend eigentlich eine Masterplanung, auch in den bestehenden Werken, wo laufend einfach angeschaut wird, was gibt es an Flächenbedarfen in Zukunft, neue Produkte, neue Maschinen, wo gibt man die hin, wie ordnet man sie optimal an. Da sind sehr, sehr viele Menschen damit beschäftigt, einerseits mit der Planung, also es gibt in Wieselburg, ich glaube sechs oder sieben Mitarbeiter die nur eigentlich, wir nennen es Werksplanung oder Integrationsplanung, die sich nur mit Werksumbauten, neuen Maschinenintegrationen, also nur von der Seite, Behörde und Layout eigentlich und Ausführung beschäftigen. Also wir bauen irrsinnig viel um in Wieselburg, jedes Jahr und das ist wie gesagt ein laufender Prozess eigentlich. Wir haben, weiß ich nicht, einige

Tausend Artikelnummern, sicher weit über tausend Kunststoffwerkzeuge und da ist jede Woche irgendwo eine neue Maschine da, oder eine weg. Das ist-

B1: Historisch gewachsen kann man sagen, Wieselburg, weil man hat früher nicht diese Strategie gehabt, dass man so ein riesiges Wachstum hat und in Wieselburg hat man immer nur dazu geflickt, das war immer ein Flickwerk, also ohne Strategie baust halt nur so viel dazu, was der Kunde braucht jetzt momentan und nachdem man nicht einen Kunden hat sondern zehn, ist heute eine Halle dazugekommen und ein halbes Jahr später die Zweite und wieder ein halbes Jahr später die Dritte und was ist rausgekommen, vom Value-Stream, das ist ein Spaghetti-Diagramm, also Spaghetti-Materialfluss kommen und das versucht man wieder aufzulösen jetzt, indem man sehr viele Maschinen dann um rutscht, dann wenn du Maschinen um rutscht, also Spritzguss speziell, der braucht extrem viel Infrastruktur. Der braucht nicht nur den Strom, der braucht nicht nur Druckluft was Standard ist, der braucht zwei verschiedene Kühlwasseranschlüsse für Maschine und für das Werkzeug, der braucht einen Kran, der braucht Bodenlasten, also statische Gebäude. Spritzguss ist nicht gleich Assembly, das ist ein riesiger Unterschied und wenn man jetzt in der Firma Spritzgussbereiche um schiebt, dann geht man voll in die Gebäudesubstanz rein und das machen wir da, darum ist Wieselburg da im Moment, das wird gerade entflechtet alles und das passt dann wieder für ein paar Jahre und in fünf Jahren schaut das wieder anders aus meistens.

I: Gut. Dann haben wir glaube ich auch zeitlich schon genug Information schon genommen. Die letzte Frage ist für mich besonders wichtig und zwar, jetzt aus Ihrer Erfahrungssicht. Wie würde so die zukünftige Fabrikplanung, aus Ihrer Sicht funktionieren? Also was würden Sie anders machen, wie würden Sie, wie stellen Sie sich wirklich die zukünftige Fabrikplanung vor? Also die Probleme die Sie eben, die Erfahrung mit Problemen, die Sie gemacht haben, also diese wirklich ausmerzen, soweit es möglich ist.

B2: Ich habe etwas im Kopf, ich meine, ist eh vorhin auch schon gefallen, das Thema Frontloading, also gute Planung ist durch nichts zu ersetzen glaube ich. Je besser wir vorbereitet sind in alle Richtungen zur Behörde, zum Architekten, zu den Kunden, desto besser und desto effizienter können wir das Ganze umsetzen, also viel Arbeit vorher reinstecken, was wollen wir, was brauchen wir, die Fühler ausstrecken überall hin. Vorfühlen in unsere Forschungsabteilungen, was brauchen wir vielleicht in fünf Jahren für Anforderungen, dass wir da einfach schneller vorankommt und konkrete Daten zur Verfügung hat.

I: Die Kommunikation vielleicht zwischen den Mitarbeitern, ich weiß nicht wir haben das schon einmal angesprochen, aber gerade die Kommunikation zwischen Architekten und zwischen den internen Fabrikplaner, oder Generalplaner. Wie findet die heutzutage, also wie findet die statt heutzutage? Weil, ich schätze mal, nur einmal im Monat, oder einmal alle zwei Wochen sich zusammen mal zusammentreffen, damit alle auf den gleichen Stand kommen, wird vielleicht ein bisschen zu wenig-

B1: Es gibt mit dem Generalplaner, eigentlich intensive Kommunikation, das ist, also man muss als erstes einmal ein Kommunikationsplan machen, wer kommuniziert mit wem und da würde ich sagen, ganz klar kanalisieren. Auf jeder Seite einen, der den Schriftverkehr quasi sammelt und dann zum anderen treibt und der verteilt ihn wieder intern, das ist mal das wichtigste überhaupt und keiner der hinten rum kommuniziert. Das was wir heute schon angesprochen haben, das ist eine ganz wichtige Geschichte, dann eine gute, also es muss auch beim, wenn man E-Mail jetzt anschaut, im E-Mail, im Betreff schon drinnen stehen, um was geht es eigentlich, also immer das, da muss man sich um Abkürzungen kümmern, dass man weiß, dass man nicht später suchen muss, also um welches Feld geht es, geht es um Elektrik, geht es um Statik, oder welche Sachen, oder geht es um Änderungen, dass man Änderungen mit trackt, nummeriert, also das sind einfach Spielregeln, die muss man sich

am Anfang ausmachen und je besser der Projektmanager ist, an beiden Seiten, umso besser wird das funktionieren. Und wenn es Spielregeln gibt, heißt noch immer nicht, dass sie eingehalten werden, wenn die Disziplin nicht passt der einzelnen Leute, also im Prinzip wenn du Spielregeln hast und die Disziplin passt, kann eigentlich nichts schief gehen und es gibt auch positive Beispiele wo das alles funktioniert hat und das sind meistens dort wo die Strukturen, komplett neu sind, sprich wir haben Greenfield. Du hast einen neuen Mitarbeiter, Hausnummer, wir planen jetzt vielleicht in Rumänien ein Werk oder wo und du hast schon ein paar und du erklärst denen wie das zum Funktionieren hat, dann macht der das auch. Wenn du das mit Österreich machst, wo der schon zwanzig, dreißig Jahre in der Fabrik ist, im Werk ist, dann macht der seine eigenen Wege und je mehr Köche, dann kommt das Sprichwort, viele Köche verderben den Brei. Also schauen, dass man das Team klein hält und dann wird es funktionieren und natürlich brauchst du, wenn das Team klein hast, brauchst du erfahrene Leute, dass kommt halt da dazu.

B2: Aber ich glaube das ist jetzt nicht nur eine Problematik von der Werksplanung, sondern generell von Großprojekten einfach und mir ist noch ein Stichwort dazu eingefallen, single point of truth, dass genauso wie eine genau definierte Kontaktperson gibt auf beiden Seiten, auch genau definiert ist, zum Beispiel Layout, wo findet man das aktuell gültige Layout zum Beispiel. Welcher Stand gilt, weil sonst wie gesagt, ruft der den an und ich brauch das und das noch und dann hat man sieben verschiedene Layouts und keiner weiß mehr was ist jetzt gültiger Stand oder nicht, dann plant vielleicht der Elektriker mit einem Layout, das schon veraltet ist und der Installateur mit einem anderen und im Endeffekt passieren entweder Fehler, die viel Geld kosten, oder es geht viel Arbeit einfach ins nichts und das ist glaube ich generell ein Problem von Großprojekten oder Herausforderungen.

B1: Genau. Filename, Revisionsstand, das sind da die Themen.

I: Also eine ordentliche Dokumentation.

B1: Wenn ein Filename steht, aktuell Layout, dann rufe ich ihn schon mal an was er mit aktuell meint, weil übermorgen ist es nicht mehr aktuell und das heißt aber auch wieder aktuell, zum Beispiel. Also da geht es schon sehr ins Detail schon jetzt, aber eigentlich ist es Hausverstand und das wichtigste ist, es hat halt mit Kultur was zu tun, wenn die Kultur ähnlich sind auf beiden Seiten, dann wird es eh funktionieren, aber sehr oft sind die Kulturen anders bei uns, wenn man international ist und Chinesen zum Beispiel sind sehr bedacht, wenn du denen sagst und so wollen wir das haben, dann machen die das auch. Wirklich, die sind vielleicht von Haus aus nicht, ich will nicht sagen so gescheit, aber es fehlt da sehr viel am Anfang, aber die sind einfach diszipliniert nachher, in Mexiko ist genau das Gegenteil der Fall. Die sind von Haus aus wesentlich besser und du glaubst der hat super Erfahrung und alles und ist gut aber die haben keine Disziplin und das sind so die extremen Gegensätze. Slowakei ist auch wieder mit sehr vielen Nachteilen behaftet, Österreich sind eingefahrene Spuren schlecht, also es hat jedes Land seine Für und Wider. Möglichst, wie soll ich sagen, Lessons learned sofort, habe ich mir notiert, einarbeiten, also wenn man eine Baustelle oder ein Projekt beendet hat, sofort, genau das was wir heute gesagt haben, die Fehler oder was auch immer gemacht haben, die Probleme niederschreiben und Verbesserungsvorschläge einbringen, das haben wir bei unserer Anfrage gemacht, bei unserem Lastenheft. Jeder Architekt sagt, das Lastenheft ist sehr detailliert, ja klar, es ist immer detaillierter geworden, weil, wenn es nicht so wäre, dann hätte der Architekt ja zu viel Freiraum und damit wir dem mitteilen können, was wollen wir, müssen wir da sehr viele Details reinschreiben.

B2: Und das ist auch sicher eine große Stärke von unserem Planungsprozess, sag ich einmal, dass wir wirklich, wie gesagt, wir haben ein Dokument, wo zum Beispiel drinnen steht wie das Gebäude jetzt ausschauen soll und wenn es Probleme jetzt gibt oder Fehler gibt, fließen die immer wieder da rein.

Also wenn, keine Ahnung, angenommen irgendwo gibt es einen Bruch in der Bodenplatte, weil sie zu dünn dimensioniert wurde, dann lernt man daraus und bei der nächsten Anfrage wird schon darauf hingewiesen, quasi klassisches Lessons learned, das ist glaube ich ganz wichtig.

B1: Oder der Grünbereich, ganz was Einfaches, im Außenbereich hast du einen Grünbereich, ist das jetzt ein Rasen, der angesät wird, oder muss der schon der Rasen stehen, heißt das da musst einen Rollrasen hingeben, wie schauen die Sträucher aus, sind das so kleine Pflanzen oder sind das schon richtige vier Meter hohe Bäume und solche Sachen, die muss man dann definieren, genauso die Beleuchtungen. Also Beleuchtungen sind meistens vorgeschrieben vom Gesetz, dort wo Leute gehen können, oder fahren können, brauchst eine gewisse Beleuchtungsstärke, da musst du dann reinschreiben, Beleuchtung gemäß Lokalgesetz zum Beispiel, da haben wir keine Vorgaben. Wir werden nicht sagen, wir brauchen da ein super Luxus Licht, obwohl wir Licht herstellen, aber, also es gibt den Spagat zwischen Anforderung bei Law, also bei Vorschriften und Gesetze einzuhalten, das ist alles was mit Brandschutz zu tun hat, da wollen wir nicht sprengeln, wenn wir es nicht brauchen zum Beispiel und andererseits aber wieder, dass wir das kaufen, was wir, dass uns der Generalunternehmer nicht über den Tisch ziehen kann, schreiben wir genau rein, dass wir Türen haben die halt so ausschauen wie die und nicht irgendwelche Holzpaneele oder was.

B2: Zum Beispiel in Mexiko haben wir gebaut, das sind dann Türen eingebaut worden, die man nicht einstellen kann. Das heißt die haben zur Gebäudeabnahme super funktioniert und paar Monate später beginnen die dann zum Hängen und streifen am Boden und man hat keine Möglichkeit mehr, das einzustellen. Das wäre so klassisch was man dann wieder in das Lastenheft reinschreibt, alle Türen müssen einstellbar sein zum Beispiel.

B1: Genau, oder in China gibt es die meisten Waschbecken haben nur Kaltwasser, beim ersten Bauprojekt und wir wollen sich die Hände waschen, da kommt eiskaltes Wasser herunter, da kannst du dich nicht waschen, da haben wir reingeschrieben beim nächsten Mal, alle Waschbecken mit Warm und Kaltwasser und solche Sachen.

I: Das bedeutet doch, vor jedem neuen Projekt und so weiter sieht man sich das Lastenheft vom alten Projekt an und schaut wo die Fehler waren oder wie funktioniert dieses Lastenheft genau?

B2: Das ist ein lebendes Dokument eigentlich.

B1: Wir haben Quellfiles sozusagen und das Quellfile ist immer das neueste.

B2: Das wird quasi laufend erweitert.

B1: Es war einmal eines, das ist neutral gehalten, das ist eigentlich eh, irgendwann wird das neutrale definiert als jetzt zum Beispiel Osteuropawerk, jetzt steht zwar noch nicht genau drinnen wo wir bauen, aber jetzt haben wir halt dort wo der Standort hinkommt, steht halt dann Osteuropa und sonst ist nichts dort, also ein Location-neutrales Lastenheft und das werden wir dann, später dann, verbessern.

I: Da passt jetzt, glaube ich die Frage nochmal besser, ich weiß, ich habe sie schon einmal gestellt, aber gerade, weil Sie das mit dem Lastenheft sagen, das Lastenheft wird jetzt kontinuierlich aktualisiert und anhand von dem macht man neue Projekte, wie könnten Sie das wirklich in der Zukunft vorstellen, durch die Digitalisierung? Also wie, es wird ja nicht immer so bleiben, dass man sich nur an einer Dokumentation richtet, oder nur an dem Lastenheft richtet. Wie könnte man sich durch die Digitalisierung diesen Prozess in der Zukunft vorstellen? Den könnte man ja vielleicht beschleunigen?

B1: Beschleunigen, weiß ich nicht, weil das Dokument gibt es ja, das ist ja nicht nur ein Dokument, es sind auch sehr, sehr viele Beilagen. Im Lastenheft sind dann noch auf 20 Beilagen verwiesen und zum Beispiel jetzt Druckluft, ist nur als ein Beispiel zu nennen, wie die Druckluft zum Ausschauen hat, dass die einen gewissen Druck haben muss, ja klar, aber auch Ölgehalt, welche Filter da drinnen sind, ob es da Absperrhähne gibt, dass ich dann irgendwelche Segmente abstelle, also das ist eine relativ detaillierte Sache, noch dahinter. Die haben wir eigentlich und die wird ständig verbessert, sag ich einmal.

B2: Und ich glaube das wird auch nicht in Zukunft irgendwie anders aussehen.

B1: Wir würden da nicht irgendwie mehr Zeit gewinnen jetzt, weil das ist nicht wirklich die Arbeit. Das Lastenheft haben wir ja.

B1: Und es ist auch wichtig, dass das in geschriebener Form irgendwo dokumentiert ist. Das ist wie eine Vertragsunterlage. Also da sehe ich jetzt keine Vorteile in Zukunft irgendwie durch eine digitale Fabrik, wie gesagt, die Vorteile die ich sehen würde, ist eher dass man schneller wird in dem ganzen Regelkreis, neue Anforderungen, neue Produkte, was ist die Auswirkung hinten raus weil aktuell zum Beispiel, wir haben für ein neues Werk vier Zielprojekte definiert, auf der Basis gibt es eine Planung der Fabrik quasi und wenn jetzt morgen ein Projekt wegfällt, weil sich der Kunde für einen anderen Lieferanten entscheidet zum Beispiel, dann löst es eben diese Kette aus, dass da extrem viel aktualisiert werden muss und das dauert dann unter Anderem, zwei, drei Wochen vielleicht, bis man wieder alles durchgerechnet hat, die Quadratmeter, wie viele Maschinen braucht man und so weiter und ich glaube da ist sehr viel Zeit und Potential drinnen, einfach dass man schneller reagieren kann und immer auch weiß, immer einfach aktuelle Daten hat.

B1: Das ist jetzt ZKW intern die Geschichte. Das Gleiche ist ja beim Architekten, der Architekt plant ja quasi so Ziehharmonika-System, wir werden eine Fabrik brauchen zwischen 20 und 30 Tausend Quadratmeter und irgendwann gibt es einen Tag X, da sagen wir und jetzt sind es genau 23. Der Architekt sollte auch mit einem Knopfdruck genau diese bill of material auswerfen können zum Beispiel, wenn er eine gescheite Software hat, dass wir wissen, wie viel Kubikmeter Beton, das wir brauchen, wie viel Fenster und so weiter, haben wir zuerst schon durchgegangen und der braucht dann auch mitunter sehr lange. Da kommt es jetzt drauf an, was hat er da, für ein System.

Experteninterview-Leitfaden

Guten Tag Herr Seiberl und Herr Klaus,

im Rahmen meiner Diplomarbeit an der technischen Universität Wien, werden einige Experteninterviews durchgeführt. Mein Ziel ist es, die praktische Vorgehensweise der Fabrikplanung und die darin eingesetzten Methoden der digitalen Fabrik zu erörtern. Mit diesem Schreiben möchte ich Sie bitten, Ihr Einverständnis dafür auszusprechen, dass Sie befragt sowie unser Gespräch aufgezeichnet wird!

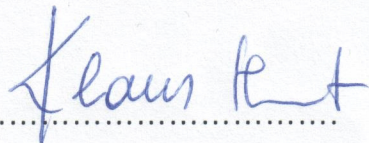
Mit dem Experteninterview möchte ich die Unterschiede zwischen der Theorie und Praxis (vor allem auftretende Probleme und Ursachen) ermitteln sowie den Einsatz von neuen Methoden der digitalen Fabrik. Besonders interessiert mich inwieweit die Digitalisierung Einzug in die heutige Fabrikplanung erhalten hat?

Selbstverständlich werden sämtliche Daten vertraulich im Sinne der Datenschutzrichtlinien behandelt, (anonymisiert) ausgewertet und gespeichert. Ich würde mich freuen, Ihr Einverständnis zu erhalten.

Einverständniserklärung

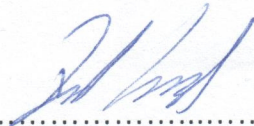
Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich im Rahmen dieser Diplomarbeit befragt werde sowie dieses Gespräch aufgezeichnet wird.

Herr Helmut KLAUS



.....

Herr David SEIBERL



.....

Wieselburg, 17.04.2019

Anhang B

Experten Interview-Fraunhofer (Transkription)

Das Interview fand am 07.05.2019 bei Fraunhofer Austria Research GmbH in Wien statt. Vor dem Interview wurde vom Interviewpartner, das Einverständnis zur Aufnahme des Gesprächs eingeholt. Die Interviewdauer betrug 53 Minuten. Das Interview wurde in einem Besprechungszimmer durchgeführt. Anwesend waren 2 Personen, ich als Interviewer und die befragte Person. Aus Datenschutzrechtlichen Gründen, werden gewisse Aussagen als Auslassung, mit ((...)) markiert.

I → Interviewer: Andrei IEREMIE

B → Befragte Person: Thomas SOBOTKA

Interview:

I: Gut. Also, wie lange sind Sie schon in der Fabrikplanungsbranche tätig?

B: Kommt darauf an, von wo man es zählt. Also ich habe es grundsätzlich vom Studium schon gemacht, nebenbei bei Fraunhofer in Rostock gearbeitet, da ging es aber eher um Rohstrukturen, also eher Fabrikplanung für Werften. Das heißt wie kriegt man Werften von eher meistens klassischen Standorten in Europa hier her, also, auf großen Standort verteilt sind, auf Kompaktwerft-Standard gebracht, so ein bisschen Sektionsfertigung, die Auslastung der Helling, da wo das Schiff dann zusammengesetzt wird optimieren und so. Rohstrukturen und dann, ja seit in Wien, seit etwa so siebeneinhalb Jahren, um den Dreh, immer wieder. Die Fraunhofer-Struktur kennst du vielleicht so ein bisschen, das ist so eine Mischung aus Forschung und Praxis und in der Praxis gibt es halt Projekte die immer wieder großen Fabrikplanungsanteil haben und das ist über die Jahre immer wieder Thema gewesen, das ist jetzt nicht grad das Forschungsthema, an dem ich dran bin, das ist eher eine Planung und Steuerung eher in dem Bereich Methoden für die PPS und da Optimierungsmethoden und sowas zu entwickeln, aber Fabrikplanungsprojekte sind in den sieben, acht Jahren immer Begleitung gewesen.

I: Ok und wie viele Fabrikplanungsprojekte hast du schon circa betreut in diesen siebeneinhalb Jahren und welche Rolle hast du wirklich in der Fabrikplanung gespielt?

B: Grundsätzlich machen wir hier immer Systemplanung, das heißt nur mal so grob unterscheidet gibt es die große Domäne der Bauplanung, das machen wir gar nicht, also das heißt wir übergeben die Information, wir hätten gerne so eine überspannte Hallenbreite oder -Länge oder irgendwas, oder eine Raumaufteilung aber wie das architektonisch umgesetzt wird, das machen wir selbst nicht. Wir machen es, also wir kommunizieren mit dem Bauplaner aber machen das nicht, also das heißt wenn, machen wir Systemplanung und in der Systemplanung waren es Anfangs technische Aufgaben, also Layout ausarbeiten oder welche Datenaufnehmung zum, in den letzten Jahren ist unser Team unsererseits Projektleitung, also das wir unsererseits alle Aufgaben koordiniert, einfach schaut wer macht was, was ist das Ziel, wieviel Ressourcen haben wir.

I: Ok. Wie beschreibst du jetzt aus deiner Erfahrung, aus deiner Sicht den Fabrikplanungsprozess, wirklich von Anfang an? Also wie würdest du ihn jetzt einfach beschreiben?

B: Ich muss jetzt aufpassen, um nicht im Widerspruch zu unserem Standardvorgehen zu gehen, vielleicht, kennst du das Standardvorgehen was wir bei Fraunhofer nutzen?

I: Ich habe jetzt die VDI-Richtlinie ausgearbeitet.

B: Ja die ist da sehr nah dran.

I: Ich weiß, aber die habe ich halt schon ausgearbeitet, wenn möglich, wirklich aus praktischer Erfahrung, einfach, wie dieser Fabrikplanungsprozess abrennt.

B: Wir können das aber trotzdem, vielleicht, kurz auf den Bildschirm nebenbei anzeigen, weil A, ist dann die Gefahr, dass man Sachen übersieht nicht so groß und B, hat man dann vielleicht das Bild dazu, kann ich ihnen dann im Nachhinein noch mitgeben einfach. Grob ist es halt vom, man beginnt mal mit einer Klärung, was soll überhaupt geplant werden. Wir sind nicht immer in vollem Umfang involviert, teilweise sollen wir zum Beispiel auch nur Materialfluss klären oder wir sollen irgendein neues Produktionsverfahren vorab digital planen und optimieren und dann wird es integriert in die Fabrikplanung. Ich gehe jetzt mal von dem Fall aus, dass wir wirklich vollständig beauftragt sind, die Systemplanung zu machen. Da klärt man zu Beginn die Planungsgrundlagen, das heißt welche Ressourcen hat man, wieviel Zeit hat man, welche Termine stehen bezüglich Einreichplan und wann ist der Start der Produktion geplant, was ist an Vorarbeit schon passiert, ist schon ein Grundstück ausgewählt, oder wenn es eine Brownfield-Planung ist, was soll erweitert werden, wieviel neuen Platz hat man, wieviel Budget hat man, ist auch nicht ganz unwichtig. Danach geht es ganz grob in die Phase Idealplanung, da schaut man sich eigentlich die, da schaut man sich einfach mal alles an, man hat alle Bereiche die man verplanen muss, man hat die Materialflüsse dazwischen und man schaut sich das mal so an als gäbe es keine Restriktionen und der Grund warum man das macht ist, wenn man von Beginn an mit Restriktionen planen würde schränkt einen das in Denkvarianten ein, das heißt wir gehen wirklich erstmal in das Idealszenario, nutzen dafür zum Beispiel auch Software für Layoutoptimierung und ordnen mal alles so an wie wir es gerne hätten und das ist dann quasi unser Benchmark für alles weitere. Das Vorgehen, das ist sehr nahe an der VDI. Das vorhin beschriebene ist die Projektinitialisierungsphase, wo der Umfang geklärt wird, sind wir jetzt voll für die Systemplanung verantwortlich oder haben wir nur einen kleinen Aspekt, zum Beispiel Materialflussoptimierung. Die zweite Phase, ebenfalls vergessen, ist die Strategie- und Zielfestlegung, also da klärt man, hat das Unternehmen sich schon selbst darüber Gedanken gemacht was es überhaupt will. Weil viele kommen und haben eventuell schon ein Grundstück oder haben schon das Gebäude grob geplant und wenn wir dann fragen, ok, was soll das abdecken, soll das einfach nur Wachstum abdecken, soll das neue Produkte abdecken, soll das, also es ist einfach die Frage, hat sich das Unternehmen überlegt, was soll damit erreicht werden, welchen Zeitskalen, wofür brauchen wir eigentlich dieses Gebäude weil das relativ viel klärt im Nachhinein, also viele Fragen die dann in späteren Phasen aufkommen sind eigentlich, je besser diese Phase hier Strategie- und Zielfestlegung geklärt ist, desto besser und das ist eine unangenehme Phase für die Unternehmen weil wir da eigentlich den Ball zurückspielen müssen an die Geschäftsführung, an das Management und fragen was wollt ihr eigentlich? Was erwartet ihr? Wieviel Unsicherheit auch, wenn ihr es nicht sagen könnt wieviel Unsicherheit erwartet ihr bezüglich zum Beispiel Mengen- oder Typenflexibilität von Produkten oder wie sich Märkte entwickeln und auch was Technologie angeht. Es ist in dieser Phase eine Möglichkeit wo man in Erwägung ziehen kann zum Beispiel, sollen es einfach nur zum Beispiel im Fall einer Greenfield-Planung ein altes Werk ist zu klein geworden, man hat sich für eine Greenfield-planung wo anders entschieden oder man legt zwei Werke zusammen, dann ist die Frage wollt ihr genauso fertigen wie bislang gefertigt habt oder wollen wir das ganze nochmal völlig neu denken und zum Beispiel angefangen von den Prozessanforderungen sich einen neuen Prozess zu überlegen zum Beispiel stärker automatisiert, weil da ein größeres Projekt, können wir ein Beispiel nennen in Tirol, von einem Lebensmittelproduzenten, der hat halt bislang in mehreren Standorten mit einer bestimmten Art gefertigt und jetzt in einem neuen Werk mit dem gemeinsam eine völlig neue Art zu produzieren uns überlegt, mit fahrerlosen Transportsystem dazu vorher verteilte Prozesse da sind, sind jetzt, ist durch die Automatisierung ein völlig anderer Aufbau, Prozesse teilweise integriert, also wo vorher mehrere Prozesse waren ist jetzt einer. Das sind alles solche Fragen, die man sich hier in

dieser Strategie- und Zielphase stellt und wo glaube ich auch ein großer Vorteil liegt mit jemandem wie Fraunhofer das zu machen weil, wir ein Stück weit halt in diese Technikschiene gehen können und zum Beispiel eine Technologierecherche oder Simulation von neuen Fertigungsverfahren machen können bevor wir dann überhaupt erst loslegen. Dann kommt diese Grundlagenermittlung und Szenariobildung. Da überlegt man sich ganz einfach nur ok, welche Grunddaten habe ich, welche Bereiche gehören zu den Favoriten, wie sind die miteinander verbunden und man überlegt sich ganz grobe Szenarien zum Beispiel, Greenfieldplanung oder eine Brownfielderweiterung oder eine Kombination von denen. In der Idealplanung, wie beschrieben ist dann dieses ohne Restriktion, einfach mal Materialflüsse zugeordnet und in dem Bereich spielt die Hülle eigentlich noch keine Rolle, das heißt in dem Moment ist die Fabrik eigentlich nur der Kern für einen, also das heißt, Material wird bearbeitet, geht durch und wird zu einem Produkt und die Hülle wird in dem Moment nur als, ok das muss am Ende nur um alles so rumgezogen werden, so könnte man es sich vorstellen und das Bild ist der Referenzwert für alles was dann kommt. Also das ist quasi, man ermittelt sich zum Beispiel den Logistikaufwand, der damit verbunden wäre mit dieser Idealkonstellation und in der Realplanung versucht man sich dann an Restriktion zu halten und versucht das Konzept aus der Idealplanung so gut wie möglich, ohne Verluste, in die Realplanung zu leiten. In der Realplanung kommen verschiedene Dinge dazu, entweder man hat schon Grundstück, oder man hat ein Budget oder man hat im schlimmsten Fall schon eine komplette Halle, in dem man sich dann nur noch anpassen muss. Also hier kommt jetzt einfach eine ganze Menge Restriktionen rein, die in der Realität da sind und versucht das so gut wie möglich da rein zu fitten.

I: Bei der Idealplanung habe ich kurz eine Frage und zwar ist es so, dass auch bei der Idealplanung verschiedene Varianten erstellt werden und von diesen verschiedenen Varianten wird dann eine Idealplanung dann ausgewählt und dann davon verschiedene Realplanungen? Weil das jetzt ausmultipliziert ergibt das sehr viele Planungen.

B: In einem Idealfall würde man am Ende der Idealplanung mit einem, nämlich mit dem Idealszenario enden, also das heißt man macht sich vielleicht ein paar Optionen oder endet gleich, je nachdem, kommt ein bisschen darauf an welches Verfahren man anwendet, es gibt halt so ein paar Heuristiken, also in der Fabrikplanungsübung bei uns lernt man so ein Verfahren nachdem man das, ja das sind Heuristiken indem man Bereiche optimal zueinander anordnen kann. Wir nutzen das Verfahren schon auch, das nennt man zum Beispiel so ein Dreiecksverfahren. In der Praxis nutzt man relativ häufig eine Softwareunterstützung dazu und ordnet Bereiche schon so an und macht die Optimierung eigentlich nach dem Logistikfeedback was wir bekommen, also das heißt man hinterlegt ein Materialflussmodell, die Bereiche sind also logisch miteinander verknüpft, fließt Material und die Software gibt dann Feedback, wie gut ist jetzt die derzeitige Konstellation und über verschieden und über Optionen kommt man dann zu diesem Knowhow. Im Idealfall kommt man wirklich zu dem einen Szenario von dem man glaubt, es ist das Beste und dann geht man in die Realplanung und da fächert man es wieder auf und sagt naja, genauso wie wir es ursprünglich mal überlegt haben geht es eh nicht, das macht keinen sinnvollen, das ergibt keine sinnvolle Gebäudehülle, verletzt allerlei Restriktionen, ist viel zu teuer, keine Ahnung. In der Realplanung schaut man dann also ok, mit welchen Optionen könnte ich so nah wie möglich an ein gutes Ergebnis aus der Idealplanung anknüpfen, das kann zum Beispiel im klassischen Fall sein, dass man eine Längsanordnung einer Fabrik versus einer eher quadratischen Anordnung oder eine CAM-Struktur versus eher kompakte Bauform, also kann man eine ganze Menge Überlegungen dazu geben. Die bewertet man dann auch wieder und da am Ende der Realplanung ist dann schon ein, ist eigentlich das was man für eine Einreichungsplanung nehmen kann, das heißt da ist eine Gebäudehülle da, wo zumindest grob klar ist ok, wie groß müssen die Hallenbereiche sein, Hallenhöhe ist in der Regel auch schon festgelegt, man sagt ok, für Lagerbereiche klassischer Weise eher höhere, Fertigung macht man sich zumindest grundsätzlich Gedanken was an Infrastruktur notwendig ist für die Fertigung, also brauch ich zum

Beispiel irgendwelche Eigenbau oder saubere Bereiche die man dann abtrennt und wo man Medienversorgung von unten und oben sicherstellt zum Beispiel, oder brauch ich das nicht, sind Fenster benötigt, zum Beispiel für Montagebereiche, indirektes Licht, direktes Licht, ganze Menge Fragen aber auch wo kommt technische Gebäudeausstattung hin und so etwas und achso, gibt eh ein paar Visualisierungen dazu, das Erste wären, einfach das man sich ein bisschen an die Bilder hält, das Erste wäre genau diese Phase der Projektinitialisierung, wo man sich einfach mit dem Kunden oder mit dem planenden Unternehmen im Auftraggeber, sich klar macht was geplant werden soll, was die Restriktionen sind. Danach geht es um diese Strategie- und Zielfestlegung, wie gesagt ganz grob die Frage, wollen wir noch so weiter produzieren und-

I: Werden hier auch schon digitale Methoden angewendet?

B: Hier kann man digitale Methoden anwenden.

I: Auch gerade bei der Kommunikation zwischen den ganzen Beteiligten und so weiter oder-

B: Da spielst du jetzt wahrscheinlich auf Projektmanagementwerkzeuge hin, ja also wir nutzen klassische Projektmanagementsoftware ja, aber Kommunikationsmethoden im Sinne von jetzt Kollaborationen, Austausch ist noch nicht sehr stark verbreitet, also in der Praxis ist Email noch sehr oft der und wenn es, also was wir schon haben ist, wir haben in aller Regel für jedes Projekt einen Austauschserver, das heißt gemeinsamer digitaler Ort wo man Dokumente ablegt und gemeinsam darüber sprechen kann, aber jetzt als moderne Tools kommt da, was die Kommunikation angeht noch nicht zum Einsatz in der Praxis, in der Regel. Es ist ein Stück weit glaube ich davon abhängig wer das anwendet, wir sind halt Ingenieure und damit haben wir einen relativ schnellen, einen technischen Zugang, das heißt was wir schon in dieser Phase machen wäre zum Beispiel sich eine Simulation anzuschauen, das heißt wenn man drauf kommt ok, man kommt in der Strategiedefinition darauf, man möchte anders produzieren und es gibt die Möglichkeiten dazu, dann wäre in der Phase und in der darauffolgenden, würde das dann bedingen, dass man zum Beispiel Simulation nutzt und dann würde das bedeuten ok, digitales Planungstool kommt zum Einsatz. In dieser Phase sind es oft klassische, also rein wirklich in dieser Phase genutzte Tools sind oft klassische Dinge wie Entscheidungsmatrizen, Portfolios, immer wieder Diagramme um man sich irgendwelche Entwicklung, Stückzahlenentwicklung, Prognosen deutlich macht und super beliebt eine Nutzwertanalyse zum Beispiel, dass man sich bestimmte Prioritäten klar macht. Das wichtige hier ist eigentlich aus dem Management oder vom Auftraggeber möglichst viel Information raus zu bekommen was er eigentlich will mit dem Projekt, weil das ist oft etwas worüber sich das Unternehmen nicht so viel Gedanken gemacht hat, also die Frage wie sieht Ihre Produktentwicklung in den nächsten Jahren aus und was bedeutet das für das Werk, ist eine die sehr ungern beantwortet wird weil es mit viel Unsicherheit verbunden, aber rein sich dieser Unsicherheit bewusst zu sein und auch zu wissen ok, ich kann dann für fünfzehn Jahre dann nicht einfach irgendwie super stark planen sondern muss eine gewisse Flexibilität räumlich dann auch vorsehen, zum Beispiel, ja das ist die Phase. Jetzt haben wir deswegen wieder, ein bisschen, einen Sprung. Grundlagenermittlung und Szenariobildung, ja das was jetzt hier beschrieben ist wäre zum Beispiel dieses, man schaut sich Grundstücke an, man schaut sich die Wertströme an, also man schaut sich die Produktflüsse nochmal an, nimmt es, wenn vorhanden, von bestehenden Standorten auf wie jetzt produziert wird und kann in den Szenarien zum Beispiel eben mit einer Simulation dann neu Zustände abschätzen.

I: Weil du es angesprochen hast und zwar, dass die Unternehmen meist noch keine Strategie haben aber eventuell schon ein Baugrund haben, einfach nur, wo vielleicht die Infrastruktur nicht passt, wie löst man dann nun so ein Problem zum Beispiel? Also wenn die Strategie nicht zum Unternehmen passt und sie haben trotzdem ein Baugrund, nicht ideal, schon ausgewählt und sie haben es schon zur Verfügung, was macht man dann in solchen Fällen?

B: Im Zweifel Augen zu und durch (lachen). Naja, wir kommen in einem gewissen Planungsstadium dazu, also wir hatten bislang noch nie den Fall, dass man wirklich sagen musste ok, damit kann man gar nicht arbeiten, also das was ihr vorhabt passt überhaupt nicht zu dem was ihr jetzt schon an Fakten geschaffen habt. Meistens findet man halt irgendeine Lösung, ist ein Stück weit ja unsere Aufgabe, dass wir eine Lösung finden, wenn etwas ungünstig gelaufen ist. Also wir haben auch schon den Fall gehabt, dass wir sogar nach schon einer erfolgten Fabrikplanung, zum Beispiel für einen Automobilzulieferer dazu gerufen wurden und die Logistik wurde nicht im ausreichenden Maß mitgeplant und wir waren dann halt die Feuerlöscher die irgendwie ein schlaues Planungssystem für die Logistik entwickelt haben, sodass man mit dem Platz doch einigermaßen hinkommen. Es ist immer unterschiedlich hier, Levels von Feuer löschen. Feuerlöschen kostet immer auch Geld und insofern ist es einfach besser, wenn man es vorher bedenkt, also wenn man die Systemplanung macht bevor man sich ein Grundstück anschaut, erspart man sich halt möglicherweise einfach Feuerlöschen danach. Wir haben von strategischen Partnern oder Firma und den Bauplanern mit dem wir schon zusammengearbeitet haben, haben wir ein Beispiel mal genannt bekommen, da waren wir nicht beteiligt, wo es wirklich so war, dass der sich ein Grundstück, oder der Kunde sich ein Grundstück gekauft hatte ohne noch auch mit dem Bauplaner vorher zu sprechen und ohne eine Bauvorabprüfung zu machen wo dann am Ende heraus kam, dass das Grundstück absolut nicht nutzbar ist und dann war wirklich am Ende, musste verkauft werden und zum schlechten Preis. Wäre halt so der absolute Worst Case, hatten wir bislang noch nicht. Meistens läuft es auf irgendeine Art Feuer löschen oder innerhalb, nicht hinaus. Also je früher man die Systemplanung sauber aufsetzt, umso weniger hat man dann später böse Überraschungen zu fürchten. Gefeilt ist man nie davor. Idealplanung, ach so, hier kommen digitale Werkzeuge zum Beispiel auch ein Wertstromplanungstool, es gibt mittlerweile Tools, mit dem man das standardisiert aufnehmen kann. Sowas kommt zum Einsatz.

I: Wie wird das aufgenommen? Also mit was für Methoden? Rennt man wirklich noch mit Bleistift und Zettel durch oder gibt es mittlerweile-

B: Mittlerweile haben wir auch selbstentwickelte Tools mit dem man es eigentlich zum Beispiel auch mit dem Tablet machen kann, was oft passiert ist dann eine Mischung. Man macht mal, also man nimmt die Daten für den Wertstrom noch mit Papier auf und gibt sie dann gleich danach ein, aber man könnte es theoretisch auch jetzt schon, mit dem Tablet durch die Fertigung laufen. Was eingesetzt wird, ja in der Idealplanung kommt, also beginnt der starke Softwareeinsatz, was man jetzt als klassische Fabrikplanungssoftware bezeichnen würde. Das ist eben Software, mit der man Materialflüsse bewerten kann. Da hinterlegt man ein Materialflussmodell, das hat im besten Fall zugriff auf, oder nutzt Daten aus der Stückzahlentwicklung, nutzt Daten aus den Arbeitsplänen, das ist zum Beispielweise gewesen, Produkt aufgebaut, wie ist denn der Prozess für das Produkt und dann am Ende verknüpft mit diesem Layoutaspekt, das heißt also die Daten die ja in so einem Planungssystem, also in der Unternehmens-IT drinnen sind, was zum Beispiel in so einem PPS-System drinnen wäre, die Daten verknüpft mit einem Layoutplanungssystem, dadurch ergibt sich so ein Materialfluss-Unterriss, einfach weil es ok, X Stück gehen im folgenden Weg durch die fertigen, in folgender Station und in dieser Materialflussoftware wird das dann einfach visuell nochmal unterstützt, das heißt man sieht das, kann durch herumschieben neue Varianten generieren und kann dann nach und nach halt auf eine bessere Lösung kommen. Ist auch dann gleichzeitig ein Kommunikationsinstrument, weil man dann mit dem Auftraggeber gemeinsam darüber sprechen kann und auch die Möglichkeit hat die Leute aus der Fertigung selbst dahin zu zu holen und zum Beispiel über so grundsätzliches Layout spricht zum Beispiel auch Meister oder zumindest Schichtführer oder sowas, mithinzuführen kann. In der Idealplanung, genau, das sehen wir hier, dass Lösungsvarianten gefunden werden, das kann man zum Beispiel hier sehen, da in verschiedene Materialflüsse, das wären linienartige Materialflüsse, eher so hufeisenförmige, hier so eine

gewinkelte Sache, die Idee ist halt auf möglichst einfache und gerichtete Materialflüsse zu kommen ohne, dass jetzt irgendwelche Sonderwege und Schleifen, Schlaufen und Gegenverkehr gefahren wird. Im Reallayout, wie schon angesprochen, wird jetzt auch das Ideallayout darüber gezogen, das Tool bleibt in der Regel das Gleiche, auch da ist das Materialflussplanungstool in der Regel das, was so als, so ein bisschen den Kern bietet weil, dass ist halt das wo alle sehen was der derzeitige Planungsstand ist, man sieht die Bereiche vor sich, man sieht eventuell sogar schon richtige Anlagen und Maschinen reingestellt. Man sieht die Materialflüsse dazu und man weiß jederzeit was da für ein Logistikaufwand mitverbunden ist.

I: Wenn hier dann, kann man hier dann im Softwaretool auch die Restriktionen angeben? Das aus dem Ideallayout wirklich ein Reallayout wird?

B: Insofern, also wenn zum Beispiel ein Grundstück bekannt ist, zieht man sich das Grundstück als Hintergrundbild rein, im einfachsten Fall, es wirkt aber so, auch wirklich der häufigste Fall. Der häufigste Fall, im häufigsten Fall kriegt man dann zum Beispiel ein Grundstück oder sogar schon eine fertige Halle rein. Da wo wir wissen, ok, das ist jetzt unsere Begrenzung und mit der müssen wir arbeiten. Das heißt wir haben dann so ein wesentliches Cluster an Bereichen, indem müssen wir jetzt neu anordnen, das kann über mehrere Regionen sein, das kann sogar über mehrere Standorte sein aber im Wesentlichen ist es, wir haben Bereiche mit Beziehungen zueinander und die werden jetzt in irgendeine Restriktion gebracht. Restriktionen wie zum Beispiel Budgetrestriktionen kann man nur anderweitig berücksichtigen, weil dann müsste man ansonsten direkten Umrechnungsfaktor Kosten zu Fläche haben. Das ist zwar näherungsweise durchaus möglich, könnte man dann auch in einer Software festlegen und könnte sich quasi so ein Schattenhintergrund, dass meine Maximalfläche, für die ich Budget habe, in der Regel wird man sowas Großteils, noch in so einer Mischung machen, vermutlich relativ viel immer Excel, dass man einfach sagt ok, man hat gewisse Restriktionen, die bedeuten, ich kann zum Beispiel bestimmte Hallen nur so und so groß bauen, ich kann nur bestimmte Hallenhöhe machen und so werde ich es verinnerlichen. Das eine Softwaretool, das alles schon berücksichtigt ist noch nicht da, ist auch teilweise das woran man im Fabrikplanungsbereich entwickeln und forschen. Also jetzt zum Beispiel so eine Materialflussplanungssoftware wo mittlerweile auch selbst entwickelt, was derzeit noch Forschungsvorhaben ist, was noch nicht genehmigt ist, ist tatsächlich mit zum Beispiel der Bauplanung oder mit Bauplanern gemeinsam ein Tool zu entwickeln, das dann in späteren Phasen wie zum Beispiel der Bauausführungsplanung weiter genutzt werden kann oder sogar bis hin zur Nutzungsphase wieder herangezogen werden kann. In der Nutzungsphase gibt es, wahrscheinlich wirst du darüber gehört haben über dieses Building Information Modelling, wo man dann digitale Präsentation in 3D von einer Fabrik hat mit allen Medien, mit erweiterten zusätzlichen Informationen drin. Im Idealfall wäre es halt so, dass auch schon in der Planung dieses Digitalmodell begonnen wird und das eigentlich immer nur weiter angereichert wird bis zum Ende, da gibt es noch einige Hindernisse, die zu überwinden sind, also derzeit ist das nur der Traum quasi, also das woran wir arbeiten wollen im Forschungsbereich, Praxis ist eher, Materialflussplanungstool wird aus dem Ideallayout übernommen, im Reallayout einfach mit den bekannten Restriktionen ergänzt, Varianten werden gebildet und dann gibt es zum Einen, eine klassische Bewertung aus Logistiksicht, kann man sagen ok, das wird euch in etwa folgenden Logistikaufwand, den kann man auch noch umrechnen in Zeit, aber im wesentlichen folgenden Aufwand, zum Beispiel Transportkilometer bedeuten und dann gibt es noch eine ganze Menge anderer Faktoren die dann wieder in so eine Nutzwertanalyse einfließen und sagt, ok, zu Beginn in der Kriterienbewertung habt ihr uns gesagt, Flexibilität ist euch wichtiger als zum Beispiel, eine Sache die sie nie sagen würden, Baukosten oder sowas, Baukosten sind immer wichtig, aber zum Beispiel Flexibilität ist uns wichtiger als Lichteinfall oder Zugang zur vorderen Kantenstraße oder sowas. Dann kann man einfach Varianten untereinander gewichten, sagen ok, das gibt folgende Pluspunkte, es gibt folgende Negativpunkte, sodass man, immerhin so eine Auswahl von Varianten ist nie wirklich

Objektiv und es ist auch selten so, dass eine Nutzwertanalyse einfach wirklich kalt ausgeführt übernommen wird. Sowa hilft eigentlich mehr, Dinge die man nur im Bauchgefühl hat, explizit zu machen. Das heißt wenn zum Beispiel, versuchen das integrativ zu machen, also wir versuchen das nicht für eine Firma zu machen sondern die sind involviert in jeden Schritt, haben also alle Kriterien uns genannt, bewerten die, wir haben die Layoutvarianten gemeinsam, ein Stück weit zumindest erstellt, die Bewertung erfolgt auch gemeinsam, wenn dann am Ende das Ergebnis zum Beispiel so eine Nutzwertanalyse nicht passt, dann gibt es in der Regel Gründe dafür, also entweder es stimmen Annahmen nicht oder die Prioritäten der Ziele sind doch nicht so gewesen wie man sich es anfangs mal gesagt hat und dann hilft es ein Stück weit einfach diesen Gedankenprozess der Entscheidungsfindung einfach offensichtlicher zu machen, also das was sonst eher im Bauchgefühl ablaufen würde, dann einfach offensichtlich zu machen, zu diskutieren, zu schauen dass man da zum Ergebnis kommt. Also in der Regel so eine Mischung aus digitalen Tools im Hintergrund, die die Entscheidung unterstützen, klassische Managementtools wie eine Nutzwertanalyse, die versuchen soll, das zu objektivieren. All das hilft eigentlich nur dem System Mensch eine sinnvolle Entscheidung zu treffen. In dem Bereich geht es dann, ja was relativ häufig da dann vorkommt ist auch eine Umsetzungsplanung zu machen, das heißt zum Beispiel Bauphasen zu planen, soll alles auf ein Mal passieren, wie geht man damit um, dass zum Beispiel Produktion aufrecht erhalten werden muss, zum Beispiel für eine Brownfieldplanung, gegebenen Standort, dass muss erweitert werden, wie kann man nur so gestalten, dass die Produktion weiterlaufen kann, mit möglichst wenig Störung weiter laufen kann. Das sind Sachen, die da passieren können. Dann beginnen die großen weiteren Phasen, die Detailplanung, also dieser Part bis dahin wo wir Strategie-, Entwicklung- und Konzeptplanung nennen. Danach gehen wir in die Detailplanung. Danach folgt, wenn die Umsetzungsplanung. In der Detailplanung geht es mit, geht es eigentlich von der Bereichsebene runter auf innerhalb, also auf die Betrachtungsebene innerhalb der Bereiche.

I: Zu den Problemen noch ganz kurz. Und zwar ganz am Anfang bei der Strategieplanung, weil du gesagt hast, dass der Kunde ab und zu diese Strategieplanung noch nicht gemacht hat,-

B: Hat sie nicht wirklich tief runtergebrochen. In der Regel wird gesagt, ja ok, es gibt eine Stückzahlsteigerung oder es gibt eine Marktsteigerung, an der wir Teil haben wollen, das alte Werk ist zu klein, wir müssen bauen. Das ist im Wesentlichen die Aussage halt, irgendwer hat vielleicht sich eine grobe Überlegung dazu gemacht, das bedeutet wir wollen uns verdoppeln in zehn Jahren, oder in zwanzig Jahren und dann macht man halt irgendwas, aber wenn man das hinterfragt und sagt auf welche Produkte bezieht sich das, wollt ihr noch genauso produzieren, ist diese Produktfamilie die derzeit bei euch die hohen Stückzahlen ausmacht, ist das auch noch in zehn Jahren die, die die hohen Stückzahlen ausmacht, oder wird sich da stark was ändern aber das kann relativ starken Einfluss auf die Art der Produktion machen, also wenn ich zum Beispiel bislang in Unternehmen bin, das auch aus der Planungspraxis, das relativ universale Elektroprodukte gebaut hat und gut darin war Sonderaufträge aus allerlei Industrie zu erfüllen aber schon merke, dass nach und nach ich immer mehr für die Automobilindustrie arbeite und die Automobilindustrie baut eher integrierte Anlagen wo alles mehr oder weniger automatisiert läuft, dann muss ich mein Werksträger auch darauf ein Stück weit anpassen. Für das Eine brauche ich eher manuelle Arbeitsinseln, die sich immer wieder ändern können und für das andere brauche ich große, lange Schneisen, für die ich Platz habe, so eine automatisierte Straße da rein zu bringen. Und das, sich im Vorhinein einfach ein Stück weit zu überlegen, hilft und hilft auch für die Phase dieser Variantenbildung, eben zu berücksichtigen, wenn zum Beispiel eine neue Art zu produzieren mitüberlegt werden soll. Ansonsten halt oft, so das uninspirierteste Fabrikplanungsprojekt ist halt einfach nur einen bestehenden Standort zu nehmen, plus dreißig Prozent zu sagen und alles um dreißig Prozent größer zu machen. Aber auch nur im Zweifel auch uns nur noch um halt sicher zu stellen, dass die Annahmen für Hilfsbereiche und Materialfluss noch einigermaßen ok sind, aber im Wesentlichen ist es das dann. Spannenderes in den

aller meisten Planungen gibt es zumindest einen Aspekt davon, dass eben die Produktion nicht exakt so ablaufen soll wie sie jetzt abläuft, sondern optimiert, noch einmal nachgedacht und noch einmal neu gedacht. Das ist die Phase die man durchaus in der Strategieplanung beginnen kann, also ist da nicht abgeschlossen, klar, Strategie ist erstmal sehr grob, aber wenn man in der Strategie sagt ok, wir wollen uns auch noch einmal anders überlegen zu produzieren oder wir wissen schon, dass das anders wird, dann bedeutet das, dass man in den nachfolgenden Planungsphasen halt Zeit dafür einplant und das kann sehr viel Zeit sein. Also zum Beispiel für, wieder dieses Beispiel in Tirol, mit dem sind wir relativ früh, ist uns klar geworden, dass diese Möglichkeit gibt anders zu produzieren und das es auch sinnvoll ist und dann wurde früh klar das wir dafür einen relativ großen Planungsblock, also da haben wir fast ein Jahr glaub ich mit dem, dann diese Art, diese neue Art produzieren geplant und haben gar nicht, wir haben noch gar nicht in Fläche und gar nicht in Gebäude gedacht sondern erstmal uns wirklich, uns angeschaut ok, wie würde dann diese andere Produktion aussehen, weil die einfach so viel bedeutet hätte oder hat, dann am Ende, für das Gebäude und für die Struktur, dass alles andere verfrüht gewesen wäre. Also diese Strategiephase ist relativ wichtig um einfach, im Wesentlichen sind es diese beiden ersten Phasen. Projektinitialisierung sagt, was wollen wir überhaupt machen und diese Strategiephase geht diesen nächsten Schritt und sagen ok, wie wollen wir es machen und wofür und was sind die Nebenbedingungen und so was. In der Detailplanung geht es in die Bereich runter, das kann runter bis zum Arbeitsplatz heißen, das kann bis zu Ergonomieaspekten gehen, das kann Technik sein, immer wieder, dass wir zum Beispiel Materialfluss der zum Beispiel, klassischer Weise in vielen Spezialmaschinenbaubereichen immer noch über Kräne erfolgt und relativ viel Zusatzaufwand allein für AB-Kran oder Kran anschlagen und abschlagen beinhaltet. Zum Beispiel wo der in das Transportkonzept so integrieren mit modernen Transportsystemen, irgendwelche Transport-Pods oder fahrerlose Transportsysteme und teilweise auch einfach nur Schiebwegen aber, dass man einfach sich im Detail auch nochmal wieder Gedanken macht ist, die Art wie wir derzeit gefertigt haben, noch die mit der wir weiter fertigen wollen und das dann einfach bestmöglich auszulegen.

I: Und wenn es dann zur Umsetzungsplanung kommt wird das dann wohin weitergeleitet? Also kommt dann der Architekt ins Spiel?

B: Genau. Der kommt aber eigentlich auch schon vor der Detailplanung ins Spiel. Das gibt es so ein bisschen so diese Übergabephase. Am Ende der Realplanung muss eigentlich der Architekt spätestens hinzukommen. Es ist sogar so, dass wir eigentlich empfehlen würden die Bauplanung ein Stück weit parallel zur Systemplanung zu machen. Das ist eine der Sachen die wir auch auf Industrieworkshops, in letzter Zeit immer mehr pushen, dass klassischerweise wird halt nicht so wirklich integriert geplant. Entweder engagiert irgendjemand ein Bauplaner und sagt ok, ich brauch da ein Grundstück, brauch demnächst ein Fabrikgebäude, fang schon Mal an zu planen und dann irgendwann, ist im schlimmsten Fall schon die Betonhülle geplant und wir werden dann noch hinzugezogen und wird gefragt ok, stellt man da die bestmögliche Fabrik rein, was ungünstig ist, weil dann schon, alles was in Beton gegossen ist oder quasi schon in Beton gegossen ist, ist eine sehr starke Einschränkung und wenn man dann darauf kommt, das passt nicht so recht, muss man halt dann damit leben. Umgekehrt ist aber auch nicht ideal, wenn man uns oder die Systemplaner hiermit reell vorabfragt, man plant eine interessante Fabrik, überlegt sich aber gar nicht welche baulichen Optionen ich habe, aber weil wir sie ja auch im Detail nicht kennen und klar kennen wir aus der Erfahrung ein paar Bau-Umsetzungsoptionen, aber im Detail weiß ein Architekt oder ein Industriearchitekt halt viel mehr was man um die Gebäudekernaktivierung machen kann, was man mit Lichtlenkungsmaßnahmen machen kann, was man mit bestimmten Baustoffen, mit bestimmten Konstruktionen, die dann auch wieder eine Einwirkung haben können in zum Beispiel Spannweiten die möglich sind oder sowas. Also im Idealfall lässt man das ein Stück weit parallel passieren aber wir

haben auch und da sind wir mit Bauplanern unterwegs einmal so ein Vorschlag für ein integriertes Vorgehen entwickelt. (Unterlagen suchen)

I: Das ist dann sozusagen diese Idee vom Softwaretool, mit der BIM zu verbinden, recht frühzeitig, dass eben der Architekt mit seinen digitalen Methoden und ihr mit den Planungsmethoden wirklich parallel arbeitet, dass man diese Probleme ausmerzt nicht?

B: Digital auch, aber die digitale Methode ist halt nur die Plattform in der das dann unterstützt wird. Im Prinzip ist im Kern erstmal ein Konzept oder einfach nur einen gemeinsamen Prozess zu definieren. Im aller einfachsten Fall heißt es einfach, wir wissen es gibt Bauphasen, wir wissen es gibt Planungsphasen in der Systemplanung und einfach beides parallel, ich würde wirklich gerne dieses Bild kurz zeigen, weil dann ein Stück weit klar wird was da für Inhalte drinnen sind. (Unterlagen suchen) Genau, hier sieht man in der obersten Ebene wieder das was wir vorhin schon gesehen haben. Konzeptplanung, da war diese Ideal- und Realplanung drinnen. Detailplanung, das ist das Ganze runter bis zum Arbeitsplatz zu planen. Umsetzungsbegleitung und Anlauf und Optimierung und Umbau und daneben gibt es halt Bauprojektphasen die ablaufen sollten und was klassischerweise oft passiert ist, dass die eben sequentiell ablaufen, das heißt man wartet entweder bis ein Konzept abgeschlossen ist und dann beginnt erst der Bauplaner mit seiner Projektentwicklung und was halt da schade ist, dass man das Wissen des Bauplaners nicht für die Elemente der Systemplanung nutzen kann und umgekehrt, auch schlimm, wenn dieses Bauprojekt beginnt und dann eigentlich am Ende einer Einreichungsplanung, wenn eigentlich der Architekt schon alles fertig geplant hat, dann wir rein kommen und überhaupt nur mal fragen, ja was wollt ihr überhaupt und passt das da überhaupt rein, ist es halt auch ungünstig. Also im Idealfall sollte beides ein Stück weit parallel ablaufen und es sollte immer wieder Abstimmungspunkte geben zwischen den beiden. Das es digital auch unterstützt werden sollte, zum Beispiel mit so einer gemeinsamen digitalen Planungsgrundlage wie die BIM, BIM Plus, weil das BIM hat ja derzeit zum Beispiel keine Materialflussplanungsfunktion, das heißt diese Materialflussplanungsfunktion müsste da jetzt auch noch mit rein, kann relativ schnell überfrachtet werden, also das ist eine, eben wie gesagt, Teil der Forschungsarbeit, was man aber jetzt schon für jeden in der Fabrikplanung-

I: Ist das nicht einfach nur die BIM ausgestattet durch weitere Simulationstools? Kann man da nicht einfach Simulationstools mit einbauen?

B: Ja, prinzipiell ist BIM ja erstmal nur ein Konzept. Es gibt ja verschiedene BIM-Software von Revit und wie sie alle heißen. Einige werden jetzt mehr geeignet dafür sein und andere weniger, also einiges ist halt eher noch ein klassisches CAD-System, wo eigentlich nur ein bisschen Zusatzinformation drinnen ist. Letztendlich ist die Plattform in die man es reinbringt relativ egal. Man könnte genauso gut sagen ok, das was wir in der Materialflussplanung haben detailliert man einfach noch ein bisschen und dann ist das BIM. Letztendlich läuft es auf ein, man muss diese Funktion einem TTM (Time-Triggered Model) irgendwie integrieren. Ein Stück weit ist das eben auch die Frage eines Forschungsvorhabens, was wir derzeit versuchen durchzubekommen auch bei Fördergebern, weil wir versuchen, ausgehend mal von so einem Prozess, dass wir sagen ok, dieser Prozess ist sinnvoll, integriert durchzuführen, was ist dafür notwendig, welche Systeme sind derzeit bei beiden Stakeholdern dabei, also worin planen die jeweiligen Experten und welchen Informationsaustausch sollte es geben und wieviel davon wirklich sinnvoll in eine Softwareumgebung zu bringen oder ob es eine Plattform sein kann oder ob es einfach nur definierte Schnittstellen sind, ist dann eine andere Frage, aber zumindest mal diesen Prozess sich gemeinsam zu überlegen und ein Stück weit ein Standardprozess daraus zu machen wäre der erste Schritt und das ist auch das was wir jetzt schon in Projekten versuchen miteinzubringen, eben dafür zu werben diese Bauplanung und die Systemplanung gemeinsam zu planen, weil es einen sehr starken Einfluss aufeinander hat.

I: Weil du schon die Stakeholder angesprochen hast. Was wären dann noch extrem wichtige Stakeholder für die Fabrikplanung? Ich meine wir haben jetzt das Planungsteam, wir haben die Architekten, da kommen ja noch einige hinzu?

B: Die wichtigsten sind die Teams des Auftraggebers selbst, also die, die später mal die Fabrik nutzen wollen oder müssen, dürfen. Das die in der Systemplanung, das ist das wichtigste Team in der Systemplanung. Bauausführungsplaner könnten zumindest ab hier, sollten auch die Bauausführungsplaner mitberücksichtigt werden, weil das letztendlich ein Stück weit notwendig ist an die Bauausführung zu denken. Stakeholder, ich meine na gut, wenn man an sich schon mal die Bauphase und die Systemplanungsphase drinnen hat, dann ist ja eigentlich an das meiste schon gedacht, dann ist höchstens vielleicht am Ende noch, ja man könnte noch an Behörden oder sowas denken aber-

I: Genau. Das sind ja eigentlich große, so Terminplanungsverzögerungen. Da sind die Behörden ja der Grund meistens?

B: Das werden die gerne hören (lachen). Es ist teilweise, denke ich auch eine zweiseitige Sache. Zum Beispiel ein Bauplaner wird relativ genau wissen wie er mit den lokalen Behörden klarkommt. Das heißt er weiß relativ genau was eine Vorlaufzeit für eine bestimmte Planungsphase ist. Für bestimmte Bereiche ist das schon so, dass zum Beispiel auch die Firmen sehr guten Draht zu den lokalen Behörden haben und wenn die wollen das etwas durchkommt, dann kommt das relativ schnell durch. Klar, wenn auch ein, also im Idealfall gäbe es immer entlang dieser Fabrikausführungsfalls, gäbe es immer wieder Meetings wo zum Beispiel auch Behörden dabei sind, also es ist zum Beispiel in einer, wenn ich weiß, dass ein großes Unternehmen in meinem Bereich irgendwo was planen will ist es klar schön wenn auch die Behörden frühzeitig informiert werden. Aber zumindest so aus der Systemplanungssicht oder aus dieser Sicht von Projekten der Vergangenheit ist es vor allem wichtig diese zwei Phasen oder diese beiden Domänen zusammen zu bringen, Systemplanung, also die Ingenieure und die dann später mal die Fabrik nutzen und die, die an der Bauplanung und der Ausführung beteiligt sind, aber das traditionell sehr stark getrennte Sachen sind, also oft sind die, die mit dem Fabrikplanungsprojekt betraut werden gar nicht die, die Produktion machen wollen. Das Denken dahinter ist meistens nah an die in der Produktion haben so, so viel zu tun, oder die Produkte täglich raus zu bekommen, die wollen wir jetzt nicht zu sehr belästigen. Im wesentlichen planen es dann streng oder überzeichnete Hausmeister, also dieses Facilitymanagement plant dann mal so ein Gebäude mit relativ wenig Input aus der Produktion und das geht dann halt oft schief und wir sind dann ein Stück weit Vermittler, aber im besten Fall läuft das halt kombiniert ab.

I: Was sind noch so, aus Erfahrung so richtig große Problemstellungen, warum jetzt diese Fabrikplanungsprojekte viel länger dauern als sie eigentlich sollten, als man sie definiert hat? Wo sind wirklich so große Problemstellungen die häufig noch-

B: Die häufigste Problemstellung, aber das ist eine sehr starke Sicht aus der Systemplanungssicht. Unsere Datenquelle sind genau die, die ziemlich stark beschäftigt sind, nämlich die, die die Produktion ausführen derzeit und wenn man sich zum Beispiel die letzten zwei Jahre anschaut, das ist ein totale Boomphase gewesen wo große Auftragsbücher und für die Firmen ein Luxusproblem, aber für die Leute selbst ein sehr reales Problem, einfach keine Zeit haben für nichts, also das heißt die müssten schon Feuer löschen um irgendwie die Aufträge durch das Fertigungssystem durchzubekommen und wenn die dann noch die Zusatzaufgabe bekommen ok, jetzt plan dann mit dem mal, wie wir in 2030 produzieren, dann ist es einfach eine Restriktion und da wird oft nicht ehrlich geplant. Jeder betrügt sich gerne selbst bei der Planung auch, jeder der schon eine Diplomarbeit oder irgendwas geplant hat, man setzt sich mal ein Endtermin und glaubt das passt

alles bis dahin und dann merkt man ah ok, wenn auch nur einer nicht an das Telefon geht, oder ein Monat lang eine Person, die wichtig ist für mein Projekt, im Urlaub ist, wenn ich das vorhin nicht geplant habe und kann ich teilweise gar nicht vorher wissen und nicht genügend Safety-Marken eingeplant habe, wird irgendwas schief laufen und dann sind das verkettete Sachen und am Ende, ja. Man kann so gut wie Möglich planen und man kann gewissen Sicherheitspuffer einplanen und da nicht zu viel einplanen, denn Sicherheit kostet immer auch Geld, also je mehr Puffer ich einplane, das kosten muss, muss letztendlich eine vernünftige Mischung aus ausreichend Puffer und der Fähigkeit im Notfall ein bisschen Feuer zu löschen sein.

I: Und zu dem Puffer dann, wenn dann möglich dann in der Strategieplanung? Also wirklich in der Systemplanung einbauen, bevor man hinten dann sozusagen raus bei den-

B: In der Ausführungsplanung schon auch, nur da haben wir weniger Inside, also wir als Systemplaner weniger Wissen drum, also in der Ausführungsplanung hilft sicherlich sehr, also ist ein großer Unterschied ob ich jetzt einen Generalplaner beauftrage, der genau weiß welche Gewerke und welche Ingenieurbüros er beauftragt für welches Detail der Bauplanung und wenn das alles schon ein eingeschobenes System ist und er macht das immer wieder, dann wird das viel schneller laufen als wenn ich mir als Auftraggeber selbst die Aufgabe stelle alles selbst zusammen zu stellen, ich suche mir einen Architekten, ich suche einen Bau, ich suche mir einen Spengler, ich suche mir ein Hoch- und Tiefbauunternehmen, das dauert viel länger, weil das einfach allein Angebotslegung und sowas dauert ewig. Das heißt je mehr Erfahrung da ist, von weniger Planung profitiert man. Das ist ein Stück weit ein Widerspruch, denn in der Regel versuchen halt kleine Unternehmen zu sparen, klar, so eine Bauplanung übersteigt oft das mehrfache des Jahresumsatzes, vom Gewinn ganz zu schweigen, das heißt der Versuch ist da so viel wie möglich zu sparen, auch in der Planung und was selbst zu machen, aber genau die hätten es wahrscheinlich besonders nötig einen Experten, zum Beispiel auch in der Bauausführung dann ein Generalunternehmer anzufordern, der einfach viel Ahnung hat. Ein Stück weit beißt sich das, weil der wird in der Regel etwas teurer sein, weil zumindest am ersten Blick etwas teurer sein als sich Sachen selbst zusammen zu stolpern, so ein bisschen der Heimwerkerapproach.

I: Ja dann haben wir den Fabrikplanungsprozess, glaube ich, aus der Seite von Fraunhofer schon recht gut abgedeckt. Ich habe jetzt noch eine Frage und zwar, die Zukunftsaussichten aus deiner Sicht? Wie würdest du dir jetzt wirklich den zukünftigen Fabrikplanungsprozess vorstellen? Was würdest du anders machen?

B: Das geht sehr stark in Richtung dessen was wir da sehen und was wir vorhin angesprochen haben, eine digitale Plattform als Unterstützung zu haben. Also das man sich einfach bewusst ist, es ist nicht nur die Systemplanung, nicht nur die Bauplanung, sondern beides ist ein gemeinsames Projekt und sich bewusst sein das da einfach eine ganze Menge an Teams und Expertenwissen was über viele Köpfe verteilt ist, dabei ist und dass von vornherein klar ist, wo sind wichtige Schnittpunkte zwischen den oder Informationsübergabepunkte zwischen diesen Bereichen und auch zwischen den dahinter stehenden Köpfen. Im besten Fall ist das unterstützt durch Planungstools, das ein Stück weit ja auch das, worin wir gerne basteln und Entwicklung vorantreiben, das durch ein Tool zu unterstützen. Letztendlich ist ein Tool immer nur so schlau wie die Logik die man da reingehauen hat.

I: Das betrifft jetzt aber auch die Kommunikation nehme ich an? Weil wenn man jetzt zum Beispiel auswärts eine Fabrik plant und jetzt die Fabrikplaner und die Systemplaner im Inland sind und jetzt die baulichen Planer im Ausland sind-

B: Absolut. Das ist zum Beispiel der Grund warum, es gibt einen Ausführungsplaner mit dem wir in Wien gelegentlich schon gearbeitet haben, der sagt er hat bestimmte, also er plant eigentlich nur in den Ländern in denen er eine Niederlassung hat, weil einfach ansonsten kennt er die örtlichen

Gegebenheiten nicht, er weiß ja nicht wie lange es dauert eine Genehmigung für irgendwas zu bekommen und er weiß aber auch nicht wie man das möglicherweise hinkriegt, dass es schneller läuft-

I: Der ATP nehme ich mal oder? Als Beispiel?

B: Nein das war es jetzt gar nicht. Das sind gar nicht so viele in Österreich. Dieses lokale Wissen ist sicherlich super wichtig, aber uns geht es halt mehr darum ein Stück weit zu systematisieren, also die Systemplanung ist eigentlich, du kennst die VDI-Norm schon, das ist schon relativ stark eben mit ingenieurtechnischen Methoden durchzogen, die Teile der Bauplanung auch, aber gerade in der Ausführungsplanung ist noch ziemlich der wilde Westen. Also ich habe Fabrikplanungsreferenzen schon gesehen, dass da, ist eine große Neuerung, wenn jemand irgendwie Lean-Methoden für den Bau anbringt und vorschlägt, ein wöchentliches Meeting an dem Board für alle Gewerke zu machen, das ist schon eine Neuerung da. Was auch natürlich ist, weil in der Systemplanung haben wir es noch relativ leicht, dass ist für die meisten noch in einer Person quasi, oder in einer Organisation verbunden wie jetzt zum Beispiel unsere ((...)). In der Bauausführungsplanung ist es halt klassischerweise noch sehr viele Gewerke und sehr viele Ausführungsexperten da und alleine da, das rein zu bringen was sicherlich in Großbaustellen teilweise schon da ist, aber das auch, in zum Beispiel kleineren Industriebau zu bringen ist sicherlich das wo wir als Planer insgesamt noch relativ viel tun können und das ist immer für, digitale Tools sind da immer gekoppelt an dem Prozess, also der Prozess muss zuerst folgen, sich zu überlegen wen will ich verbinden, warum und zu welchen Zeitpunkten, welche Information und dann klar kann man das digital unterstützen und da wär eben so ein bisschen das vorhin schon angedachte Mischung aus einer Materialflussplanungssoftware die, die Möglichkeit hat bestimmte Szenarien einfach durchzurechnen, was bedeutet es für die Produktion, zu kombinieren mit dem was wir aus BIM kennen und selbst BIM ist ja derzeit noch nicht, das ist gerne das Modewort und auch schon teilweise eingesetzt aber auch da gibt es noch sehr viele Ausgestaltungsvarianten derzeit.

I: Ist jetzt BIM nicht im Endeffekt dieser digitale Zwilling einfach nur? Weil es wird ja einfach nur noch-

B: Ja, aber unter BIM-

I: Ist nur digitale Datensammlung eigentlich von dem Gebäude.

B: Ist eine digitale Datensammlung, aber wie man das macht, kann man auf verschiedene Arten machen, also im einfachsten Fall könnte man auch schon ein, jetzt muss ich aufpassen nichts Falsches zu sagen, da würde ich wahrscheinlich die Industriebau, hast du mit den Industriebauern von der TU Wien auch schon gesprochen?

I: Nein, mit denen habe ich noch nicht-

B: Das könnte noch interessant sein. Die beschäftigen sich halt mit dem, aber im besten Fall oder im einfachsten Fall könnte das ein CAD-Layout sein, wo, wenn ich auf jedes Objekt klicke, ein Infofenster hochkommt und gewisse Informationen enthält, also theoretisch wäre das auch schon Informationsmodellung denn, ich hätte in einem physikalischen, oder in einem Layout, hätte ich Zusatzinformationen drinnen und das kann bis hin zur bestmöglichen Ausgestaltung sein, wo man ein komplettes 3D-Modell aller in dem Fabrikgebäude Beteiligten, Gebäudeteile aber auch technische Gebäudeausstattung, was nicht alles hat und dazu noch eine Timeline drinnen und dazu noch Wartungspläne und Typeninformation, was nicht alles. Das gibt eine Idealausbaustufe und es gibt sehr viele Stufen davor und deswegen mit den Tools, ist halt immer so eine Sache, also mit einem Tool zu starten ist immer gefährlich, weil wir waren auch schon öfter mit zum Beispiel von Leuten auch von, du hast es eh angesprochen, mit ATP zum Beispiel gesprochen, was wäre denn wenn wir in

unserer Planungsphase schon Modelle in zum Beispiel in der BIM-Software aufsetzten, die sagen nein, das was ihr da aufsetzten würdet wäre etwas womit wir gar nicht arbeiten können, das heißt am Ende würde ich mir das einfach ausdrucken und würde euer Zeug, also würde eure Anforderungen in Fläche mitnehmen und würde mir das völlig neu aufbauen, weil ich einfach ganz andere Anforderungen, also als Architekt oder als Statikplaner habe ich ganz andere Anforderungen als, Architekten und Bauingenieure, weil eben Bauingenieure sind dann die, die es halt statisch auslegen. Die haben halt alle ein Stück weit andere Anforderungen und es ist gar nicht so einfach das Softwaremäßig alles unter einem Hut zu bringen, zum Beispiel das was eine finite Elemente Simulation für einen Tragwerksplaner vielleicht interessant sein kann, ist für den Architekt wahrscheinlich nicht so interessant und genauso wäre das Overkill für das was wir machen und das alles in einer digitalen Plattform zu haben ist sicherlich was, was super als End, End, Endzustand wäre, aber es gibt wahrscheinlich Zwischenphasen und das erste Wichtige ist eben definierte Schnittstellen und Prozess. Das Zweite ist dann zumindest so Kernaufgaben integriert in einer Software, wäre super und in einer langfristigen Ausbauphase, klar, wäre es super wenn wirklich Buildinginformation und Planing wäre und dann wirklich alles in einer digitalen Planung, das ist letztendlich auch das was mal unter digitaler Fabrik glaube ich und einer digitalen Fabrik-Conception in den Neunzigern diskutiert wurde, dass man sagt von der Produktentwicklung bis hin zum Vertrieb hat man eine digitale Grundlage für alles, ist eh gut.

Experteninterview-Leitfaden

Guten Tag Herr Sobottka,

im Rahmen meiner Diplomarbeit an der technischen Universität Wien, werden einige Experteninterviews durchgeführt. Mein Ziel ist es, die praktische Vorgehensweise der Fabrikplanung und die darin eingesetzten Methoden der digitalen Fabrik zu erörtern. Mit diesem Schreiben möchte ich Sie bitten, Ihr Einverständnis dafür auszusprechen, dass Sie befragt sowie unser Gespräch aufgezeichnet wird.

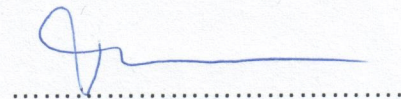
Mit dem Experteninterview möchte ich die Unterschiede zwischen der Theorie und Praxis (vor allem auftretende Probleme und Ursachen) ermitteln sowie den Einsatz von neuen Methoden der digitalen Fabrik. Besonders interessiert mich inwieweit die Digitalisierung Einzug in die heutige Fabrikplanung erhalten hat?

Selbstverständlich werden sämtliche Daten vertraulich im Sinne der Datenschutzrichtlinien behandelt, (anonymisiert) ausgewertet und gespeichert. Ich würde mich freuen, Ihr Einverständnis zu erhalten.

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich im Rahmen dieser Diplomarbeit befragt werde sowie dieses Gespräch aufgezeichnet wird.

Herr Thomas SOBOTTKA



Wien, 07.05.2019

Anhang C

Experten Interview-ATP (Transkription)

Das Interview fand am 15.05.2019 bei ATP Wien Planungs GmbH in Wien statt. Vor dem Interview wurde vom Interviewpartner, das Einverständnis zur Aufnahme des Gesprächs eingeholt. Die Interviewdauer betrug 47 Minuten. Das Interview wurde in einem Besprechungszimmer durchgeführt. Anwesend waren 2 Personen, ich als Interviewer und die befragte Person. Aus Datenschutzrechtlichen Gründen, werden gewisse Aussagen als Auslassung, mit ((...)) markiert.

I → Interviewer: Andrei IEREMIE

B → Befragte Person: Thomas WIRTH

Interview:

I: Gut, also meine erste Frage wäre, wie lange sind sie schon in der Architektur für die Fabrikplanung tätig?

B: Ich bin generell seit dreiundzwanzig Jahren tätig, aber ich sag mal Industriebau, immer wieder kommt es retour, also wir sind ja da relativ flexibel bei ATP. Also, weiß ich nicht, sag ich jetzt einmal seit, weiß ich nicht, zwölf, dreizehn Jahren, sag ich jetzt einmal, Industriebau aber es kommt halt immer wieder einmal so Einkaufscenter oder irgend sowas auch dazwischen oder irgendein Bürohaus, also dementsprechend kann man es nicht so genau sagen.

I: Und wie viele Fabrikplanungsprojekte haben sie jetzt betreut, also rein Industriefabriken? Und speziell was für eine Verantwortung beziehungsweise was für eine Rolle haben sie jetzt da gespielt.

B: Naja, ich bin seit rund, weiß ich nicht, vierzehn, fünfzehn Jahren als, bei uns heißt das GPL, Gesamtprojektleiter tätig. Vielleicht zu unserer Struktur. Wir sind ja ein integral aufgestelltes Planungsbüro, das heißt wir haben eigentlich alle Abteilungen die ein Haus benötigt außer jetzt Prozess selber, weil das ist ja, der Prozess selber liegt immer sehr nahe beim Bauherrn und die haben auch in der Regel ihre eigenen, entweder Firmen, Partnerfirmen, oder sogar integriert in das eigene Unternehmen, Daimler zum Beispiel oder so, die haben das alles Hausintern, aber rundherum, sag ich einmal, dass ein Haus generell funktioniert haben wir alles, sag ich einmal, in einem Büro zusammengefasst. Ob es jetzt Statik, Haustechnik, Elektro, Architektur natürlich, irgendwelche Nachhaltigkeitsthemen, da haben wir Tochterfirmen, sag ich einmal, die sich um solche Dinge kümmern. Ist bei uns alles zusammengefasst in einem Ding. Und deswegen stellen wir immer einen Gesamtprojektleiter der jetzt, sag ich einmal, zu 99 Prozent aus der Architektur kommt auf, der dann sich drum kümmert, dass die ganzen Abteilungen, sag ich einmal, zusammen finden, weil das ist ja, ich sag einmal, wenn du lauter externe Dinge hast ist noch schwieriger als bei uns, aber trotzdem brauchst du so eine Person und die Person heißt bei uns GPL, Gesamtprojektleiter.

I: Oder Generalplaner, wenn mich nicht alles täuscht oder? Ist das dasselbe, das GPL mit dem Generalplaner, was auch der Auftraggeber-

B: Na Generalplaner ist das was wir tun, das ist unsere Aufgabe in der Regel, wenn wir wirklich ein Gesamtauftrag bekommen. Der Gesamtprojektleiter steht quasi oben, ist das Bindeglied zum Bauherrn und kümmert sich darum, dass seine ganzen Abteilungen darunter funktionieren. So ist unsere Struktur jetzt einmal grob erklärt.

I: Und wie würden Sie jetzt aus Ihrer Erfahrung, aus Ihrer Sicht diesen Fabrikplanungsprozess beschreiben? Wie läuft das jetzt ab, wenn Sie jetzt einen Auftrag bekommen eine Fabrik zu planen?

B: Naja wenn wir einen Auftrag bekommen, ich sag einmal der Idealfall ist so, dass es schon ein Lastenheft oder irgendetwas gibt, vom Bauherrn, je nachdem wer es jetzt ist, wo halt schon diverse Anforderungen beschrieben sind, so wie schon vorher erwähnt, steht ja irgendwo in der Fabrik, sag ich einmal, irgend ein Teil mit dem sie irgendwas produzieren und dieses Thema ist ja beim Bauherrn selber angesiedelt oder eben bei der Partnerfirma mit der er ständig arbeitet, weil da sind ja auch gewisse Geheimnisse und so weiter drinnen, die er nicht preisgeben will und dementsprechend lasst er da nicht jeden hin. So und wenn das Ding steht und das müsste er eigentlich in einem Lastenheft oder so beschreiben, dann können wir her gehen und, sag ich einmal, das Haus rundherum entwickeln mit allen Anforderungen. Weil er braucht ja irgendwie Spezialmedien oder irgendwas wie Gase oder spezielle Lüftung oder im Betonbau irgendwelche Ausnehmungen oder was auch immer und die sollten eigentlich relativ frühzeitig bekannt sein. Ich meine, irgendwo kommt dann hinten noch einmal ein Punkt, was funktioniert nicht so toll, es ist eben so, dass die Dinge meistens nicht stehen und heutzutage ist es ja so, dass die Häuser immer schneller gebaut werden müssen und das ist schon sehr hinderlich. Ohne dem kannst ja mal was planen aber im Endeffekt tun wir nachher nur mehr ändern, weil die dann auch, sag ich einmal, in ihrer Planung weiterkommen und dann müssen wir nachfüllen.

I: Ok, warum passieren diese Änderungen? Was sind da so die Ursachen warum am Ende des Projektes dann noch viel abgeändert werden muss? Sind da Kommunikationsprobleme oder?

B: Nein, das sind keine Kommunikationsprobleme, naja vielleicht auch, aber das Grundübel liegt einfach darin, dass die viel zu spät mit der Prozessplanung beginnen. Teilweise wissen sie es noch gar nicht. Also mein letztes Projekt war Daimler-Werk und zwar Karosseriehalle mit 150 Tausend Quadratmeter und also das Ding ist so groß gewesen, da kannst wirklich mit LKWs reinfahren und fährst, drinnen um herum, dann haben sie halt da Tausend Roboter drinnen stehen und wo wir das Projekt gestartet haben, haben sie noch nicht einmal gewusst welches Auto da drinnen produziert wird, also dementsprechend viel zu spät dran. Ist einer der wichtigsten Punkte, die Prozessplanung in der Fabrikplanung.

I: Sind Sie dann auch, also wird der Architekt in die Prozessplanung auch noch einbezogen? Jetzt als Beispiel bei Daimler falls sie noch nicht-

B: Naja bei Abstimmungsterminen natürlich. Dort wo man tangiert miteinander, da geht es eben um, was weiß ich, diverse Roboter brauchen Druckluft oder irgendwelche Gase und so weiter, dass sie funktionieren, Mindestabstände und solche Dinge, natürlich gibt es da Reibungspunkte und es gibt Abstimmungstermine.

I: Und wie ist die folgende Vorgehensweise jetzt in der Planung? Also wirklich in der Architekturplanung jetzt? Wenn Sie jetzt einen Auftrag bekommen, wie funktioniert das jetzt bei den Architekten? Was tun die Architekten jetzt?

B: Naja wir haben ja unsere üblichen Planungsschritte. Also einmal Grundlagen ermitteln. Wenn es ein Lastenheft gibt ist das optimal, weil da stehen dann meistens schon zu achtzig Prozent die Dinge drinnen. Wenn nicht, dann müssen wir, sag ich einmal, selber uns schlau machen wer ist zuständig beim Gegenüber für diverse Dinge, die haben ja auch Spezialisten dort sitzen und ja da gibt es in der Regel ein paar Workshops miteinander, wo sich eben der Elektriker vom Bauherrn mit dem Elektriker von uns zusammen setzt und es gibt ja auch diverse Standards, große Firmen haben immer ein recht umfangreiches Standard-Chronolu (Abfolge/Ablauf). Die Dinge werden dann halt ausgetauscht und so werden einmal die Grundlagen ermittelt. Und dann geht man halt rein und startet mit dem Vorentwurf, es gibt ja dann Vorentwurf, Entwurf als nächstes Thema, das ist dann schon ein bisschen genauer. Außenentwurf, in der Regel, splittet (trennt) es sich dann in eine Einreichplanung, je

nachdem in welchem Land man halt ist mit den Anforderungen beziehungsweise in die LV-Planung, das wird dann parallel gemacht.

I: Die LV-Planung?

B: Na Ausschreibungsplanung, also das hängt dann halt auch davon ab ob es jetzt eine GU-Vergabe ist, also wo eine Baufirma alles bekommt, wo er sich dann darum kümmern muss, quasi für die Kleingewerke, die hat er dann alle selber im Auftrag, oder ob der Bauherr sagt ok nein, er will von uns jetzt für jedes Gewerk einzelne Ausschreibungen haben, das kann auch passieren. Aber dadurch, dass eben alles relativ schneller gehen muss, müssen wir die Dinge auch parallel machen, deswegen Einreichplanung und Ausschreibungsplanung eigentlich, läuft zeitgleich. Das geht sich dann meistens, hängt jetzt vom Land natürlich ab, geht sich meistens auch ganz gut aus, bis man den Baubescheid hat, dass wir dann auch schon die Baufirma haben. Und dann eben geht es in die Ausführungsplanung. Das sind unsere Planungs-Steps.

I: Wie schauen die aus? Also die Ausführungsplanung, kriegen sie da vom Kunden, oder vom Auftraggeber schon ein Layout, wo sie nur die Hülle drum herum bauen, oder planen Sie wirklich auch diese Reallayouts mit?

B: Na die Ausführungsplanung ist schon viel zu spät eigentlich. Das brauchst du spätestens sag ich einmal, eigentlich, ich meine optimal wäre es natürlich von Anfang an, aber das passiert in der Regel nicht, aber beim Entwurf braucht man das schon, weil sonst stimmt ja das Haus nicht drum herum. Jetzt weiß ich jetzt schon, dass ich die Baugenehmigung nochmal einholen muss.

I: Das heißt, dass Interieur ist schon fix und dann wird nur noch mehr die Gebäudehülle geplant. Und wie geschieht das mit der Gebäudehülle? Also was für Methoden werden da eingesetzt oder wie wird die geplant?

B: Na wir planen ja, sag ich einmal, BIM-fähig mit Revit haben wir im Einsatz. Das ist, sagen wir mal so, der nächste Schwachpunkt an dem System, Revit ja erst jetzt, sag ich einmal, in den letzten Jahren einen Boom, sag ich einmal, erreicht, aber leider noch nicht die Bauherrenschaft erreicht hat. Die ganzen Automobilbranchen arbeiten ja alle mit MicroStation. Die haben da ihre Standards halt drauf und jetzt heißt es da halt irgendwie eine Verknüpfung zu finden zu uns, weil optimal wäre es natürlich, wenn die auch im Revit-BIM arbeiten, weil dann geht der Datenaustausch viel schneller, ist leider nicht so.

I: Das heißt hier hapert es an den Softwareschnittstellen?

B: Derzeit schon auch ja, also manche, Bosch zum Beispiel überlegt jetzt schon auf Revit, oder die sind eigentlich schon umgestiegen. Die Automobilhersteller sind da noch ein bisschen Nachzügler sag ich einmal.

I: Tatsächlich?

B: Ja. Gut die meisten sitzen in Deutschland und Deutschland ist generell ein Nachzügler bei BIM, sind relativ hinten nach.

I: Weil im Bereich der Digitalisierung ist, glaube ich die Automobilindustrie sehr weit vorne, also die heben ja schon so ziemlich alle möglichen Prozesse, alle möglichen Produkte, Maschinen, Anlagen auf die digitale Ebene. Dieser digital Twin, wie der auch genannt wird, dieser digitale Zwilling.

B: Ob es wirklich so ist, bezweifle ich (lachen). Seit Jahren haben sie sich einen Standard mit MicroStation entwickelt und MicroStation ist ja, ich sag einmal, relativ ein dummes Programm, zwar drei dimensional, aber du kriegst kaum Informationen raus und gut, wie genau jetzt die

Prozessplanungen dort abgehen, das kann ich gar nicht sagen, weil wir sind eigentlich nur bei die Schnittstellengespräche dabei. Das einzige was wir jetzt bei (...) erstmalig, was die vergeben haben ist Fördertechnik. Das ist vielleicht, eben im Bezug auf Industrie 4.0 oder so ganz interessant. Das haben sie erstmalig nicht selber geplant, sondern haben es an uns weiter vergeben, gut da gibt es halt gewisse Spezialfirmen, sag ich einmal, die wir dann halt im Sub unter uns gehabt haben, ja und mit denen plant dann halt die Fördertechnik durch. Was weiß ich, wo die Laufbänder irgendwelche Aufzüge und so weiter dann platziert werden.

I: Wie wird jetzt, diese BIM-Software hat ja riesige Vorteile nehme ich an? Nicht nur, dass es digital planbar ist und effizienter zum Planen ist, sondern auch der Kunde kann sich ja viel mehr darunter vorstellen. Wie wird das dem Kunden zum Beispiel visualisiert? Wird das einfach nur am Computer vorgezeigt oder wendet ihr Methoden an um das dem Kunden wirklich so realitätsnah wie möglich zu zeigen?

B: Ja zu BIM vielleicht, bleiben wir mal bei der Automobilbranche noch. Dort war es ja so, dass eigentlich im Auftrag ganz klar definiert war, dass wir eben mit MicroStation zeichnen, haben aber mit dem Kunden vereinbart, eben weil es für uns leichter ist und weil wir eben riesen Vorteile eben von BIM haben, dass wir das Ganze mit Revit aufziehen und zum Schluss haben wir dann müssen, das Modell noch einmal nachzeichnen mit MicroStation und so abgeben. Also das war einmal eine Anforderung von denen und das ist bei, wurscht wie die alle heißen, Audi, BMW und so eigentlich fast immer gleich. Bei Audi, ist die erste Marke, sag ich einmal, die in Richtung Revit schon ein bisschen tendiert, aber grundsätzlich sind sie noch weit weg davon. Weil wir haben ja für Revit zum Beispiel, haben wir jetzt, glaube ich, jetzt tun wir seit zwölf Jahren oder zehn Jahre circa sind wir, vor zehn Jahren sind wir umgestiegen, aber das ist ja ein Prozess. Bis du dann wieder deinen Standard beieinander hast, wo das alles super funktioniert, sind wir immer noch wahrscheinlich ein Stück entfernt davon. Also das ist ein langwieriger Prozess eben.

I: Haben Sie da die Erfahrung gemacht, dass Sie dann noch Nacharbeiten zurückgeschickt bekommen haben und Sie haben es dann in Revit ändern müssen und auch eben für Audi oder für BMW eben, wie hieß das? Microsoft?

B: MicroStation.

I: MicroStation. Also dann müsste man das ja zweimal bearbeiten, sollten jetzt noch Änderungen nachkommen-

B: Tun wir eh immer. Wir haben laufend, ich meine die Übersetzung auf DGN kannst du in zwei Schritten machen. Entweder du konvertierst das nur, dann gehen aber sehr viele Informationen verloren, außer da wo eben DGM drinnen, das haben wir eigentlich während des Projektverlaufs immer gemacht und zum Schluss einmal wirklich nachzeichnen, weil ich sag einmal, minimale Informationen hat das DGM schon, wenn es korrekt gezeichnet ist und das war halt eine Anforderung von denen, für uns halt ein Mehraufwand, aber ich sag einmal mit, dadurch, dass wir in BIM vorher einen gewissen Mehrwert gehabt haben, haben wir das, sag ich einmal, wieder reingeholt und das BIM, sag ich einmal, wir tun uns ja bei Ausschreibungen und so wesentlich leichter, weil wir ja Massen rausziehen können automatisch, oder relativ schnelle Visualisierungen rausbringen, eben die Frage vorher war ja, wie wir dann mit dem Bauherrn kommunizieren, da gibt es eben diverse Viewer oder so, wo du dann, was weiß ich, Enscape oder wie heißt das andere noch einmal, Enscape ist eines.

I: Aber in Form von 3D-Brillen oder in Form von 3D-Cave geschieht das noch nicht oder wie?

B: Also ich sag einmal so, in der Automobilbranche, Industriebau, ist jetzt nicht so hochwertig. Also wenn wir Bürohäuser oder, wo haben wir das noch gemacht, ich habe eine Energiezentrale für ((...)), habe ich gebaut, die relativ komplex war von dem Interieur mit Blockheizkraftwerken, Dampfkessel und so weiter, Navisworks war das andere Programm, dort schon. Dort haben wir halt am Ende einer Planungsphase, haben wir halt die VR-Brille mal mitgenommen und lassen den Kunden halt dann einmal virtuell durchgehen durch das Programm oder durch das Projekt.

I: Ok, das wird doch schon mit der VR-Brille gemacht. Das ist schon im Einsatz?

B: Ja wir haben sowas im Haus, genau. Aber die kannst du halt nicht bei jedem Abstimmungstermin, weil normal hast du einmal in der Woche oder einmal in zwei Wochen bin ich nach Stuttgart rauf geflogen und habe Bauherrentermine gehabt, da kannst du das ganze Zeug halt nicht mitnehmen, außerdem musst du schon ein bisschen was vorbereiten, sag ich einmal, ein paar Materialien hinterlegen und so, damit du auch ein bisschen einen halbwegs realistischen Eindruck bekommst, also das bedarf schon ein bisschen einer Vorbereitung aber dann funktioniert das ganz gut.

I: Wie detailliert sieht dieses Layout durch die VR-Brille aus? Also was ist da schon alles drinnen? Es ist ja nicht nur die Gebäudehülle sondern-

B: Ja, das kommt jetzt auf die Planungsphasen natürlich darauf an. Also bei Daimler ist es so gewesen, dass wir, ich sag einmal, die waren zwar von Anfang an nicht wirklich fertig mit ihrem Prozesslayout, haben aber immer wieder schon Zwischenstände gehabt. Dann haben sie halt wieder dort irgendwelche Dinge verschoben, aber dem Grunde nach waren die Dinge drinnen und die haben wir übersetzten lassen, den umgekehrten Weg, von MicroStation ins, ich glaube 3D-DWG und ein 3D-DWG kannst du bei uns ins Revit auch einspielen und dann siehst du es. Es hat halt keine Informationen, aber es ist zumindest drinnen. Das heißt beide Wege haben eigentlich mit dem Datenaustausch funktioniert, aber, ich sag einmal holprig, aber es geht.

I: Man hat trotzdem überall Datenverluste nehme ich an?

B: Ja, ich meine 3D-DWG, siehst du schon einen Roboter und alles dort perfekt dar, aber er hat halt keine Informationen irgendwie im Hintergrund.

I: Ok, was sind noch so ganz wichtige Beteiligte, die am Fabrikplanungsprozess sind? Sie haben jetzt schon den Bauherren erwähnt, die-

B: Fördertechnikplaner, ganz wichtig. Also wenn ich jetzt rein auf die Industrieplanung hinziele. Natürlich unsere Haustechnikplaner, Elektroplaner, ganz wichtig, Statiker brauchst, Brandschutz, umso größer die Häuser werden umso wichtiger ist der Brandschutzplaner.

I: Das wäre jetzt alles intern. Was wäre noch von extern dazu zu holen?

B: Brandschutzplaner ist bei uns extern, weil diesen Verantwortungsbereich, den haben wir nicht bei uns im Büro, den vergeben wir. Da gibt es Spezialisten dafür, also wir haben schon einmal überlegt ob wir nicht irgendwie ein, zwei Personen aufbauen bei uns, aber ich sage einmal, das sind so Themen, wo du ganz genau vier Augenprinzip auch brauchst und deswegen belassen wir das extern. Abgesehen davon haben die Externen, die brauchen auch immer gute Kontakte zu den Behörden und das, sag ich einmal, aufzubauen ist relativ schwierig.

I: Die Baugenehmigungen und so weiter, eben mit den Behörden, also die Abnahme mit den Behörden, machen das die Brandschutztechniker oder machen das schon interne Leute?

B: Nein, das machen schon wir. Also Behördenabwicklung machen wir, außer eben Brandschutz, ist ja ein eigenes Thema. Also in Wien gibt es die KSB-Stelle (Kompetenzstelle Brandschutz) zum Beispiel,

da gibt es genau eine Person dort und wenn du dich mit der nicht gut verstehst, dann dauert alles um so länger. In Ungarn, zum Beispiel, gibt es eine OKF heißt das, das ist eine eigene Behörde die nur auf den Brandschutz schaut, ist halt ein wichtiges Thema, da geht es um Personenleben und so weiter, deswegen ist das, eigentlich egal in welchem Land, eine eigene Abteilung und wenn es dann mit denen ein Vorgespräch gibt, dann geht der Brandschutzplaner halt mit aber wir sind immer dabei, auch nachher bei den Behördenverhandlungen selber.

I: Und bei den Behördenverhandlungen, zumindest wenn sie schon mal das ok geben, zum Bauen. Ist es meistens so, dass wenn das Gebäude dann steht, es trotzdem noch zu Nacharbeiten kommt, also trotzdem noch Probleme gibt?

B: Ja das gibt es immer.

I: Gibt es immer? Was sind denn da die Gründe warum das so ist-

B: Bauänderungen. Der Bauherr wünscht sich dort noch irgendwas oder dort irgendwas geändert oder irgendwas wird verschoben, also gibt es immer wieder und dann wird halt noch einmal eingereicht. Aber wenn du mal eine Baugenehmigung hast, geht das relativ einfach und dann kannst zumindest einmal zum Bauen beginnen. Bei den Änderungen muss man halt schauen, die gehen dann meistens auch schneller, dass kommt jetzt darauf an wie gravierend die Änderungen sind. Also bei Daimler haben wir dann einen Zubau plötzlich bekommen von 53 Tausend Quadratmeter, ich meine da kannst nicht anfangen zu bauen, sondern da kannst in dem Bereich der sich unverändert hält oder so, dort kannst du beginnen zum Bauen und du musst halt warten bis die Neubaugenehmigung für den Zubau auch dabei hast.

I: Das heißt, das liegt nicht wirklich an den Behörden, sondern immer an die Auftraggeber, weil die immer noch irgendetwas erweitern wollen, oder rumbasteln oder so. Das heißt, dass wenn die Behörden rein theoretisch das ok zum Bauen geben, einfach mit einem Bescheid, dann, wenn das laut dem Bescheid konstruiert wird und am Ende steht, dann sollten ja eigentlich keine Probleme mehr sein am Ende oder?

B: Stimmt. Eigentlich schon. Ich meine es gibt natürlich Einreichungen, aber da zähle ich jetzt nicht unser Büro dazu, weil wir da eigentlich ziemliche Profis sind und dass die Behörde dir die Einreichung zurück schmeißt, weil diverse Dinge drinnen fehlen, weil du zum Beispiel nicht geschaut hast, dass Fluchtweglängen, oder was weiß ich, immer eingehalten werden, oder zu wenig WC-Anlagen drinnen sind, oder ist ja egal was. Wenn das natürlich passiert, dann sagt die Behörde dann ab, da fehlt ja die Hälfte, da habt ihr es wieder, nochmal einreichen bitte, kann schon passieren. Aber ich sag einmal uns nicht. Glaub bei den Abteilungen waren wir vorher. Vielleicht machen wir das vollständig einmal, was haben wir jetzt aufgeschrieben?

I: Wir haben jetzt einmal die ganzen Stakeholder, beziehungsweise die wichtigsten Beteiligten für die Fabrikplanung-

B: Ja, Fördertechnik und Prozessplanung, sag ich einmal, das ist das von der Bauherrenseite, Statik-

I: Also Brandschutz und Behörden haben wir extern-

B: Ja, wobei Behörden sind ja keine Planer in dem Sinn-

I: Keine Planer, ja, aber sie sind wichtige Beteiligte, weil-

B: Wichtige Beteiligte ja, also sie geben einmal das ok für den Bau quasi, das ist das Eine, dann musst ja meistens noch eine gewerberechtliche Einreichung machen, das heißt, dass sie den Betrieb noch

einmal genehmigen und zum Schluss sind sie natürlich bei diversen Abnahmen auch involviert. Also Behörden sind schon ganz wichtig.

I: Ich habe nämlich schon gehört, halt bei anderen Interviews, dass es mit Behörden am Ende echt noch Probleme gibt diese Genehmigung durch zu bekommen, weil denen dann doch noch einfällt, das sind zu wenig Grünflächen, das sind zu, ich weiß nicht, die-

B: Grünflächen, kann schon sein, dass vielleicht haben sie irgendwo was übersehen bei der Genehmigung. Aber das hängt halt davon ab wie genau die Genehmigungsplanung ist sag ich einmal. Ich könnte mich nicht erinnern, in meiner Vergangenheit, dass irgendeine Einreichung nicht gepasst hätte oder so oder, dass da irgendwas gefehlt hätte. Ich meine, das muss man natürlich, bei der Verhandlung sitzen ja dann die ganzen Behördenleute vor dir, die haben ja genauso einen Spezialisten für Maschinenbau, für Elektrotechnik, für Brandschutz eh schon erwähnt, für Bau, für Schallschutzmaßnahmen am Flughafen für Flugsicherungen und so weiter, haben wir auch schon gehabt und denen muss man halt das Projekt auch ordentlich präsentieren. Wir machen das aber eigentlich schon vorher in diversen Vorgesprächen, manchmal sogar zwei, drei Mal. Das heißt wenn wir dort hingehen mit meistens so einem Packen, dann haben die das nicht zum Ersten Mal gesehen. Das hängt schon davon ab wie man auch mit den Behörden umgeht, weil wenn ich dort dreimal Vorgespräche führe ist die Chance relativ gering, dass irgendetwas nicht passt, oder dass die Behörden irgendetwas übersehen haben und wenn, dann können wir ja noch reagieren bis zum tatsächlichen Einreichtermin. Also mir ist da noch nie irgendwie was untergekommen.

I: Haben Sie die Erfahrung gemacht, im Bereich der Fabrikplanung, dass am Ende noch Probleme gibt, eben Terminverzögerungen, was sind so Probleme und Ursachen warum es Terminverzögerungen gibt? Gibt es im Bau oft irgendwelche Verzögerungen? Also wo sind die größten Probleme in der Architektur, in der Bauplanung jetzt, also auch am Bau und nicht nur in der Planung?

B: Zum Thema Terminverzögerung, sag ich einmal ja, aber dann sind wir meistens schon weg, weil da gibt es einen, im Terminplan meistens eine Schnittstelle wo eben wir das Gebäude übergeben und dann kommt erst der Produktions- oder Prozessbauer in dem Fall rein und beginnt eben seine Anlagen aufzustellen. Wenn wir ein Problem haben, kann er auch aus diversen, sag ich einmal, Bauherrenänderungen oder irgendwas entstehen, damit wir auch später dran sind, dann hat man das zumindest noch als Puffer, dass man die Dinge ein bisschen ineinander verflechtet, das heißt wir sagen, oder der Prozessbauer sagt uns ok, pass auf, die und die Flächen, schaut, dass ihr vorher fertig habt, weil dann kann ich dort schon beginnen meine Anlagen aufzustellen und ihr schaut dann halt, dass hinten, was weiß ich, Step für Step fertig werdet und er zieht dann mit. Ist ein gewisser Puffer, der meistens dann auch gezogen wird, weil Bauherren ändern immer. Also das ist eigentlich der Hauptgrund warum es zu Verzögerungen kommt. Aber zumindest die Gesamttermine werden dann gehalten, wenn, man darf nicht einzeln vergessen, bei die Automobilbauer, wenn die den Termin verpassen, dort rennt pro zwei Minuten ein Auto vom Band und das ist schon, sie wollen auf eineinhalb sogar runter, dann kostet jeder Tag wo der später anfängt zu produzieren natürlich viel Geld. Das hat aber nicht nur mit dem zum, bei ((...)) zum Beispiel, ich habe ein Werk bei ((...)) in ((...)) unten gebaut, da geht es um die Chips, pro Chip, weiß nicht, also ein Tag waren da glaube ich, eineinhalb Millionen Euro oder so wenn du ein Tag später irgendwie...

I: Und wie, also was für Möglichkeiten gibt es, welche Probleme eben auszumerzen?

B: Gibt Terminverzögerungen-

I: Ja, also grad wie Sie gesagt haben, diesen Puffer oder so was, gibt es da vielleicht irgendwelche Möglichkeiten-

B: Ja das ist eben immer das letzte Mittel was dann noch hilft, weil ansonsten unsere Termine in der Vorplanung oder in unserer Gebäudeplanung sind schon so eng gesteckt in der Regel, dass wir mit die kaum auskommen, aber das schaffen wir meistens noch irgendwie gerade noch und wenn dann halt Änderungen dazu kommen, dann muss man halt ordentliche Gespräche führen mit dem Bauherrn, dass da und da zu Verzögerungen kommt und dann muss man gemeinsam, sag ich einmal, ein neues Terminkonzept aufstellen, aber mit diesen Verflechtungen funktioniert das meistens.

I: Wie funktioniert den diese Kommunikation zwischen Bauherren und Architekten? Also wie oft findet das statt und wie findet das statt?

B: Also wir haben in der Regel einmal in der Woche Bauherrenbesprechung, so nennt man das. Je nachdem halt wo die zwei Parteien, sag ich einmal, sind. Entweder einmal in der Woche wirklich live zueinander oder eben bei Skype. Bei Daimler war es so, alle zwei Wochen, dass man sich wirklich getroffen hat und die andere Woche im Rhythmus hat man sich bei Skype irgendwie verständigt. Das geht ja mit heutigen Hilfsmitteln schon ganz klasse.

I: Wer ist da aller dabei in diesem Meeting? Also sind da wirklich auch alle Beteiligte dabei?

B: Je nachdem um welche Themen es halt geht. Bei die Automobilhersteller hast meistens eine Projektsteuerung dabei, aber die ist im Auftrag vom Bauherrn, der halt, sag ich einmal, die terminliche Verantwortung hat, Planungstermine zu, ist quasi derjenige der uns prüft, ich nenne es mal so, der ist meistens dabei und dann halt Fachplaner, je nachdem wie man es braucht. Wenn haustechnische Themen sind, dann nehme ich mir meinen Haustechniker halt dazu und dann sitzt gegenüber auch einer und wie wir teilweise schon im, so wie da eben, kann man das ganz gut über die Bildschirme steuern, dass wir nicht unbedingt einen Kopfhörer auf braucht bei Skype. Kannst schon, haben wir schon mit größeren Hunden gemacht.

I: Also Skype ist da das Werkzeug sozusagen, was man als Kommunikation verwendet.

B: Ja, Telefon natürlich, die üblichen Dinge, sag ich einmal, für diese regelmäßigen Sitzungen ist Skype natürlich toll, weil du kannst ja per Bildschirm, kannst du die diversen Unterlagen aufrufen, präsentieren, das geht ganz gut.

I: Was für Methoden und Werkzeuge werden noch so in der Planung eingesetzt, oder im Bau?

B: Bei die größeren fällt mir noch, Powerwall nennt sich das. Der Bauherr hat da so eine Wand, wie die da, schätze so sieben, acht Meter mal drei Meter, das ist ein Bildschirm, das wird auch zur Kommunikation eben mit die Fabrikplaner dann, oder Prozessplaner genutzt und wir bereiten da ein Modell vor, das wird dann da drauf, ich sag einmal projiziert, dreidimensional, da haben wir, ich habe da eigene, oder im Haus gibt es da ein, zwei Personen die sich da perfekt auskennen, die nehme ich dann mit, das war jetzt zum Beispiel meistens in Stuttgart oben und dann fliegst halt durch das Gebäude durch und schaust dir halt diverse Punkte an wo, keine Ahnung, ein Prozess mitten durch eine Betonstütze läuft oder irgendwelche Stahlteile sich kollidieren mit einem Roboter oder was auch immer. Das nennt sich Powerwall eben bei Daimler, weiß ich nicht, vielleicht heißt es bei BMW anders, weiß ich nicht, um eben die Kollisionen zu entflechten. Und das haben wir ungefähr, einmal im Monat haben wir das dort gemacht. Je nachdem auch nach Bedarf, klar. Wenn die Prozessplanung sagt sie haben eh nichts mehr, also eigentlich, dort war es relativ einfach. Wir haben da dann ein normalen Stützenraster von achtzehn mal 36 Meter gehabt und bei jeder Stütze sind halt diverse Anschlusspunkte runter gekommen und dann hat es noch Fahrwege gegeben die wichtig waren, weil die Feuerwehr fährt da wirklich hinein, falls irgendwas ist, die wurden vom Brandschutzgutachter vorgegeben, so und dann entstehen Restflächen und solange sich der Prozess da drinnen bewegt, passiert ja nichts. So das funktioniert meistens nicht, so und dann fährt er halt durch eine

Betonstütze durch, nur die ist ja fix. Kann ja nicht die Stütze jetzt verschieben, weil dann funktioniert das ganze Dachtragwerk und nichts mehr, dementsprechend, aber wir waren halt beauftragt, dass wir auf solche Dinge hinweisen. Das hatten wir noch im Auftrag, auch wenn wir das Modell übergeben, wir müssen darauf hinweisen.

I: Das sieht man wirklich schön im BIM-Modell nehme ich an, diese ganzen Sachen?

B: Genau und dann fliegst da eben durch, wir waren natürlich vorbereitet, da kannst ja auch so Bildausschnitte vorbereiten, wo er dann gleich automatisch dann im Modell genau zu der Stelle hinget, dann schaut da halt die ganzen Punkte durch und besprichst halt die Maßnahmen. So und wenn das geschehen ist, dann gibt es halt ein Protokoll, wo die ganzen Dinge noch einmal zusammengefasst sind mit Bildern und wenn ein Monat später die Fabrikplanung sagt, na sie haben da noch nichts gemacht, dann hat es keinen Sinn diese Powerwall jetzt wieder zu machen, solche Fälle hatten wir auch, dann sind sie halt alle zwei Monate einmal. Je nachdem.

I: Funktioniert diese BIM-Software eigentlich nur statisch, dass man die Hülle sieht, oder die Fabrik sieht, oder funktioniert das auch in Kombination mit Simulation, jetzt Materialflusssimulation oder sowas. Kann das auch eingebunden werden?

B: Ein wirklicher Prozess oder was?

I: Genau. Also Prozesssimulation, dass-

B: Nein.

I: Es ist rein statisch die BIM-Software?

B: Statisch ja. Für unsere Dinge funktioniert es schon ganz gut, weil wir mittlerweile, ich sage jetzt einmal, auf einen Knopf drücken können und der berechnet uns die ganzen Massen und alles. In der Bauphysik haben wir auch schon wesentliche Erleichterungen, Bauphysik ist auch noch so ein Thema was da dazu gehört eigentlich, den haben wir aber selber im Haus. Da haben wir eine Tochterfirma die sich um das kümmert.

I: Von der Bauphysik zum Baustatiker? Der Unterschied jetzt von der Bauphysik zum Statiker?

B: Der Statiker, sag ich einmal, entwickelt das Gebäude, dass es nicht zusammenbricht und die Bauphysik ist damit beschäftigt das Haus so wirtschaftlich zu bauen, dass du halt relativ wenig Heizen und Kühlen drinnen musst und das passiert entweder mit hinterlüfteten Fassaden oder je nachdem wie dick du die Wärmedämmung aufbaust, darum kümmert sich der Bauphysiker. Was der noch, zum Beispiel in Österreich, muss der für jedes Gebäude einen Energieausweis erstellen zur behördlichen Einreichung, das macht auch der. Der checkt halt einmal alle Aufbauten, Wandaufbauten, Bodenaufbauten, die Dächer sind ja auch ganz wichtig, der checkt halt einmal alles durch. Das geht natürlich relativ weit, je nachdem wieviel Glasanteil jetzt zum Beispiel ein Haus hat, Glas ist immer ganz schlecht für, also wenn du komplett verglaste Fassaden hast kannst du schon mal davon ausgehen, dass du fast ständig Kühlen musst drinnen, weil es einfach zu heiß wird, aber das kann man sich eh so vorstellen, wenn man einmal durch ein Einkaufszentrum oder so durchgeht und da sind relativ viele Glasdächer, dann kann es schon mal sein, dass einem ein bisschen heiß wird darunter oder so.

I: Ok, dann haben wir den Planungsprozess schon mal durch. Beim Bauen und so weiter, also wenn die Planung erfolgt ist und das ok da ist zum Bauen, dahinter passiert nichts mehr, also dann wird einfach nur stur gebaut und dann entsteht die Fabrik.

B: So ganz so einfach ist das nicht.

I: Da gibt es keine Überraschungen mehr oder?

B: Doch, ja, da gibt es schon genug. Der Bauherr ändert halt immer, der ändert bis am letzten Tag, wenn es darauf ankommt. Wir haben schon des Öfteren Wände aufgestellt und die sind dann nachher wieder weggerissen worden. Das kann schon passieren.

I: Das zahlt dann auch er?

B: Ja das zahlt er dann, na er. Also das gibt dann von uns natürlich, schau, jede Änderung die der Bauherr selber verursacht, wird an uns gezahlt. Manchmal haben wir in den Verträgen drinnen stehen, bis Entwurf oder so darf er ändern, kann er Varianten von uns fordern, aber nachher ist das Ding fix. Das heißt, abgeschlossener Entwurf, ist jetzt ein Beispiel, kann natürlich Fraunhofer auch sein, aber abgeschlossener Entwurf, nachher ändert er, dann gibt es von uns einen Nachtrag, wir fordern da zusätzlich Geld.

I: Aber außer dem Bauherrn, gibt es sonst noch irgendwelche Probleme oder sowas, oder ist das wirklich, liegt das nur am Bauherrn, an den ganzen Änderungen? Beim Bauen selbst, entsteht noch irgendetwas?

B: Naja beim Bauen selber, dann kommt, sag ich einmal der vierte Mitspieler mit, grobe Mitspieler, sag ich einmal Planer sind wir, dann Projektsteuerer habe ich vorher erwähnt und der Bauherr, ich nenne das jetzt einmal drei Gruppen und dann kommt die Baufirma und die Baufirma natürlich, je nachdem wie sie halt beauftragt worden sind, gibt ja da so Modelle wie eben Generalunternehmer, wo er eigentlich alle Gewerke unter sich hat, habe ich vorhin schon erwähnt, das ist ein Modell, das kann aber auch verknüpft sein, weil meistens gibt es ja auch Budgetprobleme von der Bauherrenschaft, dass er nachher in die Ausschreibung rein nimmt, ja die Baufirma kann sich selber auch nochmal Konstruktionen überlegen und wenn sie günstiger sind damit, aber grundsätzlich gleichwertig mit dem was wir geplant haben, dann kann er das auch so umsetzen, also das kann schon passieren. Ist halt alles eine Geldfrage und wenn dann sowas passiert, dann fangen meistens die Streitereien an, weil wenn der jetzt eine andere Konstruktion, was weiß ich, wir planen da einen Holzträger und der sagt nein, mit Beton ist das aber billiger, das kann passieren auch weil die Marktschwankungen relativ hoch sind teilweise, kann sein, dass genau die Baufirma eben zu einem Holzhersteller, sag ich einmal, bessere Kontakte hat als zum Stahl jetzt oder Beton, dann gibt es eben eine Firmenvariante, aber wer führt dann die Modelle nach und solche Dinge, fangt man dann zum Streiten natürlich an.

I: Aber da verändert sich ja nichts mehr am, also das ist ja nur noch mehr das Material dann was sich dann verändert?

B: Das Material ja, je nach Material halt, so ein Holzträger braucht natürlich mehr Höhe als ein Betonträger in der Regel, das hängt jetzt von der Spannweite natürlich ab, aber es gibt da schon diverse Dinge die halt schon auch auf die Kubaturen irgendwie Einfluss nehmen. Träger ist immer das beste Beispiel, weil wie gesagt, Holzträger braucht ganz andere Ausmaße wie ein Stahlfachwerk oder ein Betonträger zum Beispiel. Ja und wenn der Bauherr dann sieht, da kriege ich es ja um drei Millionen billiger oder irgendwas, dann fängst halt wieder an zum Planen, weil dann müssen wir schauen ok, das Ding schaut um dreißig Zentimeter weiter runter, wir haben da oben tausende Haustechnikleitungen, sag ich einmal, sitzen-

I: Sollte das nicht im Vorhinein geklärt sein? Passiert das dann immer nachträglich?

B: Die Baufirma gibt es ja erst nach der Vergabe.

I: Wäre das nicht gescheiter, wenn man das im Vorhinein schon-

B: Wir machen das eh im Vorhinein. Wir checken die wirtschaftlichste Lösung aus unserer Sicht für den Bauherrn ab. Bei Infineon unten war es so, dass, da kommt damals, das haben wir gebaut vor vier, fünf Jahren sowas, da ist der komplette Markt zusammengebrochen, also die haben in Kärnten, die ganzen Firmen haben nichts zu tun gehabt, jetzt schaut es ja anders aus, weil jetzt boomt ja gerade die Baubranche wieder. Damals war es aber so, da hat jeder auf den Auftrag gewartet. Die sind teilweise mit den Preisen so günstig rein gegangen, das kann man sich gar nicht vorstellen. Das kann man natürlich schwer im Vorhinein abschätzen, weil so ein Planungsprozess dauert ja ein Jahr und in einem Jahr, sag ich einmal, bis dorthin kann sich natürlich viel tun, auch am Markt, aber wir bereiten für den Bauherrn des Öfteren schon irgendwelche Preisvergleiche und so auf, oder vor, eben so Trägersysteme und so wo sich drei, vier Varianten mit Kostenabschätzungen dann eben, das tun wir schon.

I: Das ist das wofür ihr dann auch werbt nicht? Diese Integrale Planung, dass man den Bauherrn schon hat, aber ansonsten, also normalerweise, wenn man jetzt kein so ein GPL hat, ist es ja nicht der Fall oder? Dann gibt es die Probleme öfter mit dem Material, also weil dann wird der Architekt zuerst zugeschaltet, dann am Ende irgendwann mal das Bauunternehmen, wenn da die Absprachen-

B: Was, wenn jede Abteilung für sich selber ist-

I: Genau. Wenn jede Abteilung, das ist ja meistens der Fall, also es ist ja relativ selten glaube ich so, dass es wirklich solche-

B: Aber trotzdem muss es irgendeine zentrale Person geben irgendwo oder eine zentrale Firma, die die Koordinationspflicht mit allen anderen hat. In der Regel ist es, das Architekturunternehmen schon, aber trotzdem, er kennt die Leute, die externen nicht-

I: Also der Architekt ist eigentlich hier die zentrale Instanz in der Fabrikplanung?

B: Eigentlich schon. Ja das ist generell Planung. Das hat jetzt nicht nur unbedingt was mit Fabrikplanung zu tun.

I: Ich weiß, ich beziehe mich jetzt hauptsächlich nur auf die Fabrikplanung.

B: Das ist egal ob es ein Bürohaus ist, oder ein Wohnhaus oder ein Einkaufscenter, das ist egal. Planungen gehen immer eigentlich so vom Architekten aus. Hängt von den Verträgen natürlich ab, aber in der Regel, der Bauherr macht einmal eine Ausschreibung, wo er sich den Planer sucht, das ist genauso wie wenn wir die Baufirma suchen, ist genau umgekehrt und dann gibt es einen Vertrag zwischen uns und dem Bauherrn und da steht meistens drinnen, dass der Architekt halt die Koordinationspflicht hat.

I: Macht ihr dann auch die Standortplanung? Oder das macht alles der Bauherr? Also das macht der wahrscheinlich mit die Systemplaner, die Standortplanung, nicht?

B: Was? Wo er das Gebäude hinstellt?

I: Genau, wo er das Gebäude am besten hinstellt.

B: Ja, das kann schon sein, dass wir das auch, dass wir Standortuntersuchungen machen, beim letzten Projekt war das so in der Steiermark, da haben wir vier Grundstücke für ihn evaluiert, also er hätte schon gesagt, wo hätte er Chancen, weil ganz ohne ihn geht das natürlich nicht und dann haben halt wir geschaut, welches Grundstück sich am besten eignet, eben von Verkehrsanbindung, Verkehrsplaner ist auch noch so ein Thema, da kommen immer mehr Leute.

I: Das wollte ich eh gerade fragen, also macht ihr wirklich auch hier, also bezüglich der Infrastruktur, bezüglich-

B: Infrastrukturplanung machen wir schon, das ist eben das ganze Rohr-Zeug und alles was da im Boden drinnen ist, aber in der Straße, Verkehrsplanung selber, haben wir in der Regel einen Externen, aber wie gesagt, wir haben da halt so Partner, Büros die, mit die werde ich ständig zusammen arbeiten und deswegen funktioniert das da ganz gut. Also Verkehrsplaner ist schon auch wichtig eben. Ja und dann wird eben untersucht, bei Standardanalysen, wie ist der Verkehr, wenn die neue Produktion dort mit, weiß ich nicht, 500 LKWs am Tag daherkommt, schafft die Bundesstraße das überhaupt noch, dann musst dann auch mit Behörden reden und so, das ist ganz wichtig. Wenn der Standort, meistens entsteht ja dann, ich sag einmal, ein Konkurrenzkampf zwischen den Gemeinden, nenne ich das jetzt einmal so, weil die wollen ja das dann dort haben, weil das bringt ja Arbeitsplätze und Steuern und was weiß ich alles für die Gemeinde, da kann es schon passieren, dass sie die Straße dort, keine Ahnung, zweispurig ausbauen nur für das, das bieten sie auch an, auf Geld aus der eigenen Tasche quasi.

I: Das klingt jetzt für mich jetzt ein bisschen so, dass ihr eigentlich eh schon den Großteil macht von der Fabrikplanung. Weil ich noch fragen wollte, wie die Zukunftsaussichten sind? Also, wenn Sie jetzt an Ihre Fabrikplanungsprojekte zurückdenken. Was würden Sie heute anders machen, oder welche Ideen hätten Sie um das noch aufzubessern? Und das noch effizienter zu gestalten. Für mich klingt das so, das Einzige was bei Ihnen noch fehlt in der ganzen Abteilung ist im Endeffekt, dass Sie noch so eine Systemplanungsabteilung haben-

B: Wir haben sicher noch Luft bei BIM, sag ich einmal, dort habe ich vorher erwähnt, dass wir da selber noch in einer Entwicklung drinnen stecken, da sehe ich schon noch Luft, da gibt es eben so Dinge wie, es gibt ja nicht nur 3D, es gibt ja 4D, 5D, zum Beispiel. 4D ist ja Terminplanung, das heißt du hinterlegst beim Modell die einzelnen Wände, Türen, die einzelnen Komponenten mit Termine sogar und dann kannst du zum Schluss dann, wie einen Film quasi anschauen wie das Ding halt aufgebaut wird, kannst vielleicht auch während der Bauphase besser kontrollieren, das haben wir jetzt zum Beispiel schon einmal gemacht, da sind wir gerade, oder sind wir ganz gut unterwegs. 5D ist Kostenhinterlegt, dass du wirklich jedes Material und so weiter mit Kosten hinterlegst, nur da wissen wir noch nicht, weil die Material- oder die Marktschwankungen so derartig sind, also wie gehst du das am besten an. Das ist ein bisschen schwierig das Thema.

I: Das wird wahrscheinlich manuell noch eingegeben, jetzt die ganzen Preise?

B: Naja, wir lesen halt die Massen und so, die kommen ja ganz gut raus und dann werden die aktuellen Preise hinterlegt, aber eben noch ganz normal im Excel, das geht ja dann nicht anders.

I: Also Kosten- und Zeitverfolgung wirklich in Echtzeit so zu sagen mit der BIM-Software?

B: Könnte schon funktionieren theoretisch, wenn die Marktschwankungen nicht da wären. Naja, wie gesagt, der Stahlpreis kann von einem zum nächsten Monat so variieren. Wenn die Chinesen eine neue Baustelle anfangen in China irgendwo, kann es schon passieren, dass der Markt zusammenbricht.

I: Ja sonst noch irgendwelche Ideen was man da noch machen könnte? Eben, also wir haben gesagt, BIM haben sie gesagt ist Luft nach oben, aber gerade bevor die Architektur überhaupt beginnt, vielleicht so in der Systemplanung und Strategieplanung, wenn Sie den Teil ja auch noch übernehmen, dann würden sie rein theoretisch-

B: Ja, aber das ist zu komplex, weil jeder Industriezweig oder was auch immer braucht die eigenen Prozessplaner und wie oft kriegst du dann so ein Gebäude. Jetzt baust du da intern irgendwen auf und dann hast vielleicht zehn Jahre lang genau diesen Industriepart nicht mehr als Projekt, sondern dann kommen halt drei andere Dinge rein und das ist nicht so einfach. Und die sind auch wie gesagt

eben verknüpft mit der Bauherrenschaft. Also natürlich, schnellere Prozesse oder, wie sagt man, rechtzeitiger Abschluss Prozessplanung, das wäre so ein Punkt, nur das ist halt alles, wünsch dir was, das wird nicht funktionieren. Ansonsten sind wir da sehr gut aufgestellt.

I: Ok, aber zwischen den Prozessplanern jetzt und Architekten gibt es da keine Verständnisprobleme bezüglich Räumlichkeiten, bezüglich, was weiß ich, Layoutvarianten und solche Sachen, da gibt es keine Verständnisprobleme?

B: Wie man es halt aufzieht, aber normal funktioniert das schon ganz gut.

Experteninterview-Leitfaden

Guten Tag Herr Wirth,

im Rahmen meiner Diplomarbeit an der technischen Universität Wien, werden einige Experteninterviews durchgeführt. Mein Ziel ist es, die praktische Vorgehensweise der Fabrikplanung und die darin eingesetzten Methoden der digitalen Fabrik zu erörtern. Mit diesem Schreiben möchte ich Sie bitten, Ihr Einverständnis dafür auszusprechen, dass Sie befragt sowie unser Gespräch aufgezeichnet wird.

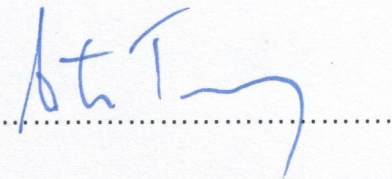
Mit dem Experteninterview möchte ich die Unterschiede zwischen der Theorie und Praxis (vor allem auftretende Probleme und Ursachen) ermitteln sowie den Einsatz von neuen Methoden der digitalen Fabrik. Besonders interessiert mich inwieweit die Digitalisierung Einzug in die heutige Fabrikplanung erhalten hat?

Selbstverständlich werden sämtliche Daten vertraulich im Sinne der Datenschutzrichtlinien behandelt, (anonymisiert) ausgewertet und gespeichert. Ich würde mich freuen, Ihr Einverständnis zu erhalten.

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich im Rahmen dieser Diplomarbeit befragt werde sowie dieses Gespräch aufgezeichnet wird.

Herr Thomas WIRTH



Wien, 15.05.2019

Anhang D

Experten Interview-IFP Consulting (Transkription)

Das Interview fand am 01.07.2019 bei IFP Consulting in Garching bei München statt. Vor dem Interview wurde vom Interviewpartner, das Einverständnis zur Aufnahme des Gesprächs eingeholt. Die Interviewdauer betrug 40 Minuten. Das Interview wurde über Skype als Telefongespräch durchgeführt. Anwesend waren 2 Personen, ich als Interviewer und die befragte Person. Aus Datenschutzrechtlichen Gründen, werden gewisse Aussagen als Auslassung, mit ((...)) markiert.

I → Interviewer: Andrei IEREMIE

B → Befragte Person: Katharina ANDERS

Interview:

I: Gut. Wie lange sind Sie schon in der Fabrikplanungsbranche tätig?

B: Ich bin seit 2015 in der Fabrikplanung tätig.

I: Ok und wie viele Fabrikplanungsprojekte haben Sie seitdem schon, ja, betreut und welche Rolle haben Sie jetzt in dieser Fabrikplanung übernommen?

B: Ich habe tatsächlich, war eine ganz spannende Frage, weil ich habe die irgendwann durchgezählt, es sind so circa sechzehn Projekte in den letzten vier Jahren gewesen und die habe ich sowohl als Berater als auch als Projektleiter mitbetreut, also anfangs als Berater und die letzten vier, fünf Projekte als Projektleiter.

I: Als Berater über den gesamten Fabrikplanungsprozess, oder wie?

B: Zumindest über die Teile für die wir als Unternehmensberater beauftragt waren.

I: Ok. Gut, dann würde ich gleich starten, wie würden Sie denn aus ihrer Erfahrung diesen Fabrikplanungsprozess beschreiben?

B: Wie man das beschreibt, also dann muss ich ein bisschen weiter ausholen, weil-

I: -Genau, dafür ist die Frage auch gedacht, ja. (Lachen)

B: Sehr gut, (Lachen) ok. Wir halten uns, wenn wir in eine Fabrikplanung gehen, immer an die Vorgehensweise aus der VDI-Richtlinie. Das heißt wir starten ganz klassisch mit einer Zielfestlegung, erst Mal strategisch, wo soll es überhaupt hingehen und dann geht es los mit der Projektinitiierung, das heißt was ist denn tatsächlich das Ziel dieser Fabrik, die da geplant werden soll, was sind die Randbedingungen, was sind die Prämissen und dann schaut man, dass man da gemeinsam mit dem Kunden für die man die Planung macht, dann gemeinsames Zielbild vereinbaren kann. Im nächsten Schritt geht es dann in die Grundlagenermittlung. Die Grundlagenermittlung heißt erst Mal Datenanalyse. Also Produktionsprogramm aufnehmen, Stücklisten analysieren, Volumen, Prognosen anschauen bis hin zu, welche Grundstücke stehen uns da eigentlich zur Verfügung, welche Gebäude sind da schlecht drauf, was haben die für Layouts, was gibt es da, für Restriktionen mit Tragfähigkeiten und so weiter und so fort, also das wäre dieses, das wäre alles was zur Grundlagenermittlung gehört, dass man erst Mal einen guten Datenüberblick hat und dann kommt in der Planung erst die Konzeptplanung. Also, dass man sich erst Mal, also worum geht es da grob drum, um die Strukturplanung, also welches Funktionsschema habe ich in dieser Fabrik, wie ist die Produktionsstruktur aufgebaut. Wenn man das hat, dann muss man natürlich ein bisschen

dimensionieren. Wieviel Flächen braucht man, welche Ressourcen braucht man, um die gewünschte Stückmengen auszubringen, wie ist es mit der Betriebsmittelplanung, geht es in Richtung Materialflussanalyse und für das eine oder andere Thema brauchst du auch in dieser Phase ein Steuerungskonzept. Die Digitalisierung ist ja ein großes Thema und als Grundlage für die weiteren IT-Themen gilt dann eben da dieses Steuerungskonzept. Wenn man dann von der Idealplanung ein ideales Blocklayout hat, geht es in die Realplanung. Das man dann verschiedene Varianten entwickelt, die bewertet und dann dort die auswählt, mit der man tatsächlich in die Detailplanung geht, das wäre dann die vierte Phase. Genau, die Detailplanung ist ganz grob eine Feinplanung, also dann geht es dann wirklich auf Arbeitsebene runter, wie sieht welcher Arbeitsplatz aus, wie genau ist welche Anlage, welches Regal, welcher Aufzug in diesem Gebäude verortet und dort zu analysieren, passt das tatsächlich rein, also passt das einmal rein, geht das auch, passen meine Prozesse, wie ist das mit den Kosten, die werden dort abgeschätzt in dieser Phase und die Phasen, die Detailplanungsphase kann, muss aber nicht, mit den Genehmigungsanträgen abschließen. Also in Richtung Ausschreibung, Lastenheft, Pflichtenheft, diese Thematiken.

I: Ok. Die Genehmigungsausschreibungen, dafür sind auch Sie jetzt zuständig? Also dafür ist auch IFP Consulting zuständig?

B: Ja und nein. Also vielleicht hätten wir kurz noch klären sollen, was macht IFP Consulting eigentlich. Wir sind Institut für Produktion und Logistik, das heißt wir unterstützen unsere Kunden als Unternehmensberatung, bei diesen gesamten Phasen der Fabrikplanung und wir schauen am Anfang, also bevor wir tatsächlich starten, vor Phase eins eigentlich, was ich gerade erzählt habe, mit dem Kunden erstmal um zu schauen wo wollen wir hin und was braucht der Kunde tatsächlich und der Kunde beauftragt uns dann spezifisch für welche Phase er welche Unterstützung möchte. Das heißt wenn der Kunde diese Ausschreibungsbegleitung beauftragt, dann machen wir die, wenn er aber sagt, ok, vielen Dank für das Grobkonzept und so weiter und vielen Dank für das Feinkonzept, um die Ausschreibung kümmern wir uns selber, dann sind wir da nicht mehr mitinvolviert, also das ist, also wir machen das grundsätzlich alles, wir begleiten alle Phasen auch die, die ich jetzt gleich erwähnen werde, aber immer nur das, was der Kunde tatsächlich von uns auch möchte.

I: Verstehe, verstehe, ok. Also sollten, wenn der Kunde sagt, dass jetzt IFP Consulting auch diese Ausschreibungen macht und auch die Genehmigungsplanung, führen Sie dann diese Genehmigungsplanungen mit den Behörden durch?

B: Die Genehmigungsplanung direkt nicht, sondern nur die Ausschreibung für eine Genehmigungsplanung. Also wir sind, wir ziehen da eine klare Grenze, also wir haben Kompetenz was die Planung angeht und was die ganzen Analysen im Vorfeld angeht, aber wenn es tatsächlich um die Architekturthemen und TGA-Themen und bauliche Themen, wo es in Richtung Statik und so weiter geht, das lassen wir dann von entsprechenden Fachleuten machen, also da erheben wir keinen Anspruch darauf Kompetenzen in diesem Bereich zu haben, also wir kennen die grundlegenden Themen, wir wissen worauf es da drauf ankommt, dass wir in diesen, in der Konzeptplanung halt heiklerer berücksichtigen müssen, das wissen wir, aber wenn es tatsächlich um diese Genehmigungsplanung geht, wo dann wirklich am Ende ein Bauerntrakt dahintersteht, das lassen wir schon von einem Architekten machen, Generalplaner machen. Da gehen wir dann Kooperationen ein und machen das mit denen gemeinsam, weil wir da halt, also da sagen wir ganz klar das ist nicht unser Kernthema.

I: Ok, verstehe. Aber die Architekten, da machen Sie auch Ausschreibungen oder haben Sie die als Subunternehmen sozusagen von IFP Consulting auch?

B: Wir haben die nicht als Subunternehmen. Also wenn, dann machen wir das als Partner gemeinsam, aber wir übernehmen keine Generalplanungsrolle.

I: Verstehe.

B: Genau.

I: Gut, dann was für mich sehr interessant wäre, also Sie sind da ja stark in der Strategie, aber wenn es jetzt um die Architektur geht und um die Bauphasen, übernehmen Sie hier auch Überwachungsrollen, sag ich jetzt einmal?

B: Ja. Also was wir machen, das wären dann die nächsten Phasen, also Phase fünf, sechs und sieben die wir da jetzt noch anschließen würden. Die begleiten wir mit als Überwacher, hört sich jetzt ein bisschen nicht so ganz korrekt an (Lachen), also die begleiten wir mit, dass wir schauen wo ist der aktuelle Planungsstand, in welche Richtung geht das, geht das in die gleiche Richtung wie das ursprünglich mal angedacht war oder gibt es da Abweichungen, also in der Richtung begleiten wir das mit. Das heißt Phase fünf wäre Realisierungsvorbereitung, dass man Angebote einholt, Vergaben mitbegleitet, also den Kunden damit unterstützt und danach die Ausführplanung mitüberwachen, sagen wir tatsächlich auch, bis hin zur Realisierungsbegleitung und dann auch zur Hochlaufbetreuung, das heißt, wenn dann die Produktion tatsächlich anläuft. Aber das ist dann eher die Begleitung als, dass wir da tatsächlich als Generalplaner auftreten und Generalplaner vergeben wir dann wiederum an andere Gewerke wie Bauunternehmen oder Architekten, das tun wir nicht.

I: Ok, verstehe. Gibt es noch etwas?

B: Das wäre so die Vorgehensweise, um von der ersten Zielfestlegung bis zur fertigen Fabrik zu kommen.

I: Ok, super. Was mich jetzt besonders interessiert in diesem ganzen Fabrikplanungsprozess, wo treten da denn häufig Probleme auf mit Kunden oder mit irgendwelchen Genehmigungsnachweisen und ja, was sind die Ursachen für diese ganzen Probleme, die da auftreten?

B: Also was sind da die Ursachen, ich habe das jetzt mal auf die ersten Phasen hauptsächlich bezogen, auf die Planung tatsächlich. Was hier ganz häufig ein Problem ist, ist dass die Ziele nicht klar festgelegt sind. Dass man startet und sich während der Planungsphasen, zum Beispiel Planung kann sich noch ändern oder dann der Fokus verschiebt oder das Mengengerüst, dass für die Fabrik angedacht ist verändert und das hat natürlich immer wieder Einflüsse auf den weiteren Planungsverlauf, man muss dann halt wieder ein paar Schritte zurück gehen, muss das überarbeiten, dadurch verlängert sich das, verkompliziert sich das. Das ist sehr häufig eine Herausforderung, die uns in dem Projekt trifft und dazu kommt, dass auch so eine Art, Problem hört sich immer ein bisschen kritisch an, ich würde es eher Herausforderung nennen ist, dass Zeitpläne kundenseitig oft ziemlich knapp angesetzt sind. Dieses ganze Thema von der ersten Planung bis hin zum tatsächlichen Produktionshochlauf, je nachdem ob man komplett neu baut oder ob man schon im Bestandsgebäude ist, das braucht meist länger als sich der andere, anders vorstellen kann. Gerade wenn es um einen Neubau geht, je dann verschiedene Bauanträge im Amt bearbeitet wurden, oder auch ein Bauunternehmer gefunden wurde der es tatsächlich baut, das sind, da haben wir ja gerade in einer aktuellen Situation viele Verzögerungen einfach weil gar kein Unternehmen Kapazitäten zur Verfügung hat zum Beispiel und das sind dann Themen, da sind die Kunden meist sehr, naja wie soll ich sagen, sehr positiv (lachen) gestimmt unterwegs und ja, haben da nicht ganz realistische Vorstellungen, dass das alles ein bisschen Zeit braucht, auch Zeit um zum Beispiel Entscheidungen zu finden innerhalb des Unternehmens, also wenn zum Beispiel der Planer etwas vorschlägt, man hat verschiedene Varianten und man braucht dann eine Variante mit der man tatsächlich in die Detailplanung geht und das dadurch gewisse Entscheidungsprozesse im Unternehmen stattfinden müssen, wird auch meist unterberücksichtigt.

I: Ok und wie werden diese Probleme meistens gelöst mit dem Kunden?

B: Wie werden die gelöst. Was wir gerne machen, wenn wir jetzt schon merken in den ersten Gesprächen, ok es ist noch nicht so ganz richtig klar, was am Ende tatsächlich in die Fabrik rein soll, dass wir uns in dieser Phase eins, zur Zielfestlegung, viel Zeit nehmen und auch bewusst Zeit einplanen und die Ziele gemeinsam in Workshops mit den Stakeholdern beim Kunden gemeinsam zu klären, gemeinsam festzulegen, gemeinsam zu finden. Das ist ganz wichtig, dass man das gemeinsame Zielbild entwickelt hat.

I: Ok und setzt man dann auch zusammen die Termine fest, also die Terminplanungen? Macht man die dann auch gemeinsam?

B: Genau, machen quasi einen Vorschlag und der Kunde kann dann darauf reagieren. Manchmal weiß man schon ok, da gibt es da Lenkungskreisausschüsse oder bestimmte Gesellschafterversammlungen bis wohin verschiedene Ergebnisse da sein müssten, da schaut man natürlich, dass man da zusammenkommt. Dass man da einen gemeinsamen Zeitplan hat, der das Projekt bestmöglich unterstützt. Genau, das sind diese Initiierungsworkshops, dann rechtzeitiger Planungsstatus natürlich immer ganz gut, wenn man da frühzeitig beginnt und ja, vielleicht auch den anderen Puffer einplant. Was da auch rein spielt, das hatte ich jetzt vorhin noch gar nicht erwähnt, die Datenverfügbarkeit ist natürlich immer so eine Sache. Ich habe es vorhin erwähnt bei der Grundlagenermittlung, dass wir da ziemlich tief in die Datenanalyse auch einsteigen, um zu lüften was dann tatsächlich in das Gebäude später rein soll und das setzt natürlich voraus, dass auch die Daten verfügbar sind und da haben wir in den letzten Jahren auch vermehrt darauf abgezielt, dass wir vor den tatsächlichen Projektstart schon die Datenanforderungen mit dem Kunden klären, ihm da schon Zeit geben, die auch zu beschaffen, dass wir, wenn wir dann loslegen, auch tatsächlich loslegen können und dann nicht erst Zeit verlieren am Anfang um noch die ein oder anderen SAP-Auszüge tatsächlich zu bekommen oder Datenaufnahmen zu machen.

I: Ok. Ist für diese Datenaufnahme, ich weiß das nur aus anderen Interviews, dass es relativ wichtig ist mit Mitbeteiligten aus der Fertigung selbst zu reden oder eben um Prozesse in Erfahrung zu bekommen und die haben dann selten Zeit, also dass die Ressourcen dann von den Unternehmen nicht zur Verfügung gestellt werden. Haben Sie diese Erfahrungen auch gemacht?

B: Ja. Das ist auch ein Thema. Kann ich nur bestätigen.

I: Da gibt es, nehme ich einmal an, momentan keine Lösungen, oder? Keine Problemlösungen für sowas? Also ich-

B: -Naja, der Lösungsansatz da ist, dass der, also wenn sich Unternehmen dazu entscheidet so ein Projekt zu starten und da auch in dem Fall, also ich kann das jetzt immer nur aus dieser externen Perspektive berichten, wenn man sieht ja jetzt, ein Unternehmen dazu entschließt externe Unterstützung rein zu holen, das kauft man sich ja auch für nicht ganz wenig Geld ein, dann sollte auch gewisses commitment da sein die Ressourcen zur Verfügung zu stellen und da muss einfach das commitment da sein von der Unternehmensführung zu sagen, wir wollen das und wir geben euch jetzt auch die Zeit oder wir stellen euch bewusst dafür frei um dieses Projekt zu unterstützen. Das ist einfach notwendig, anders kann ich es nicht sagen. Also da gibt es kein Zaubermittel, um das Problem zu lösen oder so. Also der Tag hat vierundzwanzig Stunden und irgendwann muss man auch mal nach Hause gehen.

I: Ja, da muss das Unternehmen einfach ehrlich reagieren nehme ich an.

B: Richtig. Genau.

I: Gut, dann zu den ganzen wichtigen Stakeholdern im gesamten Fabrikplanungsprozess. Was sind da so für wichtige Stakeholder? Was sind so die wichtigsten Beteiligten am gesamten Fabrikplanungsprozess?

B: Also die Frage ist recht offen formuliert muss ich gestehen und wie wir das gerne einteilen mit diesen Stakeholdern. Also ich erzähle ihnen erstmal so unsere Projektkommunikationsstruktur, weil da kann man die Stakeholder ganz gut einsortieren und dann würde ich noch die ergänzen aus den einzelnen Bereichen die man da, mithinein nehmen sollte ins Team und zwar gibt es übergeordnet in dem beauftragenden Unternehmen, also die dieses Projekt tatsächlich machen wollen, eine Fabrik planen wollen, gibt es meistens so eine Art steeringteam, also ein Lenkungskreis oder ein Steuerkreis, je nach dem, das heißt bei jedem Unternehmen heißt das ein bisschen anders. Das sind die Personen die tatsächlich die Entscheidungen treffen. Also entweder Eigentümer oder Geschäftsführer, Geschäftsleitung, manchmal sind das auch technische Leiter, das ist ganz unterschiedlich, das hängt immer von der Unternehmensstruktur ab und der da tatsächlich, Entscheidungsgewalt über diese Fabrikplanung hat. Manchmal ist es ein regionaler Standortleiter, manchmal ist es einfach der Geschäftsführer. Ein 130-Mann Unternehmen wird es wahrscheinlich der Geschäftsführer sein, der da drinnen sitzt. Bei einem 20.000-Mann Unternehmen, dann ist es vielleicht der Deutschlandchef oder so.

I: Ok, ok, aber dieses steeringteam, das besteht nur aus den Leuten, aus Kundenperspektive jetzt, oder wie?

B: Ja. Genau. Das ist quasi der Auftraggeber, das steeringteam. Und dann gibt es aus diesem steeringteam einen, der übernimmt die Projektleitung, aus Kundenperspektive und es gibt einen von dem Beratungsunternehmen, der übernimmt ebenfalls die Projektleitung und wenn sich das steeringteam trifft, dann sind diese beiden Projektleiter natürlich mit dabei. Weiterhin gibt es dann ein Kernteam, was das Projekt bearbeitet. Das sind meistens so drei bis sechs Mitglieder, das sind die, die tatsächlich die Daten zur Verfügung stellen, die Daten analysieren, die Prozessaufnahmen machen, die Konzepte entwickeln, die in Workshops Ideen produzieren und bewerten.

I: Ok, das sind dann die Berater im Endeffekt, das Kernteam?

B: Auch. Also zum Kernteam gehören sowohl Berater als auch, das Kernteam vom Kunden. Also es wird beim Kunden mit Sicherheit jemanden geben der entweder ist es der technische Leiter oder Mitarbeiter des technischen Leiters der sich besonders gut auskennt mit den Prozessen die in der zukünftigen Fabrik stattfinden sollen oder es ist wenn es zum Beispiel ein Lebensmittelprojekt ist, jemand von der Qualität oder von der Produktentwicklung, kann auch sein. Es ist immer wirklich ganz abhängig um welches Produkt es sich handelt. Meistens sitzt da auch jemand von der Logistik mit dabei, weil Produktion und Logistik gehören eng zusammen. IT bietet sich an, wenn da jemand mit dabei ist, der muss nicht regelmäßig dabei sein aber ab und zu sollte er da schon, da einen Überblick haben was da aktuell geplant wird. Wenn haben wir noch, finance ist auch ein Thema die dort mit dabei sind, mitinvolviert sind, meistens nicht zu Beginn, sondern eher zum Ende des Projektes und weitere Personen bei Bedarf aus den Fachabteilungen, die dann zu den entsprechenden Phasen mit dazu geholt werden.

I: Ok, die wären jetzt alle mal in diesem Kernteam was wir gesagt haben?

B: Genau, also Kernteam, naja das habe ich jetzt schon vielleicht ein bisschen vermischt. Also Kernteam ist wirklich ein ausgewähltes Kernteam mit einem der kundenseitig die Hauptverantwortung hat, für die tatsächliche Bearbeitung des Projektes und je nach Fokus der Fabrik wahrscheinlich jemand aus der Produktion, aus der Logistik, aus der Qualität und dann gibt es ein erweitertes Kernteam so zu sagen oder eben die Unterstützung aus den Fachabteilungen wie jemand

aus der IT, aus dem finance-Bereich vielleicht noch aus weiteren Abteilungen, je nach dem, also da gehört manchmal aus der Produktentwicklung mit rein, wenn das jetzt nicht Fokus ist. Also wenn es natürlich jetzt Kernthema ist, der neuen Fabrik ein neues Produkt zu integrieren, was gar noch nicht entwickelt ist, dann würde der im Kernteam sitzen. Das verschiebt sich so ein bisschen je nach Fokus des Projektes.

I: Ok, verstehe und wie wird jetzt die Kommunikation zwischen diesen ganzen Beteiligten aufrechterhalten? Zwischen den Beratern, zwischen diesem steeringteam, also zwischen jetzt Eigentümer und so weiter, der eigentlich das Sagen hat, wie entsteht hier die Kommunikation?

B: Also Kommunikation findet erstmal dadurch statt, dass ein wöchentlicher Regeltermin stattfindet, ein sogenannter Jour fixe. Der findet statt mit dem Kernteam und den Projektleitungen sowie nach Bedarf den Personen aus den Fachabteilungen und das wird in regelmäßigen Abständen Meilensteintermine geben. Das ist so Pi mal Daumen alle vier, fünf, sechs Wochen, je nach Projektumfang, Projektgröße und Abstimmungsbedarf und zu diesem Meilensteintermin ist auch das steeringteam mit dabei. Es gibt außerdem zu Kommunikation, zumindest bei uns wenn wir Projekte machen, einen wöchentlich Statusbericht, der wird auch an das steeringteam versendet das heißt, steeringteam ist immer einmal die Woche darüber informiert was sind die letzten Projektergebnisse aus den letzten sieben Tagen oder fünf Tagen in dem Fall, was sind Herausforderungen, wo hängt es, wo gibt es Entscheidungen die unbedingt getroffen werden müssen, dass es weiter geht und was sind die nächsten Schritte und sollte es da jetzt zwischen diesen Meilensteinterminen seitens des steeringteams Abstimmungsbedarf geben, ist das immer eine Kommunikationsgrundlage um mit der Projektleitung Rücksprache zu halten.

I: Ok. Gut, dann würde ich gerne zu den Methoden der digitalen Fabrik übergehen und zwar inwieweit wird jetzt dieser ganze Fabrikplanungsprozess durch Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik unterstützt? Also jetzt-

B: -Genau, die erste Frage war ob es Standards gibt. Da muss ich sagen, dass ist individuell, je nach Projekt, je nach Unternehmensberatung, da hat jeder glaube ich so sein eigenes Steckenpferd und seine eigenen Tools die man da verwendet und was wir einsetzen sind verschiedene, ich erzähle sie einfach mal der Reihe nach und zwar gibt es zum Einen Simulationsprogramme die wir einsetzen, also einmal um Abläufe zu simulieren, das geht dann so in Richtung PlantSim, ich würde das gleich mit der nächsten Frage noch verknüpfen, welche Vor- und Nachteile ergeben sich daraus, wenn wir mal bei den einzelnen Methoden sind. PlantSim ist jetzt eher dafür gedacht, dass man, wenn man wirklich schon eine fertige Fabrik geplant hat und sich im Klaren darüber ist wie die Prozesse aussehen, dass man das zur Absicherung nutzt, weil man dafür sehr viel Daten braucht und auch schon eine ziemlich hohe Planungssicherheit. Was da eine, das ist auch so eine Herausforderung bei den Kunden, dass sie ganz oft was simuliert haben möchten aber noch gar nicht wissen was in der Fabrik passiert und dann macht sich eine Simulation natürlich ein bisschen schwierig oder es ist etwas schwierig daraus zu simulieren worüber man noch gar keine Daten hat. Das heißt Ablaufsimulation ist eher geeignet, um die fertige Fabrik nochmals zu validieren. Materialflussanalyse hingegen, ist für die Planung auch schon ein sehr gutes Tool und zwar nutzen wir an der Stelle visTABLE. Das ist einmal gut geeignet, um die dimensionierten Flächen im Blocklayout anzuordnen und dort wirklich auch zu spielen, Varianten zu entwickeln, zu schauen ob Blocklayoutebene wie, was macht das mit dem Materialfluss, um auch später in Detailplanungsebene bis hin in die 3D-Darstellung zu gehen also das, da ist dieses Tool sehr mächtig, in der Richtung. Wenn man natürlich ein 3D-Modell hat, die VR-Brille, um das 3D sich anzuschauen, auch größtenteils Validierung also in 3D zu planen, passiert heute eher selten sondern das ist eher dann eine Art Ergebnispräsentation um mal durchzugehen, ein Gefühl zu kriegen wie tickt die Fabrik, was macht da so, findet man da was, was nicht passt, fällt da irgendwas auf-

I: -Wie sehen diese Visualisierungen aus? Werden die jetzt per 3D-Brille oder einfach nur auf einem Bildschirm visualisiert? Wie funktioniert diese Visualisierung?

B: Das geht sowohl als auch. Also man kann die, auf dem Bildschirm sich anschauen diese 3D-Visualisierung und dann mit Cursor oder Tastatur durchlaufen, ist nicht viel mehr als was man von Computerspielen kennt, oder man setzt sich die Brille auf, dann wird es auf die Brille projiziert, hat dann panels in der Hand, also rechts und links, wie so eine Art, letztendlich ähnlich wie bei einem Videospiel, ich weiß nicht ob Sie das von der Playstation her kennen, da kann man sich auch durchbewegen, das ist ähnlich.

I: Ok, was sind denn da so jetzt große Vor- und Nachteile von solchen Visualisierungen?

B: Bei der 3D-Brille ist der Vorteil, ist natürlich, dass es absolut Managementtauglich, also wenn wir jetzt jemanden aus dem steeringteam haben der sich da alle fünf, sechs Wochen mit dem Projekt beschäftigt, weil sonst einfach keine Zeit ist oder er es halt delegiert hat die Aufgabe, was ganz natürlich ist, dann bekommt er dadurch relativ schnell Zugang zur Thematik. Das heißt er kann relativ schnell, er sieht was geplant wurde, er kann sich das vorstellen, er kriegt das da veranschaulicht, ist der Vorteil und gleichzeitig auch der Nachteil, weil dadurch, dass er einen relativ guten Eindruck gewinnt oder das Gefühl hat einen guten Eindruck zu gewinnen fühlen sich da auch viele Leute in der Lage mitzureden die gar nicht so einen detaillierten Einblick haben und die ganzen Hintergründe der Planung. Das ist immer, je einfacher die Methode umso schwieriger ist es alle Meinungen da gerecht zu werden, weil da natürlich jeder seine Meinung dazu gibt. Was jetzt so in 3D-Richtung nochmal geht ist die BIM-Planung. Also du hast das in den anderen Interviews schon mit-

I: -Genau, aber das liegt ja dann eher beim Architekten soviel ich weiß.

B: Richtig, das ist auch eher was, wenn es dann um die konkrete Gebäudeausplanung geht, für die Umsetzung, dass man da schaut wo liegen tatsächlich welche Leitungen, wie ist die dimensionierte Ausrüstung weil da musst du sehen wo sind sich Verrohrungen im Weg, wo passt vielleicht ein Türloch nicht so ganz richtig rein, das geht in die Richtung.

I: Ok und da ist IFP Consulting aber nicht dafür zuständig jetzt, bei dieser BIM-Planung? Das macht jetzt rein wirklich nur der Architekt?

B: Das macht der Architekt, für die Themen arbeiten wir mit einem Partner zusammen, der dann diese, die BIM-Planung übernimmt. Wir arbeiten für die Planungen mit CAD-Layouts, das wäre das nächste Tool auf meiner Liste. Das heißt wir zeichnen die Layouts digital natürlich, also nicht mehr auf Papier. Für die-

I: -Sind diese dann noch mit dieser BIM-Software kompatibel? Diese CAD-Layouts?

B: Ja. Also die Layouts werden dann übernommen und im BIM weiter ausdetailliert.

I: Ohne Informationsverluste?

B: Ja. Zur Datenanalyse haben wir Tools, da setzen wir je nach, es kommt immer auf die Anforderung darauf an, je nach Datenanforderung EXIS oder Tableau ein. Tableau ist da vor allem geeignet, um schnell aussagekräftige Visualisierungen zu erstellen.

I: Wie heißt das nochmal? Tableau?

B: Tableau. Also, T A B L E A U.

I: Ok.

B: Genau. Dann haben wir eine Drohne, die wir einsetzen. Das geht jetzt auch in Richtung modernere Geschichten und zwar bietet sich das an, wenn man ein großes Werksgelände hat die unübersichtlich sind oder um Punktwolkenmodelle von Bestandsgebäuden zu erstellen, dass man dort die Daten auch mal mit einer Drohne macht und dass dann im Nachhinein besser digitalisiert aufnehmen kann.

I: Ok, auf offenem Gelände oder auch schon in Hallen, sozusagen als Grundlagenermittlung?

B: Auf offenem Gelände. In der Halle ist es mit der, das hängt so ein bisschen von der Drohne ab die Sie fliegen, aber die meisten Drohnen schaffen es noch nicht sich in einem Gebäude zu koordinieren, also die brauchen das GPS-Signal außerhalb eines Gebäudes. Da ist die Entwicklung noch nicht ganz so weit (lachen) aber ich bin mir sicher das kommt auch bald. Und ein letztes Tool was ich hier an der Stelle nennen möchte zur Transparenz und auch zur Kommunikation mit den Stakeholdern und mit den Projektbeteiligten nutzen wir SharePoint, Projektsharepoint zur Datenablage.

I: Ok, das ist jetzt nur ein gemeinsamer digitaler Server nehme ich an wo jeder, Zugriffsrechte darauf hat?

B: Richtig. Das ist auch eine Entwicklung in den letzten Jahren die da stattgefunden hat. Früher hat man das auf seinen eigenen Servern gehabt und der Kunde verlangt halt mehr und mehr, dass er da permanenten Zugriff hat, um den Projektfortschritt zu erkennen.

I: Ok, aber ich gehe jetzt mal davon aus, dass nicht jeder die Zugriffsrechte hat, Sachen, die da drinnen sind, Layouts, jeder selbst zu bearbeiten, oder? Weil dann kommt es ja recht schnell zu Stande, dass jetzt zum Beispiel eine Abteilung ein Layout bearbeitet, eine andere Abteilung dann wieder ein anderes Layout und dann hat man nicht mehr diese Datenaktualität, oder?

B: Da bin ich mir jetzt nicht ganz sicher ob ich die Frage richtig verstanden habe. Also auf diesen gemeinsamen digitalen Servern kann man die Zugriffsrechte zum einen beschränken, für gewisse Personengruppen, beziehungsweise hat ja auch nicht jeder Zugriff darauf, das wird gemanagt, also das ist sichergestellt, dass dann nur die Person Zugriff haben die den Zugriff auch haben sollten. Was das Ganze aber fördert ist, dass man immer genau weiß, was ist der letzte Stand der Bearbeitung, das heißt, wenn jetzt verschiedene Abteilungen beispielsweise auf ein Layout zugreifen müssten, ist dadurch sichergestellt, dass das aktuelle Layout immer da liegt und immer auf das aktuelle Layout zugegriffen werden kann.

I: Ok. Gut, wenn das alle Methoden wären-

B: -Das sind zumindest die, die ich mich jetzt im Vorfeld als Vorbereitung (lachen) mal zusammengefasst habe.

I: Ja, das war schon recht umfangreich finde ich, also verglichen jetzt zu anderen Interviews. Und jetzt kommt noch ein Block der für mich sehr, sehr wichtig ist und zwar wenn Sie jetzt an die ganzen Fabrikplanungsprojekte zurückdenken, an die ganzen Probleme, die Sie hatten, was würden Sie denn heute anders machen? Wie würden Sie diese Probleme verbessern?

B: Also, wenn ich da jetzt an die Sachen zurückdenke, würde ich gar nicht mal so viel anders machen wie das was ich schon vorhin erwähnt hatte, also wo wir daraus gelernt haben ist, dass wir vorab mehr den Fokus auf diese Projektinitiierungsworkshops legen, dass wir mit dem Kunden genau klären, was das Ziel der Fabrik sein soll. Das ist der eine Punkt, den setzen wir tatsächlich um und das funktioniert sehr gut und der zweite Punkt ist, das hatte ich vorhin glaube ich auch schon mal angesprochen, mit der Datenverfügbarkeit, das ist das was ein Projekt stark ausbremst. Da arbeiten wir aktuell auch schon dagegen oder dafür, dass das besser funktioniert indem wir zu Datenanforderungen meist schon mit der Angebotsverhandlung zur Beauftragung schon die

Datenanforderungen mitgeben, dann abgeklärt werden kann, sind denn die Daten verfügbar, was muss man vielleicht noch aufnehmen im Laufe des Projektes, um dort wirklich zu wissen welche Verzögerungen einen erwarten können oder vielleicht auch dann gar nicht mehr erwarten müssen.

I: Ok, eine Frage habe ich noch und zwar weil Sie gesagt haben, Sie sind ja in der Koordination von Bauphasen und so weiter ja auch noch zuständig. Gibt es da hin und wieder Probleme oder Verzögerungen? Also wenn man jetzt schon das Layout fertig hat, man hat den Architekten jetzt schon zu sich geholt als Partner, dass man da jetzt diese Bauphasen auch noch überwacht oder koordiniert. Ob es da auch oft noch Probleme gibt einfach?

B: Also was man da als Verzögerungen ganz häufig hat sind die Verarbeitungszeiten auf den Ämtern (lachen), also wenn es um irgendwelche Genehmigungen geht, oder Nutzungsänderungsanträge für Bestandsgebäude, da ist immer so ein bisschen die Frage, was kann man da wirklich beschleunigen, da kann man jetzt auch nicht viel aus der Vergangenheit lernen, also entweder funktioniert das Amt ganz gut, oder man hat einen guten Draht zum Amt oder der Kunde hat einen guten Draht zum Amt, dass es zügiger bearbeitet wird, aber größtenteils hat man da wenig Einfluss darauf wenn da die Bearbeiter zum Beispiel krank oder im Urlaub sind, dann ist das ziemlich unsicher, dass man, dass ist so ein Risiko einfach. Das kann von drei bis sechs Monate dauern und das ist einfach so eine Unsicherheit die man zum Beispiel berücksichtigen muss.

I: Ok, aber Änderungsanträge und so weiter, die sollten ja eigentlich, so gut wie nicht vorkommen, wenn bei der Projektinitialisierung und Strategieplanung ja alles glatt läuft, oder?

B: Änderungsanträge, also was ich jetzt mal mit Änderungsanträge, sei es, wenn sie ein Bestandsgebäude haben, was zum Beispiel als Logistikgebäude zugelassen ist aber als Produktionsgebäude betrieben werden möchte-

I: -Aso verstehe, ok-

B: -ist das Nutzungsänderung und das ist ein ganz normaler Antrag, der beim Amt eingereicht werden muss. Also das kann man meistens, wenn das Gebäude, wenn das seit zehn Jahren steht, dann wusste dann man meistens vor zehn Jahren noch nicht, dass man das in zehn Jahren vielleicht mal anders nutzen möchte (lachen). Das sind die ganz normalen Anträge die da, ja, müssten und zweiter Punkt, der da zu Verzögerungen führt ist, aktuell wird viel gebaut, das heißt jedes Bauunternehmen hat volle Auftragsbücher, auch Anlagenhersteller haben meistens volle Auftragsbücher und da kann es dann durchaus mal zu einer deutlichen Verlängerung der normalen Bauzeit oder auch Lieferzeit von Anlagen kommen. Und das ist, das ist nicht planbar, also das, können wir jetzt zum Beispiel, heute starten würden mit der Fabrikplanung dann könnte man sagen, ok, ja, wir haben aktuell eine heiße Bauphase, dann müssen wir ein bisschen mehr Zeit einplanen, das ist realistisch, dass wir zum Beispiel im Januar starten können zum Bauen, das wird nicht passieren. Da muss man einfach mit entsprechenden Zeiten rechnen.

I: Also einfach Zeitpuffer einbauen schon im Vorhinein.

B: Ja beziehungsweise die Situation realistisch einschätzen.

I: Ok und das macht man so, indem man einfach auf vergangene Projekte zurückschaut und da irgendwelche Statistiken auswertet nehme ich an?

B: Es gibt so gewisse Erfahrungswerte wie lange zum Beispiel eine Lagerplanung dauert bis das Lager tatsächlich im Betrieb genommen ist und ja, ich sage einmal so, eine Lagerplanung von der ersten Planung bis zur Umsetzung dauert circa 24 Monate plus, minus ein paar Monate, aber das ist halt

unrealistisch eine Lagerplanung inklusive Inbetriebnahme auf zwölf Monate auszulegen. Also sowas in der Richtung meine ich dann eher.

I: Gut, dann die allerletzte Frage noch. Wie würden Sie sich denn jetzt den idealen Fabrikplanungsprozess für die Zukunft vorstellen? Also so wirklich ein wenig futuristisch auch?

B: Futuristisch (lachen).

I: Genau, also wirklich so ein Idealprozess, also einfach vielleicht auch, vielleicht haben Sie ja irgendwelche Ideen für irgendwelche Methoden, um die Fabrikplanung nochmal effizienter zu gestalten? Alles was da so einfällt.

B: Ok, also einmal, um den ersten Teil der Frage zu beantworten, um Komplikationen zu verbessern, da hoffe ich auf eine klare Kommunikation, vor allem vorab, also ein Wunschkandidat, ist immer ein Kunde der ganz genau weiß was er gerne hätte und der schon alle Daten zur Verfügung hat und der unbegrenzt Zeit hat im Laufe des Projektes, (lachen) um da auf sämtliche Anforderungen reagieren zu können. Das ist natürlich so die Wunschvorstellung. Aber was man sich dann noch wünscht ist vor allem auch Geduld auf Kundenseite. Weil oftmals wird dann schon in den ersten zwei Wochen gefragt, und, wie sieht das jetzt am Ende aus, und das ist natürlich unrealistisch da einem gleich zu sagen wie die Fabrik am Ende aussehen wird. Also da ist viel, also Kommunikation und Wissen und eine, wie sagt man auch, den Mut zu Entscheidungsfindung, der wäre ganz gut und dass die entsprechenden Ressourcen dafür freigestellt werden, das ist einfach wichtig, dass es effizient passiert. Für die Zukunft denke-

I: -Ist diese klare Kommunikation eigentlich auch effizient momentan, oder muss man wirklich hin und wieder, man möchte etwas ändern, man möchte mit dem Kunden etwas besprechen und man muss dann einfach warten, bis ein Termin zu Stande kommt?

B: Das würde ich jetzt gar nicht mal so als das Problem beschreiben. Also da kann ich jetzt aus meiner Erfahrung heraus nicht sagen, dass das jemals ein Problem war, was dann eher ein Problem ist, dass kundenseitig keine Entscheidungen getroffen werden konnten, weil da wiederum Abstimmungszyklen im Hintergrund gelaufen sind die nicht voran gegangen sind, so dass sie einfach zu Verzögerungen geführt haben. Aber das sind Themen, ich denke die kann man, das sind einfach unternehmensinterne Prozesse. Ich weiß nicht ob es da, aus Sicht der Fabrikplanung was geändert werden kann und im Hinblick auf die Zukunft, also ich denke schon, dass die Digitalisierung schon noch einige Tools damit hervorbringen wird die uns in der Fabrikplanung unterstützen.

I: Zum Beispiel?

B: Zum Beispiel, also ich denke mal in Richtung Datenaufbereitung, da ist das Tableau schon ein sehr innovatives Tool. Ich denke mal da wird es zukünftig noch weitere spannende Tools geben. Richtung Prozessaufnahme könnte ich mir gut vorstellen, dass es da noch weitere Themen gibt, die uns da verfolgen, beispielsweise haben wir schon Prozessaufnahmen mit GoPros auf den Köpfen der Mitarbeiter gemacht, um dann später die Prozesse nachzuvollziehen. Das sind jetzt innovative Sachen um jetzt nicht wirklich den ganzen Tag als Schatten hinter dem Mitarbeiter nebenher mitzulaufen und das von Hand aufzuschreiben, sondern um das schneller sozusagen aufnehmen zu können indem man dann vielleicht auch ein bisschen die Geschwindigkeit hochdreht beim Video wenn man das dann nicht transkribiert, das wäre jetzt das für das Interview, sondern dann in die entsprechenden Dokumentationsform bringt für die Prozessaufnahme. Also ich denke mal da gibt es-

I: -Also, dass man einfach die Daten schon bekommt, sozusagen, ohne dass man dann die Kapazitäten braucht von dem Unternehmen?

B: Richtig. Dass mal das auch um einiges sicherer ist, weil der Mitarbeiter jetzt nicht behindert wird durch jemanden der da neben einem steht oder der einem permanent auf die Finger schaut sondern der wird quasi aufgenommen, man sieht auch die Wege die er zurücklegt, kann da schauen wie fließt den dadurch, dass der Mitarbeiter das Material ja transportiert, wie fließt dann das Material durch die Halle, da gab es schon einige Versuche und da gibt es spannende Themen die da in der Richtung, also da wird noch was passieren. Aber an sich die Vorgehensweise für so eine Planung, die wird sich nicht grundlegend verändern, also wenn ich da zurückschaue, die war bei den letzten zwanzig Jahren schon so, da wird sich auch in Zukunft nicht viel tun. Also da liegt das, das Potential liegt in den Tools und Methoden.

Experteninterview-Leitfaden

Guten Tag Frau Anders,

im Rahmen meiner Diplomarbeit an der technischen Universität Wien, werden einige Experteninterviews durchgeführt. Mein Ziel ist es, die praktische Vorgehensweise der Fabrikplanung und die darin eingesetzten Methoden der digitalen Fabrik zu erörtern. Mit diesem Schreiben möchte ich Sie bitten, Ihr Einverständnis dafür auszusprechen, dass Sie befragt sowie unser Gespräch aufgezeichnet wird.

Mit dem Experteninterview möchte ich die Unterschiede zwischen der Theorie und Praxis (vor allem auftretende Probleme und Ursachen) ermitteln sowie den Einsatz von neuen Methoden der digitalen Fabrik. Besonders interessiert mich inwieweit die Digitalisierung Einzug in die heutige Fabrikplanung erhalten hat?

Selbstverständlich werden sämtliche Daten vertraulich im Sinne der Datenschutzrichtlinien behandelt, (anonymisiert) ausgewertet und gespeichert. Ich würde mich freuen, Ihr Einverständnis zu erhalten.

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich im Rahmen dieser Diplomarbeit befragt werde sowie dieses Gespräch aufgezeichnet wird.

Frau Katharina ANDERS

.....*K. Anders*.....

Garching b. München, 01.07.2019

Anhang E

Experten Interview-Ingenics (Transkription)

Das Interview fand am 02.07.2019 bei Ingenics AG in Ulm statt. Vor dem Interview wurde vom Interviewpartner, das Einverständnis zur Aufnahme des Gesprächs eingeholt. Die Interviewdauer betrug 41 Minuten. Das Interview wurde über Skype als Telefongespräch durchgeführt. Anwesend waren 2 Personen, ich als Interviewer und die befragte Person. Aus Datenschutzrechtlichen Gründen, werden gewisse Aussagen als Auslassung, mit ((...)) markiert.

I → Interviewer: Andrei IEREMIE

B → Befragte Person: Alexander HAENEL

Interview:

I: Wie lange sind Sie schon in der Fabrikplanungsbranche tätig?

B: Also in der Praxis bin ich gut zehn Jahre jetzt tätig und ich habe vorher Wirtschaftsingenieurwesen studiert mit dem Fokus halt Produktionstechnik und da war auch ein Anteil halt Fabrikplanung und ich war Jahre lang beim großen Automobilzulieferer, habe da die interne Werksplanung gemacht und bin jetzt seit drei Jahren bei so mittelständischen Unternehmensbüro, bei der ingenics, wo sie mich auch angeschrieben haben und mache da hauptsächlich Fabrikplanung für mittelständische Kunden, sagt man so im Größenbereich bis 5000 Mitarbeiter.

I: Ok und wie viele Fabrikplanungsprojekte haben Sie seitdem betreut und was für eine Rolle haben speziell Sie jetzt in der Fabrikplanung übernommen?

B: Also die Projekte sind teilweise als auch mal kleiner, gehen so unter wenigen Monate und so langlaufende Projekte sind bis jetzt so drei, vier gewesen und ich habe da verschiedene Rollen drinnen gehabt, am Anfang war ich halt nur Projektmitarbeiter und habe auch jetzt zum Ende hin auch entsprechend schon Projektleiterfunktion in den Fabrikplanungsprojekten drinnen gehabt.

I: Ok und wie würden Sie jetzt aus Ihrer Erfahrung diesen Fabrikplanungsprozess beschreiben?

B: Das ist immer auch abhängig davon wie der Kunde, wie die Aufgabenstellung zum Kunden ist. Wir haben bei uns im Unternehmen einen standardisierten Fabrikplanungsprozess, der geht am Anfang von der Bedarfsermittlung, da geht man halt zum Kunden, schaut wie sind eigentlich die Gegebenheiten vor Ort, was braucht der Kunde eigentlich, dann gehen wir stark über den Prozess, also wir versuchen zuerst die Prozesse vom Kunden zu optimieren und dann entsprechend in die Bedarfsermittlung für das Gebäude zu gehen, eine Grobkonzeption zu machen, dann gibt es falls notwendig ein Modul zur Standortauswahl, wo wir dann für den Kunden entsprechend den besten geeigneten Standort auswählen und begleiten den Kunden dann bei der Architekturauswahl oder Architektenauswahl, gehen mit ihm auch die Feinplanung und in die Realisierung, also wir können den Kunden von der ersten Anfrage bis zur Schlüsselübergabe, sage ich mal, komplett begleiten, wobei ich jetzt eher im vorderen Bereich eingesetzt bin, also von der Konzeption bis hin zur Feinplanung. Bei der Realisierung, da haben wir meistens so Ingenieure oder Architekten und Bauingenieure die dann entsprechend die Baustelle betreuen, also da habe ich jetzt persönlich selber keine großen Erfahrungen.

I: Ok aber, also das mit dem Architekten, die Planungsphase, die wird jetzt einfach nur mit dem Architekten als Partner betrieben nicht?

B: Im Prinzip ist es-

I: -Also da ist jetzt ingenics nicht wirklich daran beteiligt an Bauphasenplanung und Architektenplanung?

B: Wir sind der Berater für den Bauherren dann. Also wir haben auch Architekten aber die eigentliche Phasenplanung und entsprechend der Leistungsphasen macht der Architekt aber wir beraten dann den Bauherren und dann meistens auch Moderator zwischen den beiden Parteien, weil im Normalfall ist der Bauherr nicht Experte oder geschult im Bauprojekt und holt sich dann dementsprechend immer fachliche Unterstützung durch uns ins Haus.

I: Ok und wo sind jetzt so Probleme, die während der Fabrikplanung auftreten und was sind so Ursachen für Probleme, die da auftreten? Sei es jetzt bei der Strategieplanung, sei es jetzt eben bei den Bauphasen oder beim Architekten?

B: Ja es gibt die, die Probleme sind vielschichtig. Ein Grundproblem ist meistens, dass der Kunde nicht genau weiß was er will. Es kommt halt so viel Veränderung, also Fabrikplanungsprojekt ist ja meistens über mehrere Jahre angelegt und die erste Anfrage basiert ja meistens auf irgendwelchen Vertriebszahlen, wo der Kunde dann halt sieht ok, mit seinen gegebenen Räumlichkeiten oder Ressourcen kann er die Produktionsaufgabe die da vor ihm steht nicht mehr bewältigen und dann fragt er ja meistens ein Fabrikneubau oder eine Fabrikerweiterung an und das basiert halt immer auf, sag mal, relativ groben Vertriebschätzungen und die Zahlen werden ja ständig aktualisiert und dann geht es praktisch in den Start vom Projekt und sobald dann sich die ersten Kosten ermitteln und dann die Vertriebszahlen ändern, dann werden schon die ersten Änderungen dann meistens in das Projekt eingeflickt, indem es heißt dann ok, wir brauchen halt jetzt keine 10 000 Quadratmeter mehr sondern nur noch 8 000 Quadratmeter und man hat dann dementsprechend Anpassungen zu machen. Nächste große Hürde ist dann immer, wenn die Vorplanung, sag ich mal, vorbei ist, wenn der Architekt ins Spiel kommt, dann werden dann die Kosten halt nochmal so richtig transparent, weil dann gibt es ja auch mal richtige Kostenaufstellung vom Architekten, nicht nur so eine Grobkostenschätzung wie wir dann dementsprechend machen und dann wird meistens wieder geändert und dann in der Bauphase oder in der Planungsphase hat der Architekt dann halt meistens immer die Probleme mit seinen Gewerken, weil das sind ja meistens bautechnische Systeme wo man jetzt auch versucht über BIM zu lösen und das, auch oft werden vom Architekten nicht das Verständnis für die Prozesse die im Unternehmen ablaufen müssen, richtig verstanden werden, also der Architekt hat meistens so die Einstellung ok, die Prozesse müssen sich dann nach seinem Gebäude richten. Wir haben aber die genaue entgegengesetzte Einstellung von der Fabrikplanung, das Gebäude muss sich nach den Prozessen richten.

I: Ok aber der Architekt wird ja hinzugezogen nachdem die Konzeptplanung ja fertig erstellt wurde, nicht? Da muss er ja nur noch über dieses Realplanungslayout dann nur noch mehr die Hülle ziehen?

B: Mehr oder weniger, also wir machen schon, also grobes Layout, wir sagen halt ok, wir brauchen die und die Flächen, wir haben in den Flächen die und die Anforderungen zwecks Bodenlasten, Höhen, Medienversorgung, et cetera, Klimatisierung, sag mal, dann geben wir meisten noch ein Stützenraster vor an der sich der Architekt dann orientieren soll und können auch so ein ersten 3D-Entwurf machen aber die eigentliche Zeichnung, technische Planung beginnt dann erst der Architekt.

I: Ok und der interpretiert dann meistens noch selber irgendwelche Bauten hinein, oder wie? In das Layout?

B: Ja oder er versucht dann halt auch, also den architektonischen Ansatz den geben wir ja nicht, der muss ja dann von ihm kommen. Dann macht er halt noch paar Entwürfe, unser Entwurf sieht ja

meistens rechteckig aus und der Architekt versucht dann halt noch was anderes dann hinzubekommen, also das architektonisch, sag ich mal, aufzuhübschen, dass es auch nach außen dann halt gut aussieht.

I: Und bei der Realisierungsphase dann, gibt es da noch, weil Sie ja hier als Betreuer fungieren, gibt es da auch noch Probleme?

B: Ja. Da gibt es sicherlich auch noch Probleme, also wenn zwischen den einzelnen Gewerken halt Unterschiede festgestellt werden, dann erst auf der Baustelle, wenn es dann halt zur Kollision kommt, dafür hat man ja oder ist die Baubranche jetzt ja dabei das Thema BIM einzuführen, dass man schon im frühen Planungsstadium alles in 3D macht, mit Daten anreichert und Kollisionsprüfungen macht und dann, sag ich mal, die Probleme später im Baubetrieb dann halt zu reduzieren.

I: Ok. Das sind so häufige Gründe warum es hier zu Nacharbeiten kommt, oder zu Änderungen?

B: Auch ja, weil wie gesagt jetzt Sachen nicht passen oder weil in der früheren Planungsphase halt Anforderungen nicht bekannt waren, die dann erst in der Bauphase bekannt wurden und dann dementsprechend halt auch Mehrkosten erfordern, indem zum Beispiel irgendeine Medienanforderung eine höhere Klasse hat oder entsprechend irgendwelche Volumen nicht richtig angenommen wurden und so weiter. Oder Probleme können auch unvorhergesehene Dinge sein. Ob man vielleicht vorher schon miteinkalkulieren kann aber dann nicht zwingend zu erwarten, dass die vielleicht auch eintreffen, also da hatten wir letztens ein Beispiel, dass dann bei den Erdarbeiten, sind dann halt archäologische Funde gemacht worden, die dann mehr oder weniger das ganze Grundstück nicht mehr Bebaubar gemacht haben, sodass die ganzen Vorplanungen bis dahin dann, ja, mehr oder weniger umsonst waren und man wieder von vorne anfangen konnte.

I: Ok und was sind so Möglichkeiten diese Probleme zu lösen?

B: Also wie gesagt, über die Abstimmung zwischen den Gewerken auf der Baustelle kann man halt früh schon mit dem Einsatz von BIM machen, also da vorher reinzugehen, Planungsprozess eigentlich für den Architekten und seine TGA-Planer und es kann auch dem Kunden helfen halt relativ früh ins 3D zu gehen, um die Vorstellung beim Kunden dann halt besser, also dass er sich praktisch das Gebäude besser vorstellen kann anstatt eine 2D-Zeichnung und dann auch im Entscheidungsprozess hilft, das haben wir festgestellt, dass das sehr hilfreich ist und wie gesagt, über die Flexibilität in den Änderungen, sagen wir, haben wir relativ wenig Einfluss auf die Fabrikplanung. Wir müssen da halt dementsprechend nur darauf reagieren. Eine Möglichkeit wäre vielleicht auf das Projektmanagement oder den Fabrikplanungsprozess, darauf hätte ich mich vielleicht noch anzupassen, in die agile Richtung, sag mal Stichwort scrum, um halt da auf Änderungen entsprechend besser eingreifen zu können, weil es ist nicht immer so, dieser starre Planungsprozess, dass ich am Anfang eine Aufgabe habe, ein festgelegtes Ziel, dass ich am Ende des Projektes erreichen möchte sondern, dass sich auch, wie gesagt, die Rahmenbedingungen und Ziele während des Projektes ändern und dass man darauf flexibel reagieren können muss.

I: Ok, dann habe ich noch eine Frage und zwar was für Stakeholder in diesem Fabrikplanungsprozess integriert sind? Also was sind so aus Ihrer Sicht die wichtigsten Stakeholder und welche Stakeholder wären noch unbedingt notwendig für diesen Fabrikplanungsprozess?

B: Also Stakeholder sind für sie dann so Entscheider oder Leute, die Mitspracherecht haben an den Ergebnissen, die im Planungsprozess entstehen?

I: Richtig.

B: Jetzt bei den mittelständischen Kunden ist das halt so, dass es meistens dann die Geschäftsführung gibt, die das Projekt beauftragt und dann wird es von eigenen Angestellten als Projektleiter, mehr oder weniger bearbeitet, da ist dann in dem Fall der wichtige Stakeholder nicht der Projektleiter sondern meistens oder eigentlich immer der Geschäftsführer, dann gibt es auch, je nach Unternehmen, verschiedene Gremien noch, oft oder meistens gibt es, wird die Geschäftsführung ja kontrolliert vom Aufsichtsrat, sodass da gewissen Tonus auf die Ergebnisse im Aufsichtsrat vorgestellt werden müssen und freigegeben werden müssen, sag ich mal, die Planungsergebnisse sind wichtige Stakeholder. Wenn es dann in kleineren Ortschaften, sag ich mal, sind oder generell, brauchst ja immer ein Grundstück, dann jemand von der Stadt-

I: -Genau, die Behörden-

B: -in kleineren Gemeinden ist das dann halt meist der Bürgermeister oder der Baubürgermeister, das ist ein wichtiger Stakeholder für das entsprechende Fabrikplanungsprojekt und in großen Unternehmen, also in Konzernen, ist es halt etwas anders. Wenn es auf, hauptsächlich dann über das intern platziert, da gibt es verschiedene Lenkungs- und Steuerkreise, aber auch da gibt es dann entsprechend die, die später dann den Bereich betreuen werden, also die Bereichsleiter aber auch bis hin dann hoch zum Werksleiter. Sind dann entsprechend die Stakeholder, die da berücksichtigt werden müssen und was in Deutschland auch relativ stark ist, die Mitarbeiterbeteiligung, also bei Unternehmen mit Betriebsrat, ist der auch zwingend mit in den Planungsprozess einzubinden.

I: Ok. Jetzt haben wir das mal kundenseitig erledigt und jetzt, ja, für mittelständische Unternehmen die Behörden. Wir haben ja noch, was sind noch für große Stakeholder, die wichtig sind im Fabrikplanungsprozess? Also da haben wir noch eben die Architekten, die Baubranche.

B: Ok, ja, auf alle Fälle dann der Architekt, der mehr oder weniger-

I: -Genau. Wann wird der eigentlich am idealsten hinzugezogen, der Architekt in den Prozess?

B: Der Architekt wird idealerweise hinzugezogen wenn wir praktisch die Bedarfsermittlung gemacht haben und ein erstes Konzept, ist aber in neunzig Prozent der Fälle nicht der Fall, also die übliche Situation ist so, dass der Kunde sich den Architekten gesucht hat, mit ihm angefangen hat zu planen und dann feststellt, dass er nicht weiter kommt und uns dann mehr oder weniger ins Boot holt. Das ist eigentlich der Standardfall.

I: Ok und dann muss alles neu überarbeitet werden?

B: Da muss nicht alles neu überarbeitet werden, da müssen dann gewisse Sachen auch, überhaupt erst mal erarbeitet werden, weil der Architekt macht zwar in Phase eins, von dem Leistungsverzeichnis eine Grundlagenermittlung, aber der geht ja dann nur eine Checkliste durch, schaut sich keine Prozesse an, ermittelt die Daten nicht, sondern er fragt die erst, eigentlich nur beim Kunden ab oder beim Bauherren und wir erarbeiten ja die Sachen eigentlich dann mit dem Bauherren zusammen.

I: Ok und der Bauunternehmer kommt dann wann hinzu?

B: (technisches Problem → Unterbrechung) Der Bauherr ist eigentlich immer dabei von Anfang an, also je nachdem wie stark er eingebunden werden will, ist er halt von täglich bis wöchentlich oder halt aber auch monatlich dann halt dabei.

I: Gut und jetzt zum Thema Methoden der digitalen Fabrik. Inwieweit wird jetzt die heutige Fabrikplanung durch Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik unterstützt?

B: Was sind jetzt für sie digitale Werkzeuge?

I: Das sind so Methoden wie eben die BIM-Software oder Kommunikations- und Kollaborationsmethoden, die man verwendet in der Projektplanung. Visualisierungen zum Beispiel, Simulationswerkzeuge, solche Sachen.

B: Also vom zeichnerischen her machen wir halt die ersten Entwürfe meistens in 2D mit dem AutoCAD und dann für den ersten Gebäudeentwurf arbeiten wir mit Revit und machen dann, wie gesagt, eine 3D-Modellierung und können da im Sinne der BIM-Strategie dann auch schon das Modell mit Daten anreichern, indem wir zum Beispiel, Räume oder Flächen dann anlegen und denen gewisse Attribute geben, die dann die Eigenschaften beinhalten wie zum Beispiel Bodenbelastung, klimatische Bedingungen, Raum, Höhen, Medienversorgung und so weiter, also dass eigentlich dieses Packet dann schon dem Architekten übergeben werden kann und das dann halt dementsprechend von ihm ausgelesen werden kann und dass der Kunde oder der Bauherr dann schon entsprechend gutes räumliches Verständnis hat wie seine Fabrik dann später mal aussehen soll.

I: Genau. Wie wird das visualisiert? Wie wird das dem Kunden visualisiert? Geschieht das mit einer Brille, oder geschieht das einfach nur am Bildschirm oder gibt es da andere Methoden, um das dreidimensional darzustellen?

B: Also sie haben ganz normal die Möglichkeit erstmal Pläne zu generieren, die man auf den Tisch legen kann und sowohl sprechen, also praktisch mit 3D-Ansichten, Stücklisten und so weiter, sie haben dann die Möglichkeit am Bildschirm halt oder generell Bilder zu erzeugen, sie können virtuelle Rundgänge in dem Modell machen, dass mal der Kunde darin, mehr oder weniger, frei navigieren kann und-

I: -Mittels einer Brille nehme ich mal an? Oder ist das in so einem 3D-Cave, wie das heißt?

B: Nein, also im Prinzip ist einfach erstmal noch am Bildschirm erstmal mit der Maus, mehr oder weniger die Routen führt, man kann auch Routen, sag mal, erstellen und die dann halt als Video abspielen lassen. Die Brille gibt es auch, aber die haben wir jetzt halt nicht im Einsatz, also da gibt es ja so VR-Brillen, wo sie einfach nur aufsetzen und dann können sie ja praktisch den Kopf drehen und dann können sie sich, mehr oder weniger, in der Halle umschauchen. Das haben wir aber jetzt noch nicht im Einsatz und wir-

I: -Würden Sie da Vorteile sehen, wenn Sie so etwas im Einsatz hätten?

B: Also für mich persönlich, hätte ich jetzt erstmal noch keine Vorteile, weil ich recht gutes Vorstellungsvermögen habe und auch über die beruflichen Tätigkeiten ja täglich damit zu tun habe, dass ich eigentlich dieses Tool nicht brauchen würde, nach meiner Ansicht. Für den Kunden oder Bauherren der nicht tagtäglich damit zu tun hat ist es ganz interessant. Vielleicht zu diesen Tools und Unterstützung vom Planungsprozess, wir haben das auch mal vor einiger Zeit, ich glaube im letzten Jahr, über eine Masterarbeit bewerten lassen, wie denn unser Planungsprozess über solche digitalen Möglichkeiten unterstützt werden können, also wir wollten ein Layoutworkshop machen, dann ist das klassisch, mit Papier und Schere, also dass entsprechend Blöcke oder Maschinen und so weiter maßstäblich ausgedruckt werden, ausgeschnitten werden, dann hat man ein Gebäudegrundriss und dann wird im Workshop mit dem Kunden zusammen, gelegt, sag mal, das Layout, also hat den Vorteil, dass halt sich jeder einbringen kann, also man kann praktisch am Planungsprozess unkompliziert und schnell partizipieren und kann viele Leute miteinbinden, hat aber einen hohen, sag mal, Aufwand für erstmal, um den Workshop vorzubereiten und auch entsprechend dann die Nachbereitung zu machen, um den Übertrag dann, sag mal, von Papier in CAD wieder zu haben und das haben wir mal mit anderen Möglichkeiten verglichen wie zum Beispiel jetzt mit einer 3D-Planung, also am Revit, dass praktisch einer den Workshop moderiert und dann ein zweiter parallel dran sitzt und gleich die Zeichnungen im CAD umsetzt, hat dann aber, wie gesagt, den Nachteil, dass es im

Workshop dann auch relativ lange dauert, weil die Änderung ja auch nicht so eins zu eins da sind und dass die Teilnehmer halt sich nicht so einbringen können wie es jetzt zum Beispiel auch beim Papierworkshop sein würde, indem sie halt meistens, wenn sie die Möglichkeit haben, Berührungsängste mit der Technik haben und beim Zeichnen könnten sie eigentlich nur passiv daneben sitzen und schauen was eine dritte Person dann dementsprechend macht, sodass für uns aktuell, eigentlich immer noch, in Planungsworkshop die wie Papierarbeit den meisten Nutzen bringt, wohlwissend dass vielleicht digitale Methoden dann den Aufwand einer Planungsleistung halt verringern könnte.

I: Ok, wie oft finden solche Workshops statt? Also wie funktioniert die Kommunikation zwischen Kunden und Ihnen in dem Fall als Berater?

B: Also die finden mehrmals dann, je nachdem, wie oft das notwendig ist halt im Projekt statt, wie gesagt, wir machen halt die Grundlagenermittlung, wieviel Betriebsbündel, wieviel Flächen haben wir mit entsprechender Größe und dann machen wir halt meistens halt Ideallayoutplanung und dann wenn es halt dann dementsprechend schon Gebäude gibt dann halt die Brownfieldplanung und legen das dann, mehr oder weniger, an das Gebäude dabei an. Dann gibt es meistens halt so Ganztagestermine, die dann entsprechend strukturiert sind, wo man halt verschiedene Varianten erarbeitet, die dann im Abschluss halt anhand von vorgegebenen oder zu erarbeiteten Kriterien bewertet und dann die bestmögliche Variante für den Kunden herausarbeitet.

I: Ok und wie oft finden diese Termine statt? Also nur so oft man sie braucht, oder hat man da so wöchentlich Termine, damit der Kunde immer am aktuellen Stand bleibt?

B: Nein, eigentlich sind nur so oft wie man es braucht, um halt diesen ersten groben Entwurf zu bekommen, also das ist praktisch ein Meilenstein, dann sag ich mal im Projekt, dieser Layoutworkshop. Je nachdem wie groß die Aufgabe ist kann man das natürlich auch teilen, dass man halt sagt ok, ein Workshop, da mache ich erstmal nur das Ideallayout, frei von irgendwelchen räumlichen Gegebenheiten und dann in dem zweiten Termin mache ich dann halt nur praktisch die Layoutvarianten und im dritten Termin mache ich vielleicht dann erst die Nutzwertanalyse und die Auswahl der Sachen und dann im Nachgang wird man für die eine Vorzugsvariante, für die man sich entschieden hat, immer weiter verfeinern, da wird es halt immer wieder, vielleicht Workshops geben. Wenn ich vorher einen Block hatte mit 500 Quadratmetern, mache ich halt den im nächsten Workshop dann halt in fünf Blöcke mit 100 Quadratmetern und tu die halt schon feiner ordnen und dass ich praktisch von diesem groben Layout ins feine Fabriklayout dann komme.

I: Ok, aber gerade bei diesen Anordnungen von den Bereichen wird ja heutzutage schon oft Softwareunterstützung verwendet, oder? Da gibt es ja auch schon Simulationswerkzeuge. Wenden Sie die auch an?

B: Nein, also wir wenden keine Simulationswerkzeuge für Fabrikplanung, also für räumliche Planung an. Was wir anwenden können sind Materialflusssimulation, also Materialflusssimulation, um halt zu schauen wo sind Engpässe im Produktionsprozess, wo brauche ich gegebenenfalls eine zweite, dritte Anlage, damit ich am Ende dann die entsprechende Ausbringung habe.

I: Ok. Gut, dann würde ich zum letzten Themenblock kommen, ist ein besonders wichtiger Block für mich und zwar wie jetzt die Zukunftsaussichten für die Fabrikplanung sind? Also wenn Sie jetzt an die zurückliegenden Projekte zurückdenken, was würden Sie denn heute anders machen? Wie würden Sie, sozusagen diesen Prozess noch weiter optimieren? Vielleicht so ein etwas futuristischer Ansatz. Wie würde sich den die Fabrikplanung jetzt in Zukunft verändern, aus Ihrer Sicht?

B: Die Fabrikplanung wird sich halt dahingehend ändern, dass in Zukunft halt eine höhere Flexibilität für die entsprechenden Gebäude vorhanden sein müssen und dass auch immer stärker diese Vernetzung mit der digitalen Welt einhergeht. Sag mal so, früher wurde ja Fabrik gebaut und dann wurde halt mehr oder weniger 50 bis 60 Jahre das Gleiche drinnen gemacht. Das wird in Zukunft wahrscheinlich nicht mehr so sein, dass man da eine höhere Flexibilität braucht und entsprechend müssen auch die Fabrikstrukturen dahingehend ausgerichtet sein, dass ich so eine gewisse Modularität oder Schachbrettmuster habe, wo ich dann entsprechend modular die Flächen in der Fabrik nutzen kann und möglichst wenig, sag mal, Monumente dann in so einem Gebäude einbaue, damit ich gleich halt dann nicht eingeschränkt bin in der Nutzung und dann ist es ja auch Aufgabe dann die ganze Fabrik mit in die Digitalisierung halt dementsprechend einzubinden oder zu vernetzen. Dazu gibt es ja beliebige Ansätze, ob es jetzt über einfach nur die Überwachung der Maschine ist, oder Ansteuerung der Maschinen, dass ich immer sehen kann wie der aktuelle Bearbeitungszustand bei den Anlagen ist beziehungsweise, dass gewisse Umgebungstemperaturen oder Umgebungssachen automatisch erfasst und dementsprechend darauf an der Fabrik eingestellt werden.

I: Ok. Würden Ihnen jetzt noch irgendwelche Methoden einfallen, also digitale Methoden, die Vorteile noch hätten in Zukunft die Fabrikplanung effizienter zu gestalten?

B: Ich sag einmal so, dieser ganze Ansatz mit dem BIM und dieser 3D-Modellierung ist gut, im Prinzip aber, der ist aus meiner Sicht noch nicht ausgereift, vor allen Dingen in Hinsicht auf die Fabrikplanung, weil es gibt ein gut organisierten Standard, sag ich mal für das Gebäude, auch gut strukturiert, es gibt da alle möglichen Elemente, Bauteilfamilien, aber wenn es jetzt praktisch um die Inneneinrichtungen geht wie irgendwelche Flurförderzeuge, Krane, Maschinen, gibt es dann halt relativ wenig, also wo ich dann direkt vom Hersteller entsprechend mir irgendwo runterladen kann und ins Modell einbauen. Da hat es dann halt entweder den Aufwand bei uns, dass wir da solche Bauteilfamilien kreieren müssen oder wir dann halt stark vereinfachte Modelle einsetzen müssen. Von daher wäre es da auch notwendig halt mehr, sag mal, mehr Material von Softwarefirmen und von den Herstellern zu bekommen. Das ist so eine Sache, wo es dann halt den Planungsprozess extrem vereinfachen könnte und im Idealfall sind es dann halt keine statischen Familien, sondern dynamische Familien, dass ich dann halt einstellen kann ok, die Werkbank ist halt jetzt nicht ein Meter 80 lang, sondern zwei Meter 20, also dass ich das dann relativ schnell alles modellieren kann in dem 3D-Modell und was man auch wieder feststellt ist dann halt dementsprechend die Rechenleistung bei den normalen Laptops, also da muss es also technische Entwicklung, immer dahingehend, dass schnellere Rechenleistung gibt, dass man da auch entsprechend dann mehr PC-Power, sag ich mal, zur Verfügung hat, weil die Modelle ja auch immer komplexer werden, also das hat man jetzt auch schon in anderen Fällen, wo der Architekt dann gesagt hat, aber bitte nicht zu viel reinplanen, nicht zu komplex machen, weil das halt unser Modell aufbläst ohne Ende und die dann halt entsprechend da Probleme mit der PC-Architektur bekommen.

I: Ok und jetzt Methoden im Bereich der Kommunikation. Reicht der Kommunikationsstandard wie er bisher abläuft vollständig aus, oder könnten Sie sich da in Zukunft besondere Kollaborationsmethoden vorstellen? Auch digitale Plattformen zum Beispiel, Austauschserver?

B: Ja ich weiß schon, also wir sind ja auch gerade im Projekt wo es so eine digitale Plattform gibt, wo es ein Projektraum gibt, wo alles drinnen abgespeichert wird, wo auch eine stringente Nomenklatur ist, also wenn Dokumente nicht entsprechend bezeichnet sind, können sie die gar nicht hochladen. Es macht durchaus Sinn solche Plattformen zu nutzen, um auch gewisse Rechtssicherheit auch herzustellen, wo nachvollzogen werden kann wer, wann, was gemacht hat, weil da wird wirklich jeder Schritt, mehr oder weniger drinnen überwacht, ist aus dieser Sicht halt, eigentlich sehr sinnvoll und auch sonst, macht es durchaus Sinn immer in einem Modell zu arbeiten, wenn wir jetzt wieder

auf das Thema BIM zurückkommen, damit auch jeder den aktuellsten Stand hat und nicht, dass fünf verschiedene Projektpartner mit fünf verschiedenen Plänen unterwegs sind, sondern alle abgestimmt in einem Modell arbeiten. Wobei da die Erfahrung ist, dass halt technisch alle noch nicht so weit sind, dass vor allem dann noch die kleineren ausführenden Betriebe dann in die Richtung noch keine Kompetenz haben und dass da das Knowhow wahrscheinlich einige Zeit des Land vergehen wird bis das reibungslos funktioniert. Aber ich sag mal früher haben alle am Reißbrett gearbeitet, dann haben irgendwann alle den Umstieg auf das CAD konstruieren geschafft, also das ist eigentlich auch nur eine Frage der Zeit bis das funktionieren sollte. Zumal sie an Deutschland auch jetzt, sag mal, nicht gefordert aber auch gefordert wird von öffentlichen Bauaufträgen, ab einer gewissen Budgetgrenze, sind jetzt erzwingend die Projekte als BIM-Projekte durchzuführen.

I: Ok, also jetzt kommen langsam Standards rein, sozusagen auch für diese Methoden?

B: Genau, also es gibt ja, wenn wir jetzt beim BIM-Standard bleiben, da das IFC-Format, wo jetzt standardisiert der Austausch zwischen verschiedenen Softwares stattfinden können, der ständig weiterentwickelt wird, aber die Frage ist ja auch wie weit dann die Softwarehersteller bereit sind sich da entsprechend für dieses Open-BIM zu öffnen, um halt dann, sag mal, verlustfreien Datenaustausch überhaupt zu ermöglichen.

I: Ok, gibt es da momentan noch so Formatprobleme, oder wie? Also Formatübernahmen, die mit Datenverlusten oder sowas zusammenhängen?

B: Genau, also wenn es von einem Programm ins andere über dieses Schnittstellenformat geht, ist nicht immer sichergestellt, dass alles in dem einen Programm so ankommt wie es in dem anderen, praktisch konstruiert wurde. Aber wie gesagt, das kann auch sein, dass das halt von den Softwarefirmen so gewollt ist, damit die halt ihr Alleinstellungsmerkmal, dass sie dann vielleicht an der einen oder anderen Stelle haben noch behalten.

I: Ok, aber das ist ja ein riesiges, großes Negativteil, sag ich jetzt einmal, für die Planung, nicht?

B: Ja, genau.

I: Ok. Ich hätte noch eine Frage und zwar zu vorherigen Fragen und zwar wenn es jetzt, in Bezug mit den Behörden. Wenn man jetzt so Genehmigungsanträge stellt oder so, gibt es da oft Probleme bei den Behörden, dass man die durchbekommt? Gibt es da irgendwie, was sind da so große Probleme warum man Terminverzögerungen bekommt?

B: Also da habe ich jetzt relativ wenig Erfahrung mit Freigabe oder mit Behörden.

I: Ok, das macht dann rein der Architekt jetzt?

B: Das macht hauptsächlich der Architekt und der Bauherr selber, weil die müssen ja den Bauantrag stellen, aber überleg mal kurz was jetzt in letzter Zeit für uns Probleme waren, wo es dann halt dann zu Verzögerungen oder so, zu Abbrüchen kommt und das ist wie gesagt, das eine war das halt mit den archäologischen Funden. Dann andere Möglichkeit ist, dass Einwohnerbeschwerden da sind, die das mehr oder weniger verzögern, weil ja mit so einer Fabrik meistens auch Lärmemission verbunden sind, wo das dementsprechend verzögern kann. Dann war bei einem Projekt, zum Beispiel direkt am zu bebauenden Grundstück nebendran ein Flugplatz, da hat man sich dann gestritten nach welchem Flugstandard jetzt dieser Flugplatz betrieben wird und da gibt es halt zwei konkurrierende Standards, sag ich mal und dementsprechend gibt es dann Flugkegel in der Umgebung halt nicht bebaut werden darf und das hätte halt bedeutet, in einem Standard hätte die vorhandene oder die maximale Höhe vom Gebäude wesentlich geringer ausfallen können als beim anderen Standard, solche Sachen also, können halt Sachen beeinflussen oder dann die Anforderungen vom Bauherren sind halt höher oder

anders als in, na wie heißt jetzt praktisch, der Plan wo praktisch festgeschrieben ist was gebaut werden darf und was nicht, wieviel Lärmemission und so weiter, es ging um das, dass es da Unterschiede gibt und dass man da nochmal in Verhandlungen dann halt mit der Stadt gehen muss oder mit den entsprechenden Behördenvertretern.

I: Ok, aber was kann man so tun jetzt gegen Lärmbelästigungen und so weiter, also Anzeigen wegen Lärmbelästigung, was kann man da unternehmen? Geschieht das wirklich, dass das auf die Terminplanung zurückgeht?

B: Ja, wenn sie halt entsprechend kein Konzept haben und dann keine Baufreigabe bekommen, dann wird das dann halt schon terminkritisch. Wie gesagt, dann muss halt dann sich darauf geeinigt werden, dass halt nur im Zweischichtbetrieb, zum Beispiel, gearbeitet wird und nicht mehr in der Nacht oder, dass Anlieferungen in die Fabrik halt nur zur gewissen Zeit, zur Verfügung stehen. Was auch noch sein kann, dass gewisse Infrastrukturmaßnahmen noch da zusätzlich getätigt werden sollen, damit der Bauherr sich dann entscheidet dann da überhaupt zu bauen, also dass man entsprechend Busverbindungen, zum Beispiel, hinbekommt, weil ja meistens dann die Sachen immer am Stadtrand veranlagt sind und die Mitarbeiter ja auch irgendwie dahin kommen sollen und dass entsprechend Parkplätze vorhanden sind und da auch entsprechend die Verkehrsführung so gestaltet ist, dass zu den Stoßzeiten der Verkehr reibungslos hin und abends dann wieder zurückfließen kann, also es kann vielschichtig sein. Dann haben wir noch nicht von, weiß nicht, von seltenen Tierarten gesprochen, die dann halt dann entdeckt werden, die erst umgesiedelt werden müssen und so weiter.

Experteninterview-Leitfaden

Guten Tag Herr Haenel,

im Rahmen meiner Diplomarbeit an der technischen Universität Wien, werden einige Experteninterviews durchgeführt. Mein Ziel ist es, die praktische Vorgehensweise der Fabrikplanung und die darin eingesetzten Methoden der digitalen Fabrik zu erörtern. Mit diesem Schreiben möchte ich Sie bitten, Ihr Einverständnis dafür auszusprechen, dass Sie befragt sowie unser Gespräch aufgezeichnet wird.

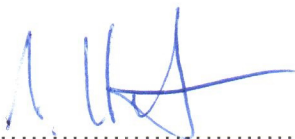
Mit dem Experteninterview möchte ich die Unterschiede zwischen der Theorie und Praxis (vor allem auftretende Probleme und Ursachen) ermitteln sowie den Einsatz von neuen Methoden der digitalen Fabrik. Besonders interessiert mich inwieweit die Digitalisierung Einzug in die heutige Fabrikplanung erhalten hat?

Selbstverständlich werden sämtliche Daten vertraulich im Sinne der Datenschutzrichtlinien behandelt, (anonymisiert) ausgewertet und gespeichert. Ich würde mich freuen, Ihr Einverständnis zu erhalten.

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich im Rahmen dieser Diplomarbeit befragt werde sowie dieses Gespräch aufgezeichnet wird.

Herr Alexander HAENEL

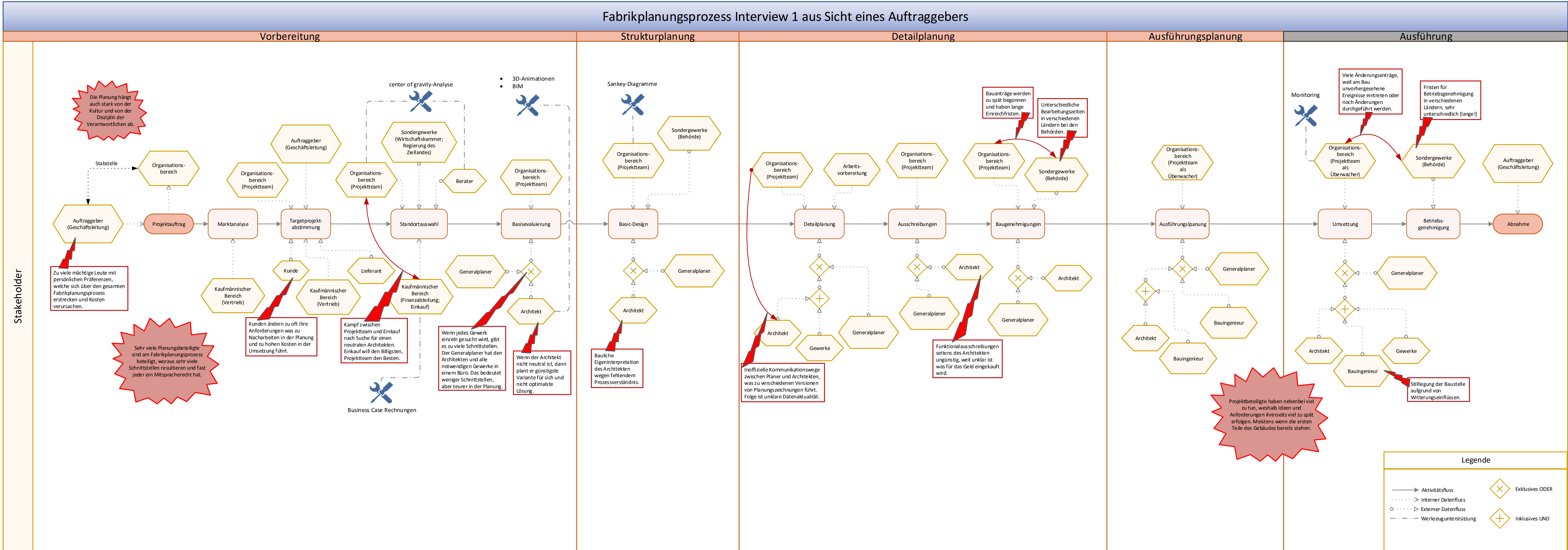


.....

Ulm, 02.07.2019

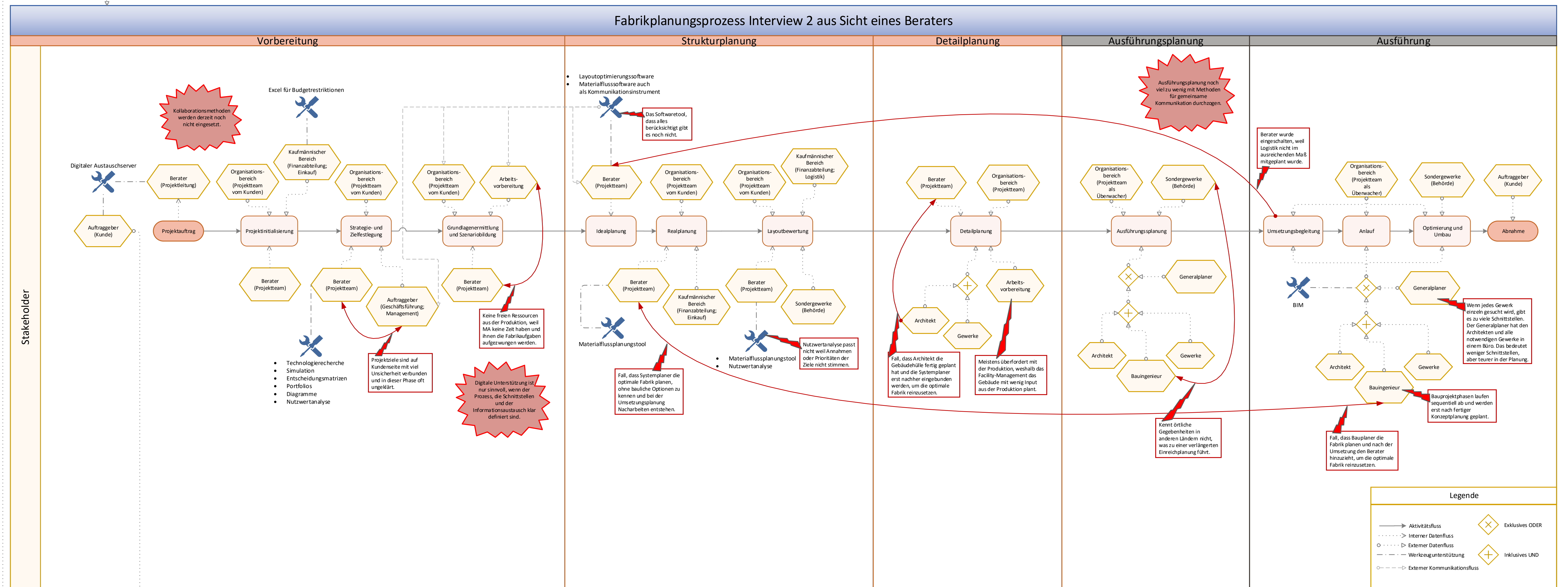
Anhang F

Fabrikplanungsprozess Interview 1 aus Sicht eines Auftraggebers

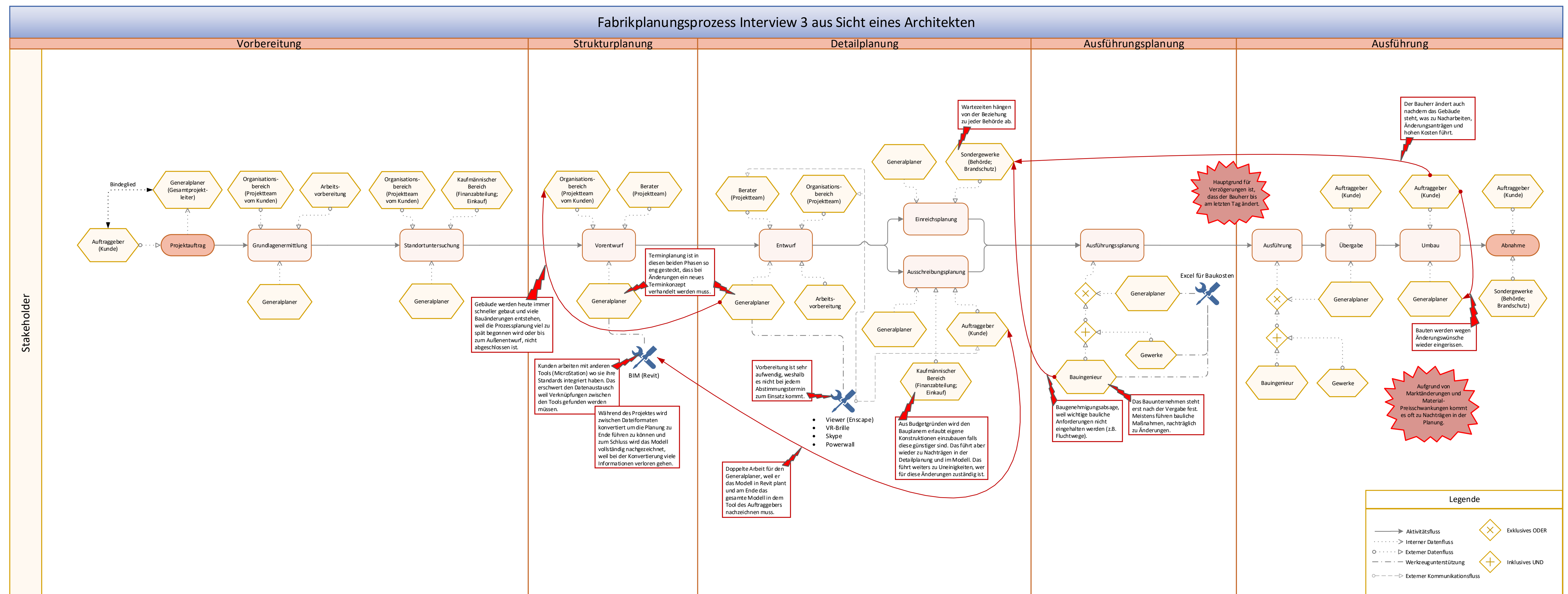


Anhang G

Fabrikplanungsprozess Interview 2 aus Sicht eines Beraters

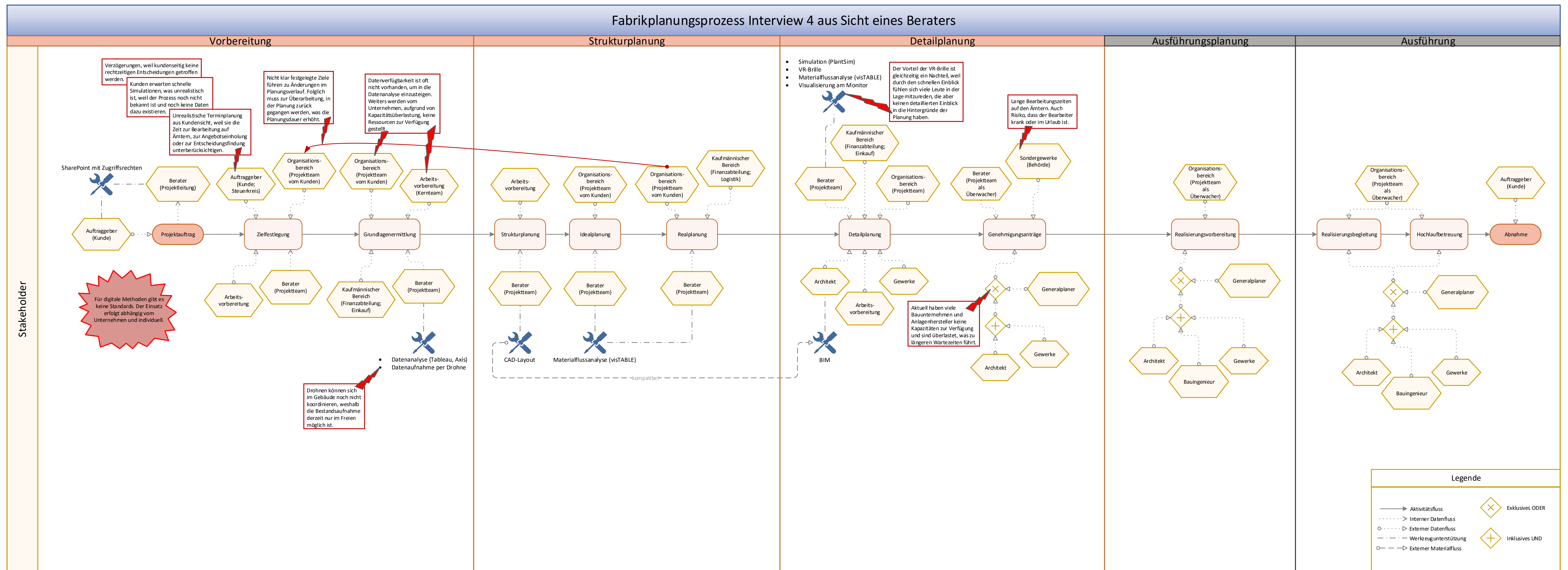


Anhang H

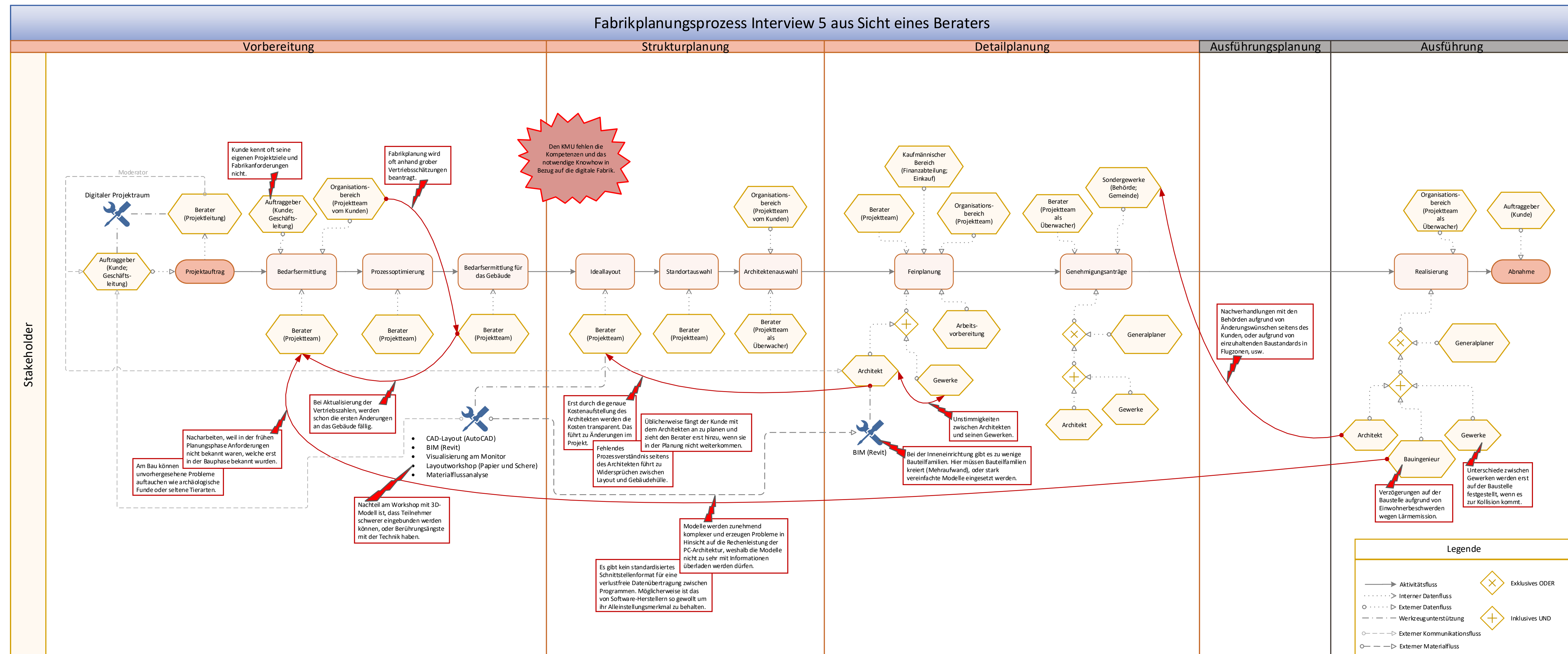


Anhang I

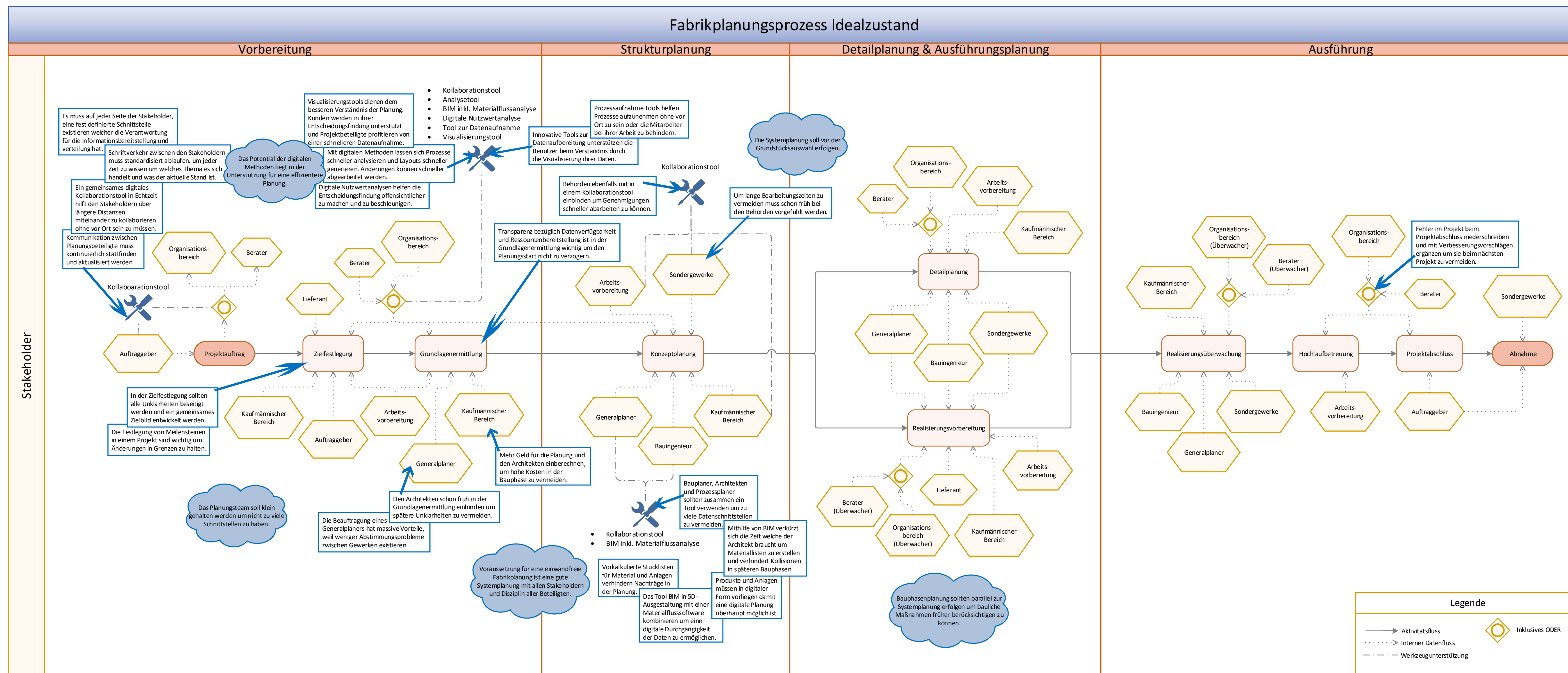
Fabrikplanungsprozess Interview 4 aus Sicht eines Beraters



Anhang J



Anhang K



Anhang L

Experteninterview-Leitfaden

Guten Tag Herr/Frau XY,

im Rahmen meiner Diplomarbeit an der technischen Universität Wien, werden einige Experteninterviews durchgeführt. Mein Ziel ist es, die praktische Vorgehensweise der Fabrikplanung und die darin eingesetzten Methoden der digitalen Fabrik zu erörtern. Mit diesem Schreiben möchte ich Sie bitten, Ihr Einverständnis dafür auszusprechen, dass Sie befragt sowie unser Gespräch aufgezeichnet wird.

Mit dem Experteninterview möchte ich die Unterschiede zwischen der Theorie und Praxis (vor allem auftretende Probleme und Ursachen) ermitteln sowie den Einsatz von neuen Methoden der digitalen Fabrik. Besonders interessiert mich inwieweit die Digitalisierung Einzug in die heutige Fabrikplanung erhalten hat?

Selbstverständlich werden sämtliche Daten vertraulich im Sinne der Datenschutzrichtlinien behandelt, (anonymisiert) ausgewertet und gespeichert. Ich würde mich freuen, Ihr Einverständnis zu erhalten.

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich im Rahmen dieser Diplomarbeit befragt werde sowie dieses Gespräch aufgezeichnet wird.

Herr/Frau XY

.....

Ort, Datum

Themenblock 1: Fabrikplanung in der Praxis

Wie lange sind Sie schon in der Fabrikplanungsbranche tätig?

Wie viele Fabrikplanungsprojekte haben Sie schon betreut und welche Verantwortung (Rolle) haben Sie in der Fabrikplanung übernommen?

Wie würden Sie aus Ihrer Erfahrung den Fabrikplanungsprozess beschreiben?

- Wie würden Sie die Vorgehensweise einer Fabrikplanung beschreiben?

Wo treten, während der Fabrikplanung, Probleme auf?

- Was sind das für auftretende Probleme?
- Was sind die Ursachen dieser Probleme?

Wie könnten aus Ihrer Sicht diese Probleme gelöst werden?

Themenblock 2: Mitwirkende am Fabrikplanungsprozess

Welche Beteiligte (Stakeholder) sind im Fabrikplanungsprozess integriert?

- Welche Stakeholder würden Sie aus Ihrer Sicht noch hinzufügen?
- Welche wären noch unbedingt notwendig?

Zu welchem Zeitpunkt, werden die jeweiligen Stakeholder hinzugezogen?

- Wie wird die Kommunikation zwischen allen Beteiligten aufrechterhalten?
- Sind alle Beteiligte zu jeder Zeit am gleichen Informationsstand?

Themenblock 3: Methoden der digitalen Fabrik

Inwieweit wird die heutige Fabrikplanung durch Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik unterstützt?

- Gibt es Standards für die Verwendung von Methoden, oder werden diese von jedem Unternehmen individuell eingesetzt?

Welche Methoden werden eingesetzt? (evtl. Werkzeugnennung)

- Wo werden diese Methoden in der Fabrikplanung eingesetzt?
- Welche Vorteile und Nachteile ergeben sich aus dem Einsatz dieser Methoden?

Themenblock 4: Zukunftsaussichten aus der Sicht des Befragten

Wenn Sie an Ihre Fabrikplanungsprojekte zurückdenken, was würden Sie heute anders machen?

Wie stellen Sie sich den idealen Fabrikplanungsprozess für die Zukunft vor?

- Welche Ideen hätten Sie, um geschehene Komplikationen zu verbessern?
- Fallen Ihnen Methoden ein, um die Fabrikplanung effizienter zu gestalten?