

Diploma Thesis

**Process analysis of integrated design meetings supported through
VR in industrial construction projects**

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

Diplomarbeit

**Prozess-Analyse einer integralen Planungsbesprechung gestützt
durch VR am Beispiel Industriebau**

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

von

Patric Seppi, BSc

Matr.Nr.: 01126376

unter der Anleitung von

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

Dipl.-Ing. Dr.techn. Univ.Ass. **Julia Reisinger**

Institut für Hoch- und Industriebau
Forschungsbereich Integrale Bauplanung und Industriebau
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/234, 1040 Wien, Österreich

Wien, im 11. April 2023



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.

Kurzfassung

Die integrale Planung von Industriegebäuden ist eine interdisziplinäre Aufgabe, welche eine effektive Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten bereits in der frühen Entwurfsphase erfordert. Diese Masterarbeit stützt auf das bereits entwickelte Framework von BIMFlexi und baut darauf auf, VR-gestützte Projektbesprechungen in diesem Kontext zu analysieren. Das Framework von BIMFlexi basiert auf einer bidirektionalen Echtzeit-Verbindung zwischen einer parametrischen Modellierungskomponente und einer immersiven Virtual-Reality-Umgebung, in der das automatisch berechnete Industriegebäude visualisiert wird. Dabei können Eingangsparameter geändert werden, woraufhin statische Berechnungen im Hintergrund erfolgen und anschließend der Gebäudeentwurf in der virtuellen Umgebung dementsprechend geändert wird. Diese kollaborative Plattform soll in der frühen Planungsphase eine effiziente und intuitive Hilfe bieten, um leichter Entscheidungen zu treffen und dadurch Industriegebäude nachhaltiger zu gestalten.

Die erfolgreiche Umsetzung eines großen Industriebau-Projekts basiert auf einem kollaborativen Arbeitsablauf, der mit einer darauf folgenden Entscheidungsfindung gekoppelt ist. Fünf Akteure - Bauherren, Ingenieure, Architekten, Produktions- und Technische Gebäudeplaner - sind unter Verwendung von intelligenten, digitalen Werkzeugen auf eine effiziente Kommunikation in häufigen Besprechungen angewiesen. Durch zahlreiche Experteninterviews und einer umfangreichen Literaturrecherche werden diese Werkzeuge im Zusammenhang mit einer üblichen Planungsbesprechung analysiert. Im Interview werden die Thematiken in Inhalt, Kommunikation und Entscheidungsfindung gegliedert, um, im Zusammenhang mit der Literaturrecherche, auf eine effiziente Interaktion zwischen den Akteuren in der virtuellen Realität zu schließen. Diese Interaktion wird in weiterer Folge erläutert, wobei auf verschiedene Umstände eingegangen wird, um Indikatoren für das VR-Framework zu bieten und dieses zu verbessern. In diesem Zusammenhang wird qualitativ auf die Meinungen der Experten eingegangen, welche durch ein freies Beantworten der Fragen in den Interviews wertvolle Extreme aufgezeigt haben. Ein Beispiel dafür ist das unersetzbare menschliche Dasein in einer Besprechung, welches die Basis für Vertrauen bildet und damit fundamental für die Entscheidungsfindung ist. Es resultiert, dass digitale Hilfsmittel diesen Prozess nur unterstützen können, wenn sie einfach in der Handhabung sind und effektiv in ihrer Umsetzung. Aus diesen und weiteren Erkenntnissen ergibt sich eine hybride Planungsbesprechung, die als Resultat die Realität und die virtuelle Realität vereint. Falls es gelingt, die Eintrittshürde zu minimieren, verspricht diese Technologie ein großes Potential, das räumliche Verständnis und die Interaktion in der virtuellen Realität zu verbessern.



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.

Abstract

The integral design of industrial buildings is an interdisciplinary task that necessitates effective communication and collaboration among all stakeholders starting from the early planning and design phase. This master thesis extends the BIMFlexi framework by analyzing VR-based project meetings in this context. BIMFlexi's framework is based on a bidirectional, real-time connection between a parametric modeling component and an immersive virtual reality environment that visualizes the automatically calculated industrial building. Input parameters can be changed, after which static calculations are performed in the background and the virtual building design is modified accordingly. This collaborative platform is intended to provide an efficient and intuitive aid to the early design phase, allowing for easier decision-making and, as a result, more sustainable industrial building design. A large industrial building project's successful implementation is based on a collaborative workflow and subsequent decision making. Investors, engineers, architects, production, and technical building planners are five stakeholders who rely on efficient communication in frequent meetings using smart digital tools. These tools are examined in the context of a nowadays typical planning meeting using numerous expert interviews and an extensive literature review. To conclude efficient interaction in virtual reality in the context of the literature review, the interview topics are divided into content, communication, and decision making. This interaction will be discussed further, with a focus on the various influences in order to provide indicators for improving the VR framework. The opinions of the experts, who revealed valuable insights by freely answering the questions in the interviews, are given qualitative attention in this context. One example is the irreplaceable human presence in a meeting, which serves as the foundation for trust and is thus crucial to decision-making. According to experts, digital tools can only help this process if they are simple to use and efficient to implement. As a result, a hybrid planning meeting combining reality and virtual reality is formed. If the barrier to entry can be minimized, this technology has the potential to significantly improve spatial understanding and interaction in virtual reality.



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.

Motivation

Ich möchte den Leser mit folgendem gedanklichen Szenario auf eine kleine Reise in eine nicht allzu ferne Zukunft schicken, um das Interesse an der virtuellen Realität zu erwecken und sich an Ihren Möglichkeiten zu erfreuen.

Alexa, eine freiberufliche, angesehene Architektin in Dubai, genießt ihren fast steuerfreien Alltag im Büro und bereitet sich soeben auf das heutige virtuelle Meeting vor. Ihre meist von künstlicher Intelligenz erstellten Prototypen, verlangen eine Feintuning von einer Person mit Expertise, bevor sie in die Cloud geschickt werden können. Genügt das Alternieren der Eingangsparameter nicht, ist das individuelle Modifizieren unerlässlich, um einen verbesserten Prototypen zu erhalten. Dadurch entstand ihre Bekanntschaft mit Bau-Informatiker Jamal, der diese Designs extrahiert und virtuell begehbare Renderings daraus formatiert. Jamal arbeitet für das amerikanische Start-Up Unternehmen “Icon” im Silicon Valley, die mit ihrer neuen Software-Technologie dreidimensionale Konstruktionen im Handumdrehen in ein VR-Modell formen.

Gleichzeitig diskutieren ein Wiener Bauherr und sein Produktmanager beim Geschäftsessen über die Expansion ihrer Produktionsstätte von Solarpanelen in den chinesischen Markt. Kurz nach diesem Abendessen, um 22.00 Uhr MEZ, findet das erste Meeting mit Jamal und Alexa statt. Die 4 Beteiligten begrüßen sich im VR-Room und entschuldigen a priori die Abwesenheit des Fachplaners für die technische Gebäudeausstattung, welcher gesundheitsbedingt nicht am Meeting teilnehmen kann. Den beiden österreichischen Investoren wird gleich klar gemacht, dass das Meeting aufgezeichnet wird und jeder Themenbereich auch zu einem späteren Zeitpunkt von jeder Partei kommentiert werden kann. Unwissend, aber erfreut bejahen sie diese Feststellung und schenken ihre Aufmerksamkeit nur noch der virtuellen Umgebung. Sie stellen fest, dass sie sich bereits in einer der Architektin designten Industriehalle befinden und bestaunen vorerst die eigene Erscheinung. Bald haben sich die Beteiligten aneinander und an die Umgebung gewöhnt und die Diskussion wird langsam etwas konkreter. Zwei der vier Varianten konnten durch die vier Experten bereits ausgeschlossen werden und es wurden kleine Änderungswünsche an den anderen beiden Alternativen gestellt. Platzverhältnisse an den Randbereichen, Stützen-Freiheit in Hallenmitte und die Gesamthöhe müssen unter anderem angepasst werden, um eine ungehinderte Produktion der Solarpanele gewährleisten zu können. Alle Parteien freuen sich über das geteilte Know-how und die zeiteffiziente, virtuelle Präsentation. Jeder hat sich eine bemerkenswerte Vorstellung des Projektes machen können, welche eine erhebliche Grundlage für den kommenden Entwurf bieten wird. Man hat sich auf ein weiteres Meeting geeinigt, nachdem der Fachplaner der TGA sein Feedback abgegeben hat bzw. die Ausstattungen in das Modell einführt.



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.

Abkürzungsverzeichnis

1. **AEC** Architecture, Engineering und Construction
2. **AP** Erbauungspotenzial
3. **BIM** Building Information Modeling
4. **GWP** Treibhauspotenzial
5. **KI** Künstliche Intelligenz
6. **MOO** Multi-Objective-Optimierung
7. **MS** Microsoft
8. **PEI** Primärenergieverbrauch
9. **PEInt** nicht-erneuerbarer Primärenergieverbrauch
10. **TGA** Technische Gebäude Ausrüstung
11. **TWP** Tragwerksplanung
12. **UVP** Umweltverträglichkeitsprüfung
13. **VR** Virtual Reality
14. **ÖBA** Örtliche Bauaufsicht

Bemerkung zur verwendeten gendergerechten Sprache

In den folgenden Kapitel dieser Masterarbeit wird aus übersichtlichen Gründen auf eine geschlechtsspezifische Sprache verzichtet. Daher wird die männliche Form als generische Form verwendet, ohne damit eine bestimmte Geschlechtergruppe zu bevorzugen oder auszuschließen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	12
1.1	Problemstellung	12
1.2	Forschungsfrage	13
1.3	Ziel der wissenschaftlichen Arbeit	13
1.4	Forschungsprojekt BIM-Flexi	14
1.4.1	Wissenschaftlicher Hintergrund	14
1.5	BIMFlexi-VR	15
1.5.1	Arbeitsablauf	16
1.5.2	Visualisierungen	17
2	Literaturrecherche	20
2.1	BIM - Building Information Modeling	20
2.2	BIM und VR	23
2.2.1	VR - Stand der Technik	23
2.2.2	Kommunikation in VR	25
2.2.3	VR in der AEC-Industrie	28
2.2.4	BIM-Plattformen in VR	31
2.2.5	Repräsentatives Beispiel "The Wild"	32
2.3	Überblick einer realen Planungsbesprechung	36
2.3.1	Teilnehmer	36
2.3.2	Ablauf	38
2.3.3	Das Protokoll	41
3	Methodik	44
3.1	Vorgehensweise und Material	44
3.1.1	Literaturrecherche	44
3.1.2	Fallstudie	45
3.1.3	Experten-Interviews	45
4	Fallstudie	47
4.1	Aufbau	47
4.2	Bewertungsmaßstäbe	47
4.3	Ablauf	48
4.4	Ergebnisse Fallstudie	49
4.4.1	Auswertung	49

4.4.2	Beobachtungen und Nutzerfeedback	50
4.4.3	Vorteile und Chancen von BIMFlexi-VR	52
4.4.4	Fazit	53
5	Experteninterviews	54
5.1	Teilnehmer	54
5.2	Aufbau	55
5.2.1	Struktur des Fragebogens	56
5.2.2	Kategorien	57
5.2.3	Label	57
6	Kummuliertes Ergebnis	61
6.1	Ergebnisse Literaturrecherche	61
6.1.1	Aufgaben der Teilnehmer in einer realen Planungsbesprechung	61
6.1.2	Vorteile einer virtuellen Realität	63
6.1.3	Nachteile einer virtuellen Realität	63
6.1.4	Vorteil von BIMFlexi-VR	64
6.2	Ergebnisse Experten-Interviews	66
6.2.1	Ablauf	66
6.2.2	Inhalt	69
6.2.3	Kommunikation	73
6.2.4	Entscheidungsfindung	76
6.2.5	Verbesserungspotentiale und Erfolgsfaktoren	80
6.3	Interpretation der Ergebnisse anhand eines VR-Frameworks	84
6.3.1	Die hybride Planungsbesprechung	84
6.3.2	Prozessablauf	84
6.3.3	Interaktion in VR	89
7	Diskussion der Ergebnisse	100
7.1	Gegenüberstellung der virtuellen und realen Planungsbesprechung	100
7.2	Zusammenfassung	101
8	Schlussfolgerung und Ausblick	104
8.1	Schlussfolgerung	104
8.2	Ausblick	105
8.2.1	Verbesserungen	106
8.3	Fazit	107

Kapitel 1

Einleitung

Diese Arbeit entsteht im Zuge des Forschungsprojektes BIMFlexi, welches vom Institut für Hoch- und Industriebau im Forschungsbereich Integrale Bauplanung und Industriebau der Technische Universität Wien unter Leitung von Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Iva Kovacic und Dipl.-Ing. Dr.techn. Univ.Ass. Julia Reisinger geführt wird.

Das Forschungsprojekts BIMFlexi, auf dem diese Arbeit basiert, koppelt digitale Planungsmethoden mit neuen Optimierungsalgorithmen für Industriegebäude, unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und technischer Parameter. Der Entwurf, die Strukturanalyse und die Optimierung von flexiblen Gebäudestrukturen wird in Echtzeit ermöglicht und dient als Visualisierungs- und Entscheidungshilfe in Projektbesprechungen. Das daraus resultierende parametrischen Script BIMFlexi-VR [(26)] wurde von Hannes Kaufmann zusammen mit Iana Podkosova mit einer VR-Anwendung gekoppelt und am Institute of Visual Computing and Human-Centered Technology entwickelt. Um die Performance dieser interaktiven Plattform zu optimieren, wurden in dieser Diplomarbeit umfangreiche Projektbesprechungen analysiert und ausführliche Experteninterviews geführt.

Diese, auf das parametrische Skript basierende Diplomarbeit, schließt eine Zusammenarbeit von mehreren Teilnehmer in einer Virtual-Reality-Umgebung ein, auf welcher eine Variantenstudie als Zielsetzung folgt. Die Varianten des Gebäude-Entwurfs werden, nachdem statische Berechnungen und Lebenszyklus-Analysen im Hintergrund erfolgen, von den Teilnehmern diskutiert. Die dadurch entstandene kollaborative virtuelle Plattform der frühen Planungsphase soll eine effiziente Hilfe bieten, um im Team besser kommunizieren zu können und leichter Entscheidungen zu treffen. Das Team, bestehend aus Fünf Akteure - Bauherren, Ingenieure, Architekten, Produktions- und Technische Gebäudeplaner, wird diese Besprechung unter Verwendung von digitalen Werkzeugen antreten und von den erörterten Bedingungen des Frameworks profitieren.

1.1 Problemstellung

Die Baubranche setzt neue Innovationen und Technologien nur sehr zögerlich um und digitalisiert ihre Wertschöpfungsketten und Prozesse sehr zurückhaltend im Vergleich zu anderen Branchen. Um eine neue Kultur der Zusammenarbeit und des Austauschs von digitalen Informationen zu etablieren, müssen die Schwierigkeiten der Digitalisierung, getrieben von den Kosten, sequenziellen Planungsprozessen und inkonsistente Schnittstellen bei der Software-Interoperabilität, bereinigt

werden. Planungsbesprechungen sind in der Regel sehr zeitaufwendig und mit einem Informationsverlust gekoppelt, da Informationen von Besprechung zu Besprechung und von Teilnehmer zu Teilnehmer immer wieder aufgegriffen werden müssen. Variantenstudien können helfen, diesen Prozess effektiver zu gestalten, indem die notwendigen Informationen in Varianten verpackt werden und durch die Festlegung auf einer Variante, der Kommunikationsverlauf beschleunigt werden kann. Variantenstudien sind in einer frühen Phase manchmal schwierig zu erstellen, welche in BIMFlexi-VR automatisiert generiert werden. In diesem Prozess können digitale Werkzeuge für ein Echtzeit-Feedback angewendet werden und im richtigen Rahmen einen bedeutenden Beitrag zur Effektivität einer Besprechung leisten. Durch den im Kapitel 4.1 beschriebenen erstmals durchgeführten Pilotversuch treten neue Problemstellungen und gleichzeitig wertvolle Erkenntnisse auf. Die Teilnehmer waren von ihrem virtuellen Umfeld, indem sie sich während des Versuches befanden, äußerst überfordert. Aufgrund von Interface-basierten Ablenkungen und der erstmaligen Nutzung einer neuen VR-Technologie, stellte sich die Interaktion zwischen den Teilnehmern als ineffizient heraus bzw. entsprach nicht der erhofften Leistung. Die Akteure des Pilotversuchs kommunizierten sehr wenig miteinander und profitierten ebenso wenig von der virtuellen Umgebung oder dem 3D-Modell, woraus sich eine unentschlossene Entscheidungsfindung ergibt. Dieses Szenario stellt das Bedürfnis eines neuen optimierten Frameworks in virtueller Realität, um das volle Potential der innovativen, zukunftsbringenden Technologie für eine Planungsbesprechung nutzen zu können.

1.2 Forschungsfrage

Primäre Forschungsfrage

Wie schaut eine effektive, integrale Planungsbesprechung in frühen Entwurfs-Phasen im Industriebau, in einer virtuellen Realität aus?

Subforschungsfragen

- Gibt es einen idealen Arbeitsablauf einer Besprechung in der frühen Planungsphase?
- Mit welchen Hilfsmitteln wird über welchen Inhalt kommuniziert?
- Welche Tools oder Vorgänge tragen besonders zur Entscheidungsfindung bei?
- Was muss die Plattform BIM-Flexi in VR (Unity) beinhalten?
- Was für ein Workflow ergibt sich zwischen den verschiedenen Teilnehmern im Team?

1.3 Ziel der wissenschaftlichen Arbeit

Das Ziel der Arbeit ist das Ausarbeiten der Optimierungspotentiale für das BIMFlexi VR-Environment zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung. Die Arbeit soll mögliche Indikatoren aufzeigen, die auf eine reale Planungsbesprechung gestützt sind und deren Hilfsmittel in traditioneller und moderner Weise verknüpft werden. Dabei soll vor allem auf jegliche Art von

Rahmenbedingungen eingegangen werden, um ein generisches Konzept einer VR-Besprechung zu erreichen, welches auf das BIMFlexi-VR-Environment angewendet werden kann. Letztlich soll diese Arbeit einen inspirierenden Ausblick für virtuelle Umgebungen und deren Anforderungen im Hinblick auf bauliche Besprechungen geben.

1.4 Forschungsprojekt BIM-Flexi

1.4.1 Wissenschaftlicher Hintergrund

BIM-Flexi ist ein von FFG gefördertes Forschungsprojekt, durchgeführt von Technischen Universität Wien und einigen Industriepartnern. Es handelt sich um eine digitale Plattform zur Planung und Optimierung von flexiblen Gebäuden für Industriebau-Projekte. In dieser Plattform erhalten Nutzer ein Echt-Zeit-Feedback über verschiedene Gebäudevarianten, welches Informationen über Tragwerk, Kosten und den Co2-Fußabdruck enthält.

Das Tragwerk weist als starrstes Bauelement die höchste Lebensdauer auf und ist zusammen mit der Technischen Gebäudeausstattung (TGA) entscheidend für die Anpassungsfähigkeit des Gebäudes. Es ist äußerst zielführend den Tragwerksplaner möglichst früh in das Projekt einzubeziehen, um spätere Flexibilität und Nutzungsneutralität gewährleisten zu können. Neue Technologien wie BIM, Automatisierungsmethoden und Augmented/Virtual Reality haben das Potential die interdisziplinäre Bauplanung zu unterstützen und gelten als Grundlage des Forschungsprojektes Bim-Flexi. Jegliche Form der integralen Planungsmethodik, jeder Einsatz von digitalen Planungswerkzeugen und Methoden der Entscheidungsunterstützung im Forschungsvorhaben adressiert die frühe Planungsphase [(29)].

Das frühzeitige Zusammenarbeiten und die Interoperabilität der Stakeholder, Prozesse und Werkzeuge ist in der Praxis aufgrund mangelnder Technik und veralteter Software oft mit Schwierigkeiten behaftet. Deshalb werden die Schnittstellen-Standards für den Datenaustausch der Architektur, Tragwerksanalyse, TGA- und Prozessplanung auf einer digitalen Plattform entwickelt und Richtlinien für die Industrieplanung definiert. Des Weiteren sind in diesem Projekt Gebäudegrundriss- und Layoutoptimierungen mit gleichzeitiger automatischer Berechnung des Tragwerks in Echtzeit möglich, was eine virtuelle Begehung der Gebäude ermöglicht und Modifikationen von Usern zulässt [(19)].

Das Hauptziel des Forschungsprojektes BIMFlexi ist es, Industriegebäude der Industrie 4.0 durch die Kopplung digitaler Planungsmethoden (BIM, Parametrische Modellierung und Analyse), mit neuen Optimierungsalgorithmen und Multi-User-VR unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und technischer Parameter, effizient an sich schnell verändernde Produktionsprozesse anzupassen. Ein Framework für eine integrierte digitale Plattform soll den Entwurf, die Strukturanalyse und die Optimierung von flexiblen Gebäudestrukturen ermöglichen und als Visualisierungs- und Entscheidungshilfe dienen. Das System setzt sich aus den Softwarelösungen Grasshopper, Rhino, Karamba und Unity zusammen, die über einen Schnittstellen-basierten Informationsaustausch funktionieren. Die Komplexität besteht unter anderem darin, Eingabe und Ausgabe in rechen-optimierter Form von einer Software zur anderen zu übersetzen [(29)].

BIMFlexi ermöglicht mit minimalen Benutzer-Eingriffen, die Integration neuer Optimierungsmethoden in den Entwurfsprozess und generiert vielseitig optimierte Gebäudestrukturen. Darüber hinaus wird die Integration von Multi-User-VR den Nutzern ermöglichen, 3D-Planungsstrukturen schnell zu erkunden und den Entwurf interaktiv zu überprüfen. Daraus können Präferenzen für weitere Optimierungen bekannt werden. Ziel ist es, den Entwurfsprozess durch die Integration verschiedener bestehender Werkzeuge in einer Plattform zu optimieren. Eine konsistente Datenstrukturierung ermöglicht die Kopplung von Parameter, Anforderungen, oder Kostenfunktionen, in einem bidirektionalen Datenaustausch. Das daraus ermöglichte Echtzeit-Feedback und die -Interaktion, stellt eine der größten Herausforderungen dar. Denn die Rechenzeit muss so gering wie möglich gehalten werden, um die Rückmeldung in Echtzeit zu ermöglichen. Das Forschungsprojekt kann in Eingabe- und Ausgabedaten strukturiert werden, um die Komplexität von Zusammenhängen zu erklären. Die archivierten Eingangsdaten sind bereits hoch aufbereitete Informationen, die im Textformat verarbeitet werden. Diese Daten werden automatisiert in ein parametrisches Grasshopper-Skript eingelesen, was die Geometrie des Gebäudes ergibt [(18)]. Aufgrund variabler Abhängigkeiten ist es möglich, das Layout zu ändern und mehrere Varianten der ausführbaren Datei zu entwickeln. Die Tragkonstruktion und Vordimensionierung des Gerüsts bzw. der Stahl- oder Betonkonstruktion werden in weiterer Folge berechnet. Eine automatisierte Strukturoptimierungsstrategie unter Verwendung von Materialparametern und Kostenanalysen bewertet die effizientesten Optionen für nachgelagerte Entscheidungsträger. Ihre Entscheidung kann beispielsweise in der virtuellen Umgebung der Unity-Software erfolgen, wobei die Benutzeroberfläche, die Interaktion und das Potential der Anwendung BIMFlexi-VR in alltäglichen interdisziplinären Planungsbesprechungen evaluiert und Verbesserungspotentiale identifiziert werden. [(26)].

1.5 BIMFlexi-VR

Die in diesem Kapitel beschriebene virtuelle Erkundung basiert auf den Einschränkungen von BIMFlexi. BIMFlexi-VR integriert eine neue Interaktionstechnologie für die „Virtual Reality“-Visualisierung für mehrere Benutzer, welche virtuell und intuitiv durch ein 3D-Gebäude gehen können. Darüber hinaus eröffnet es den Benutzern die Möglichkeit, Planungsentscheidungen in einer 3D-Umgebung interaktiv zu überprüfen und zu manipulieren und Präferenzen zur Optimierung bekannt zu geben [(26)].

In der VR-basierte Kommunikations- und Entscheidungsplattform ändern multidisziplinäre Teams gemeinsam Parameter. Die Parameter befassen sich mit der Struktur- und Produktionsplanung. Die Benutzer können diese Ergebnisse und die damit verbundenen Gebäudedesignänderungen in Echtzeit beobachten. Dies macht es allen Beteiligten leicht, Bedenken und mögliche Kompromisse zu untersuchen, die sich aus verschiedenen Planungskomponenten in den frühen Phasen des Entwurfs ergeben. Eine kollaborative VR-Visualisierungsumgebung läuft in einem automatisierten Optimierungsprozess im Hintergrund, der gleichzeitig parametrisches Strukturdesign und Produktionslayoutplanung berücksichtigt, um flexible Gebäudelösungen

bereitzustellen. Dies kann die Auswahl einiger bevorzugter Produktionspläne berücksichtigen. Neben der Echtzeit-Konnektivität zwischen Konstruktionsberechnung und -optimierung sind kollaborative VR-Visualisierungskomponenten besonders wichtig für globale Arbeitsabläufe [(26)]. Darauf wird in Kapitel 6.3 ausführlich eingegangen.

Dieser virtuelle Workflow ist in der Unity3D-Game-Engine implementiert und in Echtzeit mit einer parametrischen Strukturmodellierungsumgebung gekoppelt, die mit "Grasshopper for Rhino" erstellt wurde. Dieses System stellt eine bidirektionale Verbindung zwischen dem Visualisierungssystem und der strukturellen Berechnungsumgebung her. Benutzer können die Parameter von Strukturberechnungen aus einer immersiven virtuellen Szene heraus ändern und diese Änderungen in Echtzeit an der berechneten 3D-Struktur sehen. Der Vorteil dieses Systems ist die einfache Einrichtungsumgebung. Alles, was erforderlich ist, ist eine lizenzierte Installation von Rhino und eine Reihe von Dateien, die strukturelle Berechnungs- und Optimierungseingaben beschreiben und flexible Team-Workflows ermöglichen [(26)].

Diese Diplomarbeit befasst sich mit der Bewertung und Evaluierung von BIMFlexi-VR. Eine erste Bewertung durch Teams von Architekten und Bauingenieuren, die nicht nur wichtige Erkenntnisse für die weitere Verbesserung unseres Systems, sondern auch für die Praxis der Verwendung von BIM und VR in der integrierten industriellen Bauplanung im Allgemeinen liefern, wird in Kapitel 4.1 beschrieben.

1.5.1 Arbeitsablauf

Industriebauprojekte beginnen in der Regel mit einer Analyse der zukünftigen Gebäudeproduktionsanforderungen und geometrischen Kriterien. Nach Erhalt solcher allgemeinen Rahmenbedingungen erfolgt die automatische Erstellung von Produktionslayouts und die algorithmische Modellierung von Gebäuden. Dazu gehören die Leistungsbewertung von Bauwerken und die Optimierung der ökologischen und ökonomischen Auswirkungen. Die Ergebnisse werden gemeinsam in immersiver VR überprüft, wo Benutzer verschiedene Parameter anpassen und die entsprechenden Änderungen am Gebäude und die daraus resultierenden Leistungskennzahlen sehen können. Dies ermöglicht, Gebäudemerkmale im Konsens zu diskutieren, was letztendlich zum endgültigen Entwurf führt.

Der automatisierte Entwurf eines flexiblen Industriegebäudes umfasst folgende vier Schritte:

1. Die Produktionsplanung, welche vor dem Arbeitsablaufs durchgeführt wird und Daten des Produktionslayouts beschreibt.
2. Ein Prozess der parametrischen Modellierung und Strukturoptimierung in Echtzeit, der Produktionsplanungs- und Einrichtungsparameter als Eingaben erfordert. Dieser Schritt wird mit jeweils unterschiedlichen Strukturbestimmungs-Eingabeparametern wiederholt, um eine bestimmte Kombination von Eingabeparametern mit anderen zu vergleichen.
3. Die Multi-Objective Optimization (MOO), welche Optimierungsziele verwendet, um mehrere Sätze von Strukturparametern zu finden, die zu den besten Konstruktionsergebnissen führen.

- Die Echtzeit-VR-Visualisierung der Konstruktion. Sie ist direkt mit dem parametrischen Modellierungs- und Strukturanalyseprozess gekoppelt, bei dem Benutzer gemeinsam Strukturparameter zukünftiger Designs ändern. Die resultierende 3D-Geometrie und Zielwerte werden an den immersiven Visualisierungsprozess zurückgesendet.

Der Vorteil dieses Systems besteht darin, dass der Benutzer volle Flexibilität bei der Wahl der Parameter genießt und gleichzeitig optimale Lösungen vorgeschlagen bekommt [(26)].

1.5.2 Visualisierungen

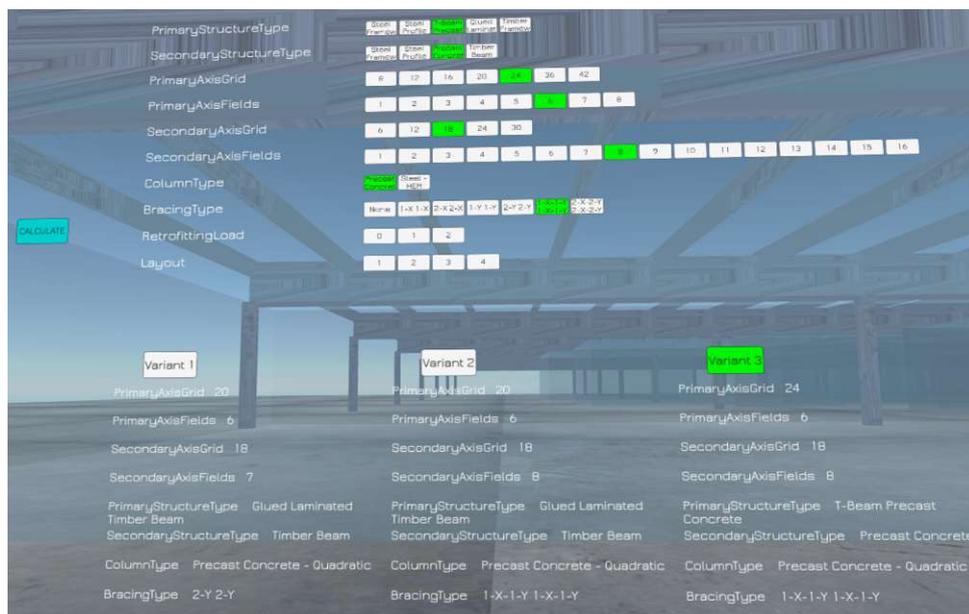


Abb. 1.1: Screenshot der VR-Ansicht des Benutzers-Menüs [(26)]

Benutzereingaben in der parametrischen Modellierung mit Grasshopper werden durch Schieberegler ermöglicht, die direkt im Skript eingestellt werden können. Sobald der Wert des Schiebereglers geändert wird, wird das parametrische Modell automatisch neu berechnet und die Ergebnisse werden im Rhino-Editor angezeigt. Die Parameter werden dem Benutzer in Form von Menüs in der virtuellen Szene zusammen mit möglichen und optimierten Werten präsentiert, wie in der Abbildung 1.1 dargestellt. Der Benutzer kann durch Interaktion mit einem virtuellen Cursor verschiedene Parameterwerte auswählen, indem er entweder jeden Parameter einzeln einstellt oder den besten Wertesatz auswählt. Die Varianten 1, 2 und 3 in Abbildung 1.1 entsprechen den besten Parametersätzen, die während der Optimierung gefunden wurden. Grün dargestellte Parameter gehören zur aktuellen Auswahl 6.3.

Die während der Berechnung erstellten Grasshopper-Elemente entsprechen dem 3D-Netz, das von RhinoCompute berechnet und an Unity3D gesendet wurde. Der in BIMFlexi-VR generierte endgültige Tragwerksentwurf ist in den Abbildungen 1.2 und 1.3 zu sehen und kann als parametrische Modellierung verstanden werden. Abbildung 1.2, die eine Vogelperspektive zeigt,

wurde mit dem Unity3D-Editor aufgenommen, während Abbildung 1.3 die Sicht des Benutzers im Kontext eines virtuellen Workflows zeigt.



Abb. 1.2: Perspektive im Unity3D-Editor [(26)]



Abb. 1.3: Immersive Sichtweise des Benutzers [(26)]

Zwei Radardiagramme in 1.4 werden dem Benutzer in einer immersiven Umgebung präsentiert und zeigen den Wert des Ziels als Prozentsatz des aktuellen Parameters an. Es wird zwischen Zielen in Bezug auf Kosten und Umweltauswirkungen und Gestaltungsflexibilität in Bezug auf zukünftige Änderungen in der Produktion unterschieden. Wenn der Zielwert 100 Prozent beträgt, ist die aktuelle strukturelle Platzierung hinsichtlich der durch dieses Ziel beschriebenen Verwendungskriterien optimal [(26)].

Folgende Abkürzungen wurden in der Abbildung 1.4 verwendet:

- GWP = Treibhauspotenzial,
- AP = Erbauungspotenzial,
- PEI = Primärenergieverbrauch,
- PEInt = nicht-erneuerbarer Primärenergieverbrauch.

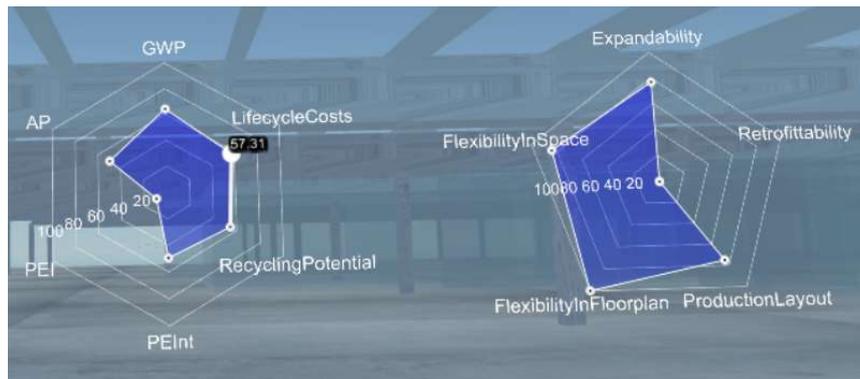


Abb. 1.4: Radardiagramm der erreichten Ziele [(26)]

Kapitel 2

Literaturrecherche

2.1 BIM - Building Information Modeling

Building Information Modeling (BIM) bildet eine fundamentale Grundlage für den Informationsaustausch und der 3D-Visualisierung in dieser Forschungsarbeit, damit Stakeholder effektiver kommunizieren können. Dieser Abschnitt erklärt, wie und in welchen Bereichen BIM bereits in realen Planungsbesprechungen eingesetzt wird, um daraus in weiterer Folge auf Potentiale für VR zu schließen. Die Koppelung von BIM und VR wird in Kapitel 6.1 beschrieben.

Building Information Modeling (BIM) steht für die Idee der durchgängigen Nutzung digitaler Bauwerksmodelle für alle Bereiche des Bauwesens – angefangen bei der Planung über die Ausführung und den Betrieb bis hin zum Abriss. BIM basiert auf der konsequenten Weiternutzung digitaler Daten und verspricht dadurch eine signifikante Steigerung der Produktivität bei gleichzeitiger Verringerung von Fehlern, da diese frühzeitig erkannt und behoben werden können [(8)].

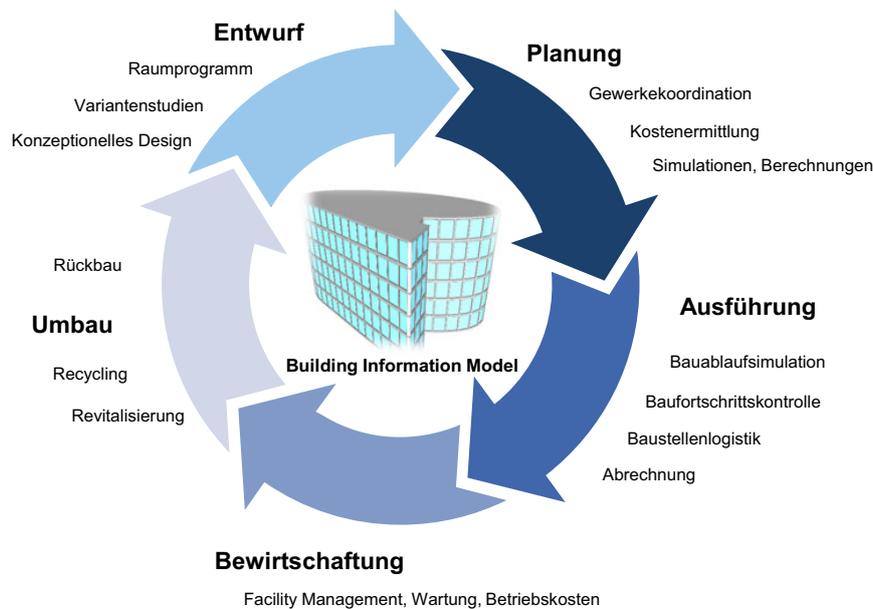


Abb. 2.1: Schema eines BIM-Kreislaufes [(8)]

BIM im Planungsprozess

Der Arbeitsablauf eines funktionierenden BIM-Systems beruht auf der frühe Erstellung eines vollständig angepassten Modells. Dieses fungiert als eine drei dimensionale digitale Abbildung des Gebäudes, das je nach Phase des Projektes zumindest alle geometrischen Informationen beinhaltet. Aus diesem können alle technischen Zeichnungen wie Ansichten, Grundrisse oder Schnitte abgeleitet werden, wodurch sie als untereinander widerspruchsfrei gelten. Einen noch größeren Nutzen liefert die Anwendung beim Vergleich von Teilmodellen der verschiedenen Gewerke, wodurch Kollisionen verhindert werden können. Auf diese Weise können beispielsweise Konflikte zwischen den Tragwerksmodell und der Haustechnik frühzeitig erkannt werden. Des Weiteren können verschiedene Berechnungs- und Simulationsprogramme and die Gebäudegeometrie gekoppelt werden, wodurch statische Nachweise, Wärmebedarfsberechnungen, Evakuierungssimulationen oder Beleuchtungsanalysen profitieren. BIM liefert durch eine präzise Mengenermittlung ein überaus wichtiges Tool in der Ausführungsphase und Planungsphase zur Kostenschätzung. Dadurch wird das Erstellen eines Leistungsverzeichnisses ebenfalls beschleunigt wird. Mit zunehmender Tiefe an Informationen im Modell, steigt auch der Aufwand ein solches zu erstellen, wie es in Abbildung 2.2 ersichtlich ist. Deshalb ist es wichtig, die Fülle an Informationen und Eigenschaften je nach Bedarf, Umstände und Projektphase anzupassen, um einen effektiven Arbeitsablauf gewährleisten zu können [(22)].

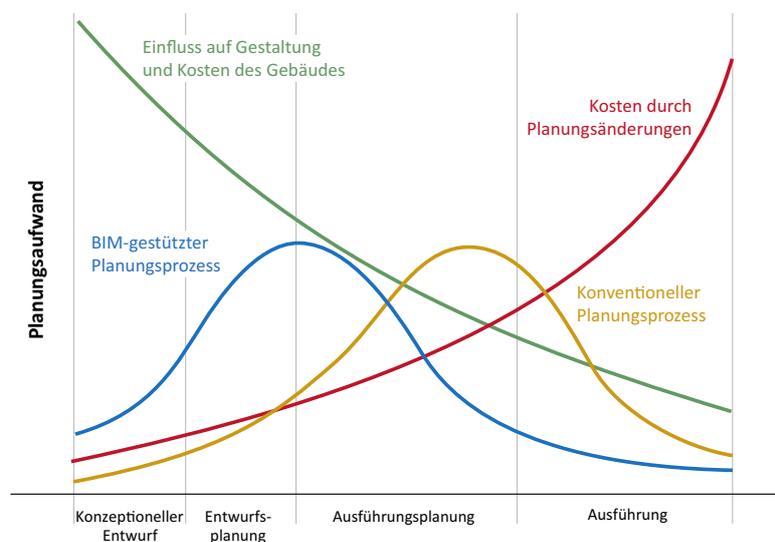


Abb. 2.2: BIM-Prozess und Planungsaufwand [(22)]

BIM in der Bauausführung

Building Information Modelling gewinnt besonders an Wichtigkeit, wenn es sich um eine sehr kostspielige Phase des Bauablaufes handelt, der Bauausführung. Dafür müssen jedoch richtige Modelle bereits in der Planung geschaffen werden, worauf dieses Forschungsvorhaben zielt.

Im so genannten "BIM2Field" spricht man von Effizienz, sobald der Arbeitsablauf von Mensch und Maschine nicht von überflüssigen Pufferzeiten unterbrochen wird und Tätigkeiten automatisiert werden. Der Einsatz von Robotik und Messstationen auf der Baustelle erfordert ein präzises

Modell, sodass Absteckpunkte genau eingelesen und ausgegeben werden können. Insbesondere die Mengenermittlung, die bereits in der Planungsphase generiert werden kann, spiegelt sich in der Ausführung wieder, sobald es zu den Bestellungen und Lieferungen von Materialien kommt. Auch Bauphasen bzw. Betonierabschnitte sind in der Ausführungsphase essenzielle Abläufe, die bereits frühzeitig berechnet werden und im Modell integriert werden können [(8)].

BIM im Gebäudebetrieb

Vor allem im Industriebau ergeben sich aufgrund der vergleichsweise langen Bewirtschaftungsphase wesentliche Vorteile aus der Nutzung des digitalen Gebäudemodells. Dieses Modell wird zudem für das Facility Management verwendet und beinhaltet Informationen wie Raumgrößen, Elektro- und Haustechnikanschlüsse, sowie verbaute technische Geräte, einschließlich Wartungsintervalle und Garantiebedingungen. Dabei müssen kontinuierliche Anpassungen am realen Gebäude ebenfalls in seinem digitalen Zwilling ausgeführt werden, um für eine spätere Umnutzung oder Umbau aktuelle Informationen gewährleisten zu können [(8)].

2.2 BIM und VR

2.2.1 VR - Stand der Technik

Virtual Reality kann als eine Technologie definiert werden, die 3D-Computermodellen und -Umgebungen die Dimension der Immersion und Interaktivität hinzufügt und eine Erkundung ermöglicht, die mit traditionellen Darstellungsformen nicht möglich ist. Die laufende technische Weiterentwicklungen von Computerhardware und der Spieltechnologie haben zu neuen Generationen von VR-Anwendungen geführt, die auf Desktop-Computern ausgeführt werden können. In den letzten Jahren hat sich die virtuelle Realität von einer Neuheit und technischer Spielerei zu einem weit verbreiteten Werkzeug mit praktischen Anwendungen in der realen Welt entwickelt. Das benötigte Werkzeug für die Immersion in zukünftigen CAD-Programmen könnte die Virtual Reality-Technologie sein, die wir heute schon in unseren Händen halten. Der Wechsel von der realen Welt zu einer Virtual-Reality-Umgebung im Entwurfsprozess kann viele Vorteile haben [(34)]. Eine Plattform, bei dem kreative Prozess und das Entwerfen von Ideen durch VR unterstützt werden kann, ist beispielsweise "Arthur". Die Abbildung 2.3 zeigt ein Mind-Mapping-Tool von "Arthur", welches nicht nur im Zusammenhang mit BIM einsetzbar ist, sondern für Brainstorming im Allgemeinen hilfreich sein kann.



Abb. 2.3: Entwerfen und Gestalten von Ideen [(11)]

Es ist hilfreich, die gängigen VR-Begriffe und Thematiken zu kennen, die bei der Benutzung dieser Technologie erforderlich sind:

- **Sichtfeld**
Das Sichtfeld (FOV) gibt an, wie viel von der Sicht des Benutzers durch das Display und die Optik eines bestimmten Headsets abgedeckt wird. Der Mensch hat ein Sichtfeld von ungefähr 200 Grad.
- **Auflösung**
Je höher die Auflösung eines VR-Headsets ist, desto realer wird das Bild erscheinen. Eine höhere Auflösung macht es leichter, Details zu sehen, zu erkennen und Text zu lesen.
- **Screen-Door-Effekt**

Ein visueller Effekt, das bei der Betrachtung einer Digitalanzeige aus nächster Nähe entsteht und die Illusion erzeugt, als würde man durch eine Bildschirm-Tür laufen.

- Tracking

Bei Outside-in-Tracking werden das VR-Headset und die Controller von einem externen Gerät, einer Basisstation, verfolgt. Dies ermöglicht eine genauere Verfolgung im Raum mit Millimetergenauigkeit, erfordert aber zur Einrichtung eine höhere Hardwareausstattung.

Bei Inside-Out werden das VR-Headset und die Controller über Sensoren oder Kameras am Headset selbst verfolgt. Dies bietet den Vorteil, dass keine zusätzliche Hardware zum Einrichten benötigt wird, hat aber eine etwas weniger genaues Tracking außerhalb der Kamerareichweite.

- Tethering

Tethered VR-Headsets müssen mit Kabeln an einen PC angeschlossen werden, um zu funktionieren. Diese verlagern die gesamte Schwerstarbeit auf den angeschlossenen PC und können größere Modelle mit viel besserer Leistung bearbeiten.

Eigenständige VR-Headsets, wie die im Forschungsprojekt verwendete Oculus Quest 2, sind vollständig kabellos und können optional an einen leistungsstarken PC angeschlossen werden. Da sie jedoch auf mobilen Chipsätzen laufen, sind sie aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit, am besten für kleinere, optimierte Modelle und Präsentationen geeignet.

Unabhängig vom VR-Setup und den leistungsgebundenen Einschränkungen, sind die VR-Präsentationen der Kollaborations-Plattform Arthur. 2.4. Dieser leistungsoptimierte Modus eignet sich für Präsentationen, mit dem Fokus auf das Vortragen und nicht auf die Interaktion zwischen den Teilnehmern.



Abb. 2.4: Präsentationen aus der VR-Kollaborationsplattform "Arthur"[(11)]

2.2.2 Kommunikation in VR

In diesem Abschnitt wird ein theoretisches System der effektiven Teamzusammenarbeit in virtuellen 3D-Umgebungen vorgestellt. Das Ziel dieses Modells ist es, das Verständnis der Fähigkeiten zu verbessern, die Einfluss auf eine effektive Zusammenarbeit in virtuellen 3D-Teams haben.

2.2.2.1 Der virtuelle Raum

Das Modell identifiziert eine Reihe von spezifischen Fähigkeiten virtueller 3D-Welten, die zu dieser Teameffektivität beitragen können. Im Vergleich zu "traditionellen", computergestützten Kollaborationstechnologien, unterstützen virtuelle 3D-Umgebungen die Teamzusammenarbeit vor allem durch

- die gemeinsame virtuelle Umgebung
- und die Avatar-basierte Interaktion.

Durch die gemeinsame virtuelle Umgebung erleben die Benutzer ein höheres Maß an Präsenz (das Gefühl, tatsächlich "dabei zu sein"), Realismus und Interaktivität. Diese Fähigkeiten erhöhen das Niveau der Informationsverarbeitung der Benutzer. Die Avatar-basierte Interaktion führt zu einem stärkeren Gefühl der sozialen Präsenz (mit anderen zusammen zu sein) und der Kontrolle über die Selbstdarstellung (wie man von anderen wahrgenommen werden möchte), wodurch das Niveau der Kommunikationsunterstützung in der 3D-Umgebung erhöht wird. Durch ein höheres Maß an Informations- und Kommunikationsunterstützung wird ein höheres Maß an gemeinsamem Verständnis erreicht, was sich wiederum positiv auf die Teamleistung auswirkt [(16)].

Virtuelle Umgebung

Virtuelle 3D-Umgebungen können einzigartige Möglichkeiten für die virtuelle Zusammenarbeit bieten. Virtuelle 3D-Umgebungen sind definiert als "elektronische Online-Umgebungen, die komplexe physische Räume visuell nachahmen, in denen Menschen miteinander und mit virtuellen Objekten interagieren und über Avatare - eine digitale Darstellung ihrer selbst - kommunizieren können" [(4)]. Virtuelle 3D-Welten besitzen ein höheres Maß an Interaktivität als viele traditionelle Kollaborationstechnologien. Interaktivität bezieht sich auf die Fähigkeit, sich durch eine virtuelle Umgebung zu bewegen und zu navigieren, im Gegensatz zur Betrachtung statischer 2D- oder 3D-Bilder der Umgebung, und auf die Fähigkeit, mit der Umgebung in Echtzeit zu interagieren und sie zu steuern. Virtuelle 3D-Umgebungen wie Teleplace ermöglichen es beispielsweise, Präsentationen in der Umgebung zu halten und mit ihr zu interagieren, indem sie Tools wie ein gemeinsames Whiteboard und einen gemeinsamen Präsentationsraum nutzen [(27)].

Für eine effektive Teamzusammenarbeit müssen zwei Arten von Kommunikationsaufgaben durchgeführt werden. Erstens müssen Informationen über die anstehende Aufgabe von den einzelnen Gruppenmitgliedern übermittelt und verarbeitet werden, ein Prozess, der als Informationsunterstützung bezeichnet wird. Zweitens müssen die Gruppenmitglieder sozial bezogene

Informationen kommunizieren und auf der Grundlage der individuell verarbeiteten Informationen ein gemeinsames Verständnis erreichen, was als Kommunikationsunterstützung bezeichnet wird. Die zentrale Annahme ist, dass die Eigenschaften von virtuellen 3D-Umgebungen sowohl Informations- als auch Kommunikationsprozesse unterstützen. Das heißt, virtuelle 3D-Umgebungen unterstützen Informationsprozesse, weil virtuelle 3D-Umgebungen die Möglichkeit bieten, Informationen zu manipulieren und zu präsentieren. Kommunikationsprozesse werden unterstützt, weil virtuelle 3D-Umgebungen eine schnelle und reichhaltige Kommunikation und die strategische Manipulation von Avataren ermöglichen, was eine große Kontrolle über die übermittelten gemeinsamen Informationen bietet. Dies wird den Teams helfen, ein gemeinsames Verständnis und eine gegenseitige Vereinbarung zu erreichen. Diese beiden Prozesse wiederum werden wahrscheinlich die effektive Zusammenarbeit im Team verbessern [(10)].



Abb. 2.5: Virtueller Raum aus Spatial [(2)]

Avatar

Über die Avatar-basierte Interaktion, findet die gesamte Kommunikation statt, wobei Personen durch Avatare repräsentiert werden, virtuelle Abbilder ihrer selbst, die individuell angepasst werden können. Avatar-basierte Interaktion ist eine mehrdimensionale Form der Interaktion, bei der die Teammitglieder eine Vielzahl von Hinweisen zur Kommunikation nutzen können, wie z. B. textbasierter Chat, Audio oder aufgezeichnete Animationen wie z.B. Gesten. Dies ermöglicht es den Teammitgliedern auch, ihre Kommunikation mit Hinweisen zu verstehen, wie z. B. dem Kleidungsstil und dem äußeren Erscheinungsbild, welches mit der sozialen Präsenz zusammenhängt. Soziale Präsenz wird im Allgemeinen definiert als das Bewusstsein, mit anderen in einer vermittelten Umgebung anwesend zu sein, verbunden mit einem gewissen Maß an Aufmerksamkeit für die intentionalen, kognitiven oder affektiven Zustände des anderen. Eine

Avatar-basierte Interaktion ist synchron, nutzt Text- oder Sprachinteraktion und bietet mehr Hinweise als textbasierte Interaktion, wie z. B. Gesten [(6)].

Die Menschen haben Online mehr Freiheit, sich so zu präsentieren, wie sie es gerne möchten. Diese Möglichkeiten der strategischen Selbstdarstellung bestehen auch in virtuellen 3D-Umgebungen durch die Manipulation von Avataren, wodurch Avatare entweder wie reale Darstellungen der Teilnehmer aussehen, oder auch anonymisiert werden können. Die erweiterten Möglichkeiten der Selbstdarstellung in virtuellen 3D-Umgebungen durch Avatarmanipulation sind daher eine wichtige Fähigkeit für die Effektivität der Teamzusammenarbeit und der Gruppendynamik [(16)].

Informationsverarbeitung und Kommunikationsunterstützung im virtuellen Raum

Gruppenunterstützungssysteme sind "eine Reihe von Kommunikations-, Strukturierungs- und Informationsverarbeitungswerkzeugen, die so konzipiert sind, dass sie zusammenarbeiten, um die Bewältigung von Gruppenaufgaben zu unterstützen". In der Forschung werden im Allgemeinen drei Möglichkeiten unterschieden, wie Gruppenunterstützungssysteme die Teamzusammenarbeit erleichtern können:

- **Kommunikationsunterstützung:** die Unterstützung der Fähigkeiten, miteinander zu kommunizieren,
- **Informationsverarbeitung:** die Unterstützung der Fähigkeit, Informationen zu sammeln, zu teilen und zu verarbeiten
- **Prozessstrukturierung:** Unterstützung des Prozesses, durch den die Gruppenmitglieder interagieren, z. B. Festlegung der Tagesordnung, Moderation und Erstellung von Aufzeichnungen

Die spezifischen Fähigkeiten virtueller 3D-Umgebungen unterstützen in erster Linie sowohl die Kommunikation als auch die Informationsverarbeitung, v.a. bei Aufgaben, die visuelle und räumliche Komponenten erfordern. Die Manipulation des Avatars und die soziale Präsenz, die die Avatar-basierte Interaktion bietet, werden die Kommunikation unterstützen [(37)].

Gemeinsames Verständnis und effektive Zusammenarbeit im Team

Ein gemeinsames Verständnis gilt als Voraussetzung für eine effektive Zusammenarbeit im Team. Die Gruppenmitglieder sind in der Lage, alle Informationen über die anstehende Aufgabe aus einem gemeinsamen Blickwinkel heraus zu verarbeiten, was die Aufgabenerfüllung erleichtert, insbesondere bei Entscheidungs- und Verhandlungsaufgaben. Darüber hinaus ist ein gemeinsames Verständnis eine wichtige Voraussetzung für positive Gruppenergebnisse wie Zusammenhalt und andere Maßnahmen zur Aufgaben-Bewältigung [(24)].

Das Konzept der effektiven Teamzusammenarbeit kann in zwei Hauptkonstrukte unterteilt werden: Leistung und Zufriedenheit. Bei der Leistung handelt es sich um das tatsächliche Ergebnis, das durch den Kooperationsprozess erzeugt wird, ein Output-Maß, das rational und objektiv misst, ob die zuvor festgelegten Ziele erreicht wurden. Zufriedenheit bezieht sich darauf, wie die Teammitglieder selbst den Prozess der Zusammenarbeit erlebt haben. Zufriedenheit wird als ein eher emotionales, subjektives Maß angesehen, das widerspiegelt, wie die Teammitglieder den

Prozess der Zusammenarbeit erlebt haben. Die Zufriedenheit steht in engem Zusammenhang mit der Leistung. Zufriedenheit ist jedoch ein subjektives Konstrukt und erfasst die Wahrnehmungen der einzelnen Teammitglieder [(21)].

Unternehmen setzen immer häufiger auf innovative, virtuelle Arbeitsprozesse, die das zusammenarbeiten erleichtern. Das von Mark Zuckerberg gegründete, milliardenschwere Unternehmen Meta Platforms Inc. (ehemals Facebook Inc.), setzte neue Maßstäbe im Bereich Virtuelle Realität, nachdem sie das Unternehmen Oculus VR zur Tochter von Meta gemacht haben. Ziele sind unter anderem Meetings, welche Verhandlungen und Diskussionen erlauben, die durch visuelle Unterstützung profitieren und Einschränkungen der digitalen Ausdrucksweise minimieren [(32)].

2.2.3 VR in der AEC-Industrie

Unter der Verwendung von Entwurfsdaten ist ein hohes Maß an Kommunikation zwischen den Teammitgliedern möglich, die eine effiziente Interoperabilität zwischen spezifischen BIM-Tools erfordert. Im Zusammenhang mit der Verknüpfung von VR mit BIM scheint die Anwendung von VR-Tools der nächste natürliche Schritt für BIM zu sein, da sie sich nahtlos in den Entwurfsprozess einfügen und zu einer positiven Teaminteraktion, einer höheren Produktqualität oder schnelleren Projektgenehmigungen führen können. Auch besteht das Potential, eine besseren Kommunikation zwischen den Hauptakteuren im Bausektor zu schaffen, die auf einer besseren Visualisierung des Designs basiert und zu einem besseren Verständnis des Projekts beiträgt. Die Interaktion mit dem BIM-Modell, um die Geometrie der Elemente zu visualisieren und die parametrischen Daten zu konsultieren, fördert die Zusammenarbeit eines gemeinschaftlichen Projekts [(12)].

Der VR-Bereich ist mit allen visuellen Bereichen im BIM-Modell verknüpft und es ist zu erwarten, dass diese Technologie in naher Zukunft weiter erforscht werden wird. VR ermöglicht es dem Benutzer, vollständig in ein 3D-Modell im Maßstab 1:1 einzutauchen und es zu manipulieren, wodurch eine virtuelle Präsenz in einem Raum, der noch gebaut werden muss, vermittelt wird. Das Modell kann nur auf einer Punktwolke basieren, die mittels eines Scans erstellt worden ist, wie die Abbildung 2.6 zeigt.

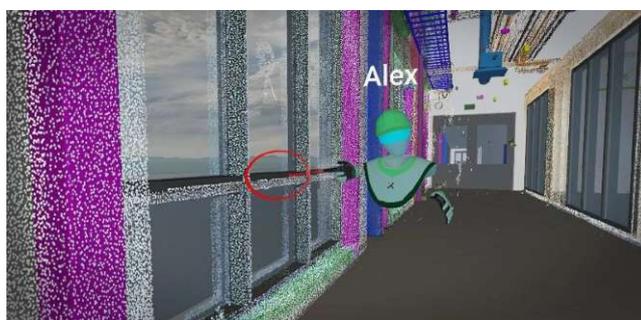


Abb. 2.6: Visualisierung einer Punktwolke in VRex [(3)]

So können VR-Anwendungen den Kunden erleichtern, Entwürfe früher zu visualisieren, Materialkosten einzusparen und die Anzahl der für Projekte benötigten Arbeitskräfte zu reduzieren. Ein VR-Rundgang kann beispielsweise über ein BIM-Modell gelegt werden, um aus Sicht des

Facility Managements den Wartungsplan (7D/BIM-Modell) oder aus Sicht des Projektteams die Konstruierbarkeit (4D/BIM-Modell) zu prüfen und somit die Entscheidungsfindung auf 2 Arten zu unterstützen:

- Eine Begehung, womit der Benutzer das 3D-Modell in einer virtuellen Umgebung in Echtzeit aus verschiedenen Perspektiven des Gebäudes, von innen oder außen, betrachten kann.
- Eine Datenabfrage aus parametrischen Objekten, in der im BIM-Modell zentralisierte Informationen abgerufen werden können [(12)].

Es gibt derzeit mehr als 50 VR-Software- und Hardware-Tools, die die Art und Weise, wie BIM implementiert und interpretiert wird, neu definieren [(35)]. Zu den wichtigsten zählen Oculus Quest, Samsung Gear VR, Enscape, Smart Reality app, The Visidraft, PrioVR, Cave Automatic Virtual Environment. Eine weitere nennenswerte Plattform, welche v.a. bei der Koordinierung zwischen mehreren Gewerken hilfreich sein kann, ist "InsiteVR". Damit kann die Überlagerung von mehreren Fachmodellen visualisiert werden, wodurch Kollisionen frühzeitig erkannt werden können, siehe Abbildung 2.7.

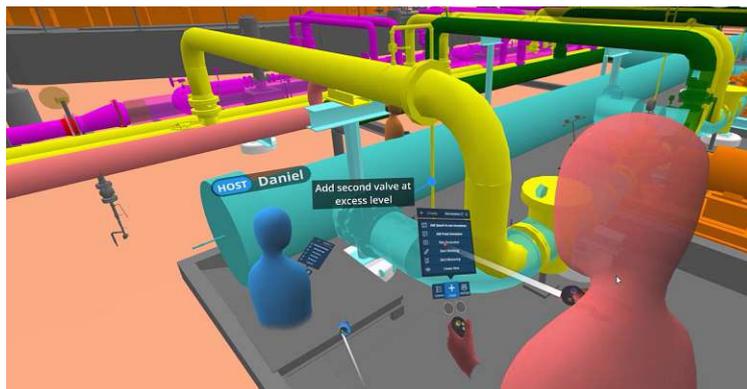


Abb. 2.7: VR-Expedition von "InsiteVR" [(14)]

Neben VR-Tools, zählen auch cloud basierende Plattformen als Basis für eine erfolgreiche multidisziplinäre Zusammenarbeit. Diese können in allen Phasen des Entwurfs- und Bauprozesses eine wichtige Rolle spielen. Von der Bewertung von Entwurfsoptionen, der Präsentation von Vorschlägen, bis hin zur Beseitigung von Fehlern und Problemen bei der Konstruktion und der Gebrauchstauglichkeit.

Teammitglieder aller Gewerke aus unterschiedlichen Unternehmen oder Standorten weltweit, können auf Cloud-Servern gehostete Modelle zugreifen und darin arbeiten. Wenn Kooperations-Projekte zwischen Firmen besprochen werden, ziehen sie BIM-Daten in Modellen heran, die in der Cloud gehostet werden. Darüber hinaus kann die Kapazität der Untersuchung von BIM-Daten durch VR-Geräte verbessert werden, die direkt über dem BIM-Modell eingesetzt werden. Ein VR-Rundgang kann bei einer 7D/BIM-Anwendung aus Sicht des Facility Managements oder der Instandhaltung zur Unterstützung der Entscheidungsfindung eingesetzt werden. Bauprobleme können in Echtzeit angegangen werden, und internationale Anlagen können veranschaulicht

werden, um die Installation und das Layout zu erleichtern, was Zeit und Ressourcen spart [(9)]. Verschiedene Plugins, Plattformen oder BIM-Viewer ermöglichen die Abfrage von Daten aus dem 3D/BIM-Modell, mit denen Projektteams Baupläne in 3D erleben können:

- Trimble Connect, ein offenes Kollaborationstool, führend in der Bauausführung, das Personen mit beliebigen Daten verbindet und so fundierte Entscheidungen ermöglicht und die Projekteffizienz steigert und vor allem .
- Autodesk 360 ermöglicht die Integration des Teams in kollaborative Projekte, da jede Änderung an einem BIM-Modell in einer praktischen Zeitleiste für alle sichtbar angezeigt wird.
- Revit Viewer Plugin, wo der Benutzer über das Modell navigieren kann und die gewünschten Daten auf einem Desktop, oder durch die Verbindung mit einem Oculus HMD-Gerät abrufen kann.
- Enscape, ein weiteres Plugin, bei dem der Benutzer durch das Eintauchen in das Modell mit der gesamten zugrunde liegenden BIM-Datenbank konfrontiert wird, wodurch ein Datenabfrageprozess initiiert wird.

In der AEC-Branche hat das Interesse an VR zur Verbesserung bestehender Arbeitsprozesse zugenommen. Laut Schnabel, Wang und Kvan [(30)] haben virtuelle Umgebungen den Designern die Möglichkeit gegeben, ihre Fantasie mit größerer Leichtigkeit zu artikulieren und zu erforschen. Dies führte zum Einsatz von VR-Geräten bei der Designkoordination, der Projektplanung, der Sicherheitsschulung, oder im Immobilienbereich. Die offensichtlichste Anwendung von VR in der

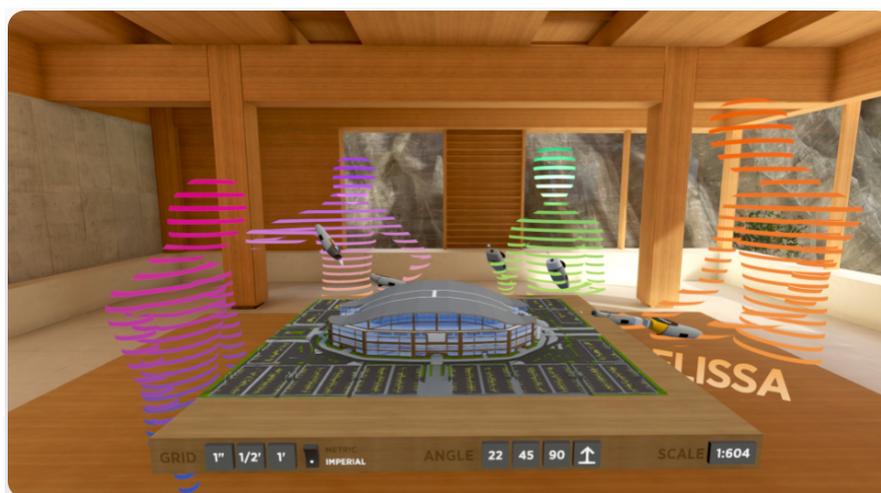


Abb. 2.8: Beispiel einer Gebäudeinspektion [(33)]

AEC-Industrie ist die Visualisierung der Architektur. Begehungen in einem virtuellen Gebäude ermöglichen es dem Planer, das Design so zu erkunden, wie es im fertigen Gebäude aussieht. So kann der Planer Fehler finden und korrigieren, bevor der Bau beginnt. Dies ist besonders

Materialverschwendung führen [(34)]. Hier eine Auflistung der von BIM-basierten Kollaborations-Plattformen, die bereits im Einsatz sind:

- The Wild, eine real-time Kollaborations-Plattform in VR zum Präsentieren für BIM-Manager, Architekten und Ingenieure 2.11,2.12,2.13,2.14, 2.15.
- Avatur, Virtuelle Inspektionen zwischen dem Team vor Ort und den Inspektoren aus der Ferne via Checklisten
- Yulio, wo Entwürfe und CAD-Projekten mit VR visualisiert werden [(15)]
- Breakroom: Mit der gemeinsamen Nutzung von Bildschirmen und Webcams, Whiteboards und Messaging-Tools wird ein digitales Hauptquartier zu einem Zentrum der Zusammenarbeit.
- InsiteVR, Meetings für Architektur und Bauingenieurwesen, siehe Abbildung 2.7
- ExxarCAD, eine VR-Software für 3D CAD-Anwendungen wie Catia, SOLIDWORKS, Navisworks, welche "streamt" 3D-CAD-Daten "streamt".
- VRex, eine vielseitig unterstützende VR-Plattform für BIM-Modelle, Scans und Punktwolken. Siehe Abbildung 2.6
- Arthur, eine innovative aber leicht von BIM-distanzierte Kollaborations-Plattform, siehe 2.10, 2.3, 2.4.

Bekanntere VR-Kollaborations-Plattformen wie "Facebook Horizon", "Partyspace", "Hubs", "AltSpaceVR", "MetingVR", "Spatial" fließen in dieser Arbeit nur indirekt im Abschnitt 2.2.2 mit rein, da diese sehr generell und auf soziale Aspekte abzielen und von BIM und der AEC-Industrie abweichen. Trotzdem hilft es, diese Technologie im Sinne der sozialen Interaktion im Hinterkopf zu behalten, um daraus mögliche Schlüsse für das VR-Framework zu ziehen. Eine Möglichkeit einer Interaktion zeigt die Abbildung 2.10 aus "Arthur", wo Nutzer interaktiv kommunizieren können. Dabei werden mehrere Bildschirme mit allen Nutzern gleichzeitig geteilt. Nutzer können auf jeden Bildschirm eingehen und diese modifizieren oder mit einem Tool beschriften.

2.2.5 Repräsentatives Beispiel "The Wild"

Da sich die genannten VR-Plattformen untereinander sehr ähnlich sind, wird auf eine Gegenüberstellung verzichtet und stattdessen das charakteristische Beispiel "The Wild" näher untersucht.

Dabei handelt es sich um eine der am weitesten verbreiteten BIM-basierten VR-Software, woraus sich einige Ideen ableiten lassen, welche eine gute Basis für das Framework bieten können. Im folgenden Abschnitt werden Werkzeuge und bewährte Interaktionen von "The Wild" gezeigt und anschließend der Vorzug, der BIMFlexi-VR hat.



Abb. 2.10: Rollenverteilung einer Besprechung in VR [(11)]

Integration von BIM-Modellen

Mit einem Revit Add-In kann aus einer 3D-Ansicht ein Raum erstellt werden. Es wird automatisch eine Verbindung zwischen der Datei und der Cloud hergestellt, sodass der Raum direkt in Revit aktualisiert und geöffnet werden kann.



Abb. 2.11: BIM-Modelle in VR [(33)]

Präsentationen

In einem Modus beziehungsweise Raum ist es möglich, Präsentationen zu gestalten und anschließend vorzuführen. Dabei können sowohl mehrere Bildschirme, als auch das Modell verwendet werden, um eine interaktive Vorführung zu kreieren und zu betrachten.



Abb. 2.12: Präsentationsraum [(33)]

Touren

Mit dem Tour-Tool kann ein sequenzieller Rundgang durch einen Raum erstellt werden, welcher gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt angeschaut werden kann.

Erkundungen

Durch das Gedrückthalten eines Teleport-Symbols und das darauffolgende Zeigen auf einer Stelle, kann man sich teleportieren, um in andere Bereiche zu gelangen. Zusätzlich kann man sich selbst skalieren, die Position drehen und sich in einen beliebigen Raum ziehen.

Ebenen mit dem Sichtbarkeitswerkzeug steuern

Mit diesem neuen Tool können die Ebenensichtbarkeit für SketchUp- oder Revit-Dateien gesteuert werden und alle Objekttypen ein- und ausgeblendet werden. Dieses Tool in 2.13 kann verwendet werden, um verschiedene Entwurfsoptionen in einem einzigen Space anzuzeigen, indem verschiedene Dateien oder Ebenen ein/aus geschaltet werden.



Abb. 2.13: Sichtbarkeits-Tool [(33)]

Visualisieren und Beschriften von Entfernungen mit dem Messwerkzeug

Mit dem Messwerkzeug können Abstände im Modell gemessen werden. In drei verschiedenen Modi kann der Abstand zwischen Objekten oder zwei Punkten im Raum gemessen werden.

Inspektions-Werkzeug

Durch einen erweiterten Button können alle Informationen über ein beliebiges Objekt via Text abgerufen werden.



Abb. 2.14: Inspektions-Werkzeug [(33)]

Skizzier-Werkzeug

Das Skizzierwerkzeug von "The Wild" bietet eine einfache Möglichkeit, das Projekt zu markieren, schnell Ideen zu entwickeln und den Raum mit Anmerkungen zu versehen. Diese Skizzen funktionieren wie jedes andere Objekt in Ihrem Raum: Man kann sie greifen, skalieren, wegwerfen, in 3D und in 2D zeichnen.

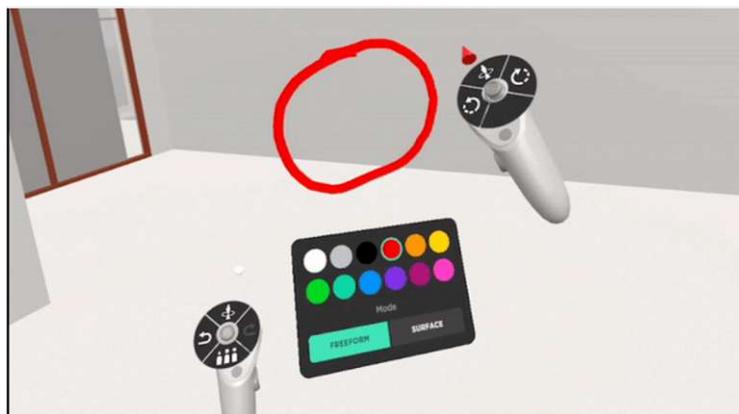


Abb. 2.15: Skizzier-Werkzeug [(33)]

2.3 Überblick einer realen Planungsbesprechung

Die Entstehungsgeschichte eines jeden Projektes beginnt mit einer Besprechung, bei der sich die wesentlichen Entscheidungsträger austauschen und am Ende zu einem oder mehreren Entschlüssen gekommen sind. Befindet sich das Projektvorhaben noch in der frühen Planungsphase oder wird überhaupt erst entschieden ob es realisiert werden kann oder nicht, so nennt man jedes folgende Zusammentreffen eine Planungsbesprechung. Hat der Bau bereits begonnen, so spricht man von einer Baubesprechung. In beiden Meetings hat die Dokumentation eine zentrale Bedeutung, wobei strukturierte Besprechungen und Dokumentationen in der frühen Planungsphase, die Basis einer reibungslosen Baubesprechung bilden. Ein ordentliches Besprechungsprotokoll ermöglicht allen Teilnehmern, wichtige Informationen jederzeit nachlesen zu können, alle Termine im Blick zu behalten und im Falle eines Mangels nachzuvollziehen, wer dafür verantwortlich ist. Häufig ist es der Bauleiter selbst, dem die Aufgabe zufällt, das Protokoll zu erstellen [(5)].

2.3.1 Teilnehmer

Je nach Bauphase ergeben sich unterschiedliche Teilnehmer in einer Besprechung. In der späteren Ausführungsphase werden kleinere Sub-Unternehmer und Handwerksbetriebe in die Besprechung miteinbezogen, abhängig vom Zeitplan. Im Rahmen dieser Diplomarbeit und des Forschungsprojektes werden die Systemgrenzen auf der Frühen Planungsphase beschränkt, da die Modifikation bereits in der frühzeitigen Planung, die Notwendigkeit für spätere Flexibilität darstellt.

Somit gelten folgende Teilnehmer als Entscheidungsträger des Projekts in der Planungsphase:

1. Der Bauherr

Ein Investor bzw. eine Instanz, die den Bau errichten lässt, die Kosten dafür trägt und rechtlich sowie wirtschaftlich dafür verantwortlich ist. Er hat das Recht über alle Beteiligten am Bau zu entscheiden und ist zudem für ihre Sicherheit zuständig, haftet für alle Ereignisse und gegenüber Dritten, die für die Ausführung einer Leistung beauftragt sind.

2. Der Tragwerksplaner

Ein Bauingenieur oder eine Firma die das Tragwerk entwirft, die Statik berechnet und für die Standsicherheit und Langlebigkeit des Gebäudes garantiert. Er erstellt auf Grundlage der Last- und Tragfähigkeitsannahmen, neben den nach dem Bauordnungsrecht erforderlichen Standsicherheitsnachweis, auch normgerechte Berechnungsmodelle. Im Unterschied zum Statiker, der für die Berechnung von Kräften und Spannungen in einem Bauwerk verantwortlich ist, konzeptioniert der Tragwerksplaner das Tragwerk.

3. Der Architekt

Der auf dem Gebiet der Baukunst ausgebildete Gebäude-Designer ist Zuständig für den kreativen Entwurf des Bauwerks. Er befasst sich mit der technischen, wirtschaftlichen, funktionalen und gestalterischen Planung und Errichtung des Gebäudes und schafft Architektur. Obwohl sich seine übliche Gestaltungsfreiheit im Industriebau etwas in Grenzen hält, ist

seine Rolle als Überwacher der Baustelle, Vorbereiter der Ausführung und Bearbeiter der Baupläne dennoch sehr wichtig.

4. Der Produktionsplaner

Die Produktionsplanung umfasst den gesamten gedanklichen Prozess der Produktion und folglich die damit verbundene Maschinerie und das Arbeitsplatz-Verhältnis in den Industriehallen. Welche absatzbestimmten Produkte in welchen Mengen im Planungszeitraum herzustellen sind (Primärbedarfsplanung) und welche Mengen an Einsatzgütern oder Zwischenprodukten dafür, wann benötigt werden (Sekundärbedarfsplanung), beeinflussen die Logistik-kette vollkommen und gelten als essenzielle Variable der Hallen-Planung. Bestandteile der Produktionskette wie maschinelle Anlagen, personelle Arbeitsplätze, Lager oder Büroräume ect. gestalten das Produktions-Layout und dirigieren notwendige Stützenfreiheit des Hallentragwerks, v.a. im Hinblick einer nachträglichen, nachhaltigen Umwidmung.

5. Der Fachmann für die Technische Gebäudeausrüstung

Je nach Art, Eigenschaften und Benutzung des Gewerbes stellt eine Industriehalle verschiedene Anforderungen an zu installierenden Anlagen und Einrichtungen hinsichtlich einer komfortablen und effizienten Nutzung, auch bei späterem Umfunktionieren der Halle. Daher gilt es die Position folgender technische Anlagen mit Sorgfalt zu wählen:

- Systeme für Gebäudeheizung und Trinkwassererwärmung
- Belüftungs- und Klimatisierungsanlagen
- Stromversorgung und Energiesysteme (Solarthermie, Geothermie, Photovoltaik)
- Fernwärme, Fernkälteversorgung
- Systeme zur Nutzung von Abwärme aus Produktionsprozessen
- Wasser- und Abwasserversorgungsanlagen
- Informationstechnik und Kommunikationsanlagen
- Feuerlöschanlagen und Entrauchungsanlagen

Unter anderem erfüllt die TGA aber auch spezielle Anforderungen im industriellen Bereich, wie beispielsweise die gesamte Reinraumausrüstung und Reinraumtechnik. Im Rahmen des Forschungsprojekts ist die nachträgliche Umgestaltung und Funktion der Industrie Halle ein wesentlicher Aspekt. Unabhängig ob für die Automobil-, Raumfahrttechnik-, Pharma-, Computer-, oder Lebensmittelindustrie, das MSR (Messen/Steuern/Regeln) und die Gebäudeautomation ist eine komplexe computergesteuerte Vernetzung und Integration all dieser Systeme und damit eine fundamentale Planungsbasis. Alle Teilnehmer verfügen über spezifisches Know-how, dass bereits in die Planung rechtzeitig involviert werden muss, um ein optimales Ergebnis zu erzielen [(36)].

2.3.2 Ablauf

Der Ablauf einer einer Planungsbesprechung hängt stark von den Projektphasen ab, welche in Anlehnung auf die Vorlesung "Planungsprozesse"¹ der Technischen Universität Wien beschrieben werden.

Folgende Schritte der frühen Planungsphase werden durchlaufen, bis eine Freigabe der Vor- und Entwurfsplanung erreicht wird.

- Interne Freigabe Vor- bzw. Entwurfsplanung
- Überprüfen auf Übereinstimmung Statik, HKLS
- Zusammenstellen der Vor- bzw. Entwurfsplanung
- Präsentation der Vor- bzw. Entwurfsplanung beim Bauherrn
- Freigabe durch Bauherr

Sollte kein Korrekturlauf notwendig sein, wird die Planung freigegeben. Die Genehmigungsplanung kann parallel zur Entwurfsphase durchgeführt werden, unter der Voraussetzung eines vom Bauherrn freigegebenen Vorentwurfs und einer vollständig Abstimmung mit den Behörden.

2.3.2.1 Architektur

Vorplanungsprozess

Der Architekt ist als zentrales Verbindungsglied, unter anderem für die Steuerung des Projektes und der Gewerke zuständig und führt die Vorplanung nach der Ermittlung verschiedener Grundlagen zu einem Ergebnis. Dabei werden mehrere Abstimmungen getroffen und Pläne erstellt wie in 2.16 ersichtlich ist, bis die Teilfreigaben möglich sind.

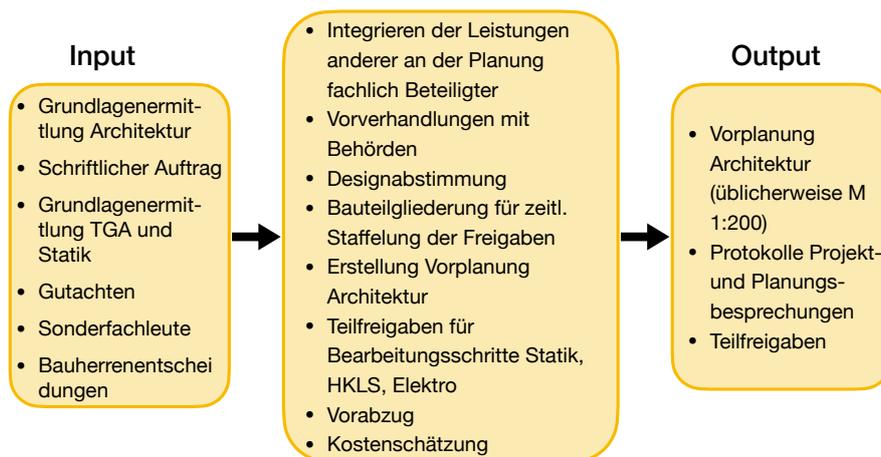


Abb. 2.16: Vorplanung Architektur

¹Christoph M. Achammer, Planungsprozess [(1)]

Entwurfsplanungsprozess

Nach einer internen Kapazitätsplanung und der im nachfolgenden aufgelisteten Entwurfsplanung, gibt der Architekt die Projektinformation ca. 3 Monate vor Baubeginn an ÖBA weiter. Auch klärt er den Bauherr über Verantwortung der Planungs- u. Baustellenkoordinator auf.

Erstellung Entwurfsplanung Architektur:

- Raummaße und Konstruktionsdimensionen
- Raumbezeichnungen und Nutzerangaben Gründungssystem
- Techniktrassen und Schächte grundsätzliche konstruktive Details Kerne
- Treppen, Nasszellen Brandabschnitte, Fluchtwege
- Festlegung der wesentlichen Materialien Flächenberechnung
- Rauminhaltberechnung Kostenberechnung
- Steuerungsterminplan - Planung

2.3.2.2 Tragwerksplanung

Die Aufgaben der Tragwerksplaner sind einerseits die Kontrolle bzw. die Berechnung des fertigen Entwurfs des Architekten. Andererseits, nehmen sie eine beratende Position beim Konzeptionieren des Tragwerks in Zusammenarbeit mit dem Architekten ein, um einen realistischen Entwurf bereits im Vorhinein zu kreieren. Nach der Ermittlung aller statisch relevanten Grundlagen wie 2.17 darstellt, wird ein System festgelegt, auf welchem die Vorplanung basiert.

Vorplanungsprozess

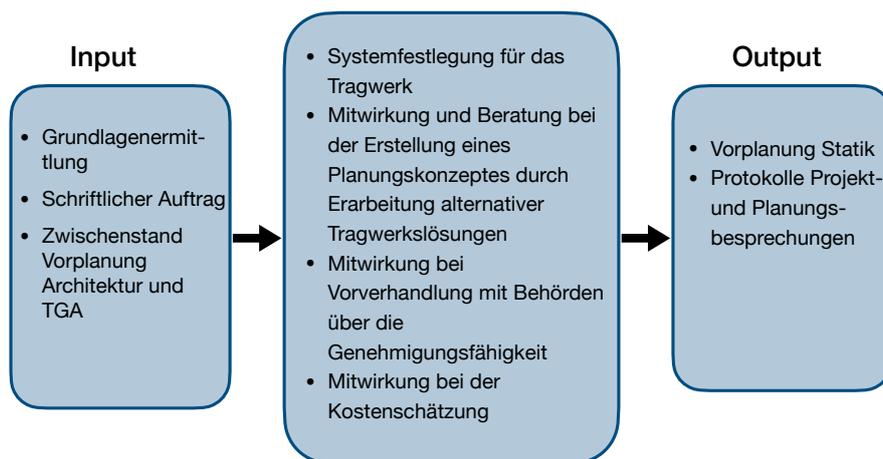


Abb. 2.17: Vorplanung Tragwerk

Entwurfsplanungsprozess

Die Erstellung einer Entwurfes in der Tragwerksplanung umfasst folgende Punkte:

- Konstruktionsentwurf und Vorbemessung
- Überschlägige statische Berechnung
- Grundlegende Festlegung der konstruktiven Details / Hauptabmessungen des Tragwerks:
 - Gestaltung der tragenden Querschnitte
 - Aussparungen und Dehnfugen
 - Auflager und Knotenpunkte
 - Verbindungsmittel
- Mitwirken bei Objektbeschreibung und Genehmigungsplanung Mitwirkung bei der Kostenberechnung:
 - Bewehrungsgehalt
 - Fertigteilpreise
 - Sonderbauteile
 - Durchstanzdübelleisten, Fugenprofile, Fahrbahnübergänge

2.3.2.3 Haustechnik

Vorplanungsprozess

Ein ständiger Austausch mit dem Spezialisten für die technische Gebäudeausstattung für Leitungen, Durchbrüche und Anschlüsse sind abhängig von Maschinen und Einrichtungen und werden im Tragwerksplan frühzeitig vermerkt, um später folgende Änderungen zu vermeiden.

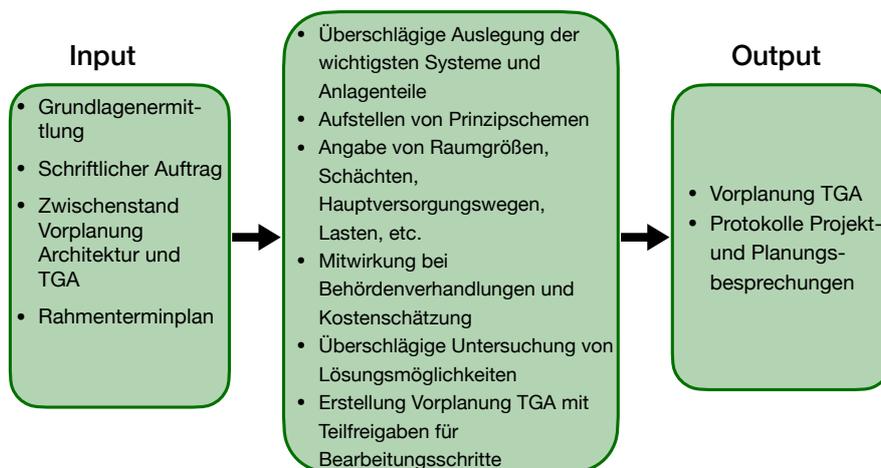


Abb. 2.18: Vorplanung TGA

Entwurfsplanungsprozess

Eine Verifizierung der mit dem Bauherrn festgeschriebenen Betriebseinrichtungen ergibt sich nach dem Durcharbeiten des Planungskonzeptes:

- Heizung und Sanitäranlagen
- Lüftung
- Kälte- und Brandschutztechnische Anlagen
- Elektroanlagen
- Festlegen aller Systeme und Anlagenteile
- Behördenverhandlungen
- Zeichnerische Darstellung 1:200/1:100
- Mitwirkung bei der Kostenberechnung

2.3.3 Das Protokoll

Die Basis einer Besprechung und damit die Grundlage einer ordentlichen Kommunikation bildet das Protokoll, mit dem Ziel, alle Schritte und Vereinbarungen des Ablaufes auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen zu können. So haben alle Beteiligten eine schriftliche Dokumentation, in der sie jederzeit nachlesen können, was wann vom wem erledigt oder eben noch nicht erledigt worden ist. Sollte es außerdem zu einem Streitfall kommen, z. B. aufgrund eines auftretenden Mangels, ist die Beweislage dank Besprechungsprotokoll klar. Neuen innovative Technologien bieten die Möglichkeit, diesen Prozess in einer Besprechung zu automatisieren [(8)]. Grundsätzlich muss jedoch zwischen 2 Arten beziehungsweise Phasen eines Protokolls unterschieden werden, wobei jenes der Planung, für dieses Forschungsvorhaben relevant ist:

Baubesprechungsprotokoll

Das Baubesprechungsprotokoll beinhaltet alle wesentlichen Informationen, inklusive die der Sub-Unternehmen, die in einem wöchentlichen Zusammentreffen in der späteren Bau-Ausführung, in Form eines Protokolls mit folgenden Inhaltspunkten niedergeschrieben wird:

- Ergänzungen zu anstehenden und bereits durchgeführten Arbeiten
- Technische Ausführungsdetails
- Änderungen im Ablauf oder Planänderungen
- neue Fristen und Termine, etc.

Diese Forschungsarbeit deckt jedoch nur die Phase der frühen Planungsbesprechung ab, weshalb es um so wichtiger ist, das Bau- und Planungsbesprechungsprotokoll voneinander abzugrenzen.

Planungsbesprechungsprotokoll

Ein Planungsbesprechungsprotokoll bildet die gemeinsame Basis für die weitere Bautätigkeit und ist somit für das Projektmanagement von deckungsgleicher Bedeutung wie die Besprechung selbst. In diesen Meetings werden Ideen zu Entscheidungen - und Prototypen zu endgültigen Lösungen, weshalb ihre Dokumentation angesichts folgender Gründe von äußerster Wichtigkeit ist:

1. Transparente Kommunikation

Einer der wichtigsten Gründe für eine Dokumentation, ist das Festhalten von Informationen. Sollte ein Gespräch nur in mündlicher Form stattfinden, so besteht die Wahrscheinlichkeit, dass bereits abgesehene Punkte bzw. Themen in Vergessenheit geraten oder überhaupt nicht erst auf allen Seiten angekommen ist. Wird hingegen festgehalten, welche Partizipanten anwesend waren, welche Bereiche diskutiert wurden und zu welchen Beschlüssen erzielte wurden, werden Missverständnisse auf ein Minimum reduziert. Dadurch erfährt das Management bzw. die Planung eine enorme Zeitersparnis und wird effizienter, weil Mehrfachdiskussionen gleicher Sachverhalte vermieden werden. Die resultierende Effizienz spiegelt sich nicht nur in der Wirtschaftlichkeit wieder, sondern verhindert auch ärgerliche Unstimmigkeiten und Meinungsverschiedenheiten bis hin zum Streit.

2. Beweissicherung

Sollten Probleme oder Konflikte auftreten, bedingt durch ungewisse Argumentationen in vergangenen Meetings, hilft die Dokumentation diese konstruktiv zu lösen. Beteiligte und abwesende Parteien, getroffene Vereinbarungen, wichtige Änderungen – gäbe es keine schriftliche Dokumentation davon, stünde im Schadensfall Aussage gegen Aussage. Dies würde in der Regel einen langwierigen Prozess samt Sichtung handschriftlicher Notizen, teuren Gutachten, gegenseitigen Schuldzuweisungen etc. nach sich ziehen. Das Protokoll erleichtert hier erheblich die Rekonstruktion des Sachverhalts und die Suche nach den Verantwortlichen. Zeit und Nerven, die ansonsten in eine solche Aufarbeitung fließen würden, sind schließlich im eigentlichen Projekt weitaus besser investiert.

3. Informationsweitergabe

Auch für Teilnehmer, die aus diversen Gründen nicht dabei sein können (z. B. weil ein anderer Termin dazwischengekommen ist), ist ein Besprechungsprotokoll sehr wichtig. Ohne Protokoll müsste man sich wichtige Informationen aus zweiter Hand besorgen. Dabei besteht leider das Risiko, dass wichtige Details falsch weitergegeben werden oder ganz verlorengehen. Zusätzlich gibt es in einigen Bausituationen noch externe Parteien, für welche die besprochenen Einzelheiten von Bedeutung sind. Das können etwa Nachbarn oder zuständige Behörden sein. Ein ausführliches Protokoll der Baubesprechung sichert, dass auch diese ausreichend informiert werden [(5)].

Die Ausarbeitung eines Protokolls ist mit großem Aufwand verbunden. Zusätzlich bildet dieses Dokument in den meisten Fällen keine schlanke Lösung zur Weiterverarbeitung, da es von einer

Person im Meeting unter Zeitdruck erstellt wird und selten gründlich nachbearbeitet wird. Der Wechsel von Papier zu einem digitalen Dokument ist bereits weit verbreitet, jedoch können VR-Lösungen einen zusätzlichen Mehrwert bieten (Siehe Kapitel 6.3).

Kapitel 3

Methodik

3.1 Vorgehensweise und Material

Der empirische Teil der Arbeit umfasst die Fallstudie und die Experteninterviews, die gefiltert und miteinander verglichen werden, wie die Abbildung 3.1 beschreibt. Daraus ergeben sich Anforderungen und Indikatoren, welche das bestehende BIMFlexi-VR-Environment verbessern können und zukünftiges Potential im Hinblick auf interdisziplinäre Planungsbesprechungen in VR aufzeigen.

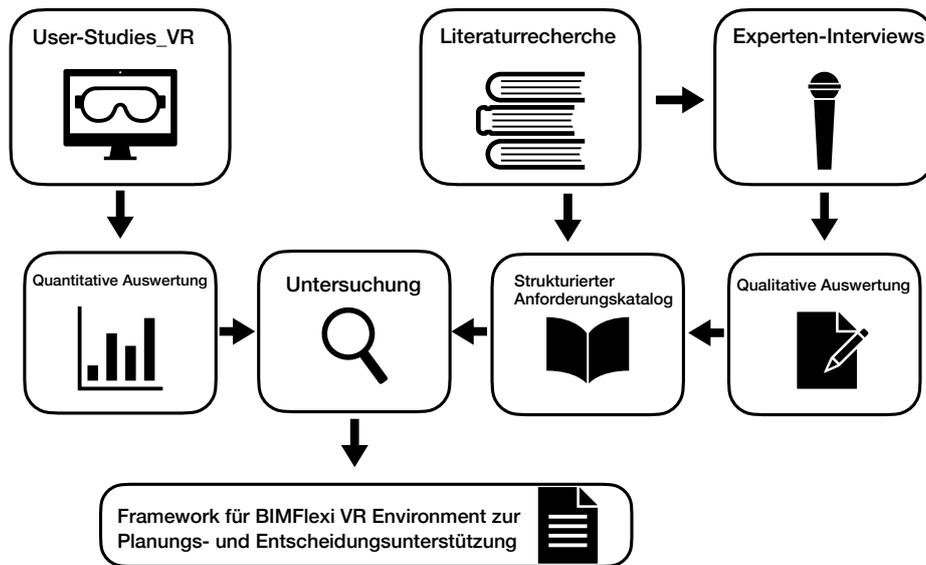


Abb. 3.1: Methodik

3.1.1 Literaturrecherche

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit besteht aus einer Literaturrecherche, welche das “State of the Art“ einer Planungsbesprechung in Virtueller Realität im Zusammenhang mit “parametric design“ versucht darzulegen. In Kapitel 6.1 werden Chancen und Möglichkeiten, aber auch Einschränkungen von VR beschrieben, um sich an ein greifbares Framework für BIMFlexi-VR in weiterer Folge herantasten zu können.

Zusätzlich untermauert die bestehende Literatur die Experteninterviews, hinsichtlich einer konventionellen Planungsbesprechung, wie im Kapitel 2.3 beschrieben wird. Hier wird v.a. auf den Aufgabenbereich der unterschiedlichen Stakeholder eingegangen, die im Experten-Interview selten zur Genüge beantwortet wurden. Durch die genauere Festlegung der Aufgabenbereiche kristallisiert sich eine deutliche Interaktion zwischen den Teilnehmer heraus - fundamental für das Framework.

3.1.2 Fallstudie

Für die Studie zum Test der Umgebung beteiligten sich 6 Experten, jeweils Architekten und Bauingenieure, freiwillig für die Untersuchung der virtuellen Umgebung. In dieser Evaluierungsstudie wurden 2 Arbeitsabläufe verglichen: Ein desktop-basierter parametrischer Planungsprozess und ein immersiver Planungsprozess in VR. Ziel war es, die Vorteile und Einschränkungen zu identifizieren, die eine kollaborative, immersive VR-Umgebung in den gesamten automatisierten industriellen Bauplanungsprozess einbringt. Die Datenauswertung wurde mittels eines Fragebogen durchgeführt, den die Teilnehmer direkt nach dem Versuch, gekoppelt mit einer Diskussionsrunde, ausfüllten. Die zugrunde liegende Datenmenge wurde quantitativ gemessen und mit Hilfe von Statistiken analysiert und ausgewertet. (Siehe Kapitel 4.1)

3.1.3 Experten-Interviews

Der Hauptteil der Arbeit umfasst die Befragung zahlreicher Experten, welche in verschiedenen Sparten der Bau-Branche ihren Ursprung haben und demnach jeweils ein individuelles Ziel der Zusammenarbeit in einer Planungsbesprechung. Es wurde ein Fragenkatalog im Sinne eines Leitfadenterviews entworfen (vgl. Kovacic et al.). Die Fragen werden mit einer Detailfülle formuliert, mit dem Ziel möglichst freie und offene Antworten zu bekommen. Die detailreiche Formulierung der Frage soll als Impulsgeber für eine freie Antwort dienen und nicht im Sinne einer Liste abgearbeitet werden. Die Auswertung der wörtlich Transkribierten Interviews erfolgt mit der Methode nach Mayring.

3.1.3.1 Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2005)

In der empirischen Sozialforschung ist die qualitative Inhaltsanalyse eine Methode zur Auswertung von Daten. Diese Form nach Mayring bietet eine Struktur, um die Inhalte der Interviews zu ordnen und zu kategorisieren [(23)].

Festlegung des Materials

Es wurden insgesamt 19 Experten zu diesem Thema befragt, welche sich auf 16 Gespräche verteilten, da 3 Interviews in 2er-Teams durchgeführt wurden. Die Befragungen dauerten im Durchschnitt 45 Minuten und wurden unter Zustimmung der Teilnehmer anonymisiert aufgenommen und transkribiert. Das kürzeste Gespräch dauerte 31 Minuten, das längste 58 Minuten. Die Transkription erfolgte auf Basis der Sprachaufzeichnung händisch und Wort für Wort, wobei auf Sprechpausen wie "ähms" oder andere Verzögerungslaute und Dialekte verzichtet wurde.

Analyse der Entstehungssituation

Die Expertise unter den Teilnehmern beläuft sich auf der der verschiedenen Stakeholder, die im Rahmen des Forschungsprojektes BIMFlexi untersucht werden sollen: Bauherren, Bauingenieure als Tragwerksplaner oder Statiker, Architekten, Produktionsplaner und Spezialisten für die technische Gebäudeausstattung. Ziel der Befragungen war eine Datensammlung über die wichtigsten Hilfsmittel, Vorgehensweisen und Schwachstellen sowie Erfolgsfaktoren einer traditionellen Planungsbesprechung, mit der Absicht einer Adaption in VR.

Festlegung der Analyserichtung

Das Material wird unter Berücksichtigung der Forschungsfrage analysiert. Jeder Aspekt, der zur Optimierung eines Workflows des BIMFlexi-VR-Environment, aber auch in einem theoretischen Zukunfts-Szenario beitragen kann, wird interpretiert und dient zur späteren Auswertung.

Analysetechniken nach Mayring

Während die Deduktive Inhaltsanalyse eine Strukturierung anhand vorgegebener Kriterien verlangt, ergänzt Mayring seine Analysetechnik mit der in dieser wissenschaftlichen Arbeit verwendeten Induktiven Inhaltsanalyse. Dabei wird das Material auf die wesentlichen Aussagen reduziert und in Kategorien zusammengefasst. Die Reduktion des Textes wird mit Codes erreicht, um so den Fokus auf wichtige Aussagen zu legen, ohne jeglichen Verlust von Informationen.

Interpretation der Ergebnisse

Mit Hilfe der Kategorien, soll die Fragestellung durch drei Gütekriterien beantwortet werden: Die Vergleichbarkeit mit anderen Ergebnissen, die Reliabilität, welche eine vom Forscher unabhängige Kodierung bietet und die Nachvollziehbarkeit durch einen fest vorgeschriebene Textinterpretation.

Kapitel 4

Fallstudie

4.1 Aufbau

Es wurde eine Fallstudie mit 6 Fachexperten durchgeführt. In dieser Evaluierungsstudie haben wir desktopbasierte und immersive Prozesse innerhalb des Arbeitsablaufs von BIMFlexi verglichen. Ziel war es, die Vorteile und Einschränkungen zu identifizieren, die eine kollaborative, immersive VR-Umgebung in den gesamten automatisierten industriellen Bauplanungsprozess einbringt. Im Experiment arbeiteten drei multidisziplinäre Teams von Nutzern, bestehend aus 2 Personen, einem Architekt und einem Bauingenieur, gemeinsam an zwei Aufgaben:

1. Die Durchführung einer automatisierten Variantenstudie mit drei verschiedenen Strukturparametersätzen durchzuführen, um den am besten geeigneten Prototyp für ein Produktionslayout auszuwählen,
2. Eine industrielle Gebäudestruktur zu entwerfen, die ein gegebenes Produktionslayout in einer Weise aufnehmen würde, welches die Flexibilität der Struktur maximiert.

Jedes Team teilte sich untereinander permanent dasselbe Büro, wobei die Mitglieder ohne Vermittlungstechnologie in den folgenden zwei Arten von Setups stets miteinander sprechen konnten:

- Das Grasshopper-Skript, eine parametrisches Modellierungssystem zur Strukturoptimierung, welches direkt im Rhinoceros-Editor auf dem Desktop angezeigt wurde, wobei die Kollaboration durch Bildschirmfreigabe funktioniert.
- In immersiver VR, unterstützt durch die Oculus Quest VR-Brille, innerhalb unseres BIMFlexi-VR-Frameworks [(28)].

4.2 Bewertungsmaßstäbe

Es wurde ein subjektiver Fragebogen erstellt, der die Benutzerfreundlichkeit der einzelnen Setups, ihr Potenzial in Bezug auf Lernen und Informationsvermittlung, kollaborative Aspekte und die Unterstützung der Entscheidungsfindung versucht zu bewerten. Die für jede Kategorie verwendeten Fragen sind in Tabelle 4.1 zusammengefasst. Die Antworten wurden auf einer

5-Punkte-Skala im Likert-Stil erfasst. Darüber hinaus wurde die Zeit erfasst, die jedes Team für beide Aufgaben in unseren beiden Evaluierungssettings benötigte, um eine objektive Messgröße für die Effizienz der Schnittstelle zu erhalten. Nach der Evaluierung fand eine Nachbesprechung statt, in der die Erfahrungen der Nutzer mit den getesteten Setups im Detail besprochen wurde und informelles Feedback gesammelt wurde [(28)].

Tab. 4.1: Fragebogen zur Fallstudie

Kategorie	Fragen
Handhabung	<ul style="list-style-type: none"> • Einfachheit des Wechsels zwischen Varianten • Einfachheit der Durchführung von Variantenstudien • Intuitivität der Benutzeroberfläche • Leicht verständlich ohne Hilfe
Information Übermittlung und Lernen	<ul style="list-style-type: none"> • Verständnis der Gebäudestruktur • Verständnis der räumlichen Aufteilung des Gebäudes • Zugänglichkeit an Optimierungswerten und Kosten • Verständnis der Wechselwirkung zwischen Produktion und Bau • Verständnis der strukturellen Unterschiede der Varianten
Erfolgreiche Zusammenarbeit	<ul style="list-style-type: none"> • Überlegenheit der interdisziplinären Kommunikation gegenüber der sequentiellen • Einfachheit der Demonstration der eigenen Perspektive • Einfachheit des Verstehens der Perspektive des Teampartners • Zusammenarbeit und Unterstützung des Teampartners
Entscheidungsfindung	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung der interdisziplinären Entscheidungsfindung

4.3 Ablauf

Die ganze Evaluation fand am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement der Technischen Universität Wien statt. Zu Beginn der Evaluation stellten die Experimentatoren das Projekt BIMFlexi vor und erklärten zwei experimentelle Arbeitsabläufe - den Desktop-basierten,

bei dem die Teilnehmer die Parameter direkt in Grasshopper editieren und den immersiven Arbeitsablauf in VR. Anschließend wurden die Hauptaufgaben, die Variantenstudie und der Entwurf einer industriellen Struktur, vorgestellt. Die Interaktionsmodi jedes Versuchsaufbaus wurden unmittelbar vor Beginn des Versuchs von den Experimentatoren ausführlich erklärt. Auf die Durchführung der Aufgaben in jeder Versuchsanordnung folgte direkt das Ausfüllen des Fragebogens, während die Nachbesprechung, in der beide Versuchsanordnungen besprochen wurden, am Ende der Auswertung stattfand. Zusätzliche Anmerkungen, die im Fragebogen nicht erhoben wurden, wurden auf diese Weise diskutiert und erörtert. Jeder der zwei Teilnehmer eines Teams hatte seinen eigenen Computer mit einer Kopie des parametrischen Skripts, während sie mit dem parametrischen Modellierungsskript in Grasshopper und Rhino-Editor arbeiteten. Der Desktop eines Teilnehmers wurde auf einem großen Bildschirm geteilt, so dass beide Benutzer eine gemeinsame Ansicht haben konnten. Für die Variantenstudie erhielten beide Teilnehmer Ausdrucke, mit den Strukturparameter von drei zu vergleichenden Gebäudelayouts. Darüber hinaus wurden die Entwürfe innerhalb des Grasshopper-Skripts als Texttafeln zusammengefasst. Um eine Konfiguration der drei Layouts zu erreichen, mussten die Teilnehmer einzelne Parameterschieberegler bearbeiten. Im immersiven Teil der Evaluation wurden hingegen drei strukturelle Layout-Varianten im Benutzer-Menü als Parametersätze zusammengefasst, welche die Benutzer mit einem Knopfdruck von einem Parametersatz zum anderen wechseln konnten. In der Version von BIMFlexi-VR zum Zeitpunkt der Auswertung startete die Berechnung der Konstruktion automatisch, wenn eine der Menütasten gedrückt wurde [(28)].

4.4 Ergebnisse Fallstudie

4.4.1 Auswertung

In den folgenden Balkendiagrammen sind die gemittelten Werte des Fragebogens aller Teilnehmer zusammengefasst und auf den zwei Setups bzw. Vorrichtungen aufgeteilt, wobei keine Trennung zwischen Architekten und Bauingenieuren unternommen wurde. Das Grasshopper-Setup und das BIMFlexi-VR-Setup wurden von den Teilnehmern positiv aufgenommen. BIMFlexi-VR erhielt höhere Werte für die Benutzerfreundlichkeit als das Grasshopper-Setup, wie es die Abbildung 4.1 zeigt.

Diese Benutzerfreundlichkeit kommt besonders zum Vorschein, wenn man die zwei Setups in Bezug auf die Zeit gegenüberstellt (siehe Abbildung 4.4). Die Benutzeroberfläche von BIMFlexi-VR punktet insbesondere mit ihrer visuellen Oberfläche und immersiven Funktionalität.

Die Ergebnisse im der Informationsübermittlung waren ausgeglichen. Das Verständnis der Interaktion zwischen Produktion und Tragwerk wurde im Desktop-Setup höher bewertet als im VR-Setup. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Konstruktionstypen waren im VR-Setup besser sichtbar. Wie die Abbildung 4.2 veranschaulicht, ist die Übertragung von Informationen von bildlichen Faktoren in Kombination mit einer ganzheitlichen Übersicht geprägt.

Die Kollaboration funktioniert im Desktop-Setup besser, wie die Abbildung 4.3 belegt und das Feedback der Teilnehmer untermauert. Die Nutzer betonen hierbei die Notwendigkeit, den

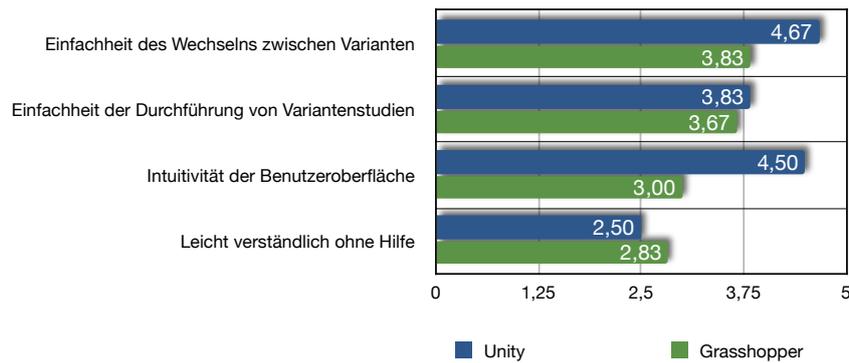


Abb. 4.1: Handhabung und Benutzerfreundlichkeit

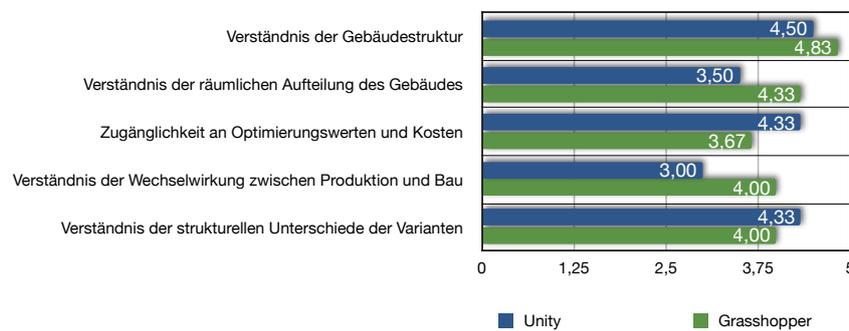


Abb. 4.2: Übermittlung von Informationen (Quelle: Eigene Datenerfassung)

Partner und seine Interaktion ständig im Sichtfeld zu haben. So kann effizient kommuniziert werden, wie es im Grasshopper-Setup möglich ist.

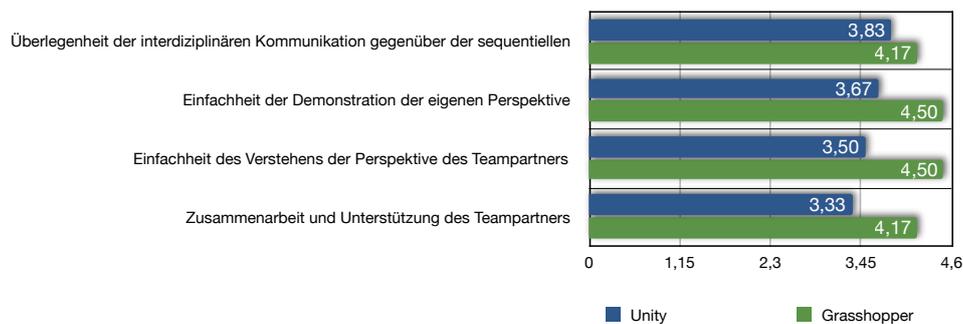


Abb. 4.3: Zusammenarbeit

4.4.2 Beobachtungen und Nutzerfeedback

Die Variantenstudie auf dem Desktop dauerte länger, wie aus den resultierenden Zeiten in 4.4 hervorgeht, weil die Teilnehmer jeden Wert auf dem Schieberegler in Grasshopper selbst einzeln ändern mussten. Es war für die Teilnehmer unmöglich, die Schieberegler schnell nacheinander zu bewegen, da die Konstruktion bei jeder Änderung des Schiebereglers automatisch neu berechnet wird und dafür Zeit benötigt. Die Berechnung dauert einige Sekunden und der Editor reagiert

erst, sobald er fertig ist. Dies verlangsamt den Arbeitsablauf deutlich. In BIMFlexi-VR, müssen die Benutzer ebenfalls mehrere Sekunden auf das Ergebnis der Berechnung warten, da die Berechnung durch dasselbe Grasshopper-Skript durchgeführt wird. Doch da die Berechnung im Hintergrund abläuft und die VR-Umgebung selbst normal reagiert, hat die Verzögerung eine geringere Auswirkung. Die Teilnehmer äußerten den Wunsch, die Konstruktion erst auf Anfrage neu zu berechnen und nicht jedes Mal, wenn sich ein Parameter geändert hat, sowohl in Grasshopper direkt als auch in BIMFlexi-VR [(28)].

	Gruppe	Grasshopper	VR-Unity
Varianten Studie	1	25 Minuten	6 Minuten
	2	20 Minuten	8 Minuten
	3	19 Minuten	10 Minuten
Freies Design	1	6 Minuten	7 Minuten
	2	10 Minuten	20 Minuten
	3	6 Minuten	10 Minuten
Gesamt-Durchschnitt		14 Minuten	10 Minuten

Abb. 4.4: Zeitmanagement der Teams in Fallstudie 1

Es wurde beobachtet, dass die Teilnehmer in BIMFlexi-VR während der freien Entwurfsphase mehr Parameter-Kombinationen ausprobierten, als auf dem Desktop. Dabei experimentierten die Teilnehmer neugierig mit den Parametern und wollten auch prima Facie unvernünftige Kombinationen visualisiert sehen. Das Ausprobieren mehrerer Layouts auf dem Desktop erfordert aber mehr Interaktionen mit dem Schieberegler, wodurch weniger Änderungen an ihren Konstruktionen vorgenommen wurden. Des Weiteren beobachteten wir unterschiedliche Verhalten und Präferenzen in den Teams. Während sich die Teilnehmer im Team 1 vor allem auf der Höhe der entstehenden Konstruktion, den Kosten des Gebäudes und der Flexibilität des Grundrisses orientierten, fokussierten sich die anderen Teams auch auf Materialien und das Erscheinungsbild. Jedoch waren die Materialien ebenfalls für Team 1 wichtig für die Entscheidungsfindung. Der Tragwerksplaner betonte zusätzlich die Rolle der Tragwerke und die Art der Ausführung, während der Architekt sich auf die geometrischen Eigenschaften –wie primäres und sekundäres Achsraster – konzentrierte. Im Team 2 kamen die Teilnehmer zu dem Schluss, dass das Grasshopper + Rhino-Setup für den technischen Teil besser geeignet war, da man die Art und Weise der Berechnungen direkt im Skript sehen konnte, was dem Tragwerksplaner mehr Kontrolle und Sicherheit lieferte. Insbesondere für den Bauherren scheint das immersive Setup ideal zu sein, da es für Präsentationen besser geeignet ist und auch visuell einfacher zu handhaben ist. Team 3 konzentrierte sich im Wesentlichen auf die Materialien und vernachlässigte die Träger-Option mit Stahlbeton, unter Berücksichtigung der Flexibilität und des Erscheinungsbildes des Gebäudes [(28)].

Alle Teams waren sich einig, dass die Besichtigung des Gebäudes von innen einen guten Eindruck von der Konstruktion vermittelt hat und für das Verständnis des zukünftigen Gebäudes wichtig war. Jedoch waren die Dimensionen aus der Einzel-Perspektive nicht leicht zu erkennen bzw. einzuschätzen und aus der Größe des Gebäudes war schwer zu erkennen, wo die Halle vom

Inneren des Gebäudes aus endet. Es wurde als nützliche Ergänzung vorgeschlagen, die Draufsicht auf die Konstruktion in kleinerem Maßstab zu implementieren, sodass die Nutzer das Gesamtbild sehen können. Schließlich wurde der Wunsch geäußert, den Auswahlcursor des Teampartners zu sehen, sodass die Nutzer ihrem Teampartner die eigene Perspektive und die Parameter im Menü zeigen können, während sie diese diskutieren. Besonders bei der Entscheidungsfindung erzielte das Grasshopper-Setup deutlich mehr Punkte. Die Probanden zeigten auf, dass eine Übersichtliche Darstellung, Zahlen und Werte eine größere Aussagekraft haben, als ein vor allem auf visuelle Funktionen ausgelegtes Setup, wie es in BIMFlexi-VR der Fall ist [(28)].

Zusammenfassend erzielt das Grasshopper-Setup mehr Punkte, wie aus Abbildung 4.5 hervorgeht. Diese Erkenntnis dient als Basis für weitere Chancen und Potentiale für die Interaktion in VR, welches in dieser Arbeit erörtert werden soll.

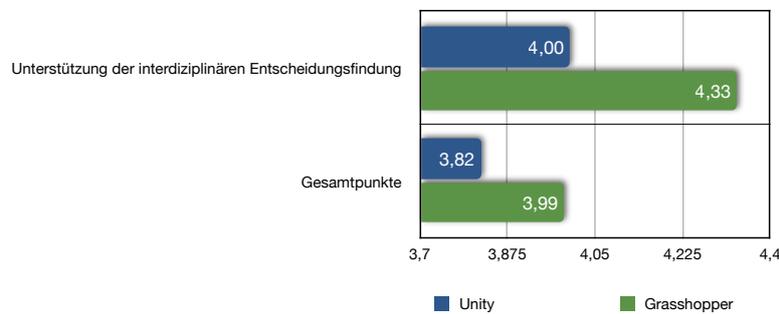


Abb. 4.5: Entscheidungsfindung und Gesamtpunkte

4.4.3 Vorteile und Chancen von BIMFlexi-VR

Durch die Fallstudie konnten wichtige Vorteile und Anforderungen der kollaborativen Arbeit in immersiver VR identifiziert werden. Die experimentellen Sitzungen lieferten einen robusten Hinweis darauf, dass BIMFlexi-VR den Benutzern ermöglicht, effizient zwischen verschiedenen Parameterwerten zu wechseln, sodass sie mehrere mögliche Entwürfe in kurzer Zeit betrachten können und diese auch gemeinsam diskutieren können. Die Stärke der immersiven VR, eine überzeugende Visualisierung zu schaffen, wurde von den Teilnehmern ebenfalls bestätigt und es wurde beobachtet, dass der Versuchsrahmen zum freien Experimentieren anregt, was darauf hindeutet, dass BIMFlexi-VR nicht nur in der AEC-Industrie, sondern auch für Schulungs- und Bildungszwecke in Architektur- und Ingenieurwissenschaften nützlich sein könnte. Alle Teilnehmer gaben an, dass eine Visualisierung eines realen Gebäudes im Maßstab 1:1 ein vertieftes Verständnis der untersuchten Konstruktion hervorbringt. Dieses könnte durch eine zusätzliche ganzheitliche, verkleinerte Sicht auf die gesamte Konstruktion zusätzlich verstärkt werden. Also wurde die Möglichkeit, das 3D-Modell des parametrisch entworfenen Gebäudes im Rhino-Editor zu sehen, als ein großer Vorteil des desktopbasierten Arbeitsablaufs angeführt. Interessant wäre eine tisch-große Nachbildung des parametrischen Modells innerhalb der immersiven Umgebung des skalierten Modells in der realen Welt, um sich bestmöglich zu orientieren. Auch bestätigte sich die Annahme, dass verschiedene Benutzerrollen in einem interdisziplinären Team unterschiedliche

Sets von Werkzeugen und Interaktionsmöglichkeiten benötigen. Während beispielsweise für einen Bauherren, oder einen unbeteiligten Beobachter, eine einfache Visualisierung ausreichen könnte, benötigt ein Bauingenieur die Möglichkeit, genauere Aspekte der Berechnung zu steuern, oder jedenfalls auf Objekte zu zeigen zu können bzw. seine Sichtweise mitzuteilen. Es wurden keine Produktionspläne in die Fallstudie einbezogen, jedoch ist es wahrscheinlich, dass die Darstellung bestimmter Maschinen-Linien und Produktionsanordnungen für ihr Verständnis der Konstruktion sehr hilfreich wäre. Die Integration der statischen Berechnung in das Setup von BIMFlexi-VR ist jenes Tool, welches in allen anderen VR-Plattformen nicht implementiert ist. Dies bietet die Grundlage einer schnellen Aussage über eine Variante, die auch so realisierbar ist. Zudem ist die Massenermittlung und die damit verbundene Lebenszyklusanalyse ein weiterer Punkt, der in BIMFlexi-VR realistisch abgebildet werden kann. BIMFlexi-VR bietet folglich bereits eine solide technische Grundlage für die kollaborative Arbeit in der industriellen Bauplanung. Diese Arbeitsweise gilt es zu perfektionieren. Die Herausforderung liegt in der Identifizierung von Interaktionen und Arbeitsabläufen, die für multidisziplinäre Teams sinnvoll sind und sich in einer virtuellen Realität adaptieren lassen. Im Weiteren werden die Identifizierung von Steuerungsparametern und Interaktionen, die für jede Benutzerrolle spezifisch sind und deren Einbeziehung in BIMFlexi-VR-gestützte multidisziplinäre Arbeitsabläufe essentiell ist, untersucht [(28)].

4.4.4 Fazit

Diese Fallstudie beinhaltet unser immersives Framework für die kollaborative Gestaltung von Industriegebäuden. Dieses Framework resultiert als ein nützliches Werkzeug, um Produktionsplanung und Tragwerksplanung in den frühen Phasen der Arbeit zu verbinden und flexible Industriebauten zu entwerfen. Durch diese ersten Tests erhielten wir positives Feedback von Benutzern und beobachteten ihr zufälliges und kreatives Experimentieren mit Parametern und Variantenstudien von Gebäuden. Daraus haben sich Anweisungen für zukünftige Arbeitsweisen ergeben, die sich hauptsächlich auf die Entwicklung innerhalb unseres immersiven Rahmens beziehen. Die Fähigkeit, sich einen ganzheitlichen Eindruck vom Gebäude zu verschaffen, gilt als eine großartige Verbesserung, die v.a. für Benutzer mit geringem Vorstellungsvermögen relevant sein kann. Dementsprechend glauben wir, dass die Schnittstelle zwischen Parametrik und virtueller Realität der Schlüssel ist, um die Anforderungen der interdisziplinären Zusammenarbeit in der AEC-Branche zu erfüllen. Im Zuge dieser Auswertung, gilt es in einem weiteren Framework, die Interaktion und Kommunikation der Teilnehmer zu analysieren, um das Framework zu optimieren.

Im nächsten Schritt, wurden Experteninterviews durchgeführt, um zu evaluieren auf was Planungsbeteiligte in realen Planungsbesprechungen achten und brauchen, um dieses Know-how später in BIMFlexi-VR zu ergänzen.

Kapitel 5

Experteninterviews

Basierend auf der Auswertung der BIMFlexi-VR-Fallstudie und der daraus resultierenden Notwendigkeit eines optimierten kollaborativen Frameworks, wurden Experteninterviews mit 19 Experten aus Architektur, Statik bzw. Tragwerksplanung, Produktionsplanung und Bauherrschaft durchgeführt. Das Ziel der Befragung war es, den Ablauf und die Teilnehmer einer konventionellen Planungsbesprechung zu identifizieren und jegliche Art von Hilfsmitteln, Methoden und Daten zu klassifizieren, die zur Kommunikation notwendig sind und zur Entscheidungsfindung beitragen. Die erhobenen Daten sollen behilflich sein, das Konzept einer effektiven Planungsbesprechung in virtueller Realität zu vervollständigen, einen darin möglichen Arbeitsablauf zu definieren und unverzichtbare Mittel zur Kommunikation, Ideen- und Entscheidungsfindung darzustellen, die im BIMFlexi-VR-Framework verwendet werden können. Die zu befragenden Gewerke, die bereits im Rahmen dieser Masterarbeit eingegrenzt sind, umfassen die folgenden Interessenvertreter bzw. Stakeholder: Den Bauingenieur, den Architekten, den Bauherren, den Spezialist für die technische Gebäudeausstattung und den Produktionsplaner. Die Interviews dauerten durchschnittlich 45 Minuten und fanden teilweise direkt vor Ort, im Büro des Firmensitzes statt, oder, aufgrund der epidemischen Lage, via Videokonferenz mit Microsoft Teams. Das kürzeste Interview dauerte 31 Minuten und 45 Sekunden, während sich das ausführlichste Gespräch über 58 Minuten in die Länge zog. Alle Interviews wurden wortwörtlich transkribiert und streng anonymisiert und können bei Bedarf am Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement an der technischen Universität Wien eingesehen werden.

5.1 Teilnehmer

Es wurden insgesamt 19 Experten aus Deutschland, Österreich und Italien interviewt, woraus sich 16 transkribierte Interviews ergaben, da einige als Zweier-Teams auftraten. Die Experten stammen aus den fünf unterschiedlichen Gewerken und weisen stets eine Berufserfahrung von mindestens zehn Jahren oder mehr auf, weshalb mit Häufigkeit die Vorstände der jeweiligen Betriebe zum Interview erschienen. In der folgenden Tabelle 5.1 sind alle 19 Experten aufgelistet, mit ihrer ausgeübten Rolle in einem Projekt und dem Tätigkeitsfeld und Volumen des Unternehmens. Jedoch wurden die Fachplaner für die technische Gebäudeausrüstung bei der Befragung vernachlässigt, da ihre Tätigkeit in der frühen Planungsphase von den restlichen Teilnehmern

Interessensgruppe	Kürzel	Zur Person / Beruf	Zum Unternehmen / Projektgrößen
Statiker/ Tragwerksplaner	S1	Statiker	300 Mitarbeiter, Dach Region
	S2	Parametrischer Tragwerksplaner	350 Mitarbeiter, 14 Standorte Weltweit
	S3	Bauingenieur als Tragwerksplaner	5 Mitarbeiter, Wohn- und Industriebau, 17 Mio€
	S4	Tragwerksplaner, Forscher, Softwareentwickler	Hoch- und Industriebau, 400 Mitarbeiter Weltweit
Architekten	A1	Geschäftsführer, Architekt	5 Mitarbeiter, oft mehr
	A2	Architekt, Bauherr, Immobilienunternehmer, Geschäftsinhaber	16 Mitarbeiter, 10 Mio €
	A3	Architekt, Geschäftsführer, Miteigentümer	1000 Mitarbeiter, 50 Mio €
	A4	BIM Zeichner, Bautechniker, Planer	2 Mitarbeiter
Bauherren	B1B2	Bauherr, Bauträger, Bauunternehmer	Wohn- und Industriebau, 42 Mitarbeiter
	B3 B4	Bauherr für eigenen Produktionsplanung	1000 Mitarbeiter, Automobilindustrie
Manager und Leiter	M1	Bauunternehmer, Geschäftsführer, Letzte Preisinstanz	170 Mitarbeiter, Industriebauten, 60 Mio €
	M2	Geschäftsführer, Manager	Internationale Planer & Baumanager, 300 Mitarbeiter, Industrie- & Hallenbau
	M3	Gruppenleiter der Tragwerksplanung, Projektleiter in Statik	1000 Mitarbeiter, 50 Mio €, Europa
Produktionsplaner	P1 P2	Bauingenieurn, Produktionsplaner & BIM-Manager	Produktionsplanung und Projektentwicklung, 100 Mitarbeiter, Dach-Region
	P3	Produktionsplaner und Forschungsleiter	Produktionsplanung und Technologielieferant
	P4	Doktor in Produktionsplanung, Bereichsleiter für Prozessentwicklung im Bauwesen	BIM-Implementierungsprojekte und Digitalisierung für Bauunternehmen

Abb. 5.1: Interviewpartner

beschrieben wurde und stattdessen von der Position Manager und Leiter, die eine führende und steuernde Rolle im Projekt verkörpert, ergänzt wird.

5.2 Aufbau

Nachdem sich die Interviewpartner vorgestellt und einer anonymen Aufzeichnung und Transkription des Gesprächs zugestimmt haben, wurden das gesamte Forschungsprojekt BIMFlexi und das Vorhaben der Befragung als Teil des Forschungsprojektes erklärt. Bei jedem Interview wurde derselbe Fragebogen verwendet, welcher drei generelle Fragen zum Teilnehmer und dem Unternehmen und fünf offene Fragen beinhaltet, die den Teilnehmern eine sehr freie Form zum Antworten ermöglichen. Eine freie Artikulation bekräftigt ähnliche Aussagen um so mehr, wodurch eine deutliche Auswertung begünstigt wird. Die generellen Fragen zum Unternehmen helfen bei der Kategorisierung der Teilnehmer, woraus sich Unterschiede in den Aussagen zu großen und kleineren Unternehmen erkennen lassen. Die fünf Fragen sind im Abschnitt 5.2.1 aufgelistet. Die Einverständniserklärung sowie der Fragebogen sind dem Anhang A zu entnehmen. Nachdem die Experten-Interviews transkribiert wurden, wurden die zentralen Aussagen eines jeden Gesprächspartners in einer Excel-Tabelle zusammengefasst und nach der Methode von Mayring ausgewertet (siehe Kapitel 3).

Die zahlreichen Interviews führen zu mehreren Aussagen zu verschiedenen Themenbereichen, die in der nachfolgenden Struktur interpretiert werden. Auffällig ist, dass sich die Behauptungen in den Interessengruppen ähneln und demnach ein Muster zu erkennen ist. Präferenzen zwischen den unterschiedlichen Gewerken, aber auch zwischen unterschiedlich großen Firmen sind ersichtlich und ergeben einen hilfreichen Indiz zu einem möglichen Arbeitsablauf einer Planungsbesprechung.

Die Kerngedanken aller Gespräche wurden anhand der Methode nach Mayring zusammengefasst und durch induktive Kategorienbildung und unter Verwendung von Label strukturiert, um Erkenntnisse zu gewinnen.

5.2.1 Struktur des Fragebogens

Im Fragebogen wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich folgende Fragen nicht auf eine wöchentliche Baubesprechung beziehen, sondern sich an Planungsbesprechungen und Entscheidungsfindungsprozesse in frühen Planungsphasen richten.

Generelle Fragen zum Unternehmen / zur Person

1. Welchen Beruf üben Sie aus? welche Rolle übernehmen Sie für gewöhnlich in einem Projekt?
2. In welchem Tätigkeitsfeldern ist Ihr Unternehmen tätig (Tragwerksplanung, Architektur, TGA, Produktionsplanung, Bauphysik, Bauherr)?
3. Wie viele Mitarbeiter beschäftigt ihr Unternehmen? Welches Volumen haben die Projekte die Sie abwickeln? (Baukosten 1-6)

Fragen zu der Planungsbesprechung im frühem Stadium

1. Ablauf: Wie läuft eine integrale Planungsbesprechung in der frühen Entwurfsphase zwischen unterschiedlichen Gewerken (TGA, Tragwerksplanung, Architektur, Bauherr, Produktion) generell ab? Wer nimmt teil und wie lange dauert es? Welche Ziele und Erwartungen gibt es? Wie ist der durchschnittliche Zeitaufwand und wie oft trifft man sich bis zum konkreten Einigung zu einem Projektentwurf?
2. Inhalt: Welche Tools werden benötigt um Ideen über das Projekt zu kreieren (Pläne, Fotos, Tabellen)? Was für Daten werden benötigt? Wie wird dabei vorgegangen (Methode und Ablauf)? Und wer (Stakeholder) ist wie beteiligt? Wer und wie wird geplant/Ideen kreiert? Was davon eignet sich besonders gut, wo sind Schwachstellen? Welche Randbedingungen und Kriterien gibt es?
3. Kommunikation: Welche Hilfsmittel, Tools werden verwendet, um sich miteinander auszutauschen und Ideen/Informationen gegenseitig zu überliefern? (Stift und Papier?) Was ist besonders gut an ihnen? Welche Daten werden benötigt? Wie ist der Ablauf und die Methode? Wer leitet das Gespräch und moderiert? Wer und wie wird dokumentiert?
4. Entscheidungsfindung: Unter Zuhilfenahme welcher Tools werden Entscheidungen getroffen? Welche Daten sind erforderlich um Entscheidungen treffen zu können? Wie werden Entscheidungen getroffen? Wer moderiert, delegiert und trifft Entscheidungen letztendlich? Welche Mittel und Methoden sind bei diesem Prozess äußerst Zielführend?
5. Welche Verbesserungspotentiale, Defizite und Erfolgsfaktoren sehen Sie in derzeit ablaufenden integralen Planungsentwurf- und Entscheidungsprozessen? Wie können digitale

Technologien (wie z.B. Virtual Reality) ihrer Ansicht nach den Planungsbesprechungsprozess verbessern bzw. Entscheidungsfindung unterstützen und was ist dafür aus Ihrer Sicht notwendig?

5.2.2 Kategorien

Die Kategorien wurden im Laufe der Auswertung der Interviews adäquat angepasst, um eine ungeeignete Anzahl an nicht häufig verwendeten Positionen zu vermeiden, wie in der Abbildung 5.2 zu erkennen ist. Es bietet sich eine logische Aufteilung von Ober- und Unterkategorien an, wobei sich die sechs Oberkategorien aus den primären Fragen der Interviews ergeben. Darauf folgen insgesamt 16 Unterkategorien, wobei sich "Ablauf", "Erfolgsfaktoren" und "Schwachstellen" stark von den zentralen Oberkategorien "Inhalt", "Kommunikation" und "Entscheidungsfindung" abgrenzen und demnach keine Vergleiche stattfinden. Die Aussagen, die sich auf den Ablauf einer integralen Planungsbesprechung beziehen, sind in fünf Unterkategorien aufgeteilt, welche die Methode, Aufgaben, den Zeitaufwand und die Teilnehmer in unterschiedlichen Leistungsphasen beschreiben. Erfolgsfaktoren und Schwachstellen sind separat aufgeführt, da diese einerseits Verbesserungspotentiale und Defizite einer von den Teilnehmern bereits geführte und gewohnte Planungsbesprechung beschreiben und andererseits eine potentielle Verbesserung durch digitale Medien zukünftig aufzeigen.

Oberkategorien	Ablauf		Inhalt		Kommunikation		Entscheidungsfindung		Erfolgsfaktoren		Schwachstellen		
Unterkategorien	Methode	8	Management-Tools	7	Management-Tools	5	Management-Tools	3	Organisationstool	9	Technische Anforderungen		7
	Zeitaufwand	11	Modifikations-Tools	12	Modifikations-Tools	6	Modifikations-Tools	8	Modifikations-Tools	4			
	Aufgabe	13	2D-Pläne	8	2D-Pläne	4	Fakten	8	Dokumentation	5	Dokumentation		7
	Teilnehmer	12	Methode	11	Methode	15	Methode	10	Zusammenarbeit	15	Zusammenarbeit		7
	Leistungsphase	8	Visualisierungs-Tools	6	Visualisierungs-Tools	7	Visualisierungs-Tools	8	Visualisierungs-Tools	13	Visualisierungs-Tools		7
			Daten	11	Kommunikationstool	11	Daten	15					

Abb. 5.2: Kategorien

5.2.3 Label

In den folgenden Abbildungen sind die am häufigsten verwendeten Label in jeder Kategorie kurz dargestellt. Jedes Hilfsmittel, jeder Datensatz und jede Methode, die von den Teilnehmern erwähnt wurden, sind in den folgenden Diagrammen aufgelistet und nach Häufigkeit sortiert.

Management-Tools

Die Management-Tools umfassen alle Hilfsmittel und Dokumente, die einem strukturierten Arbeitsablauf behilflich sein können und beinhalten Zahlen, Termine oder übersichtliche Arbeitsschritte. Sie werden vor allem zum Zweck der Organisation, der Aufteilung und der Zusammenfassung von Zielen und Vereinbarungen verwendet. Die am meisten verwendeten Instrumente sind MS Excel und MS Powerpoint. Dies ist auf die einfache Handhabung, Gewohnheit und Zugänglichkeit in ihrer Verwendung zurückzuführen. Das Label "Sonstiges" impliziert einfache Medien wie Taschenrechner, Kalender, Uhr oder Mitschrift.



Abb. 5.3: Management-Tools

Modifikations-Tools

Die Modifikations-Tools schließen alle Mittel mit ein, die einen erfinderischen und gestalterischen Input ermöglichen. Dabei geht es vor allem um die Möglichkeit, ad hoc die eigene Idee und die räumliche Gestaltung in einer Besprechung oder in der Vorbereitung zum Ausdruck zu bringen. Dazu zählen Statik-Programme, welche die Dimension der Konstruktion vorgeben, sowie spontane Handskizzen auf Papier oder einem Whiteboard. Ebenfalls dazu zählen jegliche Arten von BIM- oder 3D-Modellen, die einem räumlichen Verständnis verhelfen oder reine Geometrie-Daten beinhalten.

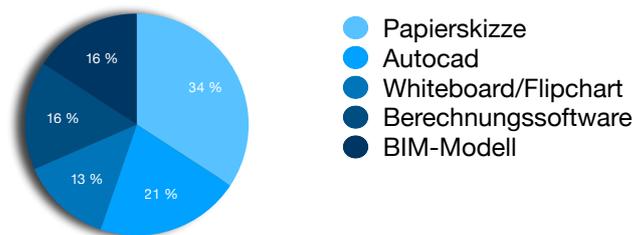


Abb. 5.4: Modifikations-Tools

2D-Pläne

Aufgrund der häufigen Erwähnungen in den Befragungen und der diversen Ausführungsmöglichkeiten, wurden 2D-Pläne explizit als eigenes Label geführt. Dieses Label verkörpert überwiegend die Übermittlung von notwendigen Informationen und Rahmenbedingungen in zweidimensionaler Papierform oder digital. Insbesondere Architekten sind für das Erstellen dieser Pläne und den finalen Entwurfsplan zuständig und benötigen demnach erst projektabhängige Daten dafür.

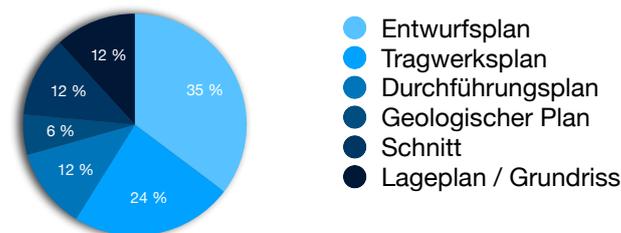


Abb. 5.5: 2D-Pläne

Visualisierungs-Tools

Ein sehr wichtiges Phänomen bei der Unterhaltung und der Kommunikation in einer Planungsbesprechung ist die Visualisierung der Gedanken. Es wurde oft betont, wie wichtig es ist, dass die Gesprächspartner untereinander genau und sofort wissen, wovon sie reden. Eine visuelle Unterhaltung, welche das Markieren oder Zeigen mit dem Finger oder einem Stift auf einem Detail erfordert, scheint von Vorteil zu sein und beeinflusst sogar das Treffen von Entscheidungen sehr. Eine visuelle Unterhaltung kann auch auf Papier erfolgen oder unter Zuhilfenahme von Fotos oder Materialmustern. Diese Methode hat sich bei größeren Besprechungen als unpraktisch herausgestellt, da Teilnehmer den Plan vielleicht spiegelverkehrt sehen, oder Details zu klein dargestellt sind. Aus diesem Grund gelten 3D-Modelle als meistverwendetes Visualisierungstool, gefolgt von Renderings, Fotos, Videos und Präsentationen, die bei größeren Sitzungen einfach zugänglich und duplizierbar sind, sagte M3.

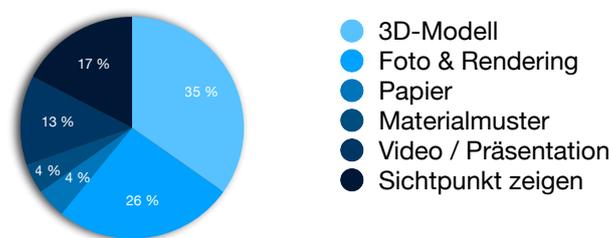


Abb. 5.6: Visualisierungs-Tools

Kommunikations-Tools

In jeder Planungsbesprechung wurden alle möglichen Arten der Kommunikation verwendet. Als Plattform für Video-Telefonate wurden aufgrund der stabilen Internetverbindung und der leichten Zugänglichkeit ausschließlich MS-Teams verwendet, obwohl den Firmen auch andere Software zur Verfügung steht. Andere cloud-basierte Plattformen wie "BIM360" haben den Vorteil, dass Unterhaltungen verschriftlicht sind und falls notwendig für jeden Bearbeiter ersichtlich sind. Den gleichen Vorteil erzielt der von den Teilnehmern bereits als altmodische Methode bezeichnete Email-Verkehr. "Es vermittelt eine Sicherheit, wenn Informationen oder Aussagen schwarz auf weiß verschriftlicht sind" (S1). Trotzdem sind Bekanntheit und Unterhaltung unter vier Augen unersetzlich und unbedingt notwendig, um seine Projektpartner wirklich kennenzulernen und eine Basis für ein gutes Zusammenarbeiten zu schaffen, weshalb diese Art der Kommunikation als eine der bevorzugten gilt.

Lokale Spezifikationen

Aus den Interviews ergibt sich eine Vielzahl von verschiedenen, notwendigen Spezifikationen für unterschiedliche Gewerke. Diese Label umfassen jegliche Informationen in Form von Text-Dokumenten, die zur Erfassung der Rahmenbedingungen notwendig sind und als Randbedingungen des Projekts hervorgehen. Während ein Großteil der lokalen Spezifikationen die Basis

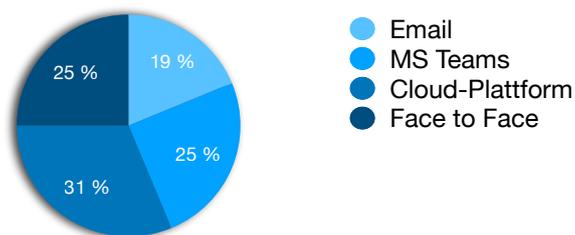


Abb. 5.7: Kommunikations-Tools

eines ersten Entwurfs des Architekten stellt, sind maschinelle Daten wie Lasten oder Produzier-Geschwindigkeiten fundamental für den Tragwerksplaner und den Produktionsplaner.



Abb. 5.8: Lokale Spezifikationen

Kapitel 6

Kummuliertes Ergebnis

6.1 Ergebnisse Literaturrecherche

Die Entstehung eines jeden Projektes beginnt mit einer Besprechung, in der sich die wesentlichen Entscheidungsträger austauschen und am Ende zu Entschlüssen kommen. Die Schwierigkeit liegt darin, das spezifische Know-How der Teilnehmer zu einem gesammelten Framework zusammenzuführen. Vor allem der stark variierende Ablauf der Besprechungen ändert sich ständig in der Teilnehmerzahl. Diese und noch weitere Faktoren werden in einem Protokoll festgehalten, welches in 2.3.3 beschrieben wird. Dabei wurde festgestellt, dass dieses Protokoll fundamental für die weitere Zusammenarbeit ist und bereits weitgehend digitalisiert wird. Die Einbindung des Protokolls in VR ist schließlich ein logischer Schritt, der in weiterer Folge behandelt wird. Die Verwendung von digitalen Tools und Plattformen in VR können diesbezüglich eine wesentliche Hilfestellung leisten, die im Folgenden Abschnitt mit ihren Vor- und Nachteilen erklärt werden. Eine spezifische Gegenüberstellung der Planungsbesprechungen wird in 7.1 diskutiert.

6.1.1 Aufgaben der Teilnehmer in einer realen Planungsbesprechung

Tragwerksplaner

Der Tragwerksplaner ist mit seiner Nachweisführung weniger auf visuelle Hilfsmittel, sondern vor allem auf Zahlen, Daten und Fakten angewiesen. Berechnungsprogramme, Stift und Papier zum Skizzieren, aber auch das Markieren von Objekten an Plänen, gilt als ihr tägliches Brot. Ihre tiefgreifendste Kooperation formen sie mit dem Architekten, dessen Entwürfe berechnet oder auch gemeinsam erstellt werden. Wie sich in Grafik 6.2 ebenfalls bestätigt hat, stehen sie am Eckpunkt des Kommunikations-Dreiecks und interagieren hauptsächlich nur mit zwei anderen Branchen. Dadurch kommt es vor, dass ihre Meinung in Gesprächen oftmals vernachlässigt wird und sie wie ein Nachprüfer behandelt werden, wodurch hilfreiche Ideen zur Konzeptentwicklung des Tragwerks verloren gehen können [(31)].

Architekt

Der Architekt stellt einen zentralen Knotenpunkt in der Kommunikation zwischen den fünf Interessengemeinschaften dar. Er ist die erste Ansprechperson des Bauherren und koordiniert in weiterer Folge zwischen den Gewerken, weshalb eine Vielzahl an Daten in verschiedenster Form erforderlich ist. Er benötigt meistens wenig Pläne, da diese oft erst nach seiner Tätigkeit

entstehen. Unter anderem erklärt dies seine Vorliebe für Visualisierungen, welche großes Potential zur Überzeugungskraft haben. Die im Industriebau im Vordergrund stehende Funktionalität des Gebäudes erlaubt wenig kreativen Freiraum, weshalb sich sein Kernziel weitgehend auf die Baugenehmigung konzentriert [(34)].

Bauherr

Bauherren sind im Industriebau nicht selten auch ihre eigenen Produktionsplaner, wenn sie ihre eigenen Firmenstandorte erweitern. Daher ist das zu Grunde legen von mehreren Daten ein effektives Logistikkonzept in einer wirtschaftlich dimensionierten Halle die Voraussetzung der Planung. Investoren legen Wert darauf, die Beteiligten persönlich kennenzulernen, um ein Vertrauen als Fundament für die künftige Teamarbeit aufzubauen. Gleichzeitig spielt die Visualisierung immer eine größere Rolle, wenn es sich nicht um Spezialisten handelt und diese Teilnehmer überzeugt werden müssen, oder einen Einblick in das Projekt werfen wollen [(36)].

Manager, Steuerer, Leiter

Eine ausgeglichene Verwendung von Hilfsmitteln und Methoden findet sich bei Akteuren in höheren Positionen, die für die Leitung eines Projekts zuständig sind. Überwiegend in der Machbarkeitsstudie werden unter Zuhilfenahme von verschiedenen Tools die wesentlichen Ziele des Vorhabens ausgearbeitet. Auffallend ist das Interesse an zeitsparenden Mitteln, mit denen die schnelle Kreation unausgereifter Ideen im Vordergrund steht und ein detailliertes, ausgearbeitetes Konzept oder Modell nicht priorisiert [(36)].

Produktionsplanung

Die Rubrik, die erste Forderungen und Abhängigkeiten an die Gebäudehülle stellt, ist die Produktion. Firmeninterne Interessen wie Produktionsgeschwindigkeit, Materialfluss, Lager und weitere Daten werden mit dafür ausgelegten Tools ausgearbeitet, bevor ein Entwurf des Architekten zu Stande kommt. Ungefähre Gebäudeabmessungen und Stützenraster helfen dabei, ein Logistikkonzept zu finalisieren, weshalb nur in seltenen Fällen ein ausgereifter 2D-Plan des Gebäudes vorliegt. Szenarien-Analysen und Visualisierungen für die Verständlichkeit mancher Prozesse werden häufig gemacht.

6.1.2 Vorteile einer virtuellen Realität

- Immersive Umgebung

Es kann ein neuer Grad an Immersion in die virtuelle Welt erreicht werden, den Flachbildschirme und traditionelle Visualisierungsmedien einfach nicht bieten können. Mit einem Head Mounted Display (HMD) hat der Designer das Gefühl, Teil dieser virtuellen Welt zu sein. Dies gilt insbesondere, wenn die Grafiken fotorealistisch sind. Maßstab und Proportionen von Räumen und Umgebungen müssen nicht anhand einer 2D-Projektion eines 3D-Modells interpretiert werden, sondern werden über das Headset erlebt. Ein Modell wird so in einer VR-Umgebung viel schneller und besser erfasst als auf herkömmlichen Medien. Das Eintauchen in VR ermöglicht auch das Erleben von Aspekten wie Beleuchtung und Akustik in Echtzeit, die mit herkömmlichen Werkzeugen nicht möglich sind [(34)].

- Interaktion

Neue Interaktionen und Schnittstellen sind in einer VR-Umgebung möglich. Neue und intuitivere Interaktionsgeräte und -techniken werden entwickelt, um Tastatur und Maus zu ersetzen. Die Eingaben des Benutzers werden über neue intuitive Körpergesten, Blicke und andere Bewegungen empfangen, die auf Bewegungen in der realen Welt basieren. Diese intuitiven Interaktionen verbessern die Immersion noch weiter und erfordern keine großen Vorkenntnisse.

- Kommunikation

VR kann zur einfachen Kommunikation zwischen verschiedenen Parteien genutzt werden. Architekten können ihre Planungsabsichten durch einfache Begehungen in einem 3D-Modell vermitteln. Probleme können dann direkt, unmittelbar in Echtzeit, angesprochen werden.

- Zusammenarbeit

Virtuelle Realität ermöglicht auch die Zusammenarbeit mehrerer Benutzer in einer kollaborativen virtuellen Umgebung, ohne dass sie sich physisch am selben Ort befinden müssen. In solchen Sitzungen können virtuelle Umgebungen gemeinsam genutzt und Modelle über eine virtuelle Präsenz und einen Voice-Chat diskutiert werden. [(30)].

6.1.3 Nachteile einer virtuellen Realität

Trotz ihrer vielen Vorteile hat die VR auch einige Limitationen, die es zu erwähnen gilt, da sie relevant für ein optimiertes VR-Framework sind.

- Reisekrankheit

Bei manchen Menschen kann bei der Verwendung von VR-Headsets Reisekrankheit auftreten. Dies wird durch den Konflikt zwischen der wahrgenommenen Bewegung und der vom Körper registrierten Bewegung verursacht. Die Auswirkungen können von leichtem Unbehagen bis hin zu Schläfrigkeit reichen, was es unmöglich macht, das VR-Erlebnis fortzusetzen. Glücklicherweise ist nur ein kleiner Prozentsatz der Menschen davon betroffen.

- Leistung

Auch wenn einige VR-Erlebnisse heutzutage auf Mittelklasse-Smartphones ausgeführt werden können, erfordert ein vollwertiges VR-Erlebnis immer noch einen leistungsstärkeren Rechner. Dies betrifft Fachleute weniger, da sie bereits höhere Anforderungen haben. Für das breite Publikum hingegen kann die Notwendigkeit eines leistungsstarken und in der Regel teuren Computers zusätzlich zum VR-Headset die Einführung von VR verlangsamen.

- Modellieren in VR

Die meisten Modelle, die heute in VR betrachtet werden, werden immer noch in traditioneller CAD-Software, d.h. mit Maus und Tastatur, erstellt. Es gibt noch keine Standardmethode für die Modellierung in VR, aber es gibt einige interessante Produkte, die die aktuellen Möglichkeiten aufzeigen.

- Unterstützende Plattformen

Kompatibilität auf weit verbreiteten Plattformen ist eine essentielle Voraussetzung dieser Technologie auf ihrem Weg zur Massentauglichkeit. Andernfalls bleibt sie ein Nischenprodukt und nur den Spezialisten vorbehalten.

- Steuerung und Handhabung

Eine neue Art der Steuerung in VR ersetzt die gewohnte Computermaus (siehe Abbildung 6.1). Die Bedienung mit freier Hand ist aufgrund einer fehlenden Abstützung grundsätzlich unruhiger und unpräziser als eine Bedienung per Maus. Diese immersive Bedienungsmethode kann aber auch neue – mit einer Maus undenkbare – Steuerungsmöglichkeiten ermöglichen, sobald sie von einer breiten Masse adaptiert wird.



Abb. 6.1: Controller Steuerung mit Oculus Touch [(11)]

6.1.4 Vorteil von BIMFlexi-VR

Basierend auf den Features von “The Wild“ und den Vorzügen von BIMFlexi-VR werden ausgewählte, spezielle Vorschläge für das Framework gebracht, die wesentlich sind. In Abstimmung mit den Experteninterviews können folglich essentielle Tools und Interaktionen erarbeitet werden, um

das Framework äußerst effizient zu gestalten und auf eine überfüllte Einbindung von Werkzeugen zu verzichten.

Gewinnbringend für das BIMFlexi-VR-Framework ist der Fokus auf der AEC-Industrie. Die Inklusion der Variantenstudie gestaltet eine Planungsbesprechung effizient. Die dabei im Hintergrund laufende statische Berechnung durch das Karamba-Plugin und die Lebenszykluskosten-Analyse macht das Framework einzigartig. Im Gegensatz zu allen anderen VR-Plattformen, wird die Aufmerksamkeit in BIMFlexi-VR speziell auf die Entscheidungsfindung gelegt, unterstützt durch den im Hintergrund laufenden Analysen. Daraus entsteht ein wichtiger Use-Case, der für Entscheidungsträger enorm hilfreich und zeitsparend sein kann, wie im Kapitel 1.5 beschrieben wird.

6.2 Ergebnisse Experten-Interviews

Diese Umfrage erörtert jegliche Hilfsmittel und Methoden, die in einer integralen Planungsbesprechung für frühe Entwurfsphasen im Industriebau verwendet werden. Dabei wird die Planungsbesprechung auf die vier Komponenten Ablauf, Inhalt, Kommunikation und Entscheidungsfindung aufgeteilt, um gezieltere Aussagen zu jedem Teilbereich treffen zu können, mit der Absicht, auf notwendige Kriterien und Maßnahmen eines Arbeitsablaufs in VR zu schließen.

Eine weitere Komponente des Fragebogens besteht darin, positive und negative Aspekte einer für die Teilnehmer gewöhnlichen Besprechung auszuarbeiten, indem sie frei über subjektiv empfundene Stärken und Schwächen der Besprechung berichten. Freie Antworten haben großes Potential, auf eine im Fragebogen vernachlässigte Tatsache zu schließen, welche Hinweis auf einen optimierten Arbeitsablauf geben kann. Die Aussagen der Teilnehmer des gleichen Berufszweigs ähneln einander, jedoch sind Unterschiede zwischen den verschiedenen Kategorien auffallend, wie im folgenden Abschnitt aufgelistet ist. Es ist eine offene Haltung zu innovativen Arbeitsmethoden und Techniken bei größeren Unternehmen erkennbar. Im Vergleich neigen kleinere Unternehmen dazu, gewohnte und schnell zugängliche Hilfsmittel zu nutzen. Die Auswertung liefert jedoch keine unternehmensübergreifenden Resultate, da dies den Rahmen der Befragung und dieser Diplomarbeit sprengen würde. Es geht hervor, dass unterschiedlich intensive Beziehungen zwischen den Stakeholdern auftreten, die auf projektbasierte Abhängigkeiten in den Berufsgruppen zurückzuführen sind.

6.2.1 Ablauf

Die Teilnehmer äußerten sich zu einem allgemeinen Ablauf einer Planungsbesprechung, der auf verschiedene Arten möglich ist, aber stark von der zeitlichen Komponente in einer frühen Planungsphase abhängt. Diese Komponente streckt sich über folgenden 4 Zeiträume aus:

- Ein erstes Treffen, verbunden mit einer Diskussion über die Sinnhaftigkeit des Projektes. Diese Meetings finden für gewöhnlich für Bauherren unter ein bis zwei mal statt, mit dem reinen Fokus auf Investition und Rentabilität.
- Eine Machbarkeitsstudie, begrenzt durch äußere Rahmenbedingungen und ausgeführt von Spezialisten in höheren Positionen, die bereits Erfahrung in ähnlichen Industriebau-Projekten aufweisen können. Diese Studien sind sehr Flächen und Volumen bezogen und erfordern noch keinen präzisen Datensatz. Die Treffen finden in kürzeren Abständen statt und dauern meist nicht lange.
- Ein Vorentwurf, bei dem bereits Fachplaner und Konstrukteure involviert sind und ungefähre Dimensionen zur Gebäudehülle und Anforderungen an Maschinen entstehen. Die Versammlungen in dieser Phase finden im Durchschnitt wöchentlich für 2 Stunden statt, können aber je nach Projektgröße und Beteiligten stark variieren.
- Ein echter Entwurf, bei welchem bereits erforderliche Lasten, Produktionsflüsse und Raum-Qualitäten bekannt sind. Er wird meist vom Architekten fertiggestellt und dient als

Berechnungsgrundlage für das Statikbüro. Für diese Verabredungen wird ebenfalls mit einem wöchentlichen Zeitaufwand von zwei Stunden gerechnet.

Interaktion zwischen den Beteiligten

Es entstehen im Laufe der Planung stärkere und schwächere Beziehungen zwischen den Stakeholder, gegeben durch die Interaktion im Projekt. Der Bauherr hat die Tendenz, dass er sich mit der Tragwerksplanung weniger auseinandersetzt und mehr mit dem Architekten oder mit der Produktionsplanung spricht. Die Produktion, aus der erste Forderungen erläutert werden, steht in enger Verbindung mit dem Architekten und der technischen Gebäudeausstattung (TGA), die für Maschinen-bedingte Anschlüsse verantwortlich ist. Die Architektur stellt ein zentrales Bindeglied aller Gewerke dar, wohingegen die Tragwerksplanung mit der Interaktion zwischen TGA und im leichtesten Sinne mit der Produktionsplanung etwas an den Rand gedrängt wird. Die aus den Interviews gewonnenen Informationen, bestätigen den ein direktionalen Informationsfluss von Produktion zu Tragwerksplanung, bei denen aus Maschinen und Anlagen resultierende Lasten dem Tragwerksplaner mitgeteilt werden und keine intensivere Verhandlung im weiteren Sinne stattfindet, wie in 6.2 ersichtlich ist. Es können sich folglich Untergruppen bilden, bei denen größerer Gesprächsbedarf besteht oder Teilprobleme besprochen werden müssen. Wenn Änderungen vorgenommen werden, gehen diese im Kreis durch alle Gewerke. Ändert sich beispielsweise etwas in der Haustechnik, müssen alle anderen nachziehen.

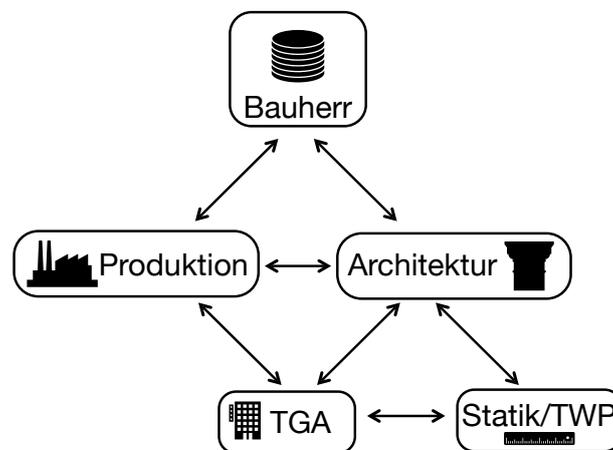


Abb. 6.2: Stakeholder Interaktion

Die meisten Planungsbesprechungen werden von einem Gesprächsleiter gestartet und geleitet, wobei die Experten oft zwischen Planungsbesprechung und Steuerungsbesprechung unterschieden haben; letzteres umfasst die Organisation und Arbeitsverteilung zur Planung, wohingegen ersteres als kreativer Prozess mit interaktiven Lösungen verstanden wird. In beiden Fällen, ist es der Bauherr oder seine Vertretung, oder jemand wie ein Architekt, der die Projektleitung übernimmt und in Sitzungen Updates von jedem Gewerk verlangt. Je nach Größe und Komplexität des Projektes, sind unterschiedlich viele Interessenvertreter in der frühen Entwurfsphase bei einem Meeting anwesend. Es wurde stark betont, dass sich auf alle Fälle der Architekt und der Bauherr als erstes zusammensetzten und sich das Besprechungs-Team erst in weiterer Folge vergrößert.

Nicht selten setzen sich auch Tragwerksplaner und Architekt zusammen, um gemeinsam ein effizientes Tragwerkskonzept auszuarbeiten. Im schlechtesten Fall aber, wird der Tragwerksplaner sehr spät in die Besprechung einberufen und der Entwurf ohne ihn erledigt, sodass er häufig nur die Aufgabe eines Nachprüfers zu erfüllen hat. Die Produktionsplanung gilt im Industriebau als jene, die die ersten Randbedingungen an das Gebäude stellt. Erst nach Absprache mit dem Bauherren, sobald feststeht, wie viel und wie schnell produziert werden soll, können notwendige Maschinen und Platzverhältnisse erörtert werden, was als Grundlage für eine Gebäudeplanung hervorgeht. In größeren Firmen bei größeren Projekten gibt es oftmals ein integrales Vorprojekt oder einen passenden internen Workshop, wo Checklisten geprüft und abgearbeitet werden, um eine klare erste Einschätzung des Projektes zu garantieren. „Unser Workshop startet mit einer Bedarfsermittlung bzw. Users-Requirement. Ziel ist es, Systeme und Konzepte festzulegen, wie das Projekt in Zukunft funktionieren wird. Im Zuge dessen wird ein 'Konzept to BIM' gemacht, ohne Entwurf oder Zeichnung, bei dem es lediglich um die Aufgaben- und Rollenverteilung im Projekt geht. Erst danach folgen normale Planungsbesprechungen“, schilderte A3. Es ist überaus wichtig, dass es zu jeder Besprechung eine Agenda gibt, mit diskutierenden Themen, Zeitpläne und den notwendigen Teilnehmern zu den Themen. Dadurch wird nichts vergessen und es ist überschaubar, wie viel Zeit jedem Thema gewidmet wird. Dazu gibt es sehr effektive Möglichkeiten; unter anderem auch eigene Agenturen, die die Leitung einer ganzen Besprechung mit Agenda und Dokumentation übernehmen. „Die Zuständigen waren Profis in ihrem Gebiet und haben das Meeting mit einer Struktur und Effizienz durchgepeitscht, sodass alle 8 Teilnehmer erstaunt waren und sich sehr viel Zeit gespart haben. Es wurden klare Abhängigkeiten abgefragt, warum der Meilenstein oder der Zeitplan nicht erreicht wurde“, erklärte S2. Als unerlässlich aber gilt, dass das erste Treffen von Angesicht zu Angesicht stattfindet, um das Planungsteam besser kennenzulernen und die soziale Komponente in der Gruppe zu stärken. „Hauptsächlich in Wien darf ein gewisser 'Schmäh' bei einem gemeinsamen Mittagessen nicht fehlen und v.a. nicht falsch verstanden werden!“, erwähnte Teilnehmer S3. Das Vertrauen wird durch persönlichen Kontakt aufgebaut und ist fundamental für eine weitere zukünftige Zusammenarbeit.

Aufgaben

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Aufgabe der Architekten darin besteht, eine gute Verbindung zwischen dem Bauherren und dem restlichen Team zu verwirklichen. Insbesondere, falls der Bauherr nicht vom Fach ist und als reiner Investor auftritt, ist der Architekt seine erste Anlaufstelle und stellt ihm seine Forderungen am Entwurf. Falls kein Tragwerksplaner vorzufinden ist, ist ein erfahrener Architekt mit Vorkenntnissen erwünscht, sodass er selbst grobe Einschätzungen und Dimensionierungen zur Gebäudehülle geben kann. In diesem Fall ist eine kompetente Zusammenarbeit zwischen Architekt und Produktionsplaner zwingend notwendig, da der Architekt seinen Entwurf auf Basis des Layouts der Produktion erstellen wird. Der Architekt fungiert als eine Art Zwischenoperator, der einen Entwurf erstellt, sich mit allen Gewerke auseinandersetzt und gleichzeitig die Kosten im Griff hat.

Öfters jedoch, gelten Bauherren im Industriebau als Vorstände ihres eigenen Betriebes und wissen demnach um ihre internen Prozesse und ihre eigene Produktion sehr gut Bescheid. In

diesem Fall treten Bauherren selbst als Produktionsplaner auf und entscheiden selbst über zentrale Entscheidungsaufgaben ihrer zukünftigen Produktionshalle. Unterschiedliche Aufgaben entstehen, wenn auf einer „grünen Wiese“ gebaut wird, ein Neubau, und das Vertriebskonzept erst definiert werden muss, oder bloß ein bestehendes Layout erweitert wird. Auf diesem durchdachten Layout folgt das Fertigungskonzept der Halle, welches den Prozessstrom wie z.B. Gießen, Stanzen, Schleifen usw. beinhaltet und woraus sich erst das finale Logistik-Konzept ergibt. „Die vorhergesehene Laufzeit der Produktionshalle, ob es nur 3 Jahre oder über 15 Jahre sein sollen, ist einer der wichtigsten Punkte, die längst im Vorfeld feststehen sollte“, sagten B3 und B4. Wie viele Teile in welchem Zeitraum produziert werden, ob es einen Lagerbedarf gibt, die daraus resultierenden Produktionswege und notwendigen Maschinen sind Fragen, die anschließend geklärt werden, um ein hinreichendes Konzept als Entwurfsbasis erstellen zu können.

Die Aufgaben der Tragwerksplaner in einer Planungsbesprechung bestehen einerseits in der Kontrolle bzw. der Berechnung des Tragwerks, sobald der Entwurf des Architekten bereits erstellt ist. Andererseits nehmen sie eine beratende Position beim Konzeptionieren des Tragwerks für größere und komplexere Projekte ein. In Zusammenarbeit mit dem Architekten können sie äußerst hilfreiche Ideen zur Umsetzung der Halle einbringen, welche meist einen wirtschaftlich ausführbaren Aspekt beinhalten. Der Entwurf wird dadurch realitätsnaher und seine Systeme, Details und Lösungen zur Ausführung gehen bereits im Vorhinein in eine optimale und ökonomische Richtung.

Ebenfalls findet ein ständiger Austausch mit den Spezialisten für die technische Gebäudeaustattung statt. Leitungen, Durchbrüche und Anschlüsse sind abhängig von den Standorten der Maschinen bzw. der Einrichtung und werden im Tragwerksplan so schnell wie möglich vermerkt, um später folgende Änderungen oder Umstrukturierungen zu vermeiden.

6.2.2 Inhalt

Alle 19 Teilnehmer der Befragung verwenden unterschiedliche Tools zu unterschiedlichen Zwecken in einer Besprechung. Grundlage jeder Besprechung ist das Vorhandensein einer ausreichenden Menge an Daten, wie aus der untenstehenden Graphik 6.3 hervorgeht. Ein Industriebau-Projekt ist mit seiner Umgebung und seiner Nutzung sehr spezifisch und von vielen Faktoren abhängig, weshalb eine genaue Beschreibung der gesetzlichen Rahmenbedingungen, Normen und Abmessungen unentbehrlich ist. Des Weiteren finden Modifikations-Tools ihren größten Einsatz, wenn es um den Inhalt der Planungsbesprechung geht und um Ideen darüber zu kreieren. Es ging den Teilnehmern insbesondere darum, ihre Ideen schnell zu erstellen.

Tragwerksplanung

Größtenteils skizzieren Tragwerksplaner sogar mit Bleistift auf Papier, oder 2D-Medien wie MS-Whiteboard, um Konstruktionsmöglichkeiten schnell aufzuzeigen. Traditionell wird auf ausgedruckten Plänen gekritzelt und markiert. „Es liegen meistens Entwurfspläne bereits auf dem Tisch, über denen sich alle darüber beugen und darauf zeichnen“, schildert S3. Ein etwas selteneres Modifikations-Tool wie Transparentpapier soll auch zum Einsatz kommen, womit 2D-Pläne

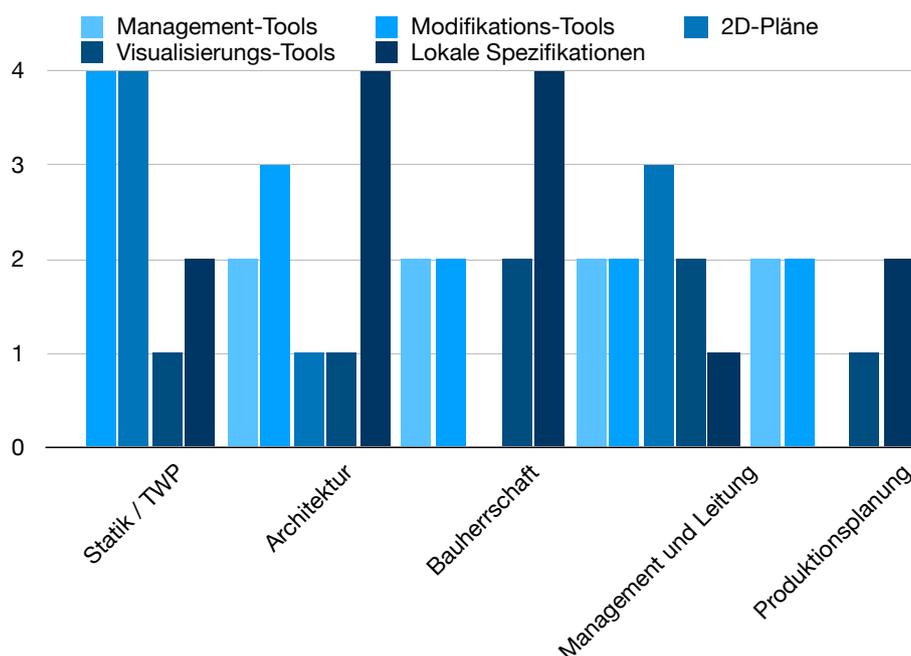


Abb. 6.3: Hilfsmittel der Stakeholder zur Kategorie: Inhalt

abgezeichnet werden und ebenfalls darauf skizziert werden, bevor mit Berechnungsprogrammen gerechnet wird. Nicht nur von Architekten erstellte Pläne oder Schnitte, sondern auch Fotos oder Renderings werden mit Stift bearbeitet oder markiert. In Zusammenarbeit mit modernen Büros, bearbeitet oder skizziert man häufig auch 3D-Modelle, wobei diese Variante oft einen gewissen Fortschritt im Projekt verlangt. Oft diskutieren 5,6 Planer gemeinsam den Entwurf und die verschiedenen Varianten, um festzustellen, welches Tragwerk auf welche Art umsetzbar ist. „Am Ende ist alles irgendwie ausführbar. Es ist nur eine Frage der Dimensionierung, also wie stark bzw. dick ein Träger oder eine Stütze bemessen werden muss“, beschrieb S1, der hauptsächlich die Rolle eines Nachprüfers übernimmt und in der Entwurfsphase eines Projekts selten anwesend ist. Notwendig sind für jeden Tragwerksplaner aber Daten und Informationen zu jeglicher Art von Lasten und Positionierung der Maschinen, die einen großen Einfluss auf die Bodenplatte haben und damit auf das ganze Gebäude. Ebenfalls wird ein vom Geologen ausgestelltes Bodengutachten benötigt, mit dem die Fundamente geplant werden. Da der Boden sich meist einheitlich unter der ganzen Halle erstreckt, geht man beim Entwurf vielfach von einem gleichmäßigen Boden aus und eine unkomplizierte Wahl der Fundamente aus, wobei auf individuelle Störfelder trotzdem verwiesen wird. Nach welchen Normen und Verträgen geplant wird, ist sehr ortsgebunden und ebenfalls wesentliche Dokumente für den Tragwerksplaner.

Architektur

Ein überwiegender Gebrauch an lokalen Daten ist ebenfalls dem Architekten zuzuordnen, wie man aus der Graphik entnehmen kann. Viel mehr als Physikalische Daten wie Lasten von Maschinen, sind für ihn maximale und minimale Abmessungen relevant, die aus dem Logistik-Konzept der Produktion und der Bestandsaufnahme hervorgehen. Urbanistische Unterlagen, Umweltverträg-

lichkeiten oder rechtliche Fragen sind Teil der Ausarbeitung und müssen selbst organisiert bzw. bei den zuständigen Behörden angefragt werden. Derartige Datensätze kommen in Form eines Dokumentes oder einer Liste vor. Unter anderem sind Bauleitpläne oder Durchführungspläne jene, in denen die Rahmenbedingungen in dieser Bauzone feststehen und maximal bebaubare Flächen, Volumina und Höhen oder auch Grenzabstände deklariert sind. Am Ende ist es die Wechselwirkung all dieser eingebundenen Daten, die zu dem Kernziel, nämlich einer Baugenehmigung, führen. Bei Missachtung kleinster Details oder Regeln, wird die Baugenehmigung abgelehnt, es können neue Sitzungen erforderlich sein und es muss mit Verzug gerechnet werden. Gleichermaßen sind das Image und der Stil des Konzerns mit dem Bauherrn von Beginn an abzuklären, wodurch das äußere Erscheinungsbild, aber auch das Wohlbefinden der Mitarbeiter durch die Aufenthaltsräume im Inneren der Halle abhängig sind. Wie viel Freiraum, spezielle Aufenthaltsräume wie ein Fitnessraum, Küche oder Mensa den Mitarbeitern zusteht, entscheidet die Firma bzw. der Bauherr selbst. Demnach wird im Industriebau der Kunde selbst sehr viel mitarbeiten und in ständiger Absprache mit dem Architekt, seinen ersten Ansprechpartner sein. Management-Tools wie Excel-Tabellen, um eine grobe Kostenschätzung geben zu können, werden auch in dieser Branche verwendet. Doch überwiegen in einer gestalterischen Beschäftigung die Modifikations-Tools, da grundlegend skizziert wird auf Papier oder in CAD-Programmen. Geht es primär um das Entwickeln von Ideen, sind wiederholt Handskizzen auf Papier die schnellste Methode um ein Schema oder ein Konzept zu realisieren, wohingegen geübte Arbeiter dasselbe auch in einer Zeichen-Software ausüben können. Ergänzend geht aus der Grafik hervor, dass die Visualisierung im Architektur-Bereich „Inhalt“ keinen großen Einsatz findet. Das hängt damit zusammen, dass genau diese Branche spezialisiert in diesem Bereich ist und keine Visualisierungen benötigt, sondern vorerst für die Schaffung der Visualisierung zuständig ist. Sie sind es, die aus den erhobenen Daten letztendlich Demonstrationen und Darstellungen erzeugen und mit den anderen Gewerken teilen.

Bauherr

Die Mitwirkenden B1 und B2 gelten als Vorstand einer mittelgroßen Unternehmensgruppe, die sowohl als reine Bauherren auftreten, als auch als Bauträger und konnten daher in ihren bisherigen Industriebauten nur wenig mit Know-How im Fachgebiet der Produktionsplanung überzeugen. Um so wichtiger ist ihnen die Visualisierung des Gebäudes und der Produktionsstätte bei der Zusammenarbeit mit Produktionsplanern, da sie keine Experten sind. Hinsichtlich ihrer bisherigen virtuellen Rundgänge in Industriehallen, welche an mangelnder Qualität litten, bevorzugen Sie für die Visualisierung Renderings, Videos oder ein 3D-Modell. Auch Fotos von konkurrierenden Gebäuden fanden ihre Verwendung in Besprechungen, in denen Sie ihr Vorhaben dem Architekten erläuterten. Unter verschiedensten Management-Tools, verwenden sie in einer sehr frühen Phase manchmal einen klassischen Taschenrechner, um Überschlagsrechnungen über Volumina und daraus sich ergebende Kosten zu vollziehen.

Anders ist es bei Bauherren B3 und B4, welche führende Positionen in einer großen Gesellschaft mit über 1000 Mitarbeiter übernehmen und in Vertretung ihrer Firma selbst als Produktionsplaner und gleichzeitig als Bauherren auftreten. Sie definieren selbst ihre Maschinen und Prozesse

mit ihrem Flächenbedarf und bauen unter Berücksichtigung zusätzlicher Daten wie Druckluft, Stromfluss oder Informationen hydraulischer Herkunft ihr logistisches Konzept auf. Unter Verwendung von Modifikations-Tools wie Flipchart und Pinnwände in erster Linie, indem eine Art Boxen-System ausgeschnitten wird, um Abteilungen sporadisch hin und her zuschieben, folgen definitive und exakte Abmessungen, die mit Autocad erstellt werden. Regale, Lager oder Arbeitsflüsse können variieren und das ganze Logistikkonzept ändern. Unterm Strich ist es ein Zusammenspiel mit dem Architekturbüro, von welchen Randbedingungen zur Gebäudehülle und Raumbegrenzungen aufgestellt werden und daraus eine mögliche Form eines Layouts entsteht. Daten bezüglich Sicherheitsvorkehrungen und Maßnahmen sind Themen, denen viel Beachtung geschenkt werden muss.

Manager, Steuerer, Leiter

Interviewte Projektbeteiligte in höheren Führungspositionen verwenden die aufgezeigten Hilfsmittel, wie in der Grafik beschrieben, in ähnlicher Häufigkeit zueinander. Der aus der Statistik hervorgehende, seltenen Gebrauch von lokalen Spezifikationen lässt darauf zurückschließen, dass die Rahmenbedingungen bereits von Kollegen in ihrem Team ausgearbeitet werden und ihnen in den Besprechungen bereits zur Verfügung stehen und für eine vage Machbarkeitsstudie noch nicht wesentlich sind. Es werden vorerst Ziele der Machbarkeitsstudie benötigt, um welches Objekt es sich handelt, wo es ist und was es können muss. Sie bereiten für Besprechungen Checklisten vor und starten anschließend mit einem integralen Vorentwurf, indem sie aber auch Skizzen und Überlegungen zu Konstruktionssystemen oder groben Aufbauten abgeben. Es werden ebenfalls von Modifikations-Tools wie Bleistift und Papier, oder dasselbe in digitaler Form, Gebrauch gemacht, um schnelle Sketches oder grobe Handskizzen zu erstellen, die nicht zeitaufwendig sind. „Es braucht erfahrene Leute, die grobe Konzepte entwickeln und es jemanden weitergeben, der diese detailliert ausgearbeitet und überprüft“, versicherte M3, ein Gruppenleiter der Tragwerksplanung für ein weltweit tätiges Unternehmen. Dafür werden zudem organisatorische Management-Tools gebraucht, wie Excel, Tabellen, Organigramme, Mindmaps oder Powerpoint-Präsentationen. Nachdem das Konzept feststeht und alle Daten geprüft sind, kann ein detaillierter Entwurf erfolgen.

Produktionplanung

Die Planer in diesem Sektor stellen die ersten klaren Forderungen an die Fabrik. Sie treten entweder selbst als Bauherr auf und wissen bereits was ihre Firma benötigt bzw. produziert und stellen durch ein vages Logistik-Konzept bereits Forderungen an den Architekten für das Gebäude. In diesem Fall müssen unter laufender Kooperation mit dem Architekt eine Vielzahl an Daten bekannt sein und ausgetauscht werden. Unter anderem etablieren sich durch Maschinen und Anlagen mögliche Elektro-Anschlüsse, haustechnische Systeme wie Kühlung und Lüftung oder Gasleitungen. Im weiteren Sinne gilt es auf die Umweltverträglichkeit zu achten, wo sich Zu- und Abwasser, giftige Stoffe, Abfälle und Verkehrswege eingliedern und erfahrungsgemäß einen zusätzlichen Umwelt-Spezialisten erfordern. An die Gebäudehülle gebundene Informationen wie Akustikanforderungen,

Wärmedämmungen oder Lüftungsanlagen fallen unter den Aufgabenbereich Architektur und müssen im Einklang mit der Produktion sein.

Arbeiten die Planer der Produktion für einen Bauherr, der als Investor tätig ist und kein Spezialist der Produktion, werden zusätzliche Gespräche notwendig sein und Fähigkeiten wie Visualisierung oder Schemas für Nicht-wissende gewinnen an Bedeutung. Schemas können grafisch abgebildet werden, bestehend aus unterschiedlich dicken Pfeilen, die die Fließrichtung der Transportwege veranschaulichen. Transportintensitäten zwischen den einzelnen Stationen, Performance-Abbildungen oder blockartige Layoutvarianten werden mit Programmen wie VisTable oder Matflow verständlich nachgebildet und für den Bauherren zugänglich gemacht. Weitere Modifikations-Tools für Produktionsplaner wie Planed-Simulation oder Flexim, sind komplizierte Werkzeuge für Simulationvorgänge, jedoch bringt der Gebrauch dieser Software Schnittstellen mit sich, die mit Problemen verknüpft sind. Sofern es alle verwendeten computergestützten Programme erlauben, hilft ein BIM-Abwicklungsplan, der von einer Gruppe von Koordinatoren und Autoren zusammengestellt ist, in verschiedene Fachmodelle aufgeteilt und nach Anwendungsfälle oder Zeitphasen klassifiziert ist. Hilfsmittel wie Excel, Powerpoint und einfache Organigramme werden zusätzlich genutzt, bei denen die Informationsübertragung zwischen den Teilnehmern durch ihre leichte Handhabung und Zugänglichkeit dauerhaft gewährleistet ist.

6.2.3 Kommunikation

Aus der folgenden Grafik 6.4 ist ersichtlich, dass sehr viel über gemischte Arten von Visualisierungen kommuniziert wird. Es ist von Profession zu Profession unterschiedlich, welche Arten davon zum Einsatz kommen, doch letztendlich ist das gemeinsame Ziel, die Idee oder Information seinem Gegenüber reibungslos zu vermitteln. Großteils finden Meetings in Präsenz statt, wodurch das volle Potential der traditionellen Kommunikation ausgeschöpft wird, da zügig und ungehindert gestikuliert und artikuliert werden kann. Besprechungsräume sind ausgestattet mit Bildschirmen, Whiteboards, einer Tafel, einem Projektor- manchmal nehmen die Versammelten sogar selbst ihren eigenen Computer mit. Die Nutzung all dieser Medien erlaubt es, während einer Rede oder Präsentation sich selbst zu zeigen, und gleichzeitig auf ein gewähltes Objekt. Diese, am häufigsten praktizierte Methode, verwirklicht zwei menschlichen Sinnesorgane, das Hören und Sehen und führt zu einem optimalen Verständnis. Problematisch hingegen wird es, sobald ein ausgedruckter Plan auf dem Tisch liegt und durch das Darüber-beugen der Teilnehmer die Sichtfelder untereinander eingeschränkt werden. Durch das Projizieren eines Plans auf einer gemeinsamen Leinwand ist eine klare, scharfe Präsentation gewährleistet, jedoch sind Einwände der Zuhörer nur beschränkt möglich, wenn sie auf ein detailliertes Objekt referieren. Nicht unbemerkt bleibt die hervorragende Raumakustik in einem Versammlungsraum, ein durchaus notwendiges und zeitsparendes Organ. Kommunikations-Tools wie MS-Teams sind aufgrund der Pandemie mittlerweile Standard für jedes Büro. Die Etikette, wie man es benutzt und die allgemeinen Regeln, wie man sich per Text oder im Video Call unterhält, wurde von jedem verinnerlicht.

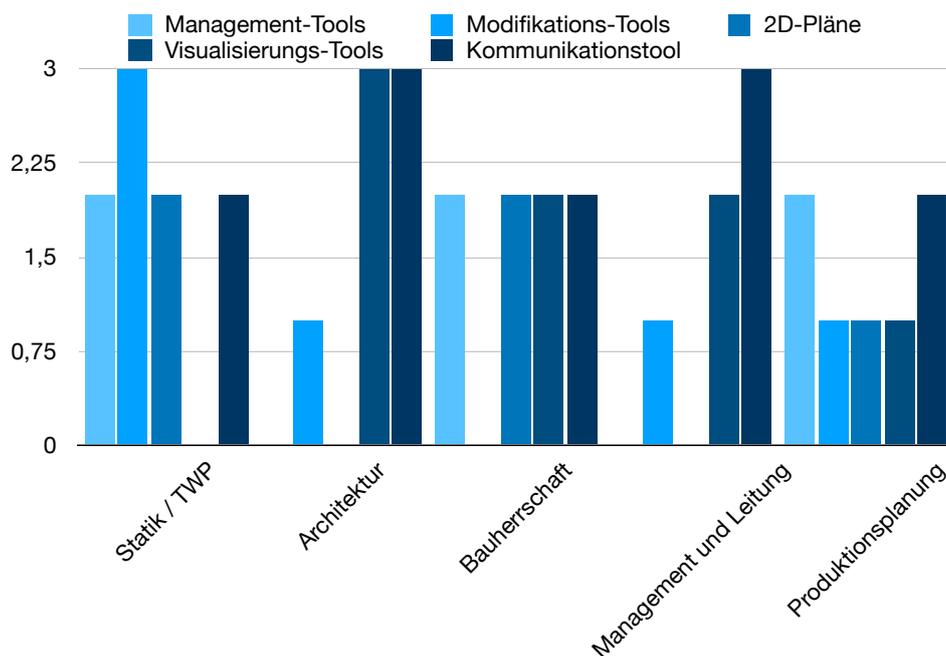


Abb. 6.4: Hilfsmittel der Stakeholder zur Kategorie: Kommunikation

Tragwerksplanung

„Es liegen meistens Pläne auf dem Tisch. Entwurfspläne des Architekten, oder eben unsere Tragwerkspläne und wir entfalten uns darauf mit bunten Stiften, sodass die Bearbeitung sofort und klar für jeden ersichtlich ist“, bestätigte S1. Dasselbe führen viele auf Tablets oder Programmen wie MS-Whiteboards aus, wobei der Blickwinkel aufgrund der kleineren Bildschirme etwas unübersichtlich ist. Für schnelle Kontakte oder Klärungen, werden oftmals sporadische Handskizzen eingescannt und per E-Mail verschickt, um erneute Treffen zu vermeiden. Werden größere Änderungen vorgenommen, wandern diese im Kreis durch alle Gewerke und sollten schnellstmöglich kommuniziert werden, um überflüssige Arbeiten zu verhindern. Ein großer Austausch erfolgt über Planungsplattformen. Hier werden Skizzen, Pläne und Modelle hin und her geschickt, mit dem großen Vorteil, dass die aktuellste Version jeder Datei ständig für jeden sichtbar und zugreifbar ist. Neben Plänen werden gleichzeitig die wichtigsten Punkte und Daten festgehalten, wie z.B. Themen über den Brandschutz oder Sicherheit, die im Team diskutiert werden.

Architektur

Da Architekten eine zentrale Rolle in der Kommunikation einnehmen und mit jedem der Stakeholder interagieren, verwenden sie in Besprechungen auch mehrere Dokumente oder Gegenstände. Auf ihrem Schreibtisch liegen Pläne, Renderings, Fotos, Skizzen oder Listen, die von jedem Anwesenden gesehen werden müssen. Viele Baukünstler sind es gewohnt, mit einem Bleistift zu reden und etwas zu erklären, während sie es ihrem Gegenüber auszeichnen. Texte oder Erzählungen genügen meist nicht, um eine Idee zu präsentieren. Sie drücken ihre Vision gestalterisch aus, mit

heutigen digitalen Methoden aber auch mit angreifbaren Modelle, um die Tiefen eines Gebäudes besser zu verstehen. Auch Präsentationen oder Videos helfen enorm, um eine Idee zu übermitteln oder sie sogar zu verkaufen. Eigene Agenturen, die diese Techniken mit eingespielter Musik und Soundtrack perfektionieren, helfen damit, überwiegend bei Wettbewerbe zu überzeugen. Das wahrscheinlich am meisten optimierte Modifikations-Tool für den Architekt, ist ein BIM-Modell in Kombination mit einer cloud-basierten Planungsplattform wie z.B. BIM360 oder Trimble Connect. Jeder Teilnehmer holt sich seine Informationen aus einem hochgeladenen Modell heraus und bastelt sich sein eigenes Modell, ohne dabei andere Modelle zu modifizieren. Neben diesen digitalen Kommunikations-Methoden ist der persönliche Kontakt mit Menschen nach wie vor obligat, bestätigen vier von vier befragten Architekten. Obwohl bei jedem der befragten Berufszweige mehrheitlich die Vorliebe zur persönlichen Unterhaltung unter vier Augen zum Vorschein kam, bekennen sich insbesondere Architekten zu dieser herzlich-humanen Tendenz. Es wurde wiederholt angemerkt, dass für das Kennenlernen des Teams die ersten Treffen in Präsenz stattgefunden haben.

Bauherr

Gleichermaßen setzten Bauherren auf erstes Zusammentreffen in der Gegenwart aller Beteiligten. Als Investor liegt es an ihnen, das Team zusammenzustellen und Vertrauen in jeder Sparte zu spüren. Um ein richtiges Vertrauen im Team aufzubauen, muss die soziale Komponente durch Kleinigkeiten wie ein Händeschütteln, ein gemeinsames Essen oder etwas Small Talk gefördert werden. Eine stark entwickelte Gruppendynamik führt zum Erfolg eines Projektes und zur Rendite der Investition. Die genaue Dokumentation und Protokollierung der Gespräche ist ein essenzieller Teil davon. Gesagtes wird verschriftlicht und damit verewigt und kann als Beweisgrundlage für spätere Streitigkeiten dienen. Dadurch werden Arbeitsaufteilung, Verantwortung oder Ziele klar definiert und am Ende jeder Besprechung an jeden gesendet, der mit seiner Unterschrift dem Gesprochenen zustimmt. Gelegentlich erledigt die Protokollierung der Gesprächsleiter, welcher häufig der Bauherr oder Architekt ist. Vorwiegend gibt es aber einen Zuständigen dafür. Eine gängige Präsentationsform der Ergebnisse ist eine Zusammenfassung in Powerpoint. Die wichtigsten Punkte werden auf eine Leinwand projiziert und für jeden einfach und klar dargestellt. Mehrfach liegen auch ausgedruckte Pläne oder Varianten auf dem Tisch, die zusammen diskutiert werden, was sich in kleinen Gruppen als sehr praktisch herausstellt. Unbedeutende Änderungen im Produktions-Layout werden ebenfalls als CAD-Dateien per E-Mail versendet.

Manager, Steuerer, Leiter

Digitale Kommunikations-Medien wie Videotelefonie werden speziell von Dirigenten außergewöhnlich geschätzt, da die Zeitersparnis sehr wertvoll ist und Meetings ohne Reiseaufkommen öfter und schneller gehalten werden können. Auch per Telefon, über cloud-based Programmen wie z.B. „Mirrow“ oder mit stark verbreiteten digitalen Whiteboards werden Besprechungen gemeinsam geführt. Letzteres Hilfsmittel erlaubt es, Pläne auf eine „digitale Leinwand“ zu legen, zu bearbeiten und abzuspeichern, während man sich darüber unterhalten kann. Es wird wiederholt betont, wie bedeutsam eine bildliche Demonstration mit einem damit verbundenen Dialog

sein kann. Kommen erste Ideen und Vorschläge zu einem Konsens, werden diese Informationen absehbar zu einem Modell gebündelt, indem alle ausgearbeiteten Kennwerte und Konzepte einfließen und für jeden zugänglich sind. Details können von den Nutzern kommentiert werden und Änderungswünsche werden auf diese Weise kommuniziert. Trotz aller Zeitersparnis, sind Besprechungen vor Ort auch unter den Managern unbedingt erforderlich, um den ersten Kontakt mit den Personen herzustellen. Eine vorbereitete Agenda ist ebenso unausweichlich, um gezielte, zu besprechende Punkte abzuarbeiten, da eine willkürliche Besprechung ohne roten Faden sich als ineffizient herausstellt.

Produktionsplanung

Der persönliche Kontakt und die menschliche Komponente wird auch bei der Planung von Produktion nicht an Wichtigkeit verlieren. Nichtsdestotrotz wird mit modernen Technologien gearbeitet, um die Arbeitsweise zu verbessern und den Austausch an Informationen zu erleichtern. „Wie eine Besprechung von Angesicht zu Angesicht unersetzlich ist, so gibt es auch die digitale Kommunikation“, schilderten P1 und P2, um auf die Notwendigkeit von digitalen Informationsaustausch hinzuweisen. Sie arbeiten vielfach mit gemeinsamen Daten-Umgebungen, wo Nutzer ihre Daten teilen und für jeden sichtbar machen, diese aber nicht modifizierbar sind. In diesen Plattformen ist meist nur ein 3D-Viewer integriert; bearbeitet wird anschließend im eigenen Fachmodell, welches mit dem gemeinsamen Datenmodell fortlaufend aktualisiert wird. Bei Sitzungen in Anwesenheit, hat jeder seinen eigenen Bildschirm bzw. Laptop, der geteilt wird, um mit den Zeichnungen oder Schemas im Einklang sprechen zu können. So ist es möglich, Modellen zu drehen oder in Details präzise hineinzoomen, um die Situation perfekt zu erklären. Auch kann die Kontrolle des Bildschirms übergeben werden, um den Vorgang zu erleichtern, beispielsweise auch Tabellen aus Excel zu spiegeln. Neben Berechnungen, Listen oder Kostenschätzungen werden auch nicht selten Protokolle in Echtzeit an die Wand projiziert, sodass Teilnehmer mitlesen und ihre Einwände sofort geben können. Diskussionen über Materialflüsse sind die gängigsten in dieser Branche und werden speziell für Bauherren gerne visualisiert.

6.2.4 Entscheidungsfindung

Aus der Abbildung 6.5 geht hervor, dass in 4 von 5 Bereichen lokale Spezifikationen dafür verantwortlich sind, das Finden einer Entscheidung zu erleichtern. Jeder der Interessenvertreter hat individuelle Minimal-Werte, die es gilt zu überschreiten und Maximalwerte, die es gilt zu unterschreiten. Da es kontinuierlich vorkommt, dass Werte in einem Bereich nicht eingehalten werden können, ist die primäre Ursache einer Entscheidung, diese Werte unter Tolerierung von Kompromissen, bestmöglich zu berücksichtigen. Werden Varianten diskutiert, die alle notwendigen Mindestanforderungen in jedem Bereich einhalten, gibt es unterschiedliche Methoden, um einen Beschluss zu treffen, der von einer großen Menge an Faktoren abhängt. Entscheidungskompetenzen gibt es in jedem Gewerk, wobei eine Hierarchie erkennbar ist.

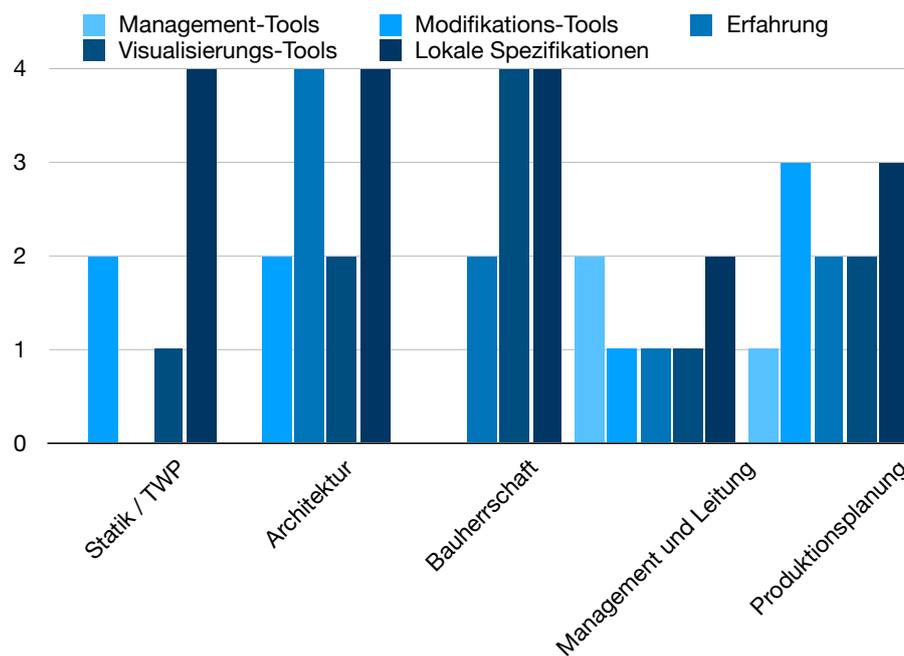


Abb. 6.5: Hilfsmittel der Stakeholder zur Kategorie: Entscheidungsfindung

Tragwerksplanung

Es ist als Tragwerksplaner oftmals schwer, sich bei Entscheidungen zu beteiligen, da hinter seinem Aufgabenbereich meist eine gewisse Kalkulation dahinter steht. Speziell in der frühen Entwurfsphase können mit groben Abschätzungen zu Konstruktionsmöglichkeiten und Spannweiten Unterstützung geleistet werden, doch beginnen seine eigenen Entscheidungen erst mit der Fertigstellung des Entwurfs. Jeder muss seiner Verantwortung gerecht werden und dies nach den gültigen Normen und Standards ausführen, unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit. „Im Industriebau ist es sehr speziell. Es geht hardcore um Effizienz und wenig um Gestaltung. Ich glaube es wird hier mehr mit dem Prozess verhandelt, als mit der Gebäudehülle“, meinte S2. Bildliche Darstellungen und 3D-Modelle, oder ein interaktives Statikmodul wie Karamba helfen, um Alternativen gut aufzuzeigen und zu visualisieren und z.B. Kosten und Spannweiten gegenüber zu stellen. Mit diesen Tools können neue Erkenntnisse und Ideen entwickelt werden, das für Architekten sehr interessant ist.

Architektur

Nach der Befragung dieses Arbeitsgebiets geht ebenfalls hervor, dass die Funktionalität des Betriebes die Grundlage primärer Entscheidungsfindungen sein wird. Gelegentlich spiegelt die Gebäudehülle mit einer kostspieligen Besonderheit das Image der Firma wider, was nach einem kreativen Prozess verlangt. Um schöne Architektur schaffen zu können, muss zunächst der Investor überzeugt werden, was mit Tools wie einem Foto, Rendering, Modell erreicht werden kann. Demnach zählen diverse Präsentationsmöglichkeiten ebenfalls zur Entscheidungsfindung. Das Bauchgefühl wird nicht als unbeeinflussbare Variable im Raum stehen gelassen, sondern durch Verkaufstechniken, Geschmack und Zufall beeinflusst. Eine erste Entscheidung wird über

das Material gefällt, wobei Spannweiten, Höhen aber auch die Beschaffung eine wesentliche Rolle spielen. Einzuhaltende Kriterien wie Brandschutz, Sicherheitsmaßnahmen oder Fluchtwege fallen unter die Kategorie lokale Spezifikationen, aus denen gleichermaßen Entscheidungen hervorgehen. Wird eine Kühllast unterschritten, können Produkte nicht gelagert werden, was zu einer primären Entscheidung führt. Die gleichen Entscheidungen fallen auf den Außenbereich zu: Sickerbereiche, Parkplätze, elektrische Versorgungen, Zu- und Abwasser, Verkehrsströme, LKW-Ladeflächen, oder die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). In erster Linie werden Entscheidungen von bekannten Benchmarks und anschließend von Berechnungstools profitieren. Manchmal wird mit einem Referenzprojekt gestartet und nach Wünschen der Geschäftsführungen adaptiert. In jedem Bereich gibt es branchenabhängige Workshops, die dafür behilflich sein können, ein Urteil zu fällen. Am Ende sind es 2 Dinge, die zu einer Wahl drängen. Die Baukonzession und der Preis. A2, Bauherr und Architekt, repliziert dies mit folgender Aussage: „Speziell wenn ich als Bauherr mit meinen eigenen finanziellen Mittel Entscheidungen trifft, habe ich gesehen, wie schwierig es ist, wenn ich mich einmal nicht auf der planerischen Seite befinden. Mit Geld von anderen Leuten ist es leichter, Entscheidungen zu treffen. Man muss Vertrauen aufbauen und die Chemie muss stimmen, dann geht es viel leichter.“

Bauherr

Methoden und Mittel, die zu einer Entscheidung mit geringeren Kosten führen, gelten als die erfolgreichsten. Bei kleineren Betrieben, die sich mit ihrer Investition keine Fehlkalkulation erlauben dürfen, scheint der Geldfluss weit über dem Produktionsfluss zu stehen. Knappe Finanzierungen der Bank erlauben Bauherren keine Mehrkosten durch flexiblere, künstlerische Gebäude-Konstruktionen, womit Entscheidungsspielräume an den Rand gedrängt werden. Getrieben von der Tatsache, dass Industriegebäude den Lebenszeitraum eines im Durchschnitt 40-Jährigen Bauherren überdauern, erweist sich die Erweiterbarkeit oder eine mögliche Umstrukturierung der Gebäudehülle für einen privaten Klein-Investor als nebensächlich. Der Kubik-Preis pro Volumen entscheidet. „Die Kosten übertreffen andere Entscheidungsfaktoren bei weitem. Sollte ich bei der Kalkulation einen Fehler machen, muss ich meinen Betrieb zu sperren“ schilderte B1 und B2.

Anders wird das Thema Nachhaltigkeit bei größeren Konzernen behandelt. Variantenstudien mit einem Bewertungsschema finden häufig ihren Einsatz. Dabei werden jegliche Daten wie Nachhaltigkeit, Ökologie, soziale Aspekte und natürlich auch Kosten mit eingebunden. Wie die Mitarbeiterströme verlaufen, wie viele Menschen sich in einem Feld aufhalten oder bewegen, Arbeitssicherheit, Instandhaltung, Optik der Halle, Belastbarkeit von Böden und noch viele weitere Aspekte unterliegen einem von einem höheren Gremium zu bewertenden Schema. Projektleiter oder Fertigungsleiter erstellen diese Bewertungen der Varianten nach verschiedenen Kriterien. Am Ende findet sich eine Excel Tabelle, in der die verschiedenen Layouts unter verschiedenen Gesichtspunkten bewertet wurden. Es gibt auch eine Risikoabschätzung, mit der man Katastrophen oder Vorfälle statistisch berechnen kann. „Natürlich ist ein wichtiges Bewertungskriterium unser Bauchgefühl. Nach allen Zahlen, Daten und Fakten ist manchmal die Intuition führend. Es gibt Dinge, die man nicht mathematisch abbilden kann“, erklärten B3 und B4. Gefühle und

Intuitionen werden unter anderem mit Visualisierungen stimuliert und verhelfen zur Entscheidung. Diese Stimulationen können zudem begünstigt werden, indem praktische Mitarbeiter wie LKW-Fahrer oder Staplerfahrer in Variantenstudien mit einberufen werden. Diese wissen um Ihren Arbeitsablauf am besten bescheid und können ihre Arbeitswege in der Halle am besten beschreiben. Sie wissen wie sie selbst am effektivsten handeln, wie viel Platz sie beim fahren oder hantieren mit Maschinen brauchen.

Manager, Steuerer, Leiter

Die Vorstellungskraft spielt eine bedeutende Rolle, falls es gilt, einen Investor oder jemand, der nicht vom Fach ist, von einer Idee zu überzeugen. Auch Erklärungen funktionieren mit visueller Hilfe besser. Andere Modifikations-Tools wie Pläne oder Modelle helfen einem Beschluss bei der Überprüfung von SOLL-IST-Raumflächen oder Raumvolumen. Es findet sich auch mit einer einfachen Liste mit klar definierten Zielen oder realistischen Preisangaben oder Muster-Formulare, mit Kosten-, terminlichen-, quantitativen- oder qualitativen Änderungen, eine Entscheidung. Eine umfangreichere Unterstützung kann ein Organisationsmodell liefern, aufgebaut wie ein Handbuch. Es handelt sich um ein Projekt- beziehungsweise Organisationshandbuch von ungefähr 30-100 Seiten. Vorne sind alle Vorgaben und Projektziele des Auftraggebers zusammengefasst. Ein Projekt-Organigramm, mit Rollenverteilungen im Projekt, Personenbeschreibungen zu diesen Rollen, Kontaktdaten der Personen, wie Freigaben oder Rechnungen im Projekt durchgeführt werden usw. sind Inhalt des Handbuchs. Die allerletzte Entscheidung trifft natürlich der Bauherr. Meistens erfolgt die Entscheidung mit einer Absprache, unter Rücksichtnahme auf die anderen Gewerke. Falls eine Entscheidung Konsequenzen auf andere Gewerke oder Bereiche hat, muss diese von einem Projektleiter oder Bauherren getroffen werden. Ist es eine rein technische Entscheidung, ohne großen Einfluss auf andere Gewerke, so findet diese im eigenen Bereich statt.

Man hat oft nicht alle Informationen die man braucht. Wichtig ist auf jeden Fall, dass für Entscheidungen die richtigen Unterlagen vorbereitet sind. Lasten, Spannweiten oder die Konstruktion sind ausschlaggebend!

Produktionsplanung

Es gibt viele Kriterien, um eine Entscheidung zu treffen. Insbesondere in der Produktionsplanung ist die Effizienz des gesamten Güter-Flusses durch kaufmännischen Kriterien gedeckt, unterstützt von einer gängigen Kosten-Nutzen-Analyse. Neben der Optimierung der Produktionskette, wirft das Wohlbefinden der Mitarbeiter neue Anforderungen auf das Layout. So haben geräumige Platzverhältnisse oder schönere Aufenthaltsräume Einfluss auf das Design und die daraus resultierende Produktivität der Arbeiter. Die Verhandlungen oder Entscheidungen passieren in Schleifen, es ist ein längerer Prozess, der hin und her geht. „Der Projektleiter muss wie ein Dirigent jeden Teilnehmer, wie zum Beispiel den Produktionsplaner, zur Höchstleistung bringen und ihn motivieren. Danach hält er ein Streichkonzert und streicht alles unnötige oder zu teure von der Liste“, formulierte P1, der ebenfalls auf einfache Informationsübertragungsmittel wie E-Mails oder ein BIM-Modell schwört. Dabei ist es wichtig, dass das Modell zur Genüge mit Informationen befüllt und strukturiert ist, um es in weiterer Folge sinnvoll verwenden zu können,

was eine gute Zusammenarbeit zwischen Projektleiter und BIM-Manager unterstreicht. Auch Visualisierung wie Renderings oder Modelle können ausschlaggebend für Laien, wie oftmals ein Bauherr, sein. Sobald der Entwurf oder das Material fest steht, fördern erweiterte Visualisierungen wie eine VR-Begehung der Halle mit den Produktionsstätten das Treffen einer Auswahl. Oft wird eine Szenarien-Analyse gemacht und mit positiven und negativen Aspekten von Entscheidungsträgern abgewogen. Durch eine Art Punktesystem, mit denen Varianten bewertet werden können, kann ein besonders negativer Aspekt relativ schnell priorisiert werden. Ein wichtiger Punkt ist, dass jegliche Bewertung gemeinsam mit Experten erfolgt. Eine der gängigsten Methoden in der Planungsentscheidung im Bausektor ist die „Multi-Criteria-Decision-Analysis“. Daraus resultieren sehr viele Kategorien von Unter-Methoden, mit verschiedene Vor- und Nachteilen. Dabei definiert man bestimmte Indikatoren, wie Nachhaltigkeit oder Projektalternativen usw. All diese Instrumente werden ad hoc für bestimmte und spezifische Probleme des Projekts sehr individuell gebaut und müssen auf die Projektanforderungen zugeschnitten sein. Viele Methoden eignen sich für bestimmte Phasen besser oder schlechter. Man geht schließlich so vor, dass man eine Funktion definiert, um den Nutzen zu bewerten. Diese Funktion und die Werte darin definiert man gemeinsam mit Experten. Zum Beispiel sind die Kriterien, mit denen man den Nutzen bewertet, die Zeit, die Produktivität, die Kosten, Interferenzen auf dem Bau, die Sicherheit usw. Sobald man sich diese wesentlichen Punkte festgelegt hat, kann man sich eine Nutzenfunktion kreieren. Experten oder Entscheidungstreffende können diese Parameter gewichten. Zum Beispiel können sie die Wichtigkeit der Kosten mit 30 Prozent belegen, die Nachhaltigkeit mit 20 Prozent oder die Produktivität mit 50 Prozent. Es gibt auch spezielle Methoden, um diese Parameter gerecht zu gewichten. Speziell bei der „Multi-Criteria-Decision-Analysis“, geben mehrere Experten ihre Bewertung ab und man nimmt die gewichtete oder durchschnittliche Entscheidung zur Hand.

Die objektivste aller Entscheidungen findet unter Verwendung von Software statt, mit denen Überprüfungen durchgeführt werden. Rahmenbedingungen im Modell, wie z.B. Fluchtwege, Mindestabstände, Brandschutz- oder Belüftungskriterien, werden kontrolliert und durch Verstoß der Rahmenbedingung wird ein Entschluss gefasst.

6.2.5 Verbesserungspotentiale und Erfolgsfaktoren

Zusammenarbeit

In jeder Branche wird Teamarbeit als größtes Erfolgsrezept angepriesen, was die folgende Abbildung 6.6 veranschaulicht. Die Interviews deuten insbesondere auf eine integrale Zusammenarbeit hin, in der sich die Teilnehmer mit gegenseitigem Respekt in den Besprechungen Vertrauen aufbauen. Adamys, in der Coaches zu jedem Themengebiet, von Lean-Management bis hin zu BIM, ausgebildet werden, unterstützen diese Prozesse. „Ein Planungsprozess ist ein großes soziales Abenteuer, welches Aufmerksamkeit verdient hat und tool-mäßig begleitet werden soll. Es braucht also im frühen Zeitpunkt ein Kennenlern- bzw. Teambuilding-Workshop. Eine generelle Möglichkeit um Zufriedenheit abfragen, auch Konflikte lösen zu können, Reflexionen im Projekt betreiben zu können“, behauptet M2, der ebenfalls eine Feier zum Planungsstart vorschlug, um

für eine gute Stimmung im Team zu sorgen. Jedes Projekt wird irgendwann stressig sein. Dieser Stress wird sich auf die Team-Mitglieder übertragen und man muss ihn gemeinsam abbauen, was durch eine funktionierende Kommunikation möglich ist.

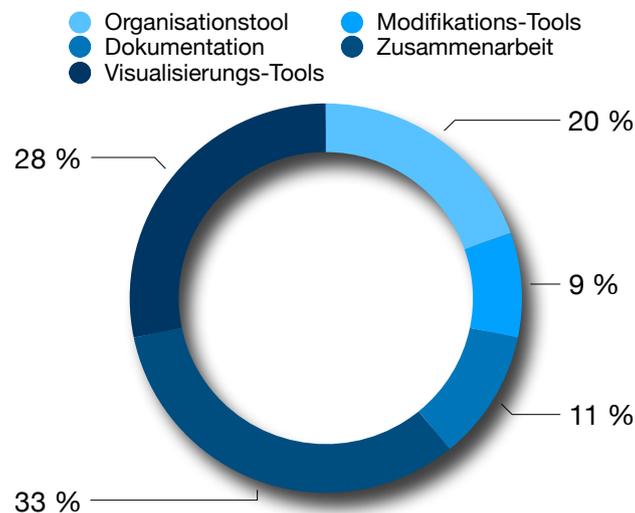


Abb. 6.6: Erfolgsfaktoren

In erster Linie gilt es, alle Gewerke, vorwiegend die Tragwerksplanung, frühzeitig in eine Besprechung miteinzubeziehen. Die oftmals nur stillschweigenden, zuschauenden Tragwerksplaner können das Meetings mit schnellen Ideen zum Tragwerk oder zur Dimensionierung bereichern. Auch Baufirmen, praktische Handwerker oder Poliere verfügen über Know-How, das in Planungsbesprechungen oft gebraucht wird. Den Baufirmen gewohnte Methoden zur Ausführung leiten zu alternativen Vorschlägen oder Planungskonzepten hin, die sich oft als vorteilhaft erweisen. Zuzüglich in der Angebotsphase oder bei Preisangaben haben Baufirmen eine gute Chance, ihren Teil beizutragen, da sie vielleicht bereits einen Prototypen gebaut haben.

Lean-Management

Trotzdem ist eine Überfüllung des Teams in voranschreitenden Planungsprozessen in einem gewissen Sinne nachteilig, da jede zusätzlich involvierte Person mit Zeitaufwand verbunden ist. Eine effektive und effiziente Gestaltung der Wertschöpfungskette, die den Fokus auf die Bereiche Kundenorientierung und Vermeidung von Verschwendung legt, wodurch Kosten im Unternehmen gesenkt werden, ist stets erstrebenswert. Damit jedes Teammitglied auf dem gleichen Stand ist und bei unnötigen kleineren Teilbesprechungen nicht anwesend ist, ist eine klare Agenda und Protokollierung notwendig. In einem klar definierten Ablauf unter Ausarbeitung von Qualitätsmanagement-Checklisten ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass etwas vergessen wird. Gleichfalls ist die Dokumentation dafür verantwortlich, später entstehende potentielle Streitigkeiten zu verhindern. Treten Probleme in den Meetings auf, geht es oft nur darum, die Schuld durch gute Argumentation jemand anderem zu übergeben. Durch klare Dokumentation kann die Ursache und der Verantwortliche genau festgestellt werden und man geht Auseinandersetzungen aus dem Weg. Sobald die Frage kommt, wer für ein unvorhergesehenes Ereignis die Kosten zu tragen

hat, wird das Vertrauen zwischen den Partnern manchmal gebrochen und der künftige Weg der Zusammenarbeit wird erschwert. Organisation ist folglich das Erfolgsrezept.

Tools

Die Grafik 6.6 zeigt, dass die Visualisierung nach der Zusammenarbeit ein weiterer Faktor für eine erfolgreiche Planung ist. Von den meisten Teilnehmern werden visuelle Kommunikationsarten und Inhalte bevorzugt, um ihre Gespräche zu stärken. Vor allem wird auf das Zeigen der eigenen Perspektive bzw. Sichtfeldes hingewiesen. Ein Erklärender neigt dazu, Details, Konstruktionen oder Bestandteile des Gebäudes vor sich liegen zu haben, wenn er über diese redet. Meistens unter dem Gebrauch eines Stiftes, um Objekte einzukreisen oder etwas zu vermerken. Beim Präsentieren, speziell wenn es sich um den Verkauf einer Idee handelt, ist die Qualität ausschlaggebend. Ein Rendering kann das Projekt von seiner besten Seite zeigen, wohingegen ein 3D-Modell sich für das räumliche Verständnis auszeichnet. Ein BIM-Modell wird außerdem mit einer Fülle von Informationen versehen, welche bei Aktualisierung sofort eine Benachrichtigung an die Zugreifenden versendet. Auch zeichnet es sich unter anderem für die exakte Berechnung aus, wodurch z.B. Bestellungen an überflüssigen Materialien verhindert werden. Dokumente in digitaler Form sind ebenfalls erwünscht, die eine Wort-Suchfunktion ermöglichen. Jegliche Unterlagen oder Tabellen, die in einer Besprechung nie verschwinden werden, können binnen kürzester Zeit durchstöbert werden. Eine Plattform für den gemeinsamen Datenaustausch ist ein notwendiges Mittel, um für die bestmögliche Kommunikation zu sorgen. Sollte VR zum Einsatz kommen, ist auf eine einfache Bedienung oder einen speziell dafür ausgebildeten Vorführer zurückzugreifen.

Defizite

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mangelnde Qualität einer Methode oder eines Hilfsmittels keinen Platz in einem effizienten Meeting hat. Technische Anforderungen werden häufig kritisiert, weshalb innovative Methoden wie VOR einen schwierigen Weg haben, sich durchzusetzen, bis sie nicht reibungslos ablaufen. Darunter fällt beispielsweise die zu geringe Anzahl an Pixel in einer VR-Brille, was jedoch nur eine Frage der Zeit ist, bis sich diese maximieren. Auch wurden die Proportionen in der virtuellen Realität nicht als wirklichkeitsgetreu bezeichnet. Die Verschleierung durch die VR-Brille stellt sich bei Verhandlungen als sehr unpraktisch heraus, da die Mimik nicht erkennbar ist. Die verwendeten Arbeitsmedien dürfen nicht zu gering bemessen sein, sodass exemplarische Kommunikationsplattformen aufgrund eines Informationsüberschusses unübersichtlich werden. Der passive Austausch von Informationen in einem Modell führt oft zu Missverständnissen, da Mitarbeiter nicht immer informiert werden und Modifizierungen unkommentiert bleiben. Des Weiteren wurden Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen Gewerken kritisiert. Als DWG-Dateien exportierte Files eines Archicad-Modells können erschwert in Autocad importiert werden, ohne dabei einen Verlust an Linien oder Ähnlichem mitzubringen. Noch schlimmer ist die Übersetzung vom Entwurf des Architekten in ein FE-Modell. Ein weiterer mühsamer Akt in einer Sitzung ist die Protokollierung. Falls es keinen Zuständigen dafür gibt, wird diese oft unvollständig und schlampig von einem Unfreiwilligen ausgeführt, weil sie unterm Strich trotzdem sehr wichtig ist. Eine schlechte Audioqualität oder Verbindungsfehler in einem

Meeting sinken die Aufmerksamkeit der Zuhörer drastisch. Eine überglückliche Anzahl an Ausschreibungsunterlagen schreit nach der Notwendigkeit einer mit Lean-Management geführten Organisation. Sehr selten können auch genaue Aussagen über Preise genannt werden, v.a. in der frühen Planungsphase.

Kritische Würdigung

Dem Interview ist anzumerken, dass keine Freiwilligen aus dem Arbeitsbereich der technischen Gebäudeausrüstung befragt wurden. Die Teilnehmer aus den anderen Arbeitssektoren haben diese Lücke mit ihren Aussagen zwar bestmöglich ergänzt, jedoch ist eine Erweiterung des Befragungsbereichs in der TGA empfehlenswert. Stattdessen wurde eine Position ergänzt, die für die Leitung und Koordination zuständig ist und von führenden Planern vertreten wurde.

Des Weiteren wurden keine Vergleiche und Analysen zwischen Stakeholdern in unterschiedlich großen Unternehmen gezogen. Die Tendenz von Großkonzernen zugunsten gewagter und modernerer Arbeitsweisen war im Vergleich zu Kleinbetrieben deutlich zu erkennen, woraus wertvolle Statistiken gewonnen werden können.

Das Tätigkeitsfeld mancher Firmen war sehr großflächig und sie waren neben dem Industriebau auch im Wohnbau oder Tiefbau tätig. Die extrahierten Informationen der Teilnehmer sind in seltenen Fällen nicht ausschließlich auf den Industriebau bezogen und damit streut sich die Relevanz für das BIMFlexi-VR-Environment. Gleichmaßen wurde in den Befragungen ein seltenes Ausweichen auf eine spätere Planungsphase beobachtet, die sich nach der Entwurfsphase einordnen lässt.

6.3 Interpretation der Ergebnisse anhand eines VR-Frameworks

In diesem Abschnitt wird ein Vorschlag zu einem Framework einer Planungsbesprechung gegeben, indem alle erörterten Ergebnissen interpretiert werden und dadurch notwendigen Rahmenbedingungen und Indikatoren geformt werden. Die Resultate führen einerseits zu einer zeitlich empfohlenen Ablauf und andererseits zu einer aussagekräftigen Interaktion.

6.3.1 Die hybride Planungsbesprechung

Ein abrupter Ausstieg aus realen Besprechungen bzw. aus den üblichen Abläufen eines konventionellen Meetings und ein ganzheitliches Umrüsten auf einen Ablauf in reiner VR ist aufgrund der aktuell zur Verfügung stehenden Technologie ineffizient. Wie so viele Veränderungen in verschiedenen Branchen sind auch jene im Bausektor, in welchem die Adaptierung neuer Technologien nur sehr zögerlich stattfindet, sorgfältig zu untersuchen und auf Vor- und Nachteile abzuwägen.. Die physische Präsenz und die damit verbundene zwischenmenschliche Interaktion ist eine Komponente, die durch VR nur bedingt ersetzt werden kann, wie es in 7.1 aufgelistet ist. Dies wird sich auch nicht rein durch einen Generationswechsel regeln. Menschliches Zusammentreffen kann nicht durch eine "andere Dimension" ersetzt werden, aber man kann versuchen, es bestmöglich nachzuahmen. Aus der Schnittstelle, die bei der Nachahmung entsteht, resultiert ein Informationsverlust in der menschlichen Wahrnehmung von Materie und die damit verbundenen Sinne. In Anlehnung an den auf den deutschen Psychologen Max Dessoir zurückgehenden Begriff *Haptik* [(25)], werden Grenzen in VR ersichtlich, die sich auf den sozialen Aspekt in einer Besprechung oder in einem Team auswirken. "Ein kräftiger Händedruck beispielsweise, welcher in früheren Zeiten als Vertragsunterzeichnung galt, gilt auch heute noch als Grundlage für Vertrauen, Respekt und ein freundliches Miteinander. Genauso können etwa tiefer Augenkontakt, ein nettes Lächeln oder eine höfliche Geste beim Kennenlernen von Personen die Voraussetzung für ein gutes Zusammenarbeiten schaffen, worauf viele professionelle Arbeitsbeziehungen heutzutage basieren", erklärt A2. Aus diesem Grund, sowie aufgrund technischer Einstiegsbarrieren, ergibt sich ein Framework, das als hybride Planungsbesprechung bezeichnet werden kann. Darin finden sich, neben den Komponenten einer traditionellen Besprechung, eine Vielzahl an anderen Komponenten, deren Vorzüge in virtueller Realität entfaltet werden können. Die Implementierung dieses Systems wirft neue Fragen eines Ablaufes und einer Interaktion zwischen den Akteuren auf, die in diesem Kapitel beschrieben werden.

6.3.2 Prozessablauf

Eine Kombination aus realen Besprechungen und virtuellen Besprechungen, gilt laut Experteninterviews als das einzig mögliche Erfolgskonzept von VR. Demnach sollten erste Begegnungen eines Teams, sowie weitere Zusammentreffen in regelmäßigen Abständen *in personam* stattfinden, während das Team in der Planungsphase parallel dazu auch in virtuellen Besprechungen unterstützend arbeiten kann (6.8). Ein erstes Treffen bzw. ein erfolgreiches Kennenlernen aller Beteiligten in einem Projekt findet idealerweise in der realen Welt statt, um den sozialen Zusammenhang

im Team zu stärken und Vertrauen zu schaffen, als essentielles Fundament für eine erfolgreiche Zusammenarbeit, erklärt M1. In weiterer Folge können Besprechungen dann auch virtuell abgehalten werden, um die technischen Möglichkeiten voll auszuschöpfen und dadurch effizientere Abläufe zu generieren. Die Konstellation der Gruppe kann je nach Projektgröße variieren, woraus sich unterschiedliche Größen der Teams bilden, die je nach Prozess einen größeren oder kleineren Gesprächsbedarf haben. Im weiteren Verlauf des Projekts können sich Untergruppen bilden, die eine stärkere interpersonale Beziehung aufbauen und sich auch gruppenintern (team-unabhängig) treffen können.

6.3.2.1 Reale Treffen

Die zur Verfügung stehende Datenlage aus den Experteninterviews zeigt, dass sich kein eindeutiger Arbeitsablauf ableiten lässt. Viele externe Einflüsse führen dazu, dass sich keine Abfolge zwischen den fünf Stakeholdern in einem Treffen abstrahieren lässt. Jedoch wurden Erkenntnisse über die Interaktionen zwischen ihnen gewonnen, sowie über die Hilfsmittel mit denen diese zu Stande kommen, wie Abbildung 6.7 grob zusammenfasst. Daraus lässt sich ablesen, welche Prozesse zwischen welchen Stakeholdern stattfinden, was dafür benötigt wird und wo das Potential zur Entscheidungsfindung am größten ist. Da die beschriebenen Abläufe stark variieren, ist es fundamental, diese Strukturen so flexibel wie möglich zu halten.

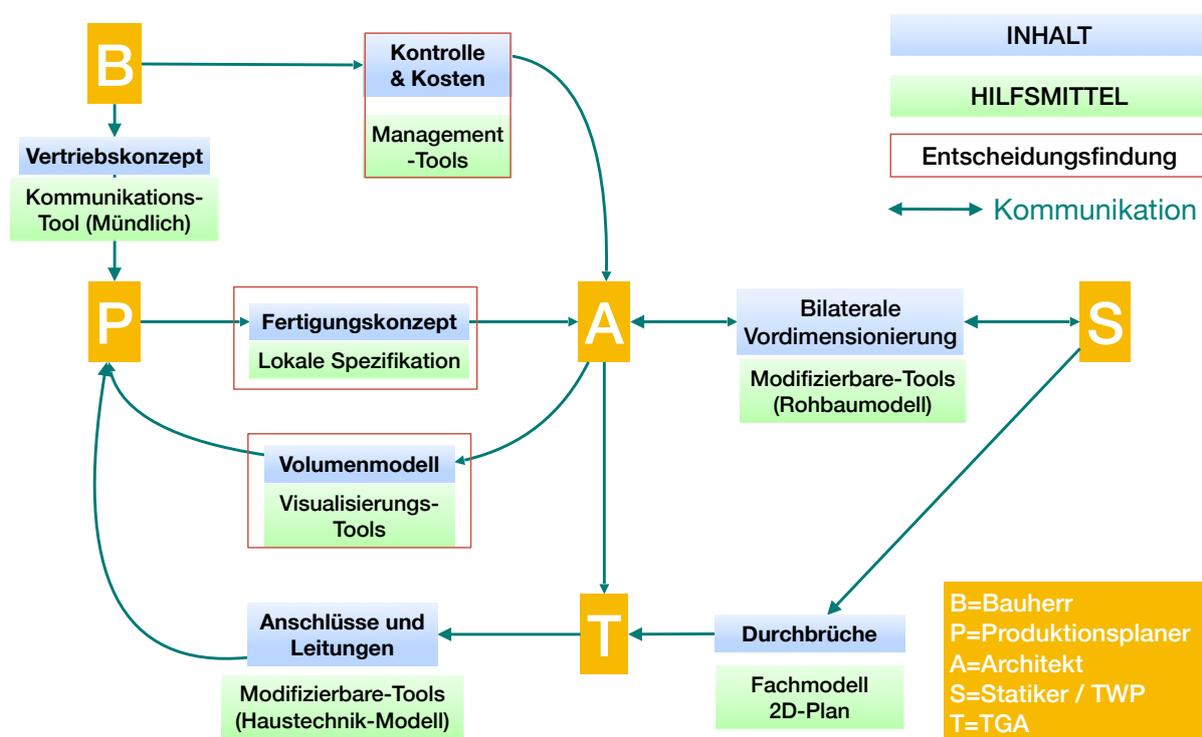


Abb. 6.7: Erweitertes Fließdiagramm der Stakeholder

Die Interaktion aus 6.2 wird im Zusammenhang mit Kapitel 2.3 zu dem Flussdiagramm in Abbildung 6.7 erweitert, in welchem die Vorplanungs- und Entwurfsplanungsprozesse der einzel-

nen Gewerke einfließen. Unter Auflistung der kategorisierten Hilfsmittel und den am häufigsten auftretenden Kommunikationsflüssen finden sich Bereiche wieder, in denen die Entscheidungsfindung eine höhere Gewichtung hat. Es handelt sich dabei um Entscheidungen, die zwischen den Gewerken getroffen werden und demnach v.a. von führenden bzw. leitenden Positionen abhängig sind und bis dato in realen Planungsbesprechungen gefällt wurden.

Die Wirkung eines realen Treffens ist per se eine andere als in einem virtuellen Treffen oder in einem Videoanruf. Für eine optimale hybride Lösung müssen die Vorteile einer realen Besprechung in VR bestmöglich beibehalten werden. Schwachstellen einer konventionellen Planung können hingegen weitgehend im Ablauf des virtuellen Treffens aufgenommen und optimiert werden. Folglich konzentrieren sich reale Treffen auf mehr auf ihre sozialen Aspekte, was unter anderem die Stärkung des Teams und die Ausprägung einer angenehmen Gruppendynamik bedeutet.

Es wird dabei ein großer Wert auf die Auswahl der Mitglieder für eine effektive Teambildung gelegt. Die Rolle der Führung des Teams ist in dieser Hinsicht entscheidend. Von Führungskräften wird verlangt, dass sie aktiv an allen Aktivitäten einer Organisation mitarbeiten und nicht nur die Rolle der Überwachung und Kontrolle übernehmen. Jeder Mitarbeiter einer Organisation ist von den Managementprinzipien und -prozessen entweder als Führungskraft oder als Teammitglied betroffen. Es ist eine beachtliche Tatsache, dass das Arbeitsumfeld und die Beziehung zwischen der Führungskraft und dem Teammitglied ein Schlüsselfaktor ist, der Motivation schafft und die Arbeit zur Erreichung der Ziele beschleunigt. [(17)]

Daher eignet sich das reale Treffen hervorragend, um die intrinsische Motivation der Teilnehmer zu steigern und diese auf unterschiedliche Methoden, auf die nicht näher in dieser Arbeit eingegangen wird, zu stärken. Solche Treffen können demnach an beliebigen Orten stattfinden oder mit Aktivitäten verknüpft werden, bei denen es nicht primär um den Inhalt des Projektes geht, sondern um das Team. Es empfiehlt sich jedoch ein Ort, in dem ein Gedankenaustausch, Kommunikation und Präsentation der Personen bestmöglich ermöglicht werden.

6.3.2.2 Virtuelle Treffen

Aufgrund der aus den Interviews hervorgehenden Erkenntnisse, zeigt sich ein eindeutiger Arbeitsablauf als redundantes Element. Durch die häufigen Treffen mit verschiedenen Akteuren ergibt sich ebenfalls keine eindeutige Sprachreihenfolge in einer Planungsbesprechung und damit auch kein eindeutiger Ablauf. Aus diesem Grund ist es wichtig, diese Strukturen so flexibel wie möglich zu halten, wenn ein virtuelles Treffen geplant wird.

Dieses Framework schlägt vor, die virtuellen Treffen in ihrer Teilnehmerzahl aufzuteilen, wie im folgenden Absatz erklärt wird. Virtuelle Treffen der Größe A und B in Abbildung 6.8 können prinzipiell den gleichen Ablauf und die technischen Möglichkeiten haben, sie unterscheiden sich lediglich in ihrer Gruppengröße und Treff-Frequenz. "Demnach kann die Moderation des Meetings variieren, wobei die logische Wahl auf den Architekten fällt, oder bei sehr kleiner Gruppengröße sogar entfällt", schildert P1. In beiden Fällen ist jedoch eine exakte Vor- und Nachbereitung des Meetings notwendig, was das Führen einer strukturierten Agenda erfordert. Diese sorgt für das strikte Einhalten eines Zeitplans zu jedem Thema bzw. für jeden Teilnehmer. Die Aufzeichnung

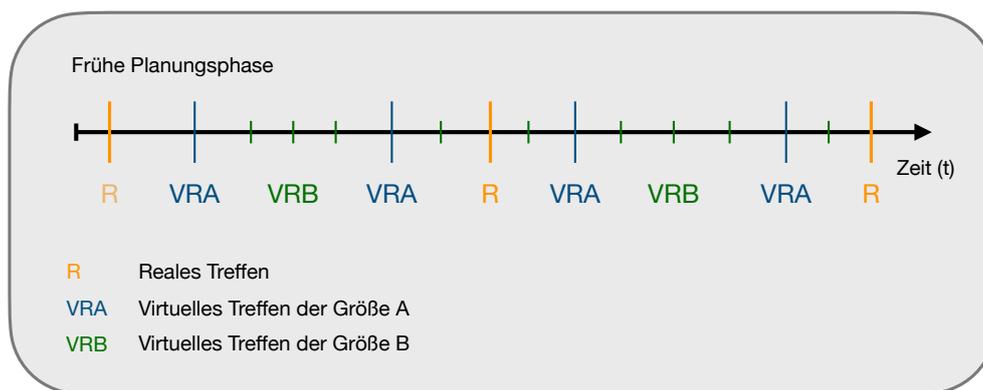


Abb. 6.8: Mögliche Besprechungsabläufe über die gesamte frühe Planungsphase

der gesamten virtuellen Besprechung unter Einbindung der beteiligten Akteure und des Inhalts ermöglicht es, das Meeting automatisch zu protokollieren und zu einem späteren Zeitpunkt die einzelnen Aussagen und Ideen nochmal wiederholen oder kontrollieren zu können. Dadurch entfällt manuelles Mitschreiben oder Protokollieren. Basierend auf der Tatsache, dass jeder Besprechung nur zwei Akteure zugeordnet werden können (Vortragende und Zuhörende) ergeben sich verschiedene Arten der Kommunikation. Der Zuhörende kann sich beispielsweise zu jedem Zeitpunkt im Meeting einen Meilenstein setzen, welchen er markieren kann, um ihn so für sich oder andere im Meeting zu speichern. (Siehe Unterkapitel 6.3.3.1)

Virtuelle Treffen A

Ein virtuelle Planungsbesprechung der Größe A umfasst das ganze Team und wird daher mit einer geringeren Häufigkeit auftreten, als kleinere virtuelle Planungsbesprechungen der Größe B. Diese Form des Meetings gilt als Hauptmeeting, wo sich die fünf Stakeholder zum gesamten Projekt austauschen und aktualisieren. Da nicht jedes Thema von jedem Stakeholder von gleicher Bedeutung ist, finden detaillierte Besprechungen im kleineren Rahmen im virtuellen Treffen B statt. Ein Moderator steuert das Meeting und führt die Teilnehmer unter Einhaltung einer strikten Agenda durch jedes Themengebiet. Aus den verschiedenen Interviews und den daraus resultierenden Interaktions-Möglichkeiten lässt sich herauslesen, dass der Architekt dieses zentrale Bindeglied zwischen den Parteien bilden muss 6.2.

Virtuelle Treffen B

Im Laufe der Planung werden unterschiedliche Gewerke eine stärkere Bindung zueinander aufbauen und evtl. Untergruppen formen, welche dann untereinander wiederholt virtuelle Meetings abhalten werden. Demnach können kleinere Gruppen aus zwei Personen oder drei Personen bestehen, wobei die Rolle des Architekten immer vertreten ist. Logische Anordnungen von Untergruppen, die aus 6.2 hervorgehen, ergeben:

- Bauherr - Produktion - Architektur
- Architektur - Produktion - TGA

- Architektur - TGA - Tragwerksplanung

Diese häufiger auftretenden Meetings, Virtuelle Treffen B, können wie erwähnt auch aus nur zwei Gewerken bestehen, falls ein Bedarf an einem Informationsaustausch besteht:

- Architektur - Bauherr
- Architektur - Produktion
- Architektur - Tragwerksplanung
- Architektur - TGA

Die Teamzusammensetzung eines Projektes ist dynamisch, weshalb regelmäßige Aktualisierungen auch in kleineren Gruppen stattfinden werden.

6.3.3 Interaktion in VR

Wie bereits in 6.3.2.2 erklärt, scheint eine Verallgemeinerung eines Interaktionsablaufes zwischen den Stakeholdern nicht möglich zu sein, da diese von vielen zufälligen Gegebenheiten abhängt. Insofern ist es wichtig, den Ablauf so flexibel wie möglich zu gestalten, während die Kommunikation, der Inhalt und die Entscheidungsfindung mit dafür passenden Hilfsmitteln verbessert werden kann. Um die Interaktion einer Besprechung genauer zu analysieren, ist sie in dieser Arbeit auf folgende vier Teilbereiche aufgeteilt, wie in 6.9 schematisiert ist:

- Die Rollen
- Die Tools
- Die Modi
- Das Verhalten

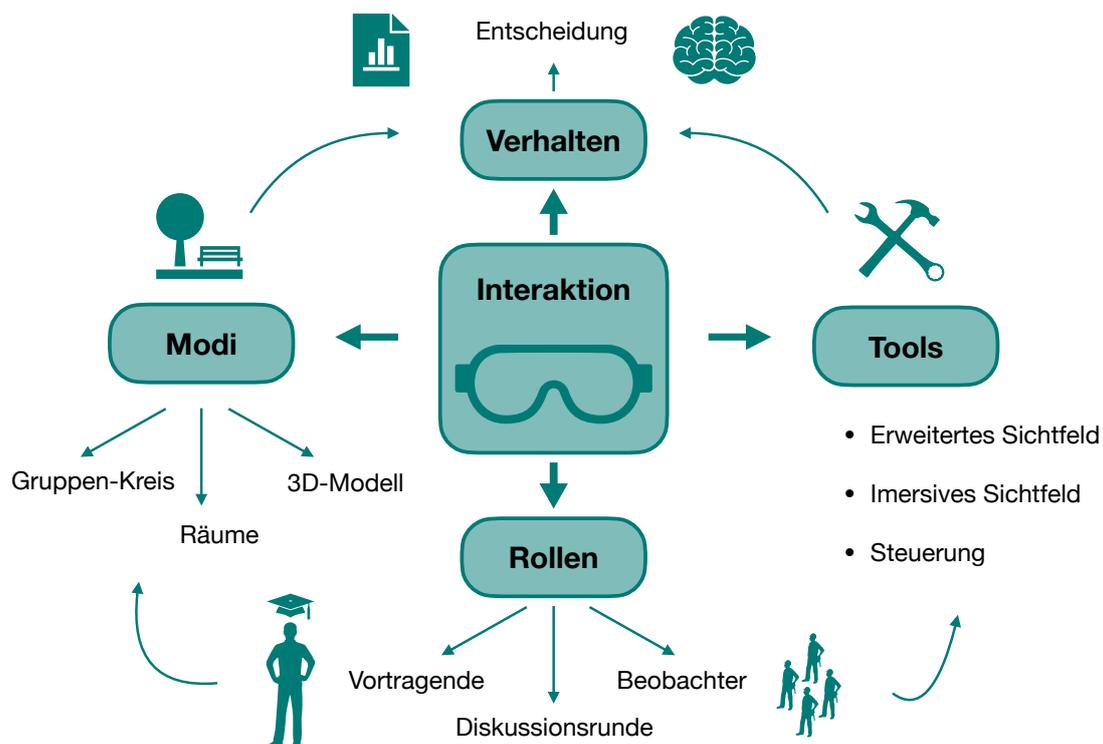


Abb. 6.9: Die 4 Teilbereiche der Interaktion in VR

Jeder Bereich übt einen großen Einfluss auf die Art und den Ablauf der Besprechung aus, weshalb diese genauer untersucht werden müssen, um eine mögliche Optimierung zu erzielen. Anzumerken ist, dass die Interaktion v.a. auf das Präsentieren und das Zuhören bzw. Zuschauen ausgelegt ist, und nicht auf die Aufbereitung oder das Bearbeiten von Daten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass jedes Gewerk mit unterschiedlicher Software und Daten arbeitet, die in keiner übersichtlichen Art in einem einzigen Setup implementiert werden kann. Dadurch

entfallen mögliche Bearbeitungsmodi am Modell, welche zeitintensiv sind und den strikten Ablauf eines Meetings gefährden. Eine Meetingrunde, die aus Stakeholdern in hohen Positionen mit unterschiedlichen Hintergründen besteht, muss zeiteffizient gewählt sein ¹.

6.3.3.1 Rollen

Eine Besprechung oder eine Diskussion kann generell in zwei Perspektiven unterteilt werden: Die des Erzählers und die des Zuhörers bzw. Betrachters. Ein funktionierendes Zusammenspiel ermöglicht eine effiziente Entscheidungsfindung, weshalb es essentiell ist, einen strukturierten und ungestörten Ablauf zu ermöglichen, sowie Wort-Überschneidungen zu unterbinden. Deshalb muss sich jeder Akteur in einer Besprechung einer Rolle zuweisen lassen, in welcher er bestimmte Handlungsmöglichkeiten und digitale Tools hat:

- Der Vortragende kann das Meeting in einen Präsentationsmodus setzen, indem alle Teilnehmer auf Stumm geschaltet werden und ihnen nur durch die Hand-Hebe-Funktion eine Redeerlaubnis erteilt werden kann.
- Ein oder mehrere Beobachter bzw. Zuhörer können dem Vortragenden im Präsentationsmodus nicht ins Wort fallen. Jedoch können sie durch Klicken eines Buttons um Sprecherlaubnis bitten und es obliegt dem Vortragenden diese durch erneutes Klicken eines Buttons zu erteilen.
- Eine offene oder geschlossene Diskussionsrunde findet nur dann statt, wenn es nötig ist, jeden Teilnehmer gleichzeitig zu hören oder sprechen zu lassen. Das kann v.a. zu Beginn oder beim Abschluss der Gesprächsrunde vorkommen, siehe 2.10.

6.3.3.2 Tools

Der größte Vorteil den virtuellen Realität mit sich bringt, ist das visuelle Sichtfeld in einem Raum. Es kann zwischen der generellen Oberfläche in VR, die mit einer Vielzahl an visuellen Informationen gefüllt werden kann, und der immersiven Perspektive, welche die dreidimensionale Begehung von Räumen oder Modellen ermöglicht, unterschieden werden. Die intuitive Steuerung bringt weitere Blickwinkel in möglichen Hilfsmitteln, mit denen Objekte bearbeitet werden können oder Aktionen durchgeführt werden können.

Die Auswertung des Interviews ergibt, dass verschiedene Stakeholder auf verschiedene Tools angewiesen sind. Alle Hilfsmittel haben dabei aber die Abhängigkeit einer visuellen Informationsübertragung gemein. In einem virtuellen Raum muss es beispielsweise auch möglich sein, Informationen aus einem PDF oder aus einem Plan zu extrahieren, woraus die Notwendigkeit von Platzhaltern resultiert. Diese Platzhalter kann man sich wie eine Vielzahl von Bildschirmen am Arbeitsplatz vorstellen, mit dem entscheidenden Vorteil, dass diese in VR unlimitiert in ihrer Anzahl und Größe sein können.

¹Diese Informationen wurden aus dem Interview mit M3 entnommen.

Im Unterabschnitt 5.2.3 sind aus dem Interview hervorgehende Hilfsmittel aufgelistet und kategorisiert. Diese werden im folgenden Abschnitt in VR eingebunden.

Management-Tools

Sie können in das Framework eingebunden werden, ohne die immersive Perspektive anzuwenden. So reicht es, einen Platzhalter in die Umgebung einzubauen, die die Integration von leistungsarmer Software wie Excel (für kalkulatorische Zwecke) oder einen Kalender Termine) ermöglicht. Sie werden v.a. von Bauherren für die Organisation verwendet, wie 5.3 zeigt. Diese Integration kann beispielsweise in einer Seitenleiste als Icon eingeführt werden, wie in der nachfolgenden Abbildung 6.10 ersichtlich ist.

Modifikations-Tools

Diese sind in jeder Branche mehrfach im Einsatz, jedoch versucht dieses Framework das Bearbeiten in der Besprechung aufgrund des hohen Zeitaufwands zu unterbinden. Insofern wird vorgeschlagen, aktive Modellierung- oder Zeichnungs-Software wie z.B. Autocad nicht zu integrieren, welche von Fachplanern, Architekten oder Bauingenieuren eingesetzt wird, wie 5.4 zeigt. Stellvertretend fallen auch Hilfsmittel wie Stift und Papier oder Tablets unter diese Tools, mit denen das schnelle Skizzieren oder Markieren von Details ausgeübt wird. Diese Möglichkeiten scheinen jedoch auch in Planungsbesprechungen äußerst hilfreich zu sein, was auf ihre einfache Handhabung zurückzuführen ist. In diesem Sinne wird das Einbinden von schnellem Skizzieren, Bemalen oder Hervorheben von Objekten vorgeschlagen, das gleichzeitig als Verständigungssprache der Ingenieure gilt, wie S2 schildert. So können vorgeschlagene Änderungen schnell realisiert und effektiv kommuniziert werden, wie in der Abbildung 6.10 angeführt ist.

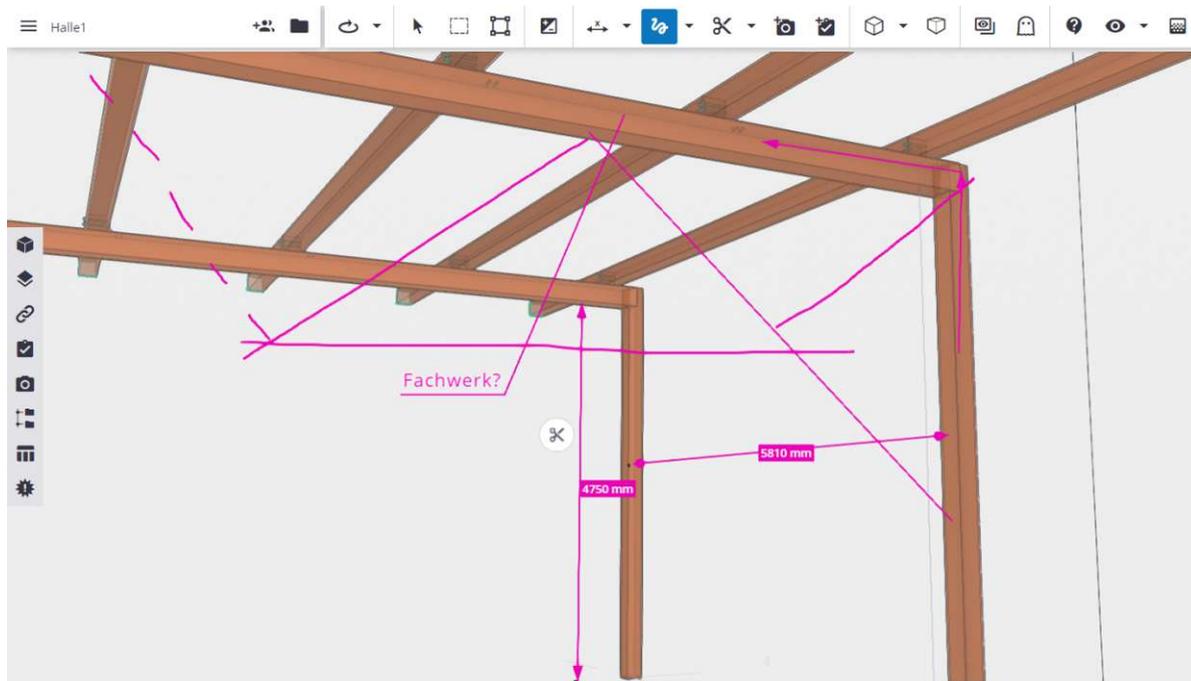


Abb. 6.10: Modifikation

2D-Pläne

Aufgrund der häufigen Erwähnung wurden ausgedruckte Pläne mit einer eigenen Position “2D-Pläne“ angeführt, wie in 5.5 beschrieben. Da sie als Grundlage für die Besprechung dienen, ist ihre Einbindung in das VR-Framework fundamental. Die digitale Welt öffnet eine Vielzahl von Möglichkeiten für diesen Vorgang. Der Vorteil von Plänen wie Grundrissen oder Schnitten ist, dass man einen guten Überblick über das gesamte Gebäude, inklusive Bemaßung, hat, wie A3 erklärte. Auch wenn das Lesen von Plänen gekonnt sein muss. Infolgedessen kann ein 2D-Plan so eingefügt werden, dass er mit dem 3D-Gebäude überlappt. Wenn man sich dann durch den Raum bewegt, kann man den Plan beispielsweise als Grundriss – inklusive der Maßlinien – sehen. So können auch mehrere Pläne gleichzeitig ein- oder ausgeblendet werden, auch im Querschnitt, wie in 6.11 und 6.12 veranschaulicht ist. Das Arbeiten mit separaten Layern für Maß- und Konstruktionslinien in der DWG-Datei ist in diesem Szenario zudem von Vorteil. Unverzichtbar ist der Wechsel der Perspektive der Teilnehmer, sodass das gesamte Gebäude von oben oder von einer beliebigen Seite betrachtet werden kann. Dadurch ist der so wichtige Überblick aller Teilnehmer gewährleistet, der in einem analogen Szenario nur durch das Beugen über einen Tisch mehrerer Akteure möglich ist, äußert A1.

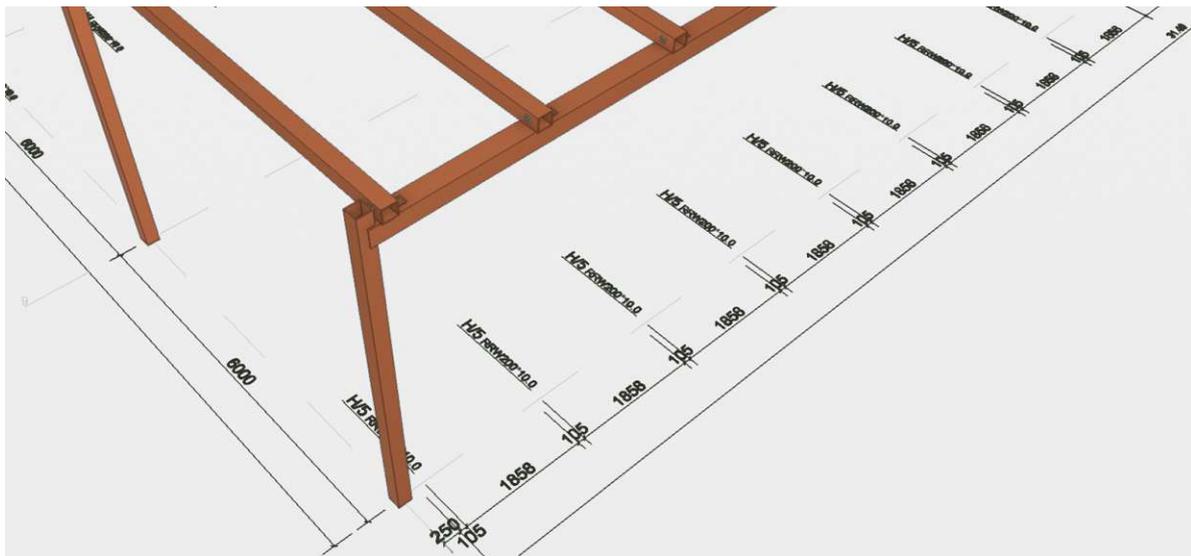


Abb. 6.11: Überlappung eines 2D-Plans im Modell

Visualisierung-Tools

Die Visualisierung ist eine Komponente, die eine überaus bedeutende Auswirkung auf das Framework hat. Hierbei geht es nicht nur um die reine Darstellung von Projekten oder Objekten in einem Projekt, sondern auch darum, wie diese gezeigt werden können. In Abbildung 5.6 sind die am häufigsten auftretenden Möglichkeiten zur Visualisierung des Inhalts in einer Planungsbesprechung zusammengefasst. Dabei kommen verschiedene Arten von Medien vor, wie z.B. Fotos, Videos oder Renderings. Dies macht einen weiteren Platzhalter im VR-Sichtfeld notwendig. In diesem können sämtliche objekt-relevanten Daten wie Materialmuster, Fotos oder ein Erklä-

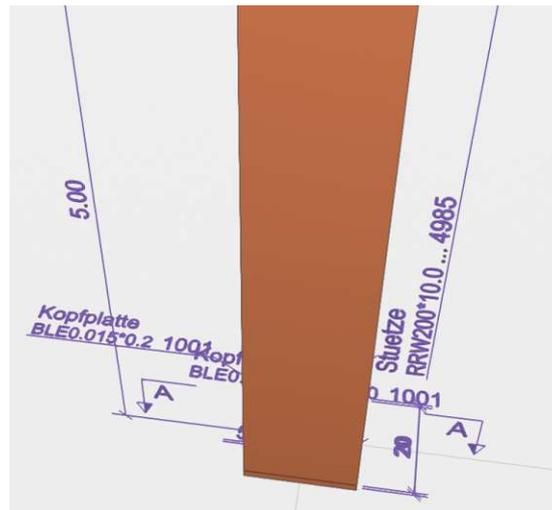


Abb. 6.12: Überlappung von Detailbeschriftung und Objekt

rungsvideo, welche nicht in einem 3D-Modell modelliert werden können, ein- und ausgeblendet werden. Diese Zusatzfunktion ergänzt das 3D-Modell zur Genüge, sodass beim Modell auf andere Informationsausgaben geachtet werden kann. Insbesondere für Teilnehmer wie Bauherren, die oft keinen technischen Hintergrund haben, spielt die Visualisierung eine noch größere Rolle. Gleichzeitig hilft es auch Architekten, die bereits ein gutes Vorstellungsvermögen und räumliches Verständnis aufweisen und sich visuellen Hilfsmitteln bedienen, ihre Ideen so gut wie möglich zu vermitteln. Dazu können auch einfache Hilfsmittel wie ein praktisches Mess- oder Schnittwerkzeug für Ansichten hilfreich sein, wie in Abbildung 6.13 gezeigt wird.

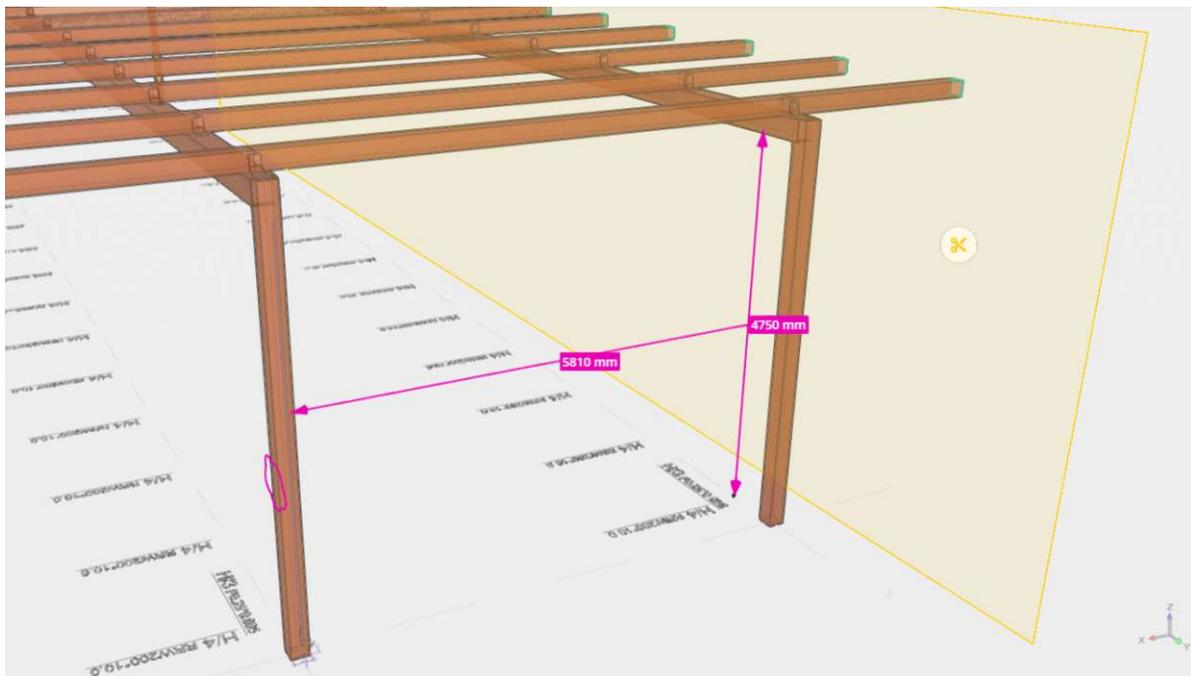


Abb. 6.13: Messinstrument und Schnittwerkzeug

Diese visuelle Übermittlung kann in diesem Framework auf zwei Arten geschehen:

- durch die Inkludierung von gewohnten Medien, die in konventionellen, realen Besprechung bereits im Einsatz sind und
- durch die immersiven Gegebenheiten, die VR mit sich bringt.

Die Neuheiten, die diese neue Technologie bringt, umfassen das interaktive 360-Grad-Sichtfeld und die dazu angebundene Steuerung. Wichtig ist, dass nicht auf die gewohnten 2D-Medien im Framework verzichtet wird, sondern eine Vereinigung von alt und neu geschaffen wird. Dies kann ebenfalls die Eintrittshürde in diese neue Technologie verringern, worauf S4 einen großen Wert legt.

Das 360-Grad-Sichtfeld eröffnet eine neue Sicht von Objekten, welche es ermöglicht, hinter den Objekten zu stehen und diese so zu prüfen. Es muss jedoch erwähnt werden, dass diese Steuerung anfänglich möglicherweise zu komplex für ein effizientes Meeting sein kann. Aus diesem Grund kann es für das Framework von Vorteil sein, wenn entweder der Gesprächsleiter die Steuerung übernimmt oder ein kurzes Training vor dem Meeting stattfindet, wie im Kapitel 6.3.3.3 beschriebener Trainingsraum. Die Immersion öffnet neue Wege, wie in einer VR-Besprechung betrachtet und agiert werden kann. Teilnehmer können einerseits ein Objekt aus jedem Winkel betrachten, und andererseits genau auf eine Stelle an einem Objekt verweisen, wodurch sich das Einbinden eines Markierungswerkzeuges im VR-Setting ergibt. Durch diese exakte Beschreibung von Ort und Stelle können Kollisionen besser erkannt und Details effizienter analysiert werden, ergänzte S2. Darauf basierend entsteht eine effizientere Kommunikation, bei der das Beschreiben von Ort und Stelle entfällt und so mehr Zeit in andere Elemente des Projekts investiert werden kann.. So kann beispielsweise über eine Ansicht kommuniziert werden, wie die Abbildung 6.14 verdeutlicht. Diese Ansicht könnte von einem Teilnehmer stammen, der sie speichert, bearbeitet und genau in dieser Form und und in einem bestimmten Winkel jemand anderem übergeben kann.

Kommunikations-Tools

Die Kommunikation, welche die immersive Umgebung ermöglicht, hat das Potenzial, schneller und effektiver als traditionelle Kommunikation zu sein. Wie in den Visualisierungs-Tools beschrieben, ist das Zeigen der eigenen Perspektive möglich. Daraus ergibt sich diese neue Form der Kommunikation, die in ihrer Art schnell und präzise ist. Im gleichen Kontext ergibt sich die Obliegenheit der Teleportation im VR-Raum. Sobald sich ein Teilnehmer zu einem Detail in der Industriehalle äußert, soll es möglich sein, alle anderen Teilnehmer der Besprechung abzuholen bzw. sie zum angesprochenen Ort Zu bringen. Dies kann über eine gespeicherte Ansicht erfolgen, die mit anderen Teilnehmern geteilt werden kann. Damit man nicht auf das Teilen eines Ortes angewiesen ist, muss man auch manuell auf eine beliebige Stelle springen können, indem man etwa darauf hinzielt oder mit dem Controller die Laufrichtung vorgibt, in der man sich fortbewegen will. Dieser Stil der Fortbewegung ist wertvoll, wenn man weite Distanzen zurücklegen möchte. Kurze Strecken kann man durch Gehen im VR-begrenzten Raum der realen Welt erreichen. Diese gespeicherten Ansichten können in weiterer Folge dazu dienen, spezifische Aufgaben für

Teilnehmer zu erstellen, wie es in der Abbildung 6.14 ausgeführt ist. Dabei kann eine Beschriftung hinzugefügt werden, eine Erinnerung sowie eine zuständige Person, welche eine Benachrichtigung dazu via E-Mail erhält.

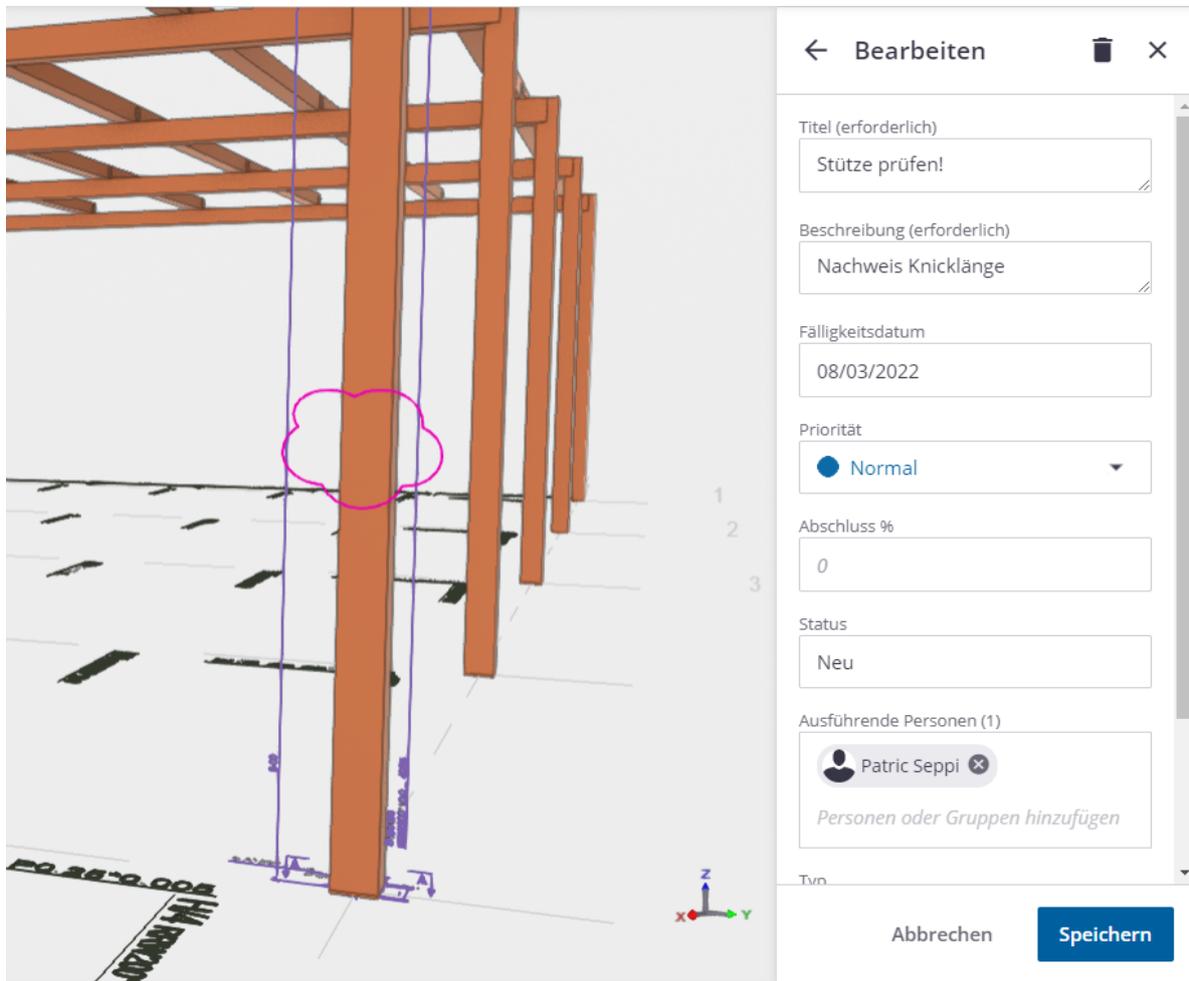


Abb. 6.14: Erstellung von Aufgaben in VR

Ein weiterer Aspekt, der die Kommunikation in VR grundlegend ändern wird, ist die Möglichkeit einer exakten Aufzeichnung der gesamten Besprechung. Diese Art der Datensicherung, auf die jeder Teilnehmer zukünftig immer zurückgreifen kann, dient in erster Linie als Beweis-Instrument für getroffene Aussagen und in zweiter Linie als schnell greifbare Zusammenfassung des Meetings. In dieser Aufzeichnung, die in Form eines Videos oder Bewegungsabläufen geschehen kann, soll es möglich sein, nach Bild und Sprache zu filtern, um das Suchen von Informationen im Meeting zu erleichtern. Beispielsweise kann ein Schlagwort oder ein Satz wie "Kollision der Stütze" durch Spracherkennung hervorgehoben werden, was das Meeting transparent und äußerst wiederverwendbar macht. Diese neue Art der gesicherten Kommunikation kann eine manuelle Nachbearbeitung erfordern, in der Schlagwörter oder Aussagen hervorgehoben werden müssen, bis ein adäquater Algorithmus diese Nachbearbeitung ersetzt. In dieser Form kann ebenfalls eine neue Art der automatisierten Protokollierung erfolgen, die händisches Schreiben obsolet

macht. Die rechtlichen Folgen, die sich aus dieser mündlichen Überlieferung von Informationen ergeben, verändern die Art und Weise der Kommunikation beträchtlich, worauf in dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden kann. Des Weiteren spielt diese gesicherte Kommunikation eine fundamentale Rolle in der Entscheidungsfindung. Während in traditionellen Meetings Verlässlichkeit v.a. aus schriftlichen Aussagen, wie E-Mails o.ä. Plattformen, resultiert, ergibt sich diese nun auch aus einem aufgezeichneten Meeting. Dies hat zur Folge, dass mit Aussagen nicht leichtfertig umgegangen werden kann, wie es bei einer konventionellen Besprechung von Angesicht zu Angesicht oft der Fall ist. Solche Besprechungen tragen jedoch wesentlich zur Entscheidungsfindung bei, da Vertrauen und Respekt aus einer Person direkt entnommen werden, worauf dann viele weitere Entscheidungen entstehen.

Lokale Spezifikationen

Die Umfrage hat ergeben, dass unter den Experten zu einem Punkt sicherlich Konsens besteht: Die meisten Entscheidungen werden aufgrund einer klaren Datenlage gefällt, bei dem sich mathematische Werte, wie z.B. der Preis, einfach miteinander vergleichen lassen. Aus diesem Grund werden häufig Bewertungsschemas in Form eines Punktesystems in Tabellen verwendet. Auch sind strikt einzuhaltende Randbedingungen eines Projekts, wie z.B. Grenzabstände oder Umweltverträglichkeiten, die erste Grundlage der Entscheidungsfindung bilden. Das Einbeziehen dieser Daten kann in Form von reinem Text erfolgen. Dabei kann ein Informationstext auf einem Objekt angehängt werden, oder andernfalls eine Liste oder eine Tabelle in Form eines Platzhalters im VR-Setting. Hierbei kann die Immersion in VR nur begrenzt von Vorteil sein, was das Einbinden der Daten in dieser Form jedoch nicht ausschließt. Immersive Bewegungsabläufe bringen keinen Mehrwert für eingeblendete 2D-Daten, wenn sie nicht mit 3D-Daten kombiniert werden.

6.3.3.3 Modi

Durch die Aufteilung in verschiedene Rollen im VR-Framework ergeben sich mögliche Szenarien, wie ein virtueller Raum mit seinen Möglichkeiten ausgestattet sein soll. Diese Szenarien eröffnen neue Fragen und Arten der Kommunikation und lassen sich in drei Modi kategorisieren:

- Der Gruppen-Kreis

In einer Gruppenbesprechung auf einem runden Tisch sind die Blickwinkel der Teilnehmer aufeinander gerichtet. Dies ist wichtig für die Entstehung einer produktiven Diskussionsrunde. Der Fokus liegt hier auf den Akteuren und ihren Aussagen und entfernt sich vom 3D-Modell, indem man etwa an gemeinsamen Bildschirmen arbeitet. Dieser Modus kommt einem heutigen Online-Meeting ziemlich nahe, mit dem großen Unterschied, dass das VR-Framework ein beliebig großes Sichtfeld zulässt.

- Die Einzel-Perspektive

Ein virtueller Arbeitsplatz, indem die Aufmerksamkeit ausschließlich auf den eigenen virtuellen Bildschirmen liegt. Jede Person arbeitet in ihrem eigenen Sichtfeld und kann

dieses je nach Meeting und den beigefügten Daten beliebig bearbeiten, wie in der Abbildung 6.15 beispielhaft angeführt ist. Dies Sichtfeld kann je nach Benutzer beliebig gestaltet werden und Platzhalter können mit favorisierten Tools gefüllt werden.

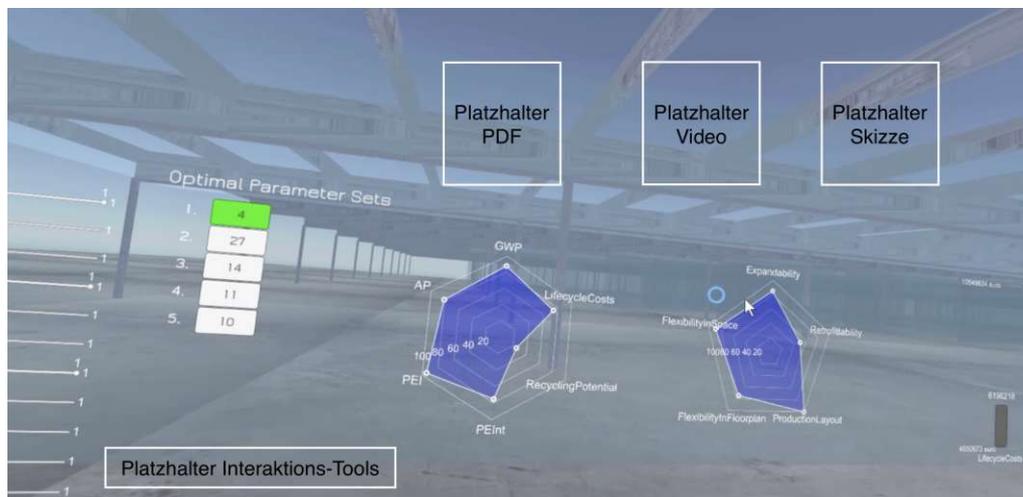


Abb. 6.15: Benutzer-Sichtfeld mit Platzhalter for Tools

- Räume

Die Aufteilung einer Besprechung auf verschiedene Räume kann mehrere Gründe haben. Zum einen kann es zu einer durch einen Informationsüberfluss gegebenen Überforderung der Teilnehmer kommen, wenn sie mit dem Interface in VR nicht vertraut sind. Zum anderen gilt es zu priorisieren, worauf der Fokus des Gesprächs gelegt werden soll. Im 3D-Modell ist die Aufmerksamkeit auf die Umgebung und auf die Teilnehmer gerichtet. In einem anderen Raum kann der Fokus auf einer eingeblendeten Datengrundlage, wie einem PDF oder einem Video liegen.

Die Interaktion ist von Raum zu Raum unterschiedlich und kann frei gewählt werden. Während im Trainingsraum die Nutzer eingeschränkt sind, ist im Besprechungsraum eine geregelte Interaktion möglich.

Rahmenbedingungen Raum 1- Der Trainingsraum

Die Adaption einer neuen Technologie wie VR bedarf einer Implementierungsphase. Wie es auch in realen Besprechungen der Fall ist, führt auch dieses Framework einen eigens konzipierten virtuellen Raum ein, in dem die Teilnehmer sich nacheinander zuschalten können. In diesem Warteraum, der nicht in der Industriehalle ist, verweilen die Teilnehmer so lange, bis jeder eingetroffen ist und das Meeting beginnt. Dieser Raum dient der Antastung und Kennenlernen der neuen Umgebung, ist in den Möglichkeiten der Benutzer eingeschränkt und wird von einem kleinen immersiven Tutorial begleitet, das die Steuerung erklärt. Die Teilnehmer können sich mit anderen Benutzern in Form von Avataren normal unterhalten und auf das Eintreffen der anderen Teilnehmer warten, ohne dass etwas aufgezeichnet wird. Die Gestaltung des Raumes ist

frei wählbar, jedoch empfiehlt es sich, eine friedliche und einladende Umgebung zu gestalten und beispielsweise geeignete Hintergrundmusik zu wählen, um die immersive Erfahrung überlegt und konzentriert anzusteuern. Dadurch werden neue Nutzer mit möglichen Ablenkungen vertraut, sodass sie sich in späterer Folge auf das Wesentliche im Meeting fokussieren, indem sie ihren "virtuellen Arbeitsplatz" bereit machen. So wird die Einstiegshürde niedrig gehalten und die Teilnehmer eingeschult.

Rahmenbedingungen Raum 2- Der geregelte Besprechungsraum

Sobald alle Teilnehmer eingetroffen sind und das Meeting startet, läuft die Agenda und der damit verbundene Zeitplan. Der Gesprächsleiter bittet um Einverständnis der Teilnehmer, dass das Meeting aufgezeichnet werden darf und führt die abzuklärenden Themen ein. Im Präsentationsmodus sind alle Teilnehmer bis auf den Vortragenden auf Stumm geschaltet, um gleichzeitiges Reden zu vermeiden. Einwände können mittels eines Handzeichens gekennzeichnet werden, um so jemandem eine Sprecherlaubnis zu erteilen. In offenen Diskussionsrunden können die Teilnehmer simultan sprechen. Pausen sind automatisch in der Agenda geregelt und das Meeting begibt sich wieder zurück in den Trainingsraum. Sobald alle Punkte auf der Agenda abgehakt sind und jeder Stakeholder präsentiert hat, findet die Nachbereitung des Meetings statt. Jene wird dem Organisator zugeteilt. Die Aufgabe der Nachbereitung besteht darin, wichtige Punkte oder Entscheidungen der Aufzeichnung mit Schlagwörtern hervorzuheben. Damit wird eine Entscheidung oder eine Aufgabe jemandem zugewiesen und diese ist in Form einer Bildschirmaufzeichnung für jeden in einer Cloud ersichtlich. Diese Technologie steuert darauf hin, dass dieses Besprechungsprotokoll zukünftig automatisiert geschrieben und durch Spracherkennung gefiltert wird, siehe Abschnitt 6.3.3.2.

6.3.3.4 Verhalten

Die in dieser Forschungsarbeit untersuchten Punkte zur Entscheidungsfindung spiegeln sich v.a. im Verhalten der Teilnehmer wieder. Mehrere Befragte bestätigten, dass es sich bei Entscheidungen viel mehr um einen langwierigen Prozess handelt und diese nicht mit einem einzigen Tool gefällt und in einem Moment getroffen werden können. Die zwischenmenschliche Komponente sei hier ausschlaggebend, welche im Zusammenhang mit Vertrauen und Respekt primär in der realen Welt stattfindet.

Kaufmännische Skills, wie Wortgewandtheit und Überzeugungskraft, verhelfen dazu, dass persönliches Interesse durchgesetzt werden kann, um Vorteile oder Schuldfragen im Sinne des eigenen Unternehmens zu favorisieren. In diesem Framework werden diese Aspekte der realen Welt überlassen, woraus sich eine neue Erkenntnis für die virtuelle Realität ergibt:

Der Versuch, die Teilnehmer in VR wirklichkeitsgetreu nachzubilden, entfällt. Das Erkennen von Gesichtszügen, Körpersprache und Verhaltensmustern von Akteuren zur Förderung der Kommunikation ist in diesem Framework überflüssig. Das bestätigt die Reduzierung der Menschen auf Avatare, wodurch Einsparungen in der Rechenleistung erzielt werden können und der Fokus auf den Informationsgehalt in einem Gespräch gelegt werden kann. So fördert dieses

Framework eine neutrale Betrachtung der Datenlage und lenkt von anderen Einwirkungen und Manipulationsmöglichkeiten ab, wobei die Deutung der Datenlage ausschlaggebend ist.

Entscheidungen, die in Gremien gefällt werden, werden oft von Bewertungskriterien in Form von Punktekatalogen unterstützt, die Aussagen über verschiedene Varianten geben. Viele Unternehmen besitzen firmeninterne Bewertungsschemas in Form von Excel-Tabellen, bei denen es verschiedene Ansätze gibt, um eine Variante zu bewerten. Auch können diese Schemas je nach Ausschreibung variieren. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, wenn das im BIMFlexi hinterlegte Bewertungsschema austauschbar ist, sodass die Akteure die Varianten mit den von ihnen bewerteten Punkten betrachten können.

Die Entscheidungsfindung erscheint als eine komplexe und schwierige Aufgabe, wenn es darum geht, die am besten geeignete Alternative unter den zahlreichen Alternativen in Anwesenheit mehrerer, meist widersprüchlicher Kriterien zu finden. Gleichzeitig erwarten die Beteiligten eine einfache, transparente und nachvollziehbare Entscheidungsmethode. Multikriterielle Entscheidungs-Methoden (MCDM) ordnen die Alternativen unter Berücksichtigung mehrerer Kriterien. Das Problem der Rang-Umkehrung ist bei den meisten herkömmlichen MCDM-Methoden ein wichtiges Problem [(7)].

Kapitel 7

Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde versucht herauszufinden, wie effektive, integrale Planungsbesprechung in frühen Entwurfs-Phasen im Industriebau in VR aussehen kann. Dabei haben sich verschiedene essentielle Erkenntnisse für das BIMFlexi-VR-Framework ergeben, die in diesem Abschnitt strukturiert zusammengefasst werden.

7.1 Gegenüberstellung der virtuellen und realen Planungsbesprechung

Diese Untersuchung kommt zum Schluss, dass ein funktionierendes Framework in VR eine zusätzliche Besprechung in gewohnter Realität voraussetzt. Demnach gilt es in einer Konfrontation der beiden Besprechungen abzuwägen, in welchen Punkten sich beide Arten unterscheiden, ergänzen und übertreffen, wie in der Abbildung 7.1 gezeigt wird. Abbildung 7.1 versucht einen groben Überblick über das Fazit von Kapitel 5 zu geben. Die Aussagen der rechten Spalte über reale Besprechungen finden sich in den Interviewfragen eins bis vier wieder, während die Aussagen über virtuelle Besprechungen auf der Interviewfrage fünf basieren, in welcher auf Schwachstellen und Erfolgsfaktoren eingegangen wurde. Aussagen über virtuelle Besprechungen und Umgebungen finden sich ebenfalls in der Literaturrecherche und vervollständigen somit die Abbildung 7.1. Die für das Framework relevanten Punkte werden in den folgenden Abschnitten kurz zusammengefasst und in weiterer Folge werden Potentiale und Einschränkungen aufgezeigt.

	Virtuelle Planungsbesprechung	Reale Planungsbesprechung
+	Visualisierung: Technische Möglichkeiten fördern räumliches Verständnis und Vorstellungsvermögen	Soziale Komponente / Zwischenmenschlichkeit: Die Basis für Vertrauen und ein respektives Zusammenarbeiten
	Präsentationsmöglichkeiten: Technische Hilfsmittel erleichtern und verbessern das Präsentieren mit mehreren Ansichten	Zugänglichkeit: Keine Einstiegshürde oder technische Anforderung notwendig. Gewohnte Umgebung
	Aufmerksamkeit: Zuhören und Zuschauen durch Technik optimiert	Einfaches Zusammenarbeiten und Steuerung mit bekannten Hilfsmittel
	Entscheidungsfindung durch Visualisierung erleichtert	Schmäh und Witz für das Teambuilding und Kontaktpflege
	Raum-Unabhängigkeit: Keine technischen Anforderungen auf Räume	Vor- und Nachbereitung: Bürointerne Prozesse vereinfacht
	Ort-Unabhängigkeit: Keine Reisezeit der Teilnehmer -> Meetings können öfters gehalten werden	Preisdiskussionen und Verhandlungen unter 4 Augen präferiert
	Automatische Dokumentation und Protokollierung: Aufzeichnung des Meetings ergibt rechtliche Absicherung.	Bekannte Umgebung: Traditionelle Hilfsmittel wie Stift zum markieren auf Pläne funktioniert schnell und intuitiv
	Digitale Agenda und Meetingsablauf: Klare Struktur und Timing Aufgabenverteilung: Meeting-Aufzeichnung als Tag verwenden um jemanden eine Aufgabe zuzuweisen.	
	Arbeiten mit technischen Hilfsmittel und digitalen Tools erleichtert	
-	Heterogene IT-Landschaft und Schnittstellen	Lokale Abhängigkeit: Zeitaufwändige Reisen zum Meeting-Ort
	Ungewohnte Steuerung mit Joysticks: Einstiegshürde	Schwierigkeit der Visualisierung
	Vertrauen: Interaktion nur mit digitaler Abbildung. (Kennenlern-Workshop optimal in realer Welt)	Unklare oder spontane Agenda: Informationsüberfluss oder Detailfülle kann negativ auswirken falls Ablauf nicht überschaubar
	Verhandlungen, Preisnachlass oder Kompromisse werden durch eine reale und deutlich oder erkennbare Reaktion eines Menschen begünstigt.	Dokumentation: Sehr mühsam. Schriftliches Protokoll unterbricht oft das Meeting. Unklare Dokumentation hemmt Entscheidungsfindung
		Entscheidungsfindung: Erschwert durch unstrukturiertem und unübersichtlichem Informationsfluss
		Teilnehmerabstinenz: Das Nicht-Einbinden von Akteuren aus Platz oder Reisse-Gründen
		Ausgedruckte Unterlagen: Führen zu Unübersichtlichkeit, langsame Informationsprozesse und Aktualisierungen und schlechte Datensicherung
		Technische Ansprüche auf Raum: Gute Audio und Videoqualität nötig. Große Bildschirme und klare Akustik.
	Modell basiertes Arbeiten: Hürden entstehen bei nicht digitaler Planung	
	Meetingräume sind technisch eingeschränkter als Arbeitsplatz	

Abb. 7.1: Gegenüberstellung der Planungsbesprechungen

7.2 Zusammenfassung

Ablauf

Eine der grundlegendsten Bedingungen ist jene, dass sich das vorgeschlagene VR-Framework auf eine reale Planungsbesprechung stützen muss, woraus sich eine hybride Planungsbesprechung ergibt. Darauf beruht unter anderem die Tatsache, dass es nicht Ziel des Frameworks ist, die Realität in einem technisch anspruchsvollen Ausmaß nachzuahmen, sondern dass auf den Informationsgehalt Wert gelegt werden soll. Viele weitere Schlussfolgerungen ergeben sich aus einer hybriden Planungsbesprechung, wie die für die Entscheidungsfindung grundlegende Zwischenmenschlichkeit, die im Kapitel 6.3.1 ausführlich beschrieben wurde. Des Weiteren bestätigten die Experten, dass sie keinen geregelten Ablauf oder idealen Workflow einer Besprechung kennen, weshalb die Strukturen des Meetings flexibel gehalten werden müssen. Häufigere Treffen, in abwechselnder Realität und Teilnehmeranzahl ist die Folge (6.8).

Entscheidungsfindung

Eine sich wiederkehrende Aussage der Experten ist jene zu der Entscheidungsfindung. Diese wurde als langwieriger Prozess beschrieben, der v.a. auf reziprotem Vertrauen und Respekt basiert und durch die soziale Komponente in realen Treffen gefördert wird (siehe Abschnitt 6.3.2.1). Das einzige Hilfsmittel, das v.a. im Team eingesetzt wird, ist der Bewertungsbogen für Varianten, nach einem firmen-beliebigen Punkteschema, welches im Framework in dieser Form austauschbar verwendet werden muss.

In diesem Zusammenhang wird das Verhalten der Teilnehmer in virtueller Realität erörtert. Psychologische Faktoren, wie im Abschnitt 6.3.3.4 beschrieben, können in VR einen positiven Einfluss haben, gleichermaßen wie die Rolleneinteilung von Sprecher und Zuhörer 6.3.3.1. Es resultiert, dass nicht einzelne Tools für eine Entscheidung verantwortlich sind, sondern deren Gesamtheitliche Nutzung. Am Ende ist ein wirtschaftlicher Preis ausschlaggebend, den das Framework im Zusammenhang mit dem Knowhow der Entscheidungsträger versucht zu finden.

Inhalt

Ein Vielzahl an Informationen ist der im Experteninterview verwendeten Kategorie "Inhalt" zuzuschreiben. Durch die Erläuterung der verschieden starken Bindungen innerhalb der Stakeholder kristallisierten sich unterschiedliche Hilfsmittel von Akteur zu Akteur heraus. Die anfängliche Aufteilung der Tools auf die Stakeholder hebt die Wichtigkeit in ihrer Anwendung in diesem Framework hervor. Durch diese Parallelität konnte ein Vorschlag gebracht werden, der für die gemeinsame Nutzung dieses Frameworks relevant ist und nicht in einer tieferen fachspezifischen Lösung einer einzelnen Branche abweicht.

Kommunikation

Die voranschreitende Digitalisierung spiegelt sich laut Umfrage vor allem in der Kommunikation wider. Diesbezüglich wurden jedoch nur sehr grundlegende Instrumente, wie z.B. MS-Teams, erwähnt. Dies ist auf ihre einfache Handhabung und niedrige Einstiegshürden zurückzuführen. Daraus lassen sich neue Kommunikationsarten über das Modell ableiten, wobei auf Ease-of-use Wert gelegt werden muss, wie im Kapitel 6.3.1 beschrieben. Gesicherte Kommunikationen über Ansichten bzw. Screenshots können bahnbrechende Fortschritte nicht nur in der Kommunikation im VR-Framework, sondern in jedem Modell sein. In welchem Rahmen die Ansichten geteilt werden, ob und wie sie besprochen werden, ist im Abschnitt Modi 6.3.3.3 beispielhaft angeführt.

Chancen und Risiken

Abschließend kann auf das vorgeschlagene VR-Framework gebaut werden, indem der Fokus auf die wesentlichen, oben angeführten Punkte gelegt wird. Das Potential, die Zusammenarbeit in einem Team zu verbessern, findet sich in diesem Framework wieder und kann sich enorm auf die Effektivität auswirken. In diesem Sinne muss gleichermaßen eine schlanke, flexible Struktur gewählt werden, um das Überfüllen eines Meetings mit Teilnehmern und Informationen zu verhindern und um Organisation zu gewährleisten. Automatisierte Prozesse, unter Zuhilfenahme der vorgeschlagenen Tools und Vorgänge, steigern die Leistung einer integralen Planung im

Team. Um eine möglichst große Zielgruppe des VR-Frameworks zu erreichen, ist eine einfache Handhabung und niedrige Einstiegshürden der Schlüssel zum Erfolg.

Nicht ausgereifte Technologie hat eine deutlich schwerere Implementierung im gewohnten Arbeitsrhythmus zur Folge. Das Kritisieren der Bildschirmauflösung im virtuellen Raum von den Teilnehmern bestätigt das Verschieben des Augenmerks vom Versuch, eine realitätsnahe Umgebung zu kreieren, zu einer informationsbasierten Umgebung.

Kapitel 8

Schlussfolgerung und Ausblick

8.1 Schlussfolgerung

Das sich ständig in Bewegung befindende digitale Zeitalter verlangt nach stetiger Optimierung und Effizienz. Um einen nicht allzu weit entfernten Ausblick zu geben, gilt es, die Phase der Implementierung zu berücksichtigen. Ein vollständiges Übergehen von realer zu virtueller Besprechung ist nur dann möglich, wenn es die technischen Voraussetzungen zulassen und es die breite Masse akzeptiert. Wenn die historische Entwicklung der VR-Technologie auf die Zukunft projiziert werden darf, so benötigt sie mehrere Jahrzehnte [(20)], um eine nachgeahmte Realität für jeden zugänglich zu machen. Diese Gegebenheit verschiebt sich in eine Art Metaverse, in der eine ortsunabhängige Kommunikation und Interaktion auf eine Weise verläuft, die heute nicht vorstellbar ist.

Diese Betrachtungsweise würde die Priorität und Randbedingungen im Framework verändern, weshalb auf eine zeitnahe Phase der Adaption geblickt wird. In der aktuellen Phase, wo Mensch und Technologie noch nicht bereit sind, ihre Arbeitsprozesse zu ändern, machen hybride Szenarien Sinn. Insbesondere die soziale Komponente profitiert in einem realen Meeting sehr. So ist es durchaus vorstellbar, dass die Zusammenarbeit dieses Framework so optimiert ist, dass sich dessen Akteure weniger oft zu realen Planungsbesprechungen treffen. Somit kann die Interaktion, unter Einbindung der vorgeschlagenen Mittel, als effizient und nachhaltig interpretiert werden. Es wurde darauf geachtet, keinen Informationsüberfluss zu generieren und den Einstieg mit den Tools möglichst einfach zu halten.

Dieses Setting ist auf die fünf verschiedenen Akteuren der Planungsbesprechung eingestellt (2.3.1). Es ist jedoch durchaus denkbar, diese Einstellungen auf andere Gewerke zu übertragen bzw. ohne alle Gewerke einzubinden. Das virtuelle Treffen B, das aus der Notwendigkeit eines überdurchschnittlichen Besprechungsbedarfes zwischen zwei Stakeholdern entsteht, forciert diese offene Handhabung des Settings. So können beispielsweise nur der Architekt und der Bauingenieur dieses Framework nutzen, ohne die Teilnahme der Produktionsplanung oder der TGA. In dieser Ausgangslage könnte das Framework eine detailliertere Fassung genießen, wobei es dadurch nicht für die ursprünglichen Teilnehmer von Kapitel 2.3.1 ausgelegt ist.

8.2 Ausblick

In der Vergangenheit saßen Mitarbeiter oft in einem großen Auditorium, gedrängt in die nach vorne gerichteten Stühle, um alle Informationen auf 2D-Folien in einer konzentrierten 30-minütigen Besprechung zu sammeln. Mit großem Bemühen werden Notizen oder Mitschriften aus den Vorträgen später den Teamkollegen vermittelt. Diese Art der Kommunikation ist ein klassischer Fall eines "Telefonspiels", ein häufiges Problem bei der Vermittlung von Informationen, mit dem viele größere Unternehmen zu kämpfen haben.

Virtual Reality kann in den folgenden fünf Punkten einen Mehrwert ab der ersten Zusammenarbeit-Sitzung bringen:

1. Zusammenarbeit aus der Ferne

Treffen mit globalen Interessengruppen sind kostspielig und schwierig. Mit all Ihren Tools in einem immersiven Arbeitsbereich können AEC-Teams von jedem Ort der Welt aus mit VR zusammenarbeiten, was zu weniger Geschäftsreisen und schnelleren Genehmigungen führt.

2. Entwerfen und Gestalten

Die Formulierung räumlicher Gestaltungsabsichten in 2D ist oft ineffektiv und physische Prototypen sind nicht haltbar. VR hat das Potential, räumliche Ideen in menschlichem Maßstab besser zu vermitteln. Von der Standortplanung bis zu architektonischen Variationen können schnell unendlich viele Iterationen mit den Händen passieren, Material gespart werden und man kann schlussendlich schneller zur endgültigen Version gelangen. Der Prozess des Entwerfens bis dahin kann von einem gestalterischen Brainstorming in VR unterstützt werden, wie die Abbildung 2.3 von Arthur zeigt.

3. BIM-Koordination

Die Koordinierung mehrerer Gewerke ist sehr komplex, wird immer kostspieliger und die Kollisionen häufen sich. Ein virtueller Werkzeuggürtel kann helfen, die Daten hinter den Räumen zu verstehen und effizienter zu koordinieren 2.7. Von immersiver Problemverfolgung bis zu BIM/VDC Inspektion und Sichtbarkeitseinstellungen für Ebenen bietet VR eine vollständige Koordination über den gesamten Lebenszyklus.

4. Visualisierung

Kunden haben oft Schwierigkeiten, sich das endgültige Bild einer Variante vorzustellen, weshalb Scans und Punktwolken helfen können, siehe 2.6 . So können Fassaden oder Materialien überprüft und optimiert werden, was eine gemeinsame Kreation und kürzere Design-Zyklen ermöglicht.

5. Präsentation

Traditionelle Präsentationen sind statisch, zeitaufwendig und lassen die Atmosphäre vermissen. Mit VR kann man von jedem Gerät aus Präsentationen mit allen Sinnen gestalten, siehe

beispielsweise 2.4. Präsentationen, die jeden Lernstil ansprechen, neue Kunden gewinnen und Projekte zur Genehmigung durch das gesamte Team vorantreiben.

8.2.1 Verbesserungen

Der Einsatz von VR in der AEC-Industry wird sich parallel zum technologischen Fortschritt entwickeln, bis sie in der breiten Masse umsetzbar ist. Zum heutigen Zeitpunkt befinden wir uns in der frühen Adaptionsphase dieser Technologie, welche mit “Kinderkrankheiten“ und wenigen, unausgereiften Hilfsmitteln behaftet ist, wodurch die Umsetzung im Bauwesen nur zögerlich Fahrt aufnimmt. Jedoch ist die Virtuelle Realität Teil der globalen Digitalisierung einer jeden Branche und damit ist es unausweichlich, hinsichtlich der geforderten Effektivität, diese zeitnah im Bau- und Industriesektor einzubinden. Zusammenfassend kann sich der Einsatz von VR als immersives Werkzeug für die Zusammenarbeit in folgenden Punkten bewähren:

- Verbesserung der Kommunikation und Zusammenarbeit
- Verkürzung der Entwurfsüberprüfungszyklen
- Beschleunigung der Entscheidungsfindung
- Mehr Projekte zu gewinnen und mehr Kunden zu gewinnen
- Vermeidung von Reisen und Reduzierung von persönlichen Treffen
- Verringerung der Zeit und der Kosten für Besprechungen
- Minimierung von Nacharbeit / Entwurfsüberarbeitungen
- Erkennen Sie kritische Probleme vor dem Bau
- Ersetzen Sie statische Präsentationen wie Powerpoint

8.3 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das vorgeschlagene Framework mit Sicherheit nicht alle Bereiche einer Planungsbesprechung abdecken kann. In den frühen Entwurfsphasen ist es umso wichtiger, Strukturen und Vorschläge des Frameworks möglichst flexibel zu gestalten, da in dieser Zeit sehr viele Variablen mitspielen. So entfällt das Beschreiben von detaillierten Tools oder Abläufen, da die Gefahr besteht, auf ein branchenspezifisches Framework hinauszulaufen, welches sich in den späteren Phasen steigernd ergibt. In diesem Sinne wird ebenfalls nicht auf individuelle Tools, wie z.B. jene des Industriebaus, eingegangen, welche das Einsetzen von virtuellen Maschinen in der virtuellen Halle inklusive Benutzung begrüßen würden. Stattdessen ist für dieses Framework in frühen Phasen die Einbindung von dreidimensionalen Volumenkörpern zur geometrischen Abschätzung von Platzverhältnissen ausreichend. Ähnliche Einschränkungen im Framework spiegeln sich in der Haustechnik wider, da das Gewerk "TGA" nicht befragt wurde und eine Vervollständigung nur durch Ergänzungen der anderen Gewerke angestrebt wurde. Im gleichen Maßen werden im Framework Volumenkörper für Schächte ausreichen, während auf detaillierte Leitungen und Rohre mit ihren Durchmessern verzichtet wird.

Eine fundamentale Grundlage dieses Frameworks ist, dass die integrale Besprechung zwischen den Gewerken zeitlich effizient ist, wodurch ein längerer Prozess des Bearbeitens im Modell umgangen wird. Aufgrund dieser Feststellung, bestätigt durch das Auftreten von Teilnehmern in höheren Positionen, verlagert sich das Framework von einer kreativen Ideenentwicklung hin zu einer kommunikativen Entscheidungsfindung. Deshalb wird im Framework sehr auf die Interaktion und ihre Einflüsse Wert gelegt, um eine Aussage über eine wirkliche Optimierung treffen zu können. Die hybride Planungsbesprechung ist mit ihrer Offenheit somit ein wertvoller Wegweiser in die richtige Richtung, die in einer Phase der Implementierung von neuen Technologien eingeschlagen werden muss.

Technologie entwickelt sich nicht von alleine. Das Erreichen dieser Verbesserungen wird nur ermöglicht, wenn viele Menschen gemeinsam danach streben und zusammenarbeiten. Aus diesem Grund positioniere ich mich als Vorantreibender der Digitalisierung der Baubranche, sodass sich dieser Fortschritt zum Nutzen der Gesellschaft etablieren kann. Künstliche Intelligenz wird in weiterer Folge einen großen Beitrag dazu leisten, indem Prozesse und Variationen optimiert werden, Vorschläge auf Basis von Algorithmen gemacht werden, die die Entscheidungsfindung unterstützen.

"Die reinste Form des Wahnsinns ist es, alles beim Alten zu lassen - und gleichzeitig zu hoffen, dass sich etwas ändert" (Albert Einstein, 1879-1955).

Literatur

- [1] C. M. Achammer. „Planungsprozesse“. In: Technische Universität Wien (2001). https://www.industriebau.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-industriebau/Diverse/Lehre/LV-Beispiel/pp_Teil2.pdf.
- [2] A. Agarawala und J. Lee. 2022 Spatial Systems, Inc. 2019. <https://www.spatial.io/>.
- [3] V. AS. Vrex. 2021. <https://www.vrex.no>.
- [4] W. S. Bainbridge. „The scientific research potential of virtual worlds“. In: science 317.5837 (2007), S. 472–476.
- [5] L. Baumgärtel, R. Schönbach, R. Hartung, A. Ruwoldt und K. Klemt-Albert. „BIM-basierte Kollaboration: Ein phasenorientiertes Ablaufkonzept für digitale Besprechungen“. In: Bautechnik 97.12 (2020), S. 817–825.
- [6] F. Biocca und C. Harms. „Defining and measuring social presence: Contribution to the networked minds theory and measure“. In: 2002 (2002), S. 1–36.
- [7] A. Biswas, G. Baranwal und Anil. „ABAC: Alternative by alternative comparison based multi-criteria decision making method“. In: (2022). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417422013410>.
- [8] A. Borrmann, M. Koenig, C. Koch und J. Beetz, Hrsg. Building Information Modeling. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. <https://doi.org/10.10072F978-3-658-05606-3>.
- [9] C. Boton. „Supporting constructability analysis meetings with Immersive Virtual Reality-based collaborative BIM 4D simulation“. In: Automation in Construction 96 (2018), S. 1–15.
- [10] A. R. Dennis, R. M. Fuller und J. S. Valacich. „Media, tasks, and communication processes: A theory of media synchronicity“. In: MIS quarterly (2008), S. 575–600.
- [11] C. Fleischmann. Arthur Technologies GmbH. 2019. <https://www.arthur.digital>.
- [12] V. Getuli, P. Capone, A. Bruttini und S. Isaac. „BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach“. In: Automation in Construction 114 (2020), S. 103160.
- [13] V. Havard, A. Trigunayat, K. Richard und D. Baudry. „Collaborative virtual reality decision tool for planning industrial shop floor layouts“. In: Procedia CIRP 81 (2019), S. 1295–1300.

- [14] InsiteVR. Vrban, Inc. 2017. <https://blog.insitevr.com>.
- [15] R. Kandel. Yulio Technologies Inc. 2020. <https://www.yulio.com>.
- [16] R. O. Kellems, C. Charlton, K. S. Kversøy und M. Györi. „Exploring the use of virtual characters (avatars), live animation, and augmented reality to teach social skills to individuals with autism“. In: *Multimodal Technologies and Interaction* 4.3 (2020), S. 48.
- [17] M. R. Khan und A. Wajidi. „Role of leadership and team building in employee motivation at workplace“. In: 9.1 (2019), S. 11–11.
- [18] M. Knoll. „Parametric Modeling of flexible structures for the Industry 4.0“. In: ().
- [19] I. Kovacic. „Energieeffizienter Industriebau als integrales Konzept“. In: *MIS quarterly* (2015), S. 1–30.
- [20] C. Laurell, C. Sandström, A. Berthold und D. Larsson. „Exploring barriers to adoption of Virtual Reality through Social Media Analytics and Machine Learning – An assessment of technology, network, price and trialability“. In: (2019), S. 469–474. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296319300177>.
- [21] C. Lin, C. Standing und Y.-C. Liu. „A model to develop effective virtual teams“. In: *Decision support systems* 45.4 (2008), S. 1031–1045.
- [22] P. MacLeamy. „Collaboration, integrated information and the project lifecycle in building design, construction and operation“. In: WP-1202, The construction users roundtable (2004).
- [23] P. Mayring und E. Brunner. „Qualitative inhaltsanalyse“. In: *Qualitative Marktforschung*. Springer, 2007, S. 669–680.
- [24] S. Mohammed und E. Ringseis. „Cognitive diversity and consensus in group decision making: The role of inputs, processes, and outcomes“. In: *Organizational behavior and human decision processes* 85.2 (2001), S. 310–335.
- [25] M. Paterson. „On haptic media and the possibilities of a more inclusive interactivity“. In: *New Media und Society* 19.10 (2017), S. 1541–1562.
- [26] I. Podkosova, J. Reisinger, H. Kaufmann und I. Kovacic. „BIMFlexi-Vr A Virtual Reality Framework for Early-Stage Collaboration in Flexible Industrial Building Design“. In: (2022).
- [27] M. E. Portman, A. Natapov und D. Fisher-Gewirtzman. „To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning“. In: *Computers, Environment and Urban Systems* 54 (2015), S. 376–384.
- [28] J. Reisinger und I. Kovacic. „Parametric structural optimisation tool for flexible industrial buildings: evaluation through experimental study“. In: (2021).

- [29] J. Reisinger, S. Kugler, I. Kovacic und M. Knoll. „Parametric Optimization and Decision Support Model Framework for Life Cycle Cost Analysis and Life Cycle Assessment of Flexible Industrial Building Structures Integrating Production Planning“. In: 2 (2022). <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/2/162>.
- [30] M. A. Schnabel, X. Wang und T. K. Hartmut Seichter. „Touching the untouchables: Virtual- and augmented reality“. In: (2008).
- [31] Shelbourn, Mark und Bouchlaghem. „Planning and implementation of effective collaboration in construction projects“. In: Construction Innovation (2007).
- [32] R. I. Swaab, T. Postmes, P. Neijens, M. H. Kiers und A. C. Dumay. „Multiparty negotiation support: The role of visualization’s influence on the development of shared mental models“. In: Journal of Management Information Systems 19.1 (2002), S. 129–150.
- [33] TheWild. The wild. 2017. <https://www.thewild.com/>.
- [34] D. Ververidis, S. Nikolopoulos und I. Kompatsiaris. „A Review of Collaborative Virtual Reality Systems for the Architecture, Engineering, and Construction Industry“. In: Architecture 2.3 (2022), S. 476–496.
- [35] Viatechnik. 50 Virtual Reality Technologies in Architecture and Engineering. 2017. <https://www.viatechnik.com/resources/50-virtual-reality-technologies-in-architecture-%20engineering-and-construction/>.
- [36] Wen, Qi, Qiang, Maoshan, Gloor und Peter. „Speeding up decisionmaking in project environment The effects of decision makers collaboration network dynamics“. In: International Journal of Project Management (2018), S. 819–831.
- [37] I. Zigurs und B. K. Buckland. „A theory of task/technology fit and group support systems effectiveness“. In: MIS quarterly (1998), S. 313–334.

Abbildungsverzeichnis

1.1	Screenshot der VR-Ansicht des Benutzers-Menüs [(26)]	17
1.2	Perspektive im Unity3D-Editor [(26)]	18
1.3	Immersive Sichtweise des Benutzers [(26)]	18
1.4	Radardiagramm der erreichten Ziele [(26)]	19
2.1	Schema eines BIM-Kreislaufes [(8)]	20
2.2	BIM-Prozess und Planungsaufwand [(22)]	21
2.3	Entwerfen und Gestalten von Ideen [(11)]	23
2.4	Präsentationen aus der VR-Kollaborationsplattform "Arthur"[(11)]	24
2.5	Virtueller Raum aus Spatial [(2)]	26
2.6	Visualisierung einer Punktwolke in VRex [(3)]	28
2.7	VR-Expedition von "InsiteVR" [(14)]	29
2.8	Beispiel einer Gebäudeinspektion [(33)]	30
2.9	Beispiel eines virtuellen Arbeitsplatzes [(33)]	31
2.10	Rollenverteilung einer Besprechung in VR [(11)]	33
2.11	BIM-Modelle in VR [(33)]	33
2.12	Präsentationsraum [(33)]	34
2.13	Sichtbarkeits-Tool [(33)]	34
2.14	Inspektions-Werkzeug [(33)]	35
2.15	Skizzier-Werkzeug [(33)]	35
2.16	Vorplanung Architektur	38
2.17	Vorplanung Tragwerk	39
2.18	Vorplanung TGA	40
3.1	Methodik	44
4.1	Handhabung und Benutzerfreundlichkeit	50
4.2	Übermittlung von Informationen (Quelle: Eigene Datenerfassung)	50
4.3	Zusammenarbeit	50
4.4	Zeitmanagement der Teams in Fallstudie 1	51
4.5	Entscheidungsfindung und Gesamtpunkte	52
5.1	Interviewpartner	55
5.2	Kategorien	57
5.3	Management-Tools	58

5.4	Modifikations-Tools	58
5.5	2D-Pläne	58
5.6	Visualisierungs-Tools	59
5.7	Kommunikations-Tools	60
5.8	Lokale Spezifikationen	60
6.1	Controller Steuerung mit Oculus Touch [(11)]	64
6.2	Stakeholder Interaktion	67
6.3	Hilfsmittel der Stakeholder zur Kategorie: Inhalt	70
6.4	Hilfsmittel der Stakeholder zur Kategorie: Kommunikation	74
6.5	Hilfsmittel der Stakeholder zur Kategorie: Entscheidungsfindung	77
6.6	Erfolgsfaktoren	81
6.7	Erweitertes Fließdiagramm der Stakeholder	85
6.8	Mögliche Besprechungsabläufe über die gesamte frühe Planungsphase	87
6.9	Die 4 Teilbereiche der Interaktion in VR	89
6.10	Modifikation	91
6.11	Überlappung eines 2D-Plans im Modell	92
6.12	Überlappung von Detailbeschriftung und Objekt	93
6.13	Messinstrument und Schnittwerkzeug	93
6.14	Erstellung von Aufgaben in VR	95
6.15	Benutzer-Sichtfeld mit Platzhalter for Tools	97
7.1	Gegenüberstellung der Planungsbesprechungen	101

Tabellenverzeichnis

4.1 Fragebogen zur Fallstudie	48
---	----

Anhang A

234 Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement Forschungsbereich integrale Bauplanung und Industriebau

Fakultät für Bauingenieurwesen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Prozessbeschreibung und Workflowanalyse einer integralen
Planungsbesprechung des Industriebaus für frühe Entwurfsphasen
in einer virtuellen Realität

Interview mit Bauherrn und FachplanerInnen

Verfasser der Masterarbeit:

Patric Seppi
01126376
+43 670 2024757
patricseppi@icloud.com

Betreuung:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Iva Kovacic
Dipl.-Ing. Julia Reisinger Univ.Ass.

Einwilligungserklärung:

Ich bin über das Vorgehen bei der Verschriftlichung, Datenspeicherung und Auswertung des von mir gegebenen Interviews informiert worden. Mir ist bewusst, dass die Teilnahme an diesem Interview freiwillig ist und ich zu jeder Zeit die Möglichkeit habe, das Interview abzubrechen und mein Einverständnis in eine Aufzeichnung und Transkription des Interviews zurückziehen, ohne dass mir dadurch irgendwelche Nachteile entstehen. Ich bin mit damit einverstanden, dass das Interview digital aufgezeichnet wird, transkribiert und anonymisiert wird und in anonymisierter Form im Rahmen des Lehr-Forschungsprojektes „BIMflexi“ interpretiert werden und die Studienergebnisse in Form eines Papers und einer Masterarbeit veröffentlicht werden können.

Vor- und Nachname.....

Ort und Datum.....

Unterschrift.....

Karlsplatz 13/E234, 1040 Wien

Das Forschungsprojekt BIM_Flexi

Das Forschungsprojekt BIM-Flexi ist eine von der Fakultät der TU Wien für Integrale Bauplanung und Industriebau organisierte, BIM-basierte digitale Plattform zur Planung und Optimierung von flexiblen Gebäuden für die Industrie 4.0. Es werden durch parametrisches Modellieren automatische Varianten von Tragwerksstrukturen erstellt, welche die Entscheidungsfindung beschleunigen sollen. Die Stakeholder können somit in einer frühen Planungsbesprechung schneller und effektiver Beschlüsse fassen. Dabei werden Modelle, Informationen und Ziele der Energie, Produktionsplanung, Architektur und Bauherrenwünsche integriert. Das entwickelte Tool, welches bi-direktional zu einer Multi-User VR-Plattform für integrale Entscheidungsunterstützung gekoppelt ist, gibt real-time Feedback von Planungsentscheidungen zur Öko-Bilanz, Lebenszykluskosten und Flexibilität von Industriebauten.

Meine Masterarbeit erörtert einen optimierten Ablauf und Kommunikationsaustausch einer Planungsbesprechung, der in virtueller Realität abgehalten wird. Die Teilnehmer sind mit einer VR-Brille ausgestattet und sehen die virtuelle Umgebung der zu planenden Industriehalle mit ihrem Traggerüst. Des Weiteren ist die Produktionsplanung ersichtlich, Ziele und Output von Kosten, ein LCA und die Flexibilität der generierten Varianten. Dabei unterhalten sich die unterschiedlichen Planer (Bauingenieur, Architekt, TGA, Produktplaner und Bauherr) und versuchen konstruktive Lösungsansätze und Entscheidungen gemeinsam zu treffen. Es gilt also herauszufinden, welche planungs-, kommunikations- und entscheidungsunterstützende Systeme in einer konventionellen Planung in Realität vorkommen, um diese in einem Virtuellen Meeting anzuwenden.

Nach Fertigstellung der Arbeit können wir Ihnen die Ergebnisse und die Masterarbeit sehr gerne zukommen lassen.
Vielen Dank für Ihre Zeit!

1. Generelle Fragen zum Unternehmen / zur Person

1.1 Welchen Beruf üben Sie aus? welche Rolle übernehmen Sie für gewöhnlich in einem Projekt?

1.2 In welchem Tätigkeitsfeldern ist Ihr Unternehmen tätig (Tragwerksplanung, Architektur, TGA, Produktionsplanung, Bauphysik, Bauherr)?

1.3 Wie viele Mitarbeiter beschäftigt ihr Unternehmen? Welches Volumen haben die Projekte die Sie abwickeln? (Baukosten 1-6)

Karlsplatz 13/E234, 1040 Wien

2. Fragen zu der Planungsbesprechung im frühem Stadium

Folgende Fragen beziehen sich **nicht** auf eine wöchentliche Baubesprechung in z.B. der Ausführungsphase, sondern richten sich an Planungsbesprechungen und Entscheidungsfindungsprozesse in frühen Planungsphasen.

2.1 Ablauf: Wie läuft eine integrale Planungsbesprechung in der frühen Entwurfsphase zwischen unterschiedlichen Gewerken (TGA, Statik, Architektur, Bauherr, Produktion) generell ab? Wer nimmt teil und wie lange dauert es? Welche Ziele und Erwartungen gibt es? Wie ist der durchschnittliche Zeitaufwand und wie oft trifft man sich bis zum konkreten Einigung zu einem Projektentwurf?

2.2 INHALT: Welche Tools werden benötigt um Ideen über das Projekt zu kreieren (Pläne, Fotos, Tabellen)? Was für Daten werden benötigt? Wie wird dabei vorgegangen (Methode und Ablauf)? Und wer (Stakeholder) ist wie beteiligt? Wer und wie wird geplant/Ideen kreiert? Was davon eignet sich besonders gut, wo sind Schwachstellen? Welche Randbedingungen und Kriterien gibt es?

2.3 KOMMUNIKATION: Welche Hilfsmittel, Tools werden verwendet, um sich miteinander auszutauschen und Ideen/Informationen gegenseitig zu überliefern? (Stift und Papier?) Was ist besonders gut an ihnen? Welche Daten werden benötigt? Wie ist der Ablauf und die Methode? Wer leitet das Gespräch und moderiert? Wer und wie wird dokumentiert?

2.4 ENTSCHEIDUNGSFINDUNG: Unter Zuhilfenahme welcher Tools werden Entscheidungen getroffen? Welche Daten sind erforderlich um Entscheidungen treffen zu können? Wie werden Entscheidungen getroffen? Wer moderiert, delegiert und trifft Entscheidungen letztendlich? Welche Mittel und Methoden sind bei diesem Prozess äußerst Zielführend?

2.5 Welche Verbesserungspotentiale, Defizite und Erfolgsfaktoren sehen Sie in derzeit ablaufenden integralen Planungsentwurf- und Entscheidungsprozessen? Wie können digitale Technologien (wie z.B. Virtual Reality) ihrer Ansicht nach den Planungsbesprechungsprozess verbessern bzw. Entscheidungsfindung unterstützen und was ist dafür aus Ihrer Sicht notwendig?