

DIPLOMARBEIT

„Phase 0 – intelligente LernRaumOrganisation für das Zentrale
Berufsschulgebäude Seestadt Aspern“

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von**

Univ. Prof. Prof.h.c. Dipl.-Ing.Dietmar Wiegand

E260/03

Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen,
Forschungsbereich Projektentwicklung und -management

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Ahmed Kandil

1125824

Wien, am 23.05.20



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.

Zusammenfassung/Abstract

Deutsch

Die Stadt Wien befasst sich seit 2014 mit der strategischen Neuausrichtung der Wiener Bildungsstätten (BIENE Programm- das bis 2034 angelegte Bildungseinrichtungen Neubauprogramm). In der Phase II des Programms wird die Errichtung eines Zentralen Berufsschulgebäudes geplant, dass eine Nutzung ab dem Jahr 2027 vorsieht.

Das Zentrale Berufsschulgebäude sieht eine Zusammenlegung von acht Berufsschulen vor, die derzeit verteilt über Wien zu finden sind. Basierend auf Informationen der Stadt Wien, ist das Ziel dieser strategischen Umstrukturierung:

- a) Bestehende innerstädtische Schulstandorte freispielen für Schulen, die vor Ort keinen Platz finden, aber vor Ort sein müssen. (Volks- und Mittelschulen)
- b) Eine Synergie zwischen den Berufsschulen, die zum Teil ähnliche Ausbildung anbieten, zu schaffen.

Primärer Auftrag im Rahmen der Diplomarbeit war es mit Hilfe von Nutzungssimulationen den Einfluss der Lernformen und des Facility Managements (FM) auf das Raumprogramm des ZBG 6 (Zentrales Berufsschulgebäude 6) zu untersuchen. Die Diplomarbeit ist zugleich die Demonstration eines modellhaften Prozesses für die integrierte, computerunterstützte Planung einer LernRaumOrganisation.

English

Since 2014, the City of Vienna has been working on the strategic reorientation of Vienna's educational institutions (BIENE Programme – the new building programme for educational institutions until 2034). In Phase II of the programme, the construction of a central vocational school building is planned, which is to be used from 2027.

The central vocational school building envisages a merger of eight vocational schools, which are currently spread throughout Vienna. Based on the information provided by the City of Vienna, the objective of this strategic restructuring involves the following:

- a) Freeing up existing inner-city school locations for schools that cannot find a place on-site but have to be on-site. (primary and secondary schools)
- b) Creating a cooperative partnership between the vocational schools, some of which offer similar training.

The primary task within the scope of the degree dissertation was to investigate the influence of the forms of learning and facility management (FM) on the room programme of the ZBG 6 (Zentrales Berufsschulgebäude 6/central vocational school building 6) by means of usage simulations. The degree dissertation is also a demonstration of a model process for the integrated, computer-assisted planning of a learning space organisation.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG/ABSTRACT	1
DEUTSCH	1
ENGLISH	2
INHALTSVERZEICHNIS.....	3
1. GLOSSAR.....	5
1.1. SIMULATION	5
1.2. MEHRFACHNUTZUNG.....	6
1.3. HEATMAP.....	6
2. EINLEITUNG.....	7
2.1. LERNRAUMORGANISATION – DER ANSATZ DES FORSCHUNGSBEREICHS PROJEKTENTWICKLUNG FÜR DIE PHASE NULL	7
2.2. AUFGABENSTELLUNG UND ZIELE DER DIPLOMARBEIT.....	10
3. PROJEKTMANAGEMENT ZBG 6	11
3.1. PROJEKTLANDSCHAFT UND ZUSTÄNDIGKEITEN	11
3.2. ROLLEN	12
3.3. PROJEKTORGANISATION – TEILPROJEKT LERNRAUMORGANISATION	13
4. KONKRETISIERUNG DER QUANTITATIVEN ANFORDERUNGEN AN DIE LERNRAUMORGANISATION	16
4.1. BESTANDSAUFNAHME BERUFSSCHULEN	17
4.2. LOKALAUGENSCHEIN IN DEN SCHULEN	18
4.2.1. BERUFSSCHULE FÜR EINZELHANDEL.....	18
4.2.2. BERUFSSCHULE FÜR INDUSTRIE, FINANZEN, TRANSPORT	19
4.2.3. BERUFSSCHULE FÜR BAUGEWERBE	20
4.3. ZUSAMMENFASSUNG LOKALAUGENSCHEIN.....	21
5. ENTWICKLUNG UND IMPLEMENTIERUNG VON SIMULATIONSRECHNUNGEN ZUR ERZEUGUNG EINES RAUMPROGRAMMS FÜR DAS ZBG 6	22
5.1. EINSATZ DER SIMULATION.....	22
5.2. GRUNDVORAUSSETZUNGEN FÜR DEN EINSATZ DER SIMULATION	22
5.3. SIMULATIONSSTRATEGIE	23
5.4. FRAGESTELLUNGEN AN DIE SIMULATION	24
5.5. ENTWICKLUNG DES SIMULATIONSMODELLS.....	25
5.6. IMPLEMENTIERUNG DES DATENMODELLS	27
5.7. RAHMENSETZUNG FÜR DIE SIMULATIONSBERECHNUNG	28
5.8. NUTZUNGSSZENARIEN.....	30
5.8.1. SZENARIO – „POOL“	31
5.8.2. SZENARIO – „CLUSTER“	33
5.8.3. SZENARIO „SINGLE“	35
5.9. DER BERECHNUNGSVORGANG	36
6. DATENERHEBUNG.....	38
6.1. ART DER QUANTITATIVEN DATEN	38
6.2. DATENERHEBUNGSPROZESS	40
6.2.1. ARBEITSANWEISUNG FÜR DAS PROGRAMM „UNTIS“.....	40
6.3. DATENQUALITÄT	42
7. VALIDIERUNG DER SIMULATION:.....	43
8. VERIFIZIERUNG DER SIMULATION.....	45
8.1. VERGLEICH KENNZAHLEN:	45
8.2. TESTSCHULE.....	48

9. SIMULATIONSERGEBNISSE	50
9.1. SIMULATIONSERGEBNISSE DER EINZELNEN NUTZUNGSSZENARIEN	53
9.1.1. LEGENDE AUSWERTUNGSTABELLE:	53
9.2. SZENARIO „POOL“ MIT MEHRFACHNUTZUNG	53
9.3. SZENARIO „POOL“ OHNE MEHRFACHNUTZUNG	53
9.4. ERGEBNIS SZENARIO „CLUSTER“ MIT MEHRFACHNUTZUNG	54
9.5. ERGEBNIS SZENARIO „CLUSTER“ OHNE MEHRFACHNUTZUNG	55
9.6. ERGEBNIS SZENARIO „SINGLE“ MIT MEHRFACHNUTZUNG	56
9.7. ERGEBNIS SZENARIO „SINGLE“ OHNE MEHRFACHNUTZUNG	58
9.8. INTERPRETATION DER EINZELNEN SIMULATIONSERGEBNISSE	59
9.9. HEATMAP – BELEGUNGSDICHTE	61
10. FLÄCHENBERECHNUNG.....	64
10.1. FLÄCHENBERECHNUNG BEISPIEL SZENARIO „CLUSTER MIT MEHRFACHNUTZUNG“	65
11. ZUSATZ SONDERAUSWERTUNG GENETISCHER ALGORITHMUS	66
11.1. VERGLEICH ERGEBNIS: SONDERAUSWERTUNG GENETISCHER ALGORITHMUS	67
12. EMPFEHLUNG ZU LERNRAUMORGANISATION	68
12.1. RAUMPROGRAMM	69
12.2. BEISPIEL FÜR FUNKTIONSPROGRAMM	70
13. FAZIT	71
14. AUSBLICK.....	73
VERZEICHNISSE.....	74
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	74
DIAGRAMMVERZEICHNIS	74
TABELLENVERZEICHNIS	74
LITERATURVERZEICHNIS	75
ANHÄNGE.....	76
ANHANG I - HEATMAP ZBG 6	77
ANHANG II - AUSZUG ROHDATEN	83
ANHANG III - INTERVIEWLEITFADEN.....	86
ANHANG IV - EXPERTENINTERVIEW	89

1. Glossar

1.1. Simulation

Computersimulationen werden entwickelt, um Fragen zu beantworten. Der Startpunkt der Arbeit mit Simulationen dient dem Erkenntnisinteresse. Im vorliegenden Fall: Wieviel Lernräume benötigt das Zentrale Berufsschulgebäude 6 (ZBG 6), bei unterschiedlichen Formen des Facility Managements resp. bei unterschiedlichen Formen der Mehrfachnutzung?

Damit die Simulation Fragen beantworten kann, wird ein **Simulationsmodell** entwickelt, das die bestehende oder die geplante Wirklichkeit abbildet. Die Darstellung richtet sich nach der Art der Simulation. Bei discrete event simulations (DEVS) wird beispielsweise mit UML „statecharts“ gearbeitet, sie beschreiben, was der Computer tut, wenn ein bestimmtes Ereignis eintritt.

Ein Simulationsmodell wird **implementiert**, das kann in einem existierenden Programm (Excel, AnyLogic o.ä.), in einer Programmiersprache (C++) oder mit Skripten (z.B. Javascript) erfolgen, die in "Hilfsprogrammen" (Java Runtime Environment o.ä.) bestimmte Rechenprozesse auslösen. Ein implementiertes Simulationsmodell wird **validiert**, d.h. es wird z.B. mit Hilfe von Experten geklärt, ob die Simulation die Wirklichkeit richtig abbildet. Ein implementiertes Simulationsmodell wird **verifiziert**, d.h. es wird z.B. mit Hilfe von Kontrollrechnungen geklärt, ob es richtig rechnet.

In das Simulationsmodell werden **Daten eingegeben**, um dann Simulationsläufe durchzuführen.

Die **Simulationsläufe** erzeugen Simulationsergebnisse (Daten), die dann interpretiert werden müssen. Danach kann das Konzept (und die Parameter der Simulation) verändert werden und erneut Simulationsläufe durchgeführt werden.

Erkenntnisse (z.B. zu Systemalternativen oder Systemgrenzen) bilden das Ende der Simulationsläufe. Das **Ende des Simulationsprozesses** ist abhängig von den Zielen der Simulation (was soll mit dem Simulationsprozess erreicht werden). Sie reichen von Erkenntnissen bis zu einem optimierten System – im vorliegenden Fall: eine näherungsweise optimierte LernRaumOrganisation.

1.2. Mehrfachnutzung

Der Begriff **Mehrfachnutzung (MFN)** bezeichnet:¹

- Die fortlaufende Nutzung ein und desselben Raumes, welche gerade für den Schulbau von Bedeutung ist.
- Die gleichzeitige Nutzung eines Raumes, zur selben Zeit (Co-Working Space).

Die Mehrfachnutzung ermöglicht den effizienten Einsatz der Ressource Raum.

„Es geht schlicht darum, Räume besser als bisher zeitgleich oder zeitlich nacheinander zu nutzen.“²

1.3. Heatmap

Eine Heatmap wird basierend auf Daten als Visualisierungsmethode von bestimmten Verhaltensformen, mithilfe von „Wärmebild-Farben“, verwendet.

¹ Vgl. Interview vom 27.04.2020 mit Univ.Prof. Dietmar Wiegand, TU Wien, Leiter des Forschungsbereichs Projektentwicklung und – management. Siehe Anhang IV, S. 89

² Wiegand, D; „Einfach Mehrfach“

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008530.pdf>, 2018, Abrufdatum: 18.04.2020, S.16

2. Einleitung

2.1. LernRaumOrganisation – der Ansatz des Forschungsbereichs Projektentwicklung für die Phase Null

Die Diplomarbeit ist ein klar abgegrenzter, vom Diplomanden eigenständig durchgeführter Bestandteil der Bedarfsermittlung im Projekt Zentrales Berufsschulgebäude 6 (ZBG 6) in Wien, d.h. die Diplomarbeit ist Teil eines Prozesses der Erstellung eines Raum- und Funktionsprogramms.

Im Rahmen des Projekts ZBG 6 sollen acht Berufsschulen in Wien mit insgesamt 7.500 SchülerInnen (max. gleichzeitige Anwesenheit von 2.500 SchülerInnen) und 300 LehrerInnen in einem neuen Zentralen Berufsschulgebäude, dem ZBG 6, in der Seestadt Aspern zusammengeführt werden.

Der Ansatz des Forschungsbereichs Projektentwicklung und -management der TU Wien, im Projekt ZBG 6, ist es Nutzung, Raum und Betrieb im Zusammenspiel zu betrachten und integriert zu optimieren. Ein Raum- und Funktionsprogramm gibt es weiterhin, aber nur zusammen mit Aussagen zur Nutzung - dem Lernen - und dem Betrieb - insbesondere der Organisation der Raumnutzung über die Zeit.

Prof. Dr. techn. Katja Ninnemann, Absolventin des Fachbereichs Projektentwicklung der TU Wien, nennt dies in ihrer Dissertationsschrift „LernRaumOrganisation“.³

Nach Ansicht des Forschungsbereichs Projektentwicklung der TU Wien kann und sollte der bis ca. Sommer 2027 andauernde Prozess der Entwicklung des ZBG 6 genutzt werden, um integriert moderne didaktische, baulich-räumliche und organisatorische Konzepte zu implementieren:

³ Ninnemann, Katja: „Innovationsprozesse und Potenziale der Lernraumgestaltung an Hochschulen – Die Bedeutung des Dritten Pädagogen bei der Umsetzung des 'Shift from Teaching to Learning'“; Münster, Internationale Hochschulschriften Band 640; Waxmann, 2018, S.8.

- *Der Wechsel vom Lehren zum Lernen (active learning approach) kann in den Lernformen, in den Lernräume und in der Schulorganisation vollzogen werden.*
- *Die physisch-materiellen Lernräume und die technisch-virtuellen Lernräume können auf die neuen Formen der sozialen Interaktion (informelles Lernen, informelle Lernräume) und die neuen Interaktionen mit dem und in dem virtuellen Lernraum (blended learning, integrated learning) vorbereitet werden.*
- *Die Schulorganisation kann an die neuen Lernformen, die neuen Lernräume, die technisch-virtuelle Infrastruktur und die soziale Interaktion angepasst werden.*
- *Die nacheinander Nutzung und die zeitgleiche Nutzung der formellen und der informellen, der physisch-materiellen und der technisch-virtuellen Lernräume kann organisiert werden.⁴*

Forschungsarbeiten von Prof. Dr. techn. Katja Ninnemann im Fachbereich Projektentwicklung⁵ der TU Wien haben gezeigt, dass die integrierte Betrachtung von Lernen, Raum und Organisation der Bildungseinrichtung auf einem Innovationsprozess basiert, der verschiedene Planungsinhalte integriert:

- *den physisch-materiellen Raum, als Interaktions- und Erlebnisraum, u.a. mit formellen und informellen Ebenen*
- *den virtuell-technischen Raum, als Interaktions- und Erlebnisraum, formell / informell genutzt*
- *die Zeit, insbesondere in Verbindung mit der Nutzung des Raumes*
- *das Lernen, mit seinen unterschiedlichen Formen und Akteuren*

⁴ Ninnemann, K., Wiegand, D.: „Moderne Schulraumplanung“; bisher unveröffentlichte interne Forschungsarbeit am Forschungsbereich Projektentwicklung der TU Wien, 2020, S.9

⁵ Ninnemann (2018) S.8.

- *die Schulorganisation, von der Organisation des Lernens bis zum Facility Management*⁶

Raumbedarf lässt sich also nur gemeinsam mit Lernformen und Schulorganisation denken.

Die Lernraumgestaltung und die Quantifizierung des Lernraumbedarfs muss unter Berücksichtigung der Schulorganisation als „Dritten Pädagogen“⁷ erfolgen und sollte auch die zukünftigen Lernformen berücksichtigen. Das Ergebnis ist ein integriertes Konzept der LernRaumOrganisation, in dem Lernräume als dynamisch genutzte Interaktionsräume betrachtet werden, die integriert mit Lernformen und der Schulorganisation entworfen und quantifiziert werden, was die Komplexität des Entwurfs massiv erhöht und den Wunsch nach Computerwerkzeugen zur Optimierung der LernRaumOrganisation - dem Kern der vorliegenden Diplomarbeit - erzeugt. Grund dafür ist, dass die Menge der dynamischen Prozesse und die nahezu unendlich große Zahl möglicher Systemvarianten sich dem menschlichen Vorstellungsvermögen entzieht.

Das LernRaumOrganisations-Konzept ist stark vereinfacht ein dynamisches Raum- und Funktionsprogramm der Lernräume, das Schulorganisation und Lernformen als integralen Bestandteil enthält.

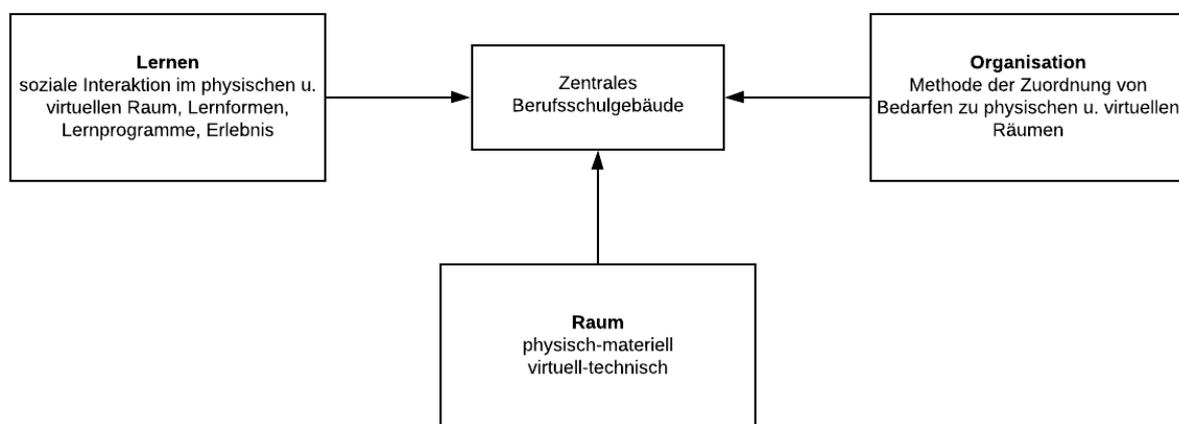


Diagramm 1: LernRaumOrganisation

⁶ Ninnemann (2018) S.8.

⁷ Ninnemann (2018) S.8.

2.2. Aufgabenstellung und Ziele der Diplomarbeit

Die Aufgabenstellung im Rahmen der Diplomarbeit ist es ein Simulationsmodell zu entwickeln, welches parametergesteuert ein Raum- und Funktionsprogramm für das Zentrale Berufsschulgebäude ZBG 6 in der Seestadt Aspern in Wien und Kennzahlen zu diesem Raum- und Funktionsprogramm generiert. Das Simulationsmodell soll getestet und im Rahmen des Projekts ZBG 6 angewendet werden. Die Diplomarbeit soll damit:

- a) einen eigenständigen Beitrag zur Bedarfserhebung für die Berufsschule ZBG 6 leisten und über das Einzelvorhaben hinaus
- b) Erkenntnisse zu einem modellhaften Vorgehen bei der computerunterstützten Generierung von LernRaumOrganisationen liefern.

Übergeordnete Bewertungskriterien für die Bedarfserhebung im Rahmen der Diplomarbeit für die Berufsschule ZBG 6 resp. Qualitätskriterien der LernRaumOrganisation sind:

- der effiziente Einsatz insbesondere der „Ressource Raum“ ist sichergestellt.
- qualitative Anforderungen der Bildungseinrichtungen resp. Wünsche und Anforderung der Lehrerschaft sind soweit bekannt berücksichtigt.
- geplante moderne Lehr- und Lernformen werden soweit bekannt ermöglicht.

Über dem Einzelvorhaben ZBG 6 hinaus soll der Einsatz von Simulationstechnik auf seine Modellhaftigkeit überprüft werden. Zu folgenden Fragen werden Antworten erwartet:

- Hat der Einsatz der Simulationstechnik Vorbedingungen?
- Welche Fragen sollten mit Simulationstechnik beantwortet werden?
- Zu welchen Zeitpunkten und mit welchen Zielen sollte die Simulationstechnik eingebunden werden?

3. Projektmanagement ZBG 6

3.1. Projektlandschaft und Zuständigkeiten

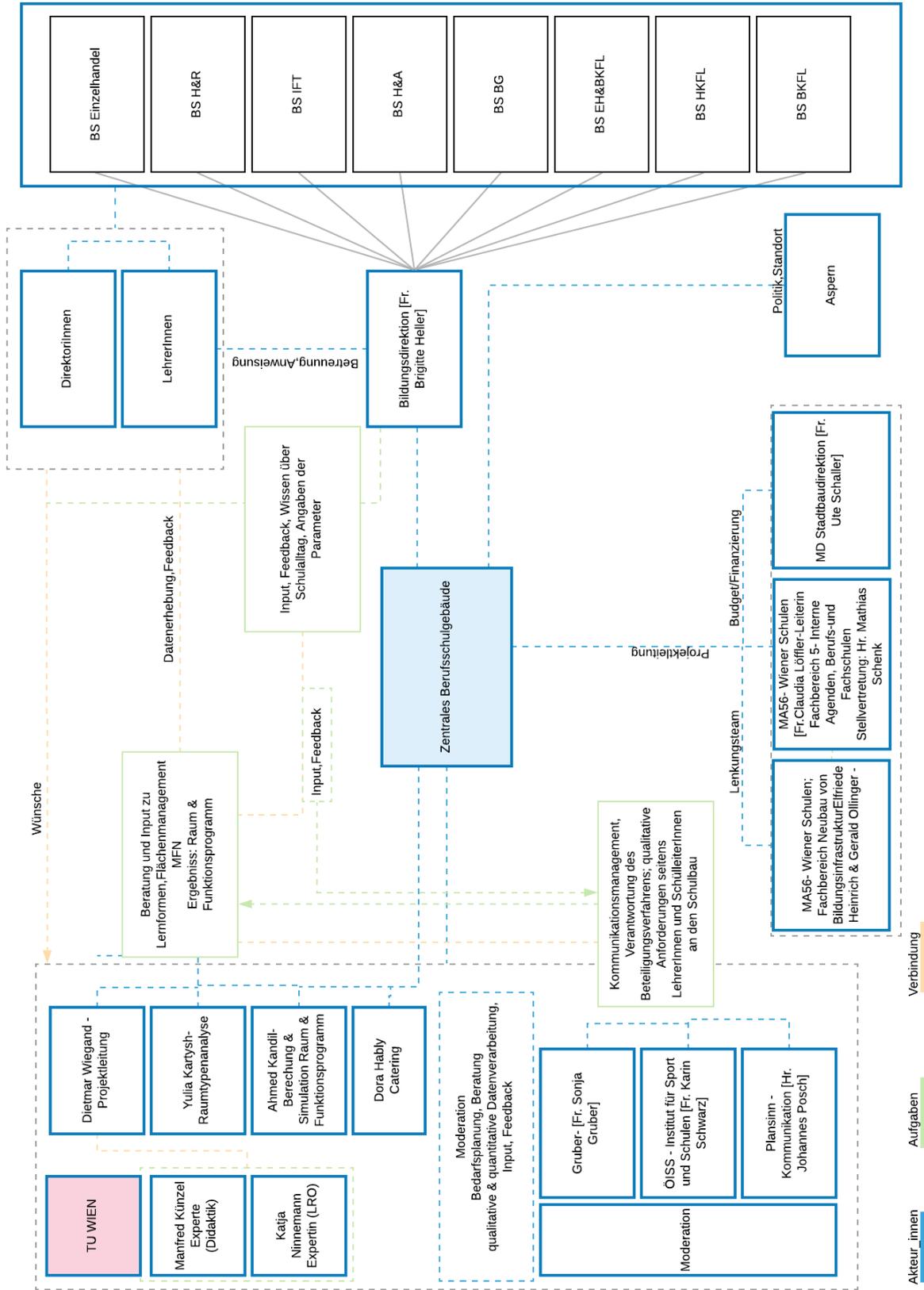


Abbildung 1: Projektlandschaft

Die Akteurslandschaft definierte die beteiligten Personen im partizipativen Planungsprozess und deren Zuständigkeiten. In Österreich bestehen große Bemühungen solche partizipativen Prozesse in der Planung von komplexen Projekten einzusetzen und mithilfe von externen Beratern, mit genügend Fachkompetenz, zu optimieren. Im Zentrum solcher Prozesse befindet sich die Moderation, die mithilfe von Kommunikationskonzepten, derartige Abläufe bestmöglich gestaltet⁸. Die Kenntnis, insbesondere der Interessen der Ressourcen und der Capabilities (Fähigkeiten) der Akteure ist die Voraussetzung für die erfolgreiche Steuerung des Projekts und schlussendlich für den Projekterfolg.

3.2. Rollen

Die Interdisziplinarität des Prozesses der Bedarfserhebung bei Bildungsbauten ist eine Herausforderung und bedarf eines guten Bewusstseins für die Rollen und Zuständigkeiten im Projekt.

Im Falle von ZBG 6 wurden die Rollen durch die Projektleitung wie folgt definiert:

TU WIEN

Wiegand, Dietmar; Projektleiter für den Auftrag der

LernRaumOrganisation: Einbringung der Expertisen zu Nutzungsabläufen, Lern- und Raumorganisation, Mitwirkung an der qualitativen Bedarfserhebung und dem Beteiligungsverfahren.

Bildungsdirektion

Brigitte Heller: Schnittstelle zum Lehrpersonal, sowie Einbringung von Abläufen des internen Betriebs.

Arbeitsgemeinschaft Moderation

Büro Gruber: Sonja Gruber

(ÖISS): Karin Schwarz

Plansinn: Johannes Posch

⁸ Hölzel, Marco; Krön, Elisabeth: Partizipation bei der Projektentwicklung, https://www.researchgate.net/publication/332728102_Partizipation_bei_der_Projektentwicklung_Bedeutung_und_Entwicklung_partizipativer_Prozesse_in_der_Projektentwicklung, 2019, Abrufdatum: 19.03.2020.

Partizipationsprozess: Einbindung der SchulleiterInnen und LehrerInnen in die Bedarfserhebung.

Baudirektion (BH)

Projektsteuerung: Beauftragung des Projekts ZBG 6, sowie die Qualitätssicherung im Projekt.

MA56 (Wiener Schulen) – Auftraggeber der TU Wien

BauherrInnenvertretung; Einbringung von Informationen der Projektabwicklung; Feedback & Input.

3.3. Projektorganisation – Teilprojekt LernRaumOrganisation

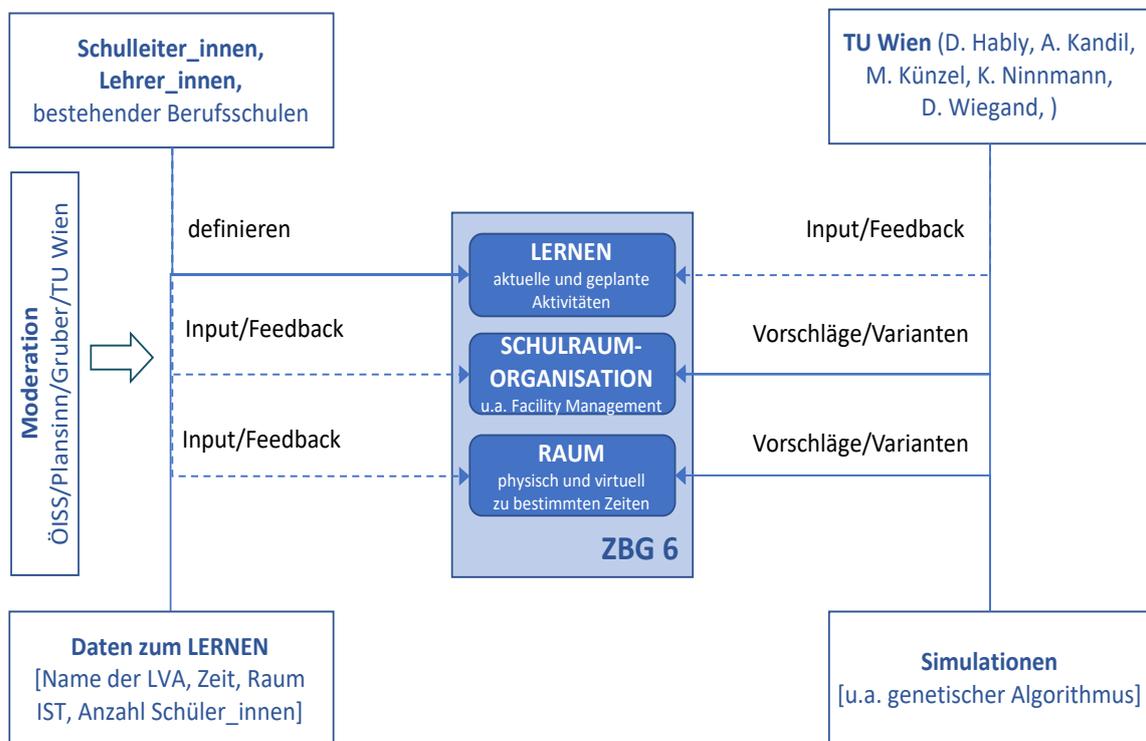


Diagramm 2: Projektorganisation

Die Projektorganisation definierte den Zusammenschluss der Beteiligten und deren Aktivitäten in der integrierten Planung (LernRaumOrganisation) im Projekt ZBG 6. Die Moderation durch ÖISS, Gruber, Plansinn und in Zusammenarbeit mit der TU Wien, war im Sinne der Bedarfsplanung ausgelegt, zielgerichtete Daten und Aussagen zu Präferenzen des Lernens, der Räume und der Organisation des Facility Managements, einzufordern.

Die TU Wien stellte spezifische Fragestellungen hinsichtlich der LernRaumOrganisation auf. Für die Definition der zukünftigen Lernformen standen in erster Linie die Aussagen der SchulleiterInnen und deren LehrerInnen. Aussagen der SchulleiterInnen zu aktuellen Lernformen, Synergien, Raumbelugung etc. wurden durch das Moderationsteam dokumentiert und durch das Team der TU Wien quantitativ sowie qualitativ, analysiert und ausgewertet.

Prozess Schritt I

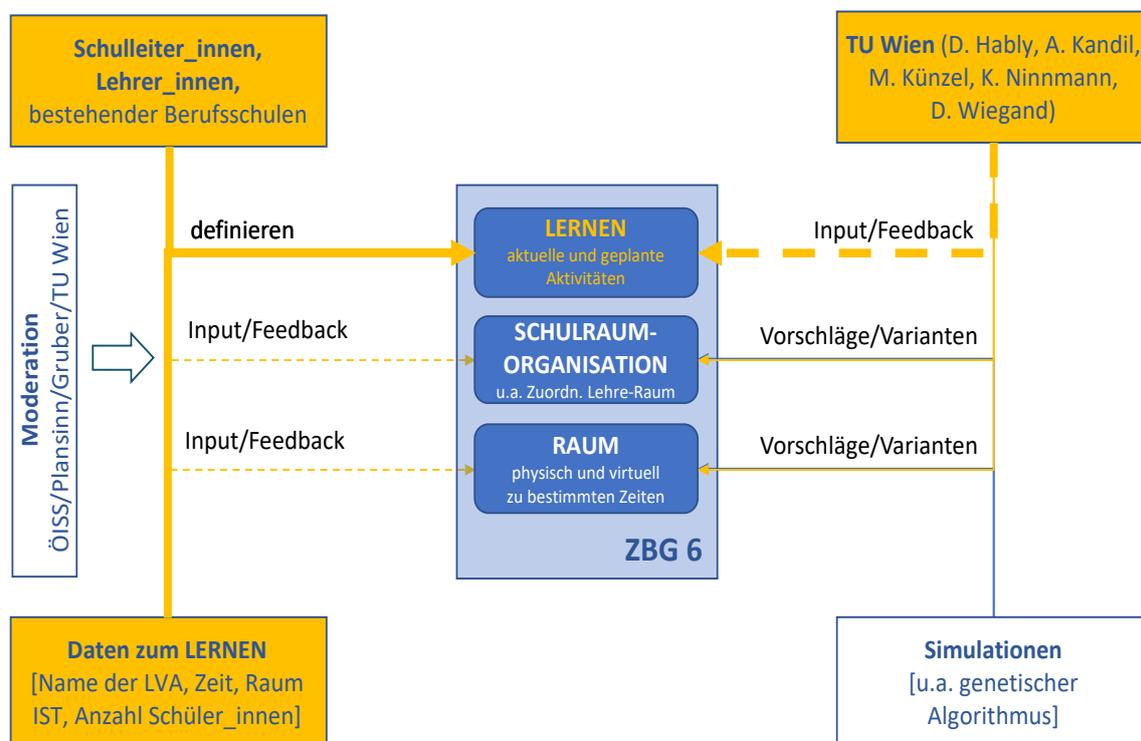


Diagramm 3: Projektorganisation Schritt I

Im Prozess Schritt I, definierte das Lehrpersonal die aktuellen und die zukünftigen Lernziele und Lernformen. Diese beinhalteten Themen wie: Schulalltag, Stundenpläne, Lernformen, Raumbestand, Raumbelugung, Volatilitäten, Lehrberufe etc. Aus der Bestandsaufnahme erstellte die TU Wien, als beratende Stelle, mithilfe von Fachexperten, eine Liste von Zielen, die seitens der Lehrerschaft im Projekt ZBG 6 erreicht werden sollten. Es wurden beispielsweise Möglichkeiten zum Wechsel zwischen Instruktion und Übung innerhalb einer Unterrichtseinheit (i.d.R. 45 Minuten) gewünscht,

was bei der Beibehaltung einer Trennung von Theorie- und Übungsräumen, nicht möglich wäre. Da zunehmend in Übungsbetrieben betriebliche Abläufe geschult werden, wurde häufig eine Ähnlichkeit der Unterrichtsräume mit betrieblicher Infrastruktur gewünscht.

Prozess Schritt II

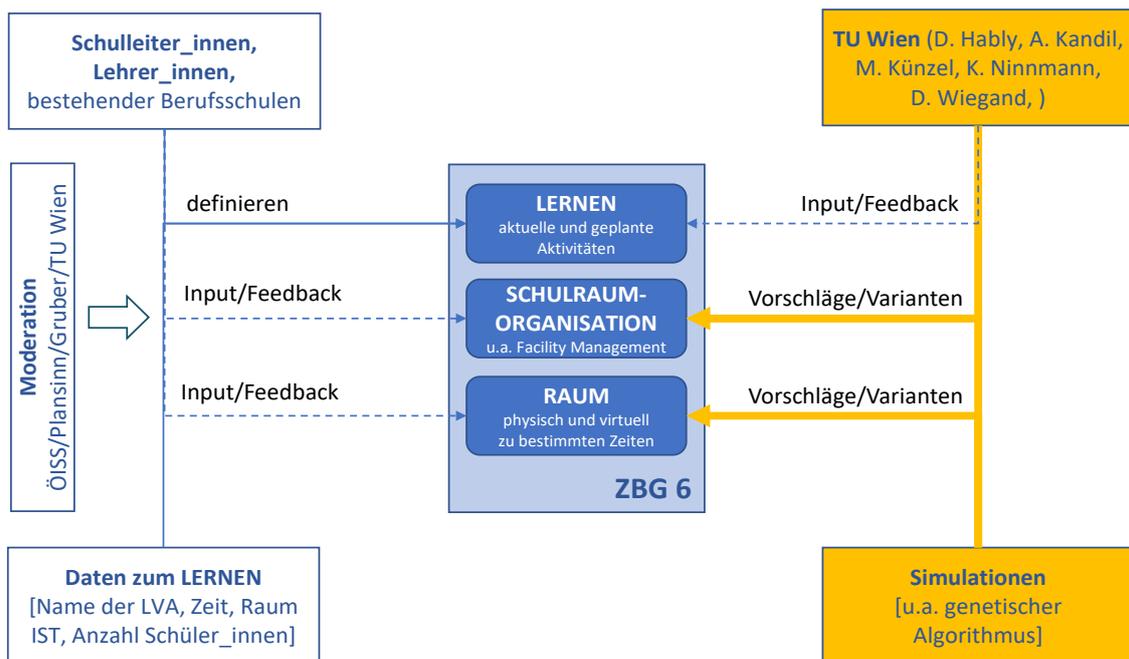


Diagramm 4: Projektorganisation Schritt II

Im Schritt II wurde seitens der TU Wien, Vorschläge zu den Lernräumen und zur Zuordnung der Raumbedarfe (der geplanten Lernaktivitäten) zu den Lernräumen in den Prozess eingebracht. Diese Vorschläge wurden mithilfe der Simulationen, die Gegenstand der Diplomarbeit sind, untersucht und bewertet - insbesondere hinsichtlich der Effekte der alternativen Lösungen für das Raum- und Funktionsprogramm.

4. Konkretisierung der quantitativen Anforderungen an die LernRaumorganisation

Folgendes Kapitel beschreibt, als Bestandteil der integrierten Planung, die Erkenntnisse der quantitativen Datensammlung, welche für die Simulation benötigt wurden.

Die Anforderungen zum Projekt ZBG 6 entstanden durch Eindrücke aus den Lokalaugenscheinen, Gesprächen mit der LehrerInnenschaft nach drei Besuchen (Berufsschule für: Handel, Industrie und Bau) sowie durch die Beteiligungsverfahren. Dabei wurde gezielt auf die Fragestellungen zu den aktuellen Lernformen, der Raumnutzung, den Bedürfnissen, den Sicherheiten und den Bedenken des Lehrpersonals eingegangen. Informationen zu den, seitens der Lehrerschaft und der SchulleiterInnen, gewünschten Lernräume und zu den geplanten Lernaktivitäten waren Voraussetzungen für den integrierten Entwurf der LernRaumOrganisation. Im vorliegenden Fall, konnte von den aktuell genutzten Räumen nicht auf die gewünschten Räume geschlossen werden, da aus Raumnot Räume in Benutzung waren, die gar nicht oder nur teilweise den Bedürfnissen und Wünschen der Lehrenden entsprachen.

4.1. Bestandsaufnahme Berufsschulen

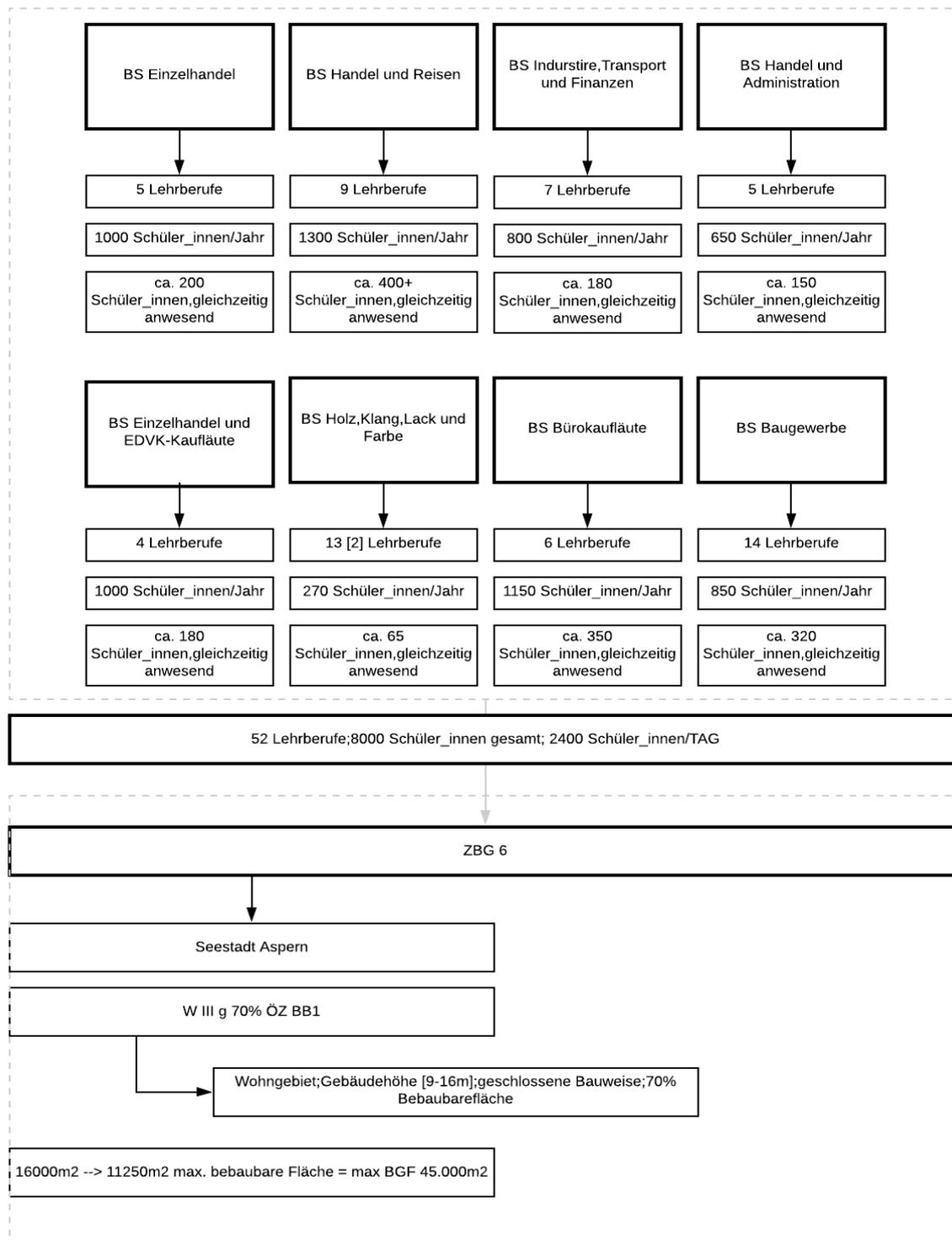


Abbildung 2: Bestandsaufnahme Berufsschulen

Die Bestandsaufnahme der Berufsschulen stellte zusammenfassend dar, in welcher Dimension die Zusammenlegung, in der Seestadt Aspern, stattfinden soll. Die Anwesenheit der einzelnen Schulen stand lt. Informationen der Stadt Wien bei einer Spanne von 65 - 400 SchülerInnen

pro Tag. Die Simulation sollte daher basierend auf die Bestandsaufnahme ein Raum- und Funktionsprogramm für ca. 2400 SchülerInnen pro Tag, berechnen.

4.2. Lokalausweis in den Schulen

Die Dokumentation des Lokalausweises basierte auf Besuchen von drei Berufsschulen, welche vertretend für alle acht betroffenen Schulen die aktuelle Situation umfassten.

4.2.1. Berufsschule für Einzelhandel

Die Berufsschule für Einzelhandel befand sich im 13. Wiener Gemeindebezirk, verfügte über eine Nutzfläche von ca. 3.500 m² und beschulte fünf Lehrberufe: Allgemeiner Einzelhandel, Lebensmittelhandel, Elektro/Elektronik, Telekommunikation, Uhren- und Juwelenhandel.

Eine der größten Herausforderungen in Berufsschulen allgemein, aber insbesondere im Einzelhandel, ist die sehr hohe Fluktuation. Es wurden viele Lehrlinge z.B. in der Probezeit entlassen oder brechen die Lehre aus persönlichen Gründen ab. Das führte zu einer erschwerten Stundenplangestaltung, da solche Änderungen eine Kettenreaktion auslösten, die unter anderem Lehrpersonal, Raumbedarf und Arbeitszeiten betrafen. Die Schule für Einzelhandel belegte größtenteils fachspezifische Räume, welche durch Wanderklassen (Klassen wechseln von Unterrichtsstunde zu Unterrichtsstunde den Raum) belegt wurden.

Eines der zentralen Bedürfnisse im Einzelhandel war es eine flächendeckende Ausstattung mit entsprechendem EDV Equipment zu erhalten. Im Hinblick auf das neue Schulgebäude wurden folgende Wünsche geäußert:

- Allgemeine EDV Ausstattung aller Klassenräume
- Zusammenlegung von Theorie- und Praxisunterricht (Räumliche Flexibilität)

4.2.2. Berufsschule für Industrie, Finanzen, Transport

Die Berufsschule IFT beschulte jährlich sieben Lehrberufe: Bankkaufleute, Versicherungskaufleute, Spediteure, Speditionslogistiker, Betriebslogistiker, Nah- und Distributionslogistiker und Industriekaufleute. Im Zuge der Erstgespräche war eine auffallend hohe Unterscheidung der Lehrplanstruktur erkennbar. Branchen wie Banken betrieben beispielsweise einen reinen Jahresunterricht, während auf Wunsch der Wirtschaft, die Berufsgruppe der Speditionslogistiker auf Blockunterricht setzten. Die hohe Vielfalt im Lehrplan sollte in Zukunft weiter steigen, welche sich ebenfalls auf den Raumbedarf auswirken wird. Der Wunsch vom Stammklassenprinzip widerlegte sich, aufgrund der Klassenteilungsdichte, im Grunde von selbst, da sich aufgrund der hohen Volatilität keine fixen Räume zu den Klassen einteilen ließen.

Im Bereich der fachspezifischen Räume, welche nicht mit Werkstätten zu verwechseln sind, bestand bis auf EDV-basierte Räume kein Bedarf.

Wünsche an das neue Berufsschulgebäude:

- Flächendeckende Ausstattung von moderner EDV-Technik
- Synergien mit Berufsschule für Baugewerbe ermöglichen
- Vertiefung auf spezifische Einrichtung innerhalb eines Klassenraumes, wie z.B. Kassen mit „praxisorientiertem Unterricht“
- Entsprechende Räumlichkeiten für das Lehrpersonal (Besprechungszimmer, Pausenzimmer, Schlafräum)
- Bereiche für Bewegung (Turnsaal)

4.2.3. Berufsschule für Baugewerbe

Eine der ältesten Berufsschulen in Wien war die Berufsschule für Baugewerbe in der Wiener Donaustadt. 850 SchülerInnen im Jahr und ca. 300 SchülerInnen täglich besuchen diese Schule, für 14 Lehrberufe. Neben einer mittelmäßigen Fluktuation lag der Schwerpunkt im Werkstättenbetrieb. Die Problemstellung war durch Schmutz und Lärm definiert, welche größtenteils eine Teilnahme am theoretischen Unterricht in der Nähe der Werkstätten parallel nicht möglich machte. Es herrschte, aufgrund der Unterscheidung in Fachgruppen, das Stammklassenprinzip. Einer der größten Umbrüche im Baugewerbe war die Digitalisierung, die auch die Berufsschulen betraf. Die Bestandsaufnahme bestätigte, dass es an jeglicher EDV Ausstattung fehlte.

Wünsche an das neue Berufsschulgebäude

- Moderne EDV Ausstattung mit flexibler Nutzung (Laptop, Tablet)
- Werkhalle mit Betriebsstandard (Lagerungsmechanismen, Absauganlagen, aktuelle Heizsysteme)
- Bibliothek
- Bereiche für Bewegung (Turnsaal)
- Planung von informellen Flächen (Sozialräume, Speisesaal)

4.3. Zusammenfassung Lokalaugenschein

Im Zuge des Lokalaugenscheins in den Schulen ergaben sich folgende Maßnahmen in den Bereichen des Lernens und des Flächenmanagements, welche für die Simulation relevant waren:

- Die Zusammenlegung von Instruktion und Betrieb. (Theorie und Praxis)
Die meisten Lehrberufe benötigen für ihren Betrieb eine EDV-Ausstattung, welche im Zuge einer Zusammenlegung, von allgemeinen Klassenräumen (Instruktion) und EDV-Räumen (Betrieb), in einem EDV-basierten Raum, hergestellt wurde.
- Die Mehrfachnutzung, im Sinne der gegenseitigen Raumbellegung in freie Raumzeitfenster durch alle Schulen sowie die Nutzung der fachspezifischen Räume durch allgemeine Unterrichtseinheiten.

Es wurde davon ausgegangen, dass alle Lernaktivitäten, die in den Raumbellegungsplänen zu finden sind, den tatsächlichen Lernaktivitäten entsprechen.

5. Entwicklung und Implementierung von Simulationsrechnungen zur Erzeugung eines Raumprogramms für das ZBG 6

5.1. Einsatz der Simulation

Der Einsatz der Simulation bedeutete die Unterstützung der LernRaumOrganisation mithilfe einer parametergesteuerten Berechnung sowie der Auswertung von Kennzahlen, welche zur Erstellung eines Raum- und Funktionsprogramm gefordert wurden. (vgl. Abschnitt 2.2.)

5.2. Grundvoraussetzungen für den Einsatz der Simulation

- integrierte Planung, Beispiel ZBG 6 LernRaumOrganisation (vgl. Abschnitt 2.1.)
- die Implementierung des Prozessablaufes unter Berücksichtigung der Vorhaben, Regeln resp. Parameter und Ziele
- die Ausführung durch qualifizierte Personen

5.3. Simulationsstrategie

In Diagramm 3 wird der modellhafte Entwicklungsweg der Simulation beschrieben, welcher sich in folgende Arbeitsschritte gliedert:

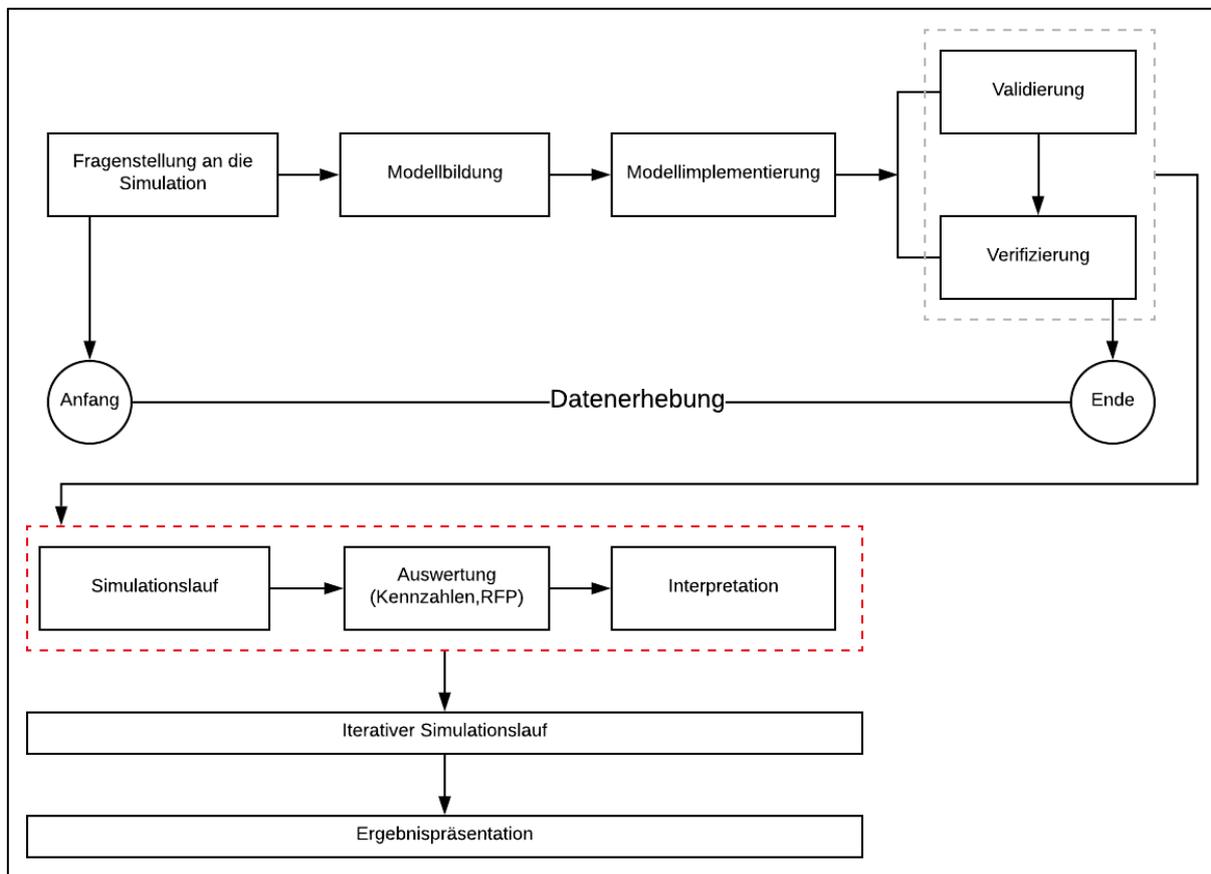


Diagramm 5: Simulationsstrategie

Basierend auf die Aufgabenstellung, ergaben sich als Auftakt der Simulation, Fragestellungen, die der LernRaumOrganisation zugrunde liegen. Diese legten die Rahmenbedingungen der Modellierung fest. Über den Prozess der Fragestellung, bis zur Freigabe eines Simulationslaufes, passierte parallel dazu die Datenerhebung, welche stetig in den Aufbau der Simulation integriert und adaptiert wurde. Mit dem Abschluss von Validierungs- und Verifizierungsvorgängen, wurden erste Kennzahlen zum Raum- und Funktionsprogramm generiert, welche auf die Fragestellungen eingegangen sind. Der Simulation unterlief ein wiederholter Simulationslauf, bis zum plausiblen Ergebnis, welcher im Zuge der

integrierten Planung, letzten Endes zur Empfehlung des Raum- und Funktionsprogramms führte.

Darüber hinaus war das Simulationsmodell ein dynamisches System, welches für weitere Fragestellungen (z.B. Demonstration und Auswirkungen auf die Raumanzahl, bei einer Verdopplung der Belegungspläne bei z.B. Berufsschule für Einzelhandel) angepasst werden konnte.

5.4. Fragestellungen an die Simulation

Die Simulation wurde für die Beantwortung folgender Fragen betreffend das Projekt ZBG 6 erstellt:

- Wieviel Lernräume benötigte das Projekt ZBG 6 unter Annahme bestimmter Lernformen, sowie unter bestimmten Formen des Flächenmanagements?
- Wie war die Auslastung der Lernräume in der Kernzeit: Montag bis Freitag zwischen 7 und 19 Uhr?
- Bestanden extreme zeitliche Spitzen beim Raumbedarf, die durch die zeitliche Flexibilisierung des Unterrichts abgebaut werden könnten.
- Welche LernRaumOrganisation hatte basierend auf den Simulationsergebnissen die größte Flächeneffizienz?
- Welches Raum- und Funktionsprogramm wurde der Stadt für das Projekt ZBG 6 empfohlen?

5.5. Entwicklung des Simulationsmodells

Die Erstellung des Datenmodells basierte auf die im vorausgegangenen Kapitel beschriebenen Fragestellungen. Für die Beantwortung dieser Fragen wurde ein Datenmodell erstellt, in dem die Daten eingegeben und anschließend berechnet und ausgewertet wurden. Die Auswertung lag einer Flat Data Base (Datenmodell) zugrunde, in dem die Inhalte der erhobenen Datensätze, zellbasiert, direkt aus den einzelnen Excel-Files entnommen wurden.

Zur Veranschaulichung ist es vergleichbar mit einer Datenbank basierend auf folgendem Entity-Relations-Diagramm (ERD):

ERD-Diagramm

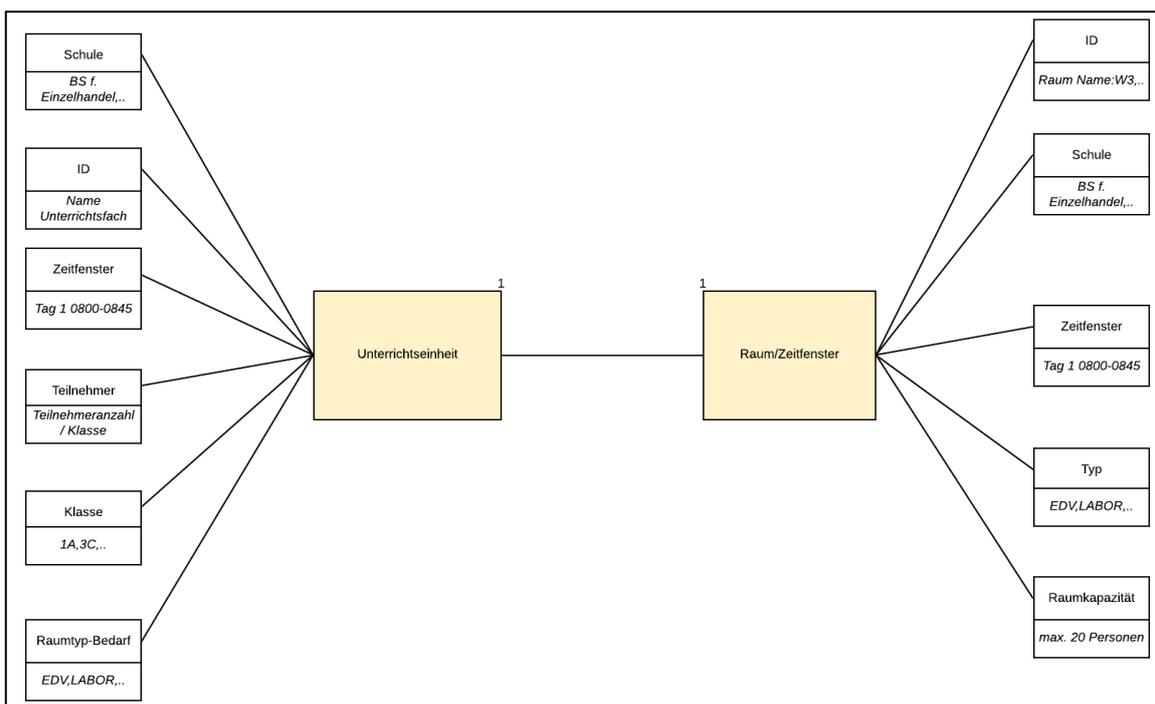


Diagramm 6: Entity-Relations-Diagramm

Eine Unterrichtseinheit wurde einem Raumzeitfenster eindeutig zugeordnet. Das bedeutete, dass genau eine Lehrveranstaltung in genau einem Raum zu einer angegebenen Zeit, stattfinden konnte. Auf Grundlage der Fragestellungen wurde mithilfe der Attribute zu jeweiliger Entität, Auswertungen generiert. Bezogen auf die Frage, wieviel Lernräume für

bestimmte Lernaktivitäten benötigt werden, wurde im Datenmodell die Relation von Unterrichtseinheiten und Raumzeitfenstern erstellt:

Welche Unterrichtseinheit braucht welchen Raum (EDV, Werkstatt, Labor, Klassenzimmer, ect.) zu welcher Zeit?

Beispiel: BS Baugewerbe unterrichtet das Fach „X“ von „08:00-08:45“ mit der Klasse „1A“ mit einer Klassenkapazität von 18 SchülerInnen, im Raum „W1“ → Unterrichtseinheit – Raumzeitfenster. Demnach konnte nach der Datenerhebung, welche auf dem Datenmodell basierte, ausgewertet werden: Wieviel und welche Räume für die entsprechenden Lernaktivitäten benötigt werden.

Es wurde von Daten ausgegangen, in denen die Lernaktivitäten in den dafür geeigneten Räumen stattfinden sollten.

Durch die eindeutige Zuordnung der Entitäten, konnten alle Lernaktivitäten verknüpft werden und infolgedessen die Fragestellungen, um letztendlich den benötigten Raumbedarf darzustellen.

Die genaue Auswertung sollte folgende Informationen beinhalten:

- Schulbezeichnung (Berufsschule für ...)
- Raumtyp (regulärer Raum/EDV-basierter Raum, fachspezifischer Raum)
- Raumkapazität (max. Personen/Raum)
- Raumanzahl (Anzahl/Raumtyp)
- Belegungsdichte in % (prozentuelle Raumbelugung in der Kernzeit) -
Das bedeutete, umso höher die Belegungsdichte eines Raumes desto zeitlich intensiver wird der Raum genutzt.

Die Qualität des Raumprogramms im Sinne von Raumeffizienz wurde ausgedrückt durch:

- Anzahl der Lernräume
- Belegungsdichte in der Kernzeit (07:00-19:00)

5.6. Implementierung des Datenmodells

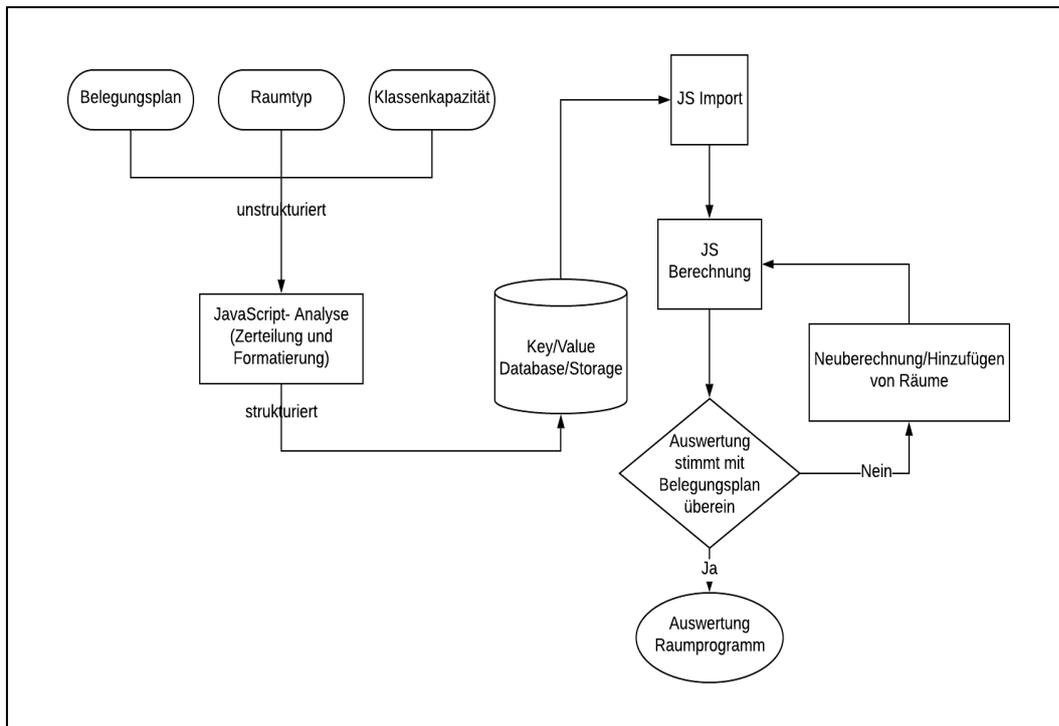


Diagramm 7: Datenmodell

Unter Verwendung von JavaScript wurden die Datensätze aus der Datenerhebung der Excel Dateien des Projekts ZGB 6 zunächst lesbar gemacht. Das bedeutete, eine Gliederung und Formatierung der erhobenen Daten, um bei der Programmierung auf ein einheitliches Format zugreifen zu können. Als Datenablage wurde dafür eine sog. "Schlüssel-Werte-Datenbank (Key/Value Base) erstellt. Diese hatte den Vorteil, aufgrund des einfachen Schemas, einfacher und vor allem schnelle Auswertungen zu generieren. Die Datenbank gehörte zu der „NoSQL“ Familie und arbeitet nicht relational, sondern rechnet aufgrund einer klaren Anforderung und einer sehr detailliert vorgegebenen Berechnung (Diagramm 13+14) die zellbasiert, mit Schlüsseln und Werten. In der Anwendung bedeutete das zunächst eine Strukturierung der Rohdaten aus der Datenerhebung mittels JavaScript. Anschließend wurden die Daten in das Datenmodell importiert, welche daraufhin erneut mit JavaScript berechnet und ausgewertet wurden. Der Prozess der Berechnung wiederholte sich bis eine passende Raumanzahl mit entsprechenden Größen, für den gegebenen Raumbelegungsplan der acht Schulen, ermittelt wurde.

5.7. Rahmensetzung für die Simulationsberechnung

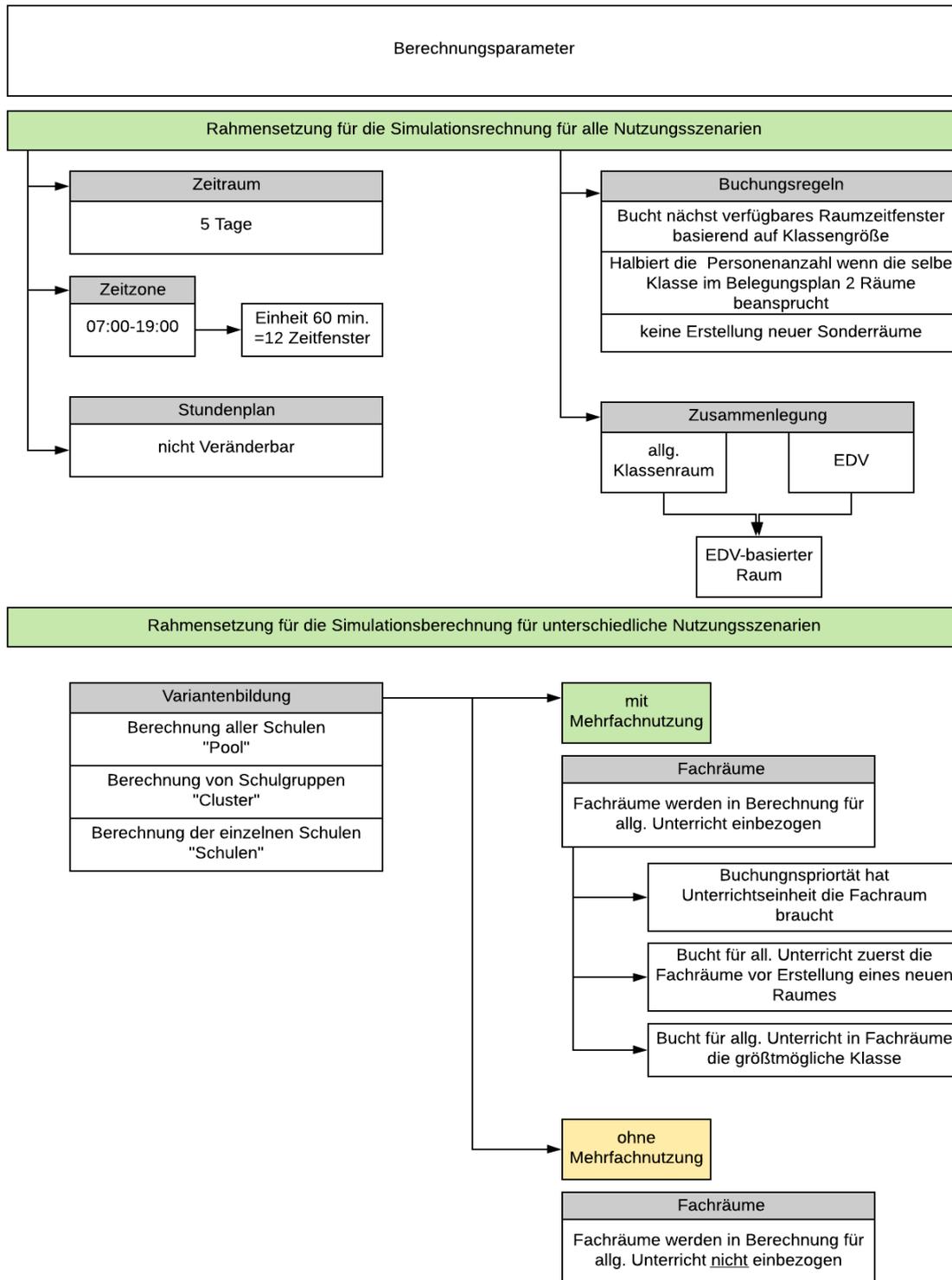


Diagramm 8: Berechnungsparameter

Die Berechnungsparameter legten die Regeln der Simulation fest, und basierten auf den Erkenntnissen des Lokalausgleichs. Dabei wurden die Rahmensetzungen, für die Berechnung in unveränderbare und veränderbare Parameter (Parametersteuerung), geteilt. Die unveränderbaren Parameter

sind jene Elemente, die unabhängig einer Variantenauswertung immer gleich bleiben. Z.B.: Jede Variante wurde mit 5 Tagen berechnet, während die veränderbaren Parameter jene die zur Variantenbildung verwendet wurden. Z.B. Unterschiedliche Nutzungsszenarien, mithilfe der Veränderung der Datensätze – 8 Schulen; 8 entsprechende Datensätze / 3 Schulen; 3 entsprechende Datensätze). Im Zuge der Datenerhebung wurden die zwei unterrichts-stärksten Wochen erhoben. Im Prozess der Datenerhebung, hinsichtlich der Datenqualität, stellte sich heraus, dass sich die Wochen, in der Raumbelastung nicht unterscheiden. Demnach wurde der Zeitraum mit einer Unterrichtswoche definiert.

Die Nutzungsdauer des Schulbetriebs wurde auf der Basis des Belegungsplans, in 12 Zeitfenster (07:00 - 19:00) geteilt, welche für die Richtigkeit der Berechnung, aller Unterrichtseinheiten in den Zeitfenstern vereinheitlichte und schloss daher Überlappungen in den Unterrichtszeiten aus.

Z.B.: 08:00 und 08:15 = 1. Zeitfenster

Der Stundenplan wurde für die Berechnung als „Realitätscheck“ nicht verändert. Das bedeutete, dass die Raumerstellung auf einem statischen System basierte, welches nachteilige Auswirkungen auf das Flächenmanagement haben könnte. Unter den Prinzipien (vgl. Abschnitt 1.1.) der Mehrfachnutzung wurde für die geeigneten fachspezifischen Räume, die Buchungsregeln so ausgelegt, dass Unterrichtseinheiten, welche im Belegungsplan fachspezifische Räume benötigten, die erste Buchungspriorität besitzen. Damit war eine funktionspezifische Unterrichtseinheit in geeigneten Räumen, gewährleistet. Z.B.: Übungsfirma. Die Simulation belegte die Zeitfenster (07:00 - 19:00; 12 Zeitfenster) anhand der Belegungspläne und berechnete die unbelegten

Zeitfenster der festgelegten Nutzungsdauer, welche im Sinne der Mehrfachnutzung durch unterschiedliche Unterrichtseinheiten belegt werden können. Dabei wurden die unbelegten Zeitfenster immer durch die größtmögliche Klasse belegt. Im Belegungsplan fanden sich wiederholt die Klassen, welche zur selben Zeit, zwei Räume belegten, dies stellte eine Klassenteilung in Gruppen dar. Diesbezüglich setzte die Regel in der Simulation fest, dass beim erkennen solcher „Doppelbelegungen“ die Klassenkapazität geteilt wird und entweder in Räume mit freien Zeitfenstern oder in neu erstellte Räume, zugeteilt werden.

5.8. Nutzungsszenarien

Für das Raumprogramm des ZBG 6 wurden Nutzungsszenarien erstellt, welche unter den Einsatz der folgenden Maßnahmen die größte Steigerung der Effizienz in der Raumnutzung, im Vergleich zum aktuellen Zustand, darstellen sollten. Die Maßnahmen der Bereiche des Lernens und des Flächenmanagements wurden wie folgt definiert:

- Die Zusammenlegung von EDV-Unterricht und allgemeinem Unterricht in einen Raum. Dadurch steht der "Klassenraum" während des EDV Unterrichts nicht mehr leer. Die allgemeinen Unterrichtsräume müssen jedoch auch auf den EDV Unterricht vorbereitet werden, was mit EDV-Mehraufwand verbunden ist.
- Die Nutzung der Fachräume durch allgemeinen Unterricht und EDV Unterricht. Dadurch wird die Nutzungsdichte in den Fachräumen erhöht. Die Fachräume müssen jedoch darauf vorbereitet werden, was ebenfalls mit Mehraufwand in den Bereichen der Ausstattung und der Einrichtung verbunden ist.

5.8.1.Szenario – „Pool“

Im Rahmen dieser Simulationsrechnung erfolgte die Zuordnung von Lernaktivitäten zu den Raumzeitfenstern wie folgt:

Alle acht Schulen wurde für die Belegung allgemeiner Unterrichtsfächer, ein „Pool“ aus EDV-basierten Räumen zur Verfügung gestellt.

Die entsprechend benötigten Lernräume im „Pool“ wurden den einzelnen Schulen zugeordnet, welche zeitlich vor den anderen Schulen, buchen durften. Die ungenutzten Raumzeitfenster konnten unter Berücksichtigung der Buchungsregeln, im Anschluss, durch alle anderen Schulen gebucht werden. Fachspezifische Räume die mithilfe technischer Ausstattung zur potentiellen Austragung von allgemeinen Unterrichtseinheiten fähig waren, wurden im Sinne der Mehrfachnutzung und Berücksichtigung des jeweiligen Stundenplans, für andere Unterrichtseinheiten bereitgestellt.

Dieses Szenario stellte aufgrund der Skalenvorteile⁹ das größte Potential einer Flächeneffizienz dar. Die speziellen Funktionsräume, welche aufgrund ihrer Funktion an die Grenzen der Mehrfachnutzung stießen, wie beispielsweise Labore oder bestimmte Werkstätten, wurden ausschließlich durch die dazugehörigen Schulen genutzt.

⁹ Wiegand, (2020)

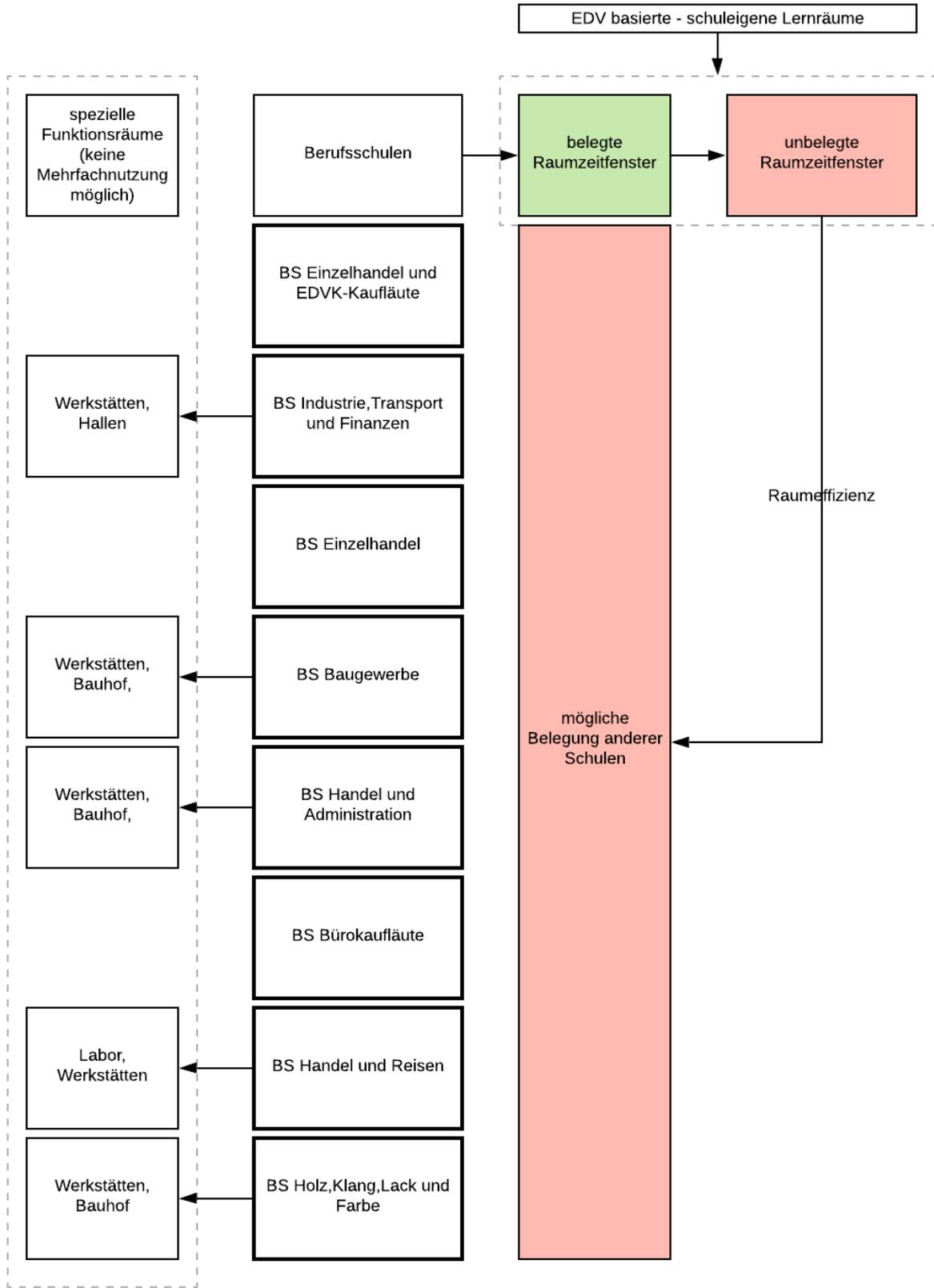


Diagramm 9: Nutzungsszenario "Pool"

5.8.2.Szenario – „CLUSTER“

Das Nutzungsszenario „Cluster“ ordnete die Lernaktivitäten zu den Raumzeitfenstern jeweils zu einer Gruppe von Schulen, welche auf Ähnlichkeiten ihrer Berufsgruppen gebildet wurden. Der Vorteil dieses Szenarios war ein erhöhtes Potential von Synergienentwicklung. Die Schulen der einzelnen Gruppen bekamen dem Bedarf entsprechend eine Anzahl von Räumen, welche nur innerhalb des Clusters genutzt werden durften. Die Buchungsregel lautete hier, wie im Szenario „Pool“, die vorrangige Nutzung zuerst durch eigene Unterrichtseinheiten.

Auch hier wurde das Prinzip einer Mehrfachnutzung umgesetzt, indem die fachspezifischen Räume für den allgemeinen Unterricht genutzt wurden. Die Clusterteilung unterlag den branchenübergreifenden Berufsgruppen. Dabei wurde beispielsweise die Berufsschule für Baugewerbe mit der für Holz, Klang, Lack und Farbe gruppiert.

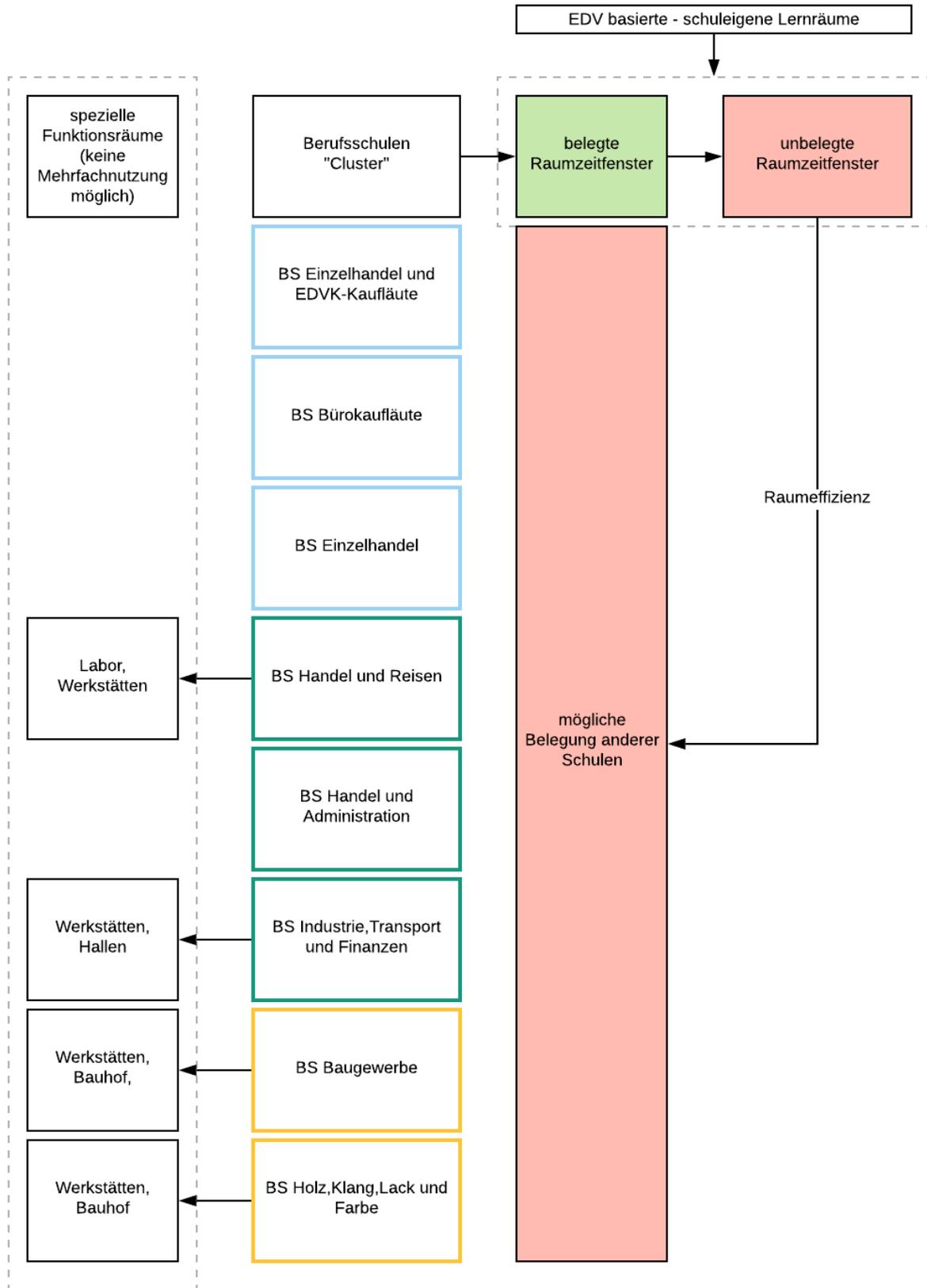


Diagramm 10: Nutzungsszenario "Cluster"

5.8.3.Szenario „SINGLE“

Die Zuordnung der Lernaktivitäten zu den Raumzeitfenstern im Szenario „Single“ wurde durch die Trennung der Schulen definiert. Jede Schule besaß eigene Räume die nicht durch andere Schulen, selbst bei freien Raumzeitfenstern, belegt werden durften.

Die Simulation berechnete dennoch, unter Berücksichtigung der Nutzungsintensivierung innerhalb der Schule, den benötigten Raumbedarf.

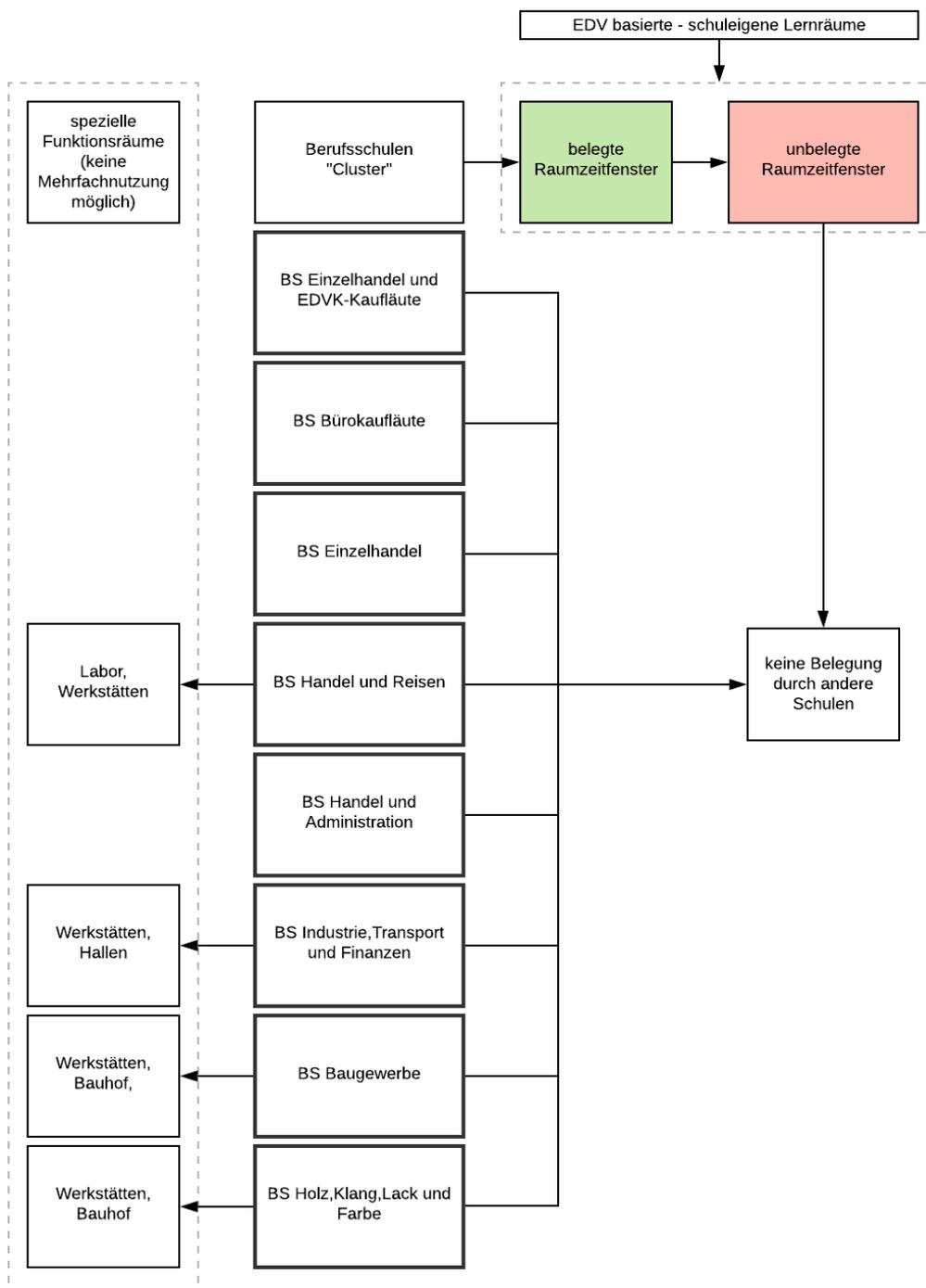


Diagramm 11: Nutzungsszenario "Single"

5.9. Der Berechnungsvorgang

Die Berechnung basierte auf die zuvor beschriebenen Rahmensetzungen (vgl. Abschnitt 5.7.) und teilte sich in 2 Prozessphasen auf:

1. Datenzuordnung
2. Datenberechnung

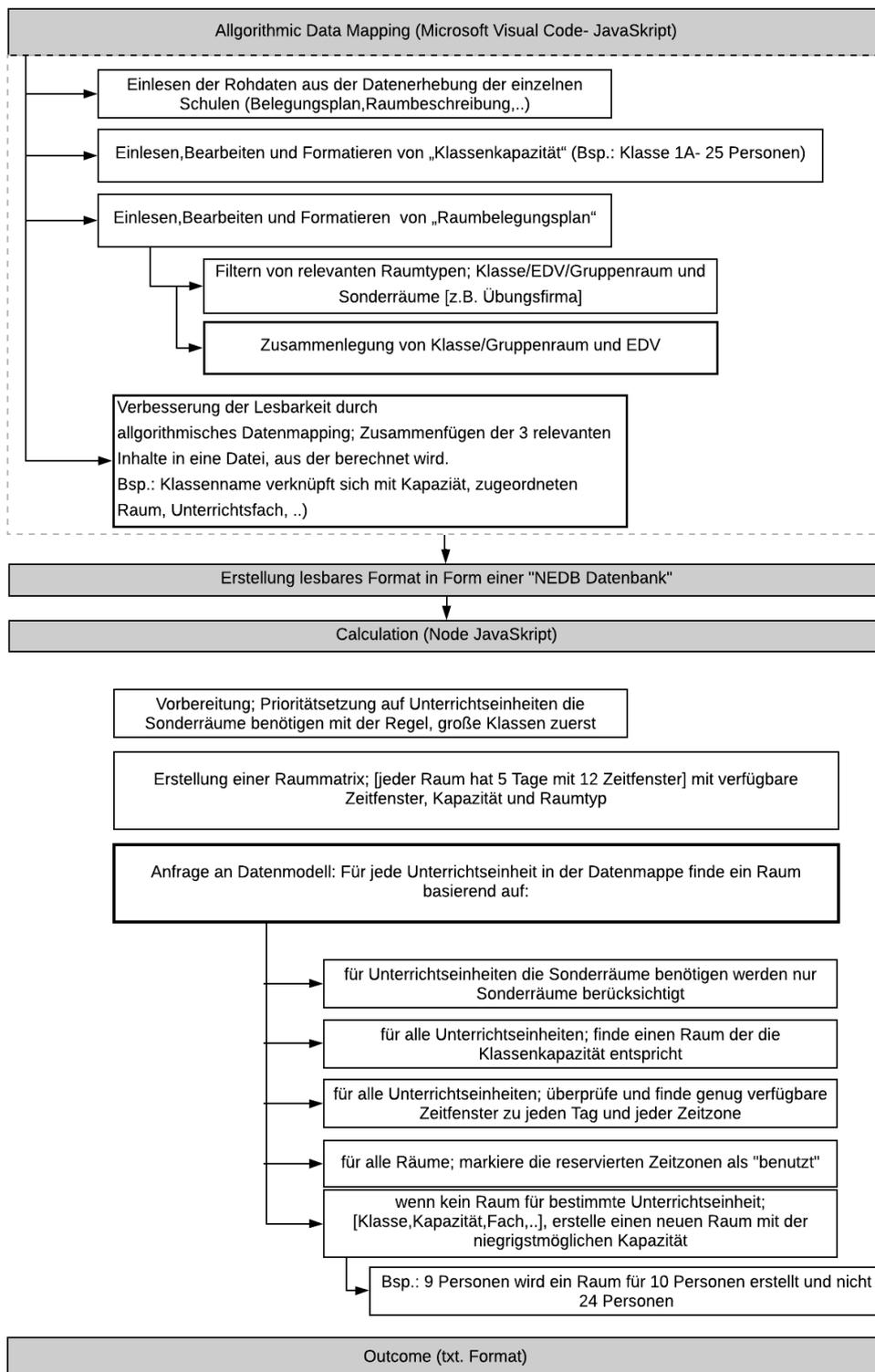


Diagramm 12: Berechnungsvorgang

Das „algorithmische Datenmapping“ definierte den Prozess der Strukturierung und der Lesbarkeit der Daten. Dabei wurde mittels JavaScript die Zusammenlegung und die Verknüpfung aller relevanten Daten aus der Datenerhebung, in ein für das Datenmodell lesbare Datei erstellt. Die Codierung erfolgte mit JavaScript unter der Verwendung von „Microsoft Visual Code“.

School Name	Class Name	Class Being Split	Day Of The Week	Special Room Type	Student Count	Start Slot	End Slot	Total Slots Needed
School_1	"1M"	false	"Monday"		17	0	2	2
School_1	"1M"	false	"Monday"		17	0	2	2
School_1	"2HS"	false	"Monday"		15	0	1	1
School_1	"1CS"	false	"Monday"		14	0	3	3
School_1	"1EK"	false	"Monday"		10	0	1	1
School_1	"2DE"	false	"Monday"		17	1	3	2
School_1	"1LT"	false	"Monday"		17	1	2	1
School_1	"1LT"	false	"Monday"		17	1	2	1
School_1	"2FS"	false	"Monday"		16	1	3	2
School_1	"3LA"	false	"Monday"		16	1	2	1
School_1	"2BS"	false	"Monday"		15	1	3	2
School_1	"2HS"	false	"Monday"		15	1	3	2
School_1	"1LV"	false	"Monday"		15	1	2	1

Tabelle 1: Auszug Datenbank

Im Anschluss an den zuvor beschriebenen Zuordnungsvorgang wurde das lesbare Dateiformat in eine sog. „NEDB Datenbank“ eingebettet, welches für die Berechnung herangezogen wurde. Dieses „eingebettete“ Dateiformat beinhaltet, kommasepariert, die relevanten Aktivitäten (Klasse, Schultag, Raumzuordnung, ect.) die zur Berechnung verwendet wurden.

```

ALL SCHOOLS
#####

Use percentage:

```

(index)	Capacity	Count Of Rooms	Percentage Used
Regular (10)	10	17	22
Regular (16)	16	39	58
Regular (24)	24	44	76
Regular (32)	32	1	83
Gruppenraum Warenkunde (20)	20	1	83
Gruppenraum Werbetechnik (20)	20	1	83
Medienraum (30)	30	1	98
VP Bau Werkraum (15)	15	1	95
Verkaufskundensaal (15)	15	1	90
WT Raum (113)	113	1	87
WT Raum (12)	12	1	83
WT Raum (20)	20	1	83
WT Raum (33)	33	1	88
Warenkundesaal (20)	20	1	97
Werbetechnik (20)	20	2	88
Übungsfirma (14)	14	1	85
Übungsfirma (28)	28	1	90
Übungsreisebüro (16)	16	1	87

Tabelle 2: Auszug integriertes Simulationsergebnis

Im Schritt der Datenberechnungen (Calculation) wurde unter Berücksichtigung der vorgegebenen Parameter (vgl. Abschnitt 5.7.) die zuvor erstellte Datei, mithilfe der Codierung in „Node JS“, ausgewertet.

Als „Outcome“ der Berechnung wurde eine txt.-Datei erstellt, welche die Simulationsergebnisse bereits integriert hatte. Im Anschluss wurde mithilfe von Excel die txt. Datei importiert und formatiert.

6. Datenerhebung

6.1. Art der quantitativen Daten

Die geforderten Daten bezogen sich auf das erstellte Datenmodell (vgl. Abschnitt 5.5.), welches basierend auf die Fragestellung an die Simulation, erstellt wurde. Das Datenmodell definierte für die Simulation die Attribute der einzelnen Entitäten. Das bedeutete, dass die Unterrichtseinheit (Entität) durch folgende Attribute definiert wurde: Schule, Klasse, Klassenzahl, Raum, Unterrichtsfach und Unterrichtszeit. Selbiges gilt für die Entität des Raumzeitfensters (vgl. Abschnitt 5.5.). Dementsprechend wurden die entsprechenden Daten angefordert und erhoben:

Anforderung:

1. Erhebung der vorhandenen Lernräume hinsichtlich Anzahl, Größe, max. Personenanzahl und Nutzungsmöglichkeiten bei allen acht Schulen.

Erhebung

Name	Langname	Kapaz.
5	01. Klasse	20
6	02. Klasse	20
7	03. Gruppenraum	16
11a	04. Klasse	16
11	05. Gruppenraum	12
12	06. Gruppenraum	14
13	07. Klasse	20
14	08. Klasse	20
101	09. Gruppenraum	14
102	10. Klasse	20
103	11. Klasse	20
111	12. EDV-Saal	16
112	13. EDV-Saal	16
113	14. Klasse	16

Tabelle 3: Auszug Raumlise

Anforderung:

- Erhebung der maximal zeitgleich stattfindenden Lernaktivitäten durch die Auswertung der Raumbelungspläne der zwei auslastungsstärksten Wochen aller acht Schulen.

Erhebung:

Datum	Tag	Stunden	Wochenstunde	Beginn	Ende	Fach	Klasse(n)	Räume
12.02.20	Mi	2	Mi-2	08:20	09:10	PB	1A	6
12.02.20	Mi	3	Mi-3	09:10	10:00	VP	1A	212
12.02.20	Mi	4-5	Mi-4-5	10:15	11:55	VKP	1A	212
12.02.20	Mi	6-8	Mi-6-8	12:55	15:40	AWL	1A	113
12.02.20	Mi	9	Mi-9	15:40	16:30	BWPP	1A	112
12.02.20	Mi	10	Mi-10	16:30	17:20	RLK	1A,1S,2L,3K,3	103
14.02.20	Fr	1-2	Fr-1-2	07:30	09:10	DUK	1A	212
14.02.20	Fr	3-5	Fr-3-5	09:10	11:55	VKP	1A	212
14.02.20	Fr	6	Fr-6	12:55	13:45	BE	1A	7
14.02.20	Fr	7	Fr-7	13:45	14:35	LFE	1A	7
14.02.20	Fr	8	Fr-8	14:50	15:40	VFW	1A	215
12.02.20	Mi	1	Mi-1	07:30	08:20	BWPP	1B	111
12.02.20	Mi	2	Mi-2	08:20	09:10	VP	1B	213
12.02.20	Mi	3-5	Mi-3-5	09:10	11:55	AWL	1B	113
12.02.20	Mi	6-7	Mi-6-7	12:55	14:35	VKP	1B	213
12.02.20	Mi	8-9	Mi-8-9	14:50	16:30	DUK	1B	7
14.02.20	Fr	2	Fr-2	08:20	09:10	VFW	1B	102

Tabelle 4: Auszug Raumbelungsplan

Anforderung:

- Erhebung der Ausnutzung der Räume während den Unterrichtseinheiten anhand der Berufsschulen durch die Erhebung der Anzahl der Personen der Unterrichtsgruppe, die der Unterrichtseinheit zugeordnet sind, mit Hilfe des Programms „Untis“.

Erhebung:

Klasse	Schulstufe	Gesamtanzahl
1 NZ	10	17
1 Q	10	17
1 R	10	22
1 Y	10	22
1 Z	10	25
1A	10	20
1B	10	17
1C	10	17
1D	10	20
1E	10	18
1F	10	26
1G	10	28
1H	10	25
1I	10	29
1J	10	29

Tabelle 5: Auszug Klassengröße

6.2. Datenerhebungsprozess

Die zuvor skizzierten Daten wurden aus allen Schulen mithilfe der Software „Untis“ erhoben. Die Umsetzung der Datenerhebung bedeutete die Anfrage an das Lehrpersonal der einzelnen Schulen. Die erhaltenen Daten wurden im ersten Erhebungsdurchlauf geprüft und infolgedessen dementsprechende Maßnahmen gesetzt.

Ergebnisse des ersten Erhebungsdurchlaufes:

Datenerhebung Stand 17.01.2020				
Berufsschule	Raumbelegungsplan	Raumliste	Grundrissplan	Stundenplan
BS Einzelhandel und EDV KL	x	x		x
BS Industrie, Finanzen und Transp.	x			x
BS Einzelhandel	x	x		x
BS Baugewerbe				x
BS Bürokaufleute	x			x
BS Handel und Administration	x	x		x
BS Handel und Reisen	x			x
BS Holz, Klag und Farbe	x	x	x	

Tabelle 6: Datenerhebungsmatrix I

Laut Datenerhebungsmatrix war ersichtlich, dass die Erhebung nicht ausreichend für eine Berechnung war.

Die daraus entstandenen Maßnahmen wurden wie folgt definiert:

- Know-how zu Erhebungsmöglichkeiten (eigenständige Erlernung der Datenbank „Untis“)
- Erhebung auf Eigeninitiative (Zugang zu Computer der jeweiligen Schule und selbständiges exportieren der Daten)
- Erstellung einer Arbeitsanweisung als Hilfestellung für Schulpersonal

6.2.1. Arbeitsanweisung für das Programm „Untis“

Neben der selbstständigen Erhebung der Daten durch die Abrechnungssoftware der Schulen „Untis“ wurde eine Hilfestellung bzw. eine genaue Anleitung für das Lehrpersonal erstellt:

Beispiel: Raumbelungsplan

1. „Untis“ öffnen
2. Stundenpläne
3. Stundenliste Klassen
4. Alle Klassen auswählen
5. Zeitperiode eingeben (2 unterrichtsstärksten Wochen)
6. „als Excel-Druck“ exportieren

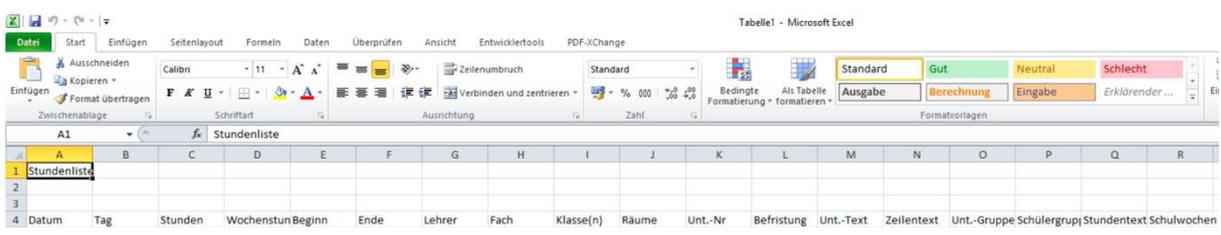
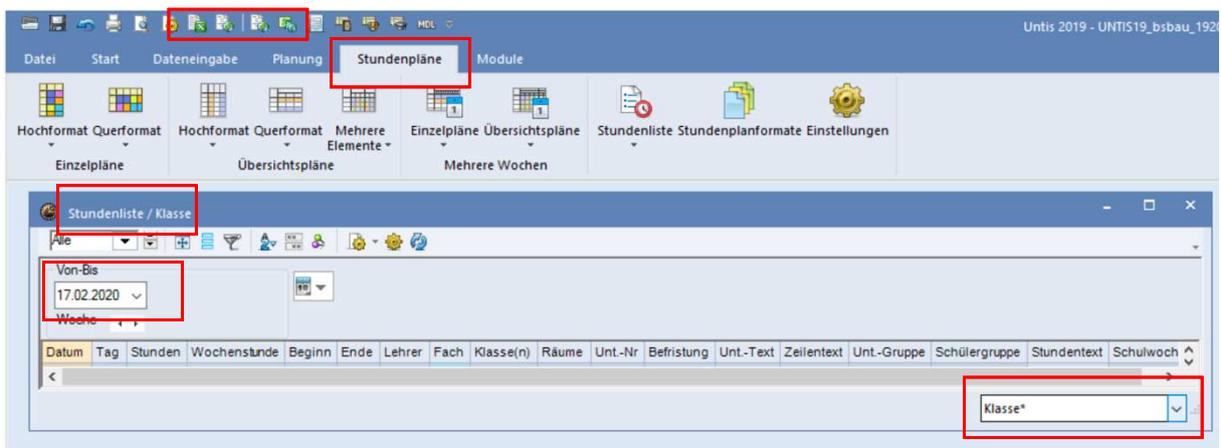


Abbildung 3: Auszug Arbeitsanweisung "Untis"

Erhebungsmatrix nach Maßnahmensetzung:

Datenerhebung Stand 17.03.2020				
Berufsschule	Raumbelungsplan	Raumliste	Grundrissplan	Stundenplan
BS Einzelhandel und EDV KL				
BS Industrie, Finanzen und Transp.				
BS Einzelhandel				
BS Baugewerbe				
BS Bürokaufläute				
BS Handel und Administraion				
BS Handel und Reisen				
BS Holz,Klag und Farbe				

Tabelle 7: Datenerhebungsmatrix II

Je nach Gegebenheiten der Schulen wurden die Daten durch, eigenständiges Exportieren, oder durch die Ausführung der Arbeitsanweisung durch das Lehrpersonal, erhoben.

6.3. Datenqualität

Die Datenerhebung passierte parallel zur Simulationsmodellierung, wobei im Speziellen bei der Modellierung unterschieden werden musste:

- Welche Daten werden bestenfalls für eine idealisierte Auswertung benötigt? Beispiel: SchülerInnenzahl pro Fachgruppe pro Unterrichtseinheit (mehrheitlich aus Klassenteilung), Datenformat: „xls.“
- Welche Daten gibt es tatsächlich? Beispiel: SchülerInnenzahl pro Klasse, Datenformat: „pdf.“

Im Rahmen der Erhebung musste geprüft werden, ob die Daten, die für die Simulation benötigt werden, überhaupt vorhanden sind und ob diese durch ein geeignetes Datenmodell und ein Datenformat ausgelesen werden konnten. In weiterer Folge mussten die Datensätze auf Unstimmigkeiten geprüft werden, um entsprechende Maßnahmen für die Berechnung zu setzen. Die entsprechenden Maßnahmen wurden infolgedessen in der Rahmensetzung der Berechnung definiert.

Beispiel SchülerInnenzahl:

Im Raumbelungsplan war eine Doppelbelegung zu erkennen. Das bedeutete, dass eine Klasse zur selben Zeit, zwei Raumzeitfenster beanspruchte. Die Erkenntnis daraus war, dass eine Teilung der Klasse in zwei Gruppen, welche dementsprechend zwei Lernräume benötigten. Aufgrund der fehlenden Anzahl der Unterrichtsgruppen, die der Unterrichtseinheit zugeordnet waren, wurde folgende Maßnahme umgesetzt:

Im Falle einer Doppelbelegung im selben Raumzeitfenster wurde die Anzahl der SchülerInnen, halbiert und auf zwei Klassen verteilt. Die Maßnahmen sollen realitätsnah und in direkter Verbindung mit der Bedarfsermittlung stehen.

7. Validierung der Simulation:

Im Anschluss an die Implementierung des Simulationsmodells wurde die Validierung mithilfe von Experten durchgeführt. Hierbei wurde geklärt inwieweit die Simulation der Wirklichkeit entspricht und wie die Rechenschritte der Programmierung nachvollziehbar waren.

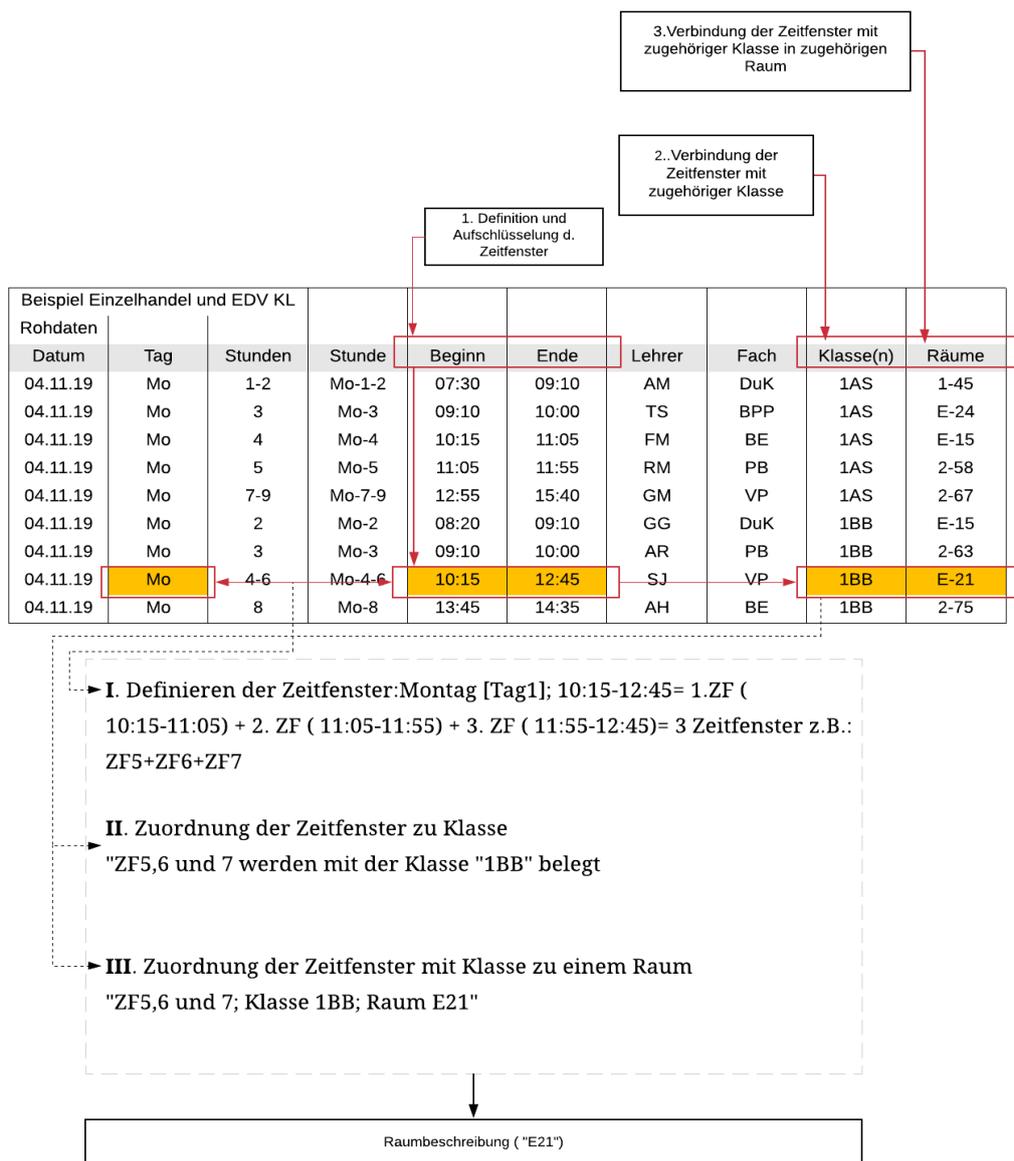


Tabelle 8: Berechnungvalidierung I

Auf Basis der erhobenen Daten, wurde mithilfe der strukturierten Datenzuordnung (vgl. Abschnitt 5.8.) zellbezogen die Berechnungen durchgeführt. Die Tabelle (8) zeigte die Zuordnungen im Belegungsplan und stellte zunächst den Bedarf: „Zeit-Klasse-Raum“ dar.

Raumtyp ist relevant für die Berechnung
(Definition; Allgemeiner Unterrichtsraum,
Sonderraum oder Werkstatt)

Beispiel Einzelhandel und EDV KL

Rohdaten	Raumnamen	Raumtyp		
2-75	Klasse	Verkaufsförderung und Warenpräsentation		15
E-15	Bibliothek	Deutsch und Kommunikation		15
E-20	VP Bau	Verkaufspraktikum Anwendung Baustoffhandel		15
E-21	Klasse	Verkaufspraktikum Ausbildungsschwerpunkt Baustoffhandel		15
E-22	EDV			15
E-23	EDV	Betriebswirtschaftliches Projektpraktikum, Angewandte Wirtschaftslehre, IT-Systemkunde, Angewandte Informatik		15
E-24	EDV			15

IV. Definieren von Raumtyp für Klasse und Belegungszeit

"ZF5,6 und 7; Klasse 1BB, Raum E21"

Klasse = Fähigkeit zur Zusammenlegung
mit EDV (EDV-basierter Raum) mit
Nutzung der allgemeinen Unterrichtsfächer
Gegenbeispiel:
Raum E-20= Sonderraum

Erkenntnis

V. Klasse 1BB benötigt in ZF 5,6 und 7 einen Raum für allgemeinen Unterricht

Klasse	Schulstufe	Gesamtanzahl
1AB	10	19
1AS	10	19
1BB	10	18
1BS	10	14
1CP	10	16
1CS	10	14
1DD	10	17

VI. Berechnung: Wenn keine passenden Zeitfenster und Räume gefunden werden
(automatische Zuordnung in nächstgelegene Raumgröße lt. vorgegebenen Setting (1BB:18 Schüler_innen; Raumgröße 24 Schüler_innen), dann erstelle einen neuen Raum für **allgemeinen Unterricht** (Raumbeschreibung) mit Belegung in **ZF 5,6 und 7** für Klasse **1BB**, mit der Größe von **24 SchülerInnen**

Tabelle 9: Berechnungvalidierung II

Der Raum/Zeitbedarf wurde in die Raumbeschreibung (Tabelle 9) übertragen, welcher anhand der Raumbeschreibungsdaten der Schulen, den Raumtyp festlegte. Die Festlegung war für die Unterscheidung der Raumanforderungen relevant, da je nach Raumtyp (Fachraum oder EDV-basierter Raum) unterschiedliche Regeln in der Berechnung, berücksichtigt werden mussten. Das Simulationsmodell wurde von den ExpertInnen positiv validiert. Das Simulationsmodell bildete also in geeigneter Form die zukünftige Nutzung der Räume des ZBG 6 ab.

8. Verifizierung der Simulation

Es musste überprüft werden, ob die implementierte Simulation richtig gerechnet hat. Dafür wurden zwei Kontrollrechnungen durchgeführt indem die Kennzahlen verglichen wurden.

8.1. Vergleich Kennzahlen:

Bei den folgenden Gegenüberstellungen wurden die Ergebnisse von verschiedene Nutzungsvarianten verglichen. Anhand der Kennzahlen wurden die Effekte der Mehrfachnutzung überprüft.

(Beispiel: die Belegungsdichte eines Raumes ohne Mehrfachnutzung musste niedriger sein, als mit Mehrfachnutzung; ein intensiver belegter Raum = entspricht einer höheren Belegungsdichte)

Tabellenvergleich 1: Belegungsdichte

Die Raumbelugung einer Nutzungsvariante mit Mehrfachnutzung sowie einer ohne Mehrfachnutzung, erzeugte eine gewisse Raumbelugungsdichte. Demnach sollte die Belegungsdichte für fachspezifische Räume bei Zulassung der Mehrfachnutzung steigen.

Vergleich: Fachräume mit und ohne Einbezug der Möglichkeit für allg. Unterricht

Sonderräume ohne MFZ				Sonderräume mit MFZ			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsichte	Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsichte
Gruppenraum Warenkunde (20)	20	1	12	Gruppenraum Warenkunde (20)	20	1	78
Gruppenraum Werbetechnik (20)	20	1	8	Gruppenraum Werbetechnik (20)	20	1	77
Medienraum (30)	30	1	20	Medienraum (30)	30	1	90
VP Bau Werkraum (15)	15	1	0	VP Bau Werkraum (15)	15	1	87
Verkaufskunderaum (15)	15	1	48	Verkaufskunderaum (15)	15	1	85
WT Raum (113)	113	1	0	WT Raum (113)	113	1	75
WT Raum (12)	12	1	0	WT Raum (12)	12	1	77
WT Raum (20)	20	1	10	WT Raum (20)	20	1	78
WT Raum (33)	33	1	2	WT Raum (33)	33	1	80
Warenkundesaal (20)	20	1	10	Warenkundesaal (20)	20	1	88
Werbetechnik (20)	20	2	41	Werbetechnik (20)	20	2	84
Übungsfirma (14)	14	1	0	Übungsfirma (14)	14	1	77
Übungsfirma (28)	28	1	60	Übungsfirma (28)	28	1	85
Übungsreisebüro (16)	16	1	0	Übungsreisebüro (16)	16	1	78

Tabelle 10: Verifizierung Belegungsichte I

Die Auswertung verifiziert dementsprechend eine richtige Auswertung durch die Simulation, da mit einer Mehrfachnutzung von Fachräumen die Belegungsichte folgerichtig stieg. Fachspezifische Räume, welche eine Nutzungsichte von „0“ darstellten, wurden lt. Belegungsplan der Schulen, in dem Unterrichtszeitraum, nicht benutzt. Diese wurden infolgedessen durch andere Unterrichtseinheiten belegt.

Tabellenvergleich 2: Belegungsplan

Der Belegungsplan stellte die einzelnen Belegungsichten (in %) für die Raumzeitfenster dar:

2, Belegungsichte und Stoßzeiten												
Taq 1												
Belegungsichte in %												
Raumtyp	1.ZF	2.ZF	3.ZF	4.ZF	5.ZF	6.ZF	7.ZF	8.ZF	9.ZF	10.ZF	11.ZF	12.ZF
Gruppenraum Warenkunde (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Medienraum (30)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
VP Bau Werkraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100
WT Raum (113)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (12)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (33)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Warenkundesaal (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100
Übungsfirma (14)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Übungsreisebüro (16)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0

2, Belegungsichte und Stoßzeiten												
Taq 1												
Belegungsichte in %												
Raumtyp	1.ZF	2.ZF	3.ZF	4.ZF	5.ZF	6.ZF	7.ZF	8.ZF	9.ZF	10.ZF	11.ZF	12.ZF
Gruppenraum Warenkunde (20)	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medienraum (30)	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0
VP Bau Werkraum (15)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	0	100	100	0	0	0	0
WT Raum (113)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (33)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warenkundesaal (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werbetechnik (20)	0	100	100	50	50	0	50	50	100	100	0	0
Übungsfirma (14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Übungsfirma (28)	0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100
Übungsreisebüro (16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 11: Verifizierungs Belegungsichte II

Als detaillierte Überprüfung zu Tabellenvergleich 1 wurde der Belegungsplan eines Schultages (Tag 1, Tabelle 13) in Bezug auf die Fachräume mit und ohne Mehrfachnutzung dargestellt. Demzufolge war erkennbar, wie die Fachräume ohne Mehrfachnutzung weitaus weniger genutzt wurden, als mit einer Mehrfachnutzung.

Tabellenvergleich 3: Anzahl der Räume

Im Tabellenvergleich 3, wurde die Auswertung weiterhin auf die Berechnung der Mehrfachnutzung geprüft. Infolgedessen sollte die Berechnung betreffend Anzahl der regulären Räume bei Zulassung der Mehrfachnutzung sinken.

Vergleich: Anzahl der Räume

Anzahl der Räume ohne MFZ				Anzahl der Räume mit MFZ			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte	Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	24	14	Regular (10)	10	27	14
Regular (16)	16	39	56	Regular (16)	16	31	55
Regular (24)	24	58	74	Regular (24)	24	56	71
Regular (32)	32	4	89	Regular (32)	32	1	77

Tabelle 12: Verifizierung Raumzahl

Die Raumersparnis im Beispiel „mit Mehrfachnutzung“ stellte die Auswertung laut Berechnung korrekt dar. Lediglich bei Raumtyp, Regular 10 war der Fall umgekehrt. Das lag daran, dass die Regel der Buchung der Fachräume, im Sinne der Mehrfachnutzung, für den allgemeinen Unterricht, immer zuerst den großen Klassen, in die freien Zeitfenster zugeordnet wurden. Demnach lag die Berechnung auch hier richtig, da Fachräume durch alle Klassen, mit mehr als 10 Personen belegt waren und daher neue Räume für kleiner Klassen bis 11 Personen, erstellt werden mussten.

Somit konnte bezüglich einer Prüfung, der Effekte der Mehrfachnutzung von einer korrekten Berechnung ausgegangen werden.

8.2. Testschule

Für die Prüfbarkeit der Auswertung wurde eine einfache „Testschule“ erstellt, in welcher das optimale Ergebnis, bereits vor der Simulation bekannt war. Ziel war es, dass die Berechnung unter Berücksichtigung aller vorgegebenen Regeln, exakt dieselbe Raumanzahl auswertet, wie zuvor manuell berechnet wurde.

Vergleich:

Testschule für einen Unterrichtstag– erwartetes Ergebnis:

Testschule						
It. Belegungsplan - Raumanzahl Bestand - 4 Räume						
Datum	Beginn	Ende	Fach	Klasse(n)	Resulatat [Raumtyp]	
07.11.19	08:20	09:10	VPE	2B (14)	24	
07.11.19	09:10	11:05	VP	2B (14)	24	
07.11.19	11:05	12:45	VWP	2B (14)	24	
07.11.19	13:45	16:30	AWL	2B (14)	Sonderraum	
07.11.19	08:20	11:05	AWL	3C (23)	Sonderraum	
07.11.19	11:05	11:55	DuK	3C (23)	Sonderraum	
07.11.19	11:55	12:45	BPP	3C (23)	Sonderraum	
07.11.19	13:45	14:35	VPE	3C (23)	24	
07.11.19	14:50	16:30	VP	3C (23)	24	
erwartetes Ergebnis					Anzahl d. Räume : 2	

Tabelle 13: Ausgangsdaten Testschule

Die Testdaten definierten einen Unterrichtstag mit zwei Klassen welche 4 Räume belegten: 1. Klassenraum für 14 SchülerInnen, 2. Klassenraum für 23 SchülerInnen, 3. Fachraum (fachspezifischer Unterricht) 4. EDV-Raum. Anhand der Simulation musste errechnet werden, welche Optimierungen im Raumprogramm möglich sind, um eine effiziente Raumanzahl zu erhalten. Die Berechnung basierte auf den vorgegebenen Rahmenseetzungen und überprüfte die genaue Verteilung der Unterrichtseinheiten, welche in erster Linie eine Doppelbelegung vermeiden musste.

Ergebnis Testschule:

Raumtyp	Klasse	Zeitfenster
Raum [24]	'2B'	2
Raum [24]	'2B'	3
Raum [24]	'2B'	4
Raum [24]	'2B'	5
Raum [24]	'2B'	6
Sonderraum	'2B'	8
Sonderraum	'2B'	9
Sonderraum	'2B'	10
Sonderraum	'3C'	2
Sonderraum	'3C'	3
Sonderraum	'3C'	4
Sonderraum	'3C'	5
Sonderraum	'3C'	6
Raum [24]	'3C'	8
Raum [24]	'3C'	9
Raum [24]	'3C'	10

Tabelle 14: Ergebnis Testschule

Die Tabelle 23 stellte das Ergebnis der Berechnung dar und belegte eine Richtigkeit in der Raumbelugung, in der Taktung und in der Raumanzahl. Die Kennzahlen stellten nach der Regel der Buchungspriorität für Fachräume eine richtige Zuordnung der Räume dar und es bestand keine Überlappung in der Belegung. Beispiel: Klasse 3C belegte den Sonderraum im Sinne einer Mehrfachnutzung bis zum Zeitfenster 8. Ab dem Zeitfenster 8 bis zum Zeitfenster 10 wurde der Raum der Klasse 2B zugeordnet (Prioritätsregel). Klasse 2B belegte in dem Zeitfenster 2 - 6 einen Raum mit einer Kapazität von 24 Personen, da dieser sich an die Kapazität der Klasse 3C orientierte (23 SchülerInnen). Anzahl der ersparten Räume: 2. Das Datenmodell wurde daher auf seine Richtigkeit geprüft.

9. Simulationsergebnisse

Im Anschluss an die Validierungs- und Verifizierungsprozesse konnten die Simulationsläufe durchgeführt werden.

Im Zuge der integrierten Planung von Nutzung, Raum und Betrieb wurde mithilfe der parametergesteuerten Simulation, unterschiedliche Raumprogramme für das ZGB 6 generiert.

Die berechneten Szenarien respektive die Formen des Facility Managements (FM) wurden wie folgt definiert (vgl. Abschnitt 5.7.):

Szenario „Pool“: Jede Schule konnte „ihre“ eigenen Räume zunächst selber buchen (belegte Raumzeitfenster). Anschließend standen die leeren Raumzeitfenster allen anderen Schulen zur Verfügung.

Szenario „Cluster“: Die Schulen wurden durch branchenübergreifende und thematische Cluster gebildet und belegten die in einem Pool zur Verfügung gestellten Lernräume innerhalb des Clusters. Eine Cluster übergreifende Raumbellegung wurde ausgeschlossen.

Szenario „Single“: Jede Schule verfügte über ihre eigenen Lernräume, welche nicht mit anderen Schulen geteilt wurden.

Die Raumprogramme unterschieden sich hinsichtlich der folgenden Kennzahlen:

Zusammenfassung und Vergleich	Anzahl d. Räume
acht Berufsschulen Bestand	214
Szenario "POOL"	
acht Berufsschulen mit Mehrfachnutzung	116
acht Berufsschulen ohne Mehrfachnutzung	127
Szenario "CLUSTER"	
Cluster - Berufsschulen mit Mehrfachnutzung	127
Cluster - Berufsschulen ohne Mehrfachnutzung	138
Szenario "SINGLE"	
Single - Berufsschulen mit Mehrfachnutzung	132
Single - Berufsschulen ohne Mehrfachnutzung	155

Tabelle 15: Simulationsergebnis - Vergleich Nutzungsvarianten

Die ursprüngliche Frage an die Simulation, nach dem Einfluss der Lernformen und des Facility Managements (FM) auf das Raumprogramm des ZBG 6, konnte mit den Kennzahlen, respektive mit den Simulationsläufen, beantwortet werden.

Die Tabelle 15 stellte den Vergleich der Anzahl der Lernräume, der entwickelten Szenarien untereinander und mit der bestehenden Situation dar. Die Kennzahlen zeigten die Auswirkungen von Veränderungen der Lernformen und des Facility Managements (FM) in Bezug auf das Raumprogramm. Die Erfolgsfaktoren für die erstellten Raumprogramme wurden mit

a. durch die Unterbringung von EDV-Unterricht und allgemeinem Unterricht im selben Raum und b. durch die Öffnung der Fachräume für den allgemeinen Unterricht, definiert. Der Anteil der reduzierten Räume lag im ineffizientesten Fall „Single ohne MFN“ bei 30% im Vergleich zum Bestand. Die Unterschiede hinsichtlich der Anzahl der Lernräume lassen sich durch den Skalenvorteil erklären. Die potentielle Einsparung der Lernräume, der berechneten Szenarien betrug unter Verwendung von Mehrfachnutzung, gegenüber einer Nutzungsvariante ohne Mehrfachnutzung ca. 10%. Bei einer Gesamtanzahl von 116 Räume im Nutzungsszenario „Pool“ zeigte sich eine Einsparung von ca. 50% der bestehenden Räume aller Schulen. Das Resultat des Szenarios „Cluster mit Mehrfachnutzung“ basierte auf der Gruppierung, branchenübergreifende Schulen, welche eine Nutzung der fachspezifischen Räume für nicht fachspezifische Unterrichtseinheiten ermöglichten. Der gesamte Raumbedarf mit 127 Lernräume, belegte die Theorie der Skalenvorteile, da ein Anstieg in der Raumanzahl von ca. 10% im Vergleich des „Pool“ Szenario, ausgewertet wurde. Bei einer rein fachspezifischen Nutzung der Fachräume erhöhte sich der Raumbedarf ebenfalls um ca. 10%. Die Berechnung für den Raumbedarf jeder einzelnen Schule, bei dem Nutzungsszenario „Single“ stellte vergleichsweise zum Szenario „Pool“ eine weitaus höhere Raumanzahl dar. Die erhöhte Raumanzahl entstand durch das vorenthalten der eigenen Räume, welche nicht mit anderen Schulen geteilt wurden. Dennoch wurde mithilfe der

gesetzten Maßnahmen, eine Reduzierung der Raumanzahl erzielt. Die Besonderheit der Auswertung von Szenario „Single ohne Mehrfachnutzung“ war die rechnerische Belegung des Prinzips der quantitativen Maßnahmen, z.B. Zusammenlegung Theorie und Praxis. Das bedeutete, dass selbst bei Übernahme der bestehenden Situation, dennoch mithilfe der veränderten Lernformen, eine Optimierung im Flächenmanagement möglich war. Trotzdem ist festzuhalten, dass eine Empfehlung dieses Raumprogramms, aufgrund der Trennung, gegen die Innovationsprinzipien einer synergetischen Schullandschaft, entsteht.

9.1. Simulationsergebnisse der einzelnen Nutzungsszenarien

9.1.1. Legende Auswertungstabelle:

Raumtyp:	Definiert die Funktion des Raumes
Regular:	EDV-basierter Lernraum
Kapazität:	Maximale SchülerInnenanzahl des Raumes
Anzahl d. Räume:	Summe der Räume
Belegungsdichte:	Definiert in Prozent, die Nutzung/Belegung eines Raumes innerhalb der Kernzeit
Raumbedarf gesamt:	Definiert die gesamte Anzahl der Lernräume für jeweiliges Raumprogramm

9.2. Szenario „Pool“ mit Mehrfachnutzung

Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	17	22
Regular (16)	16	39	58
Regular (24)	24	44	76
Regular (32)	32	1	83
Gruppenraum Warenkunde (20)	20	1	83
Gruppenraum Werbetechnik (20)	20	1	83
Medienraum (30)	30	1	98
VP Bau Werkraum (15)	15	1	95
Verkaufskunderaum (15)	15	1	90
WT Raum (113)	113	1	87
WT Raum (12)	12	1	83
WT Raum (20)	20	1	83
WT Raum (33)	33	1	88
Warenkundesaal (20)	20	1	97
Werbetechnik (20)	20	2	88
Übungsfirma (14)	14	1	85
Übungsfirma (28)	28	1	90
Übungsreisebüro (16)	16	1	87
Raumbedarf gesamt		116	

Tabelle 16: Raumprogramm mit MFN - Szenario "Pool"

9.3. Szenario „Pool“ ohne Mehrfachnutzung

Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	16	23
Regular (16)	16	45	61
Regular (24)	24	46	79
Regular (32)	32	4	96
Raumbedarf allg. Unterricht		111	
Raumbedarf Sonderräume		16	
Raumbedarf gesamt		127	

Tabelle 17: Raumprogramm ohne MFN - Szenario "Pool"

9.4. Ergebnis Szenario „Cluster“ mit Mehrfachnutzung

Berufsschule für Baugewerbe und Holz,Klang,Farbe und Lack			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	7	23
Regular (16)	16	11	67
Regular (24)	24	3	77
Regular (32)	32	2	81
Raumbedarf Gesamt		23	
Berufsschule für Einzelhandel und EDV/Einzelhandel/Bürokaufläute			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	5	14
Regular (16)	16	22	49
Regular (24)	24	34	75
VP Bau Werkraum (15)	15	1	83
Warenkundesaal (20)	20	1	85
Werbetechnik (20)	20	2	84
Raumbedarf Gesamt		65	
Berufsschule für Handel und Reisen/Handel und Administration/IFT			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	5	5
Regular (16)	16	14	31
Regular (24)	24	9	70
Gruppenraum Warenkunde (20)	20	1	95
Gruppenraum Werbetechnik (20)	20	1	88
Medienraum (30)	30	1	95
Verkaufskunderaum (15)	15	1	93
WT Raum (113)	113	1	80
WT Raum (12)	12	1	73
WT Raum (20)	20	1	87
WT Raum (33)	33	1	85
Übungsfirma (14)	14	1	82
Übungsfirma (28)	28	1	95
Übungsreisebüro (16)	16	1	82
Raumbedarf Gesamt		39	

Tabelle 18:Raumprogramm mit MFN - Szenario "Cluster"

9.5. Ergebnis Szenario „Cluster“ ohne Mehrfachnutzung

Berufsschule für Baugewerbe und Holz,Klang,Farbe und Lack			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	7	23
Regular (16)	16	11	67
Regular (24)	24	3	77
Regular (32)	32	2	81
Raumbedarf EDV-basierte Räume (allg. Unterric		23	
Raumbedarf Fachräume		0	
Raumbedarf gesamt		23	
Berufsschule für Einzelhandel und EDV/Einzelhandel/Bürokaufläute			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	4	14
Regular (16)	16	23	49
Regular (24)	24	36	76
Raumbedarf EDV-basierte Räume (allg. Unterric		63	
Raumbedarf Fachräume		4	
Raumbedarf Gesamt		67	
Berufsschule für Handel und Reisen/Handel und Administration/IFT			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	5	5
Regular (16)	16	19	40
Regular (24)	24	11	83
Regular (32)	32	2	94
Raumbedarf EDV-basierte Räume (allg. Unterric		37	
Raumbedarf Fachräume		11	
Raumbedarf Gesamt		48	

Tabelle 19:Raumprogramm ohne MFN - Szenario "Cluster"

9.6. Ergebnis Szenario „Single“ mit Mehrfachnutzung

Berufsschule für Einzelhandel und EDV Kaufläute			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	1	3
Regular (16)	16	10	49
Regular (24)	24	13	71
VP Bau Werkraum (15)	15	1	82
Raumbedarf Gesamt		25	
Berufsschule für Industrie,Finanzen und Transport			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (16)	16	8	16
Regular (24)	24	4	58
Regular (32)	32	2	74
Medienraum (30)	30	1	77
Verkaufskunderaum (15)	15	1	77
Raumbedarf Gesamt		16	
Berufsschule für Einzelhandel			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	2	48
Regular (16)	16	4	53
Regular (24)	24	10	68
Warenkundesaal (20)	20	1	78
Werbetechnik (20)	20	2	78
Raumbedarf Gesamt		19	
Berufsschule für Baugewerbe			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	5	18
Regular (16)	16	9	62
Regular (24)	24	4	76
Regular (32)	32	1	77
Raumbedarf Gesamt		19	
Berufsschule für Bürokauf läute			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	3	9
Regular (16)	24	20	65
Raumbedarf Gesamt		23	

Tabelle 20:Raumprogramm mit MFN - Szenario "Single" I

Berufsschule für Handel und Administration			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	1	7
Regular (16)	16	2	20
Regular (24)	24	4	44
Regular (32)	32	2	62
Gruppenraum Warenkunde (20)	20	1	73
Gruppenraum Werbetechnik (20)	20	1	67
Übungsfirma (28)	28	1	83
Raumbedarf Gesamt		12	
Berufsschule für Handel und Reisen			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	1	17
Regular (16)	16	2	26
Regular (24)	24	4	64
WT Raum (113)	113	1	90
WT Raum (12)	12	1	55
WT Raum (20)	20	1	95
WT Raum (33)	33	1	93
Übungsfirma (14)	14	1	73
bungsreisebüro (16)	16	1	83
Raumbedarf Gesamt		13	
Berufsschule für Holz,Klang und Farbe			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	1	27
Regular (16)	16	3	54
Regular (32)	32	1	73
Raumbedarf Gesamt		5	

Tabelle 21:Raumprogramm mit MFN - Szenario "Single" II

9.7. Ergebnis Szenario „Single“ ohne Mehrfachnutzung

Berufsschule für Einzelhandel und EDV Kaufläute			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	1	3
Regular (16)	16	11	50
Regular (24)	24	13	72
Raumbedarf Gesamt		27	
Berufsschule für Industrie,Finanzen und Transport			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (16)	16	8	23
Regular (24)	24	4	64
Regular (32)	32	2	78
Raumbedarf Gesamt		15	
Berufsschule für Einzelhandel			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	2	14
Regular (16)	16	5	51
Regular (24)	24	12	71
Raumbedarf Gesamt		21	
Berufsschule für Baugewerbe			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	5	18
Regular (16)	16	9	62
Regular (24)	24	4	76
Regular (32)	32	1	77
Raumbedarf Gesamt		19	
Berufsschule für Bürokaufläute			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	3	9
Regular (24)	24	20	65
Raumbedarf Gesamt		23	
Berufsschule für Handel und Administration			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	1	5
Regular (16)	16	3	22
Regular (24)	24	5	53
Regular (32)	32	2	76
Raumbedarf Gesamt		11	

Tabelle 22:Raumprogramm ohne MFN - Szenario "Single" I

Berufsschule für Handel und Reisen			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	2	13
Regular (16)	16	5	53
Regular (24)	24	6	86
Raumbedarf Gesamt		18	
Berufsschule für Holz,Klang und Farbe			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	1	27
Regular (16)	16	3	54
Regular (32)	32	1	73
Raumbedarf Gesamt		5	

Tabelle 23:Raumprogramm ohne MFN - Szenario "Single" II

9.8. Interpretation der einzelnen Simulationsergebnisse

Das Nutzungsszenario „Pool“ stellte das extreme Beispiel dar, welche Potentiale und Möglichkeiten eine integrierte Planung für das ZBG 6 mit Simulation bewirken kann.

Aufgrund der mehrfach, auch durch allgemeinen Unterricht nutzbaren Fachräume, wie Medienraum oder Übungsfirma hatten diese nach der Simulation eine hohe Belegungsdichte, gegenüber jener Nutzungsszenarien, die keine Mehrfachnutzung einsetzten.

Für alle Szenarien war lediglich bei Raumtyp Regular 10, die Belegungsdichte bzw. der Raumbedarf sehr ungleichmäßig verteilt. Die Anzahl der Unterrichtseinheiten mit sehr kleinen Klassen war vergleichsweise gering und über die Zeit (hier eine Woche) betrachtet, vergleichsweise sehr volatil schwankend. Beispiel: Montag: 8 Unterrichtseinheiten; Freitag: 0 Unterrichtseinheiten (s. Anhang I). Das führte dazu, dass die Räume Regular 10 aufgrund der Nutzungsdauer [0700-1900] eine niedrige Belegungsdichte aufweisen. Um dem entgegenzuwirken gäbe es die Möglichkeit der Rahmensetzung, kleine Klassen in den nächsthöheren, zeitlich unbelegten Raumtyp Regular 16 zu versetzen oder den Stundenplan flexibler zu gestalten.

Im Vergleich zu Szenario „Pool mit Mehrfachnutzung“ erhöhte sich die Raumanzahl für Szenario „Pool ohne Mehrfachnutzung“ um 9-10%,

aufgrund der rein spezifischen Nutzung der Fachräume. Dennoch belegte die Berechnung eine deutliche Reduzierung des Raumbedarfs gegenüber der aktuellen Situation, infolge der Integration des EDV-Unterrichts in die Klassenräume und aufgrund der Öffnung der Fachräume für den allgemeinen Unterricht. Der größte Raumbedarf für alle Szenarien fand in den Räumen Regular 16 und Regular 24 statt, was damit zu tun hatte, dass die Klassen in der Regel bei einer Größe von 24 SchülerInnen geteilt wurden, wodurch zwei Klassen mit 12 SchülerInnen entstanden. Außerdem versucht die Lehrerschaft, SchülerInnengruppen mit weniger als 10 Personen zusammenzulegen. Hierbei war im Szenario „Pool ohne Mehrfachnutzung“ eine realistische Auslastung der Lernräume von 61% bzw. 79% gegeben. Für alle Nutzungsszenarien ohne Mehrfachnutzung stellten die fachspezifischen Räume vergleichsweise eine geringere Belegungsdichte dar, da diese in dem Fall einer reinen fachspezifischen Nutzung unterlagen. Besonders auffallend war die Belegungsdichte des Raumprogramms „Cluster ohne Mehrfachnutzung“ des Raumes Regular 10 der eine Spanne in der Belegungsdichte von 5%-23% darstellte. Die Problematik des Raumtypus Regular 10, unabhängig welches Nutzungsszenario berechnet wurde, ist auf den unveränderten Stundenplan zurückzuführen. In diesem Sinne waren die Auswirkungen gleich, sie unterschieden sich lediglich in ihrem Ausmaß. Der Effekt der Mehrfachnutzung machte sich im Vergleich der Szenarien „Single“ jeweils mit Mehrfachnutzung und ohne Mehrfachnutzung, durch den Raum Regular 32 erkennbar. Im Raumprogramm mit Mehrfachnutzung belegten Klassen, mit einer Kapazität von mehr als 24 SchülerInnen, die fachspezifischen Räume, während im Raumprogramm ohne Mehrfachnutzung, eigene Räume für jene Klassen erstellt wurden.

Wie im folgenden Diagramm zu erkennen war, ergibt die Berechnung, bis auf den Raumtyp (Regular 10), eine konstante Belegung aller Lernräume über die Zeit (hier: eine Woche). Das bedeutete das eine gleichmäßige Auslastung der Räume stattfand.

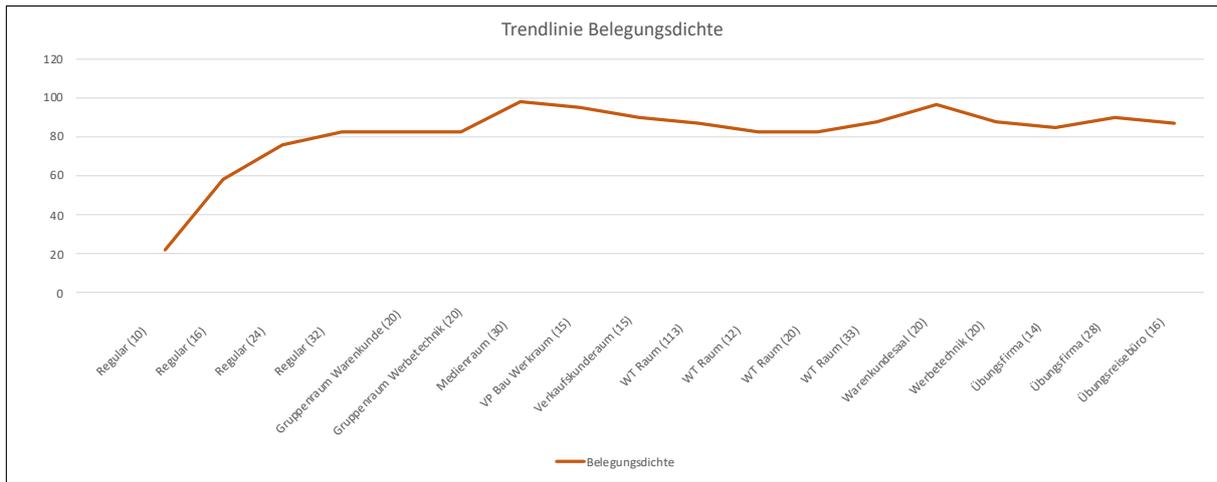


Diagramm 13: Belegungsichte Mehrfachnutzung

In der Praxis wird eine Raumnutzung von 90% aufgrund der zahllosen Bedingungen bei der Stundenplanerstellung kaum zu erreichen sein. Beispiel: Lehrer können nur an bestimmte Tage im ZBG 6 unterrichten. Dies stellt rein eine Auslastungsgrenze dar.

9.9. Heatmap – Belegungsichte

In Bezug auf das ZBG 6 wurden Auswertungen und Darstellungen des Raumbedarfs, basierend auf Berechnungen der Simulation, für alle Tage einer Unterrichtswoche, erstellt. Die Heatmap wurde berechnet, um Spitzen bei der Nachfrage nach Lernräumen zu erkennen. Die Simulation erzeugte ein Raumprogramm für jene Nachfragespitzen, welche die Auslastung der Räume in der Kernzeit darstellte. Diese Belegungsichte, wurde für jeden Tag ausgewertet und im Anschluss zusammengefasst:

Tag 1												
Belegungsichte in %												
Raumtyp	1.ZF	2.ZF	3.ZF	4.ZF	5.ZF	6.ZF	7.ZF	8.ZF	9.ZF	10.ZF	11.ZF	12.ZF
Regular (10)	5,88	29,41	52,94	11,76	0	0	76,47	94,12	76,47	5,88	0	0
Regular (16)	43,59	100	100	100	94,87	2,56	41,03	100	100	61,54	10,26	5,13
Regular (24)	77,27	100	100	100	100	34,09	93,18	100	100	100	6,82	2,27
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Warenkunde (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Medienraum (30)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
VP Bau Werkraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100
WT Raum (113)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (12)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (33)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Warenkundesaal (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (14)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Übungsreisebüro (16)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
GESAMT	1626,74	1729,41	1752,94	1711,76	1694,87	1536,65	1710,68	1794,12	1776,47	1667,42	517,08	507,40

Tabelle 24: Heatmap I

Anhand der Auswertung in der Tabelle „Heatmap 1“, war für das ZBG 6 eine sehr gleichmäßige Raum Nachfrage über den Tag und über die Woche erkennbar (siehe Anhang I). In der Heatmap war ersichtlich wie der maximale Raumbedarf in der Kernzeit definiert wurde. In den Zeitfenstern 11 und 12 flachte der Raumbedarf ab, da basierend auf dem Stundenplan, nur mehr wenige Klassen zu dieser Uhrzeit, unterrichtet wurden. Eine Ausnahme stellte lediglich die Nachfrage nach Räumen für weniger als zehn Personen dar. Die Kennzahlen, in Tabelle 24 stellten die einzelnen Lernräume, hinsichtlich ihrer Belegungsichte, verteilt auf den Tag, in Zeitfenstern dar. An Tag 1 stellte die Belegungsichte (%) im 8 Zeitfenster eine nahezu maximale Auslastung dar.

Eine mögliche Option zur gleichmäßigen Verteilung der Raum Nachfrage, für einen Raum, für weniger als zehn Personen, ist die Verschiebung jenes Raumbedarfs in den ersten drei Zeitfenstern, bei denen eine geringere Nachfrage besteht.

Tag 1												
Belegungsichte in %												
Raumtyp	1,ZF	2,ZF	3,ZF	4,ZF	5,ZF	6,ZF	7,ZF	8,ZF	9,ZF	10,ZF	11,ZF	12,ZF
Regular (10)	6,25	31,25	56,25	18,75	0	0	81,25	100	81,25	6,25	0	0
Regular (16)	42,22	100	100	100	100	8,89	40	100	100	66,67	11,11	4,44
Regular (24)	93,48	100	100	100	100	52,17	100	100	100	100	8,7	2,17
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	100
Gruppenraum Warendkunde (20)	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medienraum (30)	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0
VP Bau Werkraum (15)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	0	100	100	0	0	0	0
WT Raum (113)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (33)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warendkundesaal (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werbetechnik (20)	0	100	100	50	50	0	50	50	100	100	0	0
Übungsfirma (14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Übungsfirma (28)	0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100
Übungsreisebüro (16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GESAMT	341,95	631,25	656,25	568,75	450,00	161,06	771,25	750,00	681,25	572,92	169,81	206,61

Tabelle 25: Heatmap II

Im Vergleich zur Tabelle „Heatmap 1“ der Raumbelugung unter Einbezug der Mehrfachnutzung stellte die „Heatmap 2“ ohne Mehrfachnutzung, dementsprechend eine deutlich geringere Raumeffizienz gegenüber der Nutzungsvariante mit Mehrfachnutzung dar. Die Fachräume, welche in der beschriebenen Nutzungsvariante nicht zur Austragung von allgemeinem Unterricht geöffnet wurden, stellten am Tag 1 bis auf jene, die durch fachspezifische Nutzung belegt wurden, einen Leerstand dar.

Die folgende Tabelle stellt die Zeitfenster eines Tages, über eine Unterrichtswoche, welche den größten Raumbedarf beanspruchten, dar:

Zeitfenster	R10	R16	R24	R32
	Anzahl d. Räume	Anzahl d. Räume	Anzahl d. Räume	Anzahl d. Räume
Tag 1-ZF8	16	39	44	1
Tag 2-ZF4	17	39	44	1
Tag 3-ZF5	11	39	44	1
Tag 4-ZF9	10	39	44	1
Tag 5-ZF4	0	35	44	1

Tabelle 26: Auswertung Heatmap

Auf Grundlage der Belegungsdichte, der einzelnen Räume wurde die höchste Belegung je Zeitfenster, jeden Tages in Prozent ausgewertet. Beispiel: Tag 1 - ZF8 hatte den höchsten Raumbedarf über alle Raumzeitfenster berechnet. Anhand einer Formel (Anzahl der vorhandenen Räume multipliziert mit der Belegung dividiert durch 100) wurde der Prozentsatz in eine Raumanzahl umgerechnet. Mit der Auswertung des intensivsten Zeitfensters aller Tage wurde in Diagramm 15 ein Vergleich erstellt und das Zeitfenster der gesamten Woche mit der höchsten Belegung definiert:

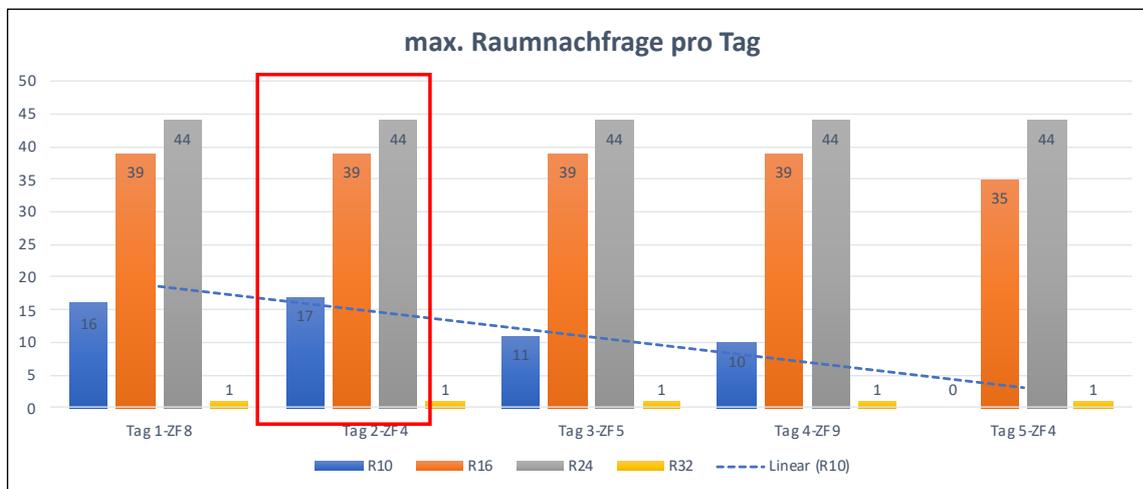


Diagramm 14: Raumnachfrage pro Tag

Infolge der berechneten Auslastungen jeden Tages für alle Räume, war im Diagramm erkennbar das Tag 2 im 4. Zeitfenster den höchsten Raumbedarf beanspruchte. Ausschlaggebend war hierfür die Verteilung der Räume für unter zehn Personen. Demnach kann basierend auf die zuvor erfolgten Erkenntnisse, beispielsweise die gewünschte Flexibilität bei der Planung des Stundenplans, berücksichtigt werden.

10. Flächenberechnung

Ausgehend von dem Resultat der Berechnung, wurde mithilfe von Kennzahlen die Flächenberechnung der Räume durchgeführt:

Zusammenfassung und Vergleich	Anzahl d. Räume	Fläche (2,50 m ² /SchülerIn)
acht Berufsschulen Bestand	214	
Szenario "POOL"		
acht Berufsschulen mit Mehrfachnutzung	116	5695m ²
acht Berufsschulen ohne Mehrfachnutzung	127	5950m ²
Szenario "CLUSTER"		
Cluster - Berufsschulen mit Mehrfachnutzung	127	6215m ²
Cluster - Berufsschulen ohne Mehrfachnutzung	138	6830m ²
Szenario "SINGLE"		
Single - Berufsschulen mit Mehrfachnutzung	132	6800m ²
Single - Berufsschulen ohne Mehrfachnutzung	155	7445m ²

Tabelle 27: Zusammenfassung Nutzflächen

Die Kennzahlen der Tabelle 28 stellen mit der Flächenberechnung, die Nutzflächen der unterschiedlichen LernRaumOrganisationen dar, welche lediglich über die Lernräume definiert wurden. Die Nutzflächen der Werkstätten wurde dabei nicht miteinbezogen.

Die Flächenberechnung basierte auf einem Kennwert von 2,50m² pro SchülerIn – (Richtwert der Stadt Wien mit 1,65¹⁰ m² für Volks- und Mittelschulen). Die Effekte der unterschiedlichen Nutzungsvarianten, drückten sich unter anderem auf die Flächenberechnung aus. Der Flächenunterschied lag beispielsweise bei den Szenarien „Pool“ und „Single“ mit Mehrfachnutzung bei 1.105m² Nutzfläche. Der Multiplikator, um von der Nutzfläche (NF) der Lernräume auf die Bruttogeschossfläche (BGF) hochzurechnen wurde für die Errechnung der BGF mit 1,65 angenommen. Demnach ergab das eine BGF der Lernräume von 1.823 m². Bei einer Vergleichsschule aus dem Jahr 2015 mit 1.890€/m²¹¹ BGF der reinen Bauwerkskosten, wurde für eine Anschauung die Preisanpassung 2020, mit 15% Indexerhöhung bewertet. Der daraus entstandene Preis von 2.173€/m² (BGF 1823,25m²) der Bauwerkskosten, bewertete eine

¹⁰ Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort; „Gesamte Rechtsvorschrift für Schulbau- und

Einrichtungsverordnung“, <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrBgl&Gesetzesnummer=10000209>, 2020, Abrufdatum: 09.05.2020

¹¹Baukosteninformationszentrum; „Objektdaten Schulen“, <https://www.bki.de/files/content-bki/produkte/kostenplanung/objektdaten/schulen/Erlaeuterungsseiten.pdf>, 2015, Abrufdatum: 09.05.2020

mögliche Einsparung durch die Mehrfachnutzung bzw. durch die Veränderung des Flächenmanagements, von ca. 4 Mio. Euro.

10.1. Flächenberechnung Beispiel Szenario „Cluster mit Mehrfachnutzung“

Für eine Veranschaulichung wurde für die Flächenaufstellung das „Szenario Cluster mit Mehrfachnutzung“ verwendet:

NF Lernraum		6215m ²
Puffer		20%
Lehrpersonal		10%
Sport		15%
Werkstätten		40%
Nutzfläche		11497m ²
Faktor BGF x 1,65		18970m ²
allgemeine Flächen		62%
BGF		30731m²

Tabelle 28: BGF-Berechnung "Cluster mit MFN"

Die Flächenberechnung stellt lediglich eine erste Schätzung der BGF ohne Werkstätten dar. Auf Basis der errechneten Lernnutzflächen wurde zur Plausibilisierung das Flächenverhältnis von BGF zu NF des Bestands, Werkstätten, Sport und Flächen für Lehrpersonal sowie 20% Reserven zur Ermittlung der gesamten Nutzfläche addiert, welche mithilfe des Umrechnungsfaktors (1,65) die Grobschätzung der Bruttogeschossfläche darstellte. Die Ermittlung der allgemeinen Flächen wurde durch das Verhältnis von BGF zu NF im aktuellen Schulbestand bewertet, welcher ein Mittel von 62% ergab. Demnach lag im Beispiel „Cluster mit Mehrfachnutzung“ eine BGF von ca. 28.000m², welche im Rahmen der vorgegebenen maximalen BGF von 45.000m² lag.

11.Zusatz Sonderauswertung genetischer Algorithmus

In (fast) allen Schulsystemen ist die Erstellung des Stundenplans für die Lehrerschaft eine Herausforderung. Es müssen neben dem Lehrplan, die Verfügbarkeit des Lehrpersonals, die Verfügbarkeit der Räume, die Budgetverteilung und zahllose weitere externe Faktoren in den Stundenplan mit einbezogen werden. Die Suche nach Möglichkeiten des Computerunterstützten erstellens der Stundenpläne, beschäftigt MathematikerInnen und InformatikerInnen seit min. zwei Jahrzehnten. Eine innovative Möglichkeit für das Facility Management, bezogen auf den Stundenplan und in Folge dessen auf die Raumbelugung und dessen Effizienz kann durch die Nutzung eines genetischen Algorithmus erfolgen. Die genannte Methode fokussiert sich im Vergleich zum verwendeten Datenmodell (unveränderbarer Stundenplan) auf die optimale Erstellung eines Stundenplans, unter Berücksichtigung von Variablen und Bindungen. Die Berechnung erstellt und bewertet basierend auf Regeln und veränderbare Parameter Z.B.: Buchungskriterien für Lernräume unter 10 SchülerInnen) und klare Bewertungskriterien für Varianten, einen dementsprechenden Stundenplan. Aus zwei gut bewerteten Varianten wird eine Dritte erzeugt, die wiederum bewertet wird. So wird basierend auf bestimmte Suchstrategien versucht, sich einer optimalen Lösung anzunähern.

Die Herausforderung dieser Verfahrensweise liegt in der unzähligen Berücksichtigung äußerlicher Faktoren, wie beispielsweise die Verfügbarkeit des Lehrpersonals, die Klassenkapazitäten und die Raumanzahl.

Basierend auf einem genetischen Algorithmus, einer Mustererkennung kombiniert mit der heuristischen Methode der Lösungsfindung (Informatik: Methodische Lösungsfindung komplexer Probleme) wird dem entgegengewirkt. Ein Lösungsvorschlag für ein Raumprogramm für das ZBG 6 wurde mithilfe einer genetischen Berechnung ohne weitere Berücksichtigung von Variablen generiert. (Variablen nicht bekannt).

11.1. Vergleich Ergebnis: Sonderauswertung genetischer Algorithmus

Szenario "Pool" nur Räume für allgemeinen Unterricht - Auswertung Datenmodell		
acht Berufsschulen		
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume
Regular (10)	10	17
Regular (16)	16	39
Regular (24)	24	44
Regular (32)	32	1
Raumbedarf		101
Szenario "POOL" nur Räume für allgemeinen Unterricht - Auswertung gen.Algorithmus		
acht Berufsschulen		
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume
Regular (10)	10	14
Regular (16)	16	33
Regular (24)	24	44
Regular (32)	32	1
Raumbedarf		92

Tabelle 29: Sonderauswertung genetischer Algorithmus

Die Berechnung belegte die Möglichkeiten der Optimierung und deren Effekte. Die Auswertung aus dem Datenmodell, welches sich einem Optimum lediglich nähert, stellte eine Raumanzahl von 101 Räume ohne Berücksichtigung der Fachräume dar. Die Kennzahlen stellten durch den Einsatz einer genetischen Berechnung, mithilfe „Umschichtung“ des Stundenplans eine weitere Raumersparnis von 9 Räumen dar. In diesem Fall, war es aufgrund der nicht Berücksichtigung äußerer Faktoren eine reine Demonstration.

12. Empfehlung zu LernRaumOrganisation

Das parametergesteuert generierte Raumprogramm und die Kennzahlen dazu zeigen das Potenzial der Simulation bei der Optimierung von LernRaumOrganisationen und die Sinnhaftigkeit des Ansatzes der Integration von Aktivitäten, Raum und Organisation generell.

Acht Schulen, die im Zuge der Datenerhebung von Raumnot klagten, erhalten nun eine potenzielle Reduzierung der Anzahl der Lernräume, um ca. 40%, ohne Qualitätsverlust. Aus den Erkenntnissen des Lokalaugenscheins aller acht Schulen sowie die Anwendung innovativer Entwicklungen, wird für das Projekt ZBG 6, der LernRaumOrganisation das Szenario „Cluster mit einer Mehrfachnutzung“ empfohlen. Die Eigenschaften dieses Modells behandeln einerseits Wünsche des Lehrpersonals, wie beispielsweise die Erhaltung der Schulidentität oder der persönliche Bezug der LehrerInnen zu den SchülerInnen, andererseits werden die gesetzten Ziele, wie Synergien und Flächenoptimierung erreicht. Das Szenario „Cluster“ schafft durch die baulich-räumliche Struktur sowie branchenübergreifend, potenziell eine neue und eng verbundene Gemeinschaft. Ein „Shoppingzentrum“ - ähnlicher Bereich in der Clustergruppe für den Handel, kann zum Beispiel für eine branchenübergreifende Interaktion sorgen, welcher unter anderem die Kreativität der SchülerInnen sowie die des Lehrpersonals bei der Erstellung des Lehrplans fordert. Für den Projektverlauf wird die kontinuierliche Nutzung von Simulationen weiterhin stark empfohlen.

Dementsprechend kann beispielsweise mithilfe von erweiterten Simulationsläufen die Flächenvergabe in den ersichtlich stark genutzten Bereichen der Schule optimiert werden.

12.1. Raumprogramm

Berufsschule für Baugewerbe und Holz,Klang,Farbe und Lack			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	7	23
Regular (16)	16	11	67
Regular (24)	24	3	77
Regular (32)	32	2	81
Raumbedarf Gesamt		23	

Berufsschule für Einzelhandel und EDV/Einzelhandel/Bürokaufläute			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	5	14
Regular (16)	16	22	49
Regular (24)	24	34	75
VP Bau Werkraum (15)	15	1	83
Warenkundesaal (20)	20	1	85
Werbetechnik (20)	20	2	84
Raumbedarf Gesamt		65	

Berufsschule für Handel und Reisen/Handel und Administration/IFT			
Raumtyp	Kapazität	Anzahl d. Räume	Belegungsdichte
Regular (10)	10	5	5
Regular (16)	16	14	31
Regular (24)	24	9	70
Gruppenraum Warenkunde (20)	20	1	95
Gruppenraum Werbetechnik (20)	20	1	88
Medienraum (30)	30	1	95
Verkaufskunderaum (15)	15	1	93
WT Raum (113)	113	1	80
WT Raum (12)	12	1	73
WT Raum (20)	20	1	87
WT Raum (33)	33	1	85
Übungsfirma (14)	14	1	82
Übungsfirma (28)	28	1	95
Übungsreisebüro (16)	16	1	82
Raumbedarf Gesamt		39	

Tabelle 30:Empfehlung Raumprogramm ZBG 6

Das empfohlene Raumprogramm beschreibt Annäherungswerte einer spezifischen Form der LernRaumOrganisation. Die Bestimmung weiterer Vergleichswerte anhand von Sensibilisierungsläufen aus der Simulation, sind hinsichtlich einer detaillierten Erkenntnis zu einem finalen Raumbedarf erforderlich. Die Simulationsläufe werden sinngemäß durch weitere Fragestellungen und infolgedessen durch Änderungen der Parameter bestimmt.

12.2. Beispiel für Funktionsprogramm

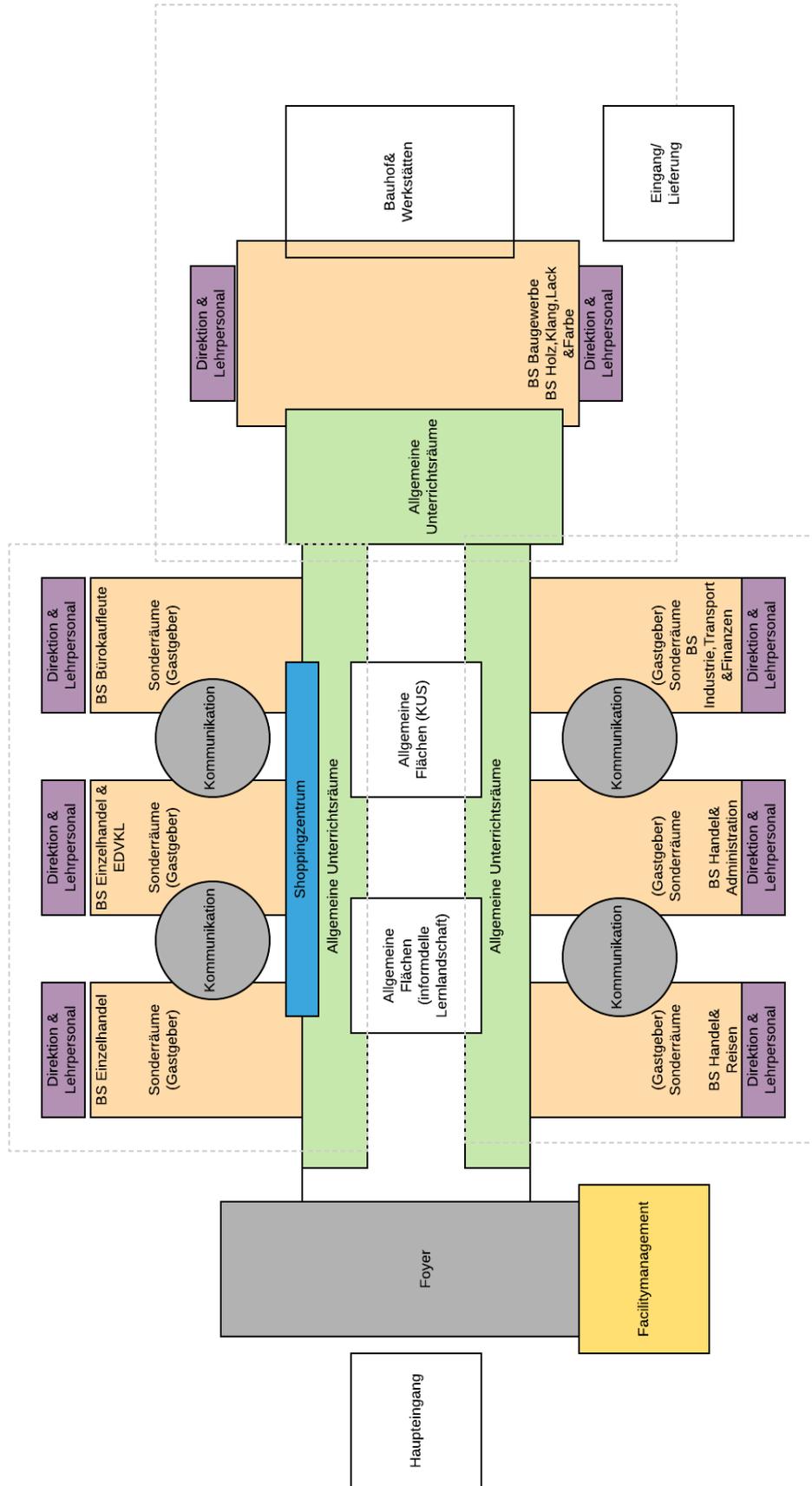


Diagramm 15: Beispiel Funktionsprogramm

13.Fazit

Die empirische Entwicklungsarbeit antwortet übergeordnet auf die Frage, welche LernRaumOrganisation in Bezug auf das Projekt ZBG 6, die größte Flächeneffizienz hat.

Der Prozess bekräftigt den Einsatz der Lernaktivitäten der Räume und der Organisation der Raumvergabe, insbesondere den Einsatz von unterstützender Simulationstechnik in komplexe Bauvorhaben, wie die des Zentralen Berufsschulgebäudes. Diese als Einheit betrachtet, welche interdisziplinär analysiert und bewertet werden. Wie in der Arbeit im Bereich der Projektorganisation zu sehen ist, bildet die Grundlage solcher Prozesse die Bereitschaft der Bauherrenschaft. Hinsichtlich der Problematik: 52 Lehrberufe, mit 2400 SchülerInnen pro Tag in einem Gebäude unterzubringen und gleichzeitig eine attraktive Lernlandschaft zu ermöglichen, ist der Einsatz von quantitativen Berechnungen mithilfe von computerbasierten Simulationen sehr förderlich. Dabei ist das Vorhandensein geeigneter Daten und die Möglichkeit diese zu erheben und zu verwenden ein wichtiger Erfolgsfaktor. Die Auswertung basiert, auf den in der Begriffsbestimmung skizzierten Schritten. Dafür gibt es erstens keinen klaren Leitfaden und zweitens kann die Auswertung, gerade in Bildungsstätten mit hoher Volatilität von einer Woche zur anderen, sehr unterschiedlich sein. In der Arbeit wird beispielsweise mit der unterrichts stärksten Woche gerechnet, welche für das Resultat die maximale Auslastung herleitet. Werden die Parameter überlegt und zielorientiert eingesetzt, so trägt die Berechnung hierbei eine enorme Rolle mit großer Auswirkung auf die Flächennutzung, respektive einer möglichen Flächenminderung von ca. 40%. Diesbezüglich liegen zwei Hauptgründe im Auswertungs-setting vor:

- 1.Die Zusammenlegung des klassischen Klassenzimmers und dem EDV-Raum, also zu einem EDV-basierten Raum, welcher mithilfe von Buchungsregeln einen großen Effekt auf die Flächenvergabe hat.
- 2.Die Nutzung der fachspezifischen Räume, welche ebenfalls für den allgemeinen Unterricht genutzt werden können Mehrfachnutzung.

Diese Erkenntnis hat einen Einfluss auf eine Vielzahl von Aspekten für das ZBG 6. Infolge eines vorgesehenen Public-Private-Partnership (PPP) bei einer Vertragsdauer von 20-30 Jahren wird durch die Flächeneinsparung bei 8% der jährlichen Nutzungskosten, innerhalb von ca. 12-15 Jahren die Investitionskosten beglichen sein (Anschauungsbeispiel).

Diese Werte können bereits in der Kostenschätzung einkalkuliert werden und dementsprechend können mehr Gelder für aufwendige Ausstattungen, die zur Lernförderung beitragen zur Verfügung gestellt werden.

Hinsichtlich der Aufgabenstellung wird belegt, dass im Zuge der modellhaften Vorgehensweise und unter Einsatz von innovativen und zeitgemäßen Projektentwicklungsstrategien, jedes Szenario eine große Flächeneffizienz aufweist, selbst bei dem Modell der getrennten Schulen, welches der aktuellen Situation gleicht.

14.Ausblick

Die Erfahrungen bei der Praxis der integrierten Planung haben gezeigt, dass die Architektur in der Phase der Projektentwicklung - der Phase Null - wesentlich mehr erreichen kann, als nur ein schön gestaltetes Gebäude. Sie kann zur Effizienzsteigerung beitragen, allerdings nur wenn die Nutzung und der Betrieb mitbedacht werden. Ein Bewusstsein für die Sichtweisen der NutzerInnen und die des Gebäudemanagements ist in den sehr frühen Phasen des Projekts mit einzubeziehen.

Im Zuge der Arbeit stellen sich bereits weitere Themen, die sich potenziell für weitere Forschungs- und Entwicklungsfragen anbieten. Bereits zu Bereichen, wie die Architektur Einfluss auf die Lernformen respektive die Bildungskultur einnimmt, kann nachgeforscht werden.

Ein weiteres Forschungsfeld kann die Entwicklung von PPP-Modelle im Schulbau sein. Welche Leistungen werden in das Modell vergeben? Wie kann ein Betrieb soweit entwickelt werden, dass minimale Nachträge entstehen? Eine weitere Entwicklungsarbeit beschreibt die Ausarbeitung eines FM-Systems auf das spezifische Projekt ZBG 6. Dabei stellen sich Fragen wie: Wie werden die Räume gebucht? Wer hat welche Rollen? Wer ist wo Gastgeber? Besteht eine Dezentrale oder Zentrale Organisation und welche Effekte entstehen daraus? Es ist deutlich erkennbar, dass die integrierte Planung und eine Implementierung der IT in die Architektur Prozesse bei den Anfängen von Planungsprozessen sind. Mit der Hoffnung, dass Prozesse der Mehrfachnutzung in die Planung des ZBG 6 weiterverfolgt werden, kann dies ein Anreiz bzw. ein Referenzbeispiel für weitere Vorhaben sein. Dabei soll es sich nicht nur um den Neubau oder eine Umstrukturierung handeln, sondern vielmehr ein Bewusstsein für die Einsetzung zeitgemäßer Prozesse, schaffen. Zum Abschluss ist festzuhalten, dass die Arbeit mit der modellhaften Vorgehensweise das Ziel der Aufgabenstellung erreicht und kritisch betrachtet hat. In der Hoffnung auf ein erhöhtes Angebot von integrierter Planung an der TU-Wien, kann die Arbeit als Grundlage für weitere Recherche, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten hergenommen werden.

Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1:PROJEKTLANDSCHAFT.....	11
ABBILDUNG 2:BESTANDSAUFNAHME BERUFSSCHULEN	17
ABBILDUNG 3:AUSZUG ARBEITSANWEISUNG "UNTIS"	41

Diagrammverzeichnis

DIAGRAMM 1:LERNRAUMORGANISATION	9
DIAGRAMM 2:PROJEKTORGANISATION.....	13
DIAGRAMM 3:PROJEKTORGANISATION SCHRITT I.....	14
DIAGRAMM 4:PROJEKTORGANISATION SCHRITT II	15
DIAGRAMM 5:SIMULATIONSTRATEGIE.....	23
DIAGRAMM 6:ENTITY-RELATIONS-DIAGRAM	25
DIAGRAMM 7:DATENMODELL	27
DIAGRAMM 8:BERECHNUNGSPARAMETER.....	28
DIAGRAMM 9:NUTZUNGSSZENARIO "POOL"	32
DIAGRAMM 10:NUTZUNGSSZENARIO "CLUSTER"	34
DIAGRAMM 11:NUTZUNGSSZENARIO "SINGLE"	35
DIAGRAMM 12:BERECHNUNGSVORGANG.....	36
DIAGRAMM 13:BELEGUNGSDICHTE MEHRFACHNUTZUNG	61
DIAGRAMM 14:RAUMANFRAGE PRO TAG	63
DIAGRAMM 15:BEISPIEL FUNKTIONSPROGRAMM.....	70

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1:AUSZUG DATENBANK.....	37
TABELLE 2:AUSZUG INTEGRIERTES SIMULATIONSERGEBNIS.....	37
TABELLE 3:AUSZUG RAUMLISTE.....	38
TABELLE 4:AUSZUG RAUMBELEGUNGSPLAN.....	39
TABELLE 5:AUSZUG KLASSENGRÖÙE.....	39
TABELLE 6:DATENERHEBUNGSMATRIX I	40
TABELLE 7:DATENERHEBUNGSMATRIX II.....	41
TABELLE 8:BERECHNUNGSVALIDIERUNG I	43
TABELLE 9:BERECHNUNGSVALIDIERUNG II	44
TABELLE 10:VERIFIZIERUNG BELEGUNGSDICHTE I	46
TABELLE 11:VERIFIZIERUNGS BELEGUNGSDICHTE II.....	46
TABELLE 12:VERIFIZIERUNG RAUMZAHL	47
TABELLE 13:AUSGANGSDATEN TESTSCHULE	48
TABELLE 14:ERGEBNIS TESTSCHULE	49
TABELLE 15:SIMULATIONSERGEBNIS - VERGLEICH NUTZUNGSVARIANTEN	50
TABELLE 16:RAUMPROGRAMM MIT MFN - SZENARIO "POOL"	53
TABELLE 17:RAUMPROGRAMM OHNE MFN - SZENARIO "POOL"	53
TABELLE 18:RAUMPROGRAMM MIT MFN - SZENARIO "CLUSTER"	54
TABELLE 19:RAUMPROGRAMM OHNE MFN - SZENARIO "CLUSTER"	55
TABELLE 20:RAUMPROGRAMM MIT MFN - SZENARIO "SINGLE" I	56
TABELLE 21:RAUMPROGRAMM MIT MFN - SZENARIO "SINGLE" II	57
TABELLE 22:RAUMPROGRAMM OHNE MFN - SZENARIO "SINGLE" I	58
TABELLE 23:RAUMPROGRAMM OHNE MFN - SZENARIO "SINGLE" II	59
TABELLE 24:HEATMAP I.....	61
TABELLE 25:HEATMAP II.....	62
TABELLE 26:AUSWERTUNG HEATMAP.....	63
TABELLE 27:ZUSAMMENFASSUNG NUTZFLÄCHEN	64
TABELLE 28:BGF-BERECHNUNG "CLUSTER MIT MFN"	65
TABELLE 29:SONDERAUSWERTUNG GENETISCHER ALGORITHMUS	67
TABELLE 30:EMPFEHLUNG RAUMPROGRAMM ZBG 6	69

Literaturverzeichnis

Bücher:

Ninnemann, Katja: „Innovationsprozesse und Potenziale der Lernraumgestaltung an Hochschulen – Die Bedeutung des Dritten Pädagogen bei der Umsetzung des ‘Shift from Teaching to Learning’“; Internationale Hochschulschriften Band 640; Münster: Waxmann, 2018

Unveröffentlichte Forschungsarbeiten:

Ninnemann, K., Wiegand, D. (2020): „Moderne Schulraumplanung“; TU Wien, Forschungsbereich Projektentwicklung, unveröffentlichte Forschungsarbeit

Interview:

Interview vom 27.04.2020 mit Univ.Prof. Dietmar Wiegand, TU Wien, Leiter des Forschungsbereichs Projektentwicklung und – management. Siehe Anhang IV

Internetquellen:

Hölzel, Marco; Krön, Elisabeth: „Partizipation bei der Projektentwicklung“, https://www.researchgate.net/publication/332728102_Partizipation_bei_der_Projektentwicklung_Bedeutung_und_Entwicklung_partizipativer_Prozesse_in_der_Projektentwicklung, 2019

Wiegand, Dietmar; „Einfach Mehrfach“ <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008530.pdf>, 2018

Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort; „Gesamte Rechtsvorschrift für Schulbau- und Einrichtungsverordnung“, <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrBglD&Gesetzesnummer=10000209>, 2020

Baukosteninformationszentrum; „Objektdaten Schulen“, <https://www.bki.de/files/content-bki/produkte/kostenplanung/objektdaten/schulen/Erlaeuterungsseiten.pdf>

Anhänge

I.Heatmap ZBG 6

II.Auszug Rohdaten ZBG 6

III.Interviewleitfaden

IV.Experteninterview

Anhang I - Heatmap ZBG 6

- mit Mehrfachnutzung

Tag 1	1.ZF	2.ZF	3.ZF	4.ZF	5.ZF	6.ZF	7.ZF	8.ZF	9.ZF	10.ZF	11.ZF	12.ZF
Belegungsichte in %												
Raumtyp												
Regular (10)	5,88	29,41	52,94	11,76	0	0	76,47	94,12	76,47	5,88	0	0
Regular (16)	43,59	100	100	100	94,87	2,56	41,03	100	100	61,54	10,26	5,13
Regular (24)	77,27	100	100	100	100	34,09	93,18	100	100	100	6,82	2,27
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Warenkunde (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Medienraum (30)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
VP Bau Werkraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (113)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (12)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (33)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Warenkundesaal (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (14)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Übungsreisebüro (16)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
GESAMT	1626,74	1729,41	1752,94	1711,76	1694,87	1536,65	1710,68	1794,12	1776,47	1667,42	517,08	507,40
Tag 2												
Belegungsichte in %												
Raumtyp												
Regular (10)	11,76	29,41	64,71	100	58,82	5,88	5,88	47,06	35,29	11,76	0	0
Regular (16)	46,15	100	100	100	100	17,95	33,33	100	100	41,03	0	0
Regular (24)	100	100	100	100	100	43,18	97,73	100	100	95,45	9,09	0
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Warenkunde (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Medienraum (30)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
VP Bau Werkraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (113)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (12)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (33)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
Warenkundesaal (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	0
Übungsfirma (14)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Übungsreisebüro (16)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
GESAMT	1657,91	1729,41	1764,71	1800	1758,82	1567,01	1636,94	1747,06	1735,29	1648,24	659,09	300,00

Tag 3		1.ZF	2.ZF	3.ZF	4.ZF	5.ZF	6.ZF	7.ZF	8.ZF	9.ZF	10.ZF	11.ZF	12.ZF
Belegungsdichte in % Raumtyp													
Regular (10)	11,76	35,29	64,71	58,82	64,71	5,88	0	5,88	5,88	5,88	5,88	0	0
Regular (16)	48,72	100	100	97,44	100	10,26	43,59	100	100	100	38,46	0	0
Regular (24)	100	100	100	100	100	36,36	90,91	100	100	100	100	6,82	0
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Warenkunde (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Medienraum (30)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
VP Bau Werkraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Verkaufskunderraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
WT Raum (113)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (12)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (33)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Warenkundesaal (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50
Übungsfirma (14)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsreisebüro (16)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
GESAMT	1660,48	1735,29	1764,71	1756,26	1764,71	1552,5	1634,5	1705,88	1705,88	1705,88	1644,34	456,82	450
Tag 4		1.ZF	2.ZF	3.ZF	4.ZF	5.ZF	6.ZF	7.ZF	8.ZF	9.ZF	10.ZF	11.ZF	12.ZF
Belegungsdichte in % Raumtyp													
Regular (10)	11,76	23,53	47,06	41,18	52,94	11,76	17,65	47,06	58,82	58,82	17,65	0	0
Regular (16)	38,46	92,31	100	100	100	12,82	28,21	94,87	100	100	23,08	0	0
Regular (24)	84,09	100	100	100	100	50	93,18	100	100	100	95,45	2,27	0
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Warenkunde (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Medienraum (30)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
VP Bau Werkraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Verkaufskunderraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (113)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
WT Raum (12)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (33)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Warenkundesaal (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50
Übungsfirma (14)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsreisebüro (16)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
GESAMT	1634,31	1715,84	1747,06	1741,18	1752,94	1574,58	1639,04	1741,93	1758,82	1758,82	1636,18	552,27	550

Tag 5	1.ZF	2.ZF	3.ZF	4.ZF	5.ZF	6.ZF	7.ZF	8.ZF	9.ZF	10.ZF	11.ZF	12.ZF
Belegungsdichte in %												
Raumtyp												
Regular (10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Regular (16)	61,54	82,05	87,18	89,74	76,92	5,13	48,72	56,41	35,9	15,38	0	0
Regular (24)	100	100	100	100	100	25	77,27	100	100	11,36	0	0
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Warenkunde (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Medienraum (30)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
VP Bau Werkraum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
WT Raum (113)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (12)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (33)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Warenkundesaal (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Werbetechnik (20)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsfirma (14)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Übungsreisebüro (16)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
GESAMT		1682,05	1687,18	1689,74	1676,92	1530,13	1625,99	1656,41	1635,90	1526,74	300,00	0,00

- ohne Mehrfachnutzung

Tag 1												
Belegungsichte in %	1,ZF	2,ZF	3,ZF	4,ZF	5,ZF	6,ZF	7,ZF	8,ZF	9,ZF	10,ZF	11,ZF	12,ZF
Raumtyp												
Regular (10)	6,25	31,25	56,25	18,75	0	0	81,25	100	81,25	6,25	0	0
Regular (16)	42,22	100	100	100	100	8,89	40	100	100	66,67	11,11	4,44
Regular (24)	93,48	100	100	100	100	52,17	0	100	100	100	8,7	2,17
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	100
Gruppenraum Warenkunde (20)	0	0	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medienraum (30)	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0
VP Bau Werkraum (15)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	0	100	100	0	0	0	0
WT Raum (113)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (33)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warenkundesaal (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werbetechnik (20)	0	100	100	50	50	0	50	50	100	100	0	0
Übungsfirma (14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Übungsfirma (28)	0	100	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100
Übungsreisebüro (16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GESAMT	341,95	631,25	656,25	568,75	450,00	161,06	771,25	750,00	681,25	572,92	169,81	206,61
Tag 2												
Belegungsichte in %	1,ZF	2,ZF	3,ZF	4,ZF	5,ZF	6,ZF	7,ZF	8,ZF	9,ZF	10,ZF	11,ZF	12,ZF
Raumtyp												
Regular (10)	6,25	25	68,75	93,75	50	6,25	12,5	43,75	43,75	18,75	0	0
Regular (16)	55,56	100	100	100	100	17,78	40	100	100	44,44	0	0
Regular (24)	100	100	100	100	100	65,22	100	100	100	100	15,22	0
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75
Gruppenraum Warenkunde (20)	100	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
Medienraum (30)	0	0	0	100	100	0	0	0	100	100	0	0
VP Bau Werkraum (15)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	0	100	100	0	0	0	0
WT Raum (113)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (33)	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Warenkundesaal (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werbetechnik (20)	50	100	100	100	100	0	0	100	50	50	0	0
Übungsfirma (14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	0	100	100	100	100	0	0
Übungsreisebüro (16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GESAMT	611,81	725,00	668,75	893,75	850,00	189,25	552,50	743,75	593,75	513,19	115,22	75,00

Tag 3		1,ZF	2,ZF	3,ZF	4,ZF	5,ZF	6,ZF	7,ZF	8,ZF	9,ZF	10,ZF	11,ZF	12,ZF
Belegungsdichte in %													
Raumtyp													
Regular (10)	6,25	31,25	68,75	75	87,5	6,25	0	0	0	0	0	0	0
Regular (16)	62,22	97,78	100	97,78	100	15,56	44,44	100	100	100	53,33	0	0
Regular (24)	100	100	100	100	100	52,17	97,83	100	100	100	100	6,52	2,17
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Gruppenraum Warenkunde (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medienraum (30)	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VP Bau Werkraum (15)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
WT Raum (113)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (12)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (20)	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
WT Raum (33)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warenkundsaaal (20)	0	100	100	0	0	0	0	0	0	100	0	100	0
Werbetechnik (20)	0	100	50	50	0	0	100	100	100	100	50	0	0
Übungsfirma (14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Übungsfirma (28)	0	100	100	0	0	100	100	100	100	100	0	0	0
Übungsreisebüro (16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GESAMT	468,47	829,03	718,75	522,78	487,5	273,98	542,27	700	700	700	403,33	206,52	102,17
Tag 4													
Belegungsdichte in %													
Raumtyp													
Regular (10)	12,5	25	43,75	37,5	50	12,5	18,75	50	68,75	18,75	0	0	0
Regular (16)	42,22	91,11	100	97,78	100	11,11	33,33	100	100	37,78	0	0	0
Regular (24)	93,48	100	100	100	100	71,74	97,83	100	100	100	6,52	4,35	0
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Gruppenraum Warenkunde (20)	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	0	0	0	0	0	100	100	100	100	0	0	0	0
Medienraum (30)	0	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
VP Bau Werkraum (15)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkaufskunderaum (15)	0	0	100	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0
WT Raum (113)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (12)	0	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (20)	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (33)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warenkundsaaal (20)	0	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werbetechnik (20)	50	100	50	50	50	0	50	0	50	0	0	0	0
Übungsfirma (14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Übungsfirma (28)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0
Übungsreisebüro (16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GESAMT	398,2	716,11	793,75	885,28	800	295,35	599,91	550	618,75	256,53	106,52	104,35	0

Tag 5	1,ZF	2,ZF	3,ZF	4,ZF	5,ZF	6,ZF	7,ZF	8,ZF	9,ZF	10,ZF	11,ZF	12,ZF
Belegungsdichte in % Raumtyp												
Regular (10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Regular (16)	73,33	84,44	91,11	100	88,89	6,67	51,11	68,89	46,67	13,33	0	0
Regular (24)	100	100	100	100	100	47,83	89,13	100	100	36,96	4,35	0
Regular (32)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	25	0
Gruppenraum Warenkunde (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gruppenraum Werbetechnik (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medienraum (30)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VP Bau Werkraum (15)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verkaufskunderaum (15)	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (113)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (12)	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
WT Raum (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WT Raum (33)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warenkundesaal (20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werbetechnik (20)	0	100	50	0	0	0	50	0	50	0	0	0
Übungsfirma (14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Übungsfirma (28)	0	100	100	0	0	0	0	100	100	0	0	0
Übungsreisebüro (16)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GESAMT	0	584,44	541,11	300,00	288,89	154,50	290,24	368,89	496,67	150,29	29,35	0,00

Anhang II - Auszug Rohdaten

Raumbelegungsplan

Datum	Tag	Stunden	Wochenstun	Beginn	Ende	Lehrer	Fach	Klasse(n)	Räume	Unt-Nr	Befristung	Unt.-Text	Zeilentext	Unt.-Gruppe	Schülergrupp	Stundentext	Schulwochen
04.11.19	Mo	1-2	Mo-1-2	07:30	09:10	09:10 AM	DuK	1AS	1-45	13	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	3	Mo-3	09:10	10:00	TS	BPP	1AS	E-24	10	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	4	Mo-4	10:15	11:05	FM	BE	1AS	E-15	11	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	5	Mo-5	11:05	11:55	RM	PB	1AS	F-58	8	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	7-9	Mo-7-9	12:55	15:40	GM	VP	1AS	F-67	9	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	2	Mo-2	08:20	09:10	GG	DuK	1BB	E-15	20	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	3	Mo-3	09:10	10:00	AR	PB	1BB	F-63	18	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	4-6	Mo-4-6	10:15	12:45	SJ	VP	1BB	E-21	16	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	8	Mo-8	13:45	14:35	AH	BE	1BB	F-75	19	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	9-10	Mo-9-10	14:50	16:30	AH	VWP	1BB	F-75	23	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	1-3	Mo-1-3	07:30	10:00	ZM	VP	1CS	F-62	40	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	4-5	Mo-4-5	10:15	11:55	AM	DuK	1CS	F-45	42	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	7-8	Mo-7-8	12:55	14:35	FM	VWP	1CS	F-57	43	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	9	Mo-9	14:50	15:40	FN	PB	1CS	F-64	45	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	1	Mo-1	07:30	08:20	TS	PB	1EK	E-24	75	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	2-3	Mo-2-3	08:20	10:00	LM	DuK	1EK	F-46	78	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	4	Mo-4	10:15	11:05	LM	BE	1EK	F-46	74	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	5	Mo-5	11:05	11:55	TS	BPP	1EK	E-24	79	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	7-9	Mo-7-9	12:55	15:40	TF	VP	1EK	F-58	77	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	2	Mo-2	08:20	09:10	SO	BE	1LT	F-49	1127	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	3	Mo-3	08:20	09:10	WG	PB	1LT	F-65	1127	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	3	Mo-3	09:10	10:00	WG	PB	1LT	F-65	1128	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	3	Mo-3	09:10	10:00	SO	BE	1LT	F-49	1128	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	4-6	Mo-4-6	10:15	12:45	PE	AWL	1LT	F-43	1129	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	4-6	Mo-4-6	10:15	12:45	KB	AWL	1LT	F-44	1129	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	8-10	Mo-8-10	13:45	16:30	ZM	VP	1LT	F-66	1130	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	8-10	Mo-8-10	13:45	16:30	GR	VP	1LT	F-66	1130	02.09. - 12.07.			JahresU		1-14,20-22,24-31,34-39,41-45	1-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	2	Mo-2	08:20	09:10	AR	PB	1LV	F-63	1106	23.09. - 12.07. (u)			JahresU		4-14,20-22,24-31,34-39,41-45	4-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	3	Mo-3	09:10	10:00	UA	BPP	1LV	F-38	1102	23.09. - 12.07. (u)			JahresU		4-14,20-22,24-31,34-39,41-45	4-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	4	Mo-4	10:15	11:05	SO	BE	1LV	F-49	1104	23.09. - 12.07. (u)			JahresU		4-14,20-22,24-31,34-39,41-45	4-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	5-6	Mo-5-6	11:05	12:45	BI	DuK	1LV	E-15	1110	23.09. - 12.07. (u)			JahresU		4-14,20-22,24-31,34-39,41-45	4-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	8-10	Mo-8-10	13:45	16:30	RM	VPE	1LV	F-44	1098	23.09. - 12.07. (u)			JahresU		4-14,20-22,24-31,34-39,41-45	4-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	9-10	Mo-9-10	14:50	16:30	RB	VP	1LV	F-44	1100	23.09. - 12.07. (u)			JahresU		4-14,20-22,24-31,34-39,41-45	4-14,20-22,24-31,34-39,41-45
04.11.19	Mo	1-4	Mo-1-4	07:30	11:05	TF	PB	1LZ		1161	04.11. - 04.11. (u)			JahresU		10	10
04.11.19	Mo	6-9	Mo-6-9	11:55	15:40	AS	PB	1LZ		1162	04.11. - 04.11. (u)			JahresU		10	10
04.11.19	Mo	1-2	Mo-1-2	07:30	09:10	JA	VP	1M	F-35	446	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	1-2	Mo-1-2	07:30	09:10	BW	AWL	1M	F-37	446	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	3-4	Mo-3-4	09:10	11:05	BW	AWL	1M	F-37	447	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	3-4	Mo-3-4	09:10	11:05	JA	VP	1M	F-35	447	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	5	Mo-5	11:05	11:55	RE	PB	1M	F-47	448	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	7	Mo-7	12:55	13:45	GG	VWP	1M	F-55	449	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	7	Mo-7	12:55	13:45	BW	AWL	1M	F-37	449	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	8-9	Mo-8-9	13:45	15:40	GG	VWP	1M	F-55	450	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	8-9	Mo-8-9	13:45	15:40	WE	BE	1M	F-49	450	14.10. - 17.05. (k)			IM		7-12,31,34-37	7-12,31,34-37
04.11.19	Mo	2	Mo-2	08:20	09:10	TS	PB	1SWE	E-24	700	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	3	Mo-3	09:10	10:00	HM	BE	1SWE	F-61	701	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	4	Mo-4	10:15	11:05	ZM	VPE	1SWE	F-62	710	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	5-6	Mo-5-6	11:05	12:45	ZM	VP	1SWE	F-62	702	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	8-10	Mo-8-10	13:45	16:30	SO	AWL	1SWE	E-23	703	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	2-3	Mo-2-3	08:20	10:00	PC	VWP	1SWF	F-55	711	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	4	Mo-4	10:15	11:05	HM	VPE	1SWF	F-61	712	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	5-6	Mo-5-6	11:05	12:45	HM	VP	1SWF	F-61	713	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	8-10	Mo-8-10	13:45	16:30	AR	AWL	1SWF	F-63	714	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	2	Mo-2	08:20	09:10	FN	AWL	1VA	F-64	134	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22
04.11.19	Mo	3	Mo-3	09:10	10:00	AM	DuK	1VA	F-45	137	02.09. - 09.02. (B)			WSem		1-14,20-22	1-14,20-22

Raumbeschreibung

Name	Langname	Beschreibung	Kapaz.
1-35	EDV	Ausbildungsschwerpunkt Elektro- und Elektronikberatung	15
1-37	EDV	Beschreibung siehe E-22 - E-24	15
1-38	EDV		15
1-43	Klasse	Angewandte Wirtschaftslehre Theorie	17
1-44	Klasse	Angewandte Wirtschaftslehre Theorie	17
1-45	Klasse	Berufsbezogene Fremdsprache Englisch, Deutsch und Kommunikation	17
1-46	Klasse	Berufsbezogene Fremdsprache Englisch, Deutsch und Kommunikation	17
1-47	Klasse	Verkaufspraktikum Papierwaren	15
1-49	Klasse	Berufsbezogene Fremdsprache Englisch, Deutsch und Kommunikation	17
2-55	Klasse	Verkaufsförderung und Warenpräsentation	15
2-57	Klasse	Verkaufsförderung und Warenpräsentation	15
2-58	Klasse	Verkaufspraktikum Eisen- und Hartwaren, Kraftfahrzeuge und Ersatzteile	15
2-60	Klasse	Verkaufspraktikum Einrichtungsberatung	15
2-61	Klasse	Verkaufspraktikum Einrichtungsberatung (mit EDV-Ausstattung)	15
2-62	Klasse	Verkaufspraktikum Sportartikel	15
2-63	Klasse	Angewandte Wirtschaftslehre Theorie; Politische Bildung	17
2-64	Klasse	Angewandte Wirtschaftslehre Theorie; Politische Bildung	17
2-65	Klasse	Verkaufspraktikum Allg. Einzelhandel Spielwaren	15
2-66	Klasse	Verkaufspraktikum Allgemeiner Einzelhandel	15
2-67	Klasse	Verkaufspraktikum Ausbildungsschwerpunkt Schuhe	15
2-68	Klasse	Verkaufspraktikum Ausbildungsschwerpunkt Schuhe	15
2-71	Klasse	Verkaufspraktikum Ausbildungsschwerpunkt Parfümerie	15
2-75	Klasse	Verkaufsförderung und Warenpräsentation	15
E-15	Bibliothek	Deutsch und Kommunikation	15
E-20	VP Bau Werkraum	Verkaufspraktikum Anwendung Baustoffhandel	15
E-21	Klasse	Verkaufspraktikum Ausbildungsschwerpunkt Baustoffhandel	15
E-22	EDV	Betriebswirtschaftliches Projektpraktikum, Angewandte Wirtschaftslehre, IT-Systemkunde, Angewandte Informatik	15
E-23	EDV		15
E-24	EDV		15
TS-1	Turnsaal 1		

Klassenkapazität

1AB	10	17	2	19
1AS	10	5	14	19
1BB	10	17	1	18
1BS	10	3	11	14
1CP	10	0	16	16
1CS	10	9	5	14
1DD	10	10	7	17
1EE	10	8	8	16
1EK	10	10	0	10
1EP	10	4	12	16
1FH	10	9	9	18
1FS	10	5	7	12
1GP	10	1	15	16
1HS	10	8	4	12
1LT	10	11	17	28
1LV	10	6	9	15
1LZ	10	14	13	27
1M	10	18	2	20
1SWA	10	1	0	1
1SWD	10	8	4	12
1SWE	10	9	6	15
1SWF	10	9	5	14
1SWG	10	11	7	18
1SWH	10	7	2	9
1SWI	10	8	7	15
1SWK	10	12	10	22
1SWL	10	8	7	15
1SWP	10	3	0	3
1SWR	10	8	3	11
1SWS	10	8	7	15
1VA	10	5	6	11
1VB	10	2	6	8
1VS	10	4	4	8
1VY	10	8	6	14
1VZ	10	6	6	12
2AB	11	10	2	12
2AS	11	2	13	15
2BB	11	16	1	17
2BS	11	3	12	15
2CP	11	0	14	14
2CS	11	15	3	18
2DD	11	9	9	18
2DE	11	9	10	19
2EK	11	12	3	15
2EP	11	5	9	14
2FH	11	14	5	19
2FS	11	6	10	16
2GP	11	0	11	11
2HS	11	8	7	15
2KE	11	13	9	22
2LA	11	11	6	17
2M	11	13	2	15
2SWB	11	13	1	14
2SWD	11	13	17	30
2SWE	11	12	4	16
2SWF	11	4	2	6
2SWI	11	3	2	5
2SWK	11	5	2	7
2VE	11	14	8	22
2VH	11	15	9	24
2VSW	11	6	10	16
3AB	12	7	3	10
3AS	12	2	13	15
3BB	12	9	3	12
3BS	12	7	7	14
3CP	12	0	17	17
3CS	12	9	3	12
3DD	12	7	8	15
3DE	12	8	5	13
3EE	12	5	9	14
3EK	12	10	0	10
3EP	12	7	9	16
3FH	12	8	4	12
3FS	12	3	7	10
3GP	12	0	12	12
3HS	12	5	6	11
3KS	12	2	11	13
3LA	12	8	8	16
3LC	12	7	5	12

Experteninterview von BSc. Ahmed Kandil mit Univ.Prof. Prof. h.c. Dipl.-Ing. Dietmar Wiegand

Datum:

Uhrzeit:

Experte: Dietmar Wiegand, Univ.Prof., TU Wien, Leiter des
Forschungsbereichs Projektentwicklung und -management

Interview-Art: Semistrukturiert

Forschungsfrage:

Was sind die Eckpfeiler des Ansatzes Lernen, Raum und Organisation in der Projektentwicklung? Was ist neu an der integrierten Entwicklung der sogenannten LernRaumOrganisation? Was sind die Ergebnisse des Prozesses? Wie unterscheiden sich die Ergebnisse gegenüber den bisherigen Prozessen?

Trägt der integrierte Ansatz zu einer anderen Bildungskultur bei?

Einstiegsfrage:

Welche Expertise habe Sie zum Thema Projektentwicklung im Schulbau?

Allgemeine Fragen

Was ist unter Mehrfachnutzung zu verstehen und für welche Aspekte ist diese wichtig?

Was bedeutet Mehrfachnutzung für einen Schulbau bzw. eine Schulzusammenlegung?

Welche Vorteile entstehen dadurch?

Wie steht die Stadt Wien zum Schlagwort „Mehrfachnutzung“?

Besteht generell ein Bewusstsein für solche Szenarien oder besteht noch Aufklärungsbedarf?

Welche architektonischen Lösungen/Konzepte für die MFN gibt es?

Wie verändert MFN den integrierten Entwurf resp. die Architektur?

In welcher Beziehung steht die Architektur zu dem Thema der Mehrfachnutzung und wie kann diese bei der Planung ein Thema sein?

Welche Möglichkeiten gibt es, die Bildung hinsichtlich Modernisierung und neue Lernformen zu entwickeln?

Wie stark beeinflusst die Lernform die bauliche Struktur einer Schule?

Wie könnte das FM in Bezug auf die Mehrfachnutzung, für eine Gruppe aus Schulen aussehen?

Inhaltliche Fragen:

Wo vermuten Sie das größte Potential der Nutzungsintensivierung / der MFN bei der in Wien geplanten Zusammenlegung von acht Berufsschulen zum Zentralen Berufsschulgebäude ?

Welche Rolle bzw. welche Hilfestellung bieten Computerprogramme, z.B. eine Computersimulation der Gebäudenutzung?

Rückfrage: Ist die Technologie bereits soweit?

Gibt es Länder, die eine solche Simulation bereits erfolgreich anwenden?

Auf welchen Daten muss eine Simulation aufgebaut werden?

Welche Auswertungskriterien bestehen?

Welche Maßnahmen können in der Planung und in der Simulation ergriffen werden, wenn es um die sehr hohe Volatilität der Anzahl der SchülerInnen einer Berufsschule geht?

Fragen zum Projektmanagement des ZBG 6:

Wie sehen Sie die aktuelle Projektstrategie der Stadt Wien hinsichtlich ZBG 6?

Welche Aspekte bei der Akteurslandschaft des ZBG 6 sind wichtig zu beachten?

Gibt es bereits Indizien, dass neue Methoden des Lernens in Österreich angedacht werden?

Abschlussfrage:

Sollten in der Architekturausbildung in Österreich integriertes Entwerfen, Mehrfachnutzung und IT-Unterstützung aufgenommen werden und ihre Erkenntnisse an die zukünftigen ArchitektInnen weitergeben werden?

Anhang IV - Experteninterview

Datum: 27.4.2020

Uhrzeit: 12:30-14 Uhr

*Experte: Dietmar Wiegand, Univ.Prof., TU Wien, Leiter des
Forschungsbereichs Projektentwicklung und -management*

Interview-Art: Semistrukturiert

*Forschungsfrage: Was sind die Eckpfeiler des Ansatzes Lernen, Raum und
Organisation in der?*

*Was ist neu an der integrierten Entwicklung der sogenannten
LernRaumOrgansiation? Was sind die Ergebnisse des Prozesses? Wie
unterscheiden sich die Ergebnisse gegenüber den bisherigen Prozessen?*

Trägt der integrierte Ansatz zu einer anderen Bildungskultur bei?

Einstiegsfrage:

*AK: Welche Expertise habe Sie zum Thema Projektentwicklung im
Schulbau?*

*DW: Seit ca. 15 Jahren werde ich seitens der Bauherrenschaft von
Bildungsbauten in der Phase der Projektentwicklung, im engeren Sinne -
also in der ganz frühen Phase von Bildungsbauten - als Berater angefragt.
Meine spezielle Expertise besteht darin, in der ganz frühen Projektphase
den Betrieb vorwegzunehmen. Ich bemühe mich mit meinen Teams um die
Optimierung von Bildungsbauten in der Betriebsphase. Wir haben spezielle
IT-Lösungen zur Optimierung des Betriebs entwickelt, die wir auch in der
Projektentwicklung einsetzen. Wir analysieren und optimieren in der frühen
Phase der Projektentwicklung die Betriebsphase, auch was den Umgang mit
unvorhersehbaren Entwicklungen wie volatilen
SchülerInnenzahlen und neuen Bildungsangeboten anbelangt.*

Allgemeine Fragen

AK: Was ist unter Mehrfachnutzung zu verstehen und für welche Aspekte ist diese wichtig?

DW: Mehrfachnutzung von Immobilien bedeutet zunächst einmal "effizienten Ressourceneinsatz". Gebäude, die mit Einsatz enormer Finanzmittel und verbunden mit klimarelevanten Emissionen erstellt wurden und da sind, sollten intensiv genutzt werden. Insbesondere angesichts der Klimakrise und angesichts begrenzter öffentlicher Finanzmittel. Mehrfachnutzung bedeutet das "Bild" von Gebäuden durch einen "Film" zu ersetzen. Gebäude sind nicht etwas, das statisch auf einem Plan existiert, sondern etwas, das dynamisch "über die Zeit" genutzt oder eben nicht genutzt wird - wie in einem Film eben. Die "Nutzungsintensivierung" - ein anderes Wort für Mehrfachnutzung - kann auf zweierlei Wegen erfolgen:

durch die nacheinander Nutzung ein und desselben Raums über die Zeit. Dies ist insbesondere bei Bildungsbauten der Fall.

durch die zeitgleiche Mehrfachnutzung ein und desselben Raums zur selben Zeit von unterschiedlichen Nutzungen. Coworking Spaces sind Beispiele dafür. Dort arbeiten Mitarbeiter an einem Tisch zusammen oder alleine, während wieder andere an der Bar stehen und neue Ideen entwickeln.

AK: Was bedeutet Mehrfachnutzung für einen Schulbau bzw. eine Schulzusammenlegung?

DW: So wie die Zeit einen Tag oder mehrere Jahre bedeuten kann, kann die Mehrfachnutzung für Schulbauten ganz unterschiedlich aussehen.

Ein Beispiel: beim sehr häufig vorzufindenden "Klassenraumprinzip" wird einer Schulklasse ein Raum zugeordnet, der nur ihr zu Verfügung steht. Die Klasse verlässt diesen Raum für Fachunterricht, wobei der Klassenraum in

dieser Zeit ungenutzt bleibt. Wenn es uns gelingt den Klassenraum für den Fachunterricht vorzubereiten, was z.B. bei EDV-Unterricht kein Problem darstellt, dann schaffen wir einen mehrfach nutzbaren Raum. Und wenn es dann noch gelingt den EDV-Unterricht in den Klassenraum zu verlegen ergeben sich zwei Effekte:

Bei der Betrachtung eines einzelnen Tages wird der Klassenraum intensiver genutzt als zuvor.

Der angesprochene EDV-Raum kann entweder nicht gebaut oder anderen Nutzungen zur Verfügung gestellt werden.

Wenn wir statt einem Tag das ganze Schuljahr anschauen, stellen wir vielleicht fest, dass im kommenden Schuljahr viel mehr kleine und weniger große Unterrichtsräume benötigt werden. Wenn die Räume eine Teilung zulassen - baulich - und wir die Teilung auch organisatorisch umsetzen

können, dann stellen wir wiederum eine effiziente Raumnutzung sicher und müssen z.B. bei steigenden SchülerInnenzahlen keine Container aufstellen oder können einen weiteren Lehrberuf aufnehmen.

AK: Welche Vorteile entstehen dadurch?

DW: Effiziente Raumnutzung durch Mehrfachnutzung kann bei bestehenden Schulgebäuden bewirken, dass genügend Räume und Flächen zur Verfügung stehen, obwohl bisher Raumnotstand empfunden wurde. Im Schul-Neubau bedeutet die baulich-räumliche und organisatorische Vorbereitung der Mehrfachnutzung, dass das realisierte Gebäude wesentlich mehr Nutzungen zur Verfügung steht und es sich an veränderte Nutzungsanforderungen wesentlich besser anpassen kann. Es kann also über die Jahre nachhaltig intensiv genutzt werden.

*AK: Wie steht die Stadt Wien zum Schlagwort „Mehrfachnutzung“?
Besteht generell ein Bewusstsein für solche Szenarien oder besteht noch
Aufklärungsbedarf?*

*DW: Wien hatte bis 2018 über 20 Jahre eine Projektkoordinatorin für
Mehrfachnutzung - Jutta Kleedorfer. Sie hat sich insbesondere darum
bemüht die schulischen Sport- und Freiflächen an den Nachmittagen, den
Wochenenden und in den Schulferien für die Kinder und Jugendlichen der
Nachbarschaft zu öffnen. Dies ist ihr dank Diplomatie und Ausdauer in vielen
Fällen auch gelungen. Die Mehrfachnutzung der schulischen Sport- und
Freiflächen ist heute bei den Wiener Schulen etabliert. Leider sind die
Turnhallen der Wiener Schulen jedoch nach Informationen der Sportunion
rund 100 Tage im Jahr ungenutzt. Wir finden also in Wien beides - an
bestimmten Stellen eine Sensibilisierung für Mehrfachnutzung, an anderen
Stellen weiterhin im Wesentlichen durch organisatorische Barrieren
erzeugte Leerstände.*

AK: Welche architektonischen Lösungen/Konzepte für die MFN gibt es?

*DW: Ich unterscheide zwei Konzepte der sogenannten "Architektur der
Mehrfachnutzung":*

*Der Architekt Herman Hertzberger hat das Konzept der mehrfach nutzbaren
Archetypen entwickelt. Dabei handelt es sich um Objekte die schlicht und
einfach unterschiedlich bespielt werden können - ohne bauliche
Veränderungen oder technisch erkaufte Flexibilität. Ein Beispiel dafür ist
eine offene Treppe im Raum, sie kann zur Bewegung, zum Auftritt, zum
Aufenthalt uvm. genutzt werden. Ähnliches gilt für Kühlen oder Podeste.
Wenn wir Kinder Objekte und Räume bespielen lassen, können wir sehen,
was man damit machen kann.*

*Das zweite Konzept ist die "technisch erkaufte Nutzungsflexibilität", die ihre
Meisterschaft sicher in den Multifunktionsarenen in Paris Bercy oder
Gelsenkirchen erlangt hat, wo Konzertveranstaltungen sich mit Sport-*

Events u.ä. abwechseln. In weniger aufwendiger Form finden wir diese Nutzungsflexibilität bzw. Multifunktionalität von Räumen im Wohnungsbau,

wo Möbel bewegt und aufgeklappt werden können, Regale als Wände verschoben werden und so beispielsweise aus der Küche ein Schlafzimmer wird. Der Architekt OT Hofmann hat mit seinem Baumhaus in Darmstadt 1972 einen Meilenstein dazu entwickelt. (<https://biotope-city.com/en/2019/07/01/ein-pionier-interview-mit-ot-hofmann/>)

AK: Wie verändert MFN den integrierten Entwurf resp. die Architektur?

DW: Die integrierte Entwicklung von Gebäude, Nutzung und Betrieb ist sowohl in der Praxis als auch in der Ausbildung noch am Anfang. In meinem Architekturstudium habe ich gelernt Raumprogramme baulich-räumlich umzusetzen, d.h. die Funktion und die Anzahl der Räume der Räume waren vorgegeben und wir sollten eine architektonische Lösung entsprechend dieser Vorgaben entwickeln. Die Architekturausbildung an der TU Wien sieht heute nicht viel anders aus - leider. Die integrierte Planung von Gebäude, Nutzung und Betrieb versucht einerseits das Gebäude, aber auch das Management des Betriebs für Nutzungen zu optimieren, wobei es sich hier auch um mehrere Nutzungen, um sich über die Zeit verändernde Nutzungen handeln kann.

Dies erfordert in hohem Maße eine Kooperationsbereitschaft aller Beteiligten. ArchitektInnen und ProjektentwicklerInnen müssen beginnen etwas von der Nutzung des Gebäudes zu verstehen und sich auch mit unterschiedlichen Formen der Organisation der Nutzung auseinandersetzen.

AK: In welcher Beziehung steht die Architektur zu dem Thema der Mehrfachnutzung und wie kann diese bei der Planung ein Thema sein?

DW: Ob und in welcher Form Mehrfachnutzung ein Thema der Architektur respektive des Entwurfs ist, hängt davon ab, ob tatsächlich ein Prozess der Optimierung von Gebäude, Nutzung und Betrieb im Zusammenspiel gestartet wird. Die Entwicklung eines Raum- und Funktionsprogramm durch die Bauherrenschaft unter Ausblendung von Aspekten des Managements der Nutzung über die Zeit ist ebenso wenig zeitgemäß wie die Ausblendung von Aspekten des Gebäudes und des Managements bei Nutzungsüberlegungen. Der integrierte Entwurf beispielsweise einer LernRaumOrganisation für Bildungsbauten ist ein iterativer Prozess der näherungsweise Optimierung des Systems aus Nutzung, Gebäude und Betrieb. Es bedarf zunächst der Definition von Bewertungskriterien zur Beurteilung alternativer Konzepte der LernRaumOrganisation. Für alle drei Bereiche - Gebäude, Nutzung und Betrieb - bestehen Alternativen, die im Zusammenspiel hinsichtlich ihrer Effekte auf die Bewertungskriterien resp. die Projektziele untersucht werden können. Dies geschieht heute mit Hilfe von IKT Unterstützung. Die Arbeit an den Alternativen in den jeweiligen Bereichen bleibt jedoch ein kreativer Prozess der von Inspiration und Intuition geprägt ist.

Die Bereitschaft die Wünsche und Notwendigkeiten des jeweils anderen im interdisziplinären Team zu verstehen ist eine wesentliche Voraussetzungen für den Projekterfolg. Die Konkretisierung beispielsweise einer Lernraum

Organisation erfolgt vom groben zum Detail, d.h: Alternativen werden zunächst in einer Vorstudie, später in einer Haupt- und einer Detailstudie untersucht.

Die Einzelnen Studienphasen lassen sich nur begrenzt standardisieren.

AK: Welche Möglichkeiten gibt es die Bildung hinsichtlich Modernisierung und neue Lernformen zu entwickeln?

DW: In nahezu allen europäischen Ländern wird mit neuen Lehr- und Lernformen, aber auch mit neuen Lernräumen und mit neuen Formen der Lernraum Organisation experimentiert. Wie innovativ dies geschieht und in welchem Ausmaß Erkenntnisse massenhaft umgesetzt werden, ist nach meiner Wahrnehmung sehr unterschiedlich. Die skandinavischen Länder, aber auch die Schweiz sind hier sicher Vorreiter. Als Universitätsprofessor und Vater von vier Kindern sehe ich primär zwei Bereiche in denen ich Einfluss auf die Bildungslandschaft nehmen kann und sollte. Als Universitätsprofessor modernisiere ich meine Lernveranstaltungen, seit 2007 u.a. auch mit der Hilfe von Prof. Manfred Künzel einem hoch-innovativen Schweizer Didaktiker. Meine Versuche die Lehre an der TU Wien durch Mitgliedschaft in einer Studienkommissionen zu modernisieren sind kläglich gescheitert. Als Vater ist die Mitsprache an den Schulen auch endlich.

AK: Wie stark beeinflusst die Lernform die bauliche Struktur einer Schule?

DW: Die geplanten Lernformen sollten sowohl in den die baulich-räumlichen Strukturen, als auch in der Organisation des Flächenmanagements einer Schule erkennbar sein. Wenn der integrierte Ansatz der Schaffung einer Lernraum Organisation verfolgt wird, werden die Lernformen explizit im Zusammenspiel mit den baulichen und organisatorischen Strukturen entwickelt und optimiert.

AK: Wie könnte das FM in Bezug auf die Mehrfachnutzung, für eine Gruppe an Schulen aussehen?

DW: Für die Mehrfachnutzung von Räumen in Schulgebäuden gibt es unterschiedliche Organisationsformen:

Lehrerraumprinzip - im sogenannten Lehrerraumprinzip werden die Räumen mehreren LehrerInnen zugeordnet. Die SchülerInnen besuchen die LehrerInnen. Dieses Prinzip des Flächenmanagements kann zu einer hohen Nutzungsdichte führen, wenn der Unterrichtsraum insbesondere bei Teilzeitbeschäftigung der LehrerInnen mehreren von ihnen zugeordnet wird.

Klassenraumprinzip - beim Klassenraumprinzip wird der Raum einer Schulklasse zugeordnet. Auch dieses Prinzip des Flächenmanagements kann eine hohe Nutzungsintensität bewirken, wenn fachspezifischer Unterricht und Projektunterricht so weit wie möglich in den Klassenraum integriert wird.

Kursraumprinzip - beim sogenannten Kursraumprinzip werden den Unterrichtsräumen keiner Klasse zugeordnet, sondern können potentiell von jeder Klasse respektive von jeder Lehrveranstaltung genutzt werden. Dieses Prinzip wird insbesondere bei allgemeinen Unterrichtsräumen angewendet. Grundsätzlich ermöglicht dieses Prinzip des Flächenmanagements auch in Kombination mit anderen Prinzipien des Flächenmanagements eine hohe Nutzungsdichte.

Inhaltliche Fragen:

AK: Wo vermuten Sie das größte Potential der Nutzungsintensivierung / der MFN bei der in Wien geplanten Zusammenlegung von acht Berufsschulen zum Zentralen Berufsschulgebäude 6?

DW: Die bisherigen Analysen haben gezeigt, dass die Berufsschulen ihre Flächen weitgehend nach dem Klassenraumprinzip belegen und sie gleichzeitig über zahllose Fachräume für den Fachunterricht verfügen. Das größte Potenzial vermute ich dementsprechend bei der Vorbereitung der Fachräume auf den allgemeinen Unterricht und umgekehrt bei der Integration des Fachunterrichts, beispielsweise des EDV Unterrichts, in die den Klassenräumen. Beide genannten Strategien können potentiell weiterverfolgt werden. Auch aus der Zusammenlegung der Schulen ergeben sich sogenannte Skalenvorteile. D.h. je größer die Anzahl der gemeinsam genutzten Unterrichtsräume, desto stärker sind die Effekte, die sich durch Mehrfachnutzung von Räumen ergeben.

Welche Rolle bzw. welche Hilfestellung bieten Computerprogramme, z.B. eine Computersimulation der Gebäudenutzung?

Genetische Algorithmen helfen Stundenpläne und Raumbelungspläne zu optimieren. Dies setzt eine zeitliche Flexibilität der Lehrveranstaltungen ebenso voraus, wie die Möglichkeit Restriktionen der Studienordnung und Präferenzen der Lehrerschaft eingeben zu können. Beides ist heute an vielen Schulen nicht der Fall, was den Einsatz von genetischen Algorithmen in der Praxis der Stundenplanung und damit die Optimierung der Raumnutzung im laufenden Betrieb durch genetische Algorithmen unmöglich macht. Auswege aus dem Dilemma können Methoden des „Machine Learning“ und der Mustererkennung darstellen, da sie den Aufwand bei der Eingabe der Präferenzen der Lehrerschaft und der Anforderungen an die Studienordnung verringern.

Die parametergesteuerte Entwicklung eines Raumprogramms für einen vorgegebenen Stundenplan und unter Berücksichtigung alternativer Formen des Flächenmanagement ist heute bereits möglich. Dieses computergenerierte Raumprogramm kann in der Folge auf seine

Sensitivität gegenüber Veränderungen insbesondere des Lernangebot untersucht werden. Bei dieser Methode handelt es sich um eine sogenannte Metaheuristik, d.h. es wird nicht versucht ein Optimum zu erreichen sondern sich einem Optimum zu nähern - hier: einem näherungsweise optimalen Raumprogramm.

AK: Rückfrage: Ist die Technologie bereits soweit?

DW: An den Methoden des „Machine learning“ und der Mustererkennung wird gearbeitet, der Rest ist verfügbar.

AK: Gibt es Länder, die eine solche Simulation bereits erfolgreich anwenden?

In der Schweiz und in Deutschland haben wir bereits im Schulbau und bei der Optimierung des laufenden Betriebs Computersimulationen erfolgreich eingesetzt. Zu bedenken ist, dass Computersimulationen eingesetzt werden, um Fragen zu beantworten. Je präziser die an die Simulation gestellten Fragen formuliert werden und umso besser die Datenlage ist, umso genauer können die Fragen beantwortet werden. In der Schweiz beispielsweise haben wir untersucht, ob bestehende Schulgebäude bei Veränderung des Flächenmanagement weitere SchülerInnen aufnehmen können. In Deutschland beispielsweise wurde ein Bildungszentrum hinsichtlich der Nutzungskosten und der CO2 Emissionen über den Lebenszyklus optimiert.

AK: Auf welchen Daten muss eine Simulation aufgebaut werden?

DW: Die für eine Simulation notwendigen Daten hängen von der an die Simulation gestellten Frage und dem gewählten bzw. implementierten Simulationsmodell ab. Grundsätzlich gilt, dass die Simulationen auch mit Annahmen bezüglich einzelner Daten gestartet werden können. Bei der Verbesserung der Datenlage können die Simulationen erneut durchgeführt werden und das Ergebnis entsprechend korrigiert werden.

AK: Welche Auswertungskriterien bestehen?

DW: Grundsätzlich gilt, dass Simulationen die an sie gestellte Fragen beantworten. Diese Fragen bestimmen die Auswertungskriterien. Im Bereich des Schulbaus können diese z.B. sein: Intensität der Raumnutzung, Anzahl der notwendigen Räume, Kosten pro Unterrichtseinheit, CO2 Emissionen pro Unterrichtseinheit.

AK: Welche Maßnahmen können in der Planung und in der Simulation ergriffen werden, wenn es um die sehr hohe Volatilität der Anzahl der SchülerInnen einer Berufsschule geht?

DW: In den integrierten Entwurf von Gebäudenutzung und Betrieb können sogenannte Realloptionen integriert werden. dabei handelt es sich um die Möglichkeit des Managements sich zu verhalten, ohne die Verpflichtung dazu. Ein Beispiel: wenn beim Schuljahreswechsel festgestellt wird, dass im kommenden Schuljahr mehr große Räume benötigt werden als im vergangenen Jahr, können kleine Schulräume zu größeren Schulräumen zusammengelegt werden, wenn das Gebäude und das Management dies vorsehen. Es besteht die Möglichkeit dies zu tun, aber nicht die Pflicht. Diese Realloption ist mit Kosten verbunden - den Realloptionskosten.

Fragen zum Projektmanagement des ZBG 6:

AK: Wie sehen Sie die aktuelle Projektstrategie der Stadt Wien hinsichtlich ZBG 6?

DW: Die Baudirektion bzw. die MA 56 haben uns beauftragt zu untersuchen, welche Auswirkungen veränderte Lernformen und veränderte Formen des Flächenmanagement auf das Raumprogramm des ZBG 6 haben. Insofern sind Maßnahmen gesetzt worden, die für eine effiziente Raumnutzung sorgen sollen. Wenn die Effizienz der Raumnutzung auch im Betrieb sichergestellt werden soll, dann muss bei jeder Entscheidung in den nächsten sieben Jahren auf die entsprechenden Ziele bewusst hingearbeitet werden.

AK: Welche Aspekte bei der Akteurslandschaft des ZBG 6 sind wichtig zu beachten?

DW: Die Stadt Wien muss bei den nun folgenden Planungsschritte - d.h. bei der Auslobung des Architekturwettbewerbs, bei der Ausschreibung des Bauens und des Betriebs als Public-Private-Partnership etc. - darauf achten, dass eine Person oder eine Organisation in dem Prozess an entscheidender Stelle eingebunden ist, um das Thema Nutzungsintensität und Mehrfachnutzung zu vertreten. Häufig wird dies vergessen oder aus Gründen der Einsparung im Prozess werden bestimmte Personen ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht weiter in die Arbeiten integriert.

Wichtig ist auch im gesamten Prozess den "natürlich" bestehenden Interessenskonflikt zwischen Lehrerschaft, Bauherrenschaft und Facility Management zu beachten. Die Lehrerschaft profitiert nicht in Form von höherem Gehalt o.ä. wenn das Baubudget eingehalten wird oder durch effiziente Raumnutzung die Nutzungskosten niedrig sind. Grundsätzlich

haben Bauherrenschaft, Lehrerschaft und das private Bieterkonsortium, , dass die Verfügbarkeit des Schulgebäude sicherstellen sol, Imithilfe unterschiedliche Blickrichtungen auf ein und dasselbe Vorhaben

AK: Gibt es bereits Indizien, dass neue Methoden des Lernens in

Österreich angedacht werden?

DW: Die Bestandsaufnahme der Lernaktivitäten an acht Berufsschulen in Wien im Zusammenhang mit dem Bauvorhaben ZBG 6 haben gezeigt, dass die Lehrerschaft beispielsweise versucht kompetenzorientierte Lehre umzusetzen. Meine Wahrnehmung ist, dass Länder wie die Schweiz oder Finnland insgesamt experimentierfreudiger hinsichtlich der Lernformen sind, das ist doch lediglich ein subjektiver Eindruck.

Abschlussfrage:

AK: Sollten in der Architekturausbildung in Österreich integriertes Entwerfen, Mehrfachnutzung und IT-Unterstützung aufgenommen werden und ihre Erkenntnisse an die zukünftigen ArchitektInnen weitergeben werden?

DW: Die Integration der Sichtweisen der Nutzerinnen und des Gebäudemanagements spielen leider in der Architekturausbildung an der Technischen Universität Wien eine untergeordnete Rolle. Ich bemühe mich seit Jahren darum, dass die ArchitekturstudentInnen lernen Gebäude, Betrieb und Nutzung integriert zu entwerfen. Dies wird seitens der Studierenden auch äußerst positiv aufgenommen. Es gibt aber neben mir auch KollegInnen, die ihre Studierenden darauf verpflichten, sich ausschließlich mit der baulich-räumlichen Lösungen zu beschäftigen, was aus meiner Sicht nicht zeitgemäß ist. Grundsätzlich besteht Freiheit in

Forschung und Lehre, was ein hohes Gut darstellt. Im Studienplan der Architektur- und der Raumplanungsausbildung könnten jedoch wesentlich mehr Lehrveranstaltungen vorgesehen werden, die den integrierten Ansatz verfolgen. Hier besteht dringend Änderungsbedarf.