

Materialressourcen der Stadt digitalisieren, analysieren und nachhaltig bewirtschaften

M-DAB

S. Bindreiter, J. Forster, J. Fellner,
A. Gassner, J. Lederer,
W. Lorenz, G. Wurzer,
M. Mitteregger, P. Pöllauer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

1/2022

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Interimistischer Leiter: DI Theodor Zillner

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in
dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik
Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Materialressourcen der Stadt digitalisieren, analysieren und nachhaltig bewirtschaften

M-DAB

Dipl.-Ing. Stefan Bindreiter MSc., Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿtechn. Julia Forster
Institut für Raumplanung, TU Wien

Associate Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Johann Fellner,
Dipl.-Ing. Andreas Gassner, Dipl.-Ing. Dr.techn. Jakob Lederer
Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement, TU Wien

Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang Lorenz,
Privatdozent Dipl.-Ing. Dr.techn. Gabriel Wurzer
Institut für Architekturwissenschaften, TU Wien

Dipl.-Ing. Dr.techn. Mathias Mitteregger

Dipl.-Ing.ⁱⁿ Pia Pöllauer
Side GmbH

Wien, Februar 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMK publiziert und elektronisch über die Plattform www.NachhaltigWirtschaften.at zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Theodor Zillner

Interimistischer Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	8
2	Abstract	10
3	Ausgangslage	12
3.1.	Der Gebäudebestand als unbekannte Materialressource	12
3.1.1.	Handlungsfelder	12
3.1.2.	Projektziele	13
3.2.	Stand der Technik und Vorarbeiten des Projektkonsortiums.....	14
3.2.1.	Planungswerkzeuge zur nachhaltigen Ressourcenschonung	14
3.2.2.	BIM Technologien und die offene BIM Schnittstelle IFC (Industry Foundation Classes).....	15
3.2.3.	Die Raumplanung als neue Planungsdomäne für BIM basierte Analyse und Darstellung	16
3.2.4.	Gebäudebestand Wien	17
3.2.5.	Szenarioanalysen in nachhaltiger Stadtplanung.....	19
4	Projekthalt	21
4.1.	Bestimmung der Materialzusammensetzung und Kategorisierung des Wiener Gebäudebestands	21
4.1.1.	Kreislaufforientierte Optimierung der regionalen Baurestmassenbewirtschaftung..	22
4.2.	Szenarien und Fragestellungen	22
4.3.	Simulationsmodell und Visualisierungsprototyp	23
4.3.1.	Simulation und Visualisierungsprototyp	24
4.3.2.	Datenbank/Datenquellen	26
4.4.	Analyse von BIM-Daten und Schnittstellen	34
4.5.	Analyse von Prozessen (Abriss, Neubau, Sanierung) zur Datenerfassung und Datenanwendung.....	37
5	Ergebnisse	39
5.1.	Materialzusammensetzung des Wiener Gebäudebestands	39
5.2.	Simulation und Datengrundlagen	43
5.3.	Anforderungen an BIM	52
5.4.	Prozessentwürfe zur Anwendung und Erweiterung der M-DAB Daten	54
5.5.	Handlungsempfehlungen / Prozess-Entwürfe	56
5.6.	M-DAB im Kontext des „Stadt der Zukunft“ Programms.....	60
6	Schlussfolgerungen	63
7	Ausblick und Empfehlungen	66
8	Verzeichnisse	69
9	Anhang	80

9.1. Data Management Plan (DMP)	80
9.2. Metadaten der OGD-Datensätze	82
9.2.1. Metadaten Bauperiode Grob OGD Stadt Wien	82
9.2.2. Metadaten Baublöcke OGD Wien	84
9.2.3. Metadaten Bezirksgrenzen OGD Wien	86
9.2.4. Metadaten Flächenmehrzweckkarte (Gebäude) OGD Wien	88
9.2.5. Metadaten Gebäudeinfo OGD Wien	90
9.2.6. Metadaten Realnutzungskartierung ab 2018 OGD Wien	91
9.2.7. Metadaten Zählbezirksgrenzen OGD Wien	93
9.2.8. Denkmalliste OGD BDA	95
9.3. Metadaten Kooperationsvereinbarung MA 18	96
9.3.1. Metadaten Widmung/Bauklassen Stadt Wien	96
9.3.2. Metadaten Besondere Bestimmungen Bauhöhen Stadt Wien	97
9.3.3. Metadaten Digitale Katastralmappe Stadt Wien	98
9.3.4. Metadaten Baujahr Stadt Wien	99
9.3.5. Metadaten Bauanzeigen Stadt Wien	100
9.4. Metadaten Datensätze aus Vorprojekten (Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement)	101
9.4.1. Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - Wohngebäude vor 1919	101
9.4.2. Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - Wohngebäude 1919-1945	102
9.4.3. Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - DGA Wohngebäude vor 1919	103
9.5. Metadaten Datensätze M-DAB	105
9.5.1. Metadaten Materialmengen nach Bauperiode, Nutzung, Gebäudevolumenskategorie	105
9.5.2. Metadaten Materialbilanz bei Dachgeschoßausbauten	106
9.6. Metadaten Datensätze M-DAB Datenbank	107
9.6.1. DB-Metadaten - Attributsammlung je Gebäudeteil	107
9.6.2. DB-Metadaten - Materialintensität	109
9.6.3. DB-Metadaten - Materialintensität Dachgeschoßausbau	110
9.6.4. DB-Metadaten Materialien	111
9.6.5. DB-Metadaten Materialgruppen	112
9.6.6. DB-Metadaten Gebäudenutzung	113
9.6.7. DB-Metadaten Bezirksgeometrien	113
9.6.8. DB-Metadaten Zählbezirksgeometrien	114
9.6.9. DB-Metadaten Baublockgeometrien	114
9.7. Materialintensitäten aufgeschlüsselt nach Gebäude- und Materialkategorie	115

1 Kurzfassung

Die österreichische Metropolregion Wien wächst. Die steigenden Bevölkerungszahlen fordern Politik und Verwaltung auf, nachhaltige Gebäude leistbar und für eine hohe Lebensqualität bereitzustellen. Die eingesetzten Baumaterialien und die Bauweise prägen die Gebäudesubstanz einer zeitlichen Errichtungsphase der Stadtentwicklung und definieren den Abfall bzw. die Ressourcen der Zukunft. Die Stadt Wien hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050 80% der Materialien aus abgerissenen Gebäuden und großen Renovierungsarbeiten wiederzuverwenden oder zurückzugewinnen (Stadt Wien - Smart City Rahmenstrategie). Immerhin betragen die Abfälle aus dem Bauwesen rund 73 % (ca. 48 Mio. Tonnen) des österreichweiten, jährlichen Abfallaufkommens (BMK, 2020, 8ff). Neben umweltpolitischen Interessen liegt es auch im wirtschaftlichen Interesse, praxistaugliche Prozesse zu verwirklichen, um diese Ressourcen besser zu verwerten. Doch das Wissen über Mengen und Qualitäten dieser gebundenen Ressourcen bzw. Abfallstoffe ist unzureichend. Deshalb wurde im Forschungsvorhaben M-DAB an einem Methodenset geforscht, um die Materialressourcen der Stadt besser digitalisieren, analysieren und nachhaltig bewirtschaften zu können. Dabei wird untersucht, welchen Beitrag digitale Technologien leisten können, die bestehenden und zukünftigen Materialressourcen im Bauwesen qualitativ (Baustoffe und deren Recycling) und quantitativ (Baustoffmengen) aufzuzeigen.

Der herausfordernden Ausgangslage wird im Projekt auf drei Ebenen begegnet, wobei sich die Ergebnisse in unterschiedlichen Wirkungszeiträumen entfalten:

- 1) Die Entwicklung eines Simulations- und Visualisierungstools ermöglicht unterschiedlichen Nutzer:innen in Bauwirtschaft und Verwaltung bereits kurzfristig, auf Informationen zu den im Gebäudebestand versteckten Materialressourcen zuzugreifen.
- 2) Die Simulation/Projektion der Verfügbarkeit von Baurestmassen und deren Verwertungspotenziale bietet die Datengrundlage zur Herstellung von Sekundärbaustoffen für die mittel- und langfristige Zukunft.
- 3) Die Identifizierung, Entwicklung bzw. Definition der Anforderungen an die openBIM-Schnittstelle durch die Untersuchung von Prozessen und Formulierung von Handlungsempfehlungen wird die Datenlage langfristig verbessern.

Im Projekt sind die Tätigkeiten dazu in fünf wesentliche, inhaltliche Schwerpunkte gegliedert, welche die Analyse des Gebäudebestands (1), die Entwicklung von Szenarien und Fragestellungen (2), den Aufbau eines Simulationsmodells (3), die Analyse von BIM-Daten und Schnittstellen (4) und die Analyse von Bau- und Planungsprozessen (5) umfassen.

In der Datengrundlage für das Simulationsmodell werden „Open Government Daten“ (OGD) mit verschiedenen Fach-Datensätzen aus unterschiedlichen Magistratsabteilungen der Stadt Wien in einer Datenbank zusammengeführt und weiterverarbeitet, um einen möglichst guten Überblick (Gebäudealter, Sanierungsstatus, Flächen, Volumen, Denkmalschutz, Widmung, u.v.a.m.) über die Wiener Gebäude zu erhalten. Zusätzlich werden die Bauwerksdaten (Bauakte) hunderter Bauwerke einer repräsentativen Stichprobe auf die Bauweisen und verbauten Materialien analysiert und folglich einer Kategorisierung des Wiener Gebäudebestands unterzogen. Für diese Kategorien werden Kennzahlen für die spezifische Materialzusammensetzung je Nutzungs- und Alterskategorie ermittelt und Materialbilanzen aus ausgewählten Fallstudien erstellt.

Im Simulations- und Visualisierungstool können auf Basis der Datengrundlage die Bestände und Veränderungen der Materialmengen für unterschiedliche Materialien bzw. Materialgruppen dargestellt werden. Die räumliche Auflösung der Darstellung geht dabei bis auf Baublockebene. Die Umsetzung erfolgt als webbasierter Proof-of-Concept-Prototyp. Die für die Simulation umgesetzten Funktionalitäten und relevanten Fragestellungen wurden mittels Szenarientechnik erarbeitet und in Workshops mit der Stadtverwaltung, Vertreter:innen der Bau- und Abfallwirtschaft erörtert und diskutiert. Anhand von konkreten Fallbeispielen werden zudem bestehende BIM-Schnittstellen und Standards analysiert und den identifizierten Anforderungen aus der Analyse von Bau- und Planungsprozessen gegenübergestellt. Aus diesen Erkenntnissen und im Austausch mit Akteur:innen der Planungs- und Bauwirtschaft und auch der Verwaltung (in Workshops und zahlreichen Expert:innen-Gesprächen) werden Handlungsempfehlungen und Prozessentwürfe zur steten Verbesserung der Datenlagen (mit Hilfe von BIM) formuliert und entwickelt.

Durch das Projekt wurde der Kenntnisstand über die Materialressourcen verbessert und eine Proof-of-Concept Umsetzung eines Visualisierungsprototypen zur räumlichen Verortung von Materialressourcen in der Stadt Wien realisiert. Durch die visuelle Aufbereitung der automatisierten Berechnungs- und Simulationsergebnisse kann das Tool als Kommunikations- und Entscheidungsgrundlage dienen. Bei der Entwicklung des Tools wurden als Grundlage Szenarien erarbeitet, die mit dem Visualisierungsprototyp konfiguriert, simuliert und dargestellt werden können. Damit wird die spielerische Exploration und Simulation („was-wäre-wenn“) unterschiedlicher Materialmischungen im Neubau, von Policies zu Gebäudeabrissen, aber auch die Auswirkungen unterschiedlichen Stadtwachstums und Wohnraumbedarfs ermöglicht. Begleitet wurde die Tool-Entwicklung von Untersuchungen und der Identifikation von Anforderungen an Datenschnittstellen und (behördliche) Prozesse, um einerseits die Datengenerierung (zur Verbesserung der Datenlage) effizient und wirtschaftlich zu gestalten und andererseits die Datenanwendung zu ermöglichen, um durch frühzeitiges Erkennen von Materialressourcen und (Recycling-)Potenzialen einen Beitrag zur nachhaltigen Stadtentwicklung zu leisten.

Die Automatisierung und Standardisierung der Datengrundlagen ist für die langfristige Optimierung und das dauerhafte Monitoring des Baurestmassenmanagements innerhalb der Stadt wesentlich, wobei die „zentrale“ Verknüpfung und Bereitstellung von Sachdaten mit Gebäudegeometrie-Informationen für zahlreiche weitere Forschungs- und Anwendungsfelder eine Schlüsselrolle spielt. Künftig beschäftigt sich das Projektkonsortium vertiefend mit Qualifizierung und Quantifizierung von Innenentwicklungspotenzialen, wobei dabei erstmals auch die Materialintensität der Innenentwicklung (anfallende Stoffmengen) für unterschiedliche Entwicklungsvarianten, sowohl aus Entwicklersicht, aber auch aus gesamtstädtischer Sicht bewertbar gemacht werden sollen. Dabei wird mit der in M-DAB geschaffenen Datenbank und unter Anwendung von material- und umweltbezogenen Indikatoren ein Methodenset zur holistischen Bewertung von Potenzialflächen und verschiedene Entwicklungsvarianten und -szenarien zur ressourcenschonenden Innenentwicklung geschaffen. Somit können Einsparungspotenziale beim Einsatz von Primärressourcen und Deponievolumen schon in einer frühzeitigen (strategischen) Planungsphase sichtbar gemacht werden.

2 Abstract

The Austrian metropolitan region of Vienna is growing. The increasing population leads to as well increasing demands for sustainable, affordable and high-quality housing as new key issues for the government and administration. Used building materials and typical construction methods shape the building fabric of certain construction phase of urban development and therefore define the waste or resources of the future. Moreover, the City of Vienna has set a goal to reuse or recover 80% of construction materials from torn down buildings and major renovation works by 2050 (Smart City Strategy). Actually, waste from the building industry represents about 73% (approx. 48 million tons) of Austria's annual total waste generation (BMK, 2020, p8). In addition to obvious environmental interests, the implementation of applicable processes for the reuse of these resources is also important in an economic sense. The knowledge about quantities and qualities of these bound resources or waste materials is, however, insufficient. In this sense, during this project a set of methods to better digitize, analyse and sustainably manage the city's material resources was elaborated.

The M-DAB research project investigates how digital technologies can support a qualitative (building materials and their recycling) and quantitative (quantities of building materials) determination of existing and future material resources in the construction industry. The key issue in the project will be addressed on three levels, with impacts in different time frames:

- (1) The development of a simulation and visualization tool enables different users in the building industry and administration to access information on hidden material resources in the building stock already on a short term basis.
- (2) The simulation/projection of the availability of construction waste and its recycling potential provides a data basis for the production of secondary building materials for middle and long-term future.
- (3) Identifying, developing or defining the requirements for the openBIM interface by studying processes and defining recommendations for definite action will improve the availability of data in the long term.

In the project the activities are divided into five main contents, which include the analysis of the building stock (1), the development of scenarios and questions (2), the construction of a simulation model (3), the analysis of BIM data and interfaces (4) and the analysis of construction and planning processes (5).

In the data basis for the simulation model, Open Government Data (OGD) with various discipline-specific datasets from different municipal departments of Vienna are merged in a database and further processed in order to obtain the best possible overview (building age, renovation status, areas, volumes, monument protection, dedication, etc.) of Vienna's buildings. In addition, the building data (building document) of hundreds of buildings of a representative sample are being analysed regarding construction methods and materials used and a categorization of the Viennese building stock is conducted. For these categories, key figures for the specific material composition in the categories of use and age are identified and material balances created from selected case studies.

In the simulation and visualization tool, the stock as well as changes concerning quantities of different materials or material groups can be displayed on the basis of the basic data. The spatial resolution of the representation reaches down to building block level. The implementation is a web-based proof-of-concept prototype. The functions and relevant research questions implemented for the simulation were developed using scenario techniques and discussed in workshops with the city administration and representatives of the construction and waste management industries. In addition, existing BIM interfaces and standards were analysed on the base of concrete case studies and compared with the identified requirements from the analysis of construction and planning processes. Based on these findings and in further exchange with stakeholders from the planning and construction industry as well as from the administration (in workshops and numerous expert discussions), recommendations for action and process designs for the continuous improvement of the data situation (with the help of BIM) were defined and elaborated.

Through the project, the knowledge about material resources was improved and a proof-of-concept implementation of a visualization prototype for the spatial location of material resources in the city of Vienna was realized. Over a visual illustration of the automated calculation and simulation results, the tool can serve as a basis for communication and decision-making. During the development of the tool, scenarios were elaborated, which can be configured, simulated and displayed with the visualization prototype. This allows a playful exploration and simulation ("what-if") of different material mixes in new construction, of different policies on building demolitions, as well as the impact of different manifestations of urban growth and spatial requirements. The tool development was accompanied by investigations and identification of requirements for data interfaces and (regulatory) processes in order to make data generation (to improve the present data availability) efficient and economical on the one hand and, on the other hand, to enable data application to a contribution to a sustainable urban development by an early identification of material resources and (recycling) potentials.

The automation and standardization of the data basis is essential for the long-term optimization and permanent monitoring of the construction waste management within the city. The "central" linking and provision of feature data with the geometry information of the building stock depicts a key role for numerous other research and application fields. In the future, the project consortium will deal in depth with the qualification and quantification of potentials for inward development of settlements. For the first time, the material intensity of inward development (resulting material effort) will be made tangible for different development paths, both from a developer's point of view and from the perspective of a city as a whole. The database created in M-DAB and the application of material and environment-related indicators will be used to create a set of methods for the holistic evaluation of areas with high potential and different development alternatives as well as scenarios for resource-saving inward development. The reduction of the use of primary resources and landfill volumes can be made visible at an early (strategic) planning stage.

3 Ausgangslage

3.1. Der Gebäudebestand als unbekanntes Materialressource

Der sich wandelnde Gebäudebestand der Stadt Wien stellt eine wertvolle, noch nicht systematisch genutzte Ressource der Stadt dar. Er ist ein Depot unterschiedlichster Materialien; in ihm schlummern allerdings auch Kosten. Welche Materialien in welchem Ausmaß genutzt werden können, bestimmen auch die Materialflüsse der Bauwirtschaft der Stadt. Wie sehr diese Ressource in Zukunft genutzt werden kann, hat erhebliche ökologische, wirtschaftliche und auch verkehrliche Effekte. Österreichweit beträgt der Anteil von Abfällen aus dem Bauwesen (inkl. Aushubmaterialien) mit ca. 48 Mio. Tonnen ca. 73% des gesamten jährlichen Abfallaufkommens von etwa 66 Mio. Tonnen (BMK, 2020,8ff).

Bis heute verfügt die Verwaltung über keine validen Daten bezüglich der Materialressourcen und hat in Folge zum Beispiel nur sehr eingeschränkte (und jedenfalls aufwendige) Möglichkeiten, gemeldete Abbruchmengen zu prüfen. Gleichzeitig verfügen auch die ausführenden Planungsdisziplinen über keine Daten, die Auskunft für die frühzeitige Abschätzung von Wiederverwertungsmöglichkeiten von Baumaterialien in Planungs- und Entscheidungsprozessen erlauben. Die mangelnde Nutzung der Materialressourcen des Gebäudebestands führt auch dazu, dass Chancen, neue Wertschöpfungsketten zu erschließen, oder Green Jobs in der Metropolregion Wien zu schaffen, vergeben werden. Die heute bereits vorliegenden Daten (wie sie u.a. vom Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement erstellt wurden) bieten bereits Möglichkeiten konkreter Use Cases. Die hohe Komplexität und der eingeschränkte Zugriff stellen eine Hürde dar, die die Nutzung in der Praxis erschwert.

Zusammengefasst, bedarf eine nachhaltige Bewirtschaftung der Materialressourcen:

1. Valide Daten,
2. eine niederschwellige, aber detaillierte visuelle Aufbereitung und Simulation zukünftiger Entwicklungen, um in Entscheidungsprozessen als Kommunikations- und Planungsgrundlage genutzt werden zu können sowie
3. einen automatisierten Mechanismus, durch den die Qualität der Daten gesichert bzw. laufend verbessert werden kann. Hierzu müssen bereits bestehende und zukünftige Prozesse (z.B. digitale Einreichung, Bauwerksbuch, Fertigstellungsanzeige, ...) identifiziert werden, um die Erfassung von Daten zu Materialressourcen im Neubau mit geringem zusätzlichem Aufwand zu implementieren.

3.1.1. Handlungsfelder

1. Um valide Daten zu erfassen, zu verarbeiten und für Planungs- und Entscheidungsprozesse nutzbar zu machen, sind zunächst zwei Aspekte erwähnenswert: Es gibt grobe Daten zum Altbau, die aber nur von Domänen-Expertinnen und Experten, aber noch nicht breit, genutzt werden. Zudem erfolgt die Differenzierung grob nach Gebäudetyp und Baualter. In BIM Software ist eine Massenermittlung (von Materialien) möglich, so können in Revit™ (Autodesk, 2016) über ein „Gebäudebuch“ die verbauten Mengen und Massen der Konstruktionselemente für eine Quantifizierung der Materialien

extrahiert werden. Allerdings fehlt eine fachkundige Bewertung der Materialqualität hinsichtlich Materialzusammensetzung und Wiederverwertbarkeit, wodurch eine wesentliche Lücke im Life-Cycle Management offenbleibt.

2a. Für die niederschwellige, detaillierte Aufbereitung und Simulation des Ressourcenpotenzials im Gebäudebestand wurde im Christian-Doppler Labor für Anthropogene Ressourcen am Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement eine wertvolle Basis gelegt, in der valide Daten für den Gebäudebestand Wien erarbeitet wurden. Es fehlt jedoch an Methoden, diese komplexen Datensätze niederschwellig nutzbar zu machen. Zudem müssen unterschiedliche Stakeholder den Gebäudebestand aus ihrer jeweiligen Perspektive erst als wertvolle Ressource erkennen. Internationale Beispiele (van der Voet et al., 2017) beweisen eindrücklich, dass dies zum Beispiel für Kupfer oder Stahl möglich ist. Werden die Potenziale erkannt, können vorhandene Ressourcen in strategischer Planung z.B. im Zuge nachhaltiger Stadtentwicklung genutzt werden. Wesentlich hierfür ist, dass die strategische Planung im Falle der Bewirtschaftung der Materialien des Gebäudebestands immer einen Blick in die Zukunft bedarf.

2b. Eine qualitative und quantitative Prognostik auf Basis valider Daten als integrierter Teil strategischer Planungen erweitert auch den Kreis möglicher Anwenderinnen und Anwender z.B. in Richtung der Immobilienwirtschaft, die in der Zukunft ein weit gesteigertes Verwertungsinteresse des (eigenen) Gebäudebestandes haben könnte. Um Städte im 21. Jahrhundert nachhaltiger zu gestalten, ist es notwendig, Entscheidungen, die heute anstehen, hinsichtlich ihrer Folgen in Zukunft prüfen zu können. Wo auf einer fundierten Datenbasis (Policy-)Entscheidungen anschaulich hinsichtlich ihrer Wirkungen (und möglichen Rebounds) visualisiert werden können, kann ein iterativer Prozess der Planung gestartet werden, an dem unterschiedliche Akteure teilhaben können.

3. Um die automatisierte Produktion von Daten zum Gebäudebestand zukünftig zu sichern, müssen Wege gefunden werden, schon während Planung, Bau und Revitalisierung automatisiert Daten zu generieren. Daher müssen Prozesse und Anknüpfungsmöglichkeiten untersucht werden, um die verbauten Materialien in Neubauprojekten zu erfassen. Die Digitalisierung bestehender Behördenverfahren kann diesbezüglich als Chance gesehen werden, wobei ein verpflichtender, formalisierter und praxistauglicher Prozess (Wirtschaftlichkeit, Zeiteffizienz) notwendig sein wird, um eine lückenlose Datenerfassung im Neubau zu schaffen.

3.1.2. Projektziele

Diese oben skizzierten Handlungsfelder definieren auch die Zielsetzungen innerhalb des vorliegenden Projekts M-DAB:

1. Aufbau einer wachsenden Datenbank zum Gebäudebestand Wien: Zunächst wird der IST-Zustand der Materialressourcen in Wiens Gebäudebestand erhoben und hochgerechnet. Basierend auf diesen Daten wird ein Simulationsmodell entwickelt, das Szenario-spezifische Prognosen erlaubt.

2. Visualisierung der Simulationsergebnisse innerhalb eines 3D Stadtmodells: Innerhalb des Projekts wird eine räumliche Visualisierung zur Darstellung Szenario-spezifischer Berechnungsergebnisse erarbeitet. Diese werden dabei in einem 3D Stadtmodell webbasiert dargestellt. Dadurch können die Informationen für unterschiedliche Entscheidungsträger aus Politik und Verwaltung aufbereitet und interaktiv zur Analyse bereitgestellt werden. Die räumliche Visualisierung bietet eine niederschwellige Form der Analyse und kann zudem Kommunikationsbasis und Planungsgrundlage

für die strategische Festlegung von Entscheidungen zur nachhaltigen Materialressourcenplanung sein.

3. Schnittstellenerweiterung von BIM: Innerhalb des Projekts sollen die Anforderungen an eine Schnittstelle zur Erhebung und automatisierten Organisation der Materialressourcen für Wiens Neubauten untersucht werden. Konkret wird dabei openBIM als Schnittstelle zwischen Planung, Gebäudeerrichtung und Gebäudeverwaltung untersucht.

4. Prozessentwurf für die automatische Erfassung der Materialbestandsdaten von Neubauprojekten: Im Projekt werden die Möglichkeiten digitalisierter Planungsverfahren und softwaretechnische Schnittstellensysteme untersucht, um einen praxistauglichen Prozessentwurf vorlegen zu können, der das Wissen um Materialressourcen langfristig steigern und sichern kann, alle relevanten Akteurinnen und Akteure in die Entwicklung einbindet und dadurch auf lange Sicht ein komplettes Life-Cycle Management ermöglicht (eine Reduktion der Materialflüsse zu und aus der Stadt, Reduktion von Umweltbelastungen und Verkehr).

3.2. Stand der Technik und Vorarbeiten des Projektkonsortiums

3.2.1. Planungswerkzeuge zur nachhaltigen Ressourcenschonung

Eine nachhaltige strategische Entwicklung unserer gebauten Umwelt verlangt nach einer effizienten Nutzung vorhandener Strukturen. In der Raumplanung hat man erkannt, dass über die strategische Innenentwicklung Schlüsselfragen der Stadtplanung in Europa am Anfang des 21. Jahrhunderts adressiert werden können. Dazu herrscht auch in den Planungswissenschaften breiter Konsens, dass Konzepte nachhaltiger Stadtentwicklung („Stadt der kurzen Wege“ - Jessen, 2018; „Transit Oriented Development“ - Calthorpe 1993; „Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design“ - Cervero & Kockelmann 1997; „EcoCity“ - Gaffron et al. 2005 & 2008) konsequenter umgesetzt werden müssen. Diese legen den Fokus auf Nutzungsmischung und qualitative Nachverdichtung („Bodensparen“ durch bauliche Dichte), um einerseits Zersiedelung entgegenzuwirken, und andererseits auch einen effizienteren Umgang mit (Energie-)Ressourcen (in Siedlung und Mobilität) zu gewährleisten. Durch neue Methoden und Werkzeuge können die Potenziale der „Siedlungsflächenreserven“ erkannt und genutzt werden (Raum+, ETH Zürich, 2018). Allerdings fehlt bis heute ein holistischer Ansatz, der neben den Flächenreserven auch andere Potenziale im Gebäudebestand sicht- und nutzbar macht.

So sind Reserven als Baustoffe im Gebäudebestand der Stadt verbaut, könnten aber morgen (teilweise) die Rohstoffe für neue Bauwerke bilden. Für eine nachhaltige Stadtentwicklung wäre es ein Meilenstein, könnten die Ansätze der strategischen Innenentwicklung um die Perspektive vorhandener „Materialreserven“ erweitert werden.

Um dies zu ermöglichen, ist es notwendig, valide Daten über die Materialressourcen im Gebäudebestand zu schaffen und sicherzustellen, dass Mechanismen etabliert werden, damit die Qualität des gesammelten Datenbestandes laufend steigt. Mit diesen Informationen könnten beispielsweise auftretende Zusatzkosten für Abbruch und Entsorgung kalkuliert und ein strategisches, nachverfolgbares Baustoffrecycling ermöglicht werden. Ein Anknüpfungspunkt zum Gewinn der Informationen über die verbauten Baustoffressourcen bietet die Wiener Bauordnung.

Laut Paragraph 128a der Wiener Bauordnung sind Eigentümer:innen von Gebäuden verpflichtet, ein Bauwerksbuch zu erstellen. In diesem Dokument sind unter anderem jene Bauteile aufgelistet, die einer regelmäßigen Überprüfung unterzogen werden sollen, damit eine gefahrbringende Verschlechterung des Bauzustandes rechtzeitig erkannt wird.

Gleichzeitig wird in Wien bereits in Projekten an der Vorbereitung und Umsetzung der digitalen Einreichung für Bauvorhaben gearbeitet (z.B. Projekt Brise – Stadt Wien, 2020). Sowohl die Ziviltechnikerkammer der Architekten, sowie andere im Planungs- und Ausführungsbereich von Bauvorhaben beteiligte Domänen begleiten derzeit diesen Prozess konstruktiv und heben in der momentanen Diskussion (Symposium Digitalisierung „Reality-Check BIM“. Zt: Bundeskammer der ZiviltechnikerInnen; Verwaltung 4.0. Stadt Wien MA 23 & FH Campus Wien¹) die Notwendigkeit offener, Software-unabhängiger Schnittstellenformate hervor. Die digitale Baueinreichung zielt in der Endstufe auf eine papierfreie, rein elektronische Übermittlung der Einreichunterlagen an die Behörde ab, wobei diese dann auch eine weitgehend automatisierte Vorbeurteilung durchlaufen sollen. Genau an diesem Punkt knüpft das vorliegende Forschungsvorhaben an und untersucht die Inhalte der Einreichung, um die Angabe und somit automatisierte Erfassbarkeit von Baustoffressourcen zu erweitern.

3.2.2. BIM Technologien und die offene BIM Schnittstelle IFC (Industry Foundation Classes)

Der Building Information Modelling (BIM) Ansatz bei der Gebäudeplanung hat erfolgreiche Zusammenarbeit unter allen Fachplanenden, Ausführenden, Betreibenden und Nutzenden als Ziel. Im Zuge dieses Projekts soll jener Ansatz auf den Bereich der energie- und kostenbewussten Quartiersplanung ausgedehnt werden. Für den Austausch von mit Sachdaten verknüpften Geometriedaten ist die BIM Schnittstelle mit den Industry Foundation Classes (IFC) hinreichend spezifiziert und standardisiert (ISO 16739-1:2018). Im Bereich der Geometriedarstellung sind die zur Verfügung stehenden Datenstrukturen ausgereift und ermöglichen es, die gleiche Geometrie in mehreren verschiedenen Formaten auszutauschen (z.B. in „Constructed Solid Geometry“ (CSG) Darstellung, als extrudiertes Shape, als Triangulierung etc.). Softwarepakete im Bereich Computer Aided Architectural Design (CAAD), wie beispielsweise Revit™ oder ArchiCAD™, setzen diesen Teil der Schnittstelle erfolgreich um.

In anderen Bereichen, wie beispielsweise der Bauphysik, ist die Qualität der ausgetauschten Information von der Qualität der verwendeten Property und Quantity Sets abhängig, welche getrennt von der IFC-Spezifikation angeboten oder von den jeweiligen Projektbeteiligten ausgearbeitet werden müssen. Während die IFC-Spezifikation Funktionen und Regeln beinhaltet, die eine Validierung der Datenstruktur ermöglichen, stehen keine solchen Mechanismen für die Property und Quantity Sets zur Verfügung. Hierbei sind vor allem die vorhandenen Parameterstandards (*IFC/bsDD*, *freebim*, *COBie*) und auch nationale Datenbanken wie *baubook* auf die Anwendbarkeit zu validieren und entsprechend zu definieren und strukturieren. Während die IFC-Schnittstelle in der Version 2x3 Coordination View in der Praxis im Einsatz ist, wurde die nächstfolgende Version IFC 4

¹ Das Institut für Architekturwissenschaften (Forschungsbereich Digitale Architektur und Raumplanung) ist in diesem Projekt Teil des Aufsichtsgremiums.

erst während der Projektlaufzeit zertifiziert (buildingSMART, 2020) und erfährt daher in den BIM-Authoring Tools noch nicht dieselbe Praxistauglichkeit.

3.2.3. Die Raumplanung als neue Planungsdomäne für BIM basierte Analyse und Darstellung

Während sich BIM Technologien in den ausführenden Planungsdisziplinen wie Architektur, Tragwerksplanung, HKLS-Planung und Bauphysik zunehmend als neue Arbeitsplattform für die interdisziplinäre Zusammenarbeit etablieren, werden in der Raum- und Verkehrsplanung vorrangig GIS-Technologien (Geoinformationssystem) für räumliche Analysen und räumliche Darstellung angewandt. Dabei werden in beiden Fällen geometrische Informationen mit Attributinformationen (alphanumerische Metadaten) verknüpft. Während BIM mit dreidimensionalen CAD (Computer Aided Design) basierten Objekten agieren kann, werden in GIS Informationen mit zweidimensionalen Vektordaten (Punkt, Linien oder Polylinien) verknüpft. Verschiedene Tools erlauben das Generieren von 3D CAD-Modellen aus GIS Daten (zB. ESRI CityEngine²). Ein interdisziplinärer Austausch dieser dreidimensionalen CAD-Modelle mit Attributinformationen (Metadaten) ist nicht möglich. Mittlerweile bietet die Firma Cityzenith eine Softwarelösung am kommerziellen Markt an, um GIS basierte Analysen (von Cityzenith City Information Model genannt) mit CAD Austauschformaten anzureichern (Cityzenith, 2021). Ein Austausch der mit der Cityzenith-Software generierten Modelldatensets mit anderen Disziplinen und mittels zertifizierter Schnittstellen wie openBIM und IFC wird aber nicht dargelegt. Da, wie bereits oben angeführt, die ausführenden Planungsdisziplinen BIM-basiert agieren, ist die direkte Anbindung von energetischen Simulations- und Berechnungsmodellen an openBIM und IFC Schnittstellen zielführend.

Die Verknüpfung von GIS-Daten mit Simulations- und Berechnungsmodellen wurde bereits erfolgreich innerhalb des Projektes SIMULTAN³ erprobt. Eine Umwandlung BIM-basierter Informationen in GIS-Datenformate (SHP, geoJSON) ist möglich, stellt im Arbeitsprozess jedoch einen Umweg dar. Innerhalb des Doktoratskolleg URBEM (Urbanes Energie und Mobilitätssystem) entwickelte Forster (Forster, 2016) einen webbasierten Visualisierungsprototyp (siehe Abbildung 1) zur transdisziplinären Planungs- und Entscheidungsunterstützung. Der Prototyp ermöglicht die Verortung domänenspezifischer Berechnungsergebnisse durch Verknüpfung mit räumlichen Objekten (z.B. Gebäudemodellen, Leitungsverläufen, Baublöcken, Bezirken) und somit eine „Verräumlichung“ von Information.

² <https://desktop.arcgis.com/de/cityengine/>

³ <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/simultan-simultane-planungsumgebung-fuer-gebaeudecluster-in-resilienten-ressourcen-und-hochst-energieeffizienten-stadtteilen.php>

Abbildung 1: Strategische Visualisierungsumgebung des Doktoratskolleg URBEM (TU Wien); Integrierte, domänenübergreifende Informationsdarstellung innerhalb eines 3D Stadtmodells. (Foto: B. Cserpes, Simlab TU Wien)



Innerhalb des transdisziplinären Projektes URBEM konnte gezeigt werden, wie diese Visualisierung Planungsbeteiligten und Entscheidungstragenden erlaubt, Aus- und Wechselwirkungen unterschiedlichster Entwicklungen und Maßnahmen abzuschätzen (Bednar, 2016). Eine Szenarienbasierte Simulation und Visualisierung von (Personen/Material-)Strömen für die Planung (Wurzer, Lorenz, 2014) wurde zudem vom Institut für Architekturwissenschaften in den WWTF Projekten MORESPACE (Roszenic et al., 2012) und MODYPLAN (Wurzer et al., 2015) erprobt, wobei hier das Augenmerk auf Synergien durch Nutzung von Leerstand bzw. arbeitsteiliger bereichsübergreifender Zusammenarbeit lag.

3.2.4. Gebäudebestand Wien

Der Bausektor stellt einen wesentlichen Treiber für den stetig steigenden Rohstoffverbrauch in Österreich dar (BMLFUW, BMWFW, 2015). Auch das gesamte Abfallaufkommen wird wesentlich von Abfällen aus dem Bausektor dominiert (BMNT, 2017; BMK, 2020). Aufgrund eben dieser Relevanz für den Materialumsatz einer Gesellschaft und der langen Nutzungsdauer von Gebäuden ist ein entsprechendes Wissen über die Menge und Zusammensetzung des Gebäudeparks für ein nachhaltiges Management der damit verbundenen Stoffströme erforderlich (Bergsdal, Bohne and Brattebø, 2007; Pauliuk and Müller, 2014; Schiller, Müller and Ortlepp, 2017). Die Erforschung von in Bauwerken (Gebäude und Infrastruktur) verbauten Materialmengen gewinnt deshalb stetig an Bedeutung und Publikationen in diesem Bereich nehmen zu (Augiseau und Barles, 2017; Lanau et al., 2019). Lanau und Kollegen untersuchten in dem kürzlich erschienen Review Artikel insgesamt 249

Publikationen, welche das Materiallager in der gebauten Infrastruktur mit unterschiedlichen Methoden und auf unterschiedlichen Skalen (Regionen, Länder und Länderverbünde) analysieren. In den meisten Studien kommt entweder der Bottom-up oder Top-down Ansatz zur Anwendung. Der Top-down Ansatz schätzt die materielle Zusammensetzung des Bauwesens aus Zeitreihen über den Einsatz von Baumaterialien und Annahmen über die Gebrauchsdauer von Bauprodukten ab. Dieser Ansatz eignet sich, um Aussagen über Änderungen des gesamten nationalen Gebäudebestands eines Staates zu machen. So können damit bspw. plausible Aussagen über die zukünftig aus dem Bauwesen zu erwartenden Aufkommen diverser Schrotte (Eisen und NE) getroffen werden. Der Bottom-up Ansatz hingegen untersucht einzelne Gebäudetypen und versucht durch geeignete Hochrechnung (meist mit Unterstützung von GIS-Modellen) den Gebäudebestand zu ermitteln. Mit diesem Ansatz können auch einzelne Siedlungen untersucht werden, was mit dem Top-down Ansatz aufgrund der nicht verfügbaren Daten auf dieser Skala nicht möglich ist. Im gegenständlichen Projekt wurden Methoden des Bottom-up Ansatzes angewandt.

Der Gebäudepark von Wien wurde schon in diversen Forschungsprojekten untersucht, der Fokus lag dabei auf unterschiedlichen Forschungsfragen. Folgend wird ein kurzer Überblick über die wesentlichen Ergebnisse und Ansätze zu ausgewählten Untersuchungen gegeben.

Im Rahmen des Projektes EnBa wurde eine Methode entwickelt, die Materialzusammensetzung von Bauwerken am Ende ihrer Nutzungsdauer zu erheben. Dabei wurde eine detaillierte Materialbilanz für sechs Gebäude in unterschiedlichen Gebieten Österreichs erstellt und Schadstoffe wurden eingehend hinsichtlich deren Einfluss auf die Wiederverwertbarkeit von Baumaterialien untersucht (Clement et al., 2011).

In einem mehrjährigen Forschungsprojekt, dem „Christian Doppler Labors für Anthropogene Ressourcen“ (CD-Labor), wurden Gebäude und die Verkehrsinfrastruktur in Wien hinsichtlich ihres Ressourcenpotenzials betrachtet. Von Kleemann (2016) wurde im Rahmen des CD-Labors, eine Methode entwickelt, die die Quantifizierung der tatsächlich vorrätigen Materialien ermöglicht, bevor die Gebäude abgerissen werden. Der Ansatz beruht auf der Bewertung von verfügbaren Dokumenten sowie auf Vor-Ort-Untersuchungen. Insgesamt wurden in Wien mehr als 300 Gebäude mit unterschiedlichem Alter und unterschiedlicher Nutzung bezüglich ihrer materiellen Zusammensetzung analysiert, wobei die Mehrzahl der Gebäude durch die Auswertung von vorhandenen Dokumenten untersucht wurde (Kleemann, Aschenbrenner und Lederer, 2015). Die Daten wurden, unter Berücksichtigung von Bauzeit und Auslastung des Gebäudes (Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäude), mit Literaturdaten kombiniert und kategorisiert. Darauf aufbauend wurden spezifische Materialdaten für verschiedene Gebäudetypen (z.B. spezifische Materialmasse (kg) pro Kubikmeter (m³) eines Gebäudes) abgeleitet. Anschließend wurden diese spezifischen Materialintensitäten mit georeferenzierten Daten (GIS) kombiniert, um den Materialbestand der Wiener Bauwerke für das gesamte Stadtgebiet zu bestimmen (Kleemann et al., 2016). Neben den Bauwerken werden im CD-Labor auch Verkehrsinfrastruktureinrichtungen (Gassner et al., 2018; Gassner, Lederer und Fellner, 2018, 2020) hinsichtlich der Materialzusammensetzung und Materialaufwand für Wartungsarbeiten untersucht.

Neben der spezifischen Materialzusammensetzung von Bauwerken bzw. Bauwerkskategorien sind insbesondere Kenntnisse über die langfristige Dynamik des Gebäudelagers (Neubau/Sanierung/Rückbau von Bauwerken) und damit verbundene Materialflüsse von Relevanz, um nachhaltige Optimierungsmaßnahmen identifizieren, implementieren und monitoren zu können.

Die Entwicklung des Wiener Gebäudebestandes und damit verbundenen Materialflüsse sowie die Dynamik des Materiallagers für den Zeitraum von 1990 bis 2015 wurden jüngst von Lederer et al., (2020) untersucht. Die Studie zeigt, dass das Materiallager in Gebäuden in Wien im Untersuchungszeitraum insgesamt um rund 26% zugenommen hat und die Zuwachsraten von Isolierungsmaterialien jene der anderen Baumaterialien deutlich übersteigt. Dies verdeutlicht, dass die zunehmenden Bestrebungen, den Energieverbrauch von Gebäuden in der Betriebsphase zu reduzieren, langfristig auch die Materialzusammensetzung des Gebäudebestandes verändern. Um die gesetzten Ziele zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu erreichen, wird sich dieser Trend in Zukunft weiter verstärken. Darüber hinaus wird die Bevölkerung der Stadt Wien künftig weiter zunehmen (Hanika, 2019). Welche Auswirkungen der steigende Wohnungsbedarf und der Umbau des Gebäudeparks auf den Ressourcenbedarf und das Abfallaufkommen haben wird, wurde kürzlich von Lederer et al., (2021) modelliert. Dabei wurde die Entwicklung des Wiener Gebäudebestandes anhand unterschiedlicher Entwicklungsszenarien für die Periode 2016 bis 2050 untersucht. Die Studie zeigt dabei deutlich, dass durch gezielte Maßnahmen (z.B. reduzierte Abbruchrätigkeit, intensive Renovierung und Sanierung von Bestandsgebäude) der Rohstoffverbrauch und das Abfallaufkommen im Vergleich zum aktuell vorherrschenden System deutlich reduziert werden kann.

3.2.5. Szenarioanalysen in nachhaltiger Stadtplanung

Mit der Szenarien-Analyse wird in diesem Projekt eine etablierte, vielfach weiterentwickelte Methode des Foresight (der „Vorausschau“) angewandt. Ursprünglich wurden Szenarien in der strategischen Planung sowohl in militärischen und bald darauf im (Volks-) Wirtschaftlichen Konzepten angewandt (Swart et al., 2004). Vor allem in der Nachhaltigkeitsforschung und spezifischer in Fachgebieten wie der Klimaforschung, Wasserwirtschaft, Gesundheitswesen und der Raumplanung sind Szenarien zur zentralen Methode geworden, die eingesetzt wird, um die Wirkungen von Planungs- und Policyentscheidungen in die Zukunft zu projizieren (Morita et al., 2001; Carter et al., 2001). Heute bietet die Szenarioanalyse ein breites Spektrum an Methoden, die je nach Fragestellung und erhofften Erkenntnisgewinn angewandt werden kann (Kosow & Gaßner, 2008). Für die Stadtplanung und auch deren Kombination mit der Nachhaltigkeitsforschung sind die Entwicklungen in den Niederlanden maßgeblich (Salewski, 2012). Hier wurde früh das „Denken in Alternativen“ als Methode der Raumplanung genutzt und formalisierte Verfahren des Foresight in der strategischen Raum- und Stadtplanung eingesetzt. In jüngerer Zeit werden in der Stadt- und Raumplanung Szenarien zum Beispiel in den Bereichen der Flächenentwicklung (Waddel, 2002), der nachhaltigen Stadtentwicklung, der Mobilitätsforschung (Mitteregger et al., 2019) und der Technologiefolgeabschätzung (Duinker & Greik, 2007) eingesetzt; diese gelten als etabliertes Mittel, Entwicklungshorizonte (teil partizipativ) für Städte und Regionen zu entwickeln – Städte wie München, Hamburg, Zürich oder Wien haben in den letzten Jahren Szenario-Prozesse durchgeführt.

Für die Anforderungen im Zuge der Projektarbeit (siehe 4.2 Szenarien und Fragestellungen) wird aus etablierten Szenario-Techniken gewählt (Kosow & Gaßner, 2008). Aufgrund der soliden Datenbasis durch die vom Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement erbrachten Vorleistungen (vgl. Gebäudebestand oben), eignen sich die Fragestellungen des Projekts für einen quantitativen Szenarien-Prozess. Durch die vorhanden und im Projekt erarbeitenden Daten zum Gebäudebestand Wien können lokale Materialressourcen ermittelt und deren Verfügbarkeit auf Basis von Erfahrungswerten, die durch Literaturrecherchen ermittelt werden, in die Zukunft projiziert werden (quantitativ-exploratives Szenario). Darüber hinaus kann in Szenarien untersucht werden, wie eine

gewünschte Zukunft erreicht werden kann (quantitativ-normatives Szenario). Der lange Zeithorizont, den die Erneuerung des Gebäudebestands bedingt, ist dabei eine Herausforderung, der sich die Stadtentwicklung stellen muss. Szenario-Prozesse bilden aber ein probates Mittel, um mit diesen großen Zeithorizonten umzugehen.

4 Projektinhalt

Für die Bearbeitung dieses breiten Spektrums an Aufgaben und Methoden bestand das interdisziplinäre Team des M-DAB Projekts aus Forscherinnen und Forschern sowie Praktikerinnen und Praktikern aus den Disziplinen Raumplanung, Architektur, Bauingenieurwesen (mit Fokus auf Material- und Abfallwirtschaft) und Informatik. Trotz der kurzen Projektlaufzeit von nur 18 Monaten, die zudem zu großen Teilen von der Corona-Pandemie überlagert wurde, konnten die geplanten Arbeitsschritte und Methoden erfolgreich und zufriedenstellend abgeschlossen werden. Die Projektbearbeitung war dabei neben begleitendem Projektmanagement und Projektkommunikation in fünf wesentliche inhaltliche Schwerpunkte gegliedert:

1. Analyse von Materialien und Gebäuden und Aufbau einer Datengrundlage
2. Entwicklung von Untersuchungsszenarien und Ableitung relevanter Fragestellungen
3. Aufbau eines Simulationsmodells (Visualisierung, Datenbank, Szenario-Editor)
4. Analyse von BIM-Daten und Schnittstellen
5. Analyse von Prozessen (Abriss, Neubau, Sanierung)

Diese Schwerpunkte bilden auch das Rahmengerüst für die Struktur dieses Kapitels.

4.1. Bestimmung der Materialzusammensetzung und Kategorisierung des Wiener Gebäudebestands

Die Analyse der Materialzusammensetzung von Gebäuden sowie die Bestimmung des daraus resultierenden anthropogenen Materiallagers für ein definiertes Gebiet wurde in diversen Studien bereits für unterschiedliche Skalierungen wie Städte, Länder und Länderverbünde, oder auch auf globaler Ebene untersucht (siehe u.a. Augiseau & Barles, 2017; Bergsdal, Brattebø, Bohne, Müller, 2007; Condeixa, Haddad, & Boer, 2017; Gontia, Nägeli, Rosado, Kalmykova, Österbring, 2018; Guo, Miatto, Shi, & Tanikawa, 2019; Kleemann, Lederer, Rechberger, & Fellner, 2016). Dabei hat sich gezeigt, dass sich die Kategorisierung der Gebäude und insbesondere die hinterlegte Materialzusammensetzung dieser, besonders sensitiv auf das Ergebnis auswirken. Auch gibt es erhebliche Unterschiede je nach vorliegender Gebäudestruktur und Region. Insbesondere die Analysen auf lokaler und nationaler Ebene, welche darauf abzielen, lokale Materialumsätze (Minimierung von Abfallanfall und Materialeinsatz) zu optimieren, erfordern eine genau Kenntnis des vorherrschenden Gebäudebestands. Aufbauend auf Ergebnisse aus Vorprojekten wurde im Projekt M-DAB ein Datensatz für den Wiener Gebäudebestand generiert. Die durchgeführte systematische Untersuchung wird im folgenden Abschnitt zusammenfassend beschrieben.

Zur Bestimmung der Materialzusammensetzung unterschiedlicher Gebäudekategorien wurde eine zufällig ausgewählte Stichprobe an Bauwerken im Detail untersucht und basierend darauf wurden Materialkennwerte je Bauwerkskategorie bestimmt. Als Grundgesamtheit der Bauwerke dient das auf georeferenzierten Datensätzen basierte digitale Gebäudemodell der Stadt Wien (MA 41, 2020a). Das Modell enthält rund 600.000 Objekte (Gebäude und Gebäudeteile); dies entspricht rund 200.000 Gebäuden. Die Grundgesamtheit wurde anhand der von Kleemann et al. (2017) definierten Kategorien (Bauperiode, Nutzung, und Größe) in insgesamt 96 Objektkategorien eingeteilt. Da kleine

Objekte (< 250 m³) zwar in großer Anzahl vorkommen, aber einen geringen Anteil zum gesamten umbauten Raum beitragen, wurden diese für die weitere Stichprobenauswahl nicht berücksichtigt. Die Grundgesamtheit reduzierte sich dadurch auf rund 230.000 Objekte sowie 72 Objektkategorien. Aus dieser Grundgesamtheit wurde eine repräsentative, zufällige Stichprobe gezogen, welche insgesamt 256 Objekte umfasst. Für diese ausgewählten Objekte wurde eine Detailanalyse durchgeführt und die Materialzusammensetzung bestimmt. Dafür wurden die Bestandspläne ausgewertet und mit weiteren verfügbaren Datensätze kombiniert. So wurde anhand von Luftbildern (MA 41, 2020b) der Ausbaugrad der Dachgeschosse erhoben. Weiters konnte anhand von Google Streetview Bildern der Sanierungsstand der Fenster bestimmt werden. Die erhobenen Daten wurden herangezogen, um spezifische Materialkennwerte für die definierten Gebäudekategorien zu bestimmen. Der gesamte Datensatz und die entsprechende Kalkulationsmethoden wurde in einem Peer-reviewten Fachjournal veröffentlicht, siehe Lederer et al. (2021). Der Artikel ist frei verfügbar und hier <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.13100> abrufbar.

4.1.1. Kreislauforientierte Optimierung der regionalen Baurestmassenbewirtschaftung

Erweiterungen und Veränderungen des Gebäudebestands (Umbau, Rückbau, Neubau) führen zu Abfallaufkommen und Ressourcenverbrauch. Die Möglichkeit von Recycling und Wiedereinsatz von Baumaterialien wird maßgeblich vom vorherrschenden Abfallwirtschaftssystem (z.B. vorhandene Aufbereitungsanlagen) bestimmt. Deshalb wurde im Projekt das System der Stadt Wien als Ganzes untersucht, um mögliche Optimierungspotenziale zu identifizieren. Für die Analyse wurde die normierte und etablierte Methode der Materialflussanalyse ausgewählt. Untersucht wurden die Materialflüsse, welche im System „Wiener Bauwirtschaft“ – dies umfasst Bauwerke und Transportinfrastruktur – im Zuge von Bautätigkeiten auftreten. Zunächst wurde der jährliche Ressourceneinsatz und das Abfallaufkommen sowie die vorherrschenden Verwertungs- und Recyclingwege für das Referenzjahr 2014 modelliert. Aufbauend darauf, wurde ein optimiertes System der zukünftigen Bewirtschaftung der Baurestmassen in Wien entworfen. Dabei zielt das Szenario darauf ab, den Primär-Ressourceneinsatz zu minimieren und die Kreislaufwirtschaft im Bereich der Baumaterialien zu maximieren. Das Szenario orientiert sich dabei an den Zielvorgaben der Smart City Rahmenstrategie Wien und basiert auf aktuell vorherrschenden rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen. Die Methodik, die verwendeten Daten, sowie die getroffenen Annahmen wurden in einem Peer-reviewten Fachjournal veröffentlicht, siehe Lederer et al. (2020). Der Artikel ist hier <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920302603> abrufbar und frei verfügbar.

4.2. Szenarien und Fragestellungen

Szenarien sind eine bewährte und vielfach verwendete Methode, um alternative Zukünfte für Planungs- und Steuerungsprozesse aufzuzeigen und entsprechende Maßnahmen vorzubereiten. In jüngerer Zeit ist ein breites Spektrum unterschiedlicher Typen von Szenarien entstanden (Kosow & Gaßner, 2008). Vier wesentliche Pole werden in der Literatur unterschieden: normative und explorative bzw. qualitative und quantitative Verfahren. Für die Entwicklung der Szenarien wurden entsprechend der Aufgabe im Projekt qualitative und explorative bzw. normative Szenarien gesucht.

Quantitativ-explorative Szenarien

In einem ersten Schritt wird auf Basis des Datensatzes zum Gebäudebestand Wien ein Business as usual (BAU) Szenario erstellt. BAU-Szenarien dienen als Richtschnur und Referenz, an der sich künftige Entscheidungen orientieren und verlangen ein hohes Maß an Sorgfalt, vor allem in der Abgrenzung der projizierten Faktoren.

Quantitativ-normative Szenarien

Weiters wird im Simulations- und Visualisierungstool die Möglichkeit vorgesehen, quantitativ-normative Zukunftsszenarien für Entscheidungsprozesse zu entwickeln. So können Zielstellungen getestet und der Weg dahin vorgezeichnet werden. Entscheidender Vorteil eines solchen Vorgehens wird als das „Denken in Alternativen“ beschrieben (Kosow & León 2015).

Die Wahl der Methode viel auf eine „morphologische Analyse“ die mittels dem „morphologischen Kasten“ eine systematische Exploration unterschiedlicher Schlüsselfaktoren zulässt (Ritchey, 2007). Sie eignet sich für beide im Projekt angestrebten Typen von Szenarien. Überzeugend war auch, dass sich diese Methode besonders niederschwellig in die Programmierung des Simulations- und Visualisierungstools übertragen lässt.

Für die Auswahl der Schlüsselfaktoren oder „Komponenten“ wurde eine intensive Literaturrecherche betrieben und die Auswahl anschließend im Kernteam diskutiert und verfeinert. Im Rahmen eines Workshops wurde diese schließlich reflektiert und bestätigt.

Die Erfahrungen im Projekt zeigen: eine „morphologische Analyse“ eignet sich ideal für die interdisziplinäre Arbeit an Softwareentwicklungen, die zu explorativen Zwecken (Simulation) genutzt werden sollen. Es ist nicht nur möglich, auf Basis bestehender Datensätze Prognostik eines „Weiterwie-bisher“ zu betreiben, sondern auch unterschiedliche Steuerungs- bzw. Policy-Ansätze auf deren Wirksamkeit zu prüfen. Im Diskurs zu „evidenzbasierter Planung“ scheint dies besonders wertvoll.

4.3. Simulationsmodell und Visualisierungsprototyp

Modellierung und Simulation sind spätestens seit der Studie „Die Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome (Forrester, 1972), welche auf einer Simulation der Weltwirtschaft beruht, einer breiteren Weltbevölkerung bekannt. Dabei geht es darum, die einer Problemstellung zugrunde liegenden Prinzipien zu verstehen, sie zu vereinfachen und in ein mathematisches Modell zu übersetzen (Modellierung). Das Zusammenwirken der modellierten Teile über einen gewissen Betrachtungszeitraum (üblicherweise eine gewisse Zeitspanne, in unserem Projekt z.B. 50 Jahre) bildet dann den Kern der eigentlichen Simulation. Die Ergebnisse aus letzterer werden in geeigneter Weise mitprotokolliert (z.B. jährlich) und können so angezeigt werden, dass Zusammenhänge ersichtlich bzw. die sich aus dem Zeitverlauf ergebenden Folgen verständlich werden (Visualisierung). Entsprechend dieser Methodologie haben wir es also mit drei aufeinander aufbauenden Stufen zu tun: Der Entwicklung eines Modells, das Durchspielen dieses Modells über die Zeit (Simulation) sowie die geeignete Anzeige der Resultate (siehe Abschnitt 4.3.1). Ein eigener Aspekt ist die Versorgung der genannten drei Teile mit Daten - z.B. räumliche (Gebäudeteile für das Modell; Bezirksgrenzen für die Visualisierung) und zeitliche (z.B. demographische Entwicklung für die Simulation). Die dementsprechende Datenakquise, -aufbereitung, -haltung sowie Bereitstellung von Abfragemöglichkeiten wird unter Abschnitt 4.3.2 wiedergegeben.

4.3.1. Simulation und Visualisierungsprototyp

Das Projekt modelliert Bauaktivitäten (Neubau, Ausbau, Abriss) über die Zeit. Diese Bauaktivitäten werden jährlich auf alle Gebäudeteile der Stadt angewendet, welche als Wohnbau gewidmet sind. Gebäudeteile sind somit die elementaren Bestandteile unserer Simulation, welche vereinfacht gesagt als „Materiallager“ verstanden werden: Verbautes Volumen wird als Bestand, unverbautes Volumen als Potenzial angesehen. Beides zusammen wird in Form von neun Materialgruppen (Beton, Ziegel, Holz, Stahl, Glas, Mineralwolle, Polystyrol, Gips und Sand) als Tonnen von Material ausgedrückt. Ziel der Simulation ist es, den jährlichen Wohnbedarf zu errechnen und diesen in besagte Bauaktivitäten umzuformulieren. Dies wird aufgrund von Daten der Statistik Austria (demographische Entwicklung in den einzelnen Bezirken Wiens 2020 bis 2047, extrapoliert auf 2050) auf der einen, sowie dem durchschnittlichen Flächenbedarf pro Bezirk (extrapoliert auf einen einzustellenden Zielwert 2050) auf der anderen Seite, erreicht. Zusätzlich ergibt sich aus historischen Daten (1990-2015) eine jährliche Abbruchrate (in Tonnen von Material), welche nach Bezirk und Bauperiode unterschieden wird. Beide Parameter - demographisches Wachstum sowie Abbruchrate - können verändert werden, um zukünftige Szenarien modellieren zu können. Konkret können dabei sowohl Ausschlusskriterien (z.B. kein Abriss von Gründerzeithäusern) wie auch prozentuelle Änderungen (+1% mehr Wachstum oder Abriss für einen bestimmten Bezirk) eingestellt werden. Aufgrund fehlender Daten sind kleinteilige Sanierungen im Simulationsmodell nicht abgebildet.

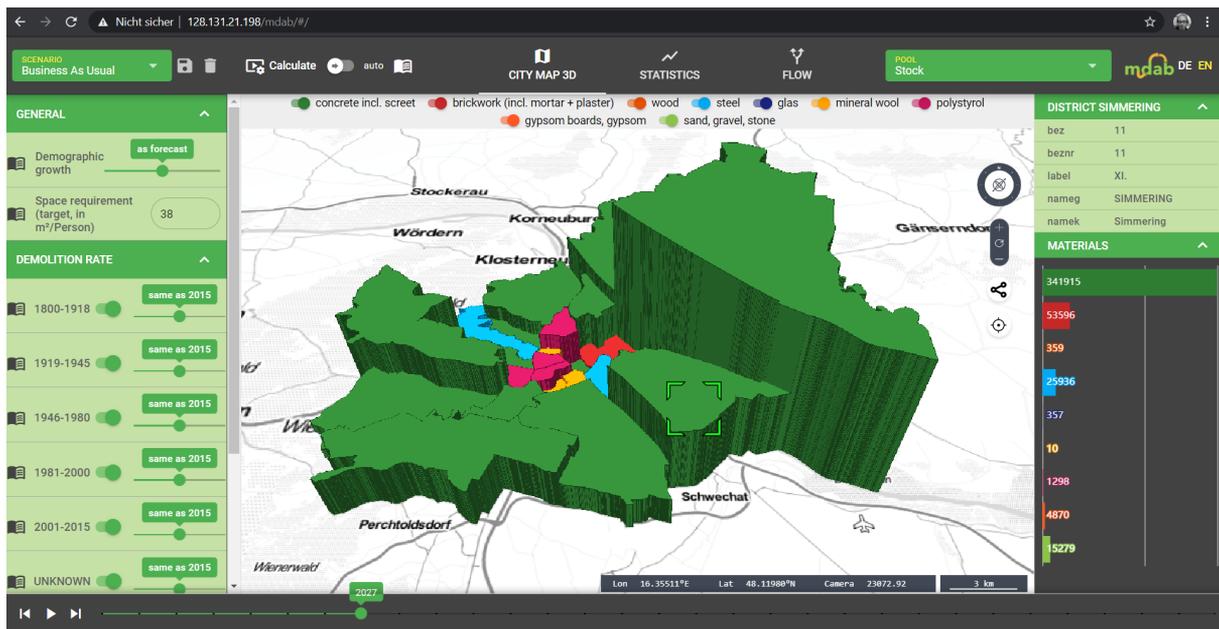
Die Nachfrage nach Wohnraum ist eine Sache, das verfügbare Potenzial die Andere: Während der Simulation werden Bauvolumina gesucht, welche auf die geforderte Nachfrage reagieren können. Neben dem objektiv vorliegenden Potenzial wird dabei auch auf die „Vulnerabilität“ einzelner Baukörper eingegangen, welche sich aus der Bauperiode bzw. dem vorhergehenden Ausbau ergibt: Ein Bauwerk aus der jüngsten Bauperiode (ab 2001) ist demnach weniger „offen“ für bauliche Veränderung als eines aus der Nachkriegsperiode (1946-1980); ebenso verhält es sich mit Bauwerken, deren Dachgeschoße schon ausgebaut sind. Nebst dieser kleinteiligen Selektion von Baukörpern wurde auch eine stadtweite Strategie (Wachstum an der Peripherie) mit angedacht. Alles in allem können auf diese Weise verschiedene Kräfte, welche zur baulichen Entwicklung beitragen, in der Simulation abgebildet werden.

Letztere Selektionsstrategie besagt „wo“, nicht jedoch „wie“ gebaut wird. Eine Fortsetzung des üblichen Materialmix für Neubauten/Adaptionen ist hierbei der Standard, jedoch kann auch auf nachhaltigere Bauformen (konkret: mehr Holzbauweise) unter Berücksichtigung einer gewissen Adoptionsrate eingegangen werden. Des Weiteren sind die dabei eingesetzten Baumaterialien (neun Materialgruppen) auch wahlweise aus recyceltem Material anzusetzen, wodurch sich der Verbrauch an neuen (primären) Rohstoffen verringert.

Die berechneten Simulationsergebnisse - in Tonnen von Material, das abgebrochen bzw. neu gebaut wird - werden auf einem 3D-Stadtplan dargestellt (siehe Abbildung 2). Dazu werden die elementaren Bestandteile (Gebäudeteile) bzw. deren Materialmengen in Gebäude, Wohnblöcke, Zählbezirke, Bezirke und die Stadt aggregiert. Diese Materialmengen werden anschließend als extrudierte Volumina (Grundfläche + Höhe entsprechend Materialmenge) visualisiert. Die Visualisierung erstreckt sich von der ganzen Stadt Wien über deren Bezirke und Zählbezirke bis hinunter auf die Ebene der Baublöcke. Noch feiner werden diese nicht (d.h. Baublöcke werden nicht in einzelne Gebäude und Gebäudeteile) aufgelöst, denn es soll nicht der Eindruck erzeugt werden, gebäudescharfe Aussagen tätigen zu können: So steht das Datenmaterial (Bevölkerungsprognosen,

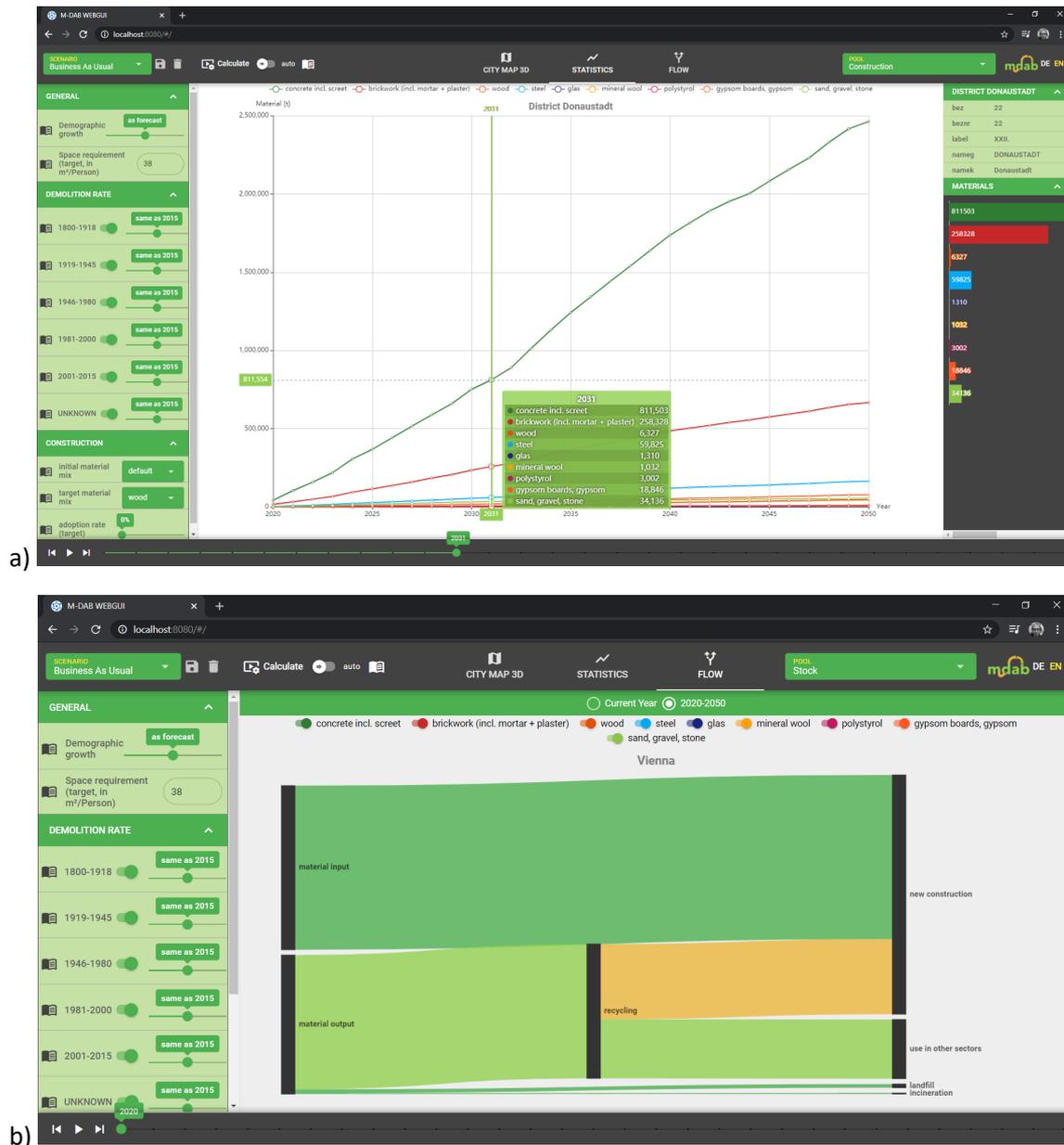
Abbruchraten, etc.) auf Bezirksebene zur Verfügung, die Flächen- und Volumen-Potenziale werden hingegen auf Gebäudetelebene ermittelt. Auf dieser Basis wäre eine gebäudegenaue Darstellung der Vorhersagen über Abriss und Ausbau von Gebäuden unseriös, da weitere wesentliche Einflussfaktoren, wie z.B. die Eigentumsverhältnisse nicht im Simulationsmodell enthalten sind. Um eine näherungsweise räumliche Darstellung der Potenziale und Materialressourcen zu ermöglichen, wurde der Baublock als kleinste Aggregationsebene gewählt.

Abbildung 2: Visualisierung der berechneten Materialmengen für ein bestimmtes Jahr auf Stadtebene.



Neben einer Visualisierung der einzelnen Baumassen für ein bestimmtes Jahr in Form von extrudierten Volumina kann die Materialmenge auch als Statistik über den gesamten Zeitraum (2020-2050) angezeigt werden (Abbildung 3a). Ebenso ist der Materialfluss über den gesamten Simulationszeitraum - inklusive Recycling - als eigene Umverteilungsgrafik ersichtlich (Abbildung 3b).

Abbildung 3 a) und b): Statistische Ansichten innerhalb der Visualisierung. (a) Materialmengen und (b) Materialfluss über den gesamten Simulationszeitraum 2020-2050.



4.3.2. Datenbank/Datenquellen

Für den Aufbau der für die Simulation erforderlichen Datengrundlagen verfolgte M-DAB den Ansatz, überwiegend auf Open-Government-Daten (OGD) zu setzen und diese durch eigene Erhebungen, Analysen und Berechnungen, die Auswertung von Stichproben, etc. zu ergänzen. Anhang 9.1 enthält den Datenmanagement-Plan des Projekts. Dort sind Informationen zur Datenerstellung, Speicherung und Wiederverwertbarkeit enthalten. Alle Metadaten der verwendeten Datensätze sind im Anhang in den Abschnitten 9.2-9.6 dokumentiert.

Um Materialressourcen in der Stadt verorten zu können, müssen die Gebäudeeigenschaften (Sachattribute, geometrische Attribute) lokalisiert und den räumlichen Einheiten (vom Gebäudeteil bis zum Bezirk) korrekt zugeordnet werden. Abbildung 4 zeigt die räumlichen Einheiten, für die in M-DAB Attribute gesammelt, berechnet und prognostiziert werden. Die Grundlagen für die räumlichen

Objekte (von Gebäudeteil bis zu den Bezirksgrenzen) werden zu großen Teilen in den OGD bereitgestellt. Lediglich die Grundstücksgrenzen wurden für das Projekt von der Stadt Wien im Zuge einer Kooperationsvereinbarung zur Verfügung gestellt.

Die räumlichen Daten wurden für die Weiterverarbeitung innerhalb einer Datenbank und der Simulation mit Geoinformationssystemen (z.B. QGIS, Arcmap) aufbereitet. Es erfolgte eine Konvertierung dieser Daten in ein einheitliches Koordinatensystem (WGS84, EPSG 4326), sowie eine Konvertierung der Attributfelder in UTF-8. Dazu wurde eine PostgreSQL-Datenbank⁴ mit PostGIS-Erweiterung⁵ (für die raumbezogenen Analysen) auf einem Server der TU Wien angelegt. Für den Datenaustausch zwischen Simulation- & Visualisierungstool und der Datenbank wurde eine REST-Schnittstelle⁶ implementiert, über die sowohl die Simulation als auch der Visualisierungsprototyp definierte Datenabfragen (Geometrien, Analyseergebnisse, Metainformation) an die Datenbank stellen kann.

⁴ <https://www.postgresql.org/>

⁵ <https://postgis.net/>

⁶ www.restfulapi.net

Abbildung 4: Darstellung der räumlichen Einheiten (a) Gebäudeteil, (b) Gebäude, (c) Grundstück der Attributsammlung, sowie (d) Baublock, (e) Zählbezirke und (f) Bezirke als statistische bzw. administrative Einheiten und Aggregationsebenen.



Abbildung 4(a) zeigt den Gebäudeteil als kleinste räumliche Einheit, die im Projekt M-DAB analysiert und für die Berechnungen in der Simulation herangezogen wird. Die Grundfläche der Gebäudeteile

wird der Flächenmehrzweckkarte (siehe 9.2.4 Metadaten Flächenmehrzweckkarte (Gebäude) OGD Wien) entnommen. Zusätzlich sind Attribute zur Traufhöhe, Fläche und Volumen enthalten. Im Datensatz befinden sich 588.558 Gebäudeteile, die 251.245 Gebäuden zugeordnet werden können, wobei hier auch 6.987 Gebäude enthalten sind, die entweder in Niederösterreich liegen, oder keinem Baublock zugeordnet werden können – dabei handelt es sich überwiegend um Stationsgebäude des Öffentlichen Verkehrs – und daher nicht berücksichtigt werden. Somit werden in der M-DAB Datenbank und Simulation Daten und Information zu 575.893 Gebäudeteile bzw. 244.286 Gebäuden verarbeitet.

Abbildung 4(b) zeigt das Gebäude als nächst-größere räumliche Einheit. Ein Gebäude besteht aus 1 ... N Gebäudeteilen. Einer Adresse können 1 ... N Gebäude(teile) zugeordnet werden. Ein Gebäude kann mehreren Adressen zugeordnet sein. In Wien gibt es ca. 288.000 (Zugangs-)Adressen, welche Zugänge zu Gebäuden bzw. Gebäudeteilen definieren. Adressen sind räumlich als Punkte verortet (siehe Abbildung 4(d)) und können über „Spatial Joins“ mit den Baukörpern der Gebäude verknüpft werden.

Abbildung 4(c) zeigt das Grundstück. Auf einem Grundstück befinden sich 0 ... N Adressen. Auf einem Grundstück befinden sich 0 ... N Gebäude. Ein Gebäude kann aufgrund der Unschärfe bzw. unterschiedlichen Datenquellen und Erhebungsmethoden auf 1 ... N Grundstücken stehen. Informationen zum Baualter und Bauperioden beziehen sich auf Adressen. Informationen zum Denkmalschutz beziehen sich auf die Einlagezahl im Grundbuch bzw. auf ein spezielles Grundstück. In der Digitalen Katastralmappe (DKM) für Wien befinden sich 248.970 Grundstücke, wobei davon 140.507 (56,44%) bebaut sind.

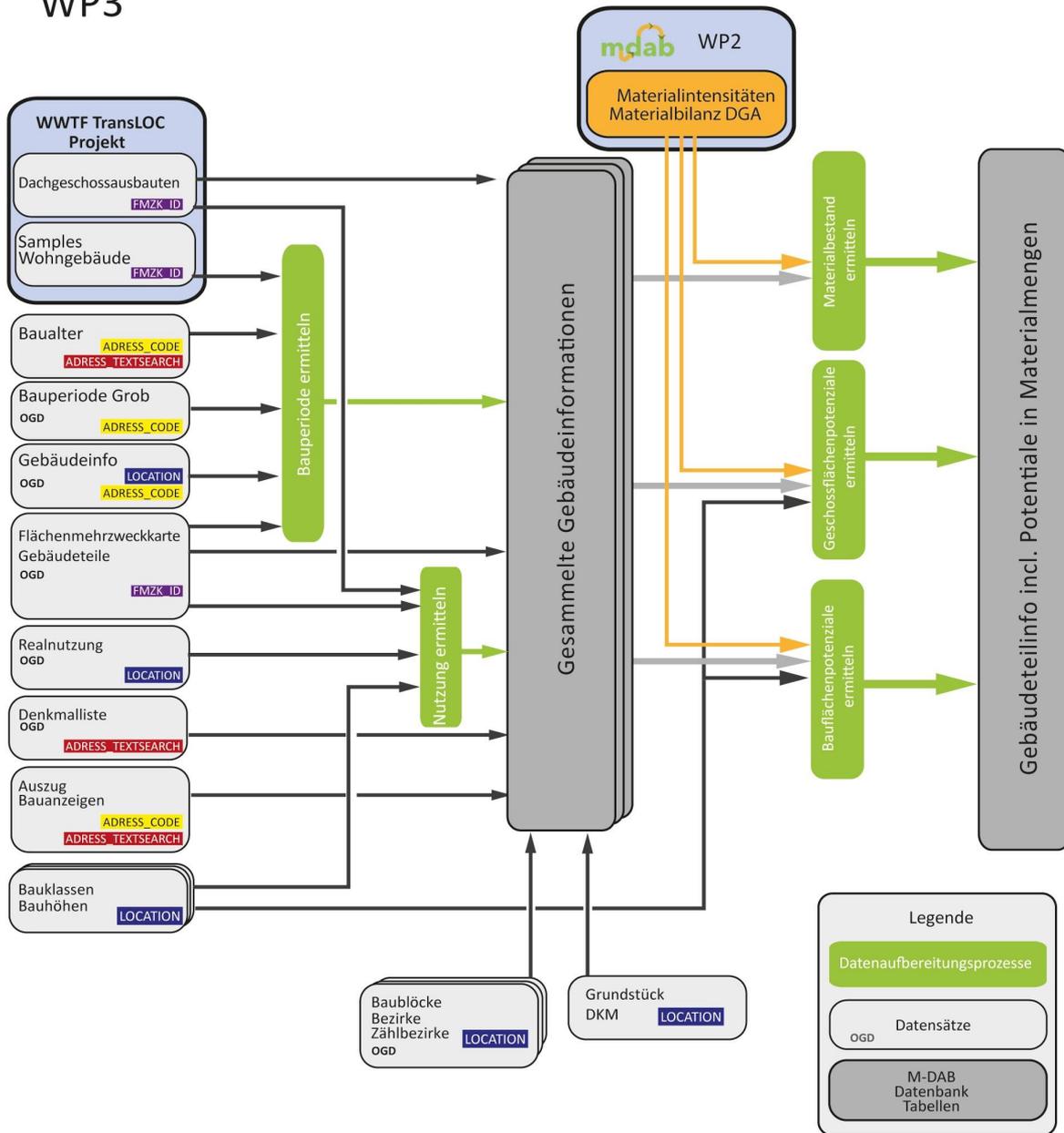
Abbildung 4(d) zeigt den Baublock und die Gebäudeadressen (als Punktinformation): Der Baublock ist in der Regel eine von Verkehrsflächen bzw. Straßenabschnitten umschlossene statistische Zählinheit und bildet in der M-DAB Visualisierung die kleinste dargestellte Einheit, da eine kleinräumigere Darstellung von simulierten Abriss-, Sanierungs- oder Neubaupotenzialen nicht mehr seriös wäre, da eine Scheingenauigkeit vermittelt werden würde und unmittelbar Rückschlüsse auf einzelne Gebäude getroffen werden könnten. Die Daten umfassen 11.325 Baublöcke, wovon auf 10.350 Gebäudeinformationen zugeordnet werden konnten.

Abbildung 4(e) und (f) zeigen Zählbezirke und Bezirke als statistische bzw. administrative Raumeinheiten. Diese fungieren in der Visualisierung als weitere Aggregationslevels.

Abbildung 5: Datenquellen und Prozesse zur Ermittlung der Gebäudeeigenschaften der in der Flächenmehrzweckkarte (FMZK) enthaltenen Gebäude und Gebäudeteile als Datengrundlage für die M-DAB Simulation



Datengrundlage Gebäude M-DAB Simulation



Die Zusammenführung bestehender Attributdaten unterschiedlicher Quellen mit den Gebäude-(teil)-Geometrien kann nur zum Teil über eindeutige Schlüsselfelder erfolgen. Teilweise müssen diese Zusammenhänge z.B. über Adresscodes, andere Register (z.B. Adress- und Gebäuderegister) oder durch Textsuche in Adressfeldern hergestellt werden. Sind keine Schlüsselfelder vorhanden, kann die Verknüpfung der Sachattribute von räumlichen Objekten auch über rechen- und zeitaufwändigere „Spatial Joins“ erfolgen, wie z.B. die Verknüpfung der Gebäudegeometrie mit den Adressinformationen (Adresspunkte). Die saubere und korrekte Verknüpfung unterschiedlichster

Datenquellen stellt in der Datenaufbereitung eine große Herausforderung dar. In Gesprächen mit den Leitern der IKT-Referate der MA 37 (Hr. Ing. Nowak) und MA 41 (Hr. Mag. Lehner) wird dieses Problem auch erkannt, wobei eine Harmonisierung der Daten unterschiedlicher Magistratsabteilungen zwar vorangetrieben wird, aber nicht vor Ende 2021 erwartet werden kann. Jedenfalls soll die manuelle Verknüpfung der Daten zukünftig überflüssig werden, da auf Verwaltungsebene Projekte entstehen, welche diese Problematik behandeln und lösen sollen (siehe Lehner, Dorffner, 2020).

Als Datengrundlage für die Simulation dient eine ausführliche Attributsammlung für die einzelnen Gebäudeteile, die im Projekt geschaffen wurde und ein möglichst präzises Abbild der tatsächlichen Gebäudeeigenschaften enthalten soll. Abbildung 5 zeigt in einem vereinfachten Flussdiagramm, wie Datenquellen und Analyse-Prozesse bei der Aufbereitung der Attributsammlung für den Wiener Gebäudebestand verknüpft und zusammengestellt werden. Dabei wird unterschieden, ob die Daten – wie im Optimalfall über die eindeutige Gebäudeteil ID (FMZK_ID) – oder über Adresscodes, Adresssuche oder Spatial Joins (räumliche Nähe) verknüpft werden. Da die Informationen zu den Gebäudeteilen nicht immer vollständig sind, müssen beim Aufbau dieser Datengrundlage jedoch Annahmen zur Ergänzung fehlender Daten je Gebäudeteil getroffen werden:

- Denkmalschutz: Ist auf einem Grundstück ein Gebäude denkmalgeschützt, so wird für alle Gebäudeteile auf dem Grundstück angenommen, dass ein Denkmalschutz besteht. In der Denkmalliste für Wien (siehe Abschnitt 9.2.8) sind 3.354 Einträge über den Adresscode räumlich zuordenbar. Dadurch sind für die Simulation 9.143 Gebäude auf 5.055 Grundstücken für Ausbau und Abriss ausgeschlossen.
- Gebäudenutzung: Um die überwiegende Nutzung der Gebäude(teile) zu ermitteln, werden zunächst die Datensätze aus dem WWTF Projekt TransLoC (ESR17-067) (siehe Abschnitt 9.4) und dem CD-Labors herangezogen. Falls keine Nutzung zugeordnet werden kann, wird im OGD-Datensatz „Gebäudeinfo“ (siehe Abschnitt 9.2.5) über die Adresse versucht, die Nutzung zu ermitteln, bzw. untersucht, ob anderen Gebäudeteilen des Gebäudes bereits erfolgreich eine Nutzung zugewiesen wurde. Ist das nicht der Fall, wird der Schritt mit dem OGD-Datensatz der Realnutzung der MA 18 (siehe Abschnitt 9.2.6) wiederholt. Da eine flächendeckende Widmungs-/Bauklasseninformation über den Bebauungsplan vorliegt, lässt sich auf für bis dahin nicht zuordenbare Gebäudeteile eine Nutzung zuweisen.
- Bauperiode: Die Zuordnung von Gebäude(teilen) zu einer Bauperiode erfolgt derselben Logik. Auch hier dienen als erste Quelle die Datensätze des WWTF Projekts TransLoC (ESR17-067) und des CD-Labors, als zweite Quelle dient ein Datensatz zum Gebäudealter der MA19 (Siehe Abschnitt 9.3.4), dann der OGD-Datensatz „Gebäudeinfo“ und abschließend der OGD-Datensatz „Bauperiode grob“ (siehe Abschnitt 9.2.1).

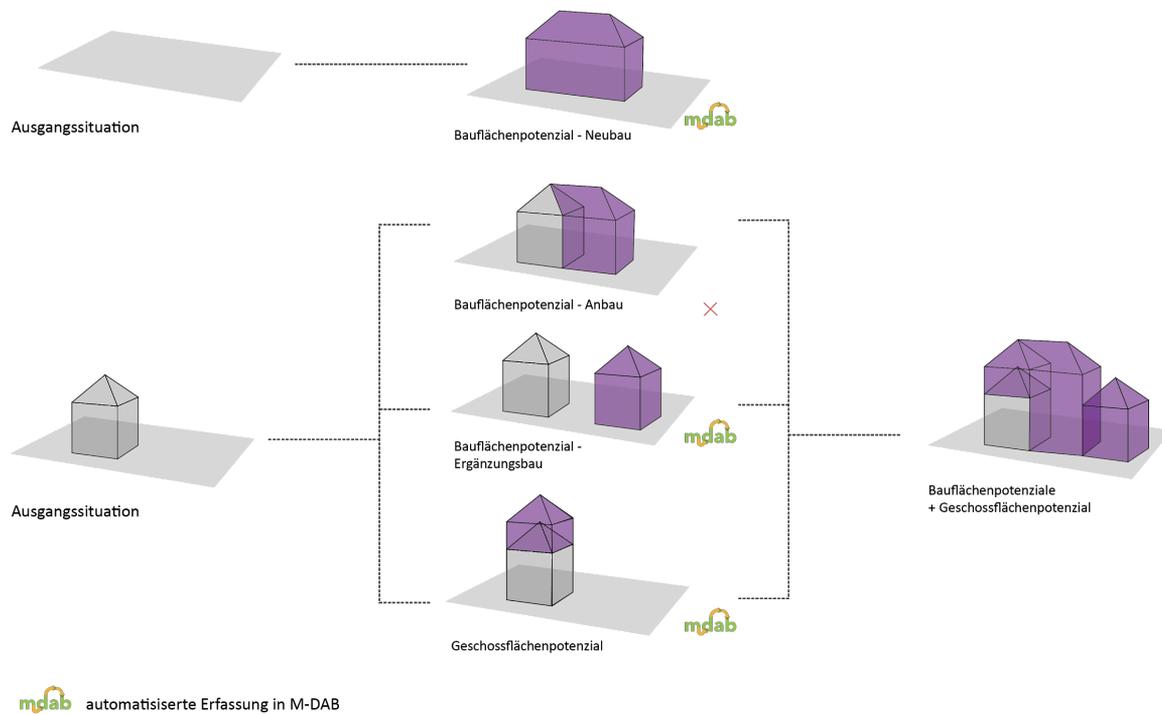
Eine nachhaltige Innenentwicklung bedingt eine möglichst vollständige urbane Infrastruktur und Grundversorgung in zumutbarer Wegdistanz (Bibri et al., 2020). Um diese zu stärken, ist die Nachverdichtung neben der Bebauung der Baulücken und Brachen eines der Schlüsselemente der Innenentwicklung (Grams, 2015). Dies ist mittels Dachgeschoßausbauten, Aufstockungen, An- und Zubauten möglich (Grams 2015, S.16). Um diese Flächen zu erkennen, gibt es bereits erprobte manuelle (Raum+ ETH, 2018, Flächenmanagement Datenbanken in Bayern oder Niederösterreich) oder (teil-) automatisierte Methoden („Bauland entlang von Eisenbahnkorridoren“, Bindreiter, 2018, „Gewidmetes, nicht bebautes Bauland – ÖROK“ Banko & Weiß, 2016, „Geschoßflächenpotenziale/ URBEM“- Forster, 2016, S.38ff). Die unterschiedlichen Flächenpotenziale sind in Abbildung 6

dargestellt. Auf unbebauten Grundstücken werden Bauflächenpotenziale für Neubauten ermittelt, auf bebauten Grundstücken können Bauflächenpotenziale für Anbauten und Ergänzungsbauten, sowie das Geschoßflächenpotenzial für Aufstockung und Dachgeschoßausbau identifiziert werden. In M-DAB werden Bauflächenpotenziale und Geschoßflächenpotenziale automatisiert für die Grundstücke in Wien ermittelt.

In M-DAB werden diese Flächenpotenziale aus den gesammelten Attributen je Gebäudeteil bzw. Grundstück (für Bauflächenpotenziale) für die Simulation aufgrund der großen Datenmengen als zusätzliche Attribute vorberechnet und in der Datenbank abgelegt. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen:

- Potenziale für Dachgeschoßausbauten: Für Dachgeschoßausbauten kommen nur Gebäudeteile in Frage, die aus Bauperioden vor 1946 stammen, noch keinen Dachgeschoßausbau haben, noch nicht saniert wurden (MA37) und eine Grundfläche größer als 100 m² haben. Dazu wurden insbesondere die Datensätze des WWTF TransLoC Projekts (siehe Abschnitt 9.4) und die Bauanzeigen der MA 37 (siehe Abschnitt 9.3.5) herangezogen.
- Geschoßflächenpotenziale: Geschoßflächenpotenzial wird mit 0 angegeben, wenn auf dem Gebäudeteil bereits ein Dachgeschoß ausgebaut wurde, es saniert wurde oder es sich um einen Neubau handelt. Gebäudeteile mit einer Grundfläche kleiner 50 m² werden nicht berücksichtigt. Ansonsten wird geprüft, wie viele zusätzliche Stockwerke zwischen der bestehenden Traufhöhe und der verordneten Bauklasse bzw. – falls vorhanden – mit besonderen Bestimmungen des Bebauungsplans bzgl. maximal zulässiger Bauhöhe rechnerisch möglich wären. Die Etagenhöhe wird hier mit 3 m angenommen. Aus der Anzahl der zusätzlich möglichen Stockwerke multipliziert mit der Grundfläche ergibt sich das Geschoßflächenpotenzial.
- Bauflächenpotenziale: Untersucht werden nur freie Grundstücksflächen größer 550 m², die bereits als Bauland gewidmet sind. Auf diese wird der Algorithmus und die Methode nach Forster, 2016 (S. 38ff) zur automatisierten Quantifizierung und Lokalisierung von Bauflächenpotenzialen angewendet. Aus den identifizierten Flächen und der verordneten Bauklasse lassen sich die Geschossflächenpotenziale für Neu- und Ergänzungsbauten ermitteln.

Abbildung 6: Schematische Darstellung unterschiedlicher Flächenpotenziale (eigene Darstellung, nach Forster, 2016: S. 31)



Für die Simulation muss zudem der zukünftige Bedarf an Nutzflächen (z.B. durch Bevölkerungswachstum, und steigenden Wohnraumbedarf) ermittelt werden, aber auch wieviel und welche Gebäude abgerissen werden. Dazu wird einerseits die bisherige Abrissquote (nach Bauperiode und Bezirk) berücksichtigt, aber andererseits auch Kriterien ermittelt, welche die spezifische Wahrscheinlichkeit des Abrisses eines Gebäudes beschreiben und diese unter einer Kennzahl, der „Abrissvulnerabilität“, zusammengefasst. Abbildung 7 zeigt die Abrissvulnerabilität in einem Wertebereich von 0 (niedrig) bis 1 (hoch) von Wohngebäuden, welche in der Simulation über die Lokalisation und Reihenfolge der durch Abriss entstehenden Flächen- und Entwicklungspotenziale entscheidet und somit auch wo und wann Abbruchmaterialien anfallen.

Abbildung 7: Abrissvulnerabilität von Wohngebäuden



Bei der Entwicklung dieser Kennzahl kamen folgende Überlegungen zum Tragen: Vom Abriss ausgeschlossen sind zunächst Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen, deren Dachgeschoß ausgebaut wurde oder die kürzlich saniert oder neu gebaut wurden. Bei den verbleibenden Gebäuden wird dann evaluiert, zu welchem Grad die bestehenden Bebauungsmöglichkeiten (hinsichtlich der Bebauungsbestimmungen zur Bauhöhe) ausgenutzt werden. Liegt demnach ein hohes ungenutztes Flächenpotenzial vor, erhöht das die Wahrscheinlichkeit eines Abrisses bzw. Neubaus.

Auf Basis der gesammelten Attribute wurden für die Simulation dann je Gebäudeteil bzw. Grundstück die Flächen und Volumina als Potenziale ermittelt und die Materialmengen in Tonnen (für potenziellen Abriss, Neubau, Aufstockung und Dachgeschoßausbau) bereitgestellt. Diese Daten können von der Simulation roh oder aggregiert für Baublock, Zählbezirk, Bezirk oder ganz Wien abgerufen werden.

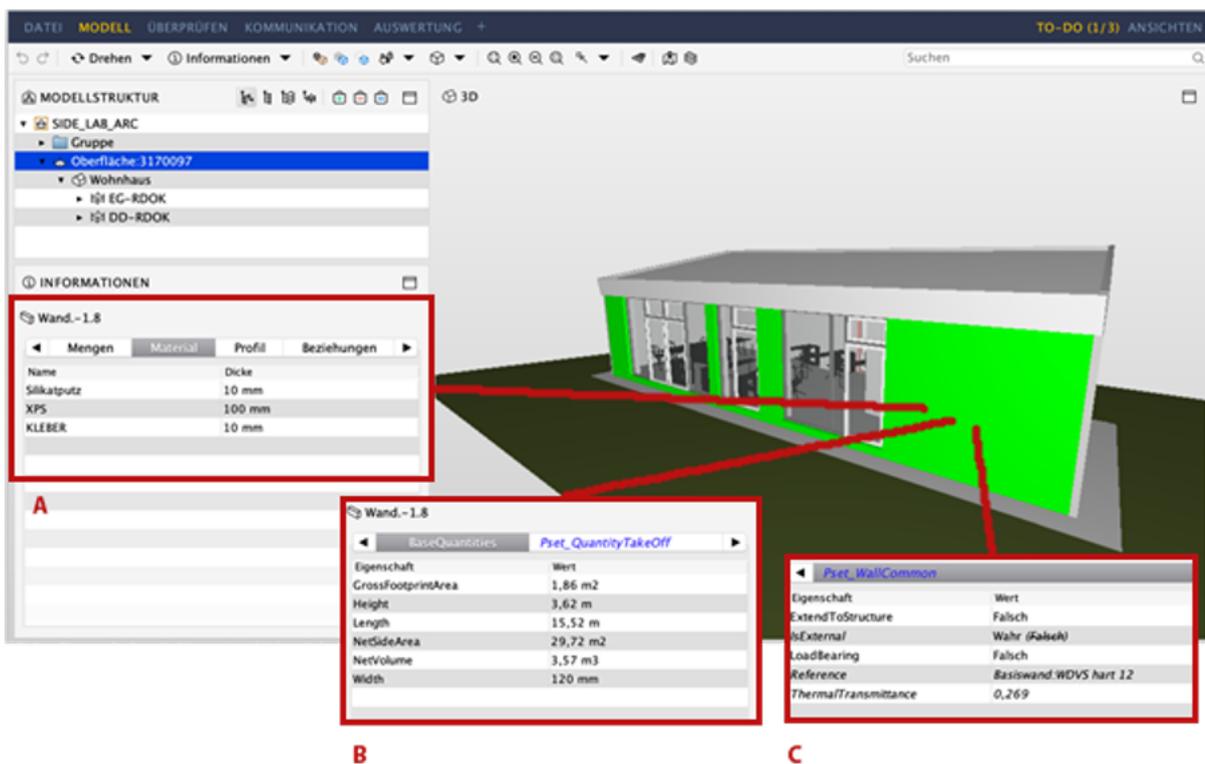
4.4. Analyse von BIM-Daten und Schnittstellen

Für die effiziente laufende Verbesserung der Datengrundlagen ist eine möglichst automatische Datenerfassung aus den Planungsunterlagen von Bauvorhaben erstrebenswert. Im Projekt wurden dazu in einem ersten Schritt die gängigsten BIM Standards, sowie die technischen openBIM Schnittstellen analysiert. Die Grundlage stellen der openBIM Prozess und das Austauschformat IFC dar, da es einen standardisierten Austausch von BIM Modellen, also mit Informationen angereicherte 3D Geometrien, ermöglicht. Das IFC Format setzt eine standardisierte Struktur voraus: So gliedert

sich ein BIM Modell in das Gelände, das Bauwerk, die Geschosse und die einzelnen (Konstruktions-) Elemente und Bauteile (Wände, Decken, Träger etc.). Jedes Element enthält Informationen, welche nach dem IFC Standard der internationalen openBIM Plattform buildingSMART strukturiert sind. Diese Informationen können jedoch auch individuell erweitert und in das Modell eingepflegt werden.

Im Projekt wurde auf das Dateiformat IFC fokussiert, insbesondere auf die Version IFC 2x3, da diese Version aktuell in der Praxis am verbreitetsten ist und in den meisten BIM-fähigen Computerprogrammen implementiert ist. Ebenso wurde jedoch auch die neue Version IFC 4 ein großes Augenmerk gelegt, welche mehr Daten abbilden kann. Wie in Abbildung 8 dargestellt, umfassen diese Information zu Mengen, Materialinformationen und weitere technische Parameter, wie U-Wert oder statische Attribute.

Abbildung 8: Das Element „Wand“ weist Informationen über die Materialzusammensetzung (A), Mengenangaben (B) und standardisierte Parameter (C) auf. Zur Sichtung wurde der IFC Viewer Solibri verwendet.

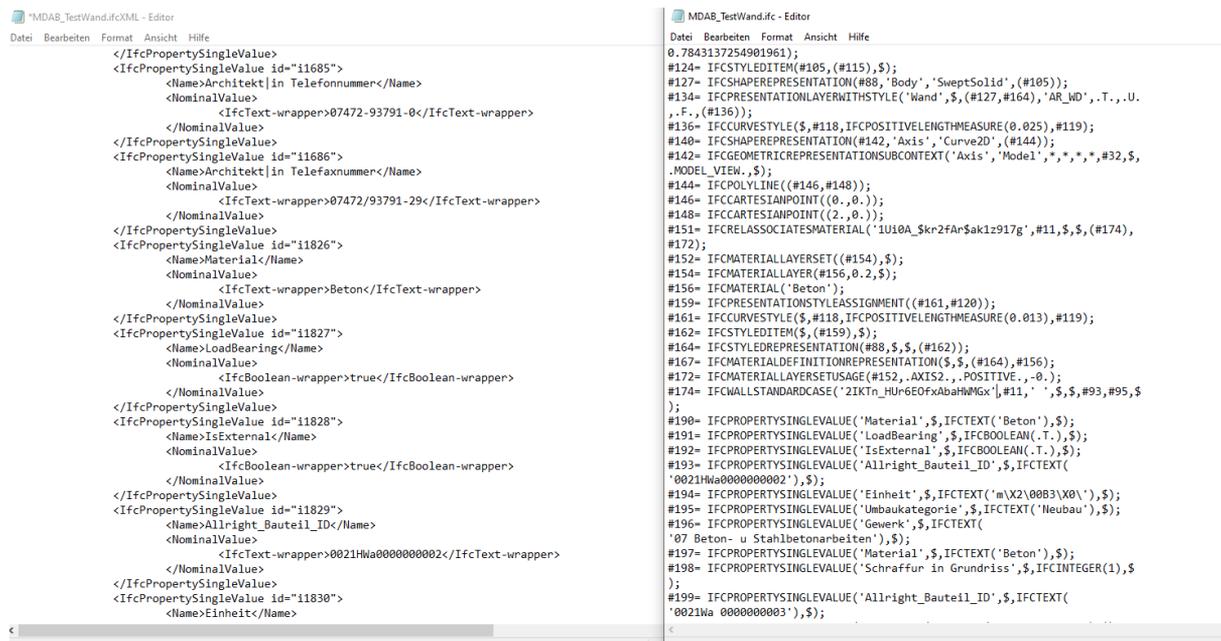


Anhand von Beispielmotellen wurde untersucht, wie Daten in das M-DAB Tool einfließen können. Die Parameter aus der buildingSMART Struktur wurden gefiltert, auf ihre Relevanz für das Projekt M-DAB analysiert und im Projektteam abgestimmt. Ein Ergebnis stellt die kombinierte Parameterliste dar, welche einerseits aus Parametern der buildingSMART-Struktur besteht und andererseits aus individuellen Parametern, die im Standard nicht abgebildet waren, jedoch für die Auswertung der Materialien von Bedeutung sind (siehe Tabelle 3 in Abschnitt 5.3)

Für die Einbindung und Verknüpfung von Modelldaten in Datenbanken wurden die unterschiedlichen Dateiformate – *.ifc* und *.ifcXML* – der IFC Struktur analysiert (siehe Abbildung 9). Das *.ifcXML* Format lässt durch die Strukturierung einerseits eine einfachere Lesbarkeit der Daten zu und ermöglicht andererseits die Verwaltung und von XML-Datenbanken, welche die Integration von Gebäudemotellaten in Datenbanklösungen erleichtert. Zudem wird das offene Format *.ifcXML* von

den gängigen BIM Programmen unterstützt, die Dateigröße ist jedoch um einiges größer als beim .ifc Format.

Abbildung 9: Gegenüberstellung Analyse Datenstruktur Format .ifcXML (links) und Format .ifc (rechts) anhand Testelemente



Nach der Analyse der Dateiformate wurde in einem weiteren Schritt ein ausgewähltes Projekt herangezogen (siehe Abbildung 10), um die Materialzusammensetzung des BIM Modelles und dessen Verwertbarkeit im M-DAB Zusammenhang zu untersuchen. Dazu wurde ein Mapping der Materialien aus den vorhandenen IFC Dateien mit den neun definierten M-DAB Materialgruppen vorgenommen. Bei der Auswertung der Materialien aus dem IFC Modell sind folgende Problematiken aufgetreten: Elemente wie Fenster und Türen bestehen aus einer Materialkombination, z.B. Glas, Aluminium, Kunststoff etc. Rahmen, Zarge und Türblatt, weshalb die Zuordnung zu einer Materialgruppe nicht möglich ist. Neben der elementbezogenen Darstellung im IFC wurde weiters auch die inhaltliche Datenbasis des IFC Modells untersucht. Vor dem Hintergrund spezifischer Materialbenennungen (Abkürzungen, Herstellerprodukte, Anwender- bzw. Firmen-spezifische Namenskonventionen) ist das Auslesen sowie Erkennen der Materialien für außenstehende Personen erschwert. Materialangaben sollten daher standardisiert und möglichst früh eingepflegt werden, um die zukünftige Datenlage verbessern zu können. Dazu gibt es bereits Versuche, Standardisierungen in unterschiedlichen Normungsgremien, wie bspw. der A2063-2, vorzunehmen. So enthält die „BIM Norm“ ÖNORM A6241-1 Vorgaben für Materialwerte und auch der ASI Merkmalsserver (Austrian Standard Institute) gibt Materialwerte vor. Zudem lassen sich in der neuen Version der IFC4 eine detaillierte Strukturierung der Elemente und eine präzisere Detaillierung der Materialien abbilden.

Abbildung 10: Auswertung des Materials „Beton“ in Volumen im Programm Solibri über das Modul „Auswertung“



4.5. Analyse von Prozessen (Abriss, Neubau, Sanierung) zur Datenerfassung und Datenanwendung

Die Materialflüsse des Bauwesens in der Stadt Wien lassen sich in drei zentrale Prozesse gliedern: Abriss (hier entstehen Baurestmassen), Neubau (hier entstehen Materialbedarfe) und die Sanierung (hier entstehen sowohl Baurestmassen als auch Materialbedarfe). Alle genannten Prozesse unterliegen bereits heute Regelungen bzw. formulieren Verfahren, die in Vorbereitung auf die Arbeit an den Szenarien mittels Literaturrecherche analysiert wurden.

Zu einem späteren Zeitpunkt in der Projektbearbeitung wurde diese Recherche vor allem durch Interviews und Telefonate mit Akteurinnen und Akteuren aus Stadtplanung, Abfallwirtschaft, Bauwirtschaft und Bauverwaltung ergänzt. Im Zuge des Projekts wurden diesbezüglich zwei Workshops mit unterschiedlichen Schwerpunkten durchgeführt, in denen Vorschläge erarbeitet und mit den teilnehmenden Expertinnen und Experten diskutiert wurden, um Hürden in der Bau- und Planungspraxis auf Basis von Erfahrungswerten sichtbar zu machen:

Workshop 1 (09/2020) legte den Fokus auf die Anwendung des Visualisierungs- und Simulationstools. Dazu wurde der Simulationsprototyp demonstriert, um mit den Workshop-Teilnehmerinnen und -Teilnehmern die Qualität und Struktur der Ergebnisdaten bzw. die Darstellung der Ergebnisse im Prototyp mit den Anforderungen und Zielen der Akteurinnen und Akteure der Stadtentwicklung, aber auch der Abfall- und Recyclingwirtschaft und der Baubranche abzustimmen. Dabei wurden auch nochmals die an die Simulation gerichteten Fragestellungen evaluiert und diskutiert. Die Workshop-

Erkenntnisse dienen im Besonderen der Weiterentwicklung und Qualitätsverbesserung der Simulation, brachten aber auch gutes Feedback und Erkenntnisse hinsichtlich der Prozesse und Abläufe in der Abfallwirtschaft.

Im Workshop 2 (12/2020) wurde der Fokus auf die „Automatisierte Datenproduktion“ gelegt. Dabei wurden vor allem die Prozesse und Schnittstellen in unterschiedlichen Phasen eines Gebäudelebens (von der Planung bis zum Abbruch) beleuchtet und verschiedene Vorschläge für die automatisierte Datenproduktion zur stetigen Verbesserung der Daten- und Entscheidungsgrundlagen diskutiert. Dabei wurde auch die Verfügbarkeit und Qualität vorhandener Daten erörtert und Schwierigkeiten in der Datenproduktion, -Organisation und -Wartung identifiziert. In den Workshops wurden die unterschiedlichen Anwendungsfälle aus der Berufspraxis der Teilnehmenden diskutiert, wobei die räumliche Auflösung der Daten ein großes Thema war.

Vor und nach den Workshops wurden im Zuge der Bearbeitung von Handlungsempfehlungen und Prozessentwürfen immer wieder Telefonate und Gespräche mit den IKT-Abteilungen der Stadtverwaltung (z.B. MA37 - Hr. Nowak, MA41 - Hr. Lehner) geführt, um die Schnittstellen und Herausforderungen bei der Datenhaltung aus technischer und organisatorischer Sicht zu erörtern. Auch die Erkenntnisse aus den BIM-Schnittstellen-Analysen flossen in die Bewertung der Gespräche mit ein. Die Erkenntnisse und Ergebnisse der Analysen flossen in die Identifizierung von Handlungsfeldern aus Sicht der ausführenden Planung aber auch in konkrete Handlungsempfehlungen aus stadtplanerischer und Material- bzw. Abfall-wirtschaftlicher Sicht und in konkrete formale Prozessentwürfe für die Einbindung automatisierter Datenerfassung ein. Am Magistrat Wien laufen zurzeit interne Projekte an, welche die Schnittstellen und Prozesse in der Verwaltung diesbezüglich genauer analysieren werden (z.B. Lehner, Dorffner, 2020).

5 Ergebnisse

In folgendem Abschnitt werden die wesentlichsten Projektergebnisse dargestellt. Die Struktur des Abschnitts folgt dabei grob den eingangs formulierten Projektzielen:

1. Aufbau einer wachsenden Datenbank zum Gebäudebestand Wien
2. Visualisierung der Simulationsergebnisse innerhalb eines 3D Stadtmodells
3. Schnittstellenerweiterung von BIM
4. Prozessentwurf für die automatische Erfassung der Materialbestandsdaten von Neubauprojekten

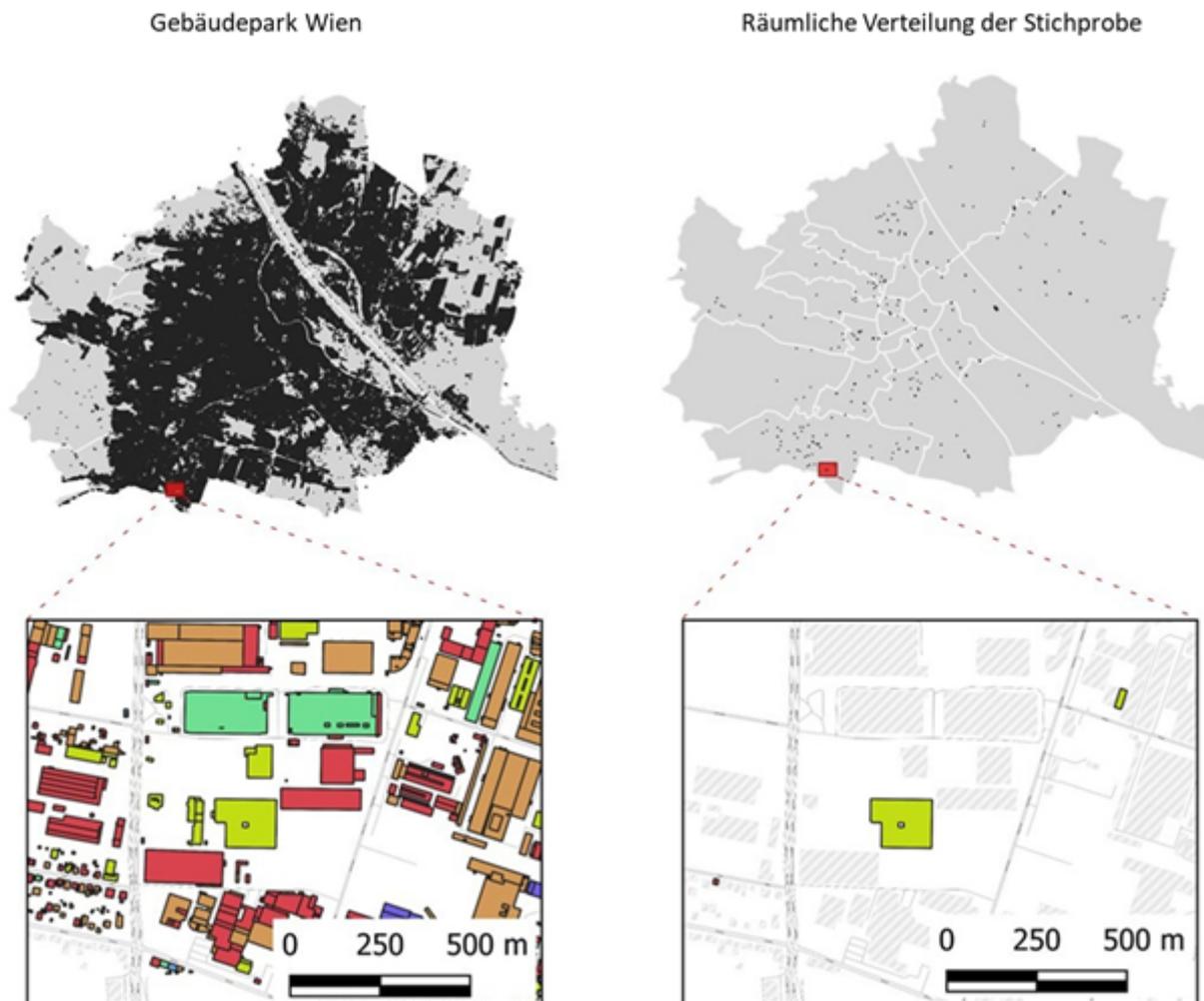
In den vorgestellten Ergebnissen spiegelt sich auch die thematische und methodische Breite des Projekts wider: So konnte das Wissen über die Materialzusammensetzung des Wiener Gebäudebestands verbessert und verfeinert werden. Für die Simulation wurde eine ausführliche Attributsammlung als Datengrundlage in einer Datenbank angelegt. Die Simulation des Abriss- und Neubaugeschehens erlaubt eine Prognostik von Materialmengen bis auf Baublockebene. Über einen webbasierten Visualisierungsprototypen können unterschiedliche Szenarien konfiguriert und die Simulationsergebnisse analysiert und dargestellt werden. Zudem wurden Erkenntnisse über die Anforderungen an BIM-Formate und Schnittstellen gewonnen, sowie konkrete Handlungsempfehlungen und Prozessentwürfe – für die Verbesserung der Datenerfassung zum einen und Aufzeigen von Möglichkeiten für die Datenanwendung zum anderen – erarbeitet. Im Anhang dieses Berichts sind sämtliche im Projekt verwendete und erzeugte Daten beschrieben. Vertiefende Informationen zu Methoden und Projektergebnissen sind auch in abgeschlossenen und laufenden Publikationen des Projektteams nachzulesen.

5.1. Materialzusammensetzung des Wiener Gebäudebestands

Stichprobe

Die räumliche Verteilung der zufällig ausgewählten Stichproben ist in Abbildung 11 dargestellt: Links ist das digitale Gebäudemodell der Stadt Wien dargestellt, welches die Grundgesamtheit der Analyse bildet. Rechts ist die räumliche Verteilung der zufällig ausgewählten Stichprobenobjekte abgebildet. Darunter wird ein vergrößerter Kartenausschnitt angezeigt, welcher links alle Bauwerke und rechts die Stichproben darstellt. Wie gewünscht, sind die Stichproben-Objekte räumlich über das gesamte bebaute Gebiet von Wien verteilt.

Abbildung 11: Räumliche Verteilung der Zufallsstichprobe (Eigene Bearbeitung nach Lederer et al. (2021)).



Die Materialkennwerte der unterschiedlichen Gebäudekategorien des vorherrschenden Gebäudebestandes in Wien wird in t/m^3 Bruttorauminhalt (BRI) (berechnet nach ÖNORM B 1800) angegeben. Die gesamte Materialintensität (alle Materialkategorien zusammen) werden je Gebäudekategorie in Tabelle 1 angegeben. Insgesamt wurden Materialintensitäten für folgende neun Materialkategorien berechnet: Beton und Estrich, Eisen und Stahl, Ziegelmauerwerk (inklusive Mörtel und Putz), Kies-Sand-Naturstein, Holz, Mineralwolle (ohne Trittschalldämmung), Polystyrol (ohne Trittschalldämmung), Gipskartonplatten und Glas. Die mittleren Ergebnisse je Materialkategorie werden im Anhang 9.7 jeweils je Gebäudekategorie angegeben. Die ermittelten Materialkennwerte bilden die Grundlage für alle weiteren materialbezogenen Berechnungen, Modellierungen und Analysen und sind in der M-DAB Datenbank implementiert. Die erhobenen Daten und entsprechenden Auswertungen sind deutlich umfangreicher, diese sind detailliert in Lederer (2021) beschrieben.

Tabelle 1: Gemittelte Materialintensität je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichproben-Objekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

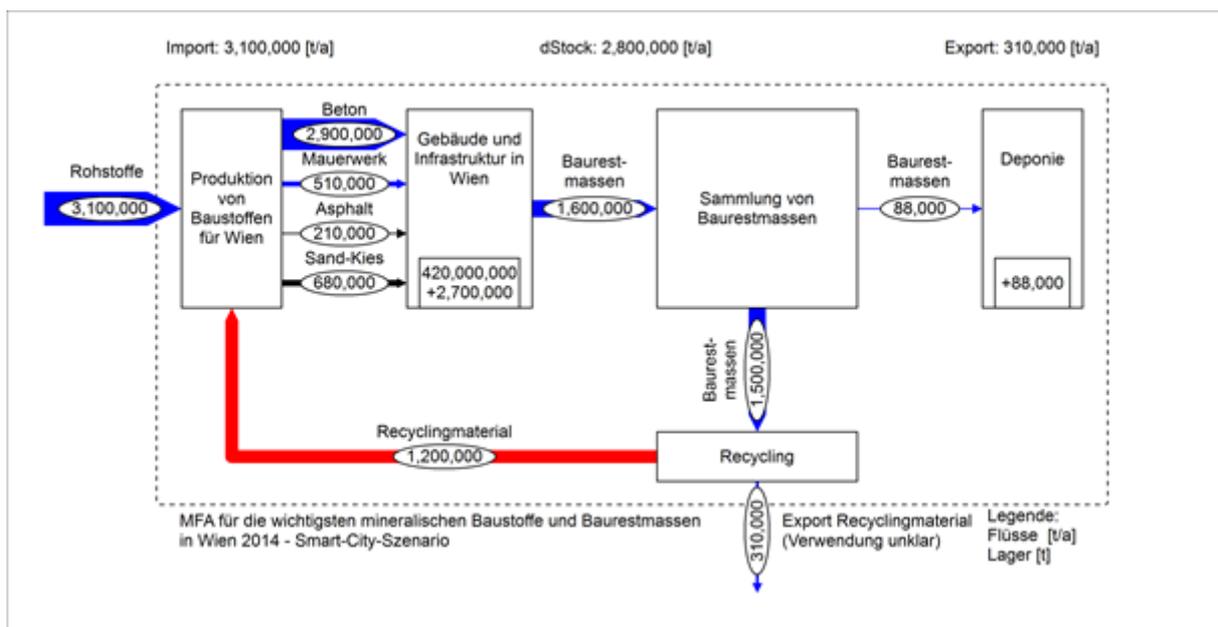
Gemittelte Materialintensität je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttorauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919-1945	1946-1980	1981-2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.39	0.36	0.45	0.46	0.44	0.43
<1000 m ³	0.49	0.35	0.48	0.49	0.38	0.45
1000-5000 m ³	0.37	0.38	0.42	0.44	0.48	0.41
> 5000 m ³	0.37	0.36	0.42	0.41	0.45	0.40
Servicegebäude	0.38	0.36	0.36	0.41	0.40	0.39
<1000 m ³	0.26	0.00	0.39	0.37	0.51	0.40
1000-5000 m ³	0.43	0.36	0.28	0.42	0.38	0.39
> 5000 m ³	0.47	0.00	0.33	0.38	0.30	0.36
Industrie- und Gewerbegebäude	0.25	0.40	0.44	0.23	0.27	0.32
<1000 m ³	0.25	0.46	0.49	0.18	0.37	0.38
1000-5000 m ³	0.00	0.32	0.34	0.18	0.38	0.31
> 5000 m ³	0.00	0.41	0.00	0.27	0.20	0.27
Hinweis: Einträge mit Wert 0.00 sind in der Zufallsstichprobe nicht erfasst.						

Aktuelle Materialflüsse der Wiener Bauwirtschaft

Die Wiener Bauwirtschaft verbaute im Jahr 2014 rund 4,5 Millionen Tonnen an Baumaterialien, wobei rund drei Viertel in Gebäuden und ein Viertel in der Verkehrsinfrastruktur eingesetzt wurde. Im Zuge der Bautätigkeiten fielen rund 1,7 Millionen Tonnen Baurestmassen an. Dabei entfiel auf Bauschutt (44%) der größte Anteil, gefolgt von Beton (30%), Schotter (14%) und Asphalt (11%). Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zum Eintrag von Baumineralien, wo Beton dominiert. In der Praxis bedeutet dies, dass alte Ziegelgebäude abgerissen und durch Betonbauten ersetzt wurden. Alle aggregierten Materialflüsse für das Referenzjahr 2014 sind in der Abbildung 12 dargestellt. Die Datenlage bezüglich des Abfallaufkommens sowie dessen Verwertung auf regionaler Ebene ist unvollständig bzw. nicht verfügbar, weshalb der österreichische Durchschnitt angenommen wurde. Daraus ergibt sich, dass rund 8% (140.000 t) des anfallenden Abfalls deponiert und 92% recycelt wurden. Das Material wird Großteiles als Technisches Schüttmaterial, zur Hinterfüllung, als Deponiebaustoffe und für Geländeanpassungen eingesetzt.

Die Abbildung 12 stellt die Materialflüsse des kreislauforientierten Szenarios dar. Das Ergebnis zeigt, dass insgesamt 230.000 t/Jahr an Bauschutt vermieden werden können und von dem verbleibenden mineralischen Bauschutt insgesamt 1.225.000 t/a Baurestmassen in Wien recycelt werden können, wodurch die Rohstoffimporte um 32% (von 4,5 auf 3,0 Mio. t/a) und die zu deponierende Menge um 28% (von 139.000 auf 100.000 t/a) reduziert werden. Die wichtigsten Maßnahmen dafür im Hochbau sind 1) das Recycling von Baurestmassen aus Wien zur Herstellung von Recyclingbeton, der wieder in Wien eingesetzt werden kann, 2) die vermehrte Verwendung von Recyclingbaustoffen aus Wiener Baurestmassen zum Ersatz von Sand und Kies, der in Wien eingesetzt wird (etwa im Straßenbau) und 3) die Vermeidung von Baurestmassen durch die Reduktion des Abbruchs von Wohngebäuden, die vor 1946 errichtet wurden, auf nahe Null. Andere Maßnahmen im Hochbau, wie die Wiederverwendung von Bauteilen, spielen quantitativ nur eine geringe Rolle.

Abbildung 12: Szenario für zukünftige, kreislauforientierte Bewirtschaftung von Baurestmassen in Wien basierend auf den Zahlen aus dem Jahr 2014 (Materialflüsse in t/a), basiert auf Lederer et al. (2020).



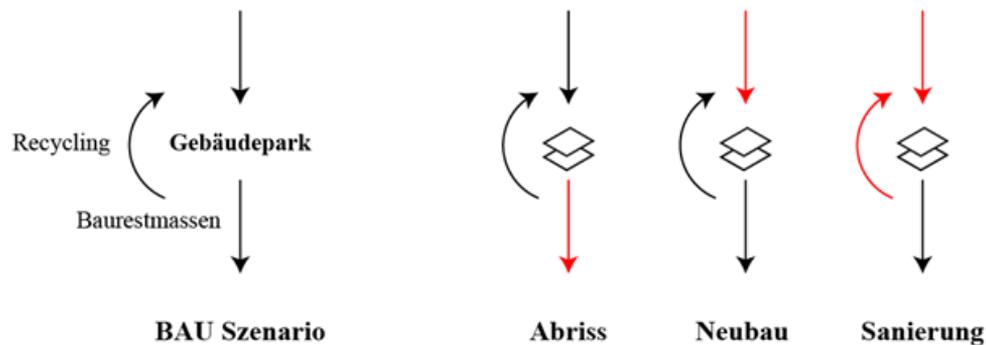
Der Status-quo und das zukünftige, kreislauforientierte System liefern die notwendigen Inputparameter (Transferkoeffizienten) für die Kalkulation aktueller und zukünftiger Verwertungs- und Entsorgungsströme, sowie die mögliche Substitutionsrate von Primärmaterialien durch Sekundärmaterialien. Diese Kennzahlen sind in der M-DAB Datenbank implementiert und werden im Simulationstool entsprechend angewendet (siehe dazu Anhang 9.6). Für eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse inklusive umfangreicher Erläuterungen hinsichtlich Maßnahmen für eine gesteigerte kreislauforientierte Bewirtschaftung wird auf Lederer et al. (2020) verwiesen.

5.2. Simulation und Datengrundlagen

Simulations-Szenarien

Die Herausforderung des Szenario-Prozesses war, eine Methode zu wählen, die eine reibungsfreie Übersetzung der Ergebnisse in die Programmierung des Simulations- und Visualisierungstool ermöglicht. Um dies zu umzusetzen, wurde die Methode des „morphologischen Kastens“ gewählt. Ein morphologischer Kasten gliedert ein Szenario in einzelne Parameter und deren unterschiedliche Ausprägungen. Es wurden in Summe vier Grundszenarien (siehe Abbildung 13) entwickelt:

Abbildung 13: Die vier Grundszenarien



- **BAU-Szenario (Business As Usual).** Legt die wesentlichen Rahmenbedingungen der Prognose fest. Etwa Bevölkerungswachstum oder Wohnungsgrößen. Hierzu wird bestehendes Datenmaterial genutzt und kombiniert.
- **Abriss-Szenario.** Hier wird das Mengengerüst für die entstehenden Baurestmassen / Materialkategorie pro Jahr entwickelt. Um zu simulieren, welche Gebäude potentiell abrissgefährdet sind, werden auf Basis einschlägiger Literatur unterschiedliche Faktoren (etwa Bauperiode des Gebäudes oder Differenz von tatsächlicher und möglicher Flächenausnutzung) kombiniert.
- **Neubau-Szenario.** Beschreibt die Materialbedarfe pro Jahr. Entscheidend ist, wo und wie das Stadtwachstum realisiert wird (etwa auf „der grünen Wiese“ oder im Bestand) und welche Materialzusammensetzungen für Neubaugebäude gewählt werden.
- **Sanierung-Szenario.** Kleinteilige Sanierung von Wohnungen und Gebäuden – ist Im Simulationsmodell aufgrund fehlender Daten nicht abgebildet. (Möglicher Erfassung von Abbruchmengen über MA 48, mögliche Erfassung von Baumaterialien über Baustoffhandel.)

Exemplarisch wird hier der morphologische Kasten des Abriss-Szenarios gezeigt (Tabelle 2). Die Parameter (links) wurden auf Basis von Literatur und in Workshops des Konsortiums abgegrenzt. Die bestehende Datenlage wurde berücksichtigt. Für den Parameter Bauperiode liegen Erfahrungswerte vor, zu welchen Teilen Abrissgebäude aus einer bestimmten Kategorie stammen. Denkmal und Ensembleschutz sind Ausschlussparameter, die, so sie positiv sind, verhindern, dass ein Gebäude für den Abbruch in Frage kommt. Schließlich wird in der baulichen Ausnutzung die Differenz zwischen tatsächlicher und möglicher bebauter Fläche gezeigt - ein wichtiger Faktor, ob ein Gebäude abgerissen oder weitergenutzt wird. Andere denkbare Parameter, wie etwa zur Eigentümerstruktur eines Wohnhauses, konnten aufgrund der Datenlage nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 2: Morphologischer Kasten für das Abriss-Szenario, Parameter und Ausprägungen

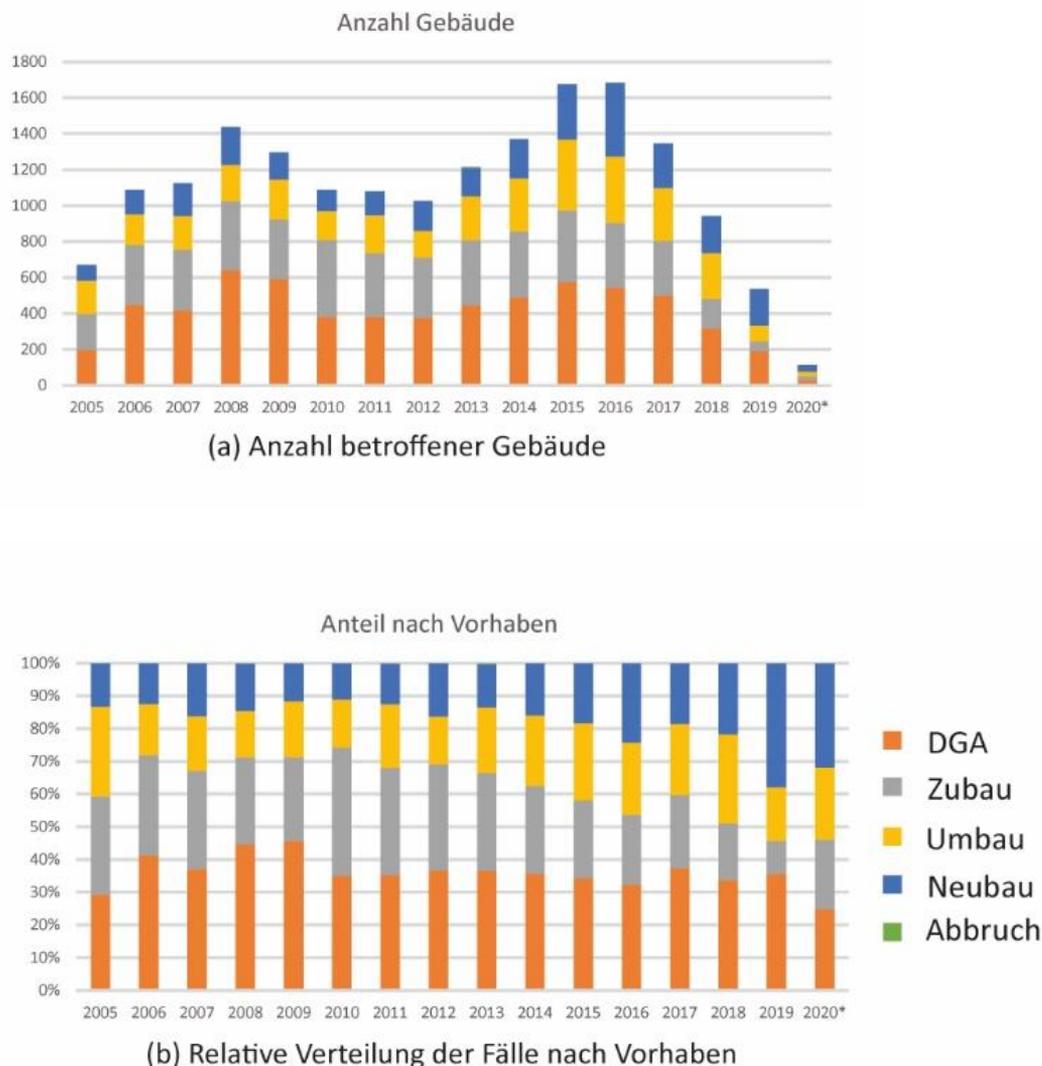
Parameter (Datengrundlage)	Ausprägung			
	- 1918	1919 - 1945	1946 - 1976	1976 -
Bauperiode (MA 18)				
Bauliche Ausnutzung		niedrig		hoch
Denkmalschutz (MA 18, Denkmalschutz)		ja		nein
Ensembleschutz (MA18, Schutzzone)		ja		nein

Die Methode des morphologischen Kastens hat sich im M-DAB Projekt absolut bewährt. Zum einen ermöglichte eine niederschwellige interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Entwicklung der Szenarien, Parameter und ihren Ausprägungen und zum anderen hat die Übertragung der Szenarien in die Programmierung des Simulations- und Visualisierungstools reibungsfrei funktioniert.

Datenverfügbarkeit und Qualität der OGD

Im Zuge des Projekts wurde eine Datenbank aufgebaut, welche eine umfangreiche Attributsammlung für die Gebäudeteile der Flächenmehrzweckkarte enthält. Die Metadaten für die in der Simulation verwendeten Tabellen sind in Abschnitt 9.6 dargestellt. Die Sachdaten, die für das Projekt von der Stadt Wien bereitgestellt wurden, werden in den Magistratsabteilungen in laufenden Prozessen bearbeitet und aktualisiert. Die OGD-Datensätze werden quartalsweise bereitgestellt. In Abbildung 14 sind die Verteilung der Fälle (Gebäude) aus dem Datenauszug über die Bauanzeigen der MA 37 abgebildet. Die anzeigepflichtigen Abbrüche bewegen sich im einstelligen Bereich und sind daher in den Diagrammen nicht erkennbar.

Abbildung 14: Verteilung der Fälle im Datenauszug der MA 37 nach Jahr (Im Jahr 2020 sind Fälle bis zum 20.05. erfasst)

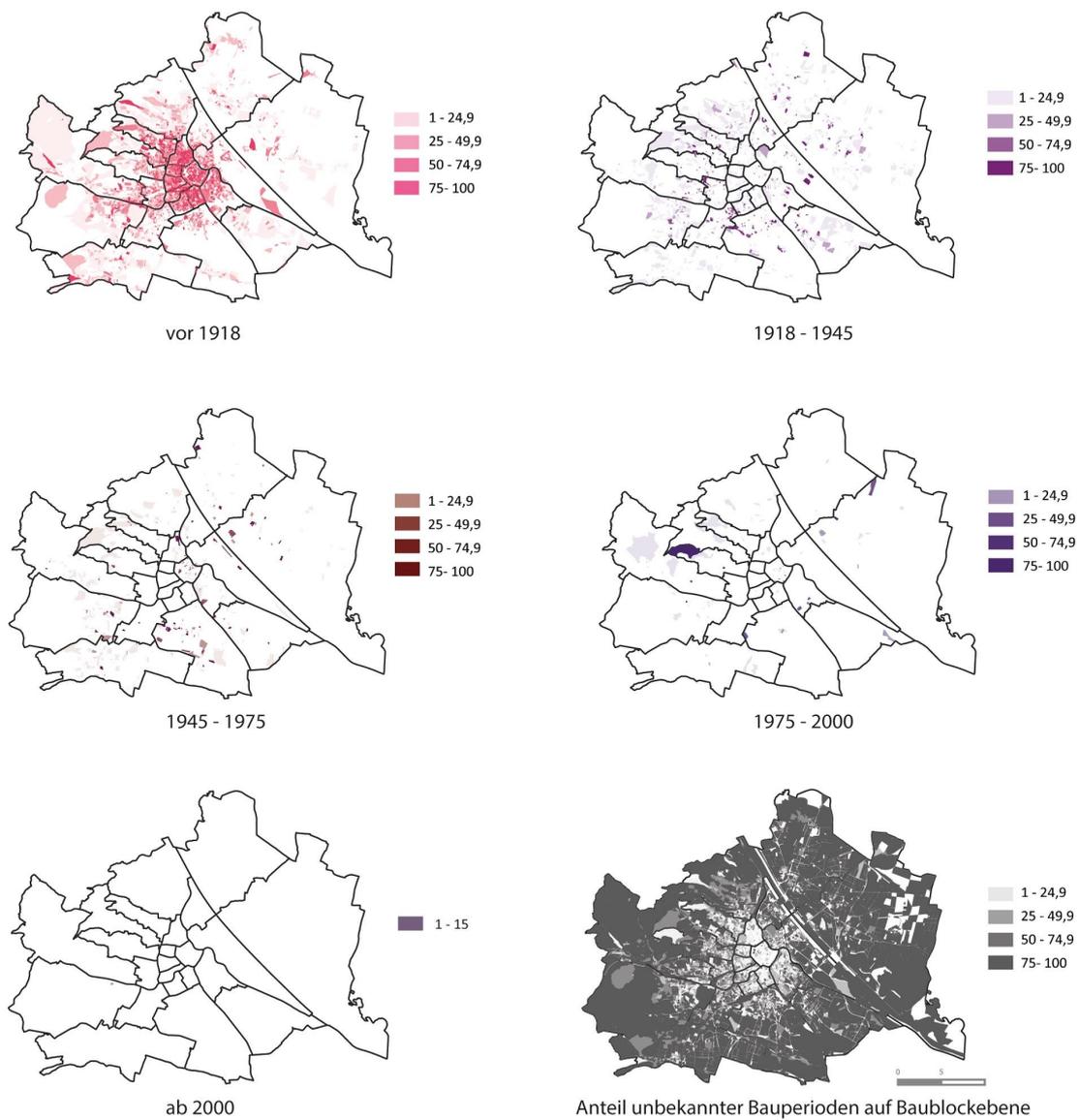


Für die Ermittlung der verbauten Materialmengen in einem bestimmten Gebäude müssen Gebäude einer Gebäudekategorie anhand des Volumens (Bruttorauminhalt), des Alters (Bauperiode) und der Nutzung zugewiesen werden. Diese Zuordnung erfolgt - wie bereits in Kapitel 4 dargestellt - teilautomatisiert anhand der Attribute aus unterschiedlichen Datensätzen. Die Auswertungen dieser Datensätze liefern interessante Erkenntnisse und ermöglichen durch die Verknüpfung mit den Geometrieinformationen der Gebäudemodelle neue Darstellungen. So wird am Beispiel der Abbildung 15 sichtbar, wie sich die unterschiedlichen Gebäudenutzungen anteilig auf die Bruttogeschoßflächen je Baublock aufteilen. Deutlich erkennbar sind die Industrie- und Gewerbegebiete im 23. und 10. Bezirk, aber auch der Ölhafen und die Gewerbegebiete im 21. und 22. Bezirk. Auch die Sonstigen Nutzungen (zu denen auch Grünlandnutzungen gehören) sind eher an den Stadträndern dominant. Die dominierende Nutzung im bebauten Gebiet ist die Wohnnutzung.

Abbildung 16: Anteil der Bauperioden je Baublock anhand der Anzahl der zuordenbaren Gebäudeteile

Anteil der jeweiligen Bauperiode auf Baublockebene in Prozent

Quellen: M-DAB 2021, Stadt Wien – <https://data.wien.gv.at>

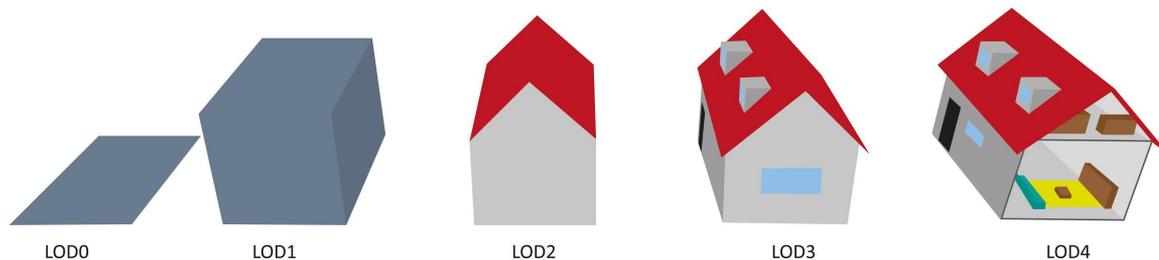


Aus diesem Grund wurde für die Gebäudekategorie „unbekannte Bauperiode“ ein eigener Datensatz mit Materialmengen erstellt, der auf Mittelwerten der gesamten Gebäude-Stichprobe basiert.

Beim Aufbau der Materialpotenziale auf Gebäude- und Baublock-Ebene wurden auf Basis der Materialzusammensetzung detaillierter Sampledaten des Gebäudebestands anhand der Flächenmehrzweckkarte (Gebäudemodell Level-of-Detail – LOD 0) und der Traufhöhe der Gebäude die verbauten Materialmengen Wiens hochgerechnet. Abbildung 17 zeigt eine Kategorisierung der Level-of-Details, wie sie etwa in der CityGML Datenschnittstelle angewandt wird. Details zu unterschiedlichen Level-of-Details lassen sich hier nachlesen: Biljecki, F. et al. (2016). Verbesserungen

hinsichtlich der Daten ließen sich hier durch detaillierte Gebäudemodelle erzielen. Solche werden aktuell von der Stadt Wien aufgebaut (bis LOD3), was zukünftig präzisere Hochrechnungen anhand von Gebäudemodellen zulässt (vgl. Lehner und Dorffner, 2020). Durch weitere Attributierung der 3D-Baukörper lassen sich auch Rückschlüsse auf die Materialzusammensetzung (z.B. aufgrund der Dachkonstruktion bzw. den Ausbauzustand des Daches) erzielen.

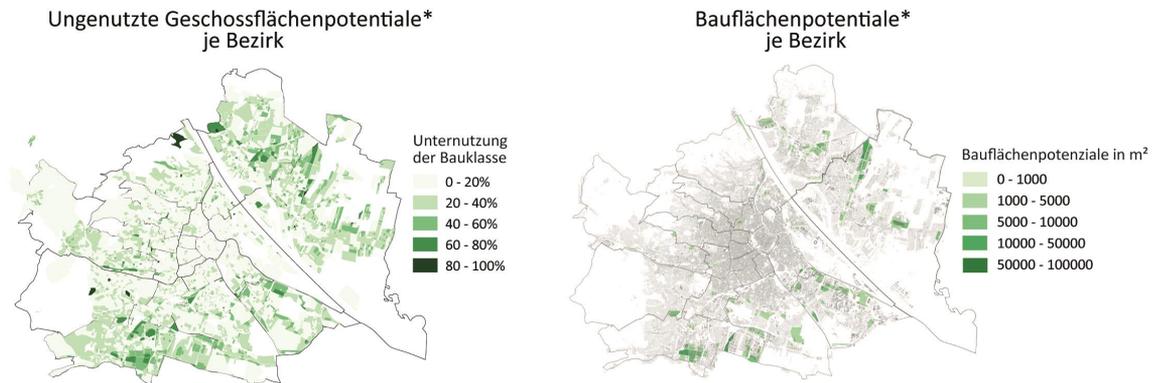
Abbildung 17: Level-of-Details Kategorisierung von Gebäudemodellen (Eigene Darstellung nach Biljecki, F. et al. (2016))



Unabhängig von diesen Verbesserungen wird ein Problem weiterhin bestehen bleiben: So lässt sich das unterirdisch verbaute Material mit dieser Methode nicht ermitteln. Die dort verbaute Materialien spielen jedoch eher im Neubau eine Rolle (z.B. Stahlbeton für Tiefgarage & Technik), bei Gründerzeitbauten sind die Materialien aus Abfallwirtschaftlicher Sicht nicht so relevant.

Neben dem Wissen über verbaute Materialmengen ist für die Simulation und Prognose zukünftiger Veränderungen im Gebäudebestand auch relevant, wo und in welchem Ausmaß Flächen zur Verfügung stehen: Bei der Ermittlung von Geschoßflächen- und Bauflächenpotenzialen in Wien zeigt sich, dass vor allem in den Außenbezirken die bestehenden Widmungen und Bebauungsmöglichkeiten (hinsichtlich der Bauhöhe) nicht ausgeschöpft werden (siehe Abbildung 18 links). Zudem sind nennenswerte (gewidmete) Baulandflächen ebenso vor allem in den Randbezirken, etwa entlang der U1 im Norden oder entlang des Donaukanals im Osten ersichtlich (siehe Abbildung 18 rechts). Dies lässt sich durch die dortigen (bereits gewidmeten, aber noch nicht fertiggestellten) Stadtentwicklungsprojekte erklären (Stadt Wien, 2021). Neben diesen Flächen entstehen im Zeitverlauf der Simulation durch Abriss von bestehenden Bauwerken weitere Potenzialflächen, die für Neubauten genutzt werden und die Materialzusammensetzung des Gebäudebestandes der Stadt verändern. Um die Abrissvulnerabilität (siehe Kapitel 4.3) von Gebäuden realistischer einschätzen zu können, müssen in einem künftigen Evolutionsschritt der Simulation die jeweiligen Eigentumsverhältnisse (Anzahl der Eigentümerinnen und Eigentümern auf der Liegenschaft, Privates oder Institutionelles oder Öffentliches Eigentum) als wichtiger Faktor mitberücksichtigt werden.

Abbildung 18: Geschöß- und Bauflächenpotenziale (>550 m² Grundfläche) je Baublock in Wien



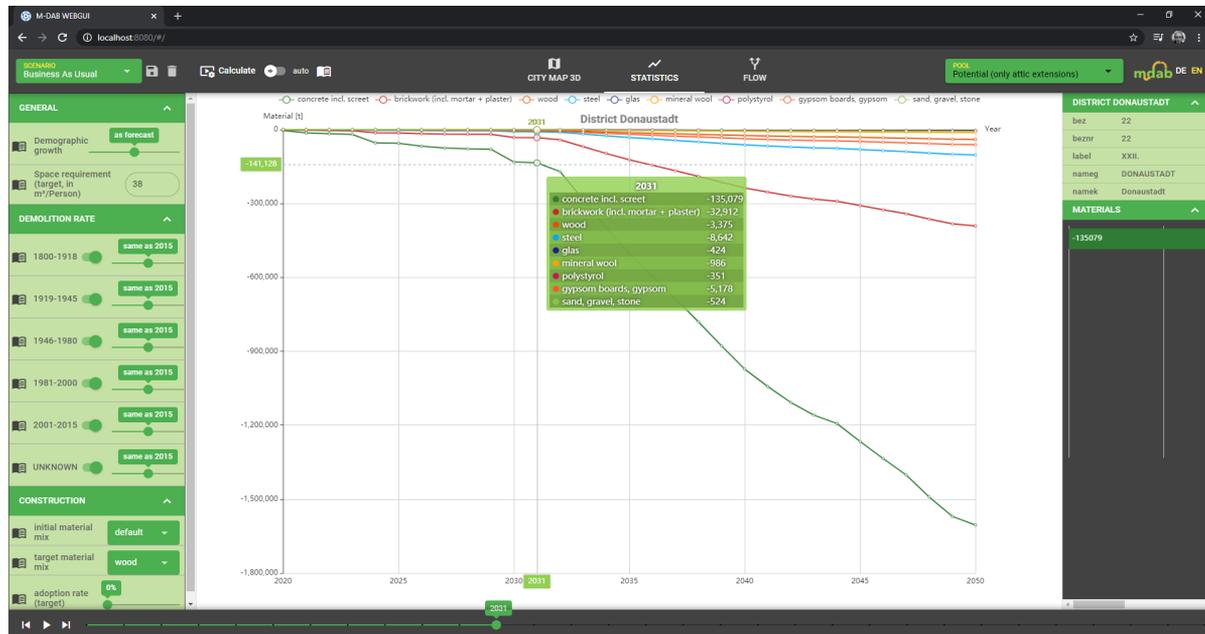
Eine Herausforderung beim Aufbau der Datenbank und Grundlagendaten für die Simulation stellt die Zuordnung von Attributdaten zu Gebäude-Geometrien dar, da in der Verwaltung diese Daten voneinander getrennt in unterschiedlichen Abteilungen gehalten werden. Im Austausch mit den IKT-Referaten der MA37 und MA41 wurde die Notwendigkeit einer zentralen Harmonisierung der Datensätze festgestellt. Die technischen und organisatorischen Hürden werden im Zuge von internen Projekten der Stadtverwaltung in den nächsten Jahren abgebaut. Die zentrale Verknüpfung von Sach- und Geometriedaten durch die Datenbereitsteller würde eine regelmäßige Aktualisierung der Basisdaten für die M-DAB Simulation stark vereinfachen.

Eine ausführliche Übersicht über die verarbeiteten Daten ist im Anhang 9.2 bis 9.6 dargestellt.

Simulation und Visualisierungsprototyp

Die Visualisierung der Simulationsergebnisse zeigt allgemein einen Trend zur Verdichtung: Über die Jahre werden zuerst Ausbaupotenziale auf Ebene der Gebäudeteile / des ausgebauten Dachgeschosses wahrgenommen, bevor auf übergeordneter Ebene - d.h. im Gebäude bzw. Baublock - entsprechende Restfläche für Bauaktivitäten herangezogen werden. Dabei zeigt sich auch ein abnehmender Prognosehorizont ab ca. 2031, wenn die Potenziale für Aufstockung und Dachgeschoßausbau erschöpft sind (siehe Abbildung 19). In diesem Fall werden Restflächen gesucht, welche aber durch die jetzt vorliegenden Flächen limitiert sind. Nachdem die Simulation keine Aussagen über etwaige Umwidmungen und damit Neuerschließungen von Bauland tätigt, wird mit den im Jahr 2020 vorliegenden Flächen gerechnet. Es erscheint dabei so, als ob diese ab 2031 zunehmend nachverdichtet würden - jedoch sind politische Prozesse bzw. radikale Änderungen in der Flächenwidmung (ähnlich „Seestadt Aspern“) hiermit nicht berücksichtigt. Des Weiteren werden neu aufgeschlossene, aber prinzipiell dynamische Gebiete (wieder „Seestadt Aspern“) nicht von langfristig bestehendem und daher unveränderlichem Bauland (etwa Neubau im 19. Bezirk) unterschieden. Was zählt, ist allein das Baujahr, denn dieses führt zu einer gewissen „Vulnerabilität“, welche bis dato einen Persilschein für neu gebaute Gebiete bzw. sanierte Gebiete bedeutet.

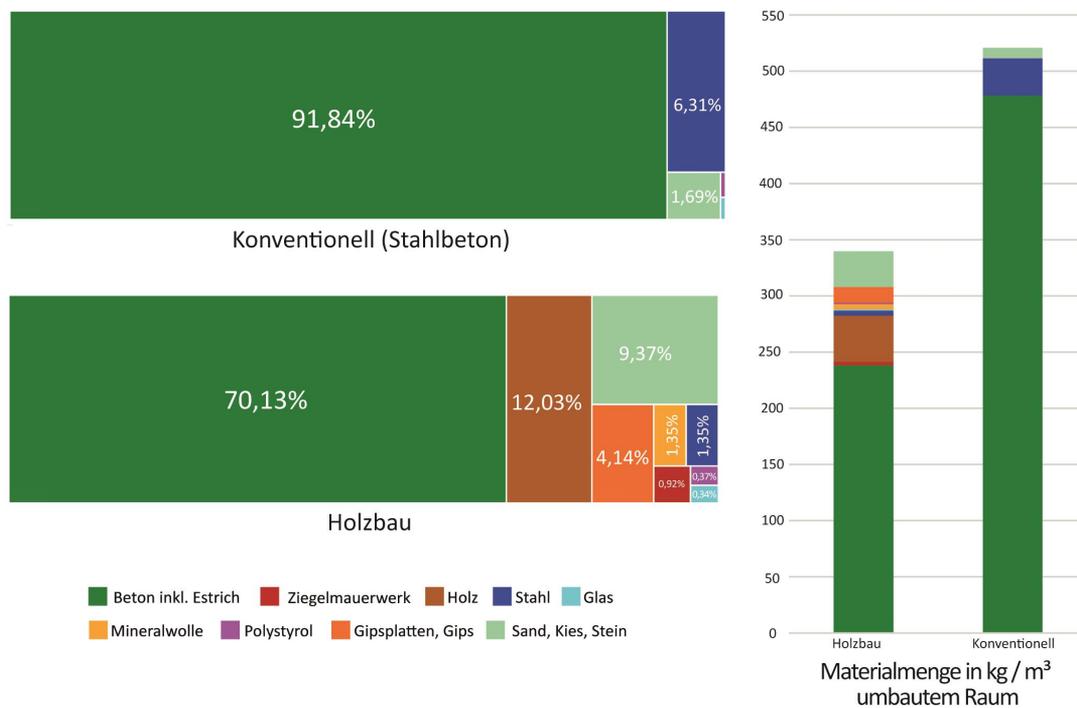
Abbildung 19: Abnehmendes Potenzial für Aufstockung/Dachgeschoßausbau bis 2031, danach Auslagerung der Bautätigkeiten auf die übergeordnete Ebene (= Restflächen Baublock)



Gut berücksichtigt sind hingegen die verschiedenen demographischen Entwicklungen und der Trend im Wohnbedarf (Fläche / Person) auf Bezirksebene, weil hier ein zeitlicher Verlauf angegeben werden kann. Die geforderten Flächen werden hier korrekt berechnet, inklusive der notwendigen Materialmengen bzw. der Änderung im Bestand. Nicht berücksichtigt sind derzeit die Leerstände, welche sich aus einer stagnierenden Bevölkerungsentwicklung in einzelnen Bezirken ergeben. Ob diese zur Aufgabe und damit zu einem zusätzlichen Abriss führt, kann bezweifelt werden - denn immerhin sind andere Bezirke stark im Steigen und es kann von Redistributionseffekten ausgegangen werden. Diese Bewegungen mit zu berücksichtigen, würde aber ebenso einer Berücksichtigung von zusätzlichem Wachstum/Abwanderung durch/in das Umland zusprechen, was im augenblicklichen Stand der Simulation nicht angedacht wurde. Vielmehr wird - wie bei einer Wählerstromanalyse - davon ausgegangen, dass die örtliche Bevölkerung auch dortbleibt, und sich daher die demographischen Veränderungen in Bezug auf eben diese ausdrücken lassen.

In allen Ergebnissen der Simulation zeigt sich die Dominanz des Baustoffs Beton, welcher jedoch über die Parameter „Materialmix“ (mehr Holzbau - siehe dazu auch Abbildung 20) bzw. auch „Recyclingrate“ geringfügig beeinflussen lässt. Nachdem beide Faktoren statisch hinterlegt sind, stellt sich die Frage, inwiefern eine Simulation (im Gegensatz zu einer Excel-Tabelle, die die Potenziale auf den gesamten Zeitraum 2020-2050 ausrechnet) entsprechende Vorteile bringt. Nachdem aber die Simulation die Bauaktivitäten pro Jahr ausrechnet, ergibt sich gegenüber einer linearen Betrachtung wie mit dem vormaligen Excel-Ansatz eine Verbesserung, weil auch aufeinander aufbauende Effekte (sprich: „Zinseszinsrechnungen“ von Materialien) mitberücksichtigt werden. Trotzdem ist der Spielraum für Veränderung mit den derzeitigen politischen Parametern gering; es bräuchte eine Trendwende hin zu recyceltem Beton (z.B. über Verordnung für öffentliche Gebäude), um die theoretisch möglichen Potenziale auf einem geringen Niveau auch wirklich umsetzen zu können. Ebenso verhält es sich mit dem derzeitigen Trend zur Verwendung von Holz als Verbundwerkstoff zum Ersatz von Beton, wobei hier der wirkliche Knackpunkt in der tatsächlichen Verwertbarkeit als Sekundärwertstoff liegt - wozu Anwendungsfälle nach wie vor fehlen.

Abbildung 20: Vergleich der Materialmengen konventioneller (Stahlbeton-) Bauweise und mit Holzbauweise im Neubau von Wohngebäuden (mit einem Bruttorauminhalt zw. 1.000-5.000 m³)



Ein weiteres (eher überraschendes) Ergebnis aus der Simulation und Visualisierung ist, dass der vorliegende Grad an Genauigkeit in Bezug auf die aktuelle Praxis weitaus überzogen ist: In den User-Workshops zum Thema wurde vermeint, dass eine Auflösung aller Materialflüsse im Gebiet Wien in lediglich vier Zonen (Nordwest; Nordost; Südost; Südwest) genug wäre, weil alle nachgelagerten Prozesse sowieso nicht schärfer wären bzw. sich dann weiter außerhalb von Wien (z.B. auf Deponien verschiedener Betreiber) abzubilden wären. Es liegt daher der Schluss nahe, dass auch diese Prozesse zukünftig mit einbezogen werden müssen, bzw. dass die Diversität der verschiedenen Akteure hier auch in ein Modell gefasst werden muss. Derzeit existiert keine wie auch immer geartete Lösung für die Distribution von Baurestmassen; sie werden durch verschiedene Betreiber in verschiedene Kanäle (z.B. Recycling, Deponie, Verbrennung) weitergeleitet, ohne dass dabei eine übergeordnete Strategie greift. Letzteres auch, obwohl der österreichische Baustoff-Recycling Verband den Zielen des Projekts in Richtung Nachhaltigkeit sehr offen und unterstützend gegenübersteht.

Für eine weitere Verbesserung der Vorhersage und Abschätzung räumlicher Potenziale, müssten Datenbank und Simulationsmodell um die Möglichkeit zur Abbildung der Veränderung von Bebauungs- und Widmungsbestimmungen erweitert werden, um konkrete Planungsentscheidungen simulieren zu können. Für die Plausibilitätsprüfung von Abbruchraten (als Anwendungsfall der Baubehörde) sind Datenbankabfragen auf Gebäudeebene aufgrund der Hochrechnung auf Basis von LOD-0 Modellen nicht aussagekräftig. Stehen zukünftig detailliertere Gebäudemodelle zur Verfügung, ist eine Anwendung jedenfalls sinnvoll.

5.3. Anforderungen an BIM

Durch BIM-Modelle soll eine möglichst detaillierte Abbildung von Gebäuden und Bauteilen – ein digitaler Zwilling – geschaffen werden, durch den ein möglichst guter Austausch zwischen den unterschiedlichen Gewerken, die bei der Errichtung, beim Betrieb und der Wartung eines Gebäudes involviert sind, zu gewährleisten. Dieser Detaillierungsgrad ist für die Anwendungen in der strategischen Planung und für die Abfallwirtschaft in vielen Fällen nicht notwendig. Diese Diskrepanzen zwischen den Anforderungen seitens Abfall- und Recyclingwirtschaft und den durch die BIM-Schnittstellen gebotenen Möglichkeiten wurden im Laufe des Projektes sichtbar. Solange nicht für alle Gebäude ein gut gewarteter „digitaler Zwilling“ existiert, ist es für die Abschätzung von Gesamtmengen notwendig, die Materialmengen auf Basis von Analysen und Erfahrungswerten (siehe Abschnitt 4.1), anhand von Durchschnittswerten je Nutzfläche oder Rauminhalt hochzurechnen. Aber eben diese, für die statistischen Auswertungen relevanten Größen fehlen in den BIM-Modellen, wo die Summenbildung durch direkten Zugriff auf die Informationen und Netto-Materialmengen aller Bauteile erfolgen könnte. Die für die makroskopischeren Sichtweisen und Anwendungen notwendigen Kenngrößen wie Bruttorauminhalte und Bruttogeschossflächen müssten im Modell eigens modelliert werden, sind aber nicht in allen Projekten vorgegeben.

Tabelle 3: Spezifische Anforderungsdefinitionen an BIM durch M-DAB bzw. für aggregierte Mengenübersichten für die Abfallwirtschaft

	M-DAB Anforderungen	Umsetzung BIM
1	Materialangaben nach 9 Materialgruppen zusammenfassen	Materialparameter sind auf jedem Element im BIM Modell vorhanden, jedoch gibt es derzeit keine Standardisierung der Materialwerte, Werte sind projekt-/ anwenderspezifisch. Es wird in der neuen IFC Struktur jedoch eine Standardisierung bzw. Verfeinerung der Materialien erwartet.
2	Bruttorauminhalt (BRI) des gesamten Gebäudes nach ÖNORM B1800	Der BRI wird in Modellen über Räume ermittelt. Bruttoräume sind nicht standardmäßig in Modellen enthalten, die Information kann jedoch nachgeführt werden.
3	Bruttorauminhalt des oberirdischen Teiles des Gebäudes; bei Gebäude mit Giebeldach bis zur Traufenhöhe	Siehe oben. Wenn Bruttoräume im Modell enthalten sind, ist eine Auswertung des oberirdischen Gebäudeteiles möglich, da ein Modell geschoßweise aufgebaut ist.
4	Gesamtmaterialmenge je Baumaterial unterschieden nach den definierten (9) Materialgruppen	Nettomengen der Materialien sind aus BIM Modellen auslesbar. Da Elemente modelliert werden, wie sie gebaut werden, sind Mengen elementweise vorhanden. Eine Auswertung von Gesamtmaterialmengen ist über Listen möglich.
5	Materialmenge je Einheit Bruttorauminhalt (9 Materialien)	Siehe Punkt 4 und 2

6	Materialmenge je Einheit GVeaves (9 Materialgruppen)	Siehe Punkt 4 und 3
7	Materialmenge je Einheit Wohnnutzfläche/BGF (9 Materialgruppen)	Siehe Punkt 4, 8 und 9
8	Wohnnutzfläche (veraltet, laut HWZ/GWZ 1991, 2001, 2011)	Nutzflächen können über die Rauminformationen im Modell ausgelesen werden.
9	Bruttogeschossfläche (neu als Ergänzung im AGWR)	Siehe Punkt 2. Die BGF wäre ebenfalls aus den Brutoräumen im Modell ableitbar, wenn vorhanden. Weitere Informationen können ins Modell eingepflegt werden. Es gibt derzeit jedoch keinen Standard, der dies vorsieht. Die Informationen sind daher sehr projektspezifisch bzw. abhängig von den Anforderungen des Bauherrn und dessen UseCases.

Neben der Auswahl und Struktur der in BIM-Modellen abgelegten Daten wurde in den Workshops mit Expertinnen und Experten aus Bau- und Abfallwirtschaft auch die langfristige Datenhaltung thematisiert. Vor dem Hintergrund der Lebenszeiten von Gebäuden von 30 Jahren und mehr, ist die Aufbewahrung, Wartung und die Aufrechterhaltung des Datenzugangs über diese Zeiträume eine große, bisher noch nicht zufriedenstellend gelöste Herausforderung. Im Vergleich zu gedruckten Planunterlagen, die trocken gelagert Jahrhunderte überdauern können, haben aktuelle digitale Speichermedien den Nachweis der Langlebigkeit noch nicht erbracht. Durch das offene und internationale Datenformat IFC, welches auch ISO zertifiziert ist, kann hier jedoch angenommen werden, dass diese Schnittstellen und Daten künftig weiterentwickelt werden und die in BIM-Modellen abgelegten Daten auch weiter zur Verfügung stehen.

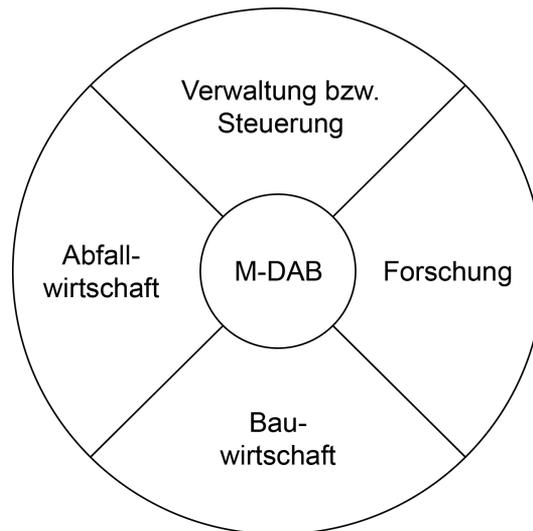
Für die Wartung und Pflege der Daten stehen heute Computerprogramme zur Verfügung, die als Projektplattformen für Computer Aided Facility Management (CAFM) fungieren. So können Modelldaten, die für den Gebäudebetrieb übernommen werden, und für Anwendungen, wie Umbauten oder Abbrüche aktuell gehalten werden. Die Genauigkeit der Daten kann langfristig verbessert werden, da man direkt auf Materialien zugreift. Schad- und Störstofferkundungen werden derzeit nur stichprobenartig durchgeführt, könnten in Zukunft jedoch mittels BIM-Modellen, vor allem, wenn im Modell Herstellerinformationen der Materialien enthalten sind, verbessert werden. Sowohl im Workshop als auch in Gesprächen mit Expertinnen und Experten aus der BIM Community stellt die Standardisierung an Parameter und die frühe Einbindung aller an Errichtung und Betrieb Beteiligten eine potenzielle Weiterentwicklung dar. Aussagekräftige Informationen über Materialien sollten in einem frühen Stadium der Planung enthalten sein, um Berechnungen wie bspw. CO₂-Bilanzen erstellen zu können. Dafür ist jedoch eine frühe Einbindung Ausführender in den Prozess notwendig, um Sicherheit über die verbauten Produkte und Materialien zu erhalten.

Wie die für strategischen Planungen relevanten Informationen aus den BIM-Modellen zugänglich gemacht werden können, wird im folgenden Abschnitt erörtert.

5.4. Prozessentwürfe zur Anwendung und Erweiterung der M-DAB Daten

Mögliche Anwendungen der in M-DAB generierten Daten bzw. deren Erweiterung werden mittels Prozessentwürfen aufgezeigt. Diese zielen darauf ab, praxisnahe Anwendungen offenzulegen und ein evidenzbasiertes Arbeiten im Ressourcenmanagement der Stadt zu ermöglichen.

Abbildung 21: Zentrale Akteursgruppen der Beteiligungsformate im Projekt M-DAB



Die sinnvolle Nutzung von Baurestmassen ist von größter Bedeutung für eine nachhaltige Stadtentwicklung der Zukunft. Dies belegen die zahlreichen im Rahmen des Projektes geführten Gespräche, Interviews und der Austausch während der Workshops. Es konnte gezeigt werden, dass die effiziente und nachhaltige Nutzung von Baurestmassen ein tatsächlich „fächerübergreifendes“ Thema ist. Auffallend war diesbezüglich der breite Konsens: alle Stakeholder waren einer Meinung, dass nur durch intensiven Austausch und die Kooperation nachhaltige Lösungen für die Zukunft entstehen werden. Die zentralen Akteursgruppen dieses Querschnittsthemas zeigt Abbildung 21.

Dieser Erkenntnis folgend, werden nachstehend zuerst die partikularen Herausforderungen je Akteursgruppe beschrieben, bevor am Ende des Absatzes der gemeinsame Handlungsbedarf und mögliche Ansatzpunkte diskutiert werden. Um deutlich zu machen, dass es hier um Kooperation unterschiedlicher Akteursgruppen geht, wurden diese Ansatzpunkte als Prozessentwürfe entwickelt.

Abfallwirtschaft: technische Grenzen – technische Möglichkeiten

Die Verwertung von Baurestmassen hat mit einer wachsenden Anzahl an Verbundwerkstoffen, Zusätzen (in Form von Anstrichen, Beschichtungen oder Zuschlägen) und den hohen Ansprüchen an Baustoffe (mit rezyklierten Bestandteilen) zu kämpfen. Eine besondere Herausforderung stellt Gips (enthalten vor allem in Trockenbauplatten) dar, der durch seine hygroscopischen Eigenschaften die Qualität von Recyclingbaustoffen mindert.

Während die Möglichkeiten, Baurestmassen zuverlässig in Materialgruppen zu trennen, an technische Grenzen stoßen, wurden mögliche Nutzungen der Technologie von M-DAB sichtbar. M-DAB Daten ermöglichen für die Recyclingindustrie:

- + Bessere Planung durch **makroskopische Prognosen** (Bezirk, Sektor) anfallender Baustoffgruppen
- + Abgleich **anfallender Gipsmengen** auf Basis des Datensatzes aus M-DAB bzw. des CD-Labors
- +/- Hinsichtlich Verbundbaustoffen waren die Vertreterinnen und Vertreter der Recyclingindustrie **zurückhaltend optimistisch, dass BIM mittelfristig Verbesserungen in der Datenlage liefern kann**, die dann auch im Recyclingprozess umgesetzt werden können.

Bauwirtschaft: geringe Praxisrelevanz heute – ein zentrales Zukunftsthema morgen

Die im Projekt eingebundenen Vertreterinnen und Vertreter der Immobilienwirtschaft sind vorrangig im Hochbau beschäftigt. Diese bewusste Wahl beeinflusste deren Einschätzung der Anwendungsmöglichkeiten der M-DAB Daten (rezyklierte Baurestmassen werden heute vor allem im Tiefbau eingesetzt). Gleichzeitig wurde bestätigt, dass ein „Weiter-wie-bisher“ weder anzustreben noch einzuhalten sein wird, da von einem wachsenden gesellschaftlichen, politischen und ökonomischen Druck zu mehr Nachhaltigkeit ausgegangen werden muss. Dementsprechend die Einschätzung der M-DAB Daten:

- /+ **Aktuell eher geringes oder kein Potenzial zur Anwendung im Hochbau.** Chancen für den Tiefbau werden gesehen.
- **Politisch verordnete Recyclingraten** wurden von dieser Akteursgruppe allgemein **kritisch** gesehen.
- + **Die Datenerfassung mittels BIM ist absolut zukunftsfähig**, da BIM bereits in vielen Großprojekten zum Einsatz kommt. Der Schritt zur Erfassung (potenzieller) Baurestmassen im Kontext eines Lebenszyklus-Management wäre ein kleiner und absolut wünschenswert.

Verwaltung und Steuerung: Prognose – evidenzbasiertes Handeln

Das selbstgesteckte Ziel der Stadt Wien (Smart City Rahmenstrategie: 80% der Baurestmassen werden bis 2050 wiederverwertet) erfordert Handeln. Eine effektive Reduktion der Baurestmassen konnte bislang nicht erzielt werden. Deutlich wurde der umfassende Bedarf nach validen und verlässlichen Daten, sowohl die Gegenwart als auch die Zukunft betreffend. Daten, die zum Teil als „Nebenprodukt“ im Projekt entstanden sind bzw. für das Prognosemodell notwendig waren, könnten (wenn diese geprüft und abgesichert wurden) bereits für sich genommen eine hohe Relevanz in der Verwaltung haben:

- + Die Datenlage in der Erfassung des Abrissmaterials ist bislang ungenügend. Wäre es möglich, auf Basis von validen Daten für bestimmte Gebäudegruppen (z.B. Alter, Nutzung etc.) auf anfallende Mengen je Baustoffgruppen zu schließen, wäre dies ein großer Fortschritt. Gemeldete Abrissmengen könnten so schnell einer **Plausibilitätsprüfung** unterzogen werden.

- + Die grafische Oberfläche wird als sehr hilfreich gesehen. Es wurde in Frage gestellt, ob dafür eine Webanwendung notwendig ist. Eine **GIS-Applikation** könnte besser geeignet sein, weil hier bereits Kompetenzen in der Verwaltung vorhanden sind bzw. immer stärker entstehen.
- + Über das Abfallmanagement hinaus wurde der „Vulnerabilitätsindikator“ für Gebäude als hochrelevant gesehen, um besser verstehen zu können, in welchen Bezirken oder Zählbezirken eine große Zahl „vulnerabler“ d. h. für den Abriss in Frage kommender Gebäude zu finden sind. Dieser würde **große Potenziale hinsichtlich Innenentwicklung** oder einer besseren Nutzung bzw. Planung im Bestand freilegen.

Forschung: Innenentwicklung – ganzheitlich gedacht

Die teilnehmenden Forscherinnen und Forscher waren allesamt davon überzeugt, dass mit M-DAB ein Weg eingeschlagen wurde, der zahlreiche weitere Forschungsfelder offenlegt. Aufgrund des Feedbacks aus der Praxis (siehe oben), konnten einige ursprüngliche Erwartungen konkretisiert werden:

- O Für Anwendungen in der Praxis werden derzeit keine Prognosedaten auf Gebäudeebene benötigt (Daten zur Plausibilitätsprüfung von Abrissprojekten sind keine Prognosedaten). **Weiterentwicklungen sollten auf größere Maßstäbe fokussieren.** Hier müssen Genauigkeit der Daten und die Praxisrelevanz der Ergebnisse sichergestellt werden.
- + **Innenentwicklung als großes Thema.** Aktuell sind dem Projektkonsortium keine Ansätze bekannt, Daten von Baurestmassen in die gezielte Entwicklung des Bestandes miteinzubeziehen. Hier sieht das Konsortium das höchste Potenzial für weitere Forschung.

Aus diesem Grund wurde in der 8. Ausschreibung zur „Stadt der Zukunft“ ein Folgeprojekt eingereicht, in dem der Materialaspekt der Innenentwicklung untersucht und als bewertbare Größe in Entscheidungsprozesse einfließen soll.

5.5. Handlungsempfehlungen / Prozess-Entwürfe

Auf Basis der Interviews und des Austauschs während der Workshops wurde klar, dass unterschiedliche Handlungsoptionen *über die gesamte Projektentwicklungsphase sowohl bei Bauwerken als auch im Städtebau möglich sind.* Die unterschiedliche Rolle, welche die Daten jeweils einnehmen, erlauben eine erste Gliederung:

Anwenden von Daten: In früheren Prozessschritten können bestehende Daten aus M-DAB am effektivsten angewandt werden. Je früher dies passiert (z.B. bereits als Feedback-Ebene während des Entwurfsprozesses), desto höher der mögliche Impact.

Erfassen von Daten: Während später Prozessphasen kann sinnvoll damit begonnen werden, Daten zu erfassen. Diese wären bei der Fertigstellung (eines Bauwerks oder Stadtentwicklungsgebietes) am reichhaltigsten, erzeugen hier aber auch größte Ansprüche an die Datenerfassung.

Abbildung 22: Anknüpfungspunkte für automatische Datenproduktion in Entwurfs- und Bauprozessen auf Gebäude- und Quartiersebene ([1] Holberg et al. 2020, [2] Stadt Wien 2012, [3] Olsson et al. 2018, [4] Steinauer 2017, [5] ZT 2014)

	Entwurfs- und Bauprozess (Gebäude)	Entwurfs- und Bauprozess (Stadtteil, Quartier)	Anwendungen		Daten*
Idee Fertigstellung	<i>Konzept, Vorentwurf</i>	<i>Konzept, Vorentwurf</i>	Laufende Bewertung der Entwurfsentscheidungen [1]	Anwenden	+++ -
	Beratung durch Fachplaner	Beratung, Bürger*innenbeteiligung	verwertungsorientierte Abbruchtechniken, Abfallvermeidungsmaßnahmen [2]		++ -
	Einreichung	Städtebauliches Konzept, Leitbild	(digitale) Einreichung [3], Lebenszyklus im städtebaulichen Leitbild		++ ++
	<i>Ausführungs- und Fachplanung</i>		Beratung durch Fachplaner		++ 0
	<i>Bauausschreibung</i>	<i>Bauprojekte, Vergabe</i>	Bewertung der Bieter hinsichtlich Lebenszyklus [4]	+ +	
	Fertigstellungsanzeige, Benützungsbewilligung	fachliche Evaluierung	Bauwerksbuch [5] Teil der Unterlagen für die Fertigstellungsanzeige / Evaluierung	Erfassen	- +++

* **Anwenden** und **Erfassen**: + höchste Relevanz, 0 neutral, - geringe Relevanz

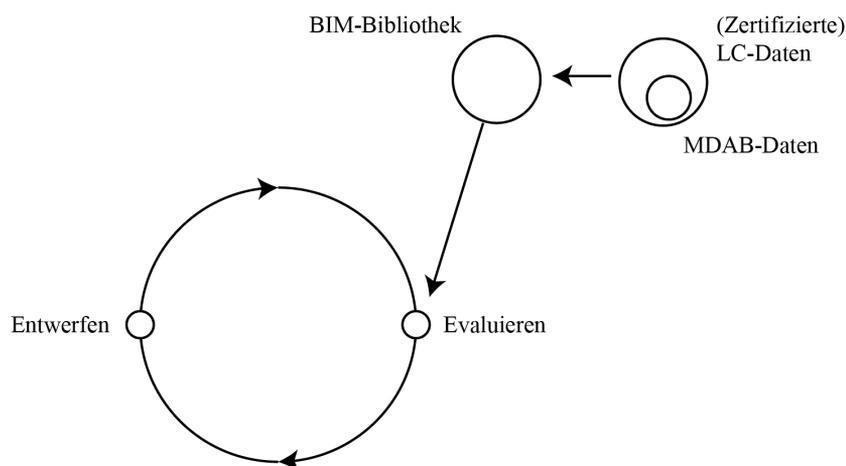
Die zwei Pole der Datennutzung (**Anwenden** / **Erfassen**) zeigen sich mit dem Blick auf den idealisierten Entwurfs- und Bauprozess für die Errichtung von Gebäuden bzw. Projekten mit städtebaulichem Maßstab (siehe Abbildung 22). Wird die Praxisrelevanz und die tatsächliche Machbarkeit berücksichtigt, d.h. beide Datennutzungsmöglichkeiten gegeneinander abgeglichen (Welche Daten brauche ich? und Welche Daten kann ich generieren?), zeichnet sich ein pragmatischer Weg ab. Hochkomplexe Daten, die alle Bestandteile eines Gebäudes während der Fertigstellung erfassen, haben aktuell noch keine Anwendung während des Entwurfs- und Bauprozesses. Diese Daten – würde es gelingen diese zu erfassen – wären aber eine „Sicherstellung zukünftiger Anwendungen“, die wir heute noch nicht kennen.

Nachstehend werden drei konkrete Prozessentwürfe für die einzelnen Phasen in Bauprojekten und städtebaulichen Anwendungen vorgestellt.

Prozessentwurf: Konzept- und Vorentwurfsphase (Anwenden)

Wie oben angeführt, steht in der Konzept- und Vorentwurfsphase das Anwenden von Daten im Vordergrund. Die Daten aus dem Projekt M-DAB stellen diesbezüglich ein Sub-Set von Lebenszyklusdaten (LC-Daten) dar. Lebenszyklusdaten (z.B. Ökobilanzdaten im Baubereich (CH) ecoinvent (CH), ILCD Europäische Kommission) beinhalten Informationen zu den Umweltwirkungen eines Produktes über dessen gesamten Lebensweg (vor allem den Energiebedarf). M-DAB Daten, die auf die lokale Materialverfügbarkeit von recyclingfähigen Baurestmassen fokussieren, ergänzen diese Datensätze wesentlich um eine räumliche Komponente.

Abbildung 23: Prozessentwurf für die Konzeptphase von Gebäude- und Städtebauprojekten (basierend auf Hollberg et al. 2020)



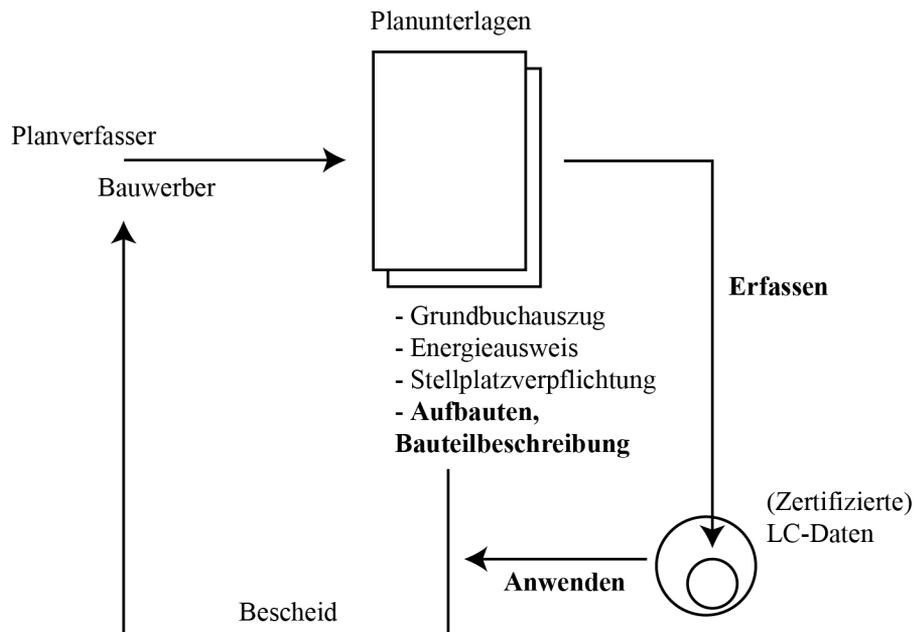
Es existieren bereits software-basierte Lösungen, die den planenden Personen ein (Live-) Feedback zu Entwurfsentscheidungen geben (Abbildung 23). So werden schon während des Entwurfs zentrale Fragen adressiert und ein hoher Effekt auf die LC-Bilanz des Bauwerks bzw. des städtebaulichen Entwurfs möglich: Welche CO₂-Bilanz hat die gewählte Bauweise gegenüber alternativen Lösungen? Wie kann ich den Materialeinsatz von Baustoffen mit einer schlechten LC-Bilanz reduzieren? – Lerneffekte während des Entwurfs bezüglich dieser Fragestellungen wurden bereits empirisch nachgewiesen (Hollberg et al., 2020). Ein ähnliches (nahezu spielerisches Vorgehen) wäre auch in stadtplanerischen Beteiligungsprozessen denkbar.

Hier soll das Folgeprojekt M-DAB 2 anknüpfen, welches das Ziel der Verortung, Qualifizierung und Quantifizierung von Innenentwicklungspotenzialen verfolgt und dabei erstmals auch die Materialintensität der Innenentwicklung (anfallende Stoffmengen) für unterschiedliche Entwicklungsvarianten, sowohl aus Entwicklersicht, aber auch aus gesamtstädtischer Sicht bewertbar machen soll. Unter Anwendung von material- und umweltbezogenen Indikatoren soll ein Methodenset zur holistischen Bewertung von Potenzialflächen und verschiedene Entwicklungsvarianten und -szenarien zur ressourcenschonenden Innenentwicklung geschaffen werden.

Prozessentwurf: (digitale) Einreichung (Anwenden/Erfassen)

In Wien wird daran gearbeitet, den Prozess der Einreichung (Antrag zur Bewilligung eines Bauvorhabens) digital abzuwickeln. Hierzu existieren vor allem im skandinavischen Raum wichtige Vorbilder und aktuelle Forschungsprojekte laufen in der Stadt (vgl. BRISE - Building Regulations Information for Submission Envolpment, EU-Initiative „Urban Innovative Actions“ - Stadt Wien 2020).

Abbildung 24: Prozessentwurf für die Anwendung und das Erfassen von LC-Daten im Rahmen einer (digitalen) Einreichung

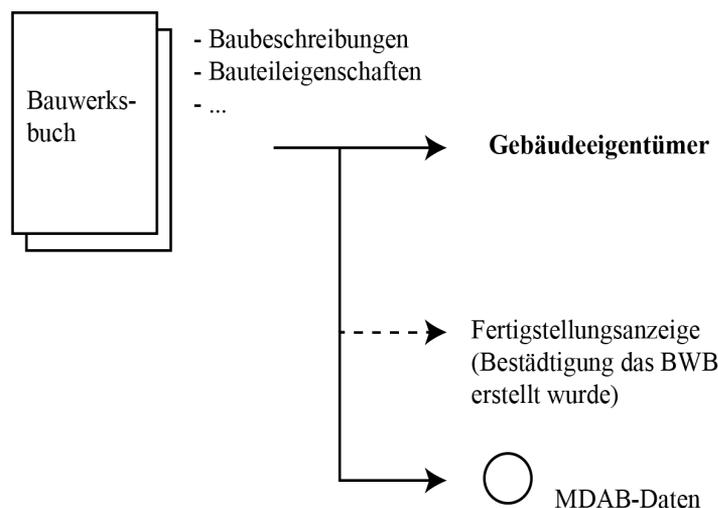


Die „Einreichung“ ist für alle bewilligungspflichtigen Bauvorhaben in Österreich notwendig. Dies bedeutet, dass sie einen wichtigen Meilenstein darstellt, den alle Bauvorhaben (nicht bewilligungspflichtig sind z.B. das Errichten einer Trennwand, der Tausch von Fenstern außerhalb von Schutzzonen etc.) durchlaufen müssen. Das Anwenden und Erfassen von Daten geht hier Hand-in-Hand (Abbildung 24): Die Bauteilbeschreibungen (die bereits aktuell als Teil der Planunterlagen erforderlich sind) könnten genutzt werden, um die Datenbank zum Gebäudebestand laufend zu erweitern. Die Validität der Prognosen würde so laufend verbessert. Gleichzeitig wären die in der Einreichung enthaltenen Bauteilbeschreibungen auch eine Möglichkeit, die LC-Bilanz des Bauvorhabens zu bewerten. Hier bietet sich ein interessanter Ansatz für die Verwaltung, steuernd einzugreifen (z.B. ein Punktesystem, das berücksichtigt werden muss oder über Förderungen entscheidet).

Prozessentwurf: Bauwerksbuch (Erfassen)

Mit der Novelle der Wiener Bauordnung (BO) von 2014 wurde das Bauwerksbuch eingeführt. Dieses Dokument muss für alle „Neu-, Zu- und Umbauten von Gebäuden mit mehr als zwei Hauptgeschoßen“ (§ 68 BO) erstellt werden und dient der „Dokumentationspflicht der Instandhaltungsmaßnahmen für alle Bauwerke“ (§ 129 Abs. 2 BO). Das Bauwerksbuch wird der/m Gebäudeeigentümer:in von der für die Planung zuständigen Person übergeben (Abbildung 25). Im Workshop 2 wurde die Möglichkeit diskutiert, in diesem Kontext hochdetaillierte Daten abfragen zu können, da alle Planungsentscheidungen zu diesem Zeitpunkt getroffen sind (im Unterschied zur Einreichung, sind die tatsächlich verwendeten Produkte bekannt). Die praktische Umsetzung wurde allerdings als kritisch bewertet, da ein hoher zusätzlicher Aufwand bei allen beteiligten Instanzen erwartet wird.

Abbildung 25: Prozessentwurf für das Erfassen von LC-Daten als Teil des Bauwerksbuch



5.6. M-DAB im Kontext des „Stadt der Zukunft“ Programms

Die Anknüpfungspunkte des M-DAB Projekts an die Programmziele des „Stadt der Zukunft“-Programms sind vielfältig, da das Projekt sowohl auf Ebene der Grundlagenforschung (Materialzusammensetzung des Gebäudebestands, Datenschnittstellen) aber auch anwendungsorientierter Ebene (Prozesse, Schnittstellen, Tool-Entwicklung) Beiträge zu den Programmzielen leistet und damit den angestrebten Transformationsprozess in Richtung einer nachhaltig ausgerichteten, zukunftsfähigen Stadt unterstützt.

Tabelle 4 stellt die Ziele des „Stadt der Zukunft“-Programms den Handlungsfeldern und Wirkungen des Projekts M-DAB gegenüber.

Tabelle 4: Projekt M-DAB im Kontext der „Stadt der Zukunft“ Programmziele

<p>Programmziele (nach Ausschreibungsleitfaden 6. Ausschreibung)</p>	
<p><i>Ziel 1: Beitrag zur Entwicklung resilienter Städte und Stadtteile mit hoher Ressourcen- und Energieeffizienz, verstärkter Nutzung erneuerbarer Energieträger sowie hoher Lebensqualität.</i></p>	<p>M-DAB hilft durch Verbesserung des Wissens über die Materialzusammensetzung des Wiener Gebäudebestandes schon frühzeitig (in der strategischen Planung) zu erkennen, wo (und wie viel) Potenzial für Recycling- bzw. Bedarf für Reststoffverwertung bei der Transformation der Stadt durch Bauvorhaben entsteht. Die Entwicklung von Grundlagen und Tools für evidenzbasiertes Planen und Entscheiden bietet die Möglichkeit für die Prognostik, aber auch Simulation von Szenarien, um die Ressourceneffizienz und damit auch die Energieeffizienz auf gesamtstädtischer Ebene zu steigern.</p>
<p><i>Ziel 2: Beitrag zur Optimierung und Anpassung der städtischen Infrastruktur und zur Erweiterung des städtischen Dienstleistungsangebots vor dem Hintergrund fortschreitender Urbanisierung und erforderlicher Ressourcen- und Energieeffizienz.</i></p>	<p>Die bei der Entwicklung der methodischen Grundlagen und Tools gewonnenen Erkenntnisse helfen dabei, das städtische Dienstleistungsangebot im Hinblick auf Digitale Behördenverfahren, die Harmonisierung von Datenbeständen und Prozessen zu verbessern. Damit ergeben sich durch die Projektarbeit und die Projektergebnisse mittel- und langfristig positive Auswirkungen auf Ressourcen- und Energieeffizienz durch Einsparung von Primärressourcen und Erhöhung von Recyclingquoten.</p>
<p><i>Ziel 3: Aufbau und Absicherung der Technologieführerschaft bzw. Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit österreichischer Unternehmen und Forschungsinstitute auf dem Gebiet intelligenter Energielösungen für Gebäude und Städte.</i></p>	<p>Der Austausch zwischen Akteurinnen und Akteuren der Stadtverwaltung, der Forschung und der Bau- und Abfallwirtschaft im Zuge der Projektbearbeitung unterstützt Unternehmen und öffentliche Administration bei der Entwicklung innovativer Dienstleistungen, Produkte und Prozesse. Dadurch werden Bestrebungen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz durch Reduzierung von Baurestmassen und Primärressourcen bzw. zur Transformation in Richtung Kreislaufwirtschaft gestärkt und das spezifische Knowhow und Wissen verbessert.</p>

Somit unterstützt das M-DAB Projekt auch die nationalen Bestrebungen zur Energieforschung und die damit verbundenen strategische Zielen (vgl. <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/ziele-inhalte/>):

- Nachhaltiges Energiesystem
- Reduktion der Klimawirkung
- Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit
- Erhöhung der F&E-Qualität

Vor allem zur Reduktion der Klimawirkung bietet das Projekt Grundlagenforschung (Wissen um Materialmengen und Qualitäten im Gebäudebestand Wiens) zur langfristigen Verbesserung von Recyclingprozessen in der Bauwirtschaft. Das entwickelte Tool zeigt zudem Möglichkeiten auf, wie Szenarien und Policies getestet und simuliert werden können, was einen wertvollen Beitrag für die Grundlage evidenzbasierten Entscheidens liefert.

Das Projekt folgt dabei auch den Leitlinien des Ausschreibungsschwerpunkts „Digitales Planen, Bauen und Betreiben“, wonach die Erforschung und Unterstützung offener Datenformate (Open BIM), die Digitalisierung entlang des Lebenszyklus von Gebäuden – von der strategischen Planung bis hin zum Abriss und zum Recycling – aber auch anwendungsnahe Forschung für digitale Behördenverfahren vorangetrieben werden sollen. M-DAB zeigt diesbezüglich hohe Relevanz im Hinblick auf die Entwicklung digitaler Behördenverfahren, identifiziert Lücken im BIM-Prozess und nennt Anforderungen an die BIM-Schnittstellen für die sinnvolle und wirtschaftliche Nutzung für Planersteller, Bauwirtschaft und Abfallwirtschaft.

6 Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Projektes wurde die Materialzusammensetzung des Wiener Gebäudeparks systematisch je Bauwerkskategorie erhoben. Der erstellte Datensatz ermöglicht die Bestimmung des in Bauwerken verbauten Materiallagers für Wien in einem bis dato einzigartigen Detailgrad. Dieser Datensatz bildet die Grundlage für die Bewertung und Optimierung des Baurestmassenmanagements in Wien und in Städten mit vergleichbarem Gebäudebestand. In der Analyse des Status-quo der Baurestmassenbewirtschaftung konnten erhebliche Optimierungsmaßnahmen identifiziert und dessen Einfluss quantifiziert werden. Die wesentlichen Maßnahmen in Richtung eines nach kreislauforientierten Kriterien ausgerichteten Bausektors liegen darin, dass Baurestmassen lokal (innerhalb der Stadt) zu Recyclingbaustoffen aufbereitet werden und diese wiederum im Hochbau (z.B. als Zuschlagsstoff in Recyclingbeton) und im Tiefbau (z.B. als Kiesersatz in Tragschichten) in der Stadt eingesetzt werden. Darüber hinaus stellt die Verlängerung der Nutzungsdauer durch die Aufwertung von Bestandsgebäuden (z.B. Sanierungsmaßnahmen und Ausbau des Dachgeschosses) und damit die Vermeidung des Gebäudeabbruches die effektivste Abfallvermeidungsmaßnahme im Bausektor dar.

Im Projekt konnte ferner aufgezeigt werden, dass die Kombination von generalisierten Daten für den Bestand mit detaillierten Datensätzen für neu errichtete Bauwerke mithilfe von entsprechender systematischer und hierarchischer Zuteilung von Materialkategorien in einem gemeinsamen Datensatz möglich ist. Unter einer zentralisierten Anwendung könnte so ein Datensatz generiert werden, welcher auch veränderte Bautechniken und Materialzusammensetzungen entsprechend abbildet. Mit der Zunahme an neuen Datensätzen würde sich der Datensatz stetig aktualisieren und individualisieren. Grundvoraussetzung für die entsprechende Qualität und Aktualität der Datenbank ist, dass die Datenerfassung zentralisiert und standardisiert erfolgt. Eine flächendeckende Umsetzung erfordert eine Definition von Mindestkriterien. Jedenfalls sollte für jedes Bauwerk ein Mengengerüst für alle wesentlichen Materialkategorien entsprechend den definierten Materialkategorien, wie sie für Bestandsgebäude vorliegen, in den Datensatz eingepflegt werden. Darüber hinaus sollte auch die Inkludierung von bauteil-scharfen Datensätzen (wie BIM-Modelle) ermöglicht werden. Die digitale Einreichung ist aus materialwirtschaftlicher Sicht für die valide Datenerfassung nicht der optimale Zeitpunkt, da bei der baulichen Umsetzung noch große Abweichungen (Tausch von Materialien und Produkten bei den Bauteilen) zum „digitalen Zwilling“ entstehen können. Sie bietet aber die Möglichkeit, die LC-Bilanz von Bauwerken frühzeitig zu bewerten. Die für M-DAB aussagekräftigen Informationen der tatsächlich verbauten Materialien sind erst am Ende eines BIM-Prozesses im Modell (As Built Modell) enthalten. Als möglicher Zeitpunkt würde sich demnach die Meldung bezüglich der Fertigstellung von Bauwerken eignen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass neben der flächendeckenden Erfassung von neuen Bauwerken auch der Abgang von Bauwerken flächendeckend erfasst und in die Datenbank einfließen muss.

Durch die Kooperation mit Stakeholdern aus der Bauwirtschaft konnten die Ausrichtung des Projektes und die Praxisrelevanz der Ergebnisse verbessert werden. Erwartungshaltungen am Beginn des Projektes (z.B. Baurestmassen müssen bis auf die Ebene einzelner Bauteile erfasst werden; Prognosen wären für einzelne Gebäude wünschenswert) konnten relativiert werden. Angesichts bestehender Datenlücken liegen realistische Ziele tendenziell auf einer makroskopischen Ebene und müssen die Machbarkeit und vor allem den zusätzlichen Arbeitsaufwand bei den involvierten

Parteien berücksichtigen. Die im Kapitel 4 vorgestellten Prozessentwürfe berücksichtigen diese Erkenntnisse bzw. zeigen wahrscheinliche Hürden in der Anwendung auf. Zwei zentrale Ergebnisse lassen sich aus den gewonnenen Erkenntnissen subsumieren:

Fokus auf die erste Hälfte des Planungsprozesses.

Aktuelle und mittelfristige Anwendungsmöglichkeiten befinden sich in der ersten Hälfte des Planungsprozesses, sowohl für Bauwerke als auch für städtebauliche Vorhaben (Konzept bis Einreichung / Leitbild). Hier kann der größte Nutzen (Anwendung von Daten) bei vertretbarem Aufwand (Erfassen von Daten) erzielt werden.

Leuchtturmprojekte in der zweiten Hälfte.

Um besser zu verstehen, welche zukünftigen Anwendungen von LC-Daten (und der lokalen Verfügbarkeit von Baurestmassen) möglich sein könnten, wären Leuchtturmprojekte wünschenswert, die wissenschaftlich begleitet werden. (Große) öffentliche Bauvorhaben, Stadtentwicklungsprojekte oder die Umnutzung bestehender Gebäude wären hier naheliegende Vorhaben.

Grundsätzlich zeigt M-DAB die technische Machbarkeit der Analyse und Verknüpfung von Daten unterschiedlicher räumlicher Auflösung. Durch die Definition von Mindestanforderungen für die Kategorisierung und Quantifizierung von Bauteilen auf Gebäudeebene lassen sich diese Daten in Kombination mit manuell erhobenen Forschungsdaten zur Verbesserung von Hochrechnungen aber auch kleinräumigen Prognosen heranziehen. Auf Basis der geschaffenen Daten wurde auf einem „proof-of-concept“ Level gezeigt, dass mit entsprechenden Simulationen und Monitoring ein umfangreiches Ressourcenmanagement und eine Förderung der Kreislaufwirtschaft möglich wird. Die Datenbank dient als Grundlage für weitere Forschungsprojekte und weiterführende Analysen und statistische Auswertungen.

Das Projekt und der Visualisierungsprototyp wurde im Zuge der eCAADe2020 Konferenz präsentiert. Weitere Präsentationen und nicht wissenschaftliche Textbeiträge sind im Zuge des Wissenstransfers im Partnernetzwerk in der Privatwirtschaft (z.B. Kundenjournal Rhomberg AG (Juni, 2021)) geplant. Dazu zählen auch bereits vereinbarte/gehaltene Präsentationen im Zuge von „Stadt der Zukunft“-Themenworkshops (z.B. „Digitale Bauwirtschaft – innovative Prozess- und Organisationskulturen für die digitale Zukunft“, Mai, 2021). Begleitend zur Projektarbeit wurden im vergangenen Jahr von den wissenschaftlichen Projektpartnern vier Publikationen erstellt. Zusätzlich werden im Projektkontext gegenwärtig zwei Diplom- und Masterarbeiten betreut.

Publikationsliste:

Bindreiter, S., Forster, J. 2020: *Evaluierung gebundener Materialressourcen im Gebäudebestand von Wien – ein Beitrag zur Förderung von regenerativen Stoffkreisläufen* in: Raumplanung. Jahrbuch des Instituts für Raumplanung der TU Wien 2020, Band 8; NWV Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien

Wurzer, G., W. E. Lorenz, J. Forster, S. Bindreiter, J. Lederer, A. Gassner, M. Mitteregger, E. Kotroczo, und P. Pöllauer. 2020: *M-DAB: Towards Re-Using Material Resources of the City*. In Proceedings 38th eCAADe, Berlin (virtual): Anthropologic - Architecture and Fabrication in the cognitive age, pp. 127–132. Available at: https://publik.tuwien.ac.at/files/publik_290152.pdf .

Lederer J, Fellner J, Gassner A, Gruhler K, Schiller G.: *Determining the material intensities of buildings selected by random sampling: a case study from Vienna*. J Ind Ecol. 2020;1–16.
<https://doi.org/10.1111/jiec.13100>

Lederer, J., Gassner, A., Kleemann, F., Fellner, J., 2020: *Potentials for a circular economy of mineral construction materials and demolition waste in urban areas: a case study from Vienna*. Resources, Conservation & Recycling 161, 104942. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104942>

Liste der Diplomarbeiten:

Patrick Alexander Frenzl (2021): Recycling und Verwendung von Baurestmassen aus Abbrüchen im Großraum Wien. Technische Universität Wien

Raphael Suntinger (Prüfung ausstehend, geplant 2022): Hidden Brownfields - Entwicklung eines Modells zur Erhebung und Visualisierung urbaner Brachflächen als Beitrag zur Analyse und Entscheidungsfindung über der Wiedernutzung am Beispiel der Stadt Wien. Technische Universität Wien.

7 Ausblick und Empfehlungen

Auf Basis der dargestellten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen in diesem thematisch sehr umfangreichen Projekt ergeben sich in den unterschiedlichen Themenfeldern weitere Forschungs- und Entwicklungsaufgaben, die auf den Projektergebnissen aufbauen können:

Baustoffrecycling und Baurestmassenmanagement

Wie in den Ergebnissen dargestellt, ergibt sich das größte Potenzial zur Einsparung von Primärressourcen und Schonung von Deponiekapazität durch den flächendeckenden Einsatz von hochwertigen Recyclingbaumaterialien. Wengleich die Produktion von Recyclingbaustoffen in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen hat, insbesondere seit Inkrafttreten der Recyclingbaustoffverordnung, kommt es aktuell nur begrenzt zum Wiedereinsatz im Hochbau. Das produzierte Recyclingbaumaterial wird aktuell vorwiegend im Tiefbau (z.B. als technisches Schüttmaterial) eingesetzt. Damit sich langfristig eine vollwertige Kreislaufwirtschaft etablieren kann, ist es notwendig, den hochwertigen Wiedereinsatz von Recyclingbaustoffen im Hochbau voranzutreiben. Demnach sind zukünftige Aufbereitungskapazitäten möglichst in Stadtnähe aufzubauen, damit die Transport-Aufwände gering bleiben und das Recyclingmaterial nahe dem zukünftigen Verwendungsgebiet zur Verfügung steht. Des Weiteren sollten weitere Anstrengungen unternommen werden (z.B. Forschung und Modellversuche), um die hochwertigen Einsatzmöglichkeiten von mineralischem Recyclingbaumaterial zu erweitern und flächendeckend zu implementieren. Die ganze oder partielle Erhaltung und Weiternutzung von Bestandsobjekten stellt eine wesentliche Abfallvermeidungsmaßnahme dar. In diesem Bereich gilt es, die Forschung und Entwicklung unter Anwendung von ganzheitlichen Betrachtungskonzepten (u.a. unter Berücksichtigen von Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen, Stadtentwicklungskonzepte und Smart City Zielsetzungen) voranzutreiben. Für die langfristige Optimierung und dem dauerhaften Monitoring des Baurestmassenmanagement innerhalb der Stadt sind die entsprechende Datengenerierung (Neubau und Rückbau) zu standardisieren und automatisieren, sowie in einer zentralen Datenbank zusammenzuführen und für entsprechende Auswertungen öffentlich verfügbar zu machen. Dabei sind bestehende Systeme (v.a. EDM⁷) entsprechend zu berücksichtigen und zu integrieren.

Schnittstellen und Prozesse

Die für das Projekt notwendige permanente Verbesserung der Datengrundlagen hinsichtlich des Wissens um und über einzelne Gebäude (z.B. Bauweisen, Baualter, Nutzungseinheiten und -flächen) bietet zahlreiche weitere Forschungs- und Recherefelder. Jedenfalls zeigt die Bearbeitung des Projektes die Notwendigkeit einer zentralen Verknüpfung von Gebäudegeometrie-Informationen mit dem Adressregister der Stadt Wien, da durch diese zahlreichen Fehlerquellen bei Daten- und Modellverknüpfung in allen (auf diesen Daten aufbauenden) Anwendungen massiv reduziert werden könnten. Diesbezüglich kann das Projekt „Digital GeoTwin“ der Stadt Wien (vgl. Lehner, Dorffner, 2020) einen wichtigen Beitrag zur Realisierung dieser Anforderungen leisten. Hier liegen zukünftig auch die (vor allem technischen/schnittstellenbezogenen Anknüpfungspunkte) für die Umsetzung

⁷ EDM Portal: „Das Elektronische Datenmanagement EDM ist ein Verbundsystem von Internetanwendungen und Datenbanken zur Unterstützung komplexer Abläufe bei umweltschutzbezogenen Dokumentations-, Melde- und Berichtspflichten.“ (BMK 2018)

weiterführenden Demonstrationsprojekte unter der Mitwirkung der Stadt Wien. Inhaltlich werden die Ergebnisse des Projekts Brise (TU Wien, Stadt Wien) weitere Erkenntnisse zu Prozessen und Abläufen liefern, die vom M-DAB Projektkonsortium aufmerksam verfolgt werden. Die Summe dieser Bestrebungen zwischen der Stadt Wien und einzelnen (verstreuten) Projektnehmern zeigt auch die Notwendigkeit eines BIM Meta-Konzepts auf, was die Gesamtstrategie betrifft: Bis dato sind die einzelnen Vorhaben voneinander isoliert (aber verknüpft durch die Stadt Wien natürlich schon in gegenseitigen Bewusstsein) unterwegs; wünschenswert wäre eine strategische BIM-Landkarte, in die sich die einzelnen Projekte eintragen bzw. wodurch sich die Projektverantwortlichen auch untereinander besser kennenlernen können, ohne dass es dabei der verbindenden Rolle der Stadt Wien bedarf (z.B. bei uns MA41, an die unser besonderer Dank geht). Dies insbesondere auch deshalb, weil die Entwicklung in Sachen BIM rasch voranschreitet und ein regelmäßiger Abgleich aller Stakeholder explizit kaum bzw. nur bis zu einem bestimmten Ausmaß möglich ist.

Weiterführende Forschung für die strategische Stadtplanung und Stadtentwicklung

Die der M-DAB Simulation zugrundeliegenden Daten und Analysen basieren zunächst auf theoretischen Potenzialen, die anhand der Gebäudegeometrien, dem Baukörpervolumen und einer einfachen, dreidimensionalen Interpretation des Bebauungsplanes ermittelt wurden. Für eine grobe Abschätzung und Prognostik hinsichtlich der Materialmengen auf Baublock-Ebene und größeren Raum-Einheiten ist diese Vorgehensweise zur Identifikation von Flächenpotenzialen ausreichend und sinnvoll. Für die strategische, planerische Entwicklung von Stadtquartieren und Bezirken reicht diese Betrachtungsweise jedoch nicht aus, da die Eignung der Flächen für eine Entwicklung lediglich über die bereits vorhandene Widmung determiniert ist. Um das Ausmaß der geeigneten Potenzialflächen zu identifizieren und qualitativ zu bewerten, müssen eine Vielzahl von Faktoren (z.B. Lage, bestehende und angestrebte Bebauungsdichten oder die Kapazitäten und Qualitäten vorhandener Infrastrukturen) mit einfließen.

Die städtebauliche Bewertung von Innenentwicklungspotenzialen erfolgt zu großen Teilen manuell und die anfallenden Mengen an Bau- und Abbruchmaterialien werden bislang noch gar nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund wurde in der 8. Ausschreibung von „Stadt der Zukunft“ ein neues Projekt eingereicht: Dieses verfolgt das Ziel der Verortung, Qualifizierung und Quantifizierung von Innenentwicklungspotenzialen und soll dabei erstmals auch die Materialintensität der Innenentwicklung (Materialumsatz) für unterschiedliche Entwicklungsvarianten, sowohl aus Entwicklersicht als auch aus gesamtstädtischer Sicht, bewertbar machen.

Die Entwicklung der Kriterien und Überprüfung mit GIS-gestützter, automatisierter Umfeldanalyse erlaubt den Vergleich unterschiedlicher Varianten (z.B. Abriss und Neubau, Zubau, Umbau) in Abhängigkeit zur jeweiligen Umgebung und bildet die Grundlage für eine systematische Optimierung der Standortplanung. Basierend auf der in diesem abgeschlossenen Projekt erarbeiteten Datengrundlage werden Potenzialprofile für unterschiedliche Gebäudetypen und Liegenschaften (Bauperiode, Nutzung, Bauklasse) erstellt. Für diese werden Entwicklungsvarianten erarbeitet, wobei diese hinsichtlich des minimalen Ressourcenverbrauches (Boden und Materialressourcen) optimiert werden. Dabei soll ein digital gestütztes, belastbares Modell der Materialintensität bei der Beurteilung von Innenentwicklungspotenzialen und eine interaktive Ergebnisvisualisierung entstehen, welche diese Potenziale sowohl aus Entwicklersicht, aber auch aus gesamtstädtischer Sicht bewertbar machen. In Kombination mit der in M-DAB geschaffenen Datenbank lassen sich so einerseits erzielbare Einsparungspotenziale beim Einsatz von Primärressourcen und Deponievolumen im Variantenvergleich und im Vergleich zur Entwicklung auf der „grünen Wiese“ darstellen und

andererseits gesamtstädtische Potenziale und Auswirkungen einer identifizierten Best-Practice Methode hinsichtlich des Ressourcenverbrauches für ausgewählte Use-Cases bewerten.

8 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Strategische Visualisierungsumgebung des Doktoratskolleg URBEM (TU Wien); Integrierte, domänenübergreifende Informationsdarstellung innerhalb eines 3D Stadtmodells. (Foto: B. Cserpes, Simlab TU Wien)	17
Abbildung 2: Visualisierung der berechneten Materialmengen für ein bestimmtes Jahr auf Stadtebene.	25
Abbildung 3 a) und b): Statistische Ansichten innerhalb der Visualisierung. (a) Materialmengen und (b) Materialfluss über den gesamten Simulationszeitraum 2020-2050.....	26
Abbildung 4: Darstellung der räumlichen Einheiten (a) Gebäudeteil, (b) Gebäude, (c) Grundstück der Attributsammlung, sowie (d) Baublock, (e) Zählbezirke und (f) Bezirke als statistische bzw. administrative Einheiten und Aggregationsebenen.....	28
Abbildung 5: Datenquellen und Prozesse zur Ermittlung der Gebäudeeigenschaften der in der Flächenmehrzweckkarte (FMZK) enthaltenen Gebäude und Gebäudeteile als Datengrundlage für die M-DAB Simulation	30
Abbildung 6: Schematische Darstellung unterschiedlicher Flächenpotenziale (eigene Darstellung, nach Forster, 2016: S. 31).....	33
Abbildung 7: Abrissvulnerabilität von Wohngebäuden	34
Abbildung 8: Das Element „Wand“ weist Informationen über die Materialzusammensetzung (A), Mengenangaben (B) und standardisierte Parameter (C) auf. Zur Sichtung wurde der IFC Viewer Solibri verwendet.	35
Abbildung 9: Gegenüberstellung Analyse Datenstruktur Format .ifcXML (links) und Format .ifc (rechts) anhand Testelemente.....	36
Abbildung 10: Auswertung des Materials „Beton“ in Volumen im Programm Solibri über das Modul „Auswertung“	37
Abbildung 11: Räumliche Verteilung der Zufallsstichprobe (Eigene Bearbeitung nach Lederer et al. (2021)).	40
Abbildung 12: Szenario für zukünftige, kreislauforientierte Bewirtschaftung von Baurestmassen in Wien basierend auf den Zahlen aus dem Jahr 2014 (Materialflüsse in t/a), basiert auf Lederer et al. (2020).	42
Abbildung 13: Die vier Grundszenarien.....	43
Abbildung 14: Verteilung der Fälle im Datenauszug der MA 37 nach Jahr (Im Jahr 2020 sind Fälle bis zum 20.05. erfasst)	45
Abbildung 15: Verteilung der Nutzungen im Stadtgebiet nach Anteil der Bruttogeschosßflächen je Baublock.	46
Abbildung 16: Anteil der Bauperioden je Baublock anhand der Anzahl der zuordenbaren Gebäudeteile	47

Abbildung 17: Level-of-Details Kategorisierung von Gebäudemodellen (Eigene Darstellung nach Biljecki, F. et al. (2016)	48
Abbildung 18: Geschoß- und Bauflächenpotenziale (>550 m ² Grundfläche) je Baublock in Wien.....	49
Abbildung 19: Abnehmendes Potenzial für Aufstockung/Dachgeschoßausbau bis 2031, danach Auslagerung der Bautätigkeiten auf die übergeordnete Ebene (= Restflächen Baublock).....	50
Abbildung 20: Vergleich der Materialmengen konventioneller (Stahlbeton-) Bauweise und mit Holzbauweise im Neubau von Wohngebäuden (mit einem Bruttorauminhalt zw. 1.000-5.000 m ³) ...	51
Abbildung 21: Zentrale Akteursgruppen der Beteiligungsformate im Projekt M-DAB.....	54
Abbildung 22: Anknüpfungspunkte für automatische Datenproduktion in Entwurfs- und Bauprozessen auf Gebäude- und Quartiersebene ([1] Holberg et al. 2020, [2] Stadt Wien 2012, [3] Olsson et al. 2018, [4] Steinauer 2017, [5] ZT 2014)	57
Abbildung 23: Prozessentwurf für die Konzeptphase von Gebäude- und Städtebauprojekten (basierend auf Hollberg et al. 2020).....	58
Abbildung 24: Prozessentwurf für die Anwendung und das Erfassen von LC-Daten im Rahmen einer (digitalen) Einreichung	59
Abbildung 25: Prozessentwurf für das Erfassen von LC-Daten als Teil des Bauwerksbuch	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gemittelte Materialintensität je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichproben-Objekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	41
Tabelle 2: Morphologischer Kasten für das Abriss-Szenario, Parameter und Ausprägungen	44
Tabelle 3: Spezifische Anforderungsdefinitionen an BIM durch M-DAB bzw. für aggregierte Mengenübersichten für die Abfallwirtschaft	52
Tabelle 4: Projekt M-DAB im Kontext der „Stadt der Zukunft“ Programmziele	61
Tabelle 6: Metadaten Bauperiode OGD Stadt Wien	82
Tabelle 7: Metadaten Baublöcke OGD Stadt Wien	84
Tabelle 8: Metadaten Bezirksgrenzen OGD Stadt Wien.....	86
Tabelle 9: Metadaten Flächenmehrzweckkarte (Gebäude) OGD Stadt Wien	88
Tabelle 10: Metadaten Gebäudeinfo OGD Stadt Wien	90
Tabelle 11: Metadaten Realnutzungskartierung ab 2018 OGD Stadt Wien.....	92
Tabelle 12: Metadaten Zählbezirksgrenzen OGD Stadt Wien.....	93
Tabelle 13: Metadaten Denkmalliste OGD BDA.....	95
Tabelle 14: Metadaten Widmung/Bauklassen.....	96
Tabelle 15: Metadaten Besondere Bestimmungen Bauhöhen	97
Tabelle 16: Metadaten Digitale Katastralmappe	98
Tabelle 17: Metadaten Baujahr / Gebäudealter	99
Tabelle 18: Metadaten Bauanzeigen / Datenauszug	100
Tabelle 19: Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - Wohngebäude vor 1919.....	101
Tabelle 20: Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - Wohngebäude 1919-1945.....	102
Tabelle 21: Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - DGA Wohngebäude vor 1919.....	103
Tabelle 22: Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - DGA Wohngebäude 1919-1945.....	104
Tabelle 23: Metadaten Materialmengen nach Bauperiode, Nutzung, Gebäudevolumen.....	105
Tabelle 24: Metadaten Materialbilanz bei Dachgeschoßausbauten.....	106
Tabelle 25: Metadaten Datenbankabfrage Attributsammlung je Gebäudeteil	107
Tabelle 26: Metadaten Datenbankabfrage Materialintensität	109
Tabelle 27: Metadaten Datenbankabfrage Materialintensität DGA.....	110
Tabelle 28: Metadaten Datenbankabfrage Materialien.....	111
Tabelle 29: Metadaten Datenbankabfrage Materialgruppen	112
Tabelle 30: Metadaten Datenbankabfrage Gebäudenutzung	113
Tabelle 31: Metadaten Datenbankabfrage Bezirksgeometrien	113
Tabelle 32: Metadaten Datenbankabfrage Zählbezirksgeometrien	114
Tabelle 33: Metadaten Datenbankabfrage Baublockgeometrien.....	114
Tabelle 34: Gemittelte Materialintensität von Beton und Estrich je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	115

Tabelle 35: Gemittelte Materialintensität von Eisen und Stahl je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	116
Tabelle 36: Gemittelte Materialintensität von Ziegelmauerwerk (inklusive Mörtel und Putz) je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	117
Tabelle 37: Gemittelte Materialintensität von Kies-Sand-Naturstein je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	118
Tabelle 38: Gemittelte Materialintensität von Holz je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	119
Tabelle 39: Gemittelte Materialintensität von Mineralwolle (ohne Trittschalldämmung) je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	120
Tabelle 40: Gemittelte Materialintensität von Polystyrol (ohne Trittschalldämmung) je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	121
Tabelle 41: Gemittelte Materialintensität von Gipskartonplatten je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).	122

Literaturverzeichnis

- Augiseau V., Barles S.: Studying construction materials flows and stock: A review', Resources, Conservation and Recycling. In: Ming Xu (Hrsg.): Resources, Conservation and Recycling. 123, 153–164. Elsevier B.V., 2017. doi: 10.1016/j.resconrec.2016.09.002.
- Autodesk, <https://blogs.autodesk.com/bimblog/raumbuch-flachenbuch-gebaudebuch-revit-2017/>, 2016. (abgerufen am 30.03.2021)
- Banko G., Weiß M.: Gewidmetes, nicht bebautes Bauland. Erstellung von Auswertungen für Österreich. Umweltbundesamt GmbH. Im Auftrag der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) 2016.
- Bednar T.: URBEM Ergebnisbericht, Technische Universität Wien, Wien 2016.
- Bergsdal H., Brattebø H., Bohne R. A., Müller D. B.: Dynamic material flow analysis for Norway's dwelling stock. In: Emmitt S. (Hrsg.): Building Research & Information, 35(5), 557–570, Taylor & Francis, 2007.
- Bergsdal H., Bohne R. A., Brattebø H.: Projection of Construction and Demolition Waste in Norway. In: Lifset Reid (Hrsg.): Journal of Industrial Ecology. 11(3), 27–39. Wiley-Blackwell, 2007.
- Bibri S. E., Krogstie J., & Kärrholm M.: Compact city planning and development: Emerging practices and strategies for achieving the goals of sustainability. In: Aggelis Dimitros (Hrsg.): Developments in the Built Environment. 4, 100021. Elsevier B.V., 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100021>
- Biljecki F. et al.: The variants of an LOD of a 3D building model and their influence on spatial analyses. In: Kresse W. (Hrsg.): ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 116, 42–54. Elsevier B.V., 2016. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.03.003. 2016.
- Bindreiter S.: Ermittlung von Baulandpotentialen an Regionalbahnlinien am Beispiel des S-Bahn Netzes in Oberösterreich. Diplom. TU Wien 2018.
- Bindreiter S., Forster J.: Evaluierung gebundener Materialressourcen im Gebäudebestand von Wien – ein Beitrag zur Förderung von regenerativen Stoffkreisläufen in: Raumplanung. Jahrbuch des Instituts für Raumplanung der TU Wien 2020, Band 8; NWV Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien 2020
- buildingSMART: Industry Foundation Classes 4.0.2.1. 2020.
https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/ (abgerufen am 12.02.2021, 15:40)
- Bundesdenkmalamt Österreich (BDA): Denkmalliste. 2020. <https://bda.gv.at/denkmalverzeichnis/> (Abgerufen am 24.03.2020, 14:35)
- BMK: EDM Portal. 2018. <http://edm.lfrz.at/portal/ueberedm.html> (Abgerufen am 15.04.2021, 11:34)
- BMK: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2020 (Referenzjahr 2018). Wien. 2020.
https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:04ca87f4fd7f4f1681ec57fca79354a0/BAWP_Statusbericht_2020.pdf (abgerufen am 30.3.2021, 9:40).

- BMLFUW, BMFWF: Ressourcennutzung in Österreich (Eng. The use of resources in Austria). Vienna. 2015. http://www.bioeconomyaustria.at/cms/media/reneu15_DE_web_abgabe2.pdf. (Abgerufen am 10.3.2021, 13:50)
- BMNT: Bundes-Abfallwirtschaftsplan. Vienna. 2017. https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html (Abgerufen am 21.04.2021, 16:18).
- Calthorpe P.: The Next American Metropolis. New York: Princeton Architectural Press. 1993.
- Cervero R., & Kockelman K.: Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. In: Noland R.B., Cao J.X. (Hrsg.): Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2(3), 199–219. Elsevier B.V., 1997. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Cityzenith: SmartWorldPro – Digital Twin Platform. 2021. URL: <https://cityzenith.com/the-world-of-digital-twins> (Abgerufen am 21.02.2021, 17:00)
- Clement D. Hammer K., Schnöller J., et al.: Wert- und Schadstoffe in Wohngebäuden. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 63 (2–3), 61–69. 2011. doi: <https://doi.org/10.1007/s00506-010-0272-4>
- Condeixa K., Haddad A., & Boer D.: Material flow analysis of the residential building stock at the city of Rio de Janeiro. In: Klemeš J. J., Almeida C., Wang Y. (Hrsg.): Journal of Cleaner Production. 149, 1249–1267. Elsevier B.V., 2017.
- Duinker P. N., Greig L. A.: Scenario analysis in environmental impact assessment: Improving explorations of the future. In: Xe Hu (Hrsg.): Environmental Impact Assessment Review. 27(3), 206–219. Elsevier B.V., 2007.
- ETH Zürich. Raum+. 2018. <https://www.raumplus.ethz.ch/de/home/> (Abgerufen am 15.02.2019 9:07)
- Forrester J.W.: Der teuflische Regelkreis. Kann die Menschheit überleben? Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1972.
- Forster, J.: Strategische raumbezogene Visualisierung im Kontext der Innenentwicklung urbaner Siedlungs-, Energie- und Mobilitätssysteme am Beispiel der Stadt Wien, Dissertation, Wien 2016.
- Gaffron P., Huismans G., Skala F.: EcoCity Book I A better place to live. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Vienna 2005
- Gaffron P., Huismans G., Skala F., Senternovem G. H., Stadler R., Menegaldo M., & Meidinger C.: Ecocity Book II How To Make It Happen. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, 2008.
- Gassner A. et al.: Extended ecological footprint for different modes of urban public transport: The case of Vienna, Austria. In: Zevenbergen J.A. (Hrsg.): Land Use Policy. 72, 85–99. Elsevier B.V., 2017. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.12.012.
- Gassner A., Lederer J., Fellner J.: Changes in Material Stocks and Flows of a Century-old Rail Network Caused by Refurbishment. In: Proceedings of 7th Transport Research Arena. 1–10. 2018.
- Gassner A., Lederer J., Fellner J.: Material Stock Development of the Transport Sector in the City of Vienna. In: Lifset R., (Hrsg.): Journal of Industrial Ecology. 24(6), 1364 - 1378. Wiley-Blackwell, 2020. DOI: 10.1111/jiec.13024.
- Gontia P., Nägeli C., Rosado. L., Kalmykova Y., Österbring M.: Material-intensity database of residential buildings: A case-study of Sweden in the international context. In: Ming Xu (Hrsg.): Resources, Conservation and Recycling 130, 228–239. Elsevier., 2018.
- Grams, A.: Spielräume für Dichte Problemorientierter Verfahrensansatz für Verdichtung als Element der Innenentwicklung dargestellt am Beispiel kleiner und mittlerer Gemeinden im Schweizer Mittelland. ETH Zürich. 2015.

- Guo J., Miatto A., Shi F., Tanikawa H.: Spatially explicit material stock analysis of buildings in Eastern China metropolises. In: Ming Xu (Hrsg.): Resources, Conservation and Recycling. 146, 45–54. Elsevier, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.031>
- Hanika A.: Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Österreich 2018 bis 2040 mit einer Projektion bis 2060 und Modellfortschreibung bis 2075 (ÖROK-Prognose). Vienna: Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) 2019. Available at: http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/Bericht_BevPrognose_2018.pdf.
- Hollberg A., Genova G., Habert G.: Evaluation of BIM-based LCA results for building design. In: Skibinewski M. J. (Hrsg.): Automation in Construction. 109, 102972. Elsevier, 2020.
- Jessen J.: Leitbilder der Stadtentwicklung. In: ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): (ed.) Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. 1399–1410. 2018 Hannover Available at: https://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/HWB_2018/Leitbilder_der_Stadtentwicklung.pdf (Abgerufen: 21.1.2021 9:55).
- Kleemann F. et al.: GIS-based Analysis of Vienna's Material Stock in Buildings. In: Lifset Reid (Hrsg.): Journal of Industrial Ecology. 00(0), 1–13. Wiley-Blackwell, 2016. doi: 10.1111/jiec.12446.
- Kleemann F.: Buildings as potential urban mines: Quantitative, qualitative and spatial analysis for Vienna. TU-Wien. Wien 2016. Available at: https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_250939.pdf.
- Kleemann F., Aschenbrenner P., Lederer J.: Methode zur Bestimmung der Materialzusammensetzung von Gebäuden vor dem Abbruch. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft. 67 (1–2), 21–27. 2015. doi: 10.1007/s00506-014-0203-x.
- Kosow H., Gaßner R.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (Hrsg.): Werkstattbericht Nr. 103. 2008.
- Kosow H., León C. D.: Die Szenariotechnik als Methode der Experten- und Stakeholdereinbindung. In: Niederberger Marlen, Wassermann Sandra (Hrsg.): Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung. 217–242. Springer VS, 2015 Wiesbaden.
- Lanau M. et al.: Taking Stock of Built Environment Stock Studies: Progress and Prospects. In: Zimmerman Julie (Hrsg.): Environmental Science and Technology. 53(15), 8499–8515. American Chemical Society, 2019. doi: 10.1021/acs.est.8b06652.
- Lederer J., Gassner A., Fellner J., Mollay U., Schremmer C.: Raw Materials Consumption and Demolition Waste Generation of the Urban Building Sector 2016–2050: A Scenario-Based Material Flow Analysis of Vienna. In: Klemeš J. J., Almeida C., Wang Y. (Hrsg.): Journal of Cleaner Production. 288, 125566. Elsevier B.V., 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125566>.
- Lederer J., Gassner A., Keringer F., Mollay U., Schremmer C., Fellner J.: Material Flows and Stocks in the Urban Building Sector: A Case Study from Vienna for the Years 1990–2015. In: Rosen M. A. (Hrsg.): Sustainability. 12(1): 300. MDPI, 2019. <https://doi.org/10.3390/su12010300>.
- Lederer J., Gassner A., Kleemann F., Fellner J.: Potentials for a Circular Economy of Mineral Construction Materials and Demolition Waste in Urban Areas: A Case Study from Vienna. In: Ming X. (Hrsg.): Resources, Conservation and Recycling. 161: 104942. Elsevier B.V., 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104942>.
- Lederer J., Fellner J., Gassner A., Gruhler K., Schiller G.: Determining the material intensities of buildings selected by random sampling: a case study from Vienna. In: Lifset R. (Hrsg.): Journal of Industrial Ecology. 1–16. Wiley-Blackwell, 2021. <https://doi.org/10.1111/jiec.13100>
- Lehner, H., Dorffner, L.: Digital geoTwin Vienna: Towards a Digital Twin City as Geodata Hub. In: (Hrsg.): PFG. 88, 63–75. Springer VS, 2020. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00101-4>

- MA 18: Realnutzungskartierung. Wien. 2020.
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/grundlagen/stadtforschung/siedlungsentwicklung/realnutzungskartierung/> (Abgerufen am 09.4.2020, 10:45)
- MA 19: Bauperioden und Bautypologien. Wien. 2020.
<https://www.wien.gv.at/kultur/kulturgut/architektur/bauperioden.html> (Abgerufen am 10.4.2021, 11:30)
- MA 41: Flächenmehrzweckkarte Wien. Wien. 2020.
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/fmzk/produkt.html> (Abgerufen am 5.4.2021, 15:30)
- MA41: Mesh of the buildingmodel of Vienna. 2020a. Retrieved from
<http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/bkm/index.html>
 (Abgerufen am 5.4.2021, 16:10)
- MA41: Stadtplan Wien (City map Vienna) 2021b. Retrieved from <https://www.wien.gv.at/Stadtplan/>
 (Abgerufen am 6.4.2021, 10:03)
- Mitteregger M., Bruck E., Soteropoulos A., Stickler A., Berger M., Dangschat Jens S., Scheuven R.: Avenue21 - Autonome Verkehr: Entwicklungen des urbanen Europas. TU Wien Academic Press. Wien 2019.
- Morita T., Robinson J., Adegbulugbe A., Alcamo J., Herbert D., Lebre La Rovere E., Nakicenovic N., Pitcher H., Raskin P., Riahi K., Sankovski A., Sokolov V., deVries B., Zhou D.: Greenhouse gas emission mitigation scenarios and implications. In: Metz B., Davidson O., Swart R., Pan J. (Hrsg.): Climate Change 2001: Mitigation. Cambridge University Press, Cambridge, UK 2001.
- Olsson P. O., Axelsson J., Hooper M., Harrie L.: Automation of building permission by integration of BIM and geospatial data. In: Kainz W. (Hrsg.): ISPRS International Journal of Geo-Information. 7(8), 307. MDPI, 2018.
- Pauliuk S. and Müller D. B. The role of in-use stocks in the social metabolism and in climate change mitigation. In: Brondizio E. (Hrsg.): Global Environmental Change. 24(1), 132–142. Elsevier B.V., 2014. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2013.11.006.
- Ritchey T.: Futures Studies using Morphological Analysis. Adapted from an Article for the AC/UNU Millennium Project: Futures Research Methodology Series. Downloaded from the Swedish Morphological Society (2007)
- Rozsenic B., Alkilani S., Bruckner M., Emrich Š., Wurzer G.: Data Independent Model Structure for Simulation within the Vienna UT MoreSpace Project. In: Proc. EMSS 2012, 519–524. 2012.
- Salewski, C.: Dutch New Worlds: Scenarios in Physical Planning And Design in the Netherlands, 1970-2000. 010 Publishers Rotterdam. 2012.
- Schiller G., Müller F., Ortlepp R.: Mapping the anthropogenic stock in Germany: Metabolic evidence for a circular economy. In: Xu M. (Hrsg.); Resources, Conservation and Recycling. 123, 93–107. Elsevier B.V., 2017. doi: 10.1016/j.resconrec.2016.08.007. 2017.
- Stadt Wien: Zweckmäßigkeitsscheck und Monitoring - Indikatoren für Abfallvermeidungsmaßnahmen. 2012. Online: <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/service/pdf/awp-avp-19-24-anhang2.pdf>
 (abgerufen am 07.04.2020, 16:07)
- Stadt Wien: Brise Vienna. 2020. <https://digitales.wien.gv.at/projekt/brisevienna/> (abgerufen am 01.03.2021, 14:07)

- Stadt Wien: Vorhaben und Projekte der Wiener Stadtentwicklung. 2021.
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/> (abgerufen am 19.12.2020, 16:45)
- Stadt Wien MA 23, FH Campus Wien: Verwaltung 4.0.
<https://www.eup.at/wien-verwaltung-4-0-als-antwort-auf-die-netzwerkgesellschaft/> (abgerufen am 30.4.2021 10:37)
- Steinauer, A. T.: Anforderungen einer lebenszyklusorientierten Beschaffung an die Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen. Diplom. TU Graz 2017.
- ZT: Erläuterung zum Bauwerksbuch gemäß Bauordnung für Wien (BO) in der Fassung vom 01.10.2014. Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten. Wien 2014.
- Swart R. J., Raskin P., Robinson, J.: The problem of the future: sustainability science and scenario analysis. In: Brondizio E. (Hrsg.): Global environmental change. 14(2), 137-146. Elsevier B.V., 2004.
- van der Voet E., Huele R., Koutamanis A., van Reijn B., van Bueren E., Spierings J., Demeyer T., Roemers G., Blok M.: Prospecting the urban mine of Amsterdam. Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions 2017.
- Waddell, P.: UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, an environmental planning. In: Forsyth A. (Hrsg.): Journal of the American planning association, 68(3), 297-314. Taylor & Francis, 2002.
- Wurzer G., Lorenz W. E.: Causality in Hospital Simulation Based on Utilization Chains. Proc. SimAUD 2014, 161–164. 2014.
- Wurzer G., Lorenz W. E., Rössler M., Hafner I., Popper N., Glock B.: ((MODYPLAN)) - Early-Stage Hospital Simulation with Emphasis on Cross-Clinical Treatment Chains. In: Proc. SimAUD 2015, 97–100.
- Wurzer G., Lorenz W. E., Forster J., Bindreiter S., Lederer J., Gassner A., Mitteregger M., Kotroczo E. and Pöllauer P.: M-DAB: Towards Re-Using Material Resources of the City. In Proceedings 38th eCAADe, Berlin (virtual): Anthropologic - Architecture and Fabrication in the cognitive age, 127–132. 2020. Available at: https://publik.tuwien.ac.at/files/publik_290152.pdf.
- Zt: Bundeskammer der ZiviltechnikerInnen: Symposium Digitalisierung “Reality-Check BIM”.
https://wien.arching.at/fileadmin/user_upload/redakteure_wnb/D_Service/BIM/Symposium_Reality-Check/Buch_Doku_BIM_Symposium.pdf (abgerufen am 30 .4.2021 10:37)

Abkürzungsverzeichnis

AGWR	Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister
ASI	Austrian Standard Institute
BDA	Bundesdenkmalamt
BGF	Bruttogeschoßfläche (in m ²)
BRI	Bruttorauminhalt (in m ³)
BIM	Building Information Modelling
CAD	Computer Aided Design / Computergestützter Entwurf/Konstruktion
CAFM	Computer Aided Facility Management (Informations- und Prozessmanagement für Gebäude, Anlagen und Freiflächen)
CD-Labor	Christian Doppler Labor - von der Christian Doppler Forschungsgesellschaft geförderte Forschungslabore für anwendungsorientierte Grundlagenforschung auf hohem Niveau
d.h.	das heißt
EDM	Elektronisches Datenmanagement Portal des Bundesministeriums f. Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
EPSG-Code	European Petroleum Survey Group – EPSG Codes sind ein öffentliches Register für geodätische Datumsangaben, räumliche Bezugssysteme, Erdellipsoide, Koordinatentransformationen und zugehörige Maßeinheiten.
etc.	et cetera
GIS	Geoinformationssystem
GWZ	Gebäude- und Wohnungszählung (der Statistik Austria)
HKLS	Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär
HWZ	Häuser- und Wohnungszählung (der Statistik Austria)
IFC	Industry Foundation Classes – sind ein offener, internationaler Standard (ISO 16739-1:2018) zur standardisierten, digitalen Beschreibung der bebauten Umwelt, einschließlich Gebäuden und ziviler Infrastruktur.
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
LC-Daten	Lifecycle (Lebenszyklus) Daten
MA	Magistratsabteilung (der Stadt Wien)

M-DAB	Materialressourcen der Stadt - Digitalisieren, Analysieren und (nachhaltig) Bewirtschaften (Projekttitle)
OGD	Open Government Data
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
u.v.a.m.	und viele andere mehr
UTF-8	8-Bit UCS Transformation Format (UCS Universal Coded Character Set) globale Zeichenkodierung
WGS	World Geodetic System – globales Referenzsystem der Geodäsie und Navigation
WWTF	Der Wiener Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiefonds ist eine privat-gemeinnützige Förderorganisation für Wissenschaft und Forschung in Wien.
z.B.	zum Beispiel

9 Anhang

9.1. Data Management Plan (DMP)

Das Projekt M-DAB baut zu großen Teilen auf frei verfügbarer Open Government Data (OGD) auf, die uneingeschränkt für Dritte zugänglich sind. Folgender Datenmanagement-Plan gibt Auskunft, wie im Projekt auf Basis der „FAIR“-Prinzipien (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) mit diesen Daten umgegangen wird und in welcher Form die im Projekt erarbeiteten Forschungsdaten publiziert werden.

1: Datenerstellung und Dokumentation

Das Projekt M-DAB verwendet unterschiedliche Datenquellen zur Bearbeitung der Fragestellungen:

Im Zuge der Kooperationsvereinbarung zwischen Institut für Raumplanung der TU Wien (Prof. Dr. Andreas Voigt) und Stadt Wien / MA 18 DI Andreas Trisko MA 18 wurden für die Projektbearbeitung folgende Daten durch die Magistratsabteilungen der Stadt Wien zur Verfügung gestellt:

- MA 21: Generalisierte Flächenwidmung mit Bauklassenabgrenzung als Flächenbestand, sowie besondere Bestimmungen, Höhen als Flächenbestand, bebaubare Flächen als Flächenbestand - Ansprechpartner/Übermittler: Hr. DI Mario Marth
- MA 37: ELAK – Auszüge zu Bauanzeigen (Information über Dachgeschoßausbauten und Sanierungen seit 2005) - Ansprechpartner/Übermittler: Hr. Ing. Richard Nowak
- MA 41: DKM, Grundstückspolygone - Ansprechpartner/Übermittler: Hr. Ing. Strutzenberger
- MA 19: Gebäudealter (Baujahr)

Neben diesen Daten werden aus dem OGD Angebot der Stadt Wien folgende Daten für die Analysen, Berechnungen und die Simulation verwendet:

- Gebäude aus der Flächenmehrzweckkarte (siehe MA 41, 2020)
- Baublöcke (MA 21)
- Bauperioden (siehe MA 19, 2020)
- Bezirksgrenzen (MA 41)
- Zählbezirksgrenzen (MA 41)
- Realnutzungskartierung (siehe 18, 2020)

Der Download erfolgte über die OGD-Plattform: www.data.gv.at

Informationen über Denkmalschutz

- Denkmalliste des Bundesdenkmalamts (siehe Bundesdenkmalamt, 2020)

Zudem liegen Daten aus einem Vorprojekt des Christian Doppler- Labors vor, die Gebäudeinformationen über Baualter und Sanierungsstatus (Dachgeschoßbodenausbau) enthalten.

Eine detaillierte Übersicht über Formate und Attribute der Datensätze ist im Folgenden in den Metadatenübersichten in den Abschnitten 9.2-9.6 dargestellt.

2: Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte

Die im Projekt verwendeten Daten unterliegen keinen Persönlichkeitsrechten. Die Urheberrechte der jeweiligen Datensätze sind in den Metadatenübersichten in den Abschnitten 8.2-8.5 dargestellt. Bei Open Government Data der Stadt Wien unterliegen die Datensätze der Lizenz „Creative Commons Namensnennung 4.0 International“ und können über die Open-Data-Plattform www.data.gv.at bezogen werden. Andere Datenauszüge der Stadt Wien wurden im Zuge einer Kooperationsvereinbarung und Datennutzungsvereinbarung überlassen (siehe Datenerstellung und Dokumentation in 8.1. und Metadaten Kooperationsvereinbarung in Abschnitt 8.3.) und dürfen vom Projektkonsortium nur für die Bearbeitung des Projekts M-DAB verwendet und nicht weitergegeben werden.

Andere Daten (z.B. aus Vorprojekten der Projektpartner) sind bereits publiziert.

3: Datenspeicherung und -erhalt

Der Datenaustausch zwischen den Projektpartnern erfolgt über eine TU-interne Cloud-Lösung („TU Owncloud“). Die Datengrundlage für die Simulation wird in einer PostgreSQL Datenbank auf einem virtuellen Server innerhalb des TU-Netzes gehalten. Backups erfolgen automatisiert über die IT-Services der TU Wien.

4: Wiederverwendbarkeit der Daten

Für die Projektbearbeitung und Erforschung der Methodik wurden durch die Magistratsabteilungen der Stadt Wien im Zuge einer Kooperationsvereinbarung (Institut für Raumplanung der TU Wien (Prof. Dr. Andreas Voigt) und Stadt Wien / MA 18 DI Andreas Trisko) folgende Daten zur Verfügung gestellt:

- MA 21: Generalisierte Flächenwidmung mit Bauklassenabgrenzung als Flächenbestand, sowie besondere Bestimmung Höhen als Flächenbestand, bebaubare Flächen als Flächenbestand - Ansprechpartner/Übermittler: Hr. DI Mario Marth
- MA 37: ELAK – Auszüge zu Bauanzeigen (Information über Dachgeschoßausbauten und Sanierungen seit 2005) - Ansprechpartner/Übermittler: Hr. Ing. Richard Nowak
- MA 41: DKM, Grundstückspolygone - Ansprechpartner/Übermittler: Hr. Ing. Strutzenberger
- MA 19: Gebäudealter (Baujahr)

Diese Datensätze dürfen lt. Kooperationsvereinbarung nicht weitergegeben werden.

Die Datengrundlage für die Simulation, wird in einer PostgreSQL Datenbank auf einem virtuellen Server innerhalb des TU-Netzes gehalten. Ein Zugriff auf die Rohdaten kann aufgrund der Kooperationsvereinbarung mit der Stadt Wien nicht gewährt werden. Der Zugriff ist lediglich über den Visualisierungsprototypen möglich, da hier die Daten durch Aggregation ausreichend abstrahiert wurden. Ein Zugriff auf den Visualisierungsprototypen kann auf Anfrage an das Projektteam gewährt werden.

9.2. Metadaten der OGD-Datensätze

Die Struktur und Beschreibung der Metadaten der OGD-Datensätze wurde dem OGD-Katalog auf www.data.gv.at entnommen.

9.2.1. Metadaten Bauperiode Grob OGD Stadt Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

<https://www.data.gv.at/katalog/dataset/38aac30b-6b79-4fee-88f0-a37b2e6c0f92> , 08.10.2020

Titel: Katalog Bauperioden und Bautypologien Wien

Beschreibung: Für große Teile des Wiener Stadtgebietes werden Informationen zu Bauperioden sowie zur Bautypologie der Gebäude erhoben. Die Bauperiodenübersicht gliedert sich vereinfacht nach vier Zeiträumen, und kann im Detail eine feinere Unterteilung nach zehn Zeiträumen ermöglichen. Für die bautypologische Übersicht wurde die Gebäudesubstanz mit einer weitgehend offenen Typisierung klassifiziert.

Tabelle 5: Metadaten Bauperiode OGD Stadt Wien

Titel und Beschreibung Englisch	Information about the construction period and building typology of Viennese buildings
Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 19 - Architektur und Stadtgestaltung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=1995060915113615
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma19.wien.gv.at
Veröffentlichende Stelle	Stadt Wien
Kontaktseite der veröffentlichenden Stelle	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/
Veröffentlichende Stelle - E-Mailkontakt	open@post.wien.gv.at
Lizenz	Creative Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz Zitat	Datenquelle: Stadt Wien – https://data.wien.gv.at
Link zur Lizenz	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de
Link zu den Nutzungsbedingungen	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/
Attributbeschreibung	OBJECTID Shape (=Geometrie) BEZUG OBJ_STR (=Bauperiode Detail) OBJ_STR_TXT (=Bauperiode Detail Text) OBJ_STR2 (=Bauperiode Übersicht) OBJ_STR2_TXT (=Bauperiode Übersicht Text) BAUTYP (=Bautyp) BAUTYP_TXT (=Bautyp Text) ACD (=Adresscode) SE_ANNO_CAD_DATA (=Geometrie)

Geographische Abdeckung/Lage	Wien
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Zeitliche Ausdehnung (Anfang)	01.01.1997 01:00:00
Datum des Metadatensatzes	15.04.2020 14:28:32
Aktualisierungszyklus	Kontinuierlich
Datenqualität/Herkunft	Die Daten stammen aus der seit 1997 laufenden Gebäudeinventarisierung. Aufgrund des Umfangs werden neue Erhebungen stets nur für Teilbereiche Wiens gemacht. Die Daten haben daher unterschiedliche Erhebungsstände, veraltete Informationen können nicht ausgeschlossen werden.
Kategorie	Geographie und Planung
Bezeichnung der Metadatenstruktur	OGD Austria Metadata 2.4
Sprache des Metadatensatzes	Ger
Character Set Code des Metadatensatzes	utf8
Eindeutiger Identifikator	38aac30b-6b79-4fee-88f0-a37b2e6c0f92
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	29.03.2018

9.2.2. Metadaten Baublöcke OGD Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

https://www.data.gv.at/katalog/dataset/stadt-wien_baublckewien , 09.03.2020

Titel: Baublöcke Wien

Beschreibung: Baublöcke (Blöcke) sind eine in der Regel von Verkehrsflächen bzw. Straßenabschnitten umschlossene statistische Zählleinheit.

Tabelle 6: Metadaten Baublöcke OGD Stadt Wien

Titel und Beschreibung Englisch	Building blocks (or just “blocks”) are a statistical counting unit usually enclosed by traffic areas or road sections.
Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 21 - Stadtteilplanung und Flächennutzung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=2012101511392613
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma21.wien.gv.at
Veröffentlichende Stelle	Stadt Wien
Kontaktseite der veröffentlichenden Stelle	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/
Veröffentlichende Stelle - E-Mailkontakt	open@post.wien.gv.at
Lizenz	Creative Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz Zitat	Datenquelle: Stadt Wien – https://data.wien.gv.at
Link zur Lizenz	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de
Link zu den Nutzungsbedingungen	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/

Attributbeschreibung	BEZNR: Bezirksnummer (1-2-stellig, numerisch) ZBEZNR: Zählbezirksnummer (1-2-stellig, numerisch) ZGEBNR: Zählgebietsnummer (1-stellig, numerisch) BLKNR: Baublockssnummer (3-stellig, numerisch) BEZ: Bezirksnummer (2-stellig, Character) ZBEZ: Zählbezirksnummer (4-stellig, Character, inkl. Bezirksnummer) ZGEB: Zählgebietsnummer (5-stellig, Character, inkl. Bezirksnummer und Zählbezirksnummer) BLK: Baublockssnummer (8-stellig, Character, inkl. Bezirksnummer, Zählbezirksnummer und Zählgebietsnummer) FLAECHE: Fläche in Quadratmetern UMFANG: Umfang in Metern AKT_TIMESTAMP: Letzte Aktualisierung (Datum, Uhrzeit MESZ)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Zeitliche Ausdehnung (Anfang)	30.03.2012 02:00:00
Datum des Metadatensatzes	15.04.2020 14:14:59
Aktualisierungszyklus	Kontinuierlich
Kategorie	Geographie und Planung
Bezeichnung der Metadatenstruktur	OGD Austria Metadata 2.4
Sprache des Metadatensatzes	Ger
Character Set Code des Metadatensatzes	utf8
Eindeutiger Identifikator	a14e57c4-ea1c-4a7a-863a-b874ccf23790
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	12.10.2012

9.2.3. Metadaten Bezirksgrenzen OGD Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

https://www.data.gv.at/katalog/dataset/stadt-wien_bezirksgrenzenwien , 18.03.2020

Titel: Bezirksgrenzen Wien

Beschreibung: Bezirksgrenzen, Wien Politische Landesgrenze und Bezirksgrenzen von Wien

Tabelle 7: Metadaten Bezirksgrenzen OGD Stadt Wien

Titel und Beschreibung Englisch	district boundaries Vienna
Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 41 - Stadtvermessung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/kontakte/ma41/index.html
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	ogd@ma41.wien.gv.at
Veröffentlichende Stelle	Stadt Wien
Kontaktseite der veröffentlichenden Stelle	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/
Veröffentlichende Stelle - E- Mailkontakt	open@post.wien.gv.at
Lizenz	Creative Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz Zitat	Datenquelle: Stadt Wien – https://data.wien.gv.at
Link zur Lizenz	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de
Link zu den Nutzungsbedingungen	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/
Attributbeschreibung	-NAMEK: Bezirksname (Wiener Gemeindebezirksname) -BEZNR: Bezirksnummer -BEZ_RZ: Bezirksnummer (in römischen Zahlen) -NAMEG: Bezirksname -LABEL: Bezirksnummer (in römischen Zahlen) -BEZ: Bezirksnummer -DISTRICT_CODE: Bezirkscode -STATAUSTRIA_BEZ_CODE: Bezirkscode gem. Spezifikation der Statistik Austria -STATAUSTRIA_GEM: Gemeindecode gem. Spezifikation der Statistik Austria -FLAECH: Fläche in Quadratmetern -UMFANG: Umfang in Metern -AKT_TIMESTAMP: Aktualisierungsdatum

Geographische Abdeckung/Lage	Wien
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Zeitliche Ausdehnung (Anfang)	19.10.2011 02:00:00
Datum des Metadatensatzes	15.04.2020 14:18:10
Aktualisierungszyklus	nach Bedarf
Kategorie	Verwaltung und Politik
Bezeichnung der Metadatenstruktur	OGD Austria Metadata 2.4
Sprache des Metadatensatzes	Ger
Character Set Code des Metadatensatzes	utf8
Eindeutiger Identifikator	2ee6b8bf-6292-413c-bb8b-bd22dbb2ad4b
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	23.11.2015

9.2.4. Metadaten Flächenmehrzweckkarte (Gebäude) OGD Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

<https://www.data.gv.at/katalog/dataset/7cf0da04-1f77-4321-929e-78172c74aa0b> , 04.12.2019

Titel: Flächen-Mehrzweckkarte Vektordaten Wien

Beschreibung: Vektordaten der Flächen-Mehrzweckkarte (FMZK) - der digitalen Stadtkarte von Wien.

<http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/fmzk/index.html>

Tabelle 8: Metadaten Flächenmehrzweckkarte (Gebäude) OGD Stadt Wien

Titel und Beschreibung Englisch	Vector data of the multi-purpose area map (MZK) - the digital city map of Vienna: http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/fmzk/index.html
Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 41 - Stadtvermessung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=1995060915202303
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	ogd@ma41.wien.gv.at
Veröffentlichende Stelle	Stadt Wien
Kontaktseite der veröffentlichenden Stelle	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/
Veröffentlichende Stelle - E-Mailkontakt	open@post.wien.gv.at
Lizenz	Creative Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz Zitat	Datenquelle: Stadt Wien – https://data.wien.gv.at
Link zur Lizenz	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de
Link zu den Nutzungsbedingungen	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/
Weiterführende Metadaten - Link	https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/pdf/fmzk-attribute-wertebereiche.pdf

Attributbeschreibung	https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/pdf/fmzk-attributwertebereiche.pdf
Geographische Abdeckung/Lage	Wien
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Zeitliche Ausdehnung (Anfang)	01.01.2011 01:00:00
Datum des Metadatensatzes	08.06.2020 11:47:00
Aktualisierungszyklus	quartalsweise
Kategorie	Geographie und Planung
Datenqualität/Herkunft	http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/fmzk/index.html
Bezeichnung der Metadatenstruktur	OGD Austria Metadata 2.4
Sprache des Metadatensatzes	Ger
Character Set Code des Metadatensatzes	utf8
Eindeutiger Identifikator	7cf0da04-1f77-4321-929e-78172c74aa0b
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	04.03.2015

9.2.5. Metadaten Gebäudeinfo OGD Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

<https://www.data.gv.at/katalog/dataset/gebaeudeinformation-wien> , 04.12.2019

Titel: Gebäudeinformation Standorte Wien

Beschreibung: Der Wiener Gebäudebestand wird, vor allem im dichten Stadtgebiet sowie in Schutzzonen gemäß Bauordnung, laufend inventarisiert. Informationen zu Standort, Baujahr, Architekt und mehr werden objektbezogen zusammengestellt

Tabelle 9: Metadaten Gebäudeinfo OGD Stadt Wien

Titel und Beschreibung Englisch	Specific informations about important Viennese buildings
Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 19 - Architektur und Stadtgestaltung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=1995060915113615
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma19.wien.gv.at
Veröffentlichende Stelle	Stadt Wien
Kontaktseite der veröffentlichenden Stelle	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/
Veröffentlichende Stelle - E-Mailkontakt	open@post.wien.gv.at
Lizenz	Creative Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz Zitat	Datenquelle: Stadt Wien – https://data.wien.gv.at
Link zur Lizenz	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de
Link zu den Nutzungsbedingungen	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/
Attributbeschreibung	OBJECTID ACD (=Adresscode) STRCD (=Straßencode) STRNAML (=Straßenname) VONN (=Ordnungsnummer von - Numerisch) VONA (=Ordnungsnummer von - Alphanumerisch) BISN (=Ordnungsnummer bis - Numerisch) BISA (=Ordnungsnummer bis - Alphanumerisch) STGN (=Stiegennummer von - Numerisch) STGA (=Stiegennummer von - Alphanumerisch) BEZ (=Bezirk) HA_NAME (=Anlagenname) BAUJAHR (= Baujahr des Gebäudes) ARCHITEKT (= Der Architekt) SHAPE (=Geometrie) IDENT_1 (=Identadresse Nummer 1) IDENT_2 (=Identadresse Nummer 2) IDENT_3 (=Identadresse Nummer 3) CONSCR_NR (=Conscriptionsnummer) PR_MA19 (=präferierte Quelle MA19) GESCH_ANZ (=Geschoßanzahl) BASIS_INV (=Inventarisierungstand) L_NUTZUNG (=Gebäudenutzung) L_BAUTYP (=Bautyp) NS (=Geschoße) wobei: D=Dachgeschoß, K=Keller, S= Souterrain ORIG_PARZ (-1 = enembletypische Parzellenstruktur) ORIG_FASS (-1 = erhaltene Fassade) ORIG_KERN (-1 = erhaltene Struktur des Kernes) ORIG_FENSTER (-1 = erhaltene Fenster) ORIG_DACH (-1 = erhaltenes Dach)

Geographische Abdeckung/Lage	Wien
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Zeitliche Ausdehnung (Anfang)	01.01.1997 01:00:00
Datum des Metadatensatzes	15.04.2020 14:13:50
Aktualisierungszyklus	kontinuierlich
Datenqualität/Herkunft	Bei der seit 1997 durchgeführten Inventarisierung des bedeutenden Wiener Gebäudebestandes wurden bislang Daten für rund 56.000 Objekte erhoben, die laufend aktualisiert und detailliert werden. Aufgrund des Umfangs werden neue Erhebungen stets nur für Teilbereiche Wiens gemacht. Die Daten haben daher unterschiedliche Erhebungsstände, veraltete Informationen können nicht ausgeschlossen werden.
Kategorie	Geographie und Planung
Bezeichnung der Metadatenstruktur	OGD Austria Metadata 2.4
Sprache des Metadatensatzes	Ger
Character Set Code des Metadatensatzes	utf8
Eindeutiger Identifikator	7a8aae59-71a4-4500-b38b-bdf15c7f627f
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	29.03.2017

9.2.6. Metadaten Realnutzungskartierung ab 2018 OGD Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

<https://www.data.gv.at/katalog/dataset/2f5baa1f-208c-42c2-8d04-9ea74aa1b229>, 09.04.2020

Titel: Realnutzungskartierung ab 2018 Wien

Beschreibung: Dieser Datenbestand bildet die tatsächliche Flächennutzung Wiens in generalisierter Form ab. Die Datenbasis ist eine Luftbildinterpretation unter Hinzunahme ergänzender Sachdaten. Es gibt 32 Nutzungskategorien aus den Bereichen Wohnen, Grünflächen, Verkehr, etc. Die Nutzungskategorien sind hierarchisch in 3 Levels gegliedert.

Tabelle 10: Metadaten Realnutzungskartierung ab 2018 OGD Stadt Wien

Titel und Beschreibung Englisch	General data on actual land use in Vienna, based on an aerial interpretation and supplementary facts. There are 32 different land use categories in several areas: housing, green spaces, traffic and transport, etc. The land use categories are subdivided into three levels.
Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=1995060915103983
Datenverantwortliche Stelle - E-Mail-Kontakt	post@ma18.wien.gv.at
Veröffentlichende Stelle	Stadt Wien
Kontaktseite der veröffentlichenden Stelle	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/
Veröffentlichende Stelle - E-Mailkontakt	open@post.wien.gv.at
Lizenz	Creative Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz Zitat	Datenquelle: Stadt Wien – https://data.wien.gv.at
Link zur Lizenz	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de
Link zu den Nutzungsbedingungen	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/
Attributbeschreibung	NUTZUNG_LEVEL3: locker bebautes Wohn(misch)gebiet; Wohn(misch)gebiet mittlerer Dichte; dichtes Wohn(misch)gebiet; großvolumiger, solitärer Wohn(misch)bau; Büro- und Verwaltungsstrukturen; solitäre Handelsstrukturen; Geschäfts-, Kern- und Mischgebiet; Mischnutzung wenig dicht / alter Ortskern; Industrie, produzierendes Gewerbe, Großhandel inklusive Lager; Kultur, Freizeit, Religion, Messe; Gesundheit und Einsatzorganisationen; Bildung; Sport und Bad (Indoor); Militärische Anlagen; Kläranlage, Deponie; Energieversorgung, Rundfunkanlagen; Wasserversorgung; Transformationsfläche, Baustelle, Materialgewinnung; Straßenraum begrünt; Straßenraum unbegrünt; Parkplätze, Parkhäuser; Bahnhöfe, Bahnanlagen; Transport und Logistik inklusive Lager; Park, Grünanlage; Sport und Bad (Outdoor), Camping; Friedhof; Acker; Weingarten; Gärtnerei, Obstplantage; Wald; Wiese; Gewässer inklusive Bachbett NUTZUNG_LEVEL2: Erholungs- und Freizeiteinrichtungen; Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung (Schwerpunkt betriebliche Tätigkeit); Gewässer; Industrie- und Gewerbenutzung; Landwirtschaft; Naturraum; soziale Infrastruktur; Straßenraum; Technische Infrastruktur/Kunstabauten/Sondernutzung; weitere verkehrliche Nutzungen; Wohn- u. Mischnutzung (Schwerpunkt Wohnen) NUTZUNG_LEVEL1: Baulandnutzung; Grünlandnutzung; Verkehr
Geographische Abdeckung/Lage	Wien

Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Zeitliche Ausdehnung (Anfang)	01.01.2007 01:00:00
Datum des Metadatensatzes	15.04.2020 14:27:28
Aktualisierungszyklus	nach Bedarf
Datenqualität/Herkunft	Allfällige Interpretationsunschärfen werden durch die Hinzunahme ergänzender Sachdaten bereinigt. Weiters wird die Qualität durch die Ortskenntnis der MA 18 und MA 21 sichergestellt. Die geometrische Grundlage stellen die Baublöcke des Räumlichen Bezugssystems Wien dar.
Kategorie	Geographie und Planung
Bezeichnung der Metadatenstruktur	OGD Austria Metadata 2.4
Sprache des Metadatensatzes	Ger
Character Set Code des Metadatensatzes	utf8
Eindeutiger Identifikator	2f5baa1f-208c-42c2-8d04-9ea74aa1b229
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	09.12.2019

9.2.7. Metadaten Zählbezirksgrenzen OGD Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

https://www.data.gv.at/katalog/dataset/stadt-wien_zhlbezirksgrenzenwien, 18.03.2020

Titel: Zählbezirksgrenzen Wien

Beschreibung: Zählbezirke sind statistische Definitionen. Die 23 Bezirke werden in 250 Zählbezirke unterteilt.

Tabelle 11: Metadaten Zählbezirksgrenzen OGD Stadt Wien

Titel und Beschreibung Englisch	Sub-districts are statistical definitions. The 23 municipal districts in Vienna are subdivided into 250 sub-districts.
Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 21 - Stadtteilplanung und Flächennutzung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=2012101511392613

Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma21.wien.gv.at
Veröffentlichende Stelle	Stadt Wien
Kontaktseite der veröffentlichenden Stelle	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/
Veröffentlichende Stelle - E-Mailkontakt	open@post.wien.gv.at
Lizenz	Creative Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz Zitat	Datenquelle: Stadt Wien – https://data.wien.gv.at
Link zur Lizenz	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de
Link zu den Nutzungsbedingungen	https://digitales.wien.gv.at/site/open-data/ogd-nutzungsbedingungen/
Attributbeschreibung	BEZNR: Bezirksnummer (1-2-stellig, numerisch) ZBEZNR: Zählbezirksnummer (1-2-stellig, numerisch) BEZ: Bezirksnummer (2-stellig, Character) ZBEZ: Zählbezirksnummer (4-stellig, Character, inkl. Bezirksnummer) FLAECHE: Fläche in Quadratmetern UMFANG: Umfang in Metern AKT_TIMESTAMP: Letzte Aktualisierung (Datum)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Zeitliche Ausdehnung (Anfang)	01.01.2011 01:00:00
Datum des Metadatensatzes	15.04.2020 14:15:04
Aktualisierungszyklus	wöchentlich
Kategorie	Verwaltung und Politik
Bezeichnung der Metadatenstruktur	OGD Austria Metadata 2.4
Sprache des Metadatensatzes	Ger
Character Set Code des Metadatensatzes	utf8
Eindeutiger Identifikator	e4079286-310c-435a-af2d-64604ba9ade5
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	05.03.2014

9.2.8. Denkmalliste OGD BDA

Link und Downloaddatum für M-DAB:

<https://bda.gv.at/denkmalverzeichnis/#denkmalliste-gemaess-3-dmsg> , 24.03.2020

Titel: Denkmalliste gemäß § 3 DMSG

Beschreibung: Die Liste ist nach Bundesländern, innerhalb der Bundesländer nach Gemeinden, innerhalb der Gemeinden nach Adressen, und zwar jeweils alphabetisch bzw. nach Katastralgemeindenummern geordnet. Der Umfang der Unterschutzstellung ist in der tabellarischen Übersicht nicht angeführt. Die Tatsache der Unterschutzstellung unbeweglicher Denkmale ist im Grundbuch ersichtlich gemacht. Die entsprechenden Unterlagen finden Sie in der Urkundensammlung des Grundbuchs. Unter Denkmalschutz stehende bewegliche Objekte sind in dieser Liste nicht enthalten. Auskünfte zu den einzelnen Objekten können bei den zuständigen regionalen Abteilungen bzw. in der Zentrale des Bundesdenkmalamtes eingeholt werden.

Der für die Erstellung der Listen relevante Stichtag ist in der Kopfzeile des pdf-Files angeführt und gilt analog für die anderen Formate. Die Aktualisierung erfolgt jeweils mit 1. Jänner (bis spätestens 30. Juni) jedes Kalenderjahres.

Bei der Denkmalliste handelt es sich um ein freies Werk gemäß § 7 Abs. 1 Urheberrechtsgesetz. Sie genießt daher keinen urheberrechtlichen Schutz.

Tabelle 12: Metadaten Denkmalliste OGD BDA

Datenverantwortliche Stelle	Bundesdenkmalamt
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://bda.gv.at/index.php?id=18&L=1
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	service@bda.gv.at
Veröffentlichende Stelle	Bundesdenkmalamt
Kontaktseite der veröffentlichenden Stelle	https://bda.gv.at/index.php?id=18&L=1
Veröffentlichende Stelle - E-Mailkontakt	service@bda.gv.at
Lizenz	freies Werk gemäß § 7 Abs. 1 Urheberrechtsgesetz
Attributbeschreibung	ObjektID;Gemeinde (=Gemeindenname + Gemeindenummer9 ; KG (=Katastralgemeindenname + Katastralgemeindenummer) ; Bezeichnung (=Objektnamen und Kurzbeschreibung); Adresse (=Adresse, Straße, Nummer);GdstNr (=Grundstücksnummer);Status (=Beschreibung der Unterschutzstellung durch Bescheid, Verordnung, ...)
Geographische Abdeckung/Lage	3.354 Objekte in Wien
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	18.02.2020

9.3. Metadaten Kooperationsvereinbarung MA 18

9.3.1. Metadaten Widmung/Bauklassen Stadt Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

Bereitstellung durch MA 21 am 15.04.2020

Titel: Bauklassen Wien

Beschreibung: Generalisierte Flächenwidmung mit der BKL-Abgrenzung als Flächenbestand

Tabelle 13: Metadaten Widmung/Bauklassen

Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 21 - Stadtteilplanung und Flächennutzung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=2012101511392613
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma21.wien.gv.at
Lizenz	Kooperationsvereinbarung und Nutzungsbedingung für Projekt M-DAB keine Weitergabe an Dritte
Attributbeschreibung	OBJECTID Shape (=Geometrie) Widmung (= Kürzel z.B. W1) Widmung_txt (=Beschreibung der Widmung z.B. Wohngebiet Bauklasse 1), Widmungsklasse (=Kürzel Widmungsklasse), Widmungsklasse_txt (=Beschreibung Widmungsklasse), Bezirk (=Bezirksnummer)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet)
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt von Hr. DI Mario Marth, MA 21 Meta-Datenbeschreibung durch M-DAB Team / Stefan Bindreiter
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	Datenabzug vom 15.04.2020

9.3.2. Metadaten Besondere Bestimmungen Bauhöhen Stadt Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

Bereitstellung durch MA 21 am 15.04.2020

Titel: Besondere Bestimmungen Höhen

Beschreibung: in den Plandokumenten planlich festgesetzte Höhenbeschränkungen als Punktbestand

Tabelle 14: Metadaten Besondere Bestimmungen Bauhöhen

Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 21 - Stadtteilplanung und Flächennutzung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=2012101511392613
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma21.wien.gv.at
Lizenz	Kooperationsvereinbarung und Nutzungsbedingung für Projekt M-DAB keine Weitergabe an Dritte
Attributbeschreibung	OBJECTID Shape (=Geometrie) BH (=Bauhöhe als textliche Bestimmung)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet)
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt von Hr. DI Mario Marth, MA 21 Meta-Datenbeschreibung durch M-DAB Team / Stefan Bindreiter
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	Datenabzug vom 15.04.2020

9.3.3. Metadaten Digitale Katastralmappe Stadt Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

Bereitstellung durch MA 41 am 29.04.2020

Titel: Digitale Katastralmappe / Grundstücksgrenzen Wien

Beschreibung: *Grafischer Datenbestand des Katasters im Koordinatensystem der österreichischen Landesvermessung in digitaler Form in einem exakt definierten Format. Die DKM enthält alle Informationen der Analogen Katastralmappe, die Daten sind mit den Datenbanken des Katasters (Grundstücksdatenbank, Koordinatendatenbank) konsistent. Gleichartige Informationen sind in Layern (Ebenen gleicher Informationen) zusammengefasst (Zeichenschlüssel siehe Vermessungsverordnung).* (siehe

https://www.bev.gv.at/portal/page?_pageid=713,1603883&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Tabelle 15: Metadaten Digitale Katastralmappe

Datenverantwortliche Stelle	Magistrat der Stadt Wien, MA 41 – Stadtvermessung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	www.stadtvermessung.wien.at
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma41.wien.gv.at
Lizenz	Kooperationsvereinbarung und Nutzungsbedingung für Projekt M-DAB keine Weitergabe an Dritte
Attributbeschreibung	KG (=Katastralgemeindenummer), GNR (=Grundstücksnummer)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet)
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt von Hr. Ing. Peter Strutzenberger, MA41 Meta-Datenbeschreibung durch M-DAB Team / Stefan Bindreiter
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	04.10.2019

9.3.4. Metadaten Baujahr Stadt Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

Bereitstellung durch MA 19 am 14.02.2020

Titel: Baujahr/Gebäudealter Wien

Beschreibung: Liste von knapp 56000 Gebäudeadressen, wovon 11450 ein konkretes Baujahr zugewiesen wurde.

Tabelle 16: Metadaten Baujahr / Gebäudealter

Datenverantwortliche Stelle	Magistrat Wien - Magistratsabteilung 19 - Architektur und Stadtgestaltung
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=stelle&Type=K&stellecd=1995060915113615
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma19.wien.gv.at
Lizenz	Kooperationsvereinbarung und Nutzungsbedingung für Projekt M-DAB keine Weitergabe an Dritte
Attributbeschreibung	STRASSENNAME (=Adresse Straßenname), ONR (=Hausnummer/von als nr), VONA (=Hausnummer/von als text), BISN (=Hausnummer/bis als nr) , BISA (=Hausnummer/bis als text), STIEGEN (=stiege), BEZIRK (=bezirksnummer), IDENTADRESSEN 1 (=alternative adresse), IDENTADRESSEN 2 (=alternative adresse), IDENTADRESSEN 3 (=alternative adresse), BAUJAHR (=baujahr)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet), 11450 Adresseinträge mit Baujahrinformation
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt durch MA19
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	14.02.2020

9.3.5. Metadaten Bauanzeigen Stadt Wien

Link und Downloaddatum für M-DAB:

Bereitstellung durch MA 37 am 27.05.2020

Titel: Datenexport nach Berichtsschema P1

Beschreibung: Datenabzug Bauverfahren / Baubeginne u. Fertigstellungen, mehr als 72.000 Einträge von 2005-2020/01

Tabelle 17: Metadaten Bauanzeigen / Datenauszug

Datenverantwortliche Stelle	Magistratsabteilung 37 – Baupolizei
Kontaktseite der datenverantwortlichen Stelle	https://www.wien.gv.at/kontakte/ma37/index.html
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	post@ma37.wien.gv.at
Lizenz	Kooperationsvereinbarung und Nutzungsbedingung für Projekt M-DAB keine Weitergabe an Dritte Hinweis: in einem gemeinsamen Video-Meeting wurden nur die fettgedruckten Attribute aus dem Datenauszug extrahiert und für die weitere Projektnutzung verwendet.
Attributbeschreibung	Name, Bezirk, Straße, Hausnummer, Katastralgemeinde-Name, Einlagezahl, Titel, ACD (=Adresscode), Geschäftsfallmaterie, Status (1), Sachgebiet, Begriffe, Betreff/Ergänzungen, Zuständige OE, Zuständige/r Bearbeiter/in, Ein-/Ausgangsdatum, Status des Geschäftsfalls, Abgelegt am, Fachdatum, Wert, Am/Von, Abgelegt, FD1, FD2, FD3, FD4, ENDE DLZ, Kleing, KLG, 70a, Bauanz, 62, Dach, DG, Neub, Erricht, Zubau, Umbau, Abbruch, baul, techn, 61, Planwechsel, Planw, KLG, 70a, Bauanzeige 62, DG-Ausbau (=ja/nein Dachgeschoßausbau), Neubau (=ja/nein Neubau), Zubau (=ja/nein Zubau), Umbau (=ja/nein Umbau), Abbruch (=ja/nein Abbruch) , baul. Änderung, techn. Anlage, Planwechsel, Sonstiges)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet), gefiltert 46600 von > 72000 Einträge mit positiven Einträgen zu DG-Ausbau, Neubau, Zubau, Umbau oder Abbruch
Geographische Ausdehnung	WGS84: POLYGON ((16.577511 48.322571, 16.18218 48.117668))
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt durch Hrn. Ing. Richard Nowak, MA37
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	27.05.2020

9.4. Metadaten Datensätze aus Vorprojekten (Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement)

9.4.1. Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - Wohngebäude vor 1919

Link und Downloaddatum für M-DAB: Bereitstellung durch Jakob Lederer am 27.03.2020

Titel: WWTF Projekt TransLoC (ESR17-067) Sampledaten - Wohngebäude vor 1919

Beschreibung: Gebäudeinformation zu Wohngebäuden (Gebäudeteile aus Flächenmehrzweckkarte) mit Baujahr vor 1919 und Grundfläche > 100m²

Tabelle 18: Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - Wohngebäude vor 1919

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement - Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	Jakob.lederer@tuwien.ac.at
Lizenz	Zum projektinternen Abgleich und Verbesserung der Zuordnung von Baualter und Bauperiode-Informationen zu Bauteil-Objekten aus der Flächenmehrzweckkarte
Attributbeschreibung	id, no_1, no_6, objectid , o_kote, h_rel, hoehe_dgm, flaeche, umfang, fmzk_id (=ID des Gebäudeteils in der Flächenmehrzweckkarte) , m3, hauptnutzung, kategorie, bauperiode_block , beznr , bauperiode_mat , bauperiode_kombi , mineral, iron_steel, alu, copper, pvc, wood, asbestos, varplastics, nutzung_flwp, nutzung_flwp_code, volkat, m2kat, bjkat (=baujahr Kategorie) , dabei, bj1 , bj2 , randnr
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet) - Sample
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt durch Jakob Lederer
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	(WWTF-TransLoC_Buildings_Baukoerper-Wien-Materials_Samples-DGA-Sanierung_vers1.1.xlsb) 27.03.2020

9.4.2. Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - Wohngebäude 1919-1945

Link und Downloaddatum für M-DAB: Bereitstellung durch Jakob Lederer am 27.03.2020

Titel: WWTF Projekt TransLoC (ESR17-067) Sampledaten - Wohngebäude 1919-1945

Beschreibung: Gebäudeinformation zu Wohngebäuden (Gebäudeteile aus Flächenmehrzweckkarte) mit Baujahr vor 1919-1945 und Grundfläche > 200 m²

Tabelle 19: Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - Wohngebäude 1919-1945

Datenverantwortliche Stelle	TU-IWR-DAR
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	Jakob.lederer@tuwien.ac.at
Lizenz	Zum projektinternen Abgleich und Verbesserung der Zuordnung von Baualter und Bauperiode-Informationen zu Bauteil-Objekten aus der Flächenmehrzweckkarte
Attributbeschreibung	id, no_1,no_6, objectid ,o_kote,h_rel,hoehe_dgm,flaeche,umfang, fmzk_id (=ID des Gebäudeteils in der Flächenmehrzweckkarte) ,m3,hauptnutzung,kategorie, bauperiode_block,beznr,bauperiode_mat,bauperiode_kombi ,mineral,iron_steel,alu,copper,pvc,wood,asbestos,varplastics,nutzung_flwp,nutzung_flwp_code,volkat,m2kat, bjkat (=baujahr Kategorie) , randnr, dabei
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet) - Sample
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt durch Jakob Lederer
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	(WWTF-TransLoC_Buildings_Baukoerper-Wien-Materials_Samples-DGA-Sanierung_vers1.1.xlsb) 27.03.2020

9.4.3. Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - DGA Wohngebäude vor 1919

Link und Downloaddatum für M-DAB: Bereitstellung durch Jakob Lederer am 27.03.2020

Titel: WWTF Projekt TransLoC (ESR17-067) Sampledaten - Dachgeschoßausbauten bei Wohngebäuden vor 1919

Beschreibung: Information ob bei Wohngebäuden (Gebäudeteile aus Flächenmehrzweckkarte) mit Baujahr vor 1919 ein Dachgeschoßausbau erfolgt ist

Tabelle 20: Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - DGA Wohngebäude vor 1919

Datenverantwortliche Stelle	TU-IWR-DAR
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	Jakob.lederer@tuwien.ac.at
Lizenz	Zum projektinternen Abgleich und Verbesserung der Zuordnung von Ausbau und Sanierungsstatus zu Bauteilobjekten aus der Flächenmehrzweckkarte
Attributbeschreibung	FMZK_ID (ID in FMZK), Kein DGA 2015, DGA vor 1990, DGA 1990-2015, Nicht dabei (abgebrochen)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet) - Sample
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt durch Jakob Lederer
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	(WWTF-TransLoC_Buildings_DGA-Auswertung_vrs2.0.xlsx) 27.03.2020

Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - DGA Wohngebäude 1919-1945

Link und Downloaddatum für M-DAB: Bereitstellung durch Jakob Lederer am 27.03.2020

Titel: WWTF Projekt TransLoC (ESR17-067) Sampledaten – Dachgeschoßausbauten bei Wohngebäuden 1919-1945

Beschreibung: Information ob bei Wohngebäuden (Gebäudeteile aus Flächenmehrzweckkarte) mit Baujahr vor 1919-1945 ein Dachgeschoßausbau erfolgt ist

Tabelle 21: Metadaten Sampledaten WWTF Projekt TransLoC - DGA Wohngebäude 1919-1945

Datenverantwortliche Stelle	TU-IWR-DAR
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	Jakob.lederer@tuwien.ac.at
Lizenz	Zum projektinternen Abgleich und Verbesserung der Zuordnung von Ausbau und Sanierungsstatus zu Bauteilobjekten aus der Flächenmehrzweckkarte
Attributbeschreibung	FMZK_ID (ID in FMZK), Kein DGA 2015, DGA vor 1990, DGA 1990-2015, Nicht dabei (abgebrochen)
Geographische Abdeckung/Lage	Wien (gesamtes Stadtgebiet) - Sample
Datenqualität/Herkunft	Daten bereitgestellt durch Jakob Lederer
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	(WWTF-TransLoC_Buildings_DGA-Auswertung_vrs2.0.xlsx) 27.03.2020

9.5. Metadaten Datensätze M-DAB

9.5.1. Metadaten Materialmengen nach Bauperiode, Nutzung, Gebäudevolumenskategorie

Link und Downloaddatum für M-DAB: Bereitstellung durch Jakob Lederer am 27.03.2020

Titel: Materialintensitäten nach Bauperiode, Nutzung und Gebäudevolumenskategorie in t/m³

Beschreibung: Tabelle mit unterschiedlichen Materialintensitäten in t je m³ Bruttorauminhalt abhängig von Bauperiode, Nutzung, Gebäudeteilvolumen aufgeschlüsselt für 9 Materialgruppen 1 Beton inkl. Estrich, 2 Ziegelmauerwerk, 3 Holz, 4 Stahl, 5 Glas, 6 Mineralwolle, 7 Polystyrol, 8 Gipsplatten, Gips, 9 Sand Kies Stein

Tabelle 22: Metadaten Materialmengen nach Bauperiode, Nutzung, Gebäudevolumen

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement - Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	Jakob.lederer@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	<p>Mgroupidx (Materialgruppenindex 1 bis 9), useidx (Nutzungskategorieindex 1 bis 4), size(Volumskategorie 1-4), p_unknown (Materialmenge in t/m³ - Bauperiode unbekannt), p_s1919 (Materialmenge in t/m³ - Bauperiode vor 1919), p_s1945 (Materialmenge in t/m³ - Bauperiode 1919-1944), p_s1980 (Materialmenge in t/m³ - Bauperiode 1945-1979), p_s2000 (Materialmenge in t/m³ - Bauperiode 1980-1999), p_geq2000 (Materialmenge in t/m³ - Bauperiode nach 2000)</p> <p>*Materialgruppen: 1 Beton inkl. Estrich, 2 Ziegelmauerwerk, 3 Holz, 4 Stahl, 5 Glas, 6 Mineralwolle, 7 Polystyrol, 8 Gipsplatten, Gips, 9 Sand Kies Stein,</p> <p>**Nutzungskategorie: 1 Wohnen, 2 Gemischt/Büro, 3 Industrie, 4 Sonstiges</p> <p>***Volumskategorien: 0 ... average, 1 ... <1000m³ GV, 2 ... <=10000 m³GV, 3 ... >10000m³GV (GV = Gross Volume -> Bruttorauminhalt)</p>
Datenqualität/Herkunft	Projekt M-DAB, TUW-IWR-FAR
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	(Lederer 2020 MDAB_AP2_IWR-TU_vers1.1.xlsx) 08.04.2020

9.5.2. Metadaten Materialbilanz bei Dachgeschoßausbauten

Link und Downloaddatum für M-DAB: Bereitstellung durch Jakob Lederer am 27.03.2020

Titel: Materialbilanz bei Dachgeschoßausbauten

Beschreibung: Tabelle mit Materialbilanz (Neubau und Abbruchmaterialien) bei Dachgeschoßausbauten (in t je m² Bruttogeschosßfläche des Dachgeschoßausbaus) aufgeschlüsselt für jede Materialgruppe (1 Beton inkl. Estrich, 2 Ziegelmauerwerk, 3 Holz, 4 Stahl, 5 Glas, 6 Mineralwolle, 7 Polystyrol, 8 Gipsplatten, Gips, 9 Sand Kies Stein) für Gebäude, die vor 1946 errichtet wurden.

Tabelle 23: Metadaten Materialbilanz bei Dachgeschoßausbauten

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement - Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	Jakob.lederer@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	Mgroupidx (Materialgruppenindex 1 bis 9), in (Materialmenge, die verbaut wird, in t/m ² BGF**), out (Materialmenge, die abgebrochen wird, in t/m ² BGF**) *Materialgruppen: 1 Beton inkl. Estrich, 2 Ziegelmauerwerk, 3 Holz, 4 Stahl, 5 Glas, 6 Mineralwolle, 7 Polystyrol, 8 Gipsplatten, Gips, 9 Sand Kies Stein **BGF Bruttogeschosßfläche des Dachgeschoßausbaus
Datenqualität/Herkunft	Projekt M-DAB, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement - Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	(Lederer 2020 MDAB_AP2_IWR-TU_vers1.1.xlsx) 08.04.2020

9.6. Metadaten Datensätze M-DAB Datenbank

Die in M-DAB erzeugten Datensätze werden für den Visualisierungsprototypen über eine REST-Schnittstelle zur Verfügung gestellt. Neben den für die Darstellung benötigten Geometrien der Bezirks-, Zählbezirks- und Baublockgrenzen werden auch die Bezeichnungen für die Materialgruppen, die Gebäudenutzungen über diese Schnittstelle zur Verfügung gestellt. Die wesentlichsten Inhalte sind jedoch die Materialmengen je m² Bruttogeschoßfläche bzw. je m³ Bruttogebäudevolumen, die für die unterschiedlichen Bauperioden, Gebäudenutzungen und Gebäudegrößen hinterlegt sind.

Zudem wurden im Zuge des Projekts eine umfassende Attributsammlung auf Gebäudeteil-Ebene aus unterschiedlichsten Quellen zusammengestellt, die vom Visualisierungsprototypen auf verschiedenen Ebenen aggregiert und ausgewertet werden können.

9.6.1. DB-Metadaten - Attributsammlung je Gebäudeteil

Titel: Simulation Basisdaten

Beschreibung: Tabelle mit gesammelten Attributen auf Gebäudeteil-Ebene, welche das den Status-Quo des Gebäudebestands der Stadt Wien abbildet. Über die REST-Schnittstelle können die Daten aggregiert für Gebäude, Baublock, Zählbezirk, Bezirk und die gesamte Stadt abgerufen werden und dabei nach Baublöcken, Zählbezirken, Bezirken gefiltert werden.

Tabelle 24: Metadaten Datenbankabfrage Attributsammlung je Gebäudeteil

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	<p>name: Bezeichnung des Objekts (Abhängig vom Aggregationslevel: Schlüssel für Gebäudeteil, Gebäude, Baublock, Zählbezirk, Bezirk) text blk: Schlüssel für Baublock, text</p> <p>alevel: Aggregationslevel, numerisch (0-5, wobei 0... Wien, 1... Bezirk, 2... Zählbezirk, 3... Baublock, 4...Gebäude, 5...Gebäudeteil) alevelname: Bezeichnung Aggregationslevel, text flevel: Filterlevel, numerisch (0-3, wobei 0... Wien, 1... Bezirk, 2... Zählbezirk , 3... Baublock) flevelname: Bezeichnung Filterlevel, text</p> <p>agebteile: Anzahl Gebäudeteile, numerisch ageb: Anzahl Gebäude, numerisch</p> <p>baup: Liste der vorkommenden Bauperioden (Namen), nutzungen: Liste der vorkommenden Nutzung (Nutzungsschlüssel),</p> <p>gebeitedga: Anzahl Gebäudeteile mit Dachgeschoßausbau, numerisch gebeitelesaniert: Anzahl Gebäudeteile saniert, numerisch gebeitedenkmal: Anzahl Gebäudeteile denkmalgeschützt, numerisch</p>

	<p> baukl_min: minimale Bauklasse in Aggregation, numerisch baukl_max: maximale Bauklasse in Aggregation, numerisch m2flaeche: aggregierte Grundfläche der Gebäudeteile in m², numerisch m3volumen: aggregiertes Volumen der Gebäudeteile in m³, numerisch m2gfz: Bruttogeschosßfläche der Gebäudeteile in m², numerisch m3dgavolpot: Potenzial Dachgeschoßausbau in m³, numerisch m2gfzpotential: Potenzial Bruttogeschosßfläche Ausbau in m², numerisch m3gfzvolpot: Potenzial Gebäudevolumen Ausbau in m³, numerisch <i>m2gfpotential*</i>: Potenzial Grundfläche Zubau in m², numerisch <i>m3gfvolpotmin*</i>: minimales Potenzial Gebäudevolumen Zubau in m³, numerisch <i>m3gfvolpotmax*</i>: maximales Potenzial Gebäudevolumen Zubau in m³, numerisch mgBestand: Array (9 Materialgruppen) des Bestandsmaterials in Tonnen je Materialgruppe mgPotDGAusbau: Array (9 Materialgruppen) des Potenzials für Dachgeschoßausbauten in Tonnen je Materialgruppe mgPotDGAOut: Array (9 Materialgruppen) der potentiellen Abbruchmengen durch Dachgeschoßausbauten in Tonnen je Materialgruppe mgPotVollAusbau: Array (9 Materialgruppen) des Potenzials für Ausbau in Tonnen je Materialgruppe <i>mgPotZubauMin*</i>: Array (9 Materialgruppen) des minimalen Potenzials durch Zubauten in Tonnen je Materialgruppe <i>mgPotZubauMax*</i>: Array (9 Materialgruppen) des maximalen Potenzials für Zubauten in Tonnen je Materialgruppe mgPotVollAusbauHolz: Array (9 Materialgruppen) des Potenzials für Ausbau in Holzbauweise in Tonnen je Materialgruppe <i>mgPotZubauMinHolz*</i>: Array (9 Materialgruppen) des minimalen Potenzials für Zubauten in Holzbauweise in Tonnen je Materialgruppe <i>mgPotZubauMaxHolz*</i>: Array (9 Materialgruppen) des maximalen Potenzials für Zubauten in Holzbauweise in Tonnen je Materialgruppe <i>*erst ab Aggregationslevel Baublock verfügbar, da auf Gebäude- und Gebäudeteilebene zusätzliche Bauflächenpotenziale am Grundstück nicht erfasst werden können.</i> </p>
Datenqualität/Herkunft	Projekt M-DAB
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	interne REST-Schnittstelle der Projektdatenbank 01.02.2021

9.6.2. DB-Metadaten - Materialintensität

Titel: Materialintensität

Beschreibung: Materialintensität in Tonnen je m³ umbauten Raum (Bruttogebäudevolumen)

Tabelle 25: Metadaten Datenbankabfrage Materialintensität

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	baupname: Bezeichnung Bauperiode, text baupcl: Schlüssel Bauperiode, numerisch (0-5) size_id: Schlüssel Gebäudevolumen, numerisch (1-3) use_id: Schlüssel Gebäudenutzung, numerisch (1-4) mg1: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe1, mg2: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe2, mg3: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe3, mg4: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe4, mg5: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe5, mg6: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe6, mg7: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe7, mg8: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe8, mg9: Materialmenge in Tonnen je m ³ - Materialgruppe9
Datenqualität/Herkunft	Projekt M-DAB / Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement - Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	Liste von Objekten in json via interner REST-Schnittstelle der Projektdatenbank, 01.02.2021

9.6.3. DB-Metadaten - Materialintensität Dachgeschoßausbau

Titel: Materialintensität Dachgeschoßausbau

Beschreibung: Materialintensität in Tonnen je m² Bruttogeschoßfläche (BGF) bei Dachgeschoßausbauten je Materialgruppen, wobei typische Mengen des Abbruchmaterials und die neu verbauten Materialien berücksichtigt werden.

Tabelle 26: Metadaten Datenbankabfrage Materialintensität DGA

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	Datenbankumsetzung mgroupidx: Schlüssel Materialgruppenindex, numerisch (1-9) m_out: Abbruchmaterial in Tonnen je m ² BGF m_in: "Neubau-/Sanierungsmaterial" in Tonnen je m ² BGF
Datenqualität/Herkunft	Projekt M-DAB / Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement - Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	Liste von Objekten in json via interner REST-Schnittstelle der Projektdatenbank, 01.02.2021

9.6.4. DB-Metadaten Materialien

Titel: Materialnamen

Beschreibung: Bezeichnung der Materialien auf Deutsch und Englisch

Tabelle 27: Metadaten Datenbankabfrage Materialien

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	material_id - Primärschlüssel, numerisch name_de: Materialbezeichnung deutsch name_en: Materialbezeichnung englisch mggroup_id: Zuordnung Materialgruppe (Fremdschlüssel, numerisch) Materialnamen (deutsch): "Beton", "Estrich", "Ziegel", "Mörtel", "Putz", "Holz", "Stahl", "Glas", "Mineralwolle", "Polystyrol", "Gips", "Sand", "Kies", "Stein"
Datenqualität/Herkunft	Projekt M-DAB
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	Liste von Objekten in json via interner REST-Schnittstelle der Projektdatenbank, 01.02.2021

9.6.5. DB-Metadaten Materialgruppen

Titel: Materialgruppen

Beschreibung: Bezeichnung der Materialgruppe auf Deutsch und Englisch

Tabelle 28: Metadaten Datenbankabfrage Materialgruppen

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	mgroup_id: Primärschlüssel, numerisch name_de: Materialgruppenbezeichnung deutsch name_en: Materialgruppenbezeichnung englisch Materialgruppen (deutsch): "Beton inkl. Estrich", "Ziegelmauerwerk", "Holz", "Stahl", "Glas", „Mineralwolle", "Polystyrol", "Gipsplatten, Gips", "Sand, Kies, Stein"
Datenqualität/Herkunft	Projekt M-DAB
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	Liste von Objekten in json via interner REST-Schnittstelle der Projektdatenbank, 01.02.2021

9.6.6. DB-Metadaten Gebäudenutzung

Titel: Gebäudenutzung

Beschreibung: Bezeichnung der Gebäudenutzung auf Deutsch und Englisch

Tabelle 29: Metadaten Datenbankabfrage Gebäudenutzung

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	use_id: Primärschlüssel, numerisch name_de: Bezeichnung Gebäudenutzung deutsch name_en: Bezeichnung Gebäudenutzung englisch Nutzungsbezeichnungen (deutsch): "Wohnen", "Gemischt/Büro", "Industrie", "Sonstiges"
Datenqualität/Herkunft	Projekt M-DAB
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	Liste von Objekten in json via interner REST-Schnittstelle der Projektdatenbank, 01.02.2021

9.6.7. DB-Metadaten Bezirksgeometrien

Titel: Geometriedaten der Wiener Gemeindebezirke

Beschreibung: Geometriedaten im geojson-Format der Wiener Gemeindebezirke

Tabelle 30: Metadaten Datenbankabfrage Bezirksgeometrien

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	siehe Metadaten Bezirksgrenzen OGD Wien in Abschnitt 8.2.
Datenqualität/Herkunft	siehe Metadaten Bezirksgrenzen OGD Wien in Abschnitt 8.2.
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	geojson Featurecollection via interner REST-Schnittstelle der Projektdatenbank, 01.02.2021

9.6.8. DB-Metadaten Zählbezirksgeometrien

Titel: Geometriedaten der Wiener Zählbezirke

Beschreibung: Geometriedaten im geojson-Format der Wiener Zählbezirke

Tabelle 31: Metadaten Datenbankabfrage Zählbezirksgeometrien

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	siehe Metadaten Zählbezirksgrenzen OGD Wien in Abschnitt 8.2.
Datenqualität/Herkunft	siehe Metadaten Zählbezirksgrenzen OGD Wien in Abschnitt 8.2.
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	geojson Featurecollection via interner REST-Schnittstelle der Projektdatenbank, 01.02.2021

9.6.9. DB-Metadaten Baublockgeometrien

Titel: Geometriedaten der Wiener Baublöcke

Beschreibung: Geometriedaten im geojson-Format der Wiener Baublöcke

Tabelle 32: Metadaten Datenbankabfrage Baublockgeometrien

Datenverantwortliche Stelle	Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Örtliche Raumplanung / Simlab
Datenverantwortliche Stelle - E-Mailkontakt	stefan.bindreiter@tuwien.ac.at
Lizenz	Zur projektinternen Verwendung
Attributbeschreibung	siehe Metadaten Baublöcke OGD Wien in Abschnitt 8.2.
Datenqualität/Herkunft	siehe Metadaten Baublöcke OGD Wien in Abschnitt 8.2.
Datensatz, Dienst oder Dokument Änderungsdatum	geojson Featurecollection via interner REST-Schnittstelle der Projektdatenbank, 01.02.2021

9.7. Materialintensitäten aufgeschlüsselt nach Gebäude- und Materialkategorie

In diesem Kapitel werden die gemittelten Materialintensitäten je Materialkategorie für die jeweiligen Gebäudekategorien (Bauperiode, Nutzung, Größe) angeführt. Die Methodik der Erstellung der angeführten Kennzahlen wird in Kapitel 4.1 zusammengefasst. Der gesamte Datensatz und die entsprechende Kalkulationsmethodik wurde in einem Peer-reviewten Fachjournal veröffentlicht, siehe Lederer et al. (2021). Der Artikel ist frei verfügbar und unter folgendem [Link](#) abrufbar.

Tabelle 33: Gemittelte Materialintensität von Beton und Estrich je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

Gemittelte Materialintensität von Beton und Estrich je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttorauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919- 1945	1946- 1980	1981- 2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.081	0.132	0.282	0.320	0.320	0.224
<1000 m ³	0.155	0.130	0.295	0.311	0.220	0.241
1000-5000 m ³	0.070	0.217	0.264	0.359	0.389	0.225
> 5000 m ³	0.050	0.053	0.274	0.235	0.263	0.171
Servicegebäude	0.174	0.062	0.172	0.335	0.332	0.251
<1000 m ³	0.080	0.000	0.107	0.272	0.414	0.222
1000-5000 m ³	0.178	0.062	0.244	0.352	0.330	0.262
> 5000 m ³	0.267	0.000	0.293	0.332	0.251	0.273
Industrie- und Gewerbegebäude	0.067	0.236	0.262	0.187	0.208	0.208
<1000 m ³	0.067	0.301	0.238	0.143	0.210	0.208
1000-5000 m ³	0.000	0.145	0.309	0.151	0.324	0.215
> 5000 m ³	0.000	0.230	0.000	0.226	0.177	0.203

Tabelle 34: Gemittelte Materialintensität von Eisen und Stahl je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

Gemittelte Materialintensität von Eisen und Stahl je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttorauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919- 1945	1946- 1980	1981- 2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.003	0.003	0.007	0.026	0.019	0.011
<1000 m ³	0.005	0.003	0.006	0.031	0.015	0.012
1000-5000 m ³	0.003	0.005	0.007	0.022	0.022	0.011
> 5000 m ³	0.003	0.000	0.008	0.012	0.015	0.007
Servicegebäude	0.009	0.002	0.005	0.025	0.019	0.014
<1000 m ³	0.007	0.000	0.003	0.016	0.023	0.012
1000-5000 m ³	0.002	0.002	0.007	0.029	0.019	0.017
> 5000 m ³	0.015	0.000	0.008	0.019	0.015	0.014
Industrie- und Gewerbegebäude	0.001	0.010	0.008	0.019	0.013	0.011
<1000 m ³	0.001	0.008	0.007	0.013	0.012	0.008
1000-5000 m ³	0.000	0.003	0.009	0.013	0.031	0.012
> 5000 m ³	0.000	0.019	0.000	0.025	0.009	0.016

Tabelle 35: Gemittelte Materialintensität von Ziegelmauerwerk (inklusive Mörtel und Putz) je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

Gemittelte Materialintensität von Ziegelmauerwerk (inklusive Mörtel und Putz) je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttorauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919-1945	1946-1980	1981-2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.258	0.179	0.123	0.077	0.065	0.148
<1000 m ³	0.280	0.173	0.135	0.102	0.098	0.145
1000-5000 m ³	0.249	0.119	0.116	0.024	0.030	0.138
> 5000 m ³	0.269	0.266	0.103	0.127	0.141	0.183
Servicegebäude	0.153	0.256	0.146	0.020	0.015	0.087
<1000 m ³	0.134	0.000	0.243	0.057	0.037	0.129
1000-5000 m ³	0.208	0.256	0.000	0.016	0.000	0.079
> 5000 m ³	0.146	0.000	0.000	0.000	0.004	0.043
Industrie- und Gewerbegebäude	0.135	0.125	0.138	0.001	0.030	0.077
<1000 m ³	0.135	0.113	0.207	0.000	0.104	0.123
1000-5000 m ³	0.000	0.133	0.000	0.000	0.000	0.053
> 5000 m ³	0.000	0.135	0.000	0.002	0.000	0.035

Tabelle 36: Gemittelte Materialintensität von Kies-Sand-Naturstein je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

Gemittelte Materialintensität von Kies-Sand-Naturstein je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttorauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919- 1945	1946- 1980	1981- 2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.030	0.030	0.030	0.030	0.028	0.030
<1000 m ³	0.038	0.031	0.032	0.031	0.029	0.032
1000-5000 m ³	0.028	0.030	0.027	0.029	0.028	0.028
> 5000 m ³	0.026	0.027	0.026	0.026	0.025	0.026
Servicegebäude	0.029	0.026	0.028	0.021	0.021	0.024
<1000 m ³	0.032	0.000	0.030	0.022	0.020	0.026
1000-5000 m ³	0.033	0.026	0.021	0.021	0.023	0.023
> 5000 m ³	0.025	0.000	0.027	0.022	0.021	0.023
Industrie- und Gewerbegebäude	0.025	0.023	0.028	0.019	0.018	0.022
<1000 m ³	0.025	0.023	0.032	0.021	0.030	0.027
1000-5000 m ³	0.000	0.032	0.020	0.018	0.022	0.025
> 5000 m ³	0.000	0.014	0.000	0.018	0.011	0.014

Tabelle 37: Gemittelte Materialintensität von Holz je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

Gemittelte Materialintensität von Holz je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttorauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919- 1945	1946- 1980	1981- 2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.012	0.009	0.005	0.004	0.004	0.007
<1000 m ³	0.009	0.011	0.007	0.005	0.007	0.008
1000-5000 m ³	0.012	0.005	0.004	0.004	0.003	0.007
> 5000 m ³	0.014	0.005	0.001	0.000	0.004	0.006
Servicegebäude	0.007	0.006	0.004	0.000	0.004	0.004
<1000 m ³	0.006	0.000	0.005	0.000	0.009	0.006
1000-5000 m ³	0.007	0.006	0.004	0.000	0.000	0.002
> 5000 m ³	0.009	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003
Industrie- und Gewerbegebäude	0.016	0.005	0.002	0.000	0.002	0.004
<1000 m ³	0.016	0.004	0.003	0.000	0.008	0.006
1000-5000 m ³	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.003
> 5000 m ³	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001

Tabelle 38: Gemittelte Materialintensität von Mineralwolle (ohne Trittschalldämmung) je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

Gemittelte Materialintensität von Mineralwolle (ohne Trittschalldämmung) je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttorauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919-1945	1946-1980	1981-2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.00035	0.00053	0.00032	0.00051	0.00057	0.00043
<1000 m ³	0.00010	0.00054	0.00034	0.00078	0.00131	0.00058
1000-5000 m ³	0.00043	0.00080	0.00037	0.00021	0.00028	0.00037
> 5000 m ³	0.00031	0.00023	0.00015	0.00006	0.00000	0.00018
Servicegebäude	0.00031	0.00014	0.00009	0.00022	0.00018	0.00020
<1000 m ³	0.00065	0.00000	0.00015	0.00000	0.00017	0.00025
1000-5000 m ³	0.00000	0.00014	0.00000	0.00033	0.00000	0.00016
> 5000 m ³	0.00013	0.00000	0.00000	0.00000	0.00032	0.00018
Industrie- und Gewerbegebäude	0.00000	0.00017	0.00000	0.00000	0.00009	0.00008
<1000 m ³	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
1000-5000 m ³	0.00000	0.00026	0.00000	0.00000	0.00000	0.00010
> 5000 m ³	0.00000	0.00035	0.00000	0.00000	0.00016	0.00017

Tabelle 39: Gemittelte Materialintensität von Polystyrol (ohne Trittschalldämmung) je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

Gemittelte Materialintensität von Polystyrol (ohne Trittschalldämmung) je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttorauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919-1945	1946-1980	1981-2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.00016	0.00003	0.00015	0.00035	0.00068	0.00026
<1000 m ³	0.00008	0.00000	0.00007	0.00022	0.00083	0.00018
1000-5000 m ³	0.00019	0.00000	0.00019	0.00051	0.00065	0.00032
> 5000 m ³	0.00010	0.00021	0.00029	0.00046	0.00039	0.00026
Servicegebäude	0.00036	0.00035	0.00005	0.00057	0.00088	0.00051
<1000 m ³	0.00039	0.00000	0.00000	0.00064	0.00135	0.00061
1000-5000 m ³	0.00046	0.00035	0.00000	0.00051	0.00067	0.00045
> 5000 m ³	0.00029	0.00000	0.00026	0.00074	0.00054	0.00046
Industrie- und Gewerbegebäude	0.00000	0.00020	0.00090	0.00018	0.00065	0.00041
<1000 m ³	0.00000	0.00046	0.00000	0.00000	0.00066	0.00027
1000-5000 m ³	0.00000	0.00000	0.00269	0.00052	0.00152	0.00095
> 5000 m ³	0.00000	0.00000	0.00000	0.00011	0.00044	0.00024

Tabelle 40: Gemittelte Materialintensität von Gipskartonplatten je Bauwerkskategorie (Nutzung, Alter, Größe) der Wiener Bestandsgebäude erhoben anhand zufällig ausgewählter Stichprobenobjekte, übernommen von Lederer et al. (2021).

Gemittelte Materialintensität von Gipskartonplatten je Gebäudekategorie in t/m ³ Bruttonauminhalt (BRI)						
Bauperiode	<1919	1919- 1945	1946- 1980	1981- 2000	>2000	Total
Wohngebäude	0.00376	0.00513	0.00501	0.00508	0.00583	0.00484
<1000 m ³	0.00204	0.00556	0.00461	0.00585	0.00865	0.00532
1000-5000 m ³	0.00409	0.00401	0.00555	0.00408	0.00461	0.00449
> 5000 m ³	0.00421	0.00428	0.00517	0.00431	0.00403	0.00450
Servicegebäude	0.00345	0.00145	0.00258	0.00270	0.00512	0.00347
<1000 m ³	0.00398	0.00000	0.00085	0.00491	0.00667	0.00394
1000-5000 m ³	0.00000	0.00145	0.00650	0.00205	0.00314	0.00239
> 5000 m ³	0.00464	0.00000	0.00387	0.00308	0.00489	0.00442
Industrie- und Gewerbegebäude	0.00261	0.00396	0.00304	0.00000	0.00191	0.00241
<1000 m ³	0.00261	0.00572	0.00456	0.00000	0.00498	0.00414
1000-5000 m ³	0.00000	0.00161	0.00000	0.00000	0.00000	0.00064
> 5000 m ³	0.00000	0.00366	0.00000	0.00000	0.00085	0.00134

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)