

Der BIM-basierte materielle Gebäudepass als Optimierungswerkzeug

Die Bauindustrie zählt zu den größten Verbrauchern von Rohmaterialien und ist für 40 % des CO₂-Ausstoßes verantwortlich, was eine dringende Optimierung im Sinne der Nachhaltigkeit notwendig macht. Die Steigerung von Recyclingraten in der Baubranche ist daher eine der Hauptstrategien der EU, um den Ressourcenverbrauch sowie die ökologischen Einflüsse und Energieverbräuche zu minimieren. Um effizientes Recycling zu erreichen, ist detailliertes Wissen über die Baubestände und die eingebauten Materialien notwendig, welches meistens nicht vorhanden ist. In diesem Beitrag wird das Konzept des materiellen Gebäudepasses (MGP) präsentiert, welcher für die Evaluierung des Recycling-Potenzials sowie der ökologischen Einflüsse konzipiert ist. Zudem beinhaltet der MGP alle im Gebäude enthaltenen Materialien sowie ihre Eigenschaften und dient als Optimierungswerkzeug in frühen Planungsphasen. In ihrer Forschung haben die Verfasser einen BIM (Building Information Modeling)-basierten MGP für die Optimierung der Planung bezüglich Ressourceneffizienz und ökologischem Fußabdruck erstellt. Dabei wurden die Struktur und die Methode für den MGP sowie der Workflow für die semiautomatisierte Generierung entwickelt und anhand eines Use Case verifiziert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die entwickelte Methode für die MGP-Generierung sehr gut für die Evaluierung der in Gebäuden eingebauten Materialien eignet. Der MGP stellt zudem ein wichtiges Entscheidungswerkzeug in frühen Planungsphasen dar.

Keywords Gebäudepass, materieller; Building Information Modeling (BIM); Ressourceneffizienz; Recycling-Potenzial

1 Einleitung

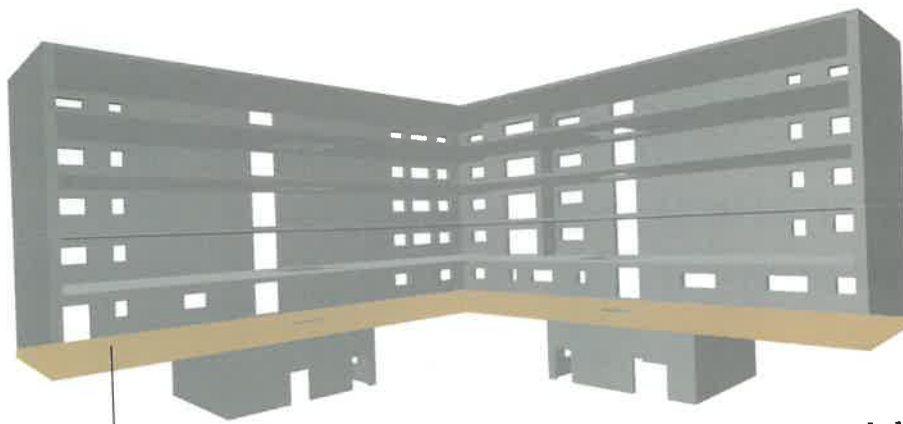
Aufgrund des erwarteten Bevölkerungswachstums bis zu 9 Mio. im Jahr 2050 [1] wird der Bedarf an Rohstoffen steigen, was wiederum zu beachtlichen Abfallmassen führen wird. Daher stellt sich die Frage, wie in Zukunft mit den aufkommenden Massen umgegangen werden soll und ob es ausreichendes Angebot an Land und Rohstoffen gibt. Der Bausektor ist der größte Verbraucher von Rohmaterialien, da 60 % der extrahierten Rohstoffe für Bauarbeiten verwendet werden [2]. Zudem ist der Bausektor für 40 % der CO₂-Emissionen verantwortlich [3]. Die Erhöhung von Recyclingraten stellt eine wichtige Strategie für die Minimierung des Verbrauchs an Rohstoffen,

The BIM-based Material Passport as optimization tool
The construction sector ranks among the biggest consumers of raw materials and is responsible for 40 % of CO₂-emissions, which requires an urgent optimization in terms of sustainability. Maximizing the recycling rates in the construction sector is therefore one of the main strategies of the EU for minimizing the resources consumption as well as the ecological impacts and energy consumption. For enabling efficient recycling, detailed knowledge about the existing stocks and embedded materials is crucial, which is usually not available. In this article the concept of the Material Passport (MP) is presented, which is conceptualized for the evaluation of the recycling potential as well as the ecological impacts. Moreover, the MP consists of all materials as well as their properties and serves as optimization tool in early design stages. In our research a BIM-based MP for optimization of design regarding resources efficiency and ecological footprint was created. Thereby the structure and methodology for the MP as well as the workflow for the semi-automated generation were developed and verified through a use case. Results show, that the developed methodology for compiling the MP and for the evaluation of embedded materials in buildings works properly. Further, the MP represents an important decision tool in early design stages.

Keywords Material Passport; Building Information Modeling; resource efficiency; recycling potential

die aufkommenden Abfallmassen sowie für die Umweltbelastung dar. Diese Strategie ist Teil des Aktionsplans für Circular Economy (CE) der Europäischen Union (EU). CE hat das Ziel, eine ressourceneffiziente und kohlenstoffarme Wirtschaft durch möglichst langes Aufrechterhalten des Werts von Materialien und Ressourcen zu erreichen [4]. Das EU-geförderte Projekt BAMB (Buildings as Material Banks) [5] hat sich die Erstellung von materiellen Gebäudepässen (MGP) zur Unterstützung von CE zum Ziel gesetzt, wobei der Fokus auf der Erhöhung oder Erhaltung des Werts von Materialien, Produkten und Komponenten über einen langen Zeitraum liegt. Um hohe Recyclingraten zu erreichen, ist es notwendig, detailliertes Wissen über den Bestand und die eingebauten Materialien zu besitzen. Derzeit existiert jedoch kein genaues Wissen über die materielle Zusammensetzung der Bestandsgebäude, was das größte Hindernis für die Erzielung hoher Recyclingraten darstellt.

*) Corresponding author: meliha.honic@tuwien.ac.at
Submitted for review: 14 November 2018
Accepted for publication: 25 January 2019



„Decke gegen Außenluft“

Bauteilschicht	[m]
Massivparkett	0,015
Estrichbeton	0,035
Bitumenpappe	0,001
Steinwolle Trittschalldämmung	0,03
Splitt	0,06
Vlies (PE)	0,0015
Brettsperrholz	0,26
PE Dichtungsbahn	0,0015
Holzfaser-Dämmplatte 160kg/m ³	0,2
Kalkzementputz	0,06

Quelle: HONIC, KOVACIC, RECHBERGER

Bild 1 Inhalt des MGP
Content of the MP (Material Passport)

Building Information Modeling (BIM) ermöglicht durch Modellierung und Analyse von neuen Gebäuden als auch von Bestandsgebäuden eine lebenszyklische Optimierung der gebauten Umwelt [6]. Dabei dient das BIM-Modell, welches ein dreidimensionales digitales Abbild eines Gebäudes ist und in BIM-Software mit parametrisierten Objekten erstellt wird [7], als Basis, da es die notwendigen Material- und Geometrieinformationen von Gebäuden beinhaltet.

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse des vom BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) geförderten und abgeschlossenen Forschungsprojekts „BIMaterial: Prozess-Design für einen BIM-basierten MGP“ präsentiert. Das Hauptergebnis dieses Projekts ist die Entwicklung einer BIM-gestützten Methode für die semiautomatisierte Generierung von MGP. Die Methode basiert auf der Kopplung von BIM mit einer Datenbank, wobei BIM als Wissensbasis für die Geometrie und Materialzusammensetzung und die Datenbank für die Berechnung des Recycling-Potenzials sowie der Öko-Indikatoren dient. Der MGP ermöglicht eine Optimierung des Gebäudedesigns bezüglich Ressourcenverbrauch, Recycling und ökologischer Einflüsse, wodurch er eine Neuheit darstellt, da derzeit keine vergleichbare BIM-basierte Methode besteht. In diesem Beitrag werden die Methode, der entwickelte Workflow, das finale MGP-Dokument und das Regelwerk präsentiert.

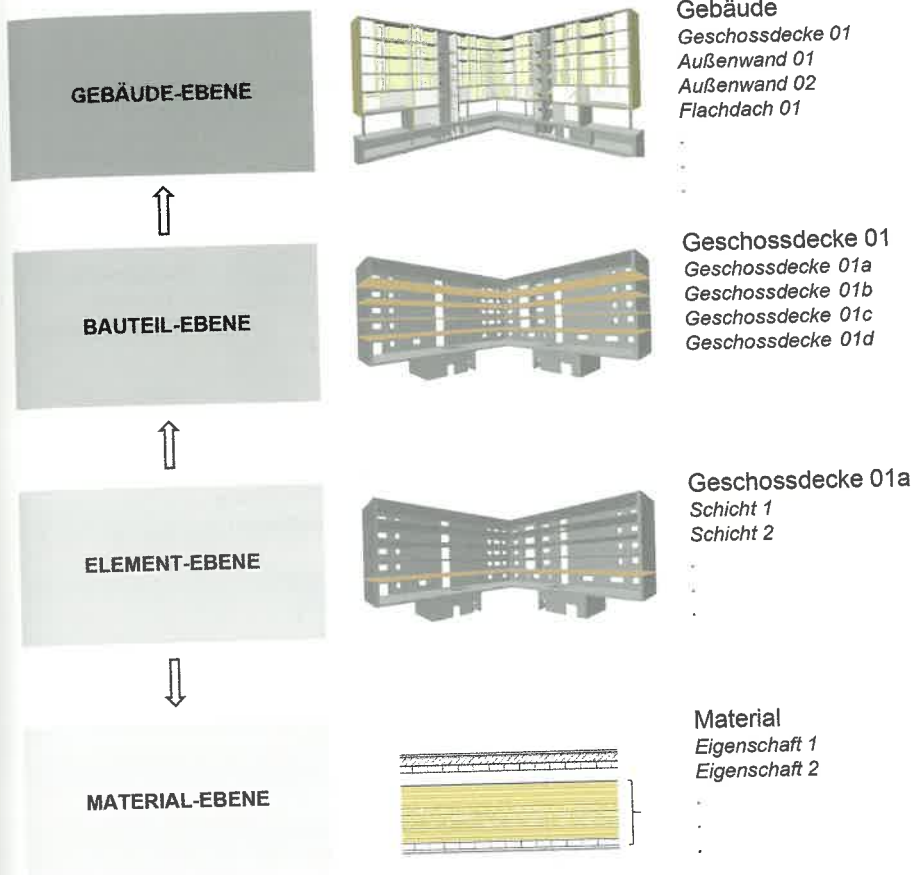
2 Der BIM-basierte materielle Gebäudepass (MGP)

Der MGP ist eine qualitative und quantitative Dokumentation der materiellen Zusammensetzung von Gebäuden,

welcher alle im Gebäude enthaltenen Materialien sowie das Recycling-Potenzial und die ökologischen Einflüsse darstellt. Ziel dieser Forschung ist es, BIM-Werkzeuge zu nutzen, um einen MGP zu generieren, welcher bereits in frühen Planungsphasen als Optimierungswerkzeug dient. Der BIM-basierte MGP ermöglicht die Durchführung von Variantenstudien wie z. B. Holz vs. Beton und wird daher auch als wichtiges Entscheidungstool eingesetzt. Am Ende des Lebenszyklus agiert der BIM-basierte MGP als Inventar und dient daher auch als Basis für den Sekundärrohstoffkataster. Der Inhalt des Rahmenwerks und die ausschlaggebenden Parameter für diesen MGP wurden durch Wissen aus vorhergehenden Projekten sowie durch Experteninterviews definiert. Die relevanten Parameter sind die Art, Masse, Verortung der Materialien sowie ihre Qualität in Bezug auf Recycling, ökologische Einflüsse und die Trennbarkeit zweier anliegender Materialien. Die Trennbarkeit von zwei anliegenden Materialien ist eine essenzielle Information, da bspw. die Zerlegung von zwei verklebten Materialien nur sehr schwer möglich ist und zu verunreinigten Fraktionen führt.

3 Struktur des MGP

Die Struktur basiert auf einer früheren Forschung von MARKOVA und RECHBERGER [8], bei welcher zwei Ansätze Bottom-up und Top-down, getestet wurden. Beim MGP wurde ein Mix der beiden Ansätze verwendet. Bild 2 zeigt die entwickelte Struktur, welche aus vier Ebenen besteht: Gebäude-, Bauteil-, Element- und Materialebene. Durch Up- und Downscaling wird das Gebäude, ein bestimmtes Bauteil, Element oder Material erreicht. Auf Gebäudeebene



Quelle: Honic, Kovacic, Rechberger

Bild 2 Struktur des MGP
Structure of the MP

ne werden alle in einem Gebäude existierenden Bauteile wie Außenwände und Decken (Geschossdecke 01, Außenwand 01, Außenwand 02 etc.) zum Gebäude aufsummiert. Die Bauteilebene fasst alle Elemente mit derselben Konstruktion (Geschossdecke 01a, 01b, 01c etc.) zur Bauteilebene (Geschossdecke 01) zusammen. Die Elementebene stellt alle Schichten (Schicht 1, Schicht 2 etc.), aus welchem ein bestimmtes Element besteht, dar. Zudem sind alle einzelnen Elemente in BIM mit einer 22-stelligen ID versehen (GUID – Globally Unique Identifier), wodurch die Verortung der Elemente und der darin befindlichen Materialien möglich ist. Durch Downscaling von der Elementebene erreicht man die Materialebene, in welcher die für den MGP notwendigen Parameter (Eigenschaft 1, Eigenschaft 2 etc.) an die Materialien angehängt sind.

4 Methode und Daten

Das wesentliche Ergebnis, welches der MGP darstellt, ist die totale materielle Zusammensetzung des Gebäudes inkl. der Massenanteile und der Recycling-Noten (Schulnoten von 1–5). Zudem stellt der MGP die recyclebare Masse der Abfallmasse, welche vom Gebäude verursacht wird, gegenüber. Darüber hinaus führt der BIM-basierte MGP eine Lebenszyklusanalyse (LCA) durch. Die gesamten Ergebnisse werden auf Gebäude-, Bauteil-, Element- und Materialebene präsentiert.

Alle Daten betreffend Ökologie und Recycling-Noten als auch Bauteilkataloge wurden dem eco2soft [9] Werkzeug des Instituts für Bauen und Ökologie (IBO) [10] entnommen, welche die einzige Datenbank ist, die durchgängige Daten anbietet. Die Recycling-Note des Gebäudes wird auf Basis der von IBO zur Verfügung gestellten Recycling-Noten und Dichten der Einzelmateriale berechnet. Die Massen der einzelnen Bauteilschichten erhält man durch Multiplikation der Dichten aus IBO und der Volumina aus dem BIM-Modell. Ein Material mit der Recycling-Note 1 steht für 75% Recycling und 25% Abfall, wohingegen die Note 5 zu 0% recyclebarem Material und 125% Abfallmaterial führt (die zusätzlichen 25% werden durch benötigtes Hilfsmaterial für die Entsorgung verursacht). Die Trennbarkeit spielt eine essenzielle Rolle, da es schwierig ist, zwei verklebte Materialien voneinander zu trennen. Daher empfiehlt die IBO-Methode die ursprüngliche Recycling-Note eines Materials herabzustufen, wenn dieses mit dem anliegenden Material verleimt ist. Durch Verlinkung der Massen und jeweiligen Recycling-Noten bzw. Recycling- und Abfallanteile (Recycling: 0%–75%, Abfall 25%–125%) der einzelnen Materialien werden die gesamten Anteile an Recycling und Abfall berechnet. Durch darauffolgendes Upscaling werden die Anteile auf Bauteil- und Gebäudeebene berechnet. Zudem berechnet der MGP den Entsorgungsindikator, der eine flächengewichtete Zahl von 1–5 ist, welche das Volumen, die Entsorgungsnote (1–5) und die Recycling-Note jedes Elements miteinbezieht. Der Entsorgungsindi-

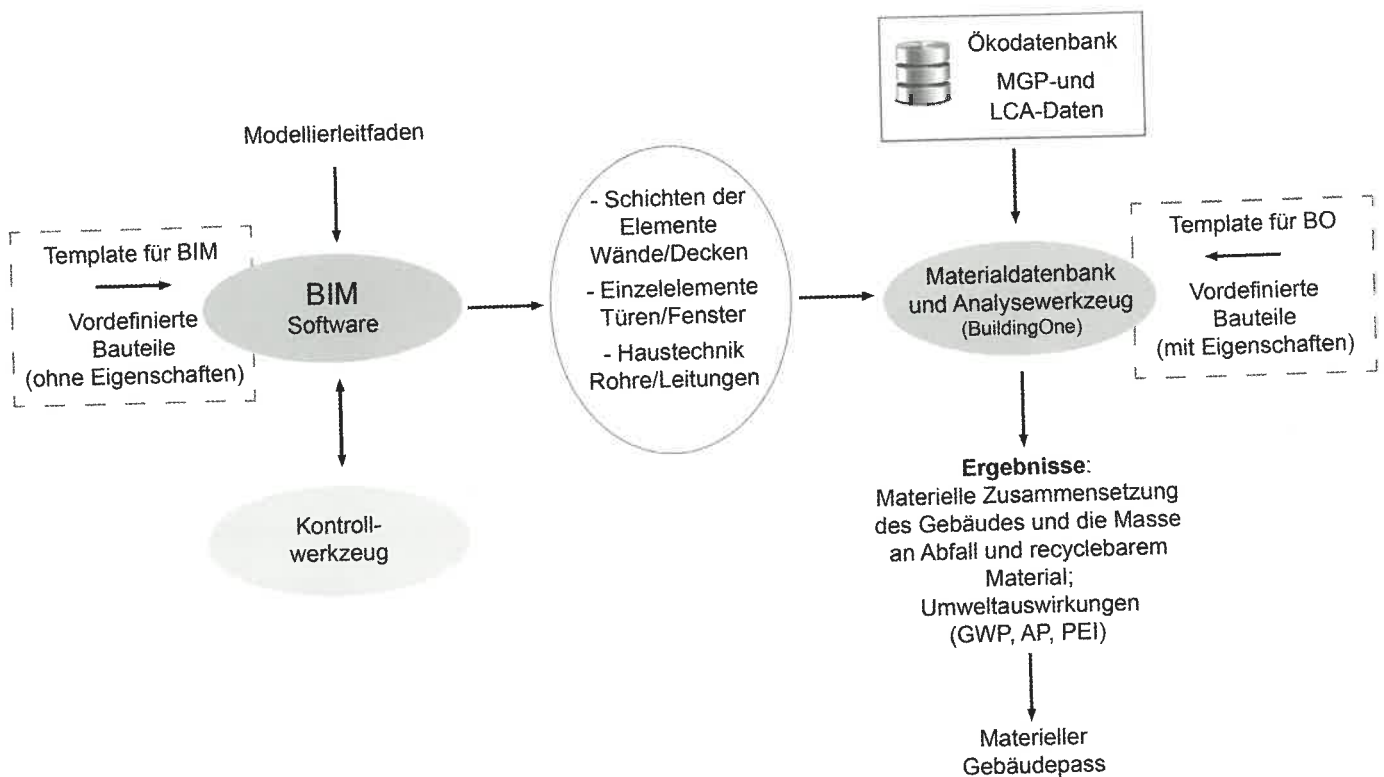


Bild 3 Workflow für die Generierung des MGP
Workflow for the generation of the MP

kator ist im BIM-Modell in Farben von grün bis rot (grün: sehr guter, gelb: mittelmäßiger, rot: schlechter Entsorgungsindikator) dargestellt. Die LCA-Ergebnisse werden auf Basis der vereinfachten IBO-Methode erstellt, welche folgende materialspezifische Indikatoren in die Analyse miteinbezieht: GWP (= Global Warming Potential, CO₂-Emissionen), AP (= Acidification Potential, Versäuerung von Böden und Gewässern) und PEI (= Primary Energy Intensity, Primärenergiebedarf). Die LCA-Ergebnisse werden durch Kopplung der materialspezifischen Indikatoren mit den Massen der einzelnen Materialien berechnet.

5 BIM-basierter Workflow für die Generierung des MGP

Für die Generierung des MGP wurde ein Workflow entwickelt, welcher auf Kopplung des BIM-Modells mit einem Materialdatenbank- und Analysewerkzeug BuildingOne (BO) [11] basiert. BIM-Software wird für die Modellierung des Gebäudes und BO für die Zuordnung der MGP-relevanten Daten zu den einzelnen Materialien sowie für die Durchführung der Berechnungen verwendet. Durch die bidirektionale Schnittstelle zwischen BIM und BO sind alle Modelldaten direkt mit BO verlinkt. Zudem werden bei Veränderungen am BIM-Modell die Modelldaten in BO automatisch aktualisiert. Bild 3 illustriert den entwickelten Workflow.

Das BIM-Modell wird auf Basis des Modellierleitfadens und der vordefinierten Bauteile, welche in Templates integriert sind, erstellt. Der Modellierleitfaden wurde von

den Forschern aufbauend auf den österreichischen BIM-Standards (ÖNORM 6241-1 und 6241-2) [12, 13] erstellt und beschreibt die Anforderungen für das MGP-Modell sowie die phasengerechte Modellierung und Nutzung der im Template vorgegebenen Bauteile. Mit dem Kontrollwerkzeug (Solibri Model Checker) [14] wird das BIM-Modell auf Fehlerfreiheit und MGP-Tauglichkeit geprüft. Das Kontrollwerkzeug überprüft auch, ob die vordefinierten Bauteile verwendet wurden. Nach Generierung des MGP-tauglichen Modells werden die Modelldaten (bei Wänden und Decken: Elemente mit ihren Materialien, Volumina und Dicken; bei Türen und Fenstern: Rahmen- und Glasmaterial und ihre Abmessungen) zu BO exportiert. In BO werden den Elementen bzw. Materialien die MGP-relevanten Daten (Recycling-Potenzial und LCA-Daten) zugeordnet. Die Parametrisierung einzelner Schichten ist in BIM nicht in einheitlicher Form möglich, in BO durchaus machbar, wodurch BO einen großen Vorteil darstellt. Zu einem weiteren Vorteil zählt die oben erwähnte automatisierte Synchronisierung von Modelländerungen. Das finale Ergebnis wird ebenfalls in BO generiert und zeigt die gesamte Materialzusammensetzung des Gebäudes, inkl. der Anteile an recyclebarem Material und Abfallmaterial, sowie die ökologischen Einflüsse, welche in Anteilen an GWP, AP und PEI ausgedrückt sind.

6 Der BIM-basierte MGP im Lebenszyklus

Ein Vorteil des BIM-basierten MGP ist die Möglichkeit, unterschiedliche Funktionen im Verlauf des Lebenszyklus, welche in Bild 4 dargestellt sind, zu erfüllen. Vier



Bild 4 Funktionen des MGP im Verlauf des Lebenszyklus
Scope of the MP throughout the life cycle

Phasen wurden für den MGP berücksichtigt, wobei der Fokus der Forschung sowie dieses Beitrags auf der Vor- und Entwurfsplanungsphase liegt (MGP_a und MGP_b). In der Vorplanungsphase dient der BIM-basierte MGP_a als Grobanalyse und Optimierungswerkzeug, in welcher Variantenstudien durchgeführt werden, um die optimale Konstruktion auszuwählen. In dieser Phase sind noch viele Änderungen mit großem Einfluss auf das Recycling sowie die ökologischen Umwelteinflüsse möglich. In der Entwurfsplanungsphase agiert der BIM-basierte MGP_b als Optimierungswerkzeug, wobei bestimmte Schichten und Schichtdicken geändert werden können. Der MGP_c spricht die Ausschreibungsphase an, in welcher die exakte materielle Zusammensetzung feststeht. Der MGP_d ist das finale Dokument, welches als Materialinventar und somit als Basis für den Sekundärrohstoffkataster dient und bei Inbetriebnahme übergeben wird.

6.1 Modelliermethode

Die Generierung des phasenabhängigen BIM-basierten MGP erfordert eine spezifische Modelliermethode. In der vorliegenden Forschungsarbeit liegt der Fokus auf den frühen Planungsphasen (Vorplanungs- und Entwurfsplanungsphase).

6.1.1 MGP_a

In der Vorplanungsphase wird das BIM-Modell mit einschichtigen Elementen erstellt, welchen bewertete Elemente aus BO zugeordnet werden, wodurch eine Evaluierung in frühen Planungsphasen ermöglicht wird. In dieser

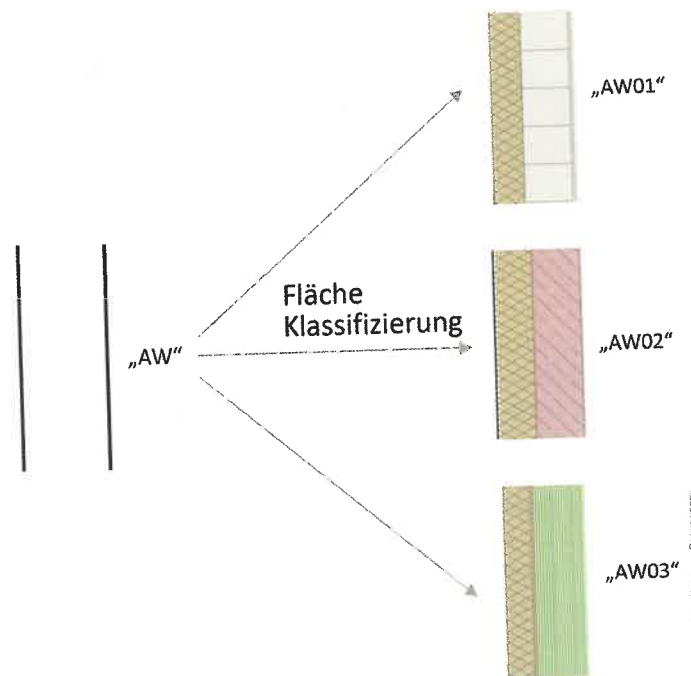


Bild 5 Modelliermethode für den MGP_a
Modeling method for MGP_a

Phase ist wichtig, dass die Geometrie (Fläche) und Klassifizierung stimmen, da nur diese zwei Eigenschaften aus dem BIM-Modell entzogen werden. Der MGP_a ermöglicht die Durchführung von Grobanalysen und Variantenstudien, wobei bspw. eine Brettsperrholzkonstruktion mit einer Betonkonstruktion verglichen werden kann, um die recycling- und ökologiebezogen günstigste Variante zu wählen. Der MGP_a stellt daher ein wichtiges Entscheidungswerkzeug für frühe Planungsphasen dar. Bild 5 beschreibt die Modelliermethode für den MGP_a.

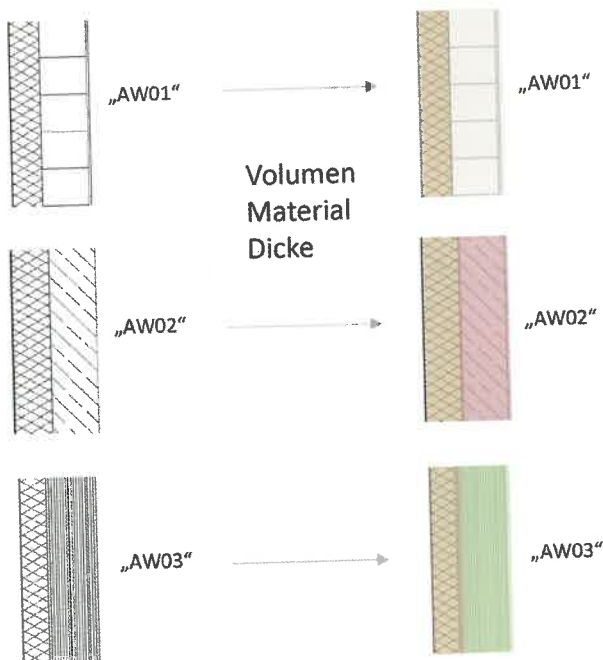


Bild 6 Modelliermethode für den MGPb
Modeling method for MPb

6.1.2 MGPb

In der Entwurfsplanungsphase wird das Modell mit den vordefinierten mehrschichtigen Bauteilen generiert. In dieser Phase ist wichtig, die Bauteile aus dem Template für BIM zu verwenden, da die Benennung dieser Bauteile mit der Benennung im Template für BO übereinstimmt, wodurch eine Zuordnung ermöglicht wird. Wieder ist wichtig, dass die Geometrie der Bauteile genau modelliert ist, da die Dicke und das Volumen aus dem BIM-Modell übernommen werden. In dieser Phase können in BIM kleine Änderungen durchgeführt werden, wie z.B. die Änderung einer Schichtdicke oder eines Materials. Die Hauptaufgabe des MGPb ist Optimierung. In Bild 6 ist die Modelliermethode für den MGPb illustriert.

7 Use Case – Proof of Concept

Der entwickelte Workflow wurde anhand eines Use Case getestet und evaluiert. Bei dem Use Case handelt es sich um ein Modell eines fiktiven Gebäudes: ein dreigeschossiges Bürogebäude, in Stahlbetonkonstruktion (der 2%ige Anteil an Bewehrung wurde bei der Evaluierung nicht berücksichtigt) konzipiert. Das erste Geschoss besteht aus einem offenen Eingangsbereich mit Sanitärräumen. Im zweiten und dritten Geschoss befinden sich geschlossene Büroräume sowie Gemeinschaftsbereiche. Die Stärke der tragenden Schicht aus Beton variiert zwischen 20 und 30 cm für die tragenden Wände, Decken, das Fundament und Dach. Die Dämmschicht der Außenwände ist EPS (expandiertes Polystyrol), wohingegen das Dach eine Mineralwolle-Dämmung und das Fundament eine Schaumglas-Dämmung besitzt. Den bestehenden Bauteilen wurden geeignete Bauteile aus den vordefinierten, auf dem IBO-Bauteilkatalog basierenden Bauteilen

im Template hinzugefügt. Folgende Bauteile wurden in der Erstellung des MGP berücksichtigt:

- *Außenwände:* I-A (von innen nach außen); Gips spachtel, Beton, EPS, Silikatputz
- *Innenwände:* Edeldputzmörtel, Hochlochziegel, Edelputzmörtel
- *Dach:* A-I; PE (Polyethylen)-Folie, Vlies, Bauholz Luftschicht mit Holz-Lattung, Dachauflegebahn, Bauholz, Glaswolle zwischen Holz-Lattung, Beton, Gips spachtel
- *Fußböden:* zwei Varianten; 1: Massivparkett, Holzspanplatte, Mineralwolle; 2: Massivparkett, Zementestrich, PE-Folie, Mineralwolle, Splittschüttung, PP Folie
- *Decken:* Betondecke mit Gipsputz darunter
- *Fundament:* Beton, PE-Folie, Schaumglas, Polymerbetonbahn, Leichtbeton, Baupapier, Schüttungen aus Sand und Kies, PP fleece
- *Pfosten-Riegel-Fassade:* Pfosten und Riegel aus Aluminium + Dreifach-Isolierglas
- *Stützen:* Beton

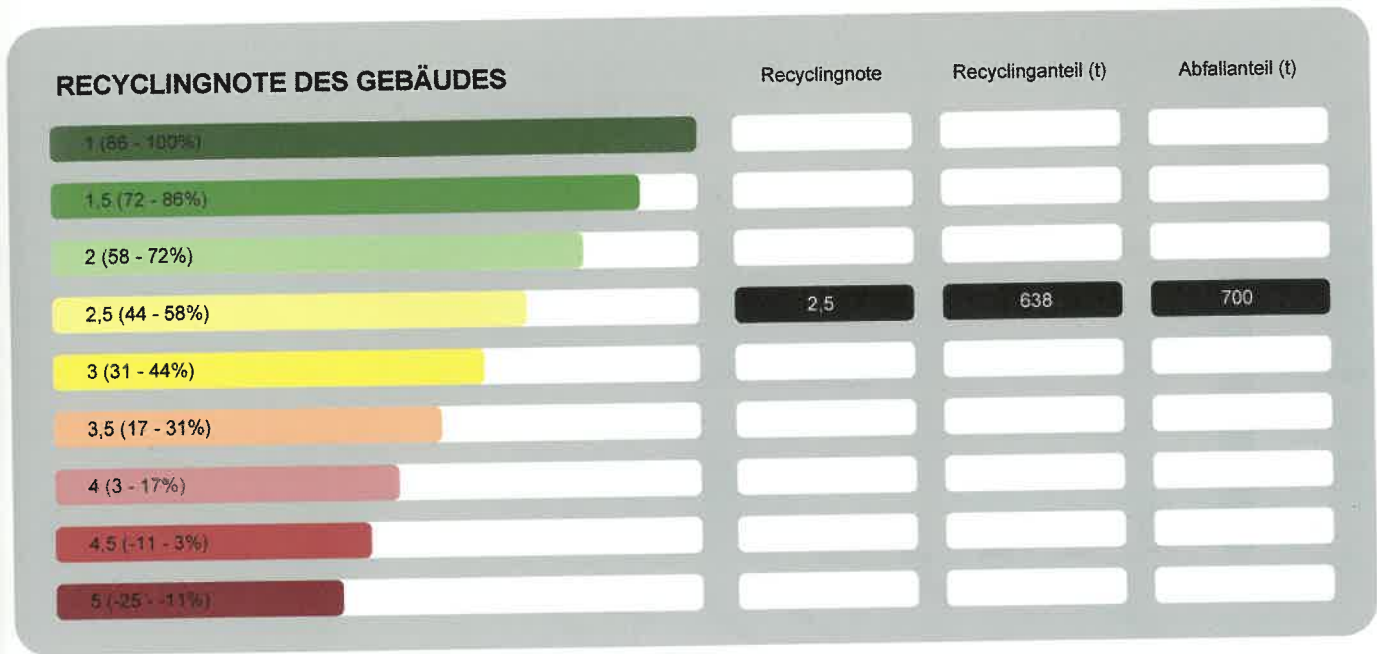
Nicht in die Evaluierung miteinbezogen sind Fenster, Türen und Treppen, da diese in der IBO-Methode derzeit noch nicht berücksichtigt werden.

8 MGP-Dokument

Bild 7 illustriert die Ergebnisse des in Stahlbetonbauweise konzipierten Gebäudemodells. Die Recyclingnote wird als Wert von 1–5 dargestellt und spiegelt die Recyclinganteile wider. Die Kennzeichnung in Grün steht für ein gut recyclebares Gebäude, wobei Rot sehr hohe Abfallanteile repräsentiert. Das analysierte Bürogebäude hat eine totale Masse von 1 338 t und eine Recycling-Note von 2,5, was eine min. über dem Durchschnitt liegende Note ist. Sie ergibt sich aus dem Recyclinganteil, welcher bei 44–58% (steht für die Note 2,5). Dies bedeutet, dass 638 t der im Gebäude enthaltenen Materialien recyclebar sind und 700 t (52%) als Abfall anfallen.

Bild 8 zeigt den Entsorgungsindikator jedes Elements des Gebäudes aus Beton. Diesem Gebäude wurde eine Variante aus Brettsper Holz gegenübergestellt, wobei die Elemente durch Elemente aus Brettsper Holz (Bild 8) ersetzt wurden, welche als vordefinierte Bauteile im Template vorhanden sind, ausgetauscht wurden. Die beiden Bilder illustrieren die Ergebnisse des Entsorgungsindikators, welcher die Recycling-Note in Farben von grün bis rot wieder spiegelt. Es ist ersichtlich, dass die Außenwände der Holzvariante einen besseren Entsorgungsindikator haben als die Betonvariante. Zudem ist signifikant, dass das Flachdach der Holzvariante nur einen mittelmäßigen Entsorgungsindikator aufweist, was hauptsächlich durch die Mineralwolle verursacht wird.

In Bild 10 ist der recyclebare Anteil dem Abfallanteil gegenübergestellt und auf Materialebene dargestellt.



Quelle: Honic, Kovacic, Rechberger

Bild 7 Recycling-Note des Use Case
Recycling grade of the use case



Quelle: Honic, Kovacic, Rechberger

Bild 8 Betonvariante
Concrete variant



Quelle: Honic, Kovacic, Rechberger

Bild 9 Holzvariante
Timber variant

bei ist ersichtlich, dass Beton mit etwa 1100 t den größten Anteil an den integrierten Materialien, gefolgt von Schotter und Sanden, darstellt. Zudem ist eindeutig erkennbar, dass Beton auch den größten Anteil an recyclebarem Material und Abfallmaterial repräsentiert. Somit hat Beton auch den größten Einfluss auf die Recycling-Note des Gebäudes. Dies ist kein überraschendes Ergebnis, da Beton ein Material mit hoher Dichte und somit hoher Masse und zudem das tragende Material des Gebäudes ist. Optimierungen könnten somit nur durch Durchführung einer umfangreichen statischen Analyse erreicht werden, wodurch die Dicke der tragenden Schicht evtl. reduziert werden könnte.

In Bild 11 sind die während des Lebenszyklus anfallenden Massen abgebildet. Hierbei ist ersichtlich, dass die meisten Bauteile im Jahr 50 ausgetauscht werden müssen, da hier die Abfallmassen signifikant ansteigen. Bild 12 zeigt die LCA-Ergebnisse für die Betonvariante auf Ge-

bäudeebene. Das Ergebnis für PEI mit 3000 GJ ist hierbei besonders beachtlich. GWP und AP haben keinen signifikanten Einfluss im Vergleich mit PEI.

9 Regelwerk für die Generierung des BIM-basierten MGP

Das Regelwerk (Bild 13) ist ein Ergebnis des Forschungsprojekts, welches als Basis für die Generierung des BIM-basierten MGP dient und die angewandten Werkzeuge, Templates und benötigten Parameter zusammenfasst. Für die Erstellung des BIM-basierten MGP wird folgende Werkzeugkette verwendet: BIM-Werkzeug für die Modellierung, Kontrollwerkzeug für die Überprüfung des Modells und Materialinventar- und Analysewerkzeug für die Analyse und Berechnung. Für diese drei Werkzeuge werden Templates zur Verfügung gestellt, welche mit den notwendigen Daten und Rule Sets hinterlegt sind. Auf

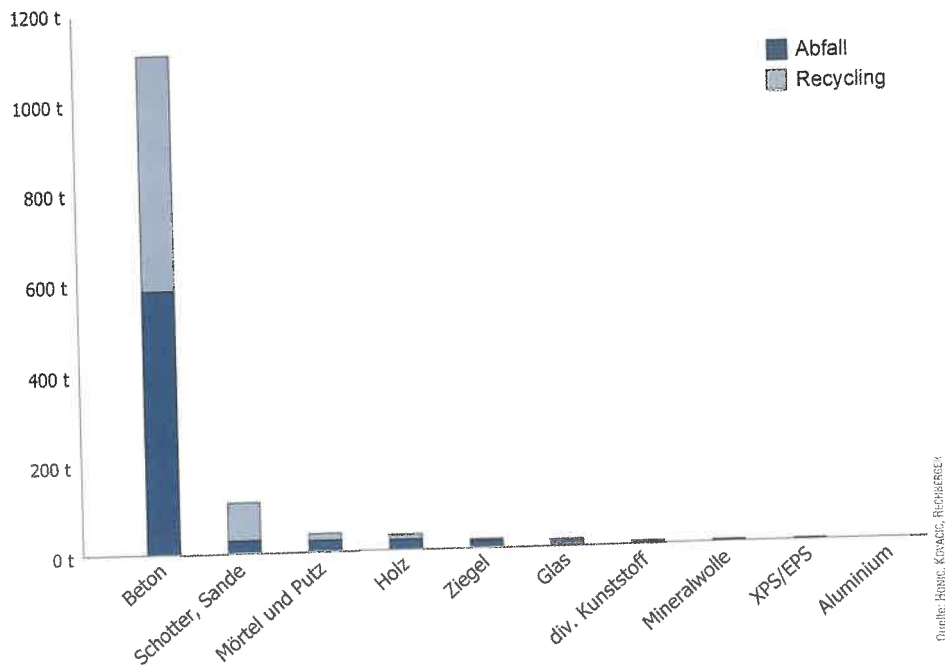


Bild 10 Recycling vs. Abfall auf Materialebene
Recycling vs. waste on material-level

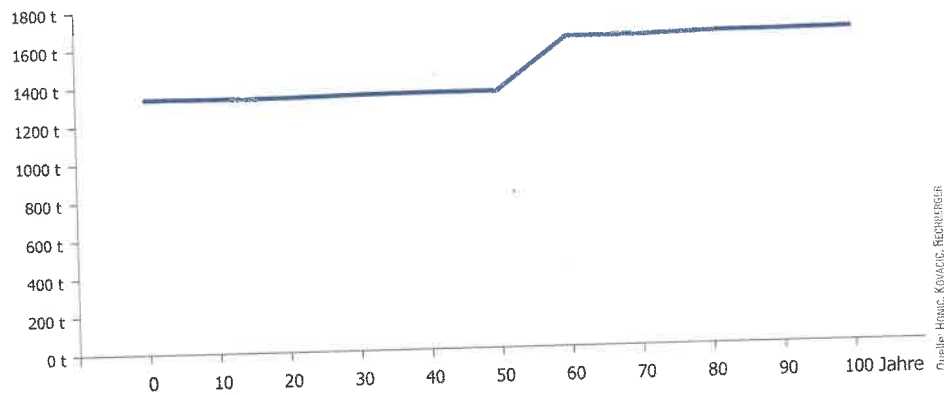


Bild 11 Während des Lebenszyklus anfallende Massen
Accruing masses throughout the life-cycle

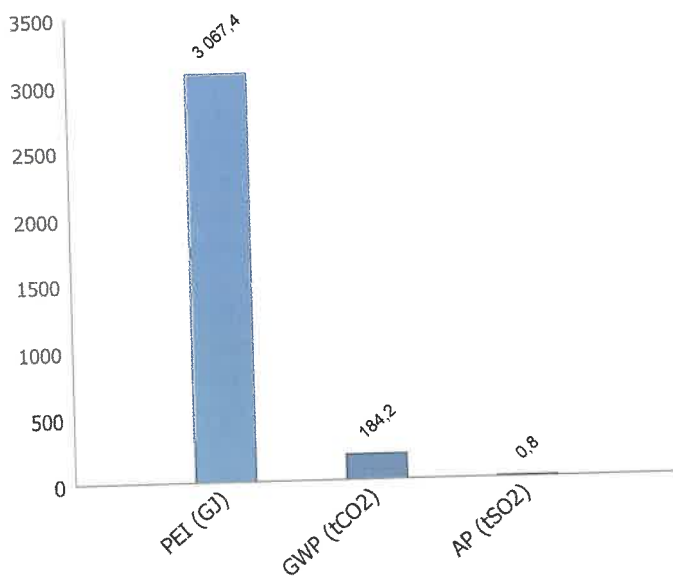


Bild 12 LCA-Ergebnisse
LCA-results

Basis dieser Werkzeugkette, der Templates sowie durch Austausch von Parametern und Nutzung des Modellierleitfadens werden die MGP-Ergebnisse generiert.

10 Diskussion und Schlussfolgerungen

In diesem Beitrag wurde der BIM-basierte materielle Gebäudepass präsentiert, welcher im Rahmen von „BIMaterial“ entwickelt wurde. Der BIM-basierte MGP hat div. Funktionen im Verlauf des Lebenszyklus eines Gebäudes. In frühen Planungsphasen agiert der MGP als Optimierungswerkzeug, wohingegen er in späteren Phasen als Dokumentation des Gebäudebestands dient.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Generierung eines semi automatisierten, BIM-basierten MGP möglich ist. Die Methode und der Workflow wurden anhand eines Use Case getestet und ein MGP erstellt. Der MGP des getesteten Bürogebäudes zeigt die Recycling-Note des Gebäude

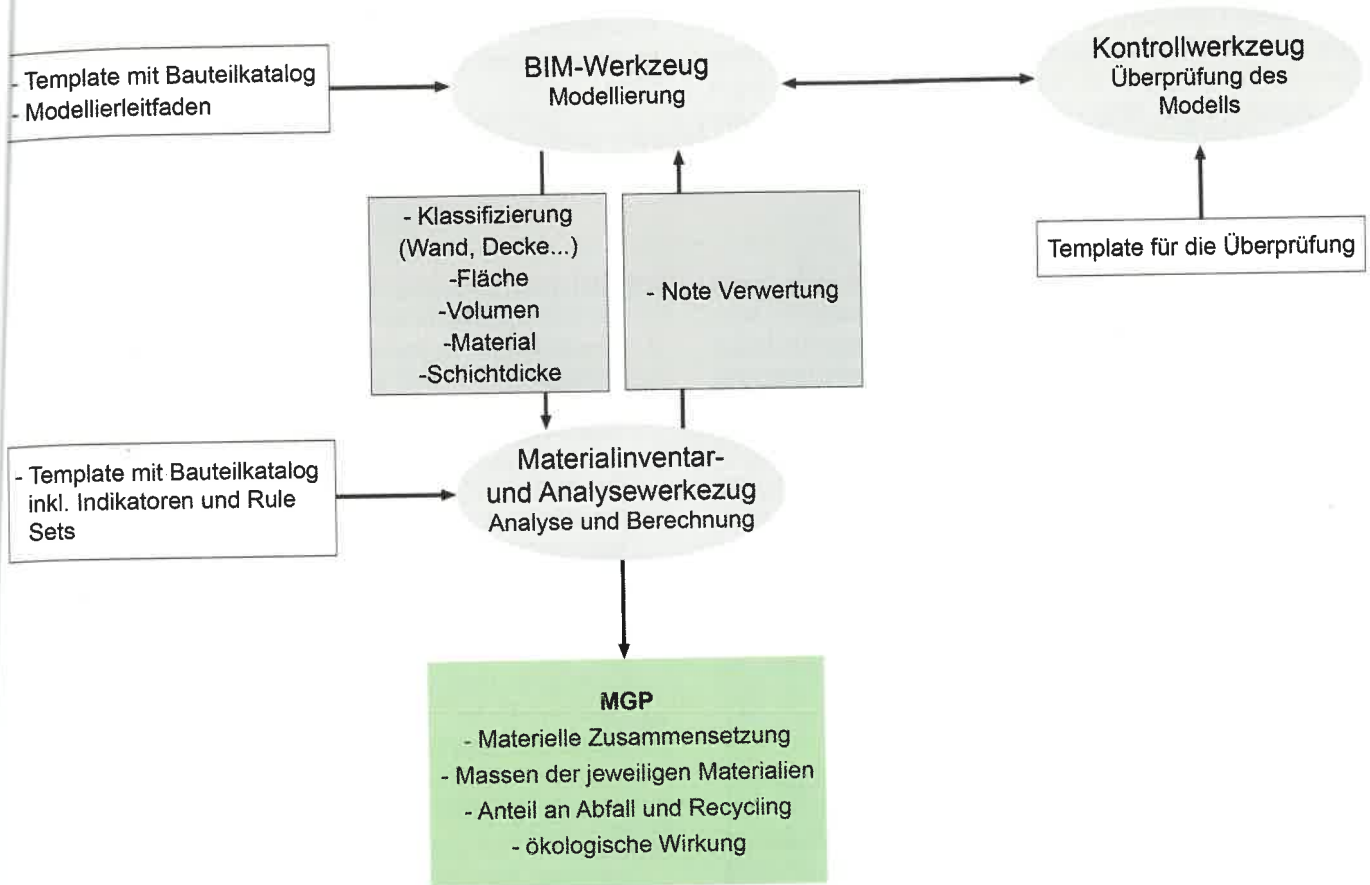


Bild 13 Regelwerk für den MGP
Framework for the MP

und die Anteile an recyclebarem Material sowie Abfallmaterial. Das Gebäude hat einen Recyclinganteil von 48%, was für eine Recycling-Note 2,5 und somit für einen guten Durchschnitt steht. Aus dem MGP ist auch herauslesbar, welches Material den größten Anteil am Gebäude sowie an den Recycling- und Abfallanteilen darstellt. Hierbei spielt Beton eine wichtige Rolle, da es das tragende Material ist und eine hohe Masse hat. Für Optimierung eignet sich somit am ehesten Beton. Da Beton das tragende Material ist, kann eine Modifizierung der Schichtdicken nur durch eine detaillierte Tragwerksanalyse durchgeführt werden. PEI liegt bei 1200 GJ und ist ebenfalls hauptsächlich dem Beton zuzuschreiben.

Während der Forschung wurden die Verfasser mit mehreren Hindernissen konfrontiert, wie z.B. dem Mangel an Standards und Strukturen in Material-Datenrepositorien. Aufgrund inkonsistenter Nomenklatur in unterschiedlichen Datenbanken wurde diese Forschung auf die Datenbank von IBO reduziert. Abgesehen davon ist die Parametrisierung von Materialien in BIM nicht in konsistenter Art möglich, weshalb das Materialdatenbank- und Analysewerkzeug verwendet werden muss, welches wiederum eine spezielle Expertise erfordert. Darüber hinaus steht in frühen Planungsphasen die genaue materielle Zusammensetzung noch nicht fest, wodurch vordefinierte Bauteile aus dem Bauteilkatalog verwendet werden müssen, um eine Evaluierung zu ermöglichen. Die Nutzung eines Bauteilkatalogs schränkt jedoch die Kreativität

von Architekten ein, da sie die vordefinierten Bauteile nur min. verändern dürfen und die Nutzung eigener Bauteile nicht möglich ist. In späteren Planungsphasen ist spezielles Know-how über Materialien und deren Eigenschaften notwendig, welches Architekten im Normalfall nicht besitzen. Daher sind ein MGP-Spezialist oder zusätzliche Kompetenzen notwendig, um einen MGP zu generieren.

Der Fokus des präsentierten MGP liegt in der Optimierung in frühen Planungsphasen. Die Neubaurate in Europa liegt jedoch bei 2%, was auf eine notwendige Analyse der Gebäudebestände verweist. Ein zukünftiges Forschungsprojekt adressiert die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur Generierung eines Sekundärrohstoffkatasters mithilfe von Laserscanning- und Georadartechnologien.

Der BIM-basierte MGP soll in Zukunft eine Standardprozedur für zertifizierte Gebäude werden, wodurch er einen essenziellen Meilenstein für das Recycling von Gebäuden darstellt. Zudem dient er als Basis für die notwendige Fertigstellung des österreichischen Sekundärrohstoffkatasters sowie als vitaler Beitrag zur Circular Economy in der AEC-Industrie (Architecture, Engineering and Construction).

Die Ergebnisse basieren auf dem Forschungsprojekt „BIMaterial: Prozess-Design für einen BIM-basierten

Materiellen Gebäudepass“ (Projektnummer: 850049), welches vom BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) im Rahmen des Programms „Stadt der Zukunft“ der FFG (Österreichische Forschungsför-

derungsgesellschaft) gefördert wurde. „BIMaterial“ wurde in Kooperation mit A-NUL und ATPsustain durchgeführt.

Literatur

- [1] UNEP, United Nations Environment Programme (2011) *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers* [online]. [Zugriff am: 6. Nov. 2018]. www.unep.org/greeneconomy
- [2] BRIBIÁN, I. Z.; CAPILLA, A. V.; USÓN A. A. (2011) *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential* in: *Building and Environment* 46, no. 5, pp. 1133–1140.
- [3] WGBC, World Green Building Council (2016) *Global Status Report*.
- [4] European Commission (2015) *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the loop-An EU action plan for the Circular Economy*. Brüssel.
- [5] BAMB, Buildings As Material Banks [online]. [Zugriff am: 6. Nov. 2018]. <http://www.bamb2020.eu/>
- [6] FELLOWS, R.; LIU, A. M. M. (2012) *Managing organizational interfaces in engineering construction projects: addressing fragmentation and boundary issues across multiple interfaces* in: *Construction Management and Economy* 30, no. 8, pp. 653–671.
- [7] VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. (2014) *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs* in: *Automation in construction* 38, pp. 109–127.
- [8] MARKOVA, S.; RECHBERGER, H. (2011) *Entwicklung eines Konzepts zur Förderung der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen: Materieller Gebäudepass und Design for Recycling für das Bauwesen* [Endbericht]. Technische Universität Wien.
- [9] Eco2soft [online]. [Zugriff am: 10. Jan. 2018]. <https://www.baubook.info/eco2soft/>
- [10] IBO, Österreichisches Institut für Baubiologie und Ökologie [online]. [Zugriff am: 10. Jan. 2018]. <https://www.ibo.at>
- [11] OneTools (2017) *BuildingOne 10* [Software]. <http://www.onetools.de/de/buildingone>
- [12] ÖNORM A 6241-1. (2015) *Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 1: CAD-Datenstrukturen und Building Information Modeling (BIM) – Level 2*. Austrian Standards International.
- [13] ÖNORM A 6241-2. (2015) *Digitale Bauwerksdokumentation – Teil 2: Building Information Modeling (BIM) – Level 3-iBIM*. Austrian Standards International.
- [14] Solibri Inc. (2017) *Solibri Model Checker v9.8* [Software] <https://www.solibri.com/>

Autoren

Dipl.-Ing. Meliha Honic
Technische Universität Wien
Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Karlsplatz 13/234-2
1040 Wien
meliha.honic@tuwien.ac.at

Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Iva Kovacic
Technische Universität Wien
Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Karlsplatz 13/234-2
1040 Wien
iva.kovacic@tuwien.ac.at

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Helmut Rechberger
Technische Universität Wien
Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement
Karlsplatz 13/226-2
1040 Wien
helmut.rechberger@tuwien.ac.at