

70/2016

Kleemann, F.; Lederer, J.; Fellner, J.; Rechberger, H. (2016)  
„Wien als Rohstofflager: quantitative, qualitative und  
räumliche Analyse“, *ÖIAZ, Österreichische Ingenieur- und  
Architekten-Zeitschrift*, Vol. 161, 1–12, p. 61-64.

---



# Wien als Rohstofflager: quantitative, qualitative und räumliche Analyse

## Vienna as an urban mine: quantitative, qualitative and spatial analysis

Von F. Kleemann, J. Lederer, H. Rechberger und J. Fellner, Wien

Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen



Dipl.-Ing.  
Fritz Kleemann



Dipl.-Ing.  
Dr. Mag. Jakob Lederer



Priv. Doz. Dipl.-Ing.  
Dr. Johann Fellner



Univ.-Prof. Dipl.-Ing.  
Dr. Helmut Rechberger

### Kurzfassung

Die vorliegende Studie beschreibt wie spezifische Materialintensitäten für unterschiedliche Gebäudekategorien (unterschieden durch Bauperiode und Nutzung) auf Basis verschiedener Datenquellen über die Materialzusammensetzung von diversen Gebäudetypen generiert werden, wie die Gebäudestruktur Wiens (unterschieden nach Gebäudekategorien) durch die Verbindung vorhandener GIS Daten mehrerer Magistratsabteilungen analysiert wird, und wie diese spezifischen Materialintensitäten mit den Daten über die Gebäudestruktur kombiniert werden können. Durch die Anwendung dieser Methoden kann das gesamte Materiallager in Wiens Gebäuden mit 380 Mio. Tonnen (t) berechnet werden, was einem Pro Kopf Wert von 210 t entspricht. Der Großteil des Materials (>96%) ist mineralisch, während organische Materialien und Metalle einen sehr kleinen Anteil haben, in welchen wiederum Holz bzw. Stahl Hauptanteile sind. Neben dem Gesamtlager, kann auch die räumliche Verteilung innerhalb des Stadtgebietes bemessen werden. Damit bildet diese Studie die Basis für einen Ressourcenkataster, welcher Informationen über Bruttonährstoffgehalt, Bauperiode, Nutzung und Materialzusammensetzung für jedes Gebäude in Wien beinhaltet.

### Abstract

This paper describes how specific material intensities for different building categories (differentiated by construction period and utilization) are generated based on multiple data sources on the material composition of different building types, how the building structure (differentiated by building categories) of Vienna is analyzed by joining available GIS data from various municipal authorities, and how these specific material intensities can be combined with the data on the building structure. Utilizing these methods the overall material stock in buildings in Vienna is calculated to be 380 million metric tons (t), which equals 210 t per capita. The bulk of the material (> 96%) is mineral, whereas organic materials and metals constitute a very small share, of which wood and steel are the major contributors. Besides the overall material stock, the spatial distribution of materials within the municipal area can be assessed. This research forms the basis for a resource cadaster which provides information about

gross volume, construction period, utilization, and material composition for each building in Vienna.

### 1. Einleitung

Ein Großteil des urbanen Stoff-, Material- und Energieumsatzes ist an die gebaute Infrastruktur (Gebäude, Straßen, Leitungen) gekoppelt, wobei Gebäude hier eine zentrale Stellung einnehmen. Dies nicht nur hinsichtlich ihres Energiebedarfs (für Wärme und Beleuchtung) sondern auch betreffend der benötigten und über lange Zeiträume gebundenen Materialien. Aus Sicht des Ressourcenmanagements stellen insbesondere die Materialbestände ein interessantes Forschungsthema dar. Die quantitative Bewertung des Materiallagers in Wiens Gebäuden ist daher ebenso Teil dieser Studie wie Qualität und räumliche Verteilung der verbauten Materialien. In weiterer Folge sollen auf Basis dieses Wissens künftige Abfallströme und damit potenzielle Sekundärrohstoffe, die sich aus Abbruchaktivitäten ergeben, abgeschätzt werden. Durch das Recycling von Abfällen aus dem Bauwesen kann einerseits Deponievolumen eingespart werden, andererseits können Primärrohstoffen im Baubereich substituiert werden. Hochbauten sind hier insbesondere von Bedeutung, als sie einerseits für einen großen Anteil an Abfällen verantwortlich sind und andererseits ihre Materialzusammensetzung, beispielsweise verglichen mit Linienbauwerken, komplexer ist. Dies erschwert das materielle Recycling, welches, um Primärrohstoffe substituieren zu können, auf die Produktion von hochqualitativen Sekundärrohstoffen ausgerichtet sein sollte.

### 2. Material & Methoden

Um das derzeitige Materiallager in Wiens Gebäuden abzuschätzen, werden spezifische Materialintensitäten für unterschiedliche Gebäudekategorien generiert und mit Daten über die Gebäudestruktur kombiniert. Die Gebäudestruktur wird mittels unterschiedlicher GIS Daten (Geoinformationssystem) analysiert, während spezifische Materialintensitäten durch mehrere unterschiedliche Methoden erhoben werden. Abb. 1 stellt schematisch dar, was in Folgendem näher erläutert wird.

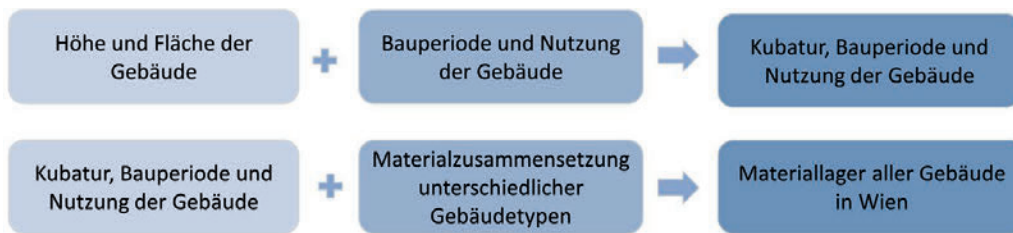


Abb. 1: Schematische Darstellung der Vorgehensweise zur Abschätzung des Materiallagers  
 Fig. 1: Schematic description of the chosen approach to estimate the material stock

2.1. Materialdaten

Daten zur Materialzusammensetzung unterschiedlicher Gebäudekategorien werden auf unterschiedliche Weise generiert: Fallstudien, bei welchen einzelne Gebäude sehr genau analysiert werden, Bauakte bereits abgebrochener Gebäude, Lebenszyklusanalysen von Neubauten sowie Literaturdaten werden dabei verwendet.

2.1.1. Fallstudien

14 Gebäude unterschiedlicher Nutzung und Bauperiode werden hinsichtlich ihrer Materialzusammensetzung vor deren Abbruch untersucht. Wie in Kleemann et al. [7] beschrieben werden hierbei einerseits vorhandene Unterlagen (Bestandspläne, Gutachten, etc.) analysiert und andererseits Begehungen und selektive Beprobungen im Gebäude durchgeführt. Bei Begehung und selektiver Beprobung werden für unterschiedliche Gebäudebereiche bzw. Bauteile (Fußböden, Zwischenwände, Deckenabhängungen, Fenster, Türen, Türzargen, etc.), durch Demontage, Wiegung und/oder Vermessung, Daten zu deren Aufbau und materieller Zusammensetzung erhoben. Auf Basis der Volumina und der jeweiligen Materialdichte bzw. des jeweiligen Gewichts werden Massen berechnet, um eine möglichst detaillierte Materialbilanz des Gebäudes zu erstellen. Schlussendlich werden die Gesamtmassen (kg) durch den Bruttorauminhalt (BRI) des Gebäudes (m³) dividiert, um mit anderen Gebäuden vergleichbare Werte zu schaffen.

2.1.2. Daten aus Bauakten von Abbruchgebäuden

Um eine größere Anzahl an Gebäuden (40) untersuchen zu können, wurden in einem weiteren Schritt Bauakte von bereits abgebrochenen Gebäuden, welche bei der Baupolizei (MA 37) angezeigt wurden, gesammelt und hinsichtlich ihrer Materialzusammensetzung analysiert. Abhängig von der Qualität der Bauakte können dabei Wand- und Deckenaufbauten sowie teilweise Dach- und Fußbodenkonstruktionen und die Art der Fenster bestimmt werden. Daten zur Materialzusammensetzung der Gebäude, welche nicht aus den Bauakten ersichtlich sind (z.B. Kunststoffe und Metalle in Installationen; Holz, Kunststoffe, Aluminium in Fenstern Türen oder Fußbodenbelägen), werden durch Informationen aus den Fallstudien (2.1.1.) ergänzt.

2.1.3. Daten über Neubauten und Literaturrecherche

Da nur wenige junge Gebäude abgebrochen werden, diese jedoch wichtig sind, um einerseits das Gesamtlager an Materialien in Gebäuden in Wien abschätzen zu können und anderer-

seits Informationen über zukünftig anfallende Abfälle aus Gebäudeabbrüchen zu bekommen, werden Lebenszyklusanalysen vom Österreichischen Institut für Baubiologie und Bauökologie verwendet, sowie Information von Bauherren zu einzelnen Neubauprojekten analysiert. Hierbei werden Informationen zu verbauten Materialien aus vorhandenen Unterlagen wie Leistungsverzeichnissen und Schlussrechnungen entnommen. Weiters wird in der Literatur nach relevanten Daten zur Materialzusammensetzung von unterschiedlichen Gebäuden recherchiert und je nach Gültigkeit verwendet [1–6 und 8–11].

2.2. Gebäudestruktur

Basierend auf vorhandenen Daten unterschiedlicher Quellen wird die Gebäudestruktur in Wien möglichst genau analysiert. Ziel dabei ist es, einen Datensatz zu generieren, welcher Informationen über Bruttorauminhalt, Bauperiode und Nutzung der einzelnen Gebäude Wiens beinhaltet. Die Gebäudestruktur in Wien wird basierend auf vorhandenen GIS Datensätzen unterschiedlicher Wiener Magistratsabteilungen (MA) analysiert. Tabelle 1 zeigt verwendete Daten und deren Quellen.

Die in den GIS Daten angegebene Gebäudehöhe stellt den Abstand zwischen Geländeoberfläche und Traufe dar und kann daher in Kombination mit der bebauten Fläche als solche nicht zur Berechnung des Bruttorauminhalts herangezogen werden. Daher wurden Expertenschätzungen über die durchschnittliche Höhe von Dächern und Kellergeschoßen der unterschiedlichen Gebäudekategorien herangezogen.

3. Ergebnisse

3.1. Gebäudestruktur

Die Analyse der Gebäudestruktur ergibt ein Gebäudevolumen von insgesamt 860 Mio. m³ BRI, wobei ein Großteil davon für Wohnzwecke genutzt wird. Hinsichtlich des Gebäudealters fällt auf, dass ein großer Anteil am Gebäudebestand vor 1918 gebaut wurde. Abb. 2 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Gebäudekategorien am Gesamtvolumen. Zu 1,8% des Gebäudevolumens sind Informationen weder zu Bauperiode noch zu Nutzung verfügbar.

3.2. Spezifische Materialintensitäten

Die Auswertung der Daten über die Materialzusammensetzung unterschiedlicher Gebäude resultiert in spezifischen Materialintensitäten für die gewählten Gebäudekategorien, ausgedrückt in kg pro m³ Bruttorauminhalt (siehe Tab. 2). Die Materialkategorien (Mineralische Materialien, Organische, Materialien, Metalle)

Daten	Quelle
Höhe und Fläche von Gebäuden	MA 41 – Stadtvermessung
Bauperioden und Nutzung von Gebäuden	MA 21 – Stadtteilplanung und Flächennutzung
Bauperiode im Baublock	MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung
Nutzung im Baublock	MA 21 – Stadtteilplanung und Flächennutzung
Bauperioden und Nutzung von Neubauten	MA 37 – Baupolizei

Tabelle 1: Verwendete Daten zur Analyse der Gebäudestruktur in Wien

sind in der Datenbank weiter unterteilt, beispielsweise in Beton, Ziegel, Glas, Asbest, Holz, Bitumen, Aluminium oder Kupfer.

3.3. Materiallager in Wiens Gebäuden

Anhand der Daten zur Gebäudestruktur und spezifischen Materialwerten zu unterschiedlichen Gebäudekategorien kann das gesamte Materiallager in Wiens Gebäuden mit 380 Mio. (t) berechnet werden. Für Anteile am Gebäudevolumen, für welche keine Informationen zu Bauperiode und Nutzung zur Verfügung stehen, wird dabei die Verteilung der Gebäudekategorien wie im Gesamtlager angenommen. Ähnlich wird vorgegangen wenn Information entweder zu Bauperiode oder Nutzung vorliegen. Der Großteil des Materiallagers (>96%) besteht aus mineralischen Baustoffen hauptsächlich repräsentiert durch Beton (150 Mio. t), Ziegel (130 Mio. t) und Putz bzw. Mörtel (50 Mio. t). Organische Materialien und Metalle haben nur einen sehr kleinen Anteil an der Gesamtmasse, wobei Holz bzw. Eisen und Stahl hier die Hauptfraktionen darstellen (Abb. 3).

Bezieht man das Materiallager in Gebäuden auf die Einwohnerzahl (1,8 Mio.), kommt man auf einen Materialwert von 210 t pro

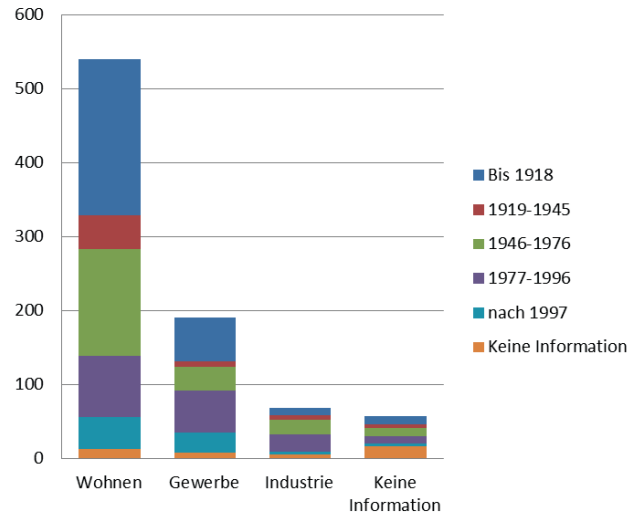


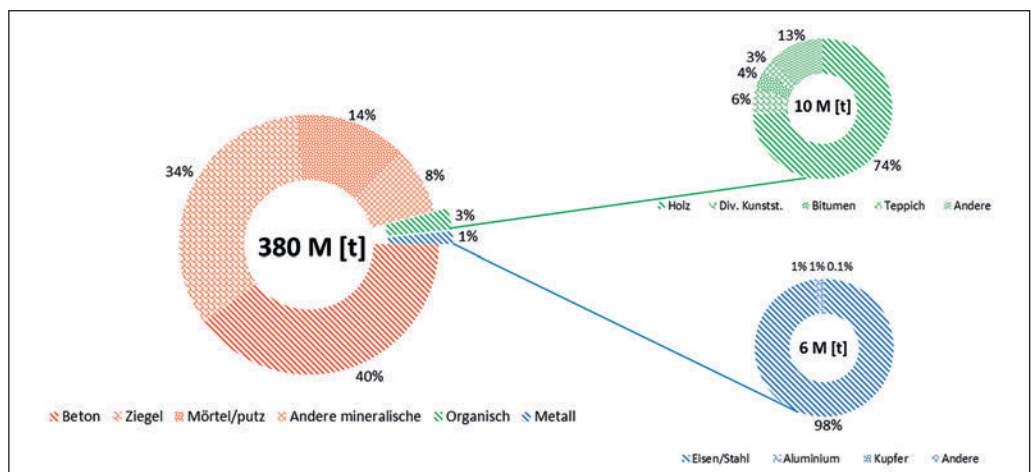
Abb. 2: Bruttorauminhalt der unterschiedlichen Gebäudekategorien  
Fig. 2: Gross volume of the different building categories

**Tabelle 2:** Spezifische Materialintensitäten (kg/m<sup>3</sup> BRI) für unterschiedliche Gebäudekategorien (auf zwei signifikante Stellen gerundet)

Bauperiode	Nutzung	Mineralische Materialien	Organische Materialien	Metalle	Summe
Bis 1918	Wohnen	390	19	3,1	410
	Gewerbe	430	3,7	4,4	440
	Industrie	280	5,8	8,8	300
1919-1945	Wohnen	410	13	4,8	430
	Gewerbe	340	7,1	6	360
	Industrie	320	28	5,8	350
1946-1976	Wohnen	430	6,5	7,3	450
	Gewerbe	350	7,6	5,7	360
	Industrie	340	7,6	13	350
1977-1996	Wohnen	430	6,7	7,1	460
	Gewerbe	380	1	13	400
	Industrie	170	1	15	180
Nach 1997	Wohnen	380	10	15	410
	Gewerbe	320	5,7	10	340
	Industrie	290	5,6	13	310

Quelle: Kleemann, F., Lederer, J., Rechberger, H., Fellner, J., (2016). GIS-based analysis of Vienna's material stock in buildings. Journal of Industrial Ecology

Abb. 3: Gesamtes Materiallager in Hochbauten der Stadt Wien  
Fig. 3: Total material stock in buildings of the city of Vienna



Quelle: Kleemann, F., Lederer, J., Rechberger, H., Fellner, J., (2016). GIS-based analysis of Vienna's material stock in buildings. Journal of Industrial Ecology

Kopf. Hierbei ist festzuhalten, dass einige Gebäude in Wien, als wirtschaftliches Zentrum mit etwa 250.000 Pendlern, auch von Menschen genutzt werden, die außerhalb Wiens leben.

3.4. Räumliche Verteilung des Materiallagers

Aus Sicht des Ressourcen- und Abfallmanagements ist insbesondere die räumliche Verteilung verbauter Materialien interessant. Die Kombination von GIS Daten mit Materialintensitäten ermöglicht es, die räumliche Verteilung von Materialien in einem Ressourcenkataster darzustellen. In Abb. 4 ist die Verteilung von Holz im Stadtgebiet dargestellt. Hierbei ist festzustellen, dass die Holzmenge, anders als jene mineralischer Baustoffe in Gebäuden nicht nur von der Höhe des Gebäudes sondern auch von deren Bauperiode abhängig ist.

Information über die räumliche Verteilung von Materialien erlaubt es Mengen und Zusammensetzung von Abfällen durch geplante Abbruchaktivitäten und damit deren Wert bzw. zu erwartende Entsorgungskosten abzuschätzen. In Kombination mit Informationen über derzeitige und zukünftige Abbruchaktivitäten kann weiters die Verfügbarkeit (qualitativ und qualitativ) von Sekundärrohstoffen prognostiziert werden. Abb. 5 gibt

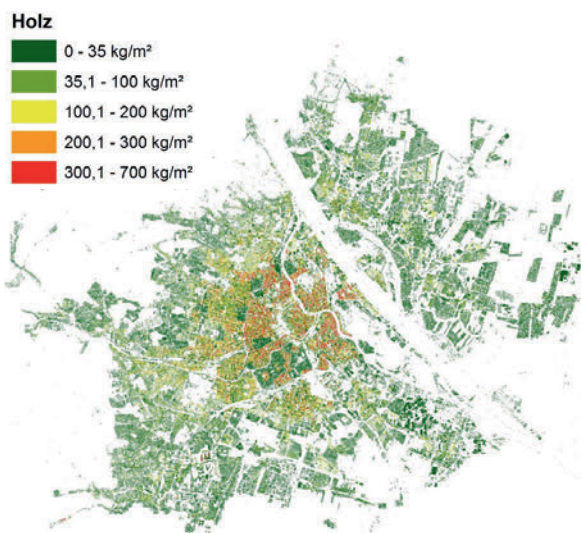


Abb. 4: Räumliche Verteilung von Holz in Wien (kg/m<sup>2</sup> bebauter Fläche)  
Fig. 4: Spatial distribution of wood in Vienna (kg/m<sup>2</sup> built-up area)

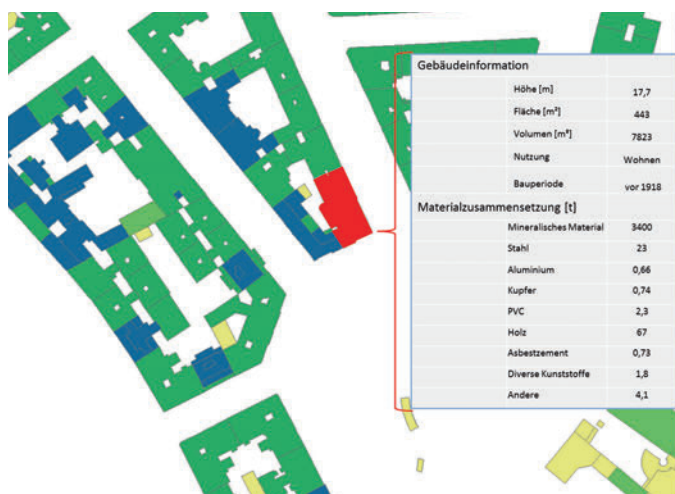


Abb. 5: Ressourcenkataster mit Materialinformationen auf Gebäudeebene  
Fig. 5: Resource cadastre with material information on a building level

einen Ausblick wie ein Ressourcenkataster auf Gebäudeebene aussehen könnte.

4. Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass das Materiallager in Wiens Gebäuden durch die Kombination von vorhandenen GIS Daten mit spezifischen Materialintensitäten unterschiedlicher Gebäudekategorien charakterisiert werden kann. Damit ist die Basis für eine kontinuierliche Analyse der Gebäudestruktur auf Stadtebene geschaffen. Kombiniert man die Informationen über verbaute Materialien in Gebäuden mit der Abbruchaktivität, können Menge und Qualität entstehender Abfallströme, welche potenziell recycelt werden können, abgeschätzt werden. Die Genauigkeit der Berechnungen hängt sowohl von der Qualität der Daten zu spezifischen Materialwerten als auch jener zur Gebäudestruktur ab. Mit der geplanten Erstellung eines flächendeckenden Dachmodells ist hinsichtlich der Genauigkeit der Daten zur Gebäudestruktur eine Verbesserung zu erwarten. Für Kellergeschoße ist nichts Vergleichbares geplant und so werden hier weiterhin Abschätzungen notwendig sein. Die Daten zu spezifischen Materialintensitäten unterschiedlicher Gebäudekategorien werden kontinuierlich verbessert, indem weitere Gebäude analysiert werden. Die Kosten für die Erhebung derartiger Daten sind gering im Verhältnis zu deren Wert (und Nutzen) für eine effektive Baurestmassenbewirtschaftung.

5. Literatur

- [1] Albrecht R, Paker L, Rehberg S, Reiner Y (1984) Umweltentlastung durch: ökologische Bau- und Siedlungsweisen. SI
- [2] Baccini P, Pedraza A (2006) Bestimmung von Materialgehalten in Gebäuden. In: Bauwerke als Ressourcennutzer und Ressourcenspendler in der Langfristigen Entwicklung urbaner Systeme. vdf Hochschulverlag AG, Zürich,
- [3] Bergsdal H, Böhne RA, Brattebø H (2007) Projection of Construction and Demolition Waste in Norway Journal of Industrial Ecology 11:27-39 doi:10.1162/jiec.2007.1149
- [4] Blengini GA (2009) Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy Building and Environment 44:319-330 doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.03.007
- [5] Görg H (1997) Entwicklung eines Prognosemodells für Bauabfälle als Baustein von Stoffstrombetrachtungen zur Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Schriftenreihe WAR - Wasserversorgung · Abwassertechnik · Abfalltechnik · Umwelt- und Raumplanung der TH Darmstadt. Verein zur Förderung des Instituts WAR – Wasserversorgung · Abwassertechnik · Abfalltechnik · Umwelt- und Raumplanung der TH Darmstadt, Darmstadt, Germany
- [6] Gruhler K, Böhm R, Deilmann C, Schiller G (2002) Sofflich-energetische Gebäudesteckbriefe – Gebäudevergleiche und Hochrechnungen für Bebauungsstrukturen. IÖR-Schriften. Institut für ökologische Raumentwicklung Dresden, Germany
- [7] Kleemann F, Aschenbrenner P, Lederer J (2015) Methode zur Bestimmung der Materialzusammensetzung von Gebäuden vor dem Abbruch Österr Wasser- und Abfallw:21–27 doi:10.1007/s00506-014-0203-x
- [8] Lichtensteiger TH (2006) Bauwerke als Ressourcennutzer und Ressourcenspendler in der langfristigen Entwicklung urbaner Systeme. vdf Hochschulverlag AG, Zürich
- [9] Rentz O, Seemann A, Schultmann F (2001) Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden – Handlungshilfe vol Kreislaufwirtschaft. Karlsruhe, Germany
- [10] Schulze H-J, Walther P, Schlüter M (1990) Gebäudeatlas-Mehrfamilienwohngebäude der Baujahre 1880-1980. Bauinformation
- [11] Wedler B, Hummel A (1947) Trümmerverwertung: technische Möglichkeiten und wirtschaftliche Bedeutung. Wilhelm Ernst & Sohn

Dipl.-Ing. Fritz Kleemann<sup>1</sup>  
 Dipl.-Ing. Dr. Mag. Jakob Lederer<sup>1</sup>  
 Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Johann Fellner<sup>1</sup>  
 Univ.-Prof. Dipl.-Ing.. Dr. Helmut Rechberger<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Christian Doppler Labor für Anthropogene Ressourcen  
<sup>2</sup>Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft; Technische Universität Wien  
 Karlsplatz 13/226.2, 1040 Wien  
 fritz.kleemann@tuwien.ac.at