

Bau und Rückbau im Kanton Zürich: Modell für die Materialflüsse 1900 bis 2008

Building and Deconstruction Activities in the Canton of Zurich, Switzerland: Modelling the Material Flows from 1900 to 2008

Dr. Beat Stäubli und Regula Winzeler



Dr. Beat Stäubli
wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich. Er beschäftigt sich mit methodischen Aspekten der Abfallwirtschaft



Regula Winzeler
Projektleiterin bei GEO Partner AG Ressourcenmanagement, Zürich. Sie bearbeitet konzeptionelle Projekte auf dem Gebiet der Abfallwirtschaft und in anderen Umweltbereichen

Zusammenfassung

Die Menge an Rückbaustoffen und Bauabfällen kann bis heute nicht direkt ermittelt werden, im Gegensatz zu anderen abfallwirtschaftlich relevanten Mengenströmen wie etwa den Siedlungsabfällen. Der Output aus dem Bauwerk – aus Hochbau wie Tiefbau – ist nur auf Basis von plausiblen Modellvorstellungen zum quantifizierten Auf- und Abbau des Bauwerks abschätzbar. Für das Bauwerk des Kantons Zürich wurde ein Modell im Programm Excel entwickelt, mit dessen Hilfe die wichtigsten Massenflüsse für die Systembereiche Baustoffe, Bauwerke, Rückbaustoffe/Bauabfälle, Aushub und Kies berechnet werden können.

Im vorliegenden Artikel wird aufgezeigt, wie sich diese Materialströme von 1900 bis 2008 entwickelt haben. Das B-Modell 6.0 mit seinen wichtigsten Einflussgrößen wird kurz vorgestellt. Wichtige Resultate aus dem Modell werden anhand von Abbildungen erläutert. So liegen zum ersten Mal detaillierte Abschätzungen zu den Materialflüssen im Hoch- und Tiefbau für den Kanton Zürich vor.

Die Resultate aus dem Modell zeigen die großen mineralischen Massenströme mit ihren gegenseitigen Abhängigkeiten. Die Resultate bilden eine wichtige Basis für weitere Abklärungen sowie als Planungsgrundlage. Anderen Kantonen oder Ländern wird die Möglichkeit geboten, die eigenen Zahlen mit denjenigen des Kantons Zürich, einem städtischen Agglomerationsgebiet mit ländlichem Hinterland und 1.3 Mio. Einwohnern zu vergleichen.

Abstract

In contrast to other material flows that play a significant role in waste management, such as municipal waste, the direct determination of the amount of deconstruction material and construction waste is still not possible. The quantity arising from the construction sector – both building construction and civil engineering – can only be estimated on the basis of plausible models related to volumes of construction and demolition in the building industry. For the whole construction sector in the Canton of Zurich a model was developed in Excel making possible to calculate the main mass flows in the area of building materials, buildings, deconstruction materials / construction waste, excavation and gravel.

This article shows how these material flows have evolved from 1900 to 2008. The "B-model 6.0" with his main influencing factors is briefly presented. Important results are explained by means of diagrams. For the first time, detailed estimates of the material flows in building construction and civil engineering are available for the Canton of Zurich.

Results of the model show the major mineral mass flows and their interdependences. They form an important basis for further investigation and planning. Other cantons or countries will have the opportunity to compare their own figures with those of the Canton of Zurich, an urban metropolitan with a rural hinterland and 1.3 million inhabitants.

1. Einleitung

Die Ressourcenwirtschaft hat in den letzten Jahren in hohem Masse Einzug in die Entsorgungslandschaft gehalten. Der Rohstoffgedanke wird bei den Rückbaustoffen/Bauabfällen, dem mengenmäßig gewichtigsten Abfallstrom, mit zunehmender Konsequenz umgesetzt. Jährlich entstanden in der Bauwirtschaft des Kantons Zürich in den letzten Jahren knapp 3 Mio. t an Rückbaustoffen, die – sofern sie im eigenen Kanton bleiben – zu einem hohen Anteil verwertet werden. Künftig ist mit einer erhöhten Erneuerungsrate der Gebäude und deshalb mit wachsenden Materialmengen zu rechnen, unter anderem weil zunehmend energieeffizientes Bauen gefragt ist. Die Verwertungsmenge ist noch zu steigern. Dazu müssen neue und höherwertige Verwendungen für Rückbaustoffe gefunden werden. Damit können die natürlichen Vorkommen an Kies/Sand sowie Deponieraum geschont werden.

Obwohl die Rückbaustoffe/Bauabfälle die größten Massenflüsse im Abfallwirtschaftssystem darstellen, ist die Datenlage deutlich schlechter als etwa bei den Siedlungsabfällen. Menge und Zusammensetzung der Rückbaustoffe/Bauabfälle können bis heute nicht direkt ermittelt werden. Dies gilt teilweise auch für Kies-/Sand, andere Baustoffe oder Aushub. Deshalb wurde – teilweise basierend auf bereits bestehenden Modellen – ein umfassendes Modell (das „B-Modell 6.0“) entwickelt, das sowohl publizierte als auch nicht öffentlich zur Verfügung stehende Daten sowie eigene Überlegungen berücksichtigt. Mit diesem Modell können die In- und Outputs der Bauwirtschaft bzw. des Bauwerks Kanton Zürich berechnet werden.

Die vorliegende Arbeit beschreibt das Modell für das Bau-/Rückbausystem des Kantons Zürich für den Zeitraum von 1900 bis 2008. Das Modell besteht aus einfachen, Schritt für Schritt aufgebauten Rechenoperationen. Es ist im Tabellenkalkulationsprogramm Excel programmiert. Die grundsätzliche Funktionsweise des Programms wird im Folgenden gezeigt; der

Übersicht 1

Zum Begriff Rückbaustoffe/Bauabfälle

Früher wurden im Kanton Zürich die aus dem Abbruch/Rückbau von Hoch- und Tiefbauten anfallenden Materialien als Bauabfälle bezeichnet – wie dies heute in der übrigen Schweiz teilweise noch üblich und auch in der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) verankert ist. Da jedoch etwa 90 % dieses Materials verwertbar sind und als Baurohstoffe wieder eingesetzt werden können, ist die Verwendung des Begriffs „Bauabfälle“ für die Gesamtheit der aus der Bautätigkeit anfallenden Materialien nicht sinnvoll und überdies der Förderung des Recyclings nicht dienlich. Es soll nur derjenige Teil dieser Materialien als Bauabfall bezeichnet werden, der direkt oder nach der Aufbereitung verbrannt oder deponiert werden muss; dies sind nur etwa 10 % der Gesamtmasse. So hat es sich im Kanton Zürich eingebürgert, die Gesamtheit der aus dem Rückbau anfallenden Materialien mit dem Doppelbegriff „Rückbaustoffe/Bauabfälle“ oder einfach als „Rückbaustoffe“ zu bezeichnen.

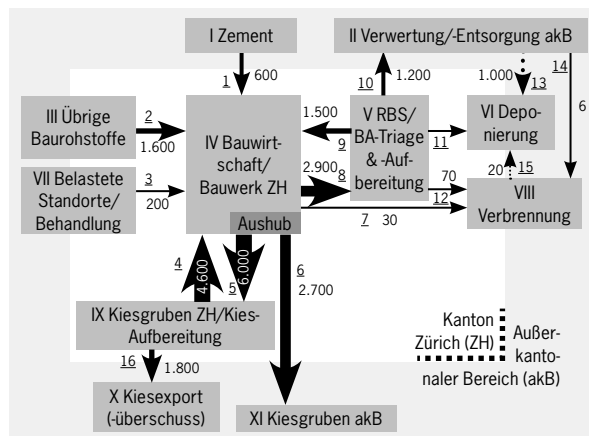


Abbildung 1
Das System Baustoffe – Rückbaustoffe/Bauabfälle (RBS/BA) des Kantons Zürich 2008. Mengenflüsse in 1.000 Tonnen. Die römischen Ziffern nummerieren die Prozesse, die kursiven unterstrichenen (arabischen) Ziffern die Massenflüsse. Die Pfeildicke entspricht den Materialmengen

Schwerpunkt des Artikels liegt jedoch bei der Darstellung und Diskussion der Resultate in den Bereichen Bauwerk, Baustoffe, Rückbaustoffe/Bauabfälle, Kies und Aushub.

2. Das System Baustoffe – Rückbaustoffe/Bauabfälle im Kanton Zürich

Der Kanton Zürich hat die Verwendung der Begriffe für Abfälle und Rohstoffe dem Ressourcengedanken angepasst. So wird seit einigen Jahren der Begriff „Sekundärrohstoffe“ nicht mehr verwendet, da die fachgerecht aufbereiteten Rückbaustoffe in ihrer Qualität heute den „Primärrohstoffen“ in nichts nachstehen und in vielen Baubereichen gleichwertig eingesetzt werden.

In Abbildung 1 ist das System „Baustoffe – Rückbaustoffe/Bauabfälle“ des Kantons Zürich mit den Massenflüssen des Jahres 2008 (in 1.000 t) dargestellt. Die Kästchen in Abbildung 1 symbolisieren Prozesse. Die Pfeile stellen Massenflüsse dar. Ein gestrichelter Pfeil bedeutet, dass nur der Anteil von aus dem Kanton Zürich stammenden Materialien dargestellt wird (Flüsse 13, 14 und 15). Der weiße Bereich entspricht dem Kanton Zürich, der grau hinterlegte Bereich außerkantonalem Gebiet (Schweiz oder Ausland). Der Prozessbegriff wird hier sehr offen verwendet: Der Prozess „Zement“ beispielsweise beinhaltet sowohl die Herstellung, das Lager als auch die Auslieferung des Baurohstoffs Zement.

Der mengenmäßig dominierende Massenfluss, der 2008 aus der Bauwirtschaft des Kantons Zürich herausführte, ist mit ca. 8.7 Mio. t der Aushub. Davon wurden etwa 6 Mio. t in Zürcher Kiesgruben (Fluss 5) und etwa 2.7 Mio. t im außerkantonalen Raum (Fluss 6) abgelagert oder aufbereitet. Im Gegenzug wurden ca. 4.6 Mio. t Kies/Sand aus Kies-Gruben ins Zürcher Bauwerk eingebaut (Fluss 4). Ein weiterer wesentlicher Fluss betrifft mit 2.9 Mio. t die aus dem Bauwerk stammenden Rückbaustoffe/Bauabfälle (Fluss 8), die in Aufbereitungsanlagen transportiert wurden. Rund 1.5 Mio. t der im Kanton Zürich aufbereiteten Rückbaustoffe/Bauabfälle wurden wieder ins Zürcher Bauwerk eingebaut (Fluss 9).

Prozesse:

- ◆ *I Zement*: Herstellung von Zement für den Kanton Zürich (die Produktion erfolgt im außerkantonalen Bereich; der Kanton Zürich hat kein Zementwerk)
- ◆ *II Verwertung/Entsorgung außerkantonale*: Verwertung/Entsorgung/Lagerung von aufbereiteten Rückbaustoffen und nicht aufbereiteten Bauabfällen im außerkantonalen Bereich
- ◆ *III Übrige Baurohstoffe*: Neben Kies/Sand und Zement benötigte Baurohstoffe wie Ton, Asphalt, Glas, Gips, Holz etc.
- ◆ *IV Bauwirtschaft/Bauwerk ZH*: Bauwerk (Hoch- und Tiefbau) des Kantons Zürich und seine Erstellung, sowie Herstellung von Baumaterialien wie Beton, Ziegel, Asphaltbelag etc. im Kanton Zürich
- ◆ *V RBS/BA-Triage/-Aufbereitung*: Rückbaustoffe und Bauabfälle (RBS/BA) sowie ihre Sortierung und eventuelle Aufbereitung im Kanton Zürich
- ◆ *VI Deponierung*: Kantonale und außerkantonale Deponierung von nicht aufbereiteten Rückbaustoffen/ Bauabfällen oder Rückständen (Bauabfällen) aus der Aufbereitung von Rückbaustoffen/ Bauabfällen
- ◆ *VII Belastete Standorte/Behandlung*: Aufbereitung von Aushub aus belasteten Standorten
- ◆ *VIII Verbrennung*: Kantonale und außerkantonale Verbrennung (insbesondere in Müllverbrennungsanlagen) von Rückständen aus der Aufbereitung von Rückbaustoffen/Bauabfällen
- ◆ *IX Kiesgruben ZH/Kies-Aufbereitung*: Kies-/Sand-Gruben, Kies-/Sand-Gewinnung und -Aufbereitung inkl. Aushubablagerung im Kanton Zürich
- ◆ *X Kiesexport-überschuss*: Kies-/Sand-Exporte (in den außerkantonalen Bereich) abzüglich Kies-/Sand-Import (= Exportüberschuss)
- ◆ *XI Kiesgruben außerkantonale*: Kiesgruben und Aushubablagerung außerhalb des Kantons Zürich

Materialflüsse

- ◆ *Fluss 1*: Lieferung von Zement in den Kanton Zürich und Einbau ins Bauwerk
- ◆ *Fluss 2*: Lieferung von übrigen Baurohstoffen (Ton, Asphalt, Glas, Gips, Holz) ins Bauwerk des Kantons Zürich (ohne Kies/Sand und Zement)
- ◆ *Fluss 3*: Gereinigte Kies/Sande aus der Aufbereitung von Aushub aus belasteten Standorten
- ◆ *Fluss 4*: Aus Kies-/Sandgruben gewonnener sowie aufbereiteter Kies/Sand aus dem Kanton Zürich
- ◆ *Fluss 5*: Aushub aus der Zürcher Bauwirtschaft, abgelagert in Kiesgruben des Kantons Zürich
- ◆ *Fluss 6*: Aushub aus der Zürcher Bauwirtschaft, abgelagert in außerkantonalen Kiesgruben
- ◆ *Fluss 7*: Direkt von der Baustelle in die Verbrennung gelangendes Holz und andere brennbare Materialien
- ◆ *Fluss 8*: Aus der Zürcher Bauwirtschaft stammende Rückbaustoffe/Bauabfälle, die in Aufbereitungsanlagen transportiert werden.
- ◆ *Fluss 9*: Im Kanton Zürich aufbereitete und verwertete Rückbaustoffe/Bauabfälle
- ◆ *Fluss 10*: Aus Zürcher Aufbereitungsanlagen stammende aufbereitete und nicht aufbereitete Rückbaustoffe/Bauabfälle, die in den außerkantonalen Bereich exportiert werden.
- ◆ *Fluss 11*: Aus Zürcher Aufbereitungsanlagen stammende Rückbaustoffe/Bauabfälle und nicht verwertbare Rückstände aus der Aufbereitung, die im Kanton Zürich oder außerkantonale deponiert werden.
- ◆ *Fluss 12*: Aus Zürcher Aufbereitungsanlagen stammende nicht verwertbare Rückstände (Bauabfälle), die im Kanton Zürich oder außerkantonale (vornehmlich in Müllverbrennungsanlagen) verbrannt werden.
- ◆ *Fluss 13*: Rückstände aus der außerkantonalen Aufbereitung von Rückbaustoffen/Bauabfällen sowie nicht aufbereitete Rückbaustoffe/Bauabfälle mit Herkunft Kanton Zürich, die im außerkantonalen Bereich deponiert werden.
- ◆ *Fluss 14*: Aus außerkantonalen Aufbereitungsanlagen stammende nicht verwertbare Rückstände (Bauabfälle) mit Herkunft Kanton Zürich, die außerkantonale (vornehmlich in Müllverbrennungsanlagen) verbrannt werden.
- ◆ *Fluss 15*: Rückstände aus kantonalen und außerkantonalen Müllverbrennungsanlagen mit Herkunft Kanton Zürich, die außerkantonale deponiert werden.
- ◆ *Fluss 16*: Kies-/Sand-Exportüberschuss

Übersicht 2 Prozesse und Materialflüsse des Systembereichs Baustoffe – Rückbaustoffe/Bauabfälle.

Erstaunlich groß ist der Anteil der Zürcher Rückbaustoffe/Bauabfälle, der in den außerkantonalen Raum (1.2 Mio. t, Fluss 10) und von da hauptsächlich in eine Deponie (1 Mio. t, Fluss 13) gelangte. Dies bedeutet, dass mit 0.2 Mio. t ein relativ kleiner Anteil der in andere Kantone exportierten Rückbaustoffe/Bauabfälle aufbereitet wurden. Die im Kanton Zürich verbliebenen Rückbaustoffe/Bauabfälle wurden hingegen zu einem hohen Anteil (95%) aufbereitet (vgl. Kapitel 6.3).

Tabelle 1 zeigt die Input-Output-Bilanz für das Bauwerk Kanton Zürich (ohne Aushubmaterial, welches nicht zum Bauwerk im engeren Sinn gezählt wird). Da 2008 insgesamt ca. 8.5 Mio. t ins Bauwerk eingebaut wurden und nur ca. 2.9 Mio. t als Rückbaustoffe/Bauabfälle aus dem Bauwerk abgeführt wurden, wuchs das Bauwerk um 5.6 Mio. t. Bei einem Gesamtbestand von ca. 360 Mio. t Bausubstanz betrug das Massenwachstum rund 1.6 %.

Tabelle 1
**Input-Output-Bilanz
 des Zürcher Bauwerks
 für das Jahr
 2008**

Input ins Bauwerk Kanton Zürich 2008 (= Neubaumasse)	Output aus dem Bauwerk Kanton Zürich 2008 (= Rückbaustoffe/Bauabfälle)		
Kies/Sand aus Gruben:	4.6 Mio. t	Rückbaustoffe/Bauabfälle:	2.9 Mio. t
Rückbaustoffe aus Aufbereitung:	1.5 Mio. t		
Baurohstoffe aus belasteten Standorten:	0.2 Mio. t		
Zement:	0.6 Mio. t		
Übrige Baurohstoffe (Ton, Asphalt, Glas, Gips, Holz etc.):	1.6 Mio. t		
Summe Input:	8.5 Mio. t	Summe Output:	2.9 Mio. t

Damit die Zahlen der Zürcher Bauwirtschaft einfacher mit Zahlen von anderen Kantonen oder Bundesländern in Deutschland oder Österreich verglichen werden können, werden die Mengenangaben der wichtigsten Systemflüsse aus Abbildung 1 ausserdem auch als Pro-Kopf-Zahlen dargestellt (siehe Kapitel 7).

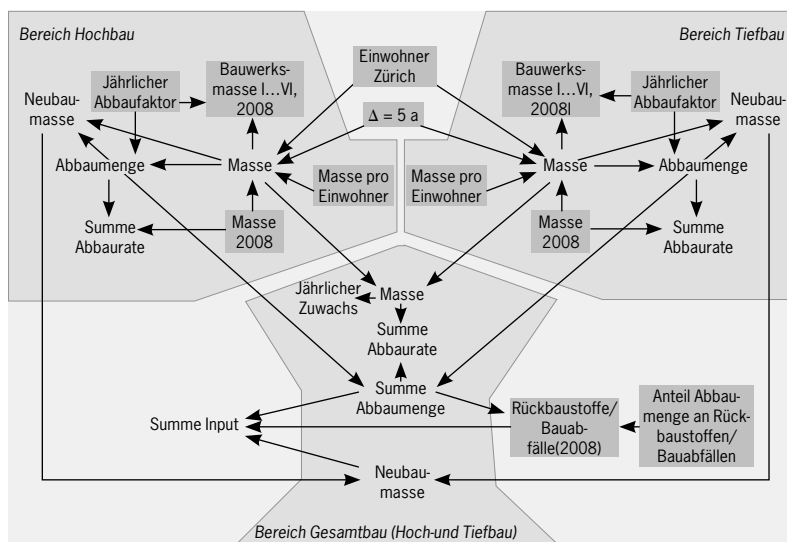
3. Das Berechnungsmodell B-Modell 6.0

Das Berechnungsmodell B-Modell 6.0 stützt sich auf bereits bestehende Modelle ab. Jede verwendete Größe oder getroffene Annahme basiert auf definierten Quellen. Die mit Quellen belegten Startgrößen wurden im Sinne des Massenfluss-Systems (Abbildung 1) in mathematisch definierter Weise miteinander verknüpft. The-matisch zusammenhängende Berechnungskomplexe bilden Module, die miteinander verbunden sind. Das B-Modell 6.0 ist in folgenden Modulen aufgebaut:

- ◆ Bauwerk (Teilmodule Hochbau, Tiefbau und Gesamtbau als Summe von Hoch- und Tiefbau)
- ◆ Zement
- ◆ Kies/Sand
- ◆ Rückbaustoffe/Bauabfälle

Abbildung 2

Modellgrößen und Verknüpfungen des Berechnungsmoduls BAUWERK. Alle Größen, welche ohne Jahreszahl angegeben werden, sind für sämtliche Jahre von 1900–2008 bekannt. Wird eine Jahreszahl explizit angegeben, bedeutet dies, dass die entsprechende Größe nur für das genannte Jahr bekannt ist. Die Startgröße „ $\Delta = 5a$ “ besagt, dass damit gerechnet wurde, dass die Bevölkerungsentwicklung die für die jeweilige Zeit typische Baumasse pro Einwohner nach 5 Jahren nach sich zieht.



- ◆ Deponie
- ◆ Zusammensetzung (von Neubaumasse und Rückbaustoffen/Bauabfällen)
- ◆ Schema (Zusammenstellung der Resultate im Massenfluss-System gemäß Abbildung 1)

Die im B-Modell 6.0 verwendeten Daten stammen aus Publikationen, aber auch aus nicht öffentlichen Studien (vgl. Literaturverzeichnis am Schluss des Artikels). Diese Arbeiten sind zu einem erheblichen Teil von unterschiedlichem Begriffsgebrauch, Unvollständigkeit und Widersprüchen geprägt. Durch Vergleichs- und Plausibilitätsbetrachtungen gelang es jedoch, das Datenmaterial zu bewerten und im Hinblick auf seine Weiterverwendbarkeit zu selektionieren.

Die Funktionsweise des B-Modells 6.0 wird anhand des Moduls „Bauwerk“ exemplarisch dargestellt (siehe Abbildung 2). In der Abbildung werden die Bereiche Hochbau, Tiefbau und Gesamtbau (Hochbau und Tiefbau) unterschieden; sie sind jeweils hellgrau hinterlegt. Aus dem Schema ist ersichtlich, welche Größen sich aus welchen anderen Größen ableiten. Dunkelgrau hinterlegte Größen sind den Quellen entnommen und stellen Startgrößen des Modells dar. Die verschiedenen mathematischen Verknüpfungen sind pauschal in Form von Pfeilen dargestellt. Nicht dunkelgrau hinterlegte Größen stellen Zwischen- oder Endresultate dar.

Genauigkeit der Resultate

Die Genauigkeit der berechneten Zahlen ist abhängig von der Qualität der Quellen. Diese Quellen sind teilweise sehr genau, zum Teil weisen sie aber auch große Unsicherheiten auf. Durch den Einbezug aller im Zusammenhang wichtigen Größen und durch die auf der Realität beruhenden Daten-Verknüpfung entsteht ein in sich stimmiges Wirkungsgefüge. Die „Gesamtjustierung“ des Systems gewährleistet eine Optimierung der Datenstimmigkeit und der Datenbezüge, was sich auch positiv auf die Zahlengenauigkeit auswirkt. Zentraler Punkt ist dabei immer die Sachkenntnis; diese kann durch kein noch so gutes EDV-Programm ersetzt werden. Insgesamt wird die Genauigkeit der Resultatgrößen in der Regel auf ± 10 bis 15 % geschätzt. In Einzelfällen sind relative Unsicherheiten bis zu ± 25 % wahrscheinlich. Konsequente Fehlerrechnungen wurden bis jetzt allerdings nicht vorgenommen.

4. Das Bauwerk des Kantons Zürich (Hochbau, Tiefbau, Gesamtbau)

4.1 Das Prinzip des Auf- und Abbaus des Bauwerks im B-Modell 6.0

Die Rückbaustoff-/Bauabfallmengen des Kantons Zürich können wie erwähnt nicht direkt ermittelt werden. Sie werden indirekt anhand der Zusammensetzung des Bauwerks (bestehend aus Bauwerksbeständen unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Zusammensetzung) sowie anhand der Aufbau- und Abbauraten des Bauwerks berechnet. Im Basismodul „Bauwerk“ des B-Modells 6.0 werden die Auf- und Abbauraten des Bauwerks des Kantons Zürich dargestellt.

Die Entwicklung des Bauwerks Kanton Zürich (Hoch- und Tiefbau) von 1900 bis 2008 wird aufgrund des vorhandenen Zahlenmaterials in 6 Phasen, nachfolgend Bauphasen I bis VI genannt, aufgeteilt (siehe Abbildung

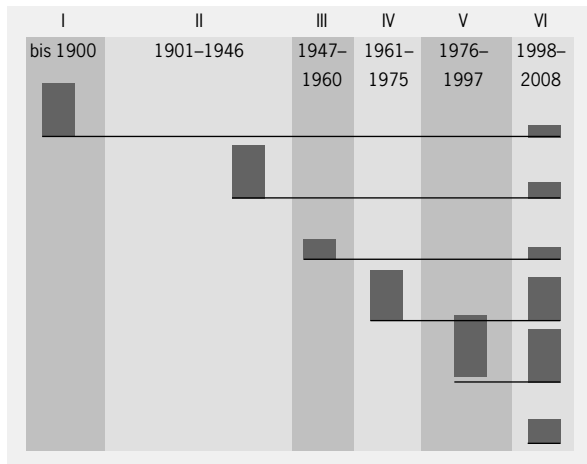


Abbildung 3
Schematische Darstellung der für das Modell relevanten Bauphasen mit den jeweiligen Baubeständen. Die Quader entsprechen dem Bauwerksbestand am Ende der jeweiligen Bauphase. Da es sich um eine schematische Abbildung handelt, sind die Quader nicht maßstabsgetreu dargestellt.

3). Innerhalb jeder Bauphase wird ein Teil des Bauwerks abgebaut, gleichzeitig wird ein neuer Teil gebaut. Dabei wächst die Baumasse innerhalb der Bauphase bis zu ihrem Ende, während gleichzeitig der Abbau stattfindet. Nach Abschluss der jeweiligen Phase baut sich der entsprechende Teil des Bauwerks innerhalb der folgenden Bauphasen nur noch ab – während gleichzeitig das Bauwerk der anschließenden Bauphase aufgebaut (und ein Teil abgebaut) wird; usw. Somit setzt sich das Bauwerk bzw. der Bauwerksbestand einer Phase jeweils aus alten Bauten aller vorhergehenden und der laufenden Phase sowie aus neuen Bauten zusammen. Oder anders ausgedrückt: Das Gesamtbauwerk Kanton Zürich stellt im Jahr 2008 die Summe der Bauwerksbestände aller Bauphasen dar. Die Überlagerung der Bestände der einzelnen Bauphasen zum Gesamtbau heute (Bauphase VI) ist in der Abbildung 3 ersichtlich.

Abbildung 4 zeigt – ausgehend von Abbildung 3 – die Entwicklung der Gesamtbaumasse des Kantons Zürich von 1900 bis 2008. Dabei wurde in allen Bauphasen die

Abbildung 4
Entwicklung der Gesamtbaumasse Kanton Zürich 1900–2008. Die im Diagramm enthaltenen grauen Flächen markieren die in Abbildung 3 dargestellten Bauphasen.

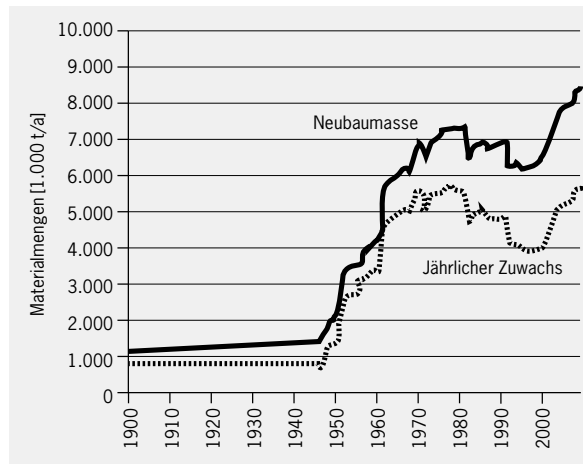
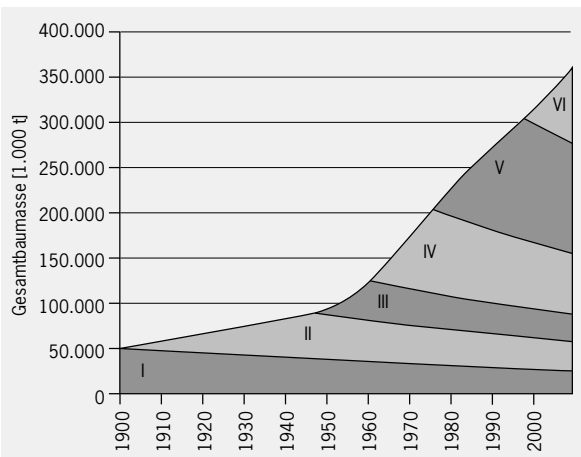


Abbildung 5
Wachstum des Gesamtbauwerks 1900–2008: Entwicklung der jährlich eingesetzten Neubaumasse und des jährlichen Zuwachses des Bauwerks. Unter Neubaumasse wird der gesamte Input in das Bauwerk Kanton Zürich verstanden, unabhängig davon, ob die Bauaktivität einen Neubau, eine Sanierung oder einen Ersatzneubau betrifft.

Summe der Bauwerksbestände aller vorangegangenen Bauphasen und der aktuellen Bauphase (siehe Abbildung 3) aufsummiert und die Gesamtbaumasse als fortlaufende Entwicklungslinie dargestellt.

Nach dem zweiten Weltkrieg begann die Gesamtbaumasse steiler als in der Zeit davor anzuwachsen. 2008 betrug sie ca. 360 Mio. t. Der Hochbau macht mit ca. 250 Mio. t ca. 70 % aus, der Tiefbau umfasst ca. 110 Mio. t (ca. 30 %). In der Zeitspanne zwischen 1901 und 1946 (Bauphase II) lag der Anteil der Hochbaumasse noch bei rund 80 % und nahm danach aufgrund intensivierter Tiefbautätigkeiten (Autobahnbau) sukzessive bis auf etwa 70 % ab.

Aus der Abbildung 4 ist auch der Anteil der Baumasse, der aus früheren Zeitspannen stammt, ersichtlich. Beispielsweise waren 2008 noch rund 50 % der Bausubstanz, die vor 1900 erstellt wurde, vorhanden.

4.2 Das Wachstum des Bauwerks Kanton Zürich: Entwicklung der Neubaumasse und jährlicher Zuwachs

In Abbildung 5 wird das Wachstum des Gesamtbauwerks Kanton Zürich mit der jährlich eingesetzten Neubaumasse und dem jährlichen Zuwachs (in t pro Jahr) dargestellt. Unter „Neubaumasse“ wird der gesamte Input in das Bauwerk Kanton Zürich verstanden, unabhängig davon, ob die Bauaktivität einen Neubau, eine Sanierung oder einen Ersatzneubau betrifft. Der Bereich zwischen den Kurven für die (jährlich eingesetzte) „Neubaumasse“ und dem „jährlichen Zuwachs“ entspricht der Rückbaumasse, die während eines Jahres entsteht (vgl. Kapitel 6).

Das Bauwerk Kanton Zürich hat in den Nachkriegsjahren einen starken Zuwachs erhalten. Um 1975 betrug der jährliche Zuwachs am Bauwerk etwa 5.8 Mio. t. Nach einer Baisse in den achtziger und neunziger Jahren, in welcher der Zuwachs auf ca. 4 Mio. t/Jahr zurückging, wurde 2008 ungefähr wieder der Wert von 1975 (5.7 Mio. t/Jahr) erreicht.

4.3 Die Entwicklung der Hochbau- und der Tiefbaumasse

Abbildung 6 gibt Auskunft darüber, in welchem Ver-

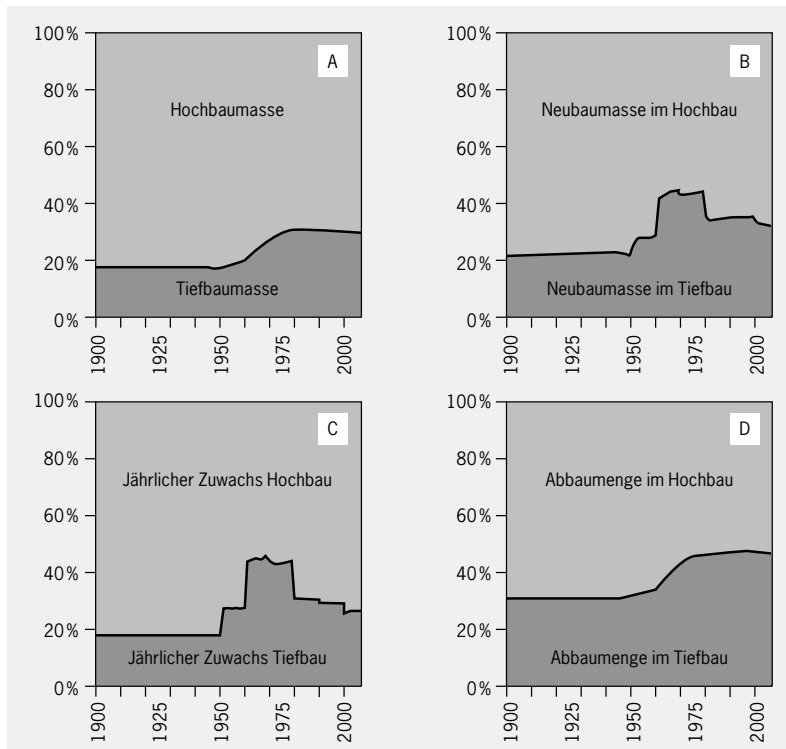


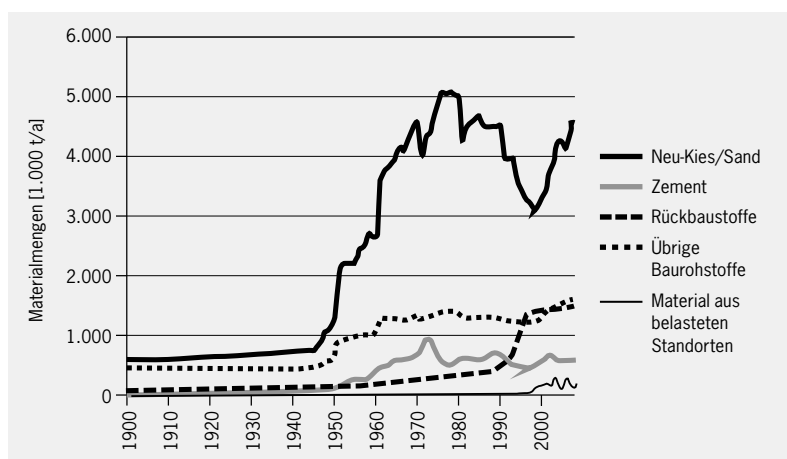
Abbildung 6
Hochbau-/Tiefbau-
Anteile der Bau-
werksmasse, der
Neubaumasse, des
jährlichen Zuwachses
des Bauwerks und
der Abbaumenge

hältnis zueinander sich die Hochbaumasse und die Tiefbaumasse entwickelten. Es werden jeweils die prozentualen Anteile des Hochbaus und des Tiefbaus für die Bauwerksmasse, die Neubaumasse, den jährlichen Zuwachs und die Abbaumenge dargestellt.

Teilbild a zeigt, dass die Tiefbauwerke bis etwa 1950 nur etwa einen Fünftel aller Bauwerke ausmachten. In den sechziger und siebziger Jahren führten die großen Straßenbauprojekte (Autobahnen) dann zu einem Anstieg des Tiefbauanteils auf ca. 30%.

Die sich stark gleichenden Teilbilder b und c zeigen die Neubaumasse und den jährlichen Zuwachs des Bauwerks. Wiederum weist der Hochbau den dominierenden Anteil an der Neubaumasse bzw. dem jährlichen Zuwachs am Bauwerk aus – mit burgzinnenartigen Anstiegen um 1950 und 1960. Nach 1980 hat sich mit dem größtenteils erreichten Ausbau des Schweizer Autobahnnetzes der Anteil der Tiefbau-Neumasse und

Abbildung 7
Inputströme in das
Bauwerk Kanton Zü-
rich 1900–2008



des jährlichen Tiefbau-Zuwachses wieder auf tieferem Niveau etabliert.

Aus den beiden Größen der Teilbilder b (Neubaumasse) und c (jährlicher Zuwachs) ergibt sich die Abbaumenge (Teilbild d; Neubaumasse abzüglich jährlicher Zuwachs des Bauwerks). Teilbild d gleicht wiederum Teilbild a, weist aber einen deutlich höheren Tiefbau-Anteil aus. Aus Teilbild d lässt sich ableiten, dass aus dem Tiefbau eine relativ größere Abbaumenge stammt als aus dem Hochbau. Dies ist insbesondere auf die kürzere Nutzungsdauer der Tiefbauten zurückzuführen.

4.4 Die Zusammensetzung der Neubaumasse

Im Jahr 2008 setzte sich die Neubaumasse aus rund 50 % Beton, 26 % (nicht gebundenem) Kies/Sand, 5 % Asphalt, 4 % Mauerwerk, 3 % Metallen, 4 % Holz/Brennbares, 6 % Gips/Keramik/Glas sowie 2% Vermischtem (davon ca. zwei Drittel Kies/Sand) zusammen (vgl. auch Abbildung 10 in Kapitel 6.2). Addiert man zum nicht gebundenen Kies/Sand auch noch denjenigen Anteil Kies/Sand, der in Beton, Mauerwerk, Asphalt und Vermischtem in gebundener Form vorkommt, so berechnet sich ein Gesamt-Kies/Sand-Anteil von ca. 73%. Der mineralische Anteil (nicht gebunden und gebunden) in allen Materialkategorien beträgt ca. 92% (Kies/Sand insgesamt sowie Zement, Ton im Mauerwerk, Gips/Keramik/Glas sowie in Baustoffen gebundenes Wasser).

5. Kieswirtschaft, Bauwerk-Inputströme und Baukonjunktur

Abbildung 7 zeigt, in welcher Menge die fünf Gruppen an Baurohstoffen von 1900 bis 2008 in das Bauwerk Kanton Zürich eingebaut wurden. Unter „Neu-Kies/Sand“ wird dabei Kies/Sand verstanden, der aus Kiesgruben gewonnen wird. Dies im Unterschied zu Kies/Sand, welcher bei der Verwertung von Bauabfällen anfällt und mit dem Begriff „Rückbaustoffe“ gemeint ist.

Neu-Kies/Sand ist während der gesamten Zeitspanne der dominierende Input-Strom ins Bauwerk. Ab etwa 1950 erlebte dieses Material einen steilen Aufschwung, mit einem Höchstwert um 1975 von 5 Mio. t/Jahr. Zwischen 1980 und 2000 nahm der Neu-Kies/Sand-Input ins Bauwerk deutlich ab, bis auf einen Wert von etwa 3 Mio. t. Bis 2008 stieg er wieder stark auf einen Wert von ca. 4,5 Mio. t an.

Die Verwendung von Rückbaustoffen im Bauwerk lag lange Jahrzehnte auf tiefem Level, erlebte dann aber zwischen 1990 und 1995 einen deutlichen Aufschwung. Aufgrund der steigenden Preise für Neu-Kies/Sand („Kies ab Wand“) wurde die Aufbereitung von Rückbaustoffen/Bauabfällen wirtschaftlich. Des Weiteren wurde die Ablagerung von Bauabfällen in Kiesgruben strikte untersagt und kontrolliert. Der Aufschwung der Aufbereitung der Rückbaustoffe/Bauabfälle geht einher mit dem Rückgang der Gewinnung von Neu-Kies/Sand. Die Rückbaustoff-Menge stieg von 1995 bis 2005 kaum mehr an. Seit 2005 ist die Tendenz wieder steigend.

Seit Anfang der neunziger Jahre sind die Rückbaustoffe zu einem der bedeutendsten Input-Ströme geworden. Auch aus belasteten Standorten werden seit etwa 1995 Materialien zurück gewonnen, die als Rohstoffe für Bauten eingesetzt werden. Ihr Mengenanteil ist mit

0,1–0,2 Mio. t pro Jahr an sich relevant, insgesamt aber von untergeordneter Bedeutung.

Abbildung 8 macht deutlich, dass im Kanton Zürich stets mehr Kies-/Sand aus Kiesgruben neu gewonnen wurde als für das Bauwerk selbst notwendig war. In den siebziger und achtziger Jahren betrug dieser Überschuss jährlich rund 2.5 Mio. t. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Überschuss exportiert und in außerkantonale Bauwerke eingebaut wurde. Es ist andererseits auch bekannt, dass kleinere Kies-/Sand-Mengen aus dem außerkantonalen Bereich in den Kanton Zürich importiert werden. Im verwendeten B-Modell 6.0 wird der Import immer gerade vom Export abgezogen, so dass mit „Export“ immer „Exportüberschuss“ gemeint ist; die Importmengen sind somit nicht dargestellt. Die zum Teil starken, innerhalb weniger Jahre auftretenden Schwankungen des Export-Überschusses in den letzten zwei Jahrzehnten sind auf den Einbezug der ab 1990 verfügbaren Kiesstatistik-Daten zurück zu führen.

Modell-Überprüfung

Die aus dem B-Modell 6.0 resultierende Bauaktivität (welche in Abbildung 8 zum Beispiel an der Kurve „Neu-Kies/Sand, für Bauwerk benötigt“ sichtbar ist) wurde anhand der Bauinvestitionen überprüft, welche seit 1994 im Kanton Zürich erfasst werden. Von 1994 bis 1997 sanken die um die Teuerung korrigierten Bauinvestitionen von Fr. 7.5 Mia. auf 6.5 Mia. pro Jahr, während sie 1997 – 2008 im Durchschnitt von Fr. 6.5 Mia. auf über 7 Mia. pro Jahr anstiegen.

Als Maß für die Bauaktivität wurden aus den Modellgrößen der Kies-/Sand-Bedarf und der Zementverbrauch (vgl. Abbildung 7) ausgewählt. Diese beiden Materialgrößen wurden den teuerungskorrigierten Bauinvestitionen gegenüber gestellt. Alle drei Kurven weisen für den Zeitraum 1980 bis 2008 bzw. für den engeren Zeitbereich von 1994 bis 2008 einen ähnlichen, ab 1997 steigenden Verlauf auf. Diese Übereinstimmung kann als Bestätigung für den Modellansatz gewertet werden.

6. Die Bauwerk-Outputströme: Rückbaustoffe/Bauabfälle und ihre Zusammensetzung, Aufarbeitung, Export, Verbrennung und Deponierung

6.1 Die Entwicklung der Rückbaustoff-/Bauabfall-Menge

Die Entwicklung der Rückbaustoff-/Bauabfall-Menge von 1900–2008 ist in Abbildung 9 enthalten. Sie gleicht sehr stark der Entwicklung der Gesamtbaumasse (vgl. Abbildung 4). Die Menge der Rückbaustoffe/Bauabfälle nahm von 1900–1950 kontinuierlich von 400.000 auf 700'000 t zu, was einer Steigerung von etwa 6.000 t pro Jahr entspricht. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts versiebenfachte sich die durchschnittliche Steigerung auf 40.000 t pro Jahr. Entsprechend wuchs die Rückbaustoff-/Bauabfall-Menge von 700.000 t auf 2.7 Mio. t pro Jahr an. 2008 betrug der jährliche Output aus dem Bauwerk Kanton Zürich rund 2.9 Mio. t.

6.2 Die Zusammensetzung der Rückbaustoffe/Bauabfälle

In Abbildung 10 ist die Zusammensetzung und Entwicklung der Neubaumasse einerseits (im oberen Teil der Abbildung) und der Rückbaustoffe/Bauabfälle andererseits (im unteren Teil der Abbildung) von 1900–2008 dargestellt.

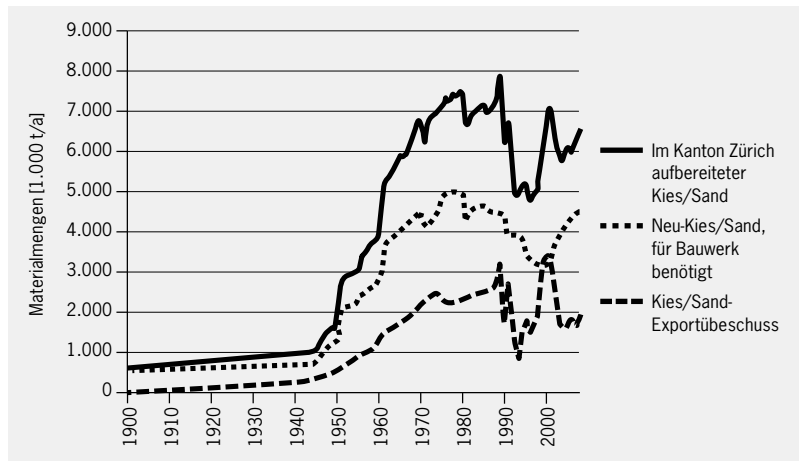


Abbildung 8
Verwendung des Neu-Kies/Sandes 1900–2008. Der Kies/Sand-Exportüberschuss ergibt sich aus der Differenz zwischen dem total im Kanton Zürich aufbereiteten Kies/Sand und dem für das Bauwerk benötigten Neu-Kies/Sand.

Die prozentuale Zusammensetzung der Neubaumasse hat sich seit 1900 deutlich verändert, wie das Teilbild oben rechts zeigt: Das Mauerwerk, welches um 1900 mit einem Anteil von rund 40 % noch dominierend war, nahm ab 1970 nur noch einen Anteil von wenigen Prozent ein. Dafür hat der Anteil des Betons stetig zugenommen; heute macht er etwa die Hälfte der Neubaumasse aus. Der nicht gebundene „Kies/Sand“ hingegen blieb über die ganze Zeitspanne hinweg relativ konstant bei einem Wert von gut 25 %.

Die Zusammensetzung der Rückbaustoffe/Bauabfälle im Teilbild unten rechts ähnelt der Zusammensetzung der Neubaumasse stark. Es dominierte lange Zeit das Mauerwerk: um 1900 betrug der Anteil rund 45%, heute beträgt er nur noch ca. 10 %. Umgekehrt nahm der Beton-Anteil von rund 5 % auf 40 % zu. Bei Beton und Mauerwerk, aber auch bei Holz/Brennbarem, lässt sich in den Bildern rechts gut beobachten, wie die ursprünglich in den Bauten enthaltenen Materialien verzögert als Rückbaustoffe/Baustoffe anfallen. Je nach der Materialgruppe und ihrer Lebensdauer beträgt die Verzögerung Jahre bis wenige Jahrzehnte (Holz/Brennbares) oder mehrere Jahrzehnte (Mauerwerk).

Würden in Abbildung 10 (Teilbild unten rechts) statt der Baumaterial-Kategorien die Bauabfall-Kategorien (Ausbauasphalt, Straßenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch etc.) dargestellt, würde sich beim Beton- und Mischabbruch für die letzten Jahre ein anderes Bild ergeben: Der Mischabbruch-Anteil wäre deutlich

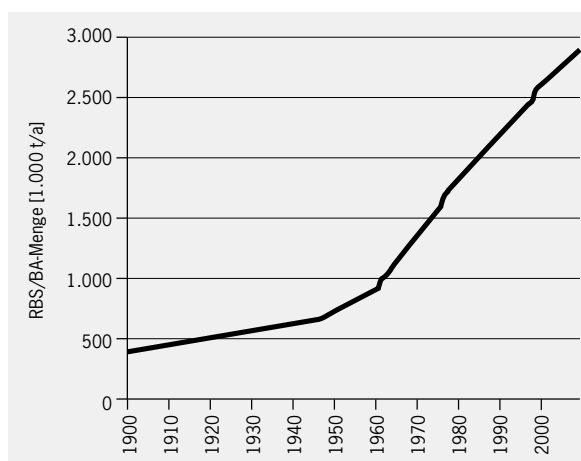


Abbildung 9
Die Entwicklung der Rückbaustoff-/Bauabfallmenge 1900–2008

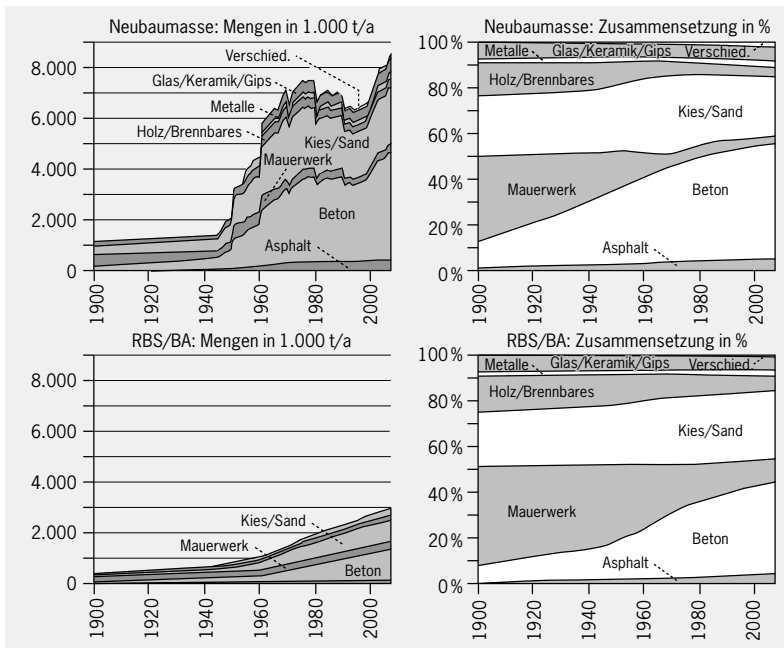


Abbildung 10
Zusammensetzung und Mengenentwicklung der Neubau- und der Rückbau-Substanz 1900–2008. Neubau-Substanz = Gesamte in einem bestimmten Jahr in das Bauwerk des Kantons Zürich (Hoch- und Tiefbau) eingebaute Substanz. RBS/BA = Rückbau-Substanz/Bauabfälle = alle in einem Jahr aus dem Bauwerk Kanton Zürich zur Verwertung/Entsorgung anfallenden Materialien.

größer als der Mauerwerks-Anteil, der Betonabbruch-anteil wäre hingegen deutlich geringer als der Beton-anteil. Dies hat damit zu tun, dass die Wände (Mauerwerk) und die Decken (Beton) von Bauwerken heute gemeinsam abgebaut werden, während Kellerbauten (Beton) separat rückgebaut werden. Ein großer Anteil des Betons findet sich also, gemeinsam mit Mauerwerksanteil, im Mischabbruch wieder. Entsprechend fällt der Betonabbruch-Anteil geringer aus.

In der linken Bildhälfte der Abbildung 10 ist die Entwicklung der Neubau-Substanz (oben) und der Rückbau-Substanz/Bauabfall-Menge (unten) in absoluten Zahlen in gleichem Maßstab dargestellt. Die kurvige Entwicklung der Neubau-Substanz mit einem Dromedar-artigen Buckel um 1980 und einem steilen Anstieg seit der Jahrtausendwende zeigt sich bei der Entwicklung der Rückbau-Substanz/Bauabfall-Menge (langsamerer und stetiger Anstieg) noch nicht. Da die Bauwerksmasse erst mit einer Verzögerung von teilweise Jahrzehnten als Rückbau-Substanz/Bauabfälle anfällt, diese Verzögerung im Einzelnen kurz oder lange dauern kann, und da seit längerem mehr Masse ins Bauwerk eingebaut als ausgebaut wird, wird sich der erwähnte Buckel bei den Rückbau-Substanz/Bauabfällen – wenn überhaupt – erst in Jahrzehnten und sicher nur in abgeschwächter Form zeigen.

6.3 Aufarbeitung und Export von Rückbau-Substanz/Bauabfällen
60% der Rückbau-Substanz/Bauabfälle (1.7 Mio. t pro Jahr) werden heute entweder im Kanton Zürich aufbereitet oder deponiert. 40% der Menge (1.2 Mio. t pro Jahr) werden in andere Kantone exportiert und dort größtenteils deponiert. Die im Kanton Zürich verbleibenden Rückbau-Substanz/Bauabfälle werden heute zu rund 95% aufbereitet. Da bei der Aufbereitung von Bauabfällen erfahrungsgemäß ca. 92% verwertbare Materialien, 5% brennbare und 3% zu deponierende Materialien anfallen, werden etwa 90% der im Kanton Zürich verbleibenden Materialien wieder zu Baustoffen, also stofflich verwertet (1.5 Mio. t pro Jahr).

Von allen im Kanton Zürich anfallenden Rückbau-Substanz/Bauabfällen werden insgesamt rund 65% aufbereitet und 35% unbehandelt deponiert. Dies bedeutet, dass – gemäß Modellrechnung – 59% verwertet werden. Von den verbleibenden 41% werden 39% deponiert und 2% verbrannt.

Dass im Kanton Zürich eine hohe Verwertungsquote realisiert wird, im außerkantonalen Raum hingegen nicht, nährt die Vermutung, dass Rückbau-Substanz/Bauabfälle mit gutem Verkaufspotenzial (Betongranulat) im eigenen Kanton aufbereitet werden, während weniger attraktive Materialien wie Mischabbruchgranulat in den außerkantonalen Bereich exportiert werden.

6.4 Die Deponierung von Rückbau-Substanz/Bauabfällen

Von 1900 bis 1985 nahmen die deponierten Bauabfälle in einem Verlauf zu, welcher der Entwicklung der Rückbau-Substanz/Bauabfälle ähnlich ist (vgl. Abbildung 10): moderate Zunahme bis 1950, stärkere Zunahme danach. Die höchste Menge an deponierten Bauabfällen wurde um 1985 mit einem Wert von 1.6 Mio. t erreicht. Die nach 1985 einsetzende Aufarbeitung der Rückbau-Substanz/Bauabfälle in Bauabfallsortierungsanlagen sowie die zunehmenden Exporte aus dem Kanton Zürich sorgten in den 15 Jahren bis 2000 für einen drastischen Rückgang der deponierten Mengen bis auf ein Niveau von 40.000 t/Jahr. Es werden heute im Kanton Zürich nur noch 2.5% der vor 25 Jahren angefallenen Rückbau-Substanz/Bauabfall-Menge deponiert.

Modell-Überprüfung

Der Vergleich der Modelldaten mit der Deponiestatistik des Kantons Zürich für den Zeitraum 1994 (ab diesem Jahr liegen Messwerte vor) bis 2008 zeigt eine sehr gute Übereinstimmung der Kurven für die Zeit von ca. 1998 – 2008. Von 1994 bis 1997 klaffen die Kurven jedoch auseinander. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass vor der Jahrtausendwende oft unsachgemäße und zum Teil illegale Ablagerungsmethoden praktiziert wurden: Das Material wurde in Kiesgruben abgelagert, verblieb in Baupisten oder wurde für Hinterfüllungen in Bauwerken verwendet. Diese Mengen sind in der Deponiestatistik nicht erfasst.

6.5 Die Verbrennung von Rückbau-Substanz/Bauabfällen

In den angefallenen Rückbau-Substanz/Bauabfällen waren 2008 ca. 180.000 t an Holz/Brennbarem enthalten (rund 6% von 2.9 Mio. t/Jahr). Etwa 30.000 t (16%) wurden direkt ab Baustelle der Verbrennung zugeführt. Ca. 75.000 t (42%) wurden nach einer Aufbereitung im Kanton Zürich mehrheitlich in Müllverbrennungsanlagen thermisch entsorgt. Die restlichen 75.000 t (42%) wurden – vermischt mit hauptsächlich mineralischen Bauabfällen – exportiert und dort mehrheitlich deponiert. In einer Zeit, in der Holz als brennbarer Energieträger zunehmend begehrt ist, ist es bemerkenswert, dass rund 40% des in den Bauabfällen enthaltenen Holzes/Brennbaren nicht thermisch genutzt werden.

7. Zusammenfassung der Ergebnisse und Erkenntnisse

7.1 Überblick über die wichtigsten Resultate

Die Berechnungen der Mengen und Zusammensetzung

des Bauwerks Kanton Zürich im B-Modell 6.0 haben folgende bemerkenswerten Resultate ergeben:

- ◆ **Bauwerk Kanton Zürich:** Im heutigen Bauwerk des Kantons Zürich ist gemäß Modell noch rund die Hälfte des Bauwerksbestands aus der Zeit vor 1900 enthalten. Im Zeitraum 1900–1950 betrug die Hochbaumasse 80 %, die Tiefbaumasse 20 %. Heute entfallen 70% auf den Hochbau und 30% auf den Tiefbau. Während zwischen 1900 und 1950 Mauerwerk als wichtige Bauwerkskomponente etwa die Hälfte des Bauwerks (Hoch- und Tiefbau) ausmachte, ist es heute der Beton. Der Anteil Kies/Sand im Bauwerk (25 bis 30 %) ist seit 1900 etwa gleich groß geblieben.
- ◆ **Inputströme ins Bauwerk:** Bei den Inputströmen ins Bauwerk ist der (aus Kiesgruben gewonnene) Neu-Kies/Sand der dominierende Fluss, welcher ab 1950 einen steilen Aufschwung erlebte und heute – nach einem deutlichen Rückgang seit 1980 mit Tiefpunkt um 2000 – bei einem maximalen Wert von knapp 5 Mio. t/Jahr angekommen ist. Die Verwendung von verwerteten Rückbaustoffen/Bauabfällen nahm erst seit etwa 1995 aufgrund der Verteuerung von Neu-Kies/Sand deutlich zu.
- ◆ **Kieswirtschaft:** Im Kanton Zürich wurde stets mehr Kies/Sand aus Kiesgruben neu gewonnen als für das Bauwerk selbst benötigt wurde: der Export von Neu-Kies/Sand hat im Kanton Zürich Tradition. Um 1980 betrug der Exportüberschuss rund 2.5 Mio. t pro Jahr, heute beträgt er noch knapp 2 Mio. t pro Jahr.
- ◆ **Rückbaustoffe/Bauabfälle:** Rund 2.9 Mio. t Rückbau-

Bauwerk Kanton Zürich	Mengen 2008	Mengen 2008 als Pro-Kopf-Angaben
Hochbaumasse	250 Mio. t	184 t/Kopf
Tiefbaumasse	110 Mio. t	80 t/Kopf
Masse Gesamtbau (Hochbau- und Tiefbau)	360 Mio. t	264 t/Kopf
Input ins Bauwerk: Neubaumasse	8.5 Mio. t/Jahr	6.2 t/Kopf und Jahr
Output aus dem Bauwerk: Menge angefallener Rückbaustoffe/Bauabfälle	2.9 Mio. t/Jahr	2.1 t/Kopf und Jahr
Input – Output: Jährlicher Zuwachs des Bauwerks	5.6 Mio. t/Jahr	4.1 t/Kopf und Jahr
Einbau rezyklierter Materialien total	1.7 Mio. t/Jahr	1.2 t/Kopf und Jahr
Neu-Kies/Sand, für Bauwerk benötigt	4.6 Mio. t/Jahr	3.4 t/Kopf und Jahr
Kies/Sand-Materialien für das Bauwerk total	6.3 Mio. t/Jahr	4.6 t/Kopf und Jahr

Tabelle 2
Pro Kopf-Kennzahlen des Bauwerks Kanton Zürich 2008.

stoffe/Bauabfälle entstehen im Kanton Zürich jedes Jahr. 60% davon verbleiben im Kanton Zürich, 40 % werden in den außerkantonalen Raum exportiert. Insgesamt werden von den Zürcher Rückbaustoffen/Bauabfällen ca. 60 % verwertet.

7.2 Die wichtigsten Mengenflüsse als Pro-Kopf-Angaben

Pro-Kopf-Angaben werden für Vergleiche verschiedener Art verwendet. So kann zum Beispiel die Pro-Kopf-Neubaumasse des Kantons Zürich über viele Jahre

we reduce it.

LINDNER
Recyclingtech

Michael Hofer
Projektmanagement

Shredder sind unser Geschäft
Zufriedenheit
unsere Inspiration

Wir zerkleinern alles. Fast alles. Nur nicht unser Know-how. Davon können auch Sie profitieren, denn unter zahlreichen, renommierten Kunden weltweit sind Sie in bester Gesellschaft. Über 1.000 verkaufte Shredder und Anlagen zur Aufbereitung von Ersatzbrennstoffen sprechen für sich.

www.l-rt.com

The ART of innovative SHREDDING!

Benchmark
100% ORIGINAL
since 1988

hinweg betrachtet werden. Statt einem Vergleich über mehrere Jahre kann auch ein Vergleich zwischen Kantonen, Ländern oder Bundesländern gemacht werden. In Tabelle 2 ist eine Auswahl an Pro-Kopf-Angaben zum Bauwerk des Kantons Zürich für das Jahr 2008 zusammengestellt. Zur Grobcharakterisierung der Siedlungsstruktur sei angemerkt, dass es im Kanton Zürich (Ende 2010 total 1.36 Mio. Einwohner) zwei Städte mit mehr als 50.000 Einwohnern und 7 Städte mit mehr als 20'000 Einwohnern gibt.

7.3 Die Bedeutung des B-Modells 6.0

Das B-Modell 6.0 ermöglicht es, umfassende Angaben im Bereich Rückbaustoffe-/Bauabfälle und Baustoffe des Kantons Zürich zu berechnen und darzustellen. Es berücksichtigt und nutzt vorhandenes Datenmaterial und berechnet die fehlenden Angaben zu den Mengen und zur Zusammensetzung des Bauwerks Kanton Zürich. Die wichtigsten Materialflüsse im Güterflusssystem können im Zusammenhang dargestellt werden. Es wird ein Zeitraum von knapp 110 Jahren (1900 – 2008) abgedeckt.

Der Kanton Zürich nutzt das erarbeitete Modellwissen als Planungsgrundlage – zum Beispiel im Hinblick auf die Aufbereitung von Rückbaustoffen/Bauabfällen, im Zusammenhang mit der Förderung des Einsatzes von aufbereiteten Baurohstoffen, für die Abklärung der erreichten Verwertungsgrade, bei der Beschaffung von Daten zum Export von Rückbaustoffen/Bauabfällen oder bei der Bereitstellung von Deponiekapazitäten für Bauabfälle.

Das Modell kann zum Prognose-Instrument ausgebaut werden. Aufgrund des weit zurückreichenden Datenmaterials können aus der Kenntnis der Vergangenheit Schlüsse für die Zukunft gezogen werden – nicht zuletzt auf Grund der Tatsache, dass die künftige

Rückbaustoff/Bauabfall-Menge zum Teil schon „vorbestimmt“ ist. Ein Prognose-Modell für die Bau- und Abbautätigkeit muss sich aber auch auf Annahmen bzw. auf andere Prognose-Modelle stützen, z.B. Modelle für die künftige Bevölkerung oder Modelle für künftige Bautätigkeiten infolge energiepolitischer Programme. In jedem Fall bringt das B-Modell 6.0 die nötigen Voraussetzungen für eine Erweiterung zum Prognose-Modell mit.

Dank

Die Autorin und der Autor danken Herrn Dr. Elmar Kuhn, Leiter der Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) für die Unterstützung bei der Abfassung dieses Artikels sowie für das sorgfältige und kritische Lesen des Entwurfs. Herrn Rolf Wagner von der AWEL-Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe danken sie für zahlreiche wertvolle Hinweise aus der Praxis der Bau- und Rückbauwirtschaft.

Literatur

- [1] **Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL, 1996):** Bauabfälle im Kanton Zürich – Mengenprognose Teilbereich Hochbau, Studie der Firma Wüest & Partner AG, Zürich, im Auftrag des AWEL, des Abbruch-, Aushub- und Recyclingverbandes (ARV) und der Eberhard Recycling AG, Rümlang im Auftrag des AWEL; nicht veröffentlichter Bericht des AWEL.
- [2] **Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL, 1997):** Bauabfälle im Kanton Zürich – Mengenprognose Teilbereich Tiefbau, Studie der Firma Wüest & Partner AG, Zürich, im Auftrag des AWEL und des Tiefbauamtes des Kantons Zürich, Rümlang, im Auftrag des AWEL; nicht veröffentlichter Bericht des AWEL.
- [3] **Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL, 2009):** Rohstoff- und Aushubflüsse im Kanton Zürich – Ein dynamisches Modell der Materialflüsse für die Jahre 1995-2025. Studie der Firma Energie- und Ressourcen-Management GmbH, Zürich; Bericht des AWEL.
- [4] **Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL, 2010):** Aushub Kanton Zürich – Status, Prognose, Maßnahmen, Studie der Firma Energie- und Ressourcen-Management GmbH, Zürich; Bericht des AWEL.
- [5] **Bundesamt für Umwelt (BAFU, 2001):** Bauabfälle Schweiz – Mengen, Perspektiven und Entsorgungswege, Band 1 (Kennwerte) und Band 2 (Kantonale Werte), Studie der Firma Wüest & Partner AG, Zürich, im Auftrag des BAFU; BAFU-Umweltmaterialien Nrn. 131 und 132.
- [6] **Bundesamt für Umwelt (BAFU, 2008):** Bauabfälle Hochbau Schweiz – Studie der Firma Wüest & Partner AG, Zürich, im Auftrag des BAFU; persönliche Mitteilungen des BAFU.
- [7] **Bundesamt für Umwelt (BAFU, 2008):** Bauabfälle Hochbau Schweiz – Studie der Firma Energie- und Ressourcen-Management GmbH, Zürich, im Auftrag des BAFU; persönliche Mitteilungen des BAFU.
- [8] **Jacobs, Frank, Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton, Wildegg (TFB, 2009):** Persönliche Mitteilungen von Herrn Dr. Frank Jacobs.
- [9] **Rubli, Stefan, Gugerli, Heinrich, und Wagner, Rolf (2010):** Baustoffmanagement optimieren; TEC 21, Nr. 24, Juni 2010, pp. 20–23.
- [10] **VSZKGF/cemsuisse (2010):** Persönliche Mitteilungen und www.cemsuisse.ch.
- [11] **Wagner, Rolf (2010):** Verkannte Ressource; TEC 21, Nr. 24, Juni 2010, pp. 18–19.

Anschrift der Autoren

Dr. Beat Stäubli
 Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)
 Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe
 Postfach, CH-8090 Zürich
beat.staebli@bd.zh.ch

Regula Winzeler
 GEO Partner AG Ressourcenmanagement
 Baumackerstrasse 24, CH-8050 Zürich
rw@jsag.ch

Das Standardwerk für Kommunen:


Mit Beispielen, Checklisten,
 Vertrags- und Satzungsmustern

Straßenreinigung und Winterdienst
 in der kommunalen Praxis

Rechtsgrundlagen – Organisation – Aufgaben

Von **Dr. Manfred Wichmann**, Hauptreferent beim
 Städte- und Gemeindebund Nordrhein-Westfalen
 6., neu bearb. und erweiter. Auflage 2009, 663 Seiten,
 fester Einband, € (D) 89,-, ISBN 978-3-503-11641-6

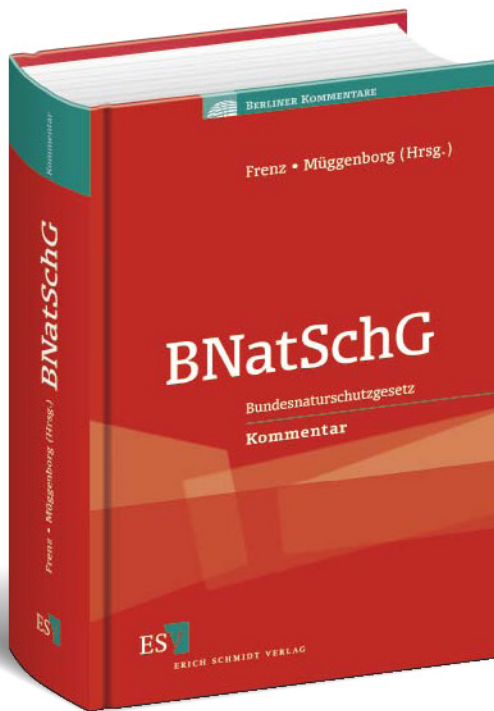
Weitere Informationen:

 www.ESV.info/978-3-503-11641-6

ESV

ERICH SCHMIDT VERLAG
 Auf Wissen vertrauen

Das neue BNatSchG – vollständig kommentiert



Mit dem BNatSchG 2010 gelten erstmals deutschlandweit einheitliche, unmittelbare Vorschriften. Die Bundesländer dürfen jedoch vom BNatSchG 2010 in gewissen Grenzen abweichen bzw. es mittels sog. Öffnungsklauseln ergänzen. Hier unterstützt der neue Berliner Kommentar BNatSchG den Praktiker:

- ▶ **Ein erfahrenes Autorenteam** aus Anwälten, Verbandsjuristen, Ministerialbeamten, Hochschullehrern und Richtern sorgt für eine ausgewogene, praxisgerechte Kommentierung.
- ▶ **Den Blick aufs Ganze** gewährleistet die Einbeziehung der landesrechtlichen Regelungen sowie der europarechtlichen und umweltpolitischen Hintergründe.
- ▶ **Besonders praxisrelevante Materien** wie Eingriffsregelung und FFH-Verträglichkeitsprüfung sind vor dem Hintergrund aktueller Rechtsprechung ausführlich dargestellt.

BNatSchG

Bundesnaturschutzgesetz

Herausgegeben von Prof. Dr. jur. Walter Frenz
und Prof. Dr. jur. Hans-Jürgen Müggenborg

2011, LVIII, 1.281 Seiten, fester Einband, €(D) 138,-
ISBN 978-3-503-12665-1

Berliner Kommentare

Weitere Informationen:

 www.ESV.info/978-3-503-12665-1



ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Fax 030/25 00 85-275 · Tel. 030/25 00 85-228 · ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info