



# RESSOURCENSTRATEGIE «BAUWERK STADT ZÜRICH»

Materialflüsse und Energiebedarf bis 2050

## IMPRESSUM

### Herausgeberin:

Stadt Zürich  
Amt für Hochbauten,  
Tiefbauamt

### Broschüre:

Dr. Heinrich Gugerli (Projektleitung)  
Fachstelle nachhaltiges Bauen,  
Amt für Hochbauten  
Dr. Stefan Rubli, Martin Schneider  
Energie- und Ressourcen-Management  
GmbH, Schlieren

### Ausschuss Hochbaudepartement

#### LSP 4, Themenfeld 3\*:

Wiebke Rösler (Vorsitz), Cornelia Mächler,  
Dr. Heinrich Gugerli (Hochbaudepartement)  
Roland Stulz (Novatlantis)

#### Projektgruppe LSP 4, Themenfeld 3\*:

Dr. Heinrich Gugerli (Leitung),  
Andrea Holenstein, Marc Huber, Virag Kiss,  
Dr. Annick Lalive d'Epinay, Michael Pöll,  
Franz Sprecher, Ralph Wyer, Markus Ziegler  
(Hochbaudepartement), Hansruedi Hug,  
Toni W. Püntener (Umwelt- und Gesundheits-  
schutz Zürich), Dr. Stephan Lienin  
(Sustainserv, Zürich)

#### Begleitgruppe «Ressourceneffiziente Baustoffe»:

Dr. Heinrich Gugerli, Werner Hofmann,  
Dr. Annick Lalive d'Epinay (Amt für Hoch-  
bauten), Martin Pola, Dirk Göbbels,  
Martin Horat, Willi Zuberbühler (Tiefbauamt)  
Beat von Felten, Toni Püntener (Umwelt-  
schutzfachstelle), Rolf Wagner (AWEL,  
Kanton Zürich), Prof. Dr. Holger Wallbaum  
(Professur für Nachhaltiges Bauen, ETH  
Zürich), Dr. Thomas Lichtensteiger  
(Eawag, Dübendorf)

#### Fotos:

Seite 6: Tiefbauamt, Seite 8: Marc Lendorff,  
Seite 20: Georg Gisel, Dr. Stefan Rubli

#### Gestaltung:

blink design, Zürich

#### Druck:

Kyburz AG, Dielsdorf

#### Papier:

Recystar, 100% Altpapier

#### Bezug:

Stadt Zürich  
Amt für Hochbauten  
Lindenhofstrasse 21  
8021 Zürich

Download als pdf von  
[www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen)

Zürich, Oktober 2009

\* **LSP 4:** Legislatorschwerpunkt

«Nachhaltige Stadt Zürich – auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft»

**Themenfeld 3:** «Nachhaltiges Planen, Bauen, Bewirtschaften»

# Einleitung

«Nachhaltige Stadt Zürich – auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft». Mit diesem Schwerpunkt hat sich der Stadtrat von Zürich ein herausforderndes Ziel für die Legislatur 2006 bis 2010 gesetzt. Das Amt für Hochbauten und das Tiefbauamt der Stadt Zürich streben deshalb gemeinsam eine langfristig orientierte Ressourcenbewirtschaftung der mineralischen Baustoffflüsse und -lager im Gebäudepark und in der Infrastruktur an. Dabei soll auch die Entwicklung des Gebäudeparks in Richtung einer 2000-Watt-Gesellschaft mit berücksichtigt werden.

Wie stellt sich die Situation für das «Bauwerk Stadt Zürich» dar, welches im Vergleich zur übrigen Schweiz durch eine unterschiedliche Zusammensetzung des Gebäudeparks und eine intensiver genutzte Infrastruktur geprägt ist? Wie könnte die Entwicklung bei den mineralischen Baustoffen, der Grauen Energie und dem Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser über die nächsten Jahrzehnte aussehen? Auf diese Fragen soll die Ressourcenstrategie Antworten liefern.

Zur Erfassung des Ausgangszustandes wurde der bestehende Gebäudepark und die Infrastruktur analysiert und ein Ressourcenhaushaltsmodell für den Istzustand aufgestellt.

Anschliessend wurde ein dynamisches Modell aufgebaut, mit dessen Hilfe die Entwicklung von Materiallager, -flüssen und Energiebedarf im Bauwerk Stadt Zürich bis 2050 für unterschiedliche Erneuerungsszenarien aufgezeigt werden konnte.

Aus den Erfahrungen mit der ökologischen und ökonomischen Optimierung von städtischen Rückbauprojekten wurden Benchmarks für die ökologische Leistung sowie «Best Practice» abgeleitet.

Mit den Erkenntnissen zur Entwicklung des Bauwerks Stadt Zürich und den bisherigen Erfahrungen aus städtischen Bauprojekten wurde eine Ressourcenstrategie für den Hoch- und den Tiefbau entwickelt. Für Bauherrschaften und Planende wird das konkrete Vorgehen in Bauprojekten aufgezeigt.



Riesige Berge von Mischabbruchgranulaten warten auf ihren Einsatz. Sollen die Berge nicht weiter wachsen, bedarf es weiterer Anstrengungen in der Anwendung von mineralischen Recyclingbaustoffen.

**In der Schweiz werden heute jährlich rund 50 Millionen Tonnen mineralische Baustoffe verbaut. Gleichzeitig fallen 10 Millionen Tonnen mineralische Bauabfälle an, welche zu 80 % wiederverwertet werden. Die aufbereiteten Recyclinggranulate werden gegenwärtig zum grössten Teil in loser Form im Tiefbau eingesetzt. Ist ein solcher Verwertungsweg auch in Zukunft möglich? Verschiedene Indizien sprechen dagegen. Schon heute beklagen sich die in der Aufbereitung von Rückbaumaterialien tätigen Unternehmen über mangelnde Absatzmöglichkeiten für einen Teil ihrer Recyclingprodukte. Da es sich um ausserordentlich grosse Stoffströme handelt, ist ein umfassendes Ressourcenmanagement für mineralische Baustoffe wünschenswert.**

# Nachhaltiges Baustoffmanagement: die Schritte zur Ressourcenstrategie

Mit der Entwicklung unserer Städte wurde im vergangenen Jahrhundert ein Bauwerk mit enormem Materiallager aufgebaut. Die in den Gebäuden und der Infrastruktur eingebauten Materialien stellen gewaltige Ressourcenlager dar, welche für zukünftige Bauten genutzt werden können. Für die Stadt Zürich lagen bisher kaum Informationen zu den Baustofflagern und Materialflüssen vor. Daher konnte nicht beurteilt werden, ob die mineralischen Baustoffe ressourceneffizient genutzt werden. Mit welchen Erneuerungsstrategien können die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft für 2050 erreicht werden und wie wird deren Ressourceneffizienz beurteilt?

Mit dem hier eingesetzten Ressourcenhaushaltmodell können solch komplexe Fragestellungen beantwortet werden. Somit steht ein effizientes Instrument zur Verfügung, welches dem Amt für Hochbauten und dem Tiefbauamt der Stadt Zürich als Grundlage zur Entwicklung einer nachhaltigen Ressourcenstrategie dient.

## 1. Schritt: Statisches Modell zur Erhebung des Istzustandes

Zunächst müssen die Grundlagen für die Entwicklung eines Ressourcenhaushaltmodells für mineralische Baustoffe geschaffen werden. Dazu wurde ein detailliertes Inventar der in Gebäuden, Strassen und Infrastrukturanlagen der Stadt Zürich gelagerten mineralischen Baumaterialien erstellt. Da diese Daten nicht direkt verfügbar sind, werden die Materiallager mittels eines Modells abgeschätzt. Die Materialflüsse, welche durch die Erneuerung und Neubauten für das «Bauwerk Stadt Zürich» entstehen, werden daraus abgeleitet. Die Untersuchung umfasst die mineralischen Baustoffe und Rückbaumaterialien der Kategorien Beton, Mauerwerk, Kies/Sand, Belag und Restfraktion (Gips, Keramik, Glas).

## 2. Schritt: Simulation der langfristigen Entwicklung

Mit dem dynamischen Ressourcenhaushaltmodell wird die zeitliche Entwicklung der Materialflüsse und -lager auf Grundlage vorgegebener Parameter und mittels verschiedener Szenarien für den Zeitraum 1995-2050 simuliert. Das Ressourcenhaushaltmodell ermöglicht zudem, die Entwicklung der der Grauen Energie und des Energiebedarfs des Gebäudeparks für Raumwärme und Warmwasser aufzuzeigen. Durch die Verknüpfung der energetischen Aspekte im Hochbau mit den Materialflüssen kann das Modell die komplexen Wechselwirkungen für die einzelnen Szenarien mit ausreichender Aussagekraft aufzeigen. Dies führt zu einem stark verbesserten Systemverständnis.

## 3. Schritt: Ausarbeitung der Ressourcenstrategie

Die aus der Simulation der Erneuerungsszenarien gewonnenen Erkenntnisse sollen in die Entwicklung einer umfassenden Ressourcenstrategie einfließen. Anhand von konkreten Beispielen wird überprüft, ob die bereits eingeleiteten Massnahmen zur Ressourcenschonung zielführend sind und in welchen Bereichen diese künftig noch optimiert werden müssen. Ausgehend von den Leitsätzen und Oberzielen der Ressourcenstrategie wurden die Zielsetzungen abgeleitet und Massnahmen für die Stadt Zürich sowie weitere Akteure aufgezeigt.



Im Zuge der Neugestaltung der Endhaltestelle Wollishofen wurden die 80 Jahre alten Tramgleise erneuert und gleichzeitig die Wasser- und Abwasserleitungen saniert.

	Stadt Zürich m <sup>2</sup> /Einwohner	ganze Schweiz m <sup>2</sup> /Einwohner
Strassenfläche	16.4	61.0
Übriger Verkehr	8.2	28.2
Schiene	4.4	6.7
Kunstbauten	1.7	nicht bekannt
	m/Einwohner	m/Einwohner
Wasserversorgung	3.1	6.5
Abwasserentsorgung	2.5	4.9
Gasversorgung	2.2	1.6
Stromversorgung	5.8	5.7
Fernwärmeversorgung	0.4	0.0

### Verkehrsflächen und Leitungslängen pro Einwohner

Verglichen mit den schweizerischen Daten ergeben sich interessante Unterschiede: In der Stadt Zürich sind die Verkehrsflächen und die Leitungslängen deutlich geringer als auf gesamtschweizerischer Ebene. Der Grund dafür ist die hohe Bebauungsdichte im städtischen Raum. Bei der Stromversorgung sind kaum Unterschiede festzustellen, während die Leitungslängen für Gas- und Fernwärmeversorgung auf der Ebene Schweiz geringer sind.

	Länge m	Fläche m <sup>2</sup>	Erneuerungsrate % pro Jahr
<b>Verkehr</b>	<b>2'397'000</b>	<b>10'981'000</b>	<b>2.0 %</b>
Strassen	781'000	5'878'000	2.0 %
Wege, Parkplätze	1'216'000	2'990'000	1.4 %
Schiene (SBB, VBZ, SZU)	400'000	1'470'000	3.2 %
Kunstbauten	-	643'000	1.5 %
<b>Infrastrukturnetze</b>	<b>5'109'000</b>	-	<b>1.7 %</b>
Wasserversorgung	1'120'000		1.9 %
Abwasserentsorgung	927'000		1.0 %
Stromversorgung (EWZ)	2'130'000		2.2 %
Gasversorgung	800'000		1.5 %
Fernwärme	132'000		1.5 %
<b>Total</b>	<b>7'506'000</b>	<b>10'981'000</b>	<b>1.8 %</b>

### Verkehr und Infrastrukturnetze

Über die Hälfte der Verkehrsflächen entfällt auf Strassen, ein Viertel auf Wege und Parkplätze; lediglich 15 % beansprucht der Schienenverkehr. Die Leitungen für Wasser, Abwasser und Gas weisen je eine vergleichbare Länge auf, während jene für die Stromversorgung insgesamt doppelt so lang sind. Die stärkere Belastung der Verkehrs- und Infrastruktursysteme im städtischen Raum führt zu höheren Erneuerungs-raten gegenüber dem schweizerischen Durchschnitt.

# Gebäudepark und Infrastrukturbauten in der Stadt Zürich

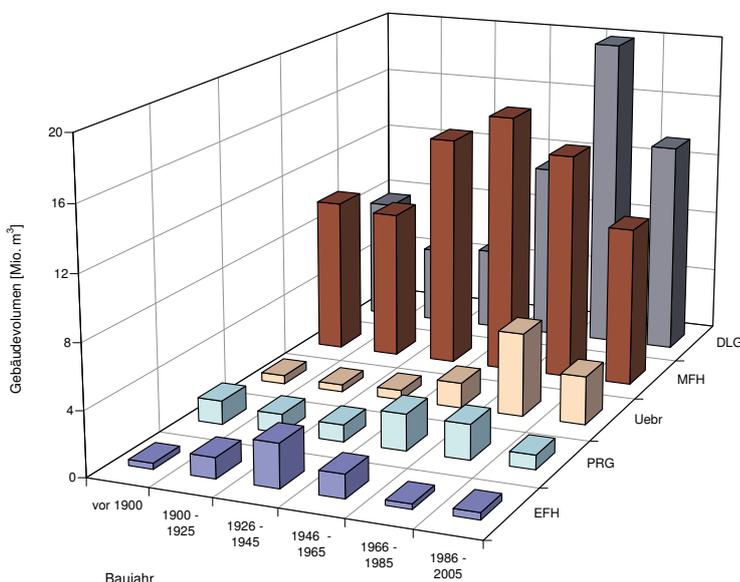
In der Stadt Zürich stehen über 55'000 Gebäude. Wie werden diese genutzt und welche Altersverteilung weist der Gebäudepark auf? Diese Fragen soll das Ressourcenhaushaltmodell beantworten. Gleiches gilt für die Infrastruktur. Die Verkehrsfläche beansprucht rund 20 % der Landfläche der Stadt (ohne Wald und Gewässer). Unter der Strasse befindet sich die Ver- und Entsorgungsinfrastruktur zur Gebäudeerschliessung. Die Bewirtschaftung der Infrastruktur ist materialintensiv und spielt für das Ressourcenmanagement der mineralischen Baustoffe eine bedeutende Rolle.

## Mehrfamilienhäuser und Dienstleistungsgebäude dominieren den Gebäudepark.

Das totale Gebäudevolumen in der Stadt Zürich betrug im Jahr 2005 rund 166 Millionen m<sup>3</sup>. Das durchschnittliche Gebäude weist ein Volumen von 3'000 m<sup>3</sup> sowie eine Grundfläche von 240 m<sup>2</sup> auf und verfügt über drei oberirdische Stockwerke sowie ein Untergeschoss. Das durchschnittliche Gebäudealter beträgt 66 Jahre. Die Mehrfamilienhäuser mit 75 Mio. m<sup>3</sup> (45 %) und die Dienstleistungsgebäude mit 64 Mio. m<sup>3</sup> haben einen Anteil von über 80% am Gebäudevolumen in der Stadt Zürich. Einfamilienhäuser, Produktions- und übrige Gebäuden beanspruchen zusammen die restlichen 16 %.

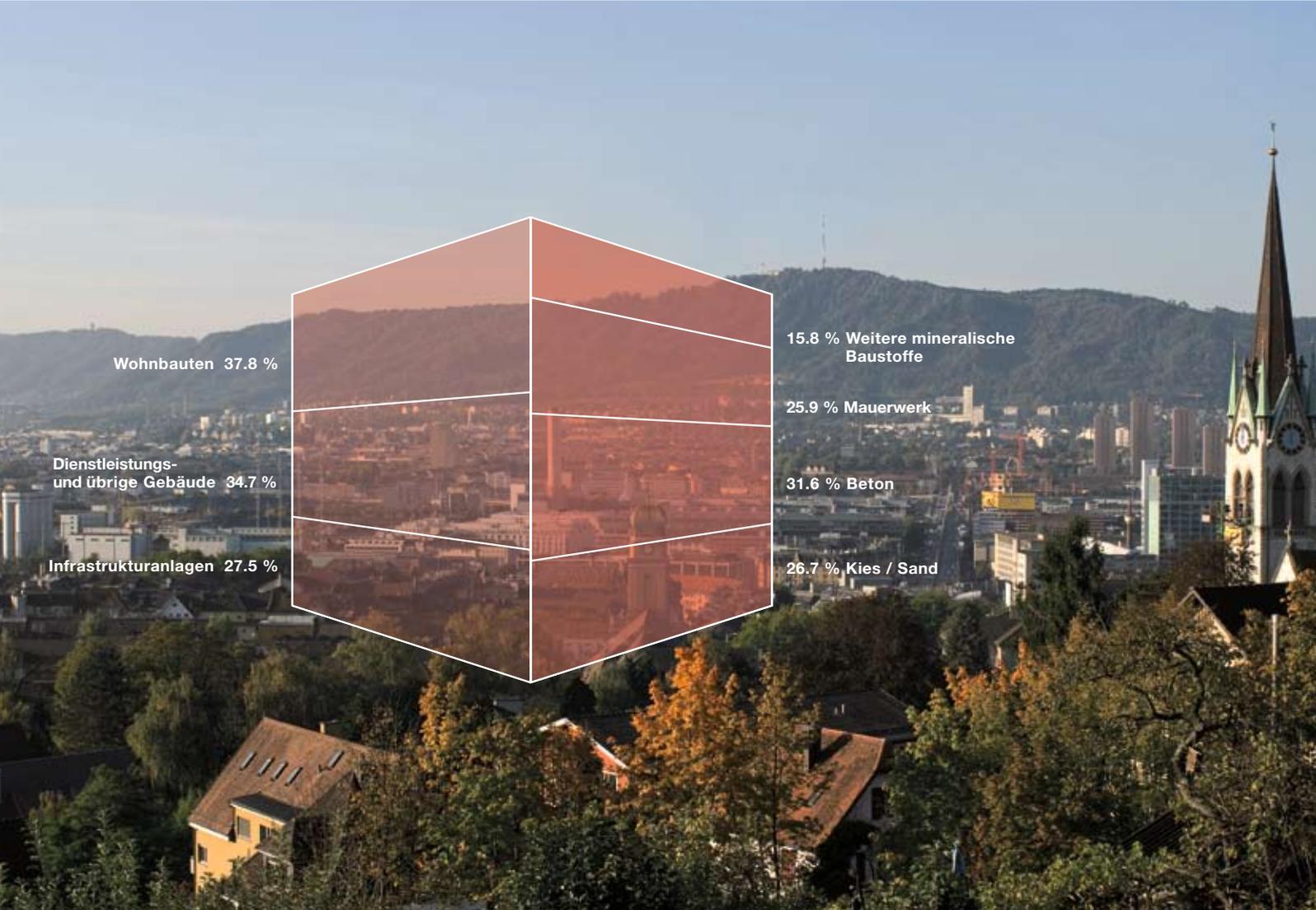
## Die Bedeutung einer funktionierenden Infrastruktur für eine prosperierende Stadt wird oft unterschätzt – auch hinsichtlich der Materialintensität.

Die knapp 800 km Strassen in der Stadt Zürich beanspruchen rund 50 % der Verkehrsflächen. Weitere 25 % entfallen auf die Geh-, Rad- und unbefestigten Wege. Der Schienenverkehr (VBZ, SBB, SZU) weist mit 14 % einen relativ geringen Anteil auf. Die Infrastrukturnetze weisen eine Gesamtlänge von über 5'000 km auf. Die Leitungslängen für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung betragen jeweils ca. 1'000 km. Die Energieversorgung erfolgt über ein Netz von insgesamt 3'000 km, wobei alleine für die Stromversorgung 2'000 km Leitungen verlegt sind.



## Gebäudevolumen nach Nutzung und Bauperiode

Die Aufteilung zeigt den massgeblichen Anteil der Mehrfamilienhäuser (MFH) und Dienstleistungsgebäude (DLG) am Gebäudevolumen in der Stadt Zürich im Vergleich zu den Einfamilienhäusern (EFH), Produktions- (PRG) und übrigen Gebäuden (Uebr). Der Blick auf die Altersverteilung nach Nutzungsart zeigt, dass der Bestand der Dienstleistungsgebäude jünger ist als derjenige der Ein- und Mehrfamilienhäuser. Diese Tendenz spiegelt das starke Wachstum des Dienstleistungssektors in den vergangenen Jahrzehnten.



#### Baustoffvolumen nach Nutzung

Beinahe drei Viertel des mineralischen Baustoffvolumens, welches insgesamt 51 Millionen Kubikmeter beträgt, sind in den Gebäuden gelagert. Dabei dominieren die Wohnbauten (37.8 %) und Dienstleistungsgebäude (26.8 %). Gut ein Viertel des Materiallagers befindet sich in den Infrastrukturanlagen, je etwa zur Hälfte in den Ver- und Entsorgungsnetzen (14.2 %) und in den Verkehrsbauten (13.3 %).

#### Baustoffvolumen nach Materialien

Die Unterscheidung des gelagerten Materialvolumens nach den einzelnen Baustoffen ergibt die folgende Verteilung: Das Betonlager umfasst knapp ein Drittel des Volumens, je gut ein Viertel sind Kies/Sand, welches in loser Form hauptsächlich im Tiefbau gelagert ist, sowie Mauerwerk. Der restliche Sechstel entfällt auf weitere mineralische Baustoffe wie Gips, Keramik, Porzellan usw. und den Asphaltbelag.

**Der Gebäudepark in der Stadt Zürich stellt ein riesiges Ressourcenlager dar. Dieses gilt es, in der Zukunft auf kluge Weise zu nutzen. Im Jahr 2050 könnte demnach nicht mehr die Kiesgrube, sondern der bestehende Gebäudepark die wichtigste Abbaustätte für mineralische Baustoffe darstellen.**

# Sollen weiterhin Berge versetzt werden ...

Würde das heute in den Infrastrukturbauten und im Gebäudepark gelagerte Material zu einem Würfel aufgebaut, dann hätte dieser eine Kantenlänge von 380 Metern. Er würde damit beinahe die Höhe des Üetlibergs erreichen. Dieses Material wird grösstenteils aus 20 km bis 40 km entfernten Lagerstätten gewonnen und wird von dort in die Stadt transportiert. Wir versetzen im weitesten Sinne Berge! Künftig müssen wir nachhaltiger mit unseren Ressourcen umgehen. Was bedeutet dies im Umgang mit den mineralischen Baustoffen? Wir können unseren Würfel als ein Bergwerk betrachten, welches nachhaltig bewirtschaftet wird. Damit werden primäre Ressourcen geschont und gleichzeitig die Emissionen aufgrund des geringeren Transportaufwandes reduziert.

## Materiallager

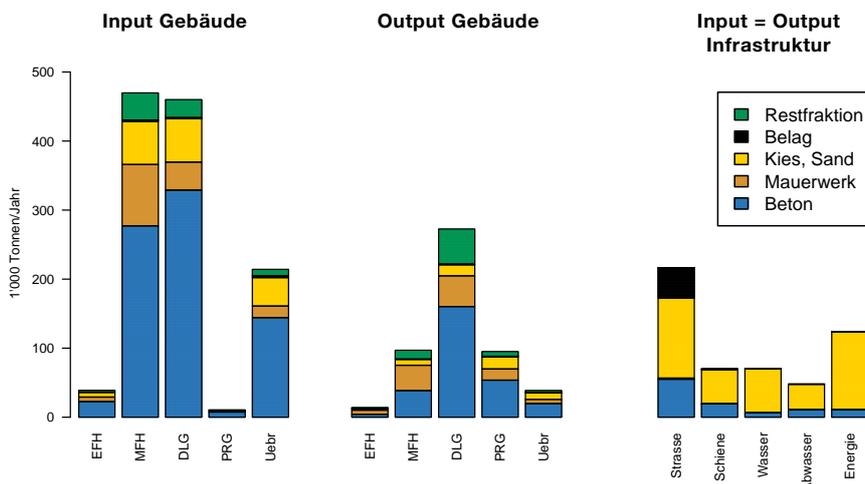
Das mineralische Baustofflager in der Stadt Zürich von 100 Mio. Tonnen im Jahr 2005 befindet sich zu über 70 % in den *Gebäuden*. Der Betonanteil in den Dienstleistungsgebäuden ist mit über 50 % deutlich höher als in den Mehrfamilienhäusern (MFH). Dies ist auf den höheren Betonanteil in den jüngeren Gebäuden zurückzuführen. Der ältere Gebäudebestand der MFH weist einen höheren Backsteinanteil auf. In den *Infrastrukturbauten* befinden sich rund 30 Mio. Tonnen Kies/Sand, Belag und Beton. Jeder Einwohner in der Stadt Zürich beansprucht ein Materiallager von 195 Tonnen. Dies entspricht in etwa dem schweizerischen Durchschnitt.

## Materialflüsse

Insgesamt flossen im Jahr 2005 über 1.7 Mio. Tonnen Baustoffe in die Stadt Zürich. Über zwei Drittel des *Inputs* wurden vom Gebäudepark absorbiert.

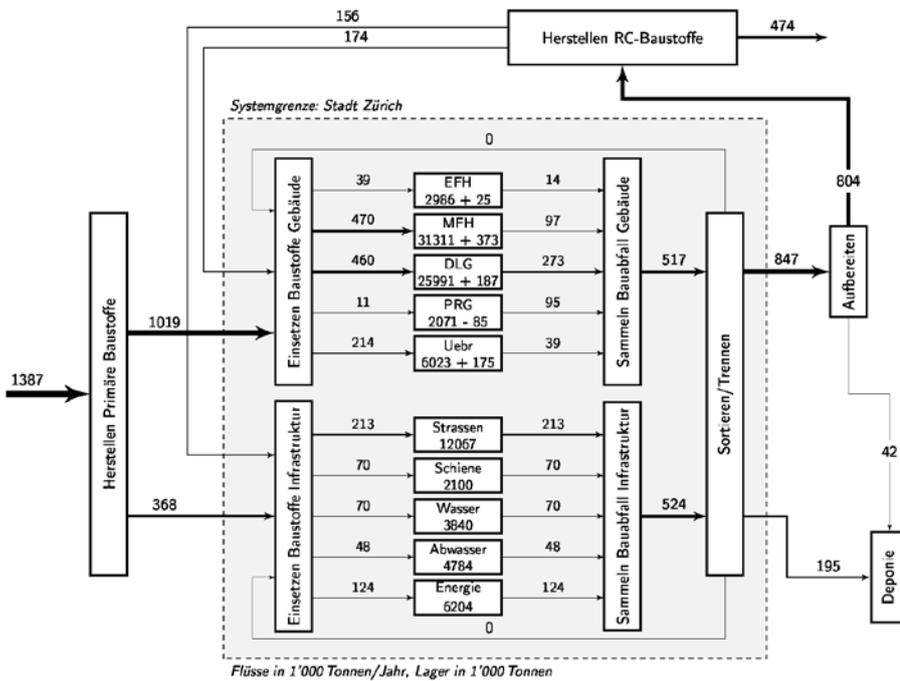
Mehr als die Hälfte des *Outputs* in der Form von mineralischen Bauabfällen stammten aus den Dienstleistungsgebäuden, welche deutlich höhere Sanierungsraten aufweisen. Interessant ist der relativ hohe Output bei den Produktionsgebäuden aufgrund der hohen Rückbauraten in dieser Gebäudekategorie. Die intensive Erneuerungsaktivität führt dazu, dass der Output aus dem Gebäudepark und der Infrastruktur in etwa gleich hoch sind.

In der Stadt Zürich fallen jährlich rund 1.5 Tonnen mineralische Bauabfälle pro Einwohner an, rund doppelt so viel wie auf der Ebene Schweiz. Begründen lässt sich dies mit den deutlich höheren Rückbau- und Sanierungsraten im Gebäudepark der Stadt Zürich



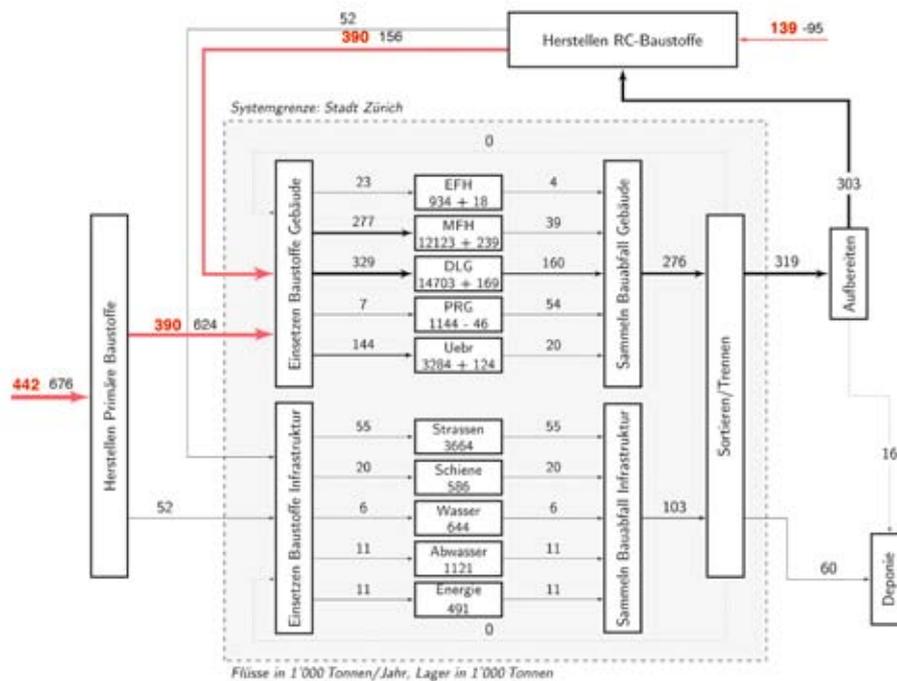
## Materialflüsse der mineralischen Baustoffe in der Stadt Zürich

Der Input in die Gebäude im Jahr 2005 wird dominiert durch den Bedarf der Mehrfamilienhäuser (MFH) und Dienstleistungsgebäude (DLG), der Output durch die Rückbaumaterialien aus den DLG sowie in geringerer Masse den MFH und Produktionsgebäuden (PRG). Bei der Infrastruktur wird im Modell davon ausgegangen, dass der Input und der Output gleich gross sind. Am meisten Material wird für den Strassenunterhalt eingesetzt.



### Alle mineralischen Baustoffe 2005

Anhand des vollständigen Materialflusseschemas wird sofort erkennbar, wo die grössten Stoffflüsse anfallen. Diese Informationen bilden die Voraussetzung für die Entwicklung einer Ressourcenstrategie, weil nun bekannt ist, an welchen Stellen geplante Massnahmen die grössten Wirkungen erzielen.



### Nur Beton: 2005 «real» und 2005, wenn 50 % des Betons für Gebäude RC-Beton wäre

Betonlager und -flüsse im Jahr 2005, wenn 50 % des Betons für Gebäude RC-Beton wäre (rote Pfeile und Werte) im Vergleich zu realen Werten (schwarz). In diesem Falle könnten die heute «exportierten» 95'000 Tonnen in der Stadt wieder verwendet werden und es müssten zusätzlich 140'000 Tonnen an RC-Baustoffen aus dem Umland importiert werden.

# ... oder geht es in Zukunft auch anders?

**Die Stadt Zürich bewirtschaftet rund 4'000 stadteigene Bauten. Diese umfassen rund 11 % des totalen Gebäudevolumens in der Stadt Zürich. Im Bereich des nachhaltigen Baustoffmanagements will das Amt für Hochbauten ein Vorbild für andere grosse öffentliche und private Bauherrschaften sein. Möglichst viele der anfallenden Rückbaumaterialien sollen aufbereitet und wieder verwertet werden. Aus diesem Grund fordert das Amt für Hochbauten bei der Ausschreibung von Neubauprojekten explizit den Einsatz von Recyclingbeton. Damit soll die Botschaft vermittelt werden, dass Recyclingbeton im grossen Ausmass und für ein breites Anwendungsspektrum einsetzbar ist. Folgt ein Grossteil der Bauherrschaften diesem Beispiel, tragen diese mit ihrem Handeln zur Schonung der mineralischen Ressourcen bei. Ein erster Schritt zur Motivation der Bauherrschaften ist, dass der Einsatz von Recyclingbeton für die Zertifizierung nach MINERGIE-ECO unabdingbar ist. In Zukunft müssen somit keine «Berge» versetzt werden!**

## Betonlager und -flüsse in der Stadt Zürich

Der jährliche Betonbedarf in der Stadt Zürich betrug 2005 880'000 Tonnen. 680'000 Tonnen Beton wurden aus primärer Gesteinskörnung hergestellt. Die restlichen 200'000 Tonnen sind Betongranulate, die in loser oder gebundener Form wiederverwertet werden. Beinahe 90 % des Betons gelangten in den Hochbau und dort vor allem in die Mehrfamilienhäuser und Dienstleistungsgebäude. Die Betonlager waren mit 39 Mio. Tonnen enorm. Der Materialfluss aus dem «Bauwerk Stadt Zürich» war mit jährlich 380'000 Tonnen deutlich kleiner als der Input von 880'000 Tonnen pro Jahr.

## Das Betonrecycling hat noch erhebliches Potenzial!

Der Betonabbruch aus dem Bauwerk wird auf der Baustelle aussortiert und gelangt von dort in die Aufbereitungsanlagen (> 80 %) oder Deponien (< 20 %). Im Materialflussschema ist zu erkennen, dass heute zwei Drittel des Betongranulates wieder in die Stadt Zürich zurückfliessen. Der Rest gelangt in die Agglomeration. Das Amt für Hochbauten fördert den Einsatz von Recyclingbeton stark. Dies ist einer der Gründe, weshalb der Rückfluss von RC-Beton in den Gebäudepark mit über 150'000 Tonnen pro Jahr schon heute relativ hoch ist. Wie würden sich nun die Recyclingflüsse ändern, wenn alle Bauherrschaften so handeln würden?

## Veränderte Handlungsstrategie beim Einsatz von RC-Beton

Die Konsequenzen der Erhöhung des Anteils von RC-Beton im Hochbau von 20 % auf 50 % sind frappant:

- Die Nachfrage nach RC-Beton im Hochbau würde sich gegenüber heute um den Faktor 2.5 erhöhen.
- Der Bedarf an Primärbeton würde von jährlich 680'000 Tonnen auf 440'000 Tonnen reduziert.
- Um RC-Beton zu produzieren müssten entweder über 90'000 Tonnen Betongranulate aus der Region akquiriert werden ...
- ... oder es werden weitere RC-Komponenten, wie Mischabbruchgranulate eingesetzt.

«Der eingesetzte Recycling-Beton weist bei Konstruktionsbeton einen Gehalt an Recyclinggesteinskörnung von mindestens 50 Massen-%, bei Füll-, Hüll- und Unterlagsbeton einen Gehalt an Recyclinggesteinskörnung von mindestens 80 Massen-% auf. Für Hinterfüllungen sind nach Möglichkeit Recyclingmaterialien (z.B. Recycling-Kiessand) zu verwenden.»

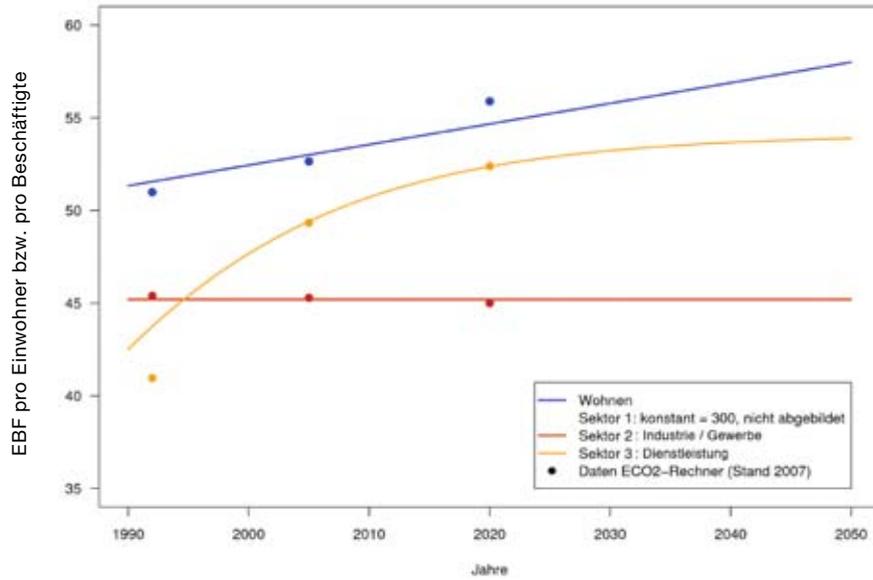
> siehe «Weiterführende Informationen» auf Seite 23. Bedingungen für Werkleistungen (Hochbau).

## Vorgaben der Stadt Zürich für den Einsatz von RC-Beton im Hochbau

Wenn alle öffentlichen und privaten Bauherrschaften den Einsatz von Recyclingbeton mit entsprechenden Vorgaben fordern würden, könnte sich die Stadt Zürich zu grossen Teilen selbst mit mineralischen Baustoffen versorgen. Ob generell RC-Beton eingesetzt werden soll, liegt im Entscheidungsbereich der Bauherrschaft.

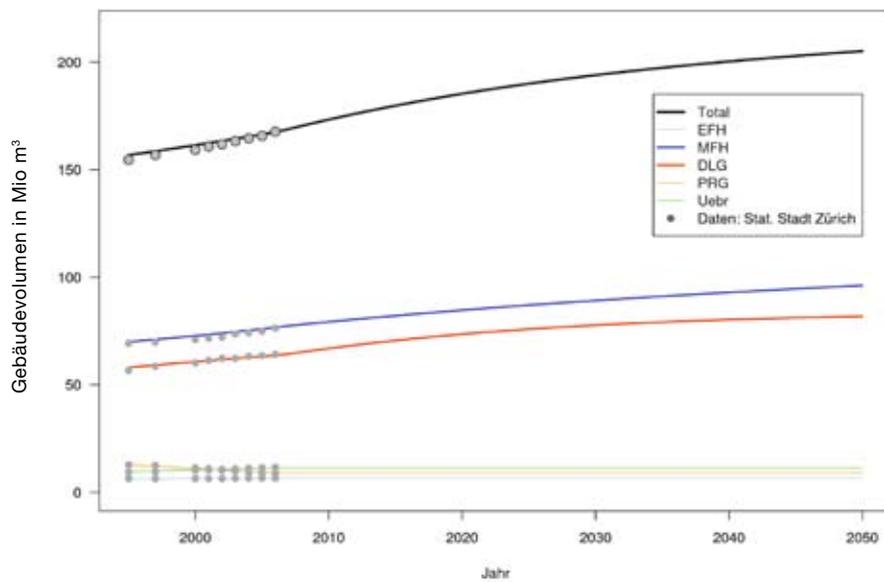
Vor- und Nachteile von Recyclingbeton:

> siehe «Weiterführende Informationen» auf Seite 23. Beton aus recycelter Gesteinskörnung.



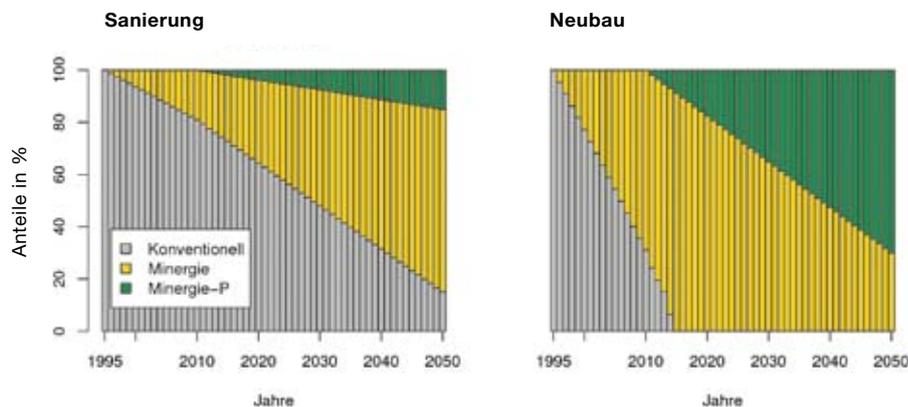
### Spezifischer Flächenbedarf

Prognostizierte Entwicklung für Wohnen und Arbeiten nach den drei Wirtschaftssektoren für die Jahre 1990 bis 2050. Die Punkte zeigen die entsprechenden Werte aus dem Projekt ECO2-Rechner für die Stadt Zürich.



### Gebäudevolumen

Prognostizierte Entwicklung des Gebäudebestands nach Nutzungsart. Bei den grauen Punkten handelt es sich um die von Statistik Stadt Zürich ausgewiesenen Werte der Jahre 1995 bis 2006. Der Gebäudebestand wächst bis ins Jahr 2050 um 25 %.



### Energiestandard

Angenommene Entwicklung der Anteile der Energiestandards für die Sanierung und den Neubau. Diese Verteilung wurde in allen Szenarien verwendet.

# Dynamische Simulation Gebäudepark: Grundlagen und Erneuerungsszenarien

Die heutige und die kommenden Generationen stehen vor der Herausforderung, den Gebäudepark in Richtung der Zielvorstellung «2000-Watt-Gesellschaft» weiter zu entwickeln. Ein wichtiger Faktor ist dabei die Erneuerungsgeschwindigkeit: Welche Sanierungs- und Rückbauraten sind anzustreben? Welche Energieverbräuche und mineralischen Materialflüsse sind mit dem Transformationsprozess verbunden? Lassen sich die Ziele über den Weg der Sanierungs- oder Ersatzneubautätigkeit überhaupt erreichen? Das dynamische Modell schafft die Basis, um solche Fragestellungen zu beantworten. Auf welchen Grundlagen basiert nun dieses Modell und welche Rahmenbedingungen wurden für die einzelnen Szenarien definiert?

## Exogene Faktoren bei der Entwicklung des Gebäudeparks

Kern des dynamischen Modells ist die Beschreibung der Veränderung des Gebäudebestandes für den Zeitraum 1995-2050. Das totale Gebäudevolumen wird durch die prognostizierte Entwicklung exogener Faktoren bestimmt: Wohnbevölkerung, Arbeitsplätze und deren spezifischer Flächenbedarf. Daraus lässt sich die jährliche Nachfrage nach Gebäudevolumen ableiten, welche durch Neubauten oder Ersatzneubauten gedeckt werden muss. Der Gebäudebestand wächst bis ins Jahr 2050 für alle Szenarien um 40 Mio. m<sup>3</sup>.

## Bewirtschaftung des Gebäudeparks und Ermittlung des Energiebedarfs

Die Bewirtschaftung des Gebäudeparks wird über die Sanierungs-, Ersatzneubau- und Neubautätigkeit auf Jahresbasis modelliert. Bei jedem Eingriff in den Gebäudepark wird der zuvor definierte, spezifische und zeitabhängige Energiestandard mit erfasst. Damit lässt sich später der Energiebedarf des Gebäudeparks für Raumwärme und Warmwasser ermitteln. Die Materiallager und Materialflüsse werden analog zum statischen Modell über die Veränderung des Gebäudebestandes ausgewertet.

## Erneuerungsszenarien für den Gebäudepark

Drei Erneuerungsszenarien zeigen die Auswirkungen stark erhöhter Sanierungs- und Rückbauraten auf die Entwicklung des Gebäudeparks. Im Referenzszenario KONSTANT werden die Sanierungs- und Rückbauraten konstant auf dem heutigen Stand belassen. Beim Szenario SANIEREN werden die Sanierungsraten jeweils linear bis ins Jahr 2050 erhöht. Im Szenario ERSETZEN wird die Rückbauraten massiv erhöht. Dies lässt sich mit den sehr tiefen Ausgangswerten begründen.

	Startwerte 1995	Endwerte 2050	Endwerte 2050	Endwerte 2050
für alle Szenarien	KONSTANT	SANIEREN	ERSETZEN	
	Rate in %	Faktor	Faktor	Faktor
<b>Sanierung</b>				
Wohnen	1.39	1.0	3.0	1.0
Nichtwohnen	4.40	1.0	1.5	1.0
<b>Rückbau</b>				
Wohnen	0.13	1.0	1.0	4.0
Nichtwohnen	0.50	1.0	1.0	3.0

## Sanierungs- und Rückbauraten

Start- und Endwerte der jährlichen Sanierungs- und Rückbauraten der drei Szenarien. Hervorzuheben ist, dass die Rückbauraten sowohl für «Wohnen» als auch «Nichtwohnen» um etwa eine Größenordnung tiefer liegen als die entsprechenden Sanierungsraten. Eine jährliche Sanierungsrate von 2 % bedeutet beispielsweise, dass im Zeitraum von 50 Jahren der ganze Gebäudepark saniert würde. Bei einer Rückbauraten von 0.2 % werden 10 % der Gebäude rückgebaut.

# Vergleich der verschiedenen Umbauszenarien

## KONSTANT

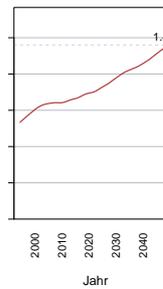
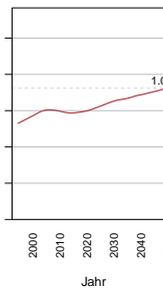
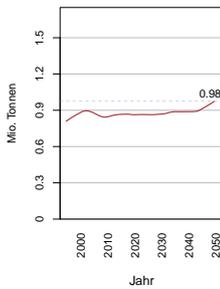
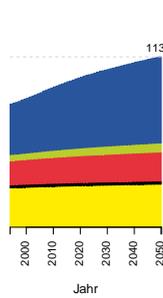
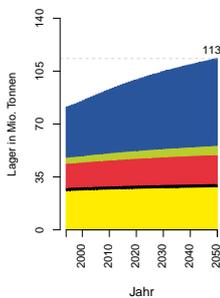
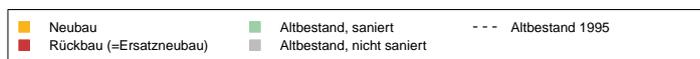
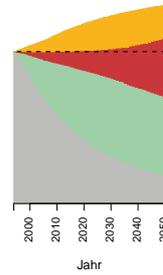
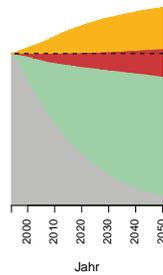
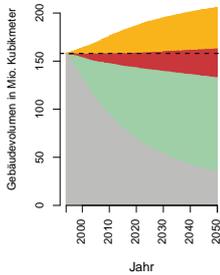
Konstante Sanierungs- und Rückbauraten

## SANIEREN

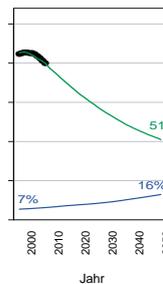
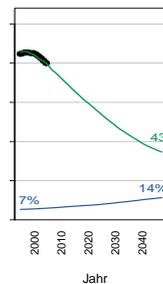
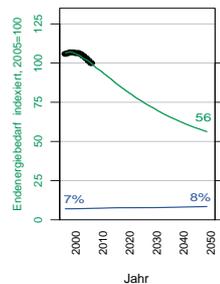
Verstärkte Sanierungstätigkeit

## ERSETZEN

Verstärkte Rückbautätigkeit



Rückbaumaterialien aus der Stadt Zürich, Modellresultat



Berechnung Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser pro Einwohner (indexiert)  
 • Daten Endenergiebedarf pro Einwohner (indexiert, Energiestatistik Stadt Zürich)  
 — Verhältnis Graue Energie zu Endenergie in Prozent der Endenergie

0% 25% 50% 75% 100%  
 Verhältnis Graue Energie zu Endenergie in %

### Gebäudevolumen

Beim Szenario KONSTANT ist auch 2050 noch ein Viertel des Gebäudevolumens unsaniert. Beim Szenario SANIEREN wird beinahe der gesamte Bestand saniert. Das Szenario ERSETZEN führt zu einem 25%-Anteil von Ersatzneubauten.

### Materiallager

Beim Szenario ERSETZEN erhöht sich das Materiallager des Gebäudeparks um 12 % gegenüber den Szenarien SANIEREN und KONSTANT. Angaben zum Lager inklusive Infrastruktur

### Rückbaumaterialien

Beim Szenario ERSETZEN verdoppeln sich die Rückbauflüsse beinahe. Für eine nachhaltige Bewirtschaftung müssten die Recyclingkapazitäten künftig stark ausgebaut werden. Angaben zum Lager inklusive Infrastruktur

### Endenergie pro Einwohner

Bereits im Szenario KONSTANT wird der Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser beinahe halbiert. Die zusätzliche Einsparung ist beim Szenario SANIEREN deutlich grösser als beim Szenario ERSETZEN. Die intensivierte Erneuerung des Gebäudeparks ist zudem mit einer deutlichen Zunahme an Grauer Energie verbunden.

# Dynamische Simulation Gebäudepark: Erneuerungsszenarien im Vergleich

**Erfolgt die Bewirtschaftung mit den heutigen Sanierungs- und Rückbauraten (Szenario KONSTANT), werden bis ins Jahr 2050 rund 80 % des Gebäudeparks energetisch saniert sein. Damit lässt sich das Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft aber noch nicht erreichen. Die weiteren Szenarien sind vielversprechender: In Zukunft müssen die Erneuerung des Gebäudeparks beschleunigt und sowohl Gebäudesanierungen als auch Ersatzneubauten forciert werden.**

## Gebäudepark und Materiallager

Beim Szenario KONSTANT sind auch 2050 noch 40 Mio. m<sup>3</sup> an Gebäudevolumen unsaniert. Im Szenario SANIEREN verbleiben bis 2050 rund 5 % des Gebäudeparks in einem unsanierten Zustand. Schlechter schneidet das Szenario ERSETZEN ab, bei dem bis zum Jahr 2050 rund 17 % des Gebäudeparks noch keine Sanierung durchlaufen haben. Dies ist auf die im Vergleich zu den Sanierungsraten um rund eine Grössenordnung tieferen Ersatzneubauraten zurückzuführen. Das *Materiallager* steigt bei den Szenarien KONSTANT und SANIEREN bis 2050 um 33 Mio. Tonnen an. Das Szenario ERSETZEN ergibt eine Zunahme von 46 Mio. Tonnen. Dieses Szenario ist somit deutlich materialintensiver. Interessanterweise ist das Lagerwachstum bei allen Szenarien hauptsächlich auf die Zunahme des Betonlagers zurückzuführen. Begründen lässt sich dies mit dem deutlich höheren Betonanteil in den zukünftig erstellten Gebäuden.

## Materialflüsse

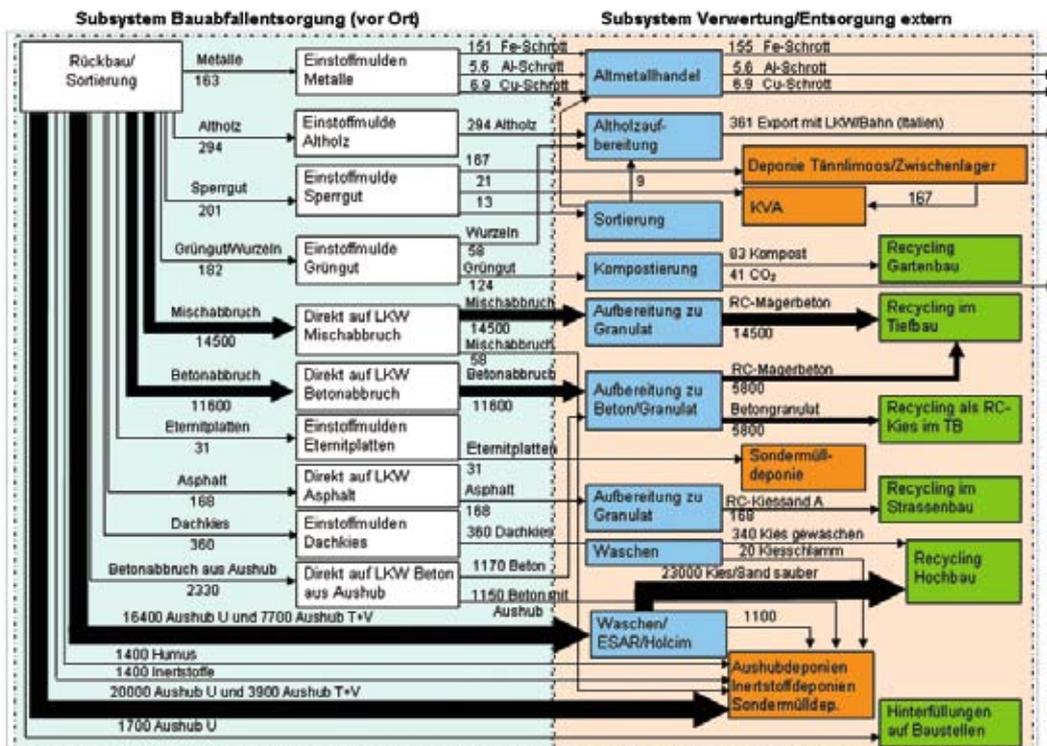
Beim Szenario ERSETZEN ist die Materialintensität deutlich grösser als beim Szenario KONSTANT. Für die Entwicklung einer Ressourcenstrategie spielen neben den Inputflüssen vor allem die Outputflüsse, welche in Form von Rückbaumaterialien anfallen, eine wesentliche Rolle. Während der Materialfluss aus dem Rückbau von 0.8 Mio. Tonnen pro Jahr beim Szenario KONSTANT praktisch unverändert bleibt, steigt dieser beim Szenario SANIEREN bis 2050 leicht an auf 1.1 Mio. Tonnen. Ganz anders sieht die Situation beim Szenario ERSETZEN aus: Hier ist beinahe mit einer Verdopplung der Rückbauflüsse auf 1.4 Mio. Tonnen pro Jahr zu rechnen. Ein materialintensiver Umbau des Gebäudeparks lässt sich nur rechtfertigen, wenn dies gleichzeitig zu einer deutlichen Reduktion des Energiebedarfs führt.

## Energiebedarf und Graue Energie

Der Energiebedarf pro Einwohner reduziert sich bis 2050 im Szenario KONSTANT im Vergleich zu 2005 (100 %) auf 56 %. Beim Szenario SANIEREN fällt die Reduktion des Energiebedarfs auf 43 % deutlich grösser aus als beim Szenario ERSETZEN, bei dem der Energieverbrauch noch 51 % beträgt. Somit wird bei der Endenergie pro Person für Raumwärme und Warmwasser bei den Szenarien SANIEREN und ERSETZEN die für die Primärenergie in der 2000-Watt-Gesellschaft im Jahr 2050 insgesamt angestrebte Absenkung auf 55% erreicht. Dabei bleibt die zu erwartende strukturelle Veränderung der Wärmeversorgung in Richtung eines vermehrten Einsatzes erneuerbarer Energieträger noch unberücksichtigt. Allerdings wird die zusätzliche Reduktion der Betriebsenergie bei den Szenarien SANIEREN und ERSETZEN mit einer deutlichen Zunahme an Grauer Energie erkaufte.



Rückbau der Wohnsiedlung  
 Bernerstrasse, an deren Stelle  
 der Ersatzneubau Werdwies  
 erstellt wurde, und externe  
 Aufbereitung des Recycling-  
 materials



**Materialflussschema**

Die Materialflüsse in Tonnen für Rückbau und Aushub beim Ersatzneubau Werdwies mit Verwertungsprozessen (blaue Kästchen), Entsorgungsprozessen (orange Kästchen) und Zielprozessen für verwertete Materialien in der Region Zürich (grüne Kästchen). Das zurückgebaute Gebäudevolumen betrug 60'000 m³ und das Aushubvolumen 32'000 m³.

# Rückbau konkret: Controlling der Bauabfallentsorgung am Beispiel der Wohnsiedlung Werdwies

Das Amt für Hochbauten hat die Herausforderungen im Bereich des Ressourcen- und Baustoffmanagements bereits früh erkannt und handelt entsprechend. Heute werden bei grösseren Bauprojekten bereits bei der Planung der Rückbau- und Aushubarbeiten Fachleute aus dem Stoffflussbereich beigezogen. Dabei werden Konzepte für eine effiziente Materialbewirtschaftung entwickelt, deren ökologisches wie auch ökonomisches Sparpotenzial erheblich ist. Voraussetzung für die Umsetzung ist, dass Bauherr, Planende und Bauleitung den ökologischen Kriterien bei der Auswahl der Unternehmen genügend Gewicht geben. Ein Controlling während der Ausführung ist unerlässlich, um zu gewährleisten, dass die Vorgaben auch tatsächlich umgesetzt werden. Das Vorgehen wird anhand des Ersatzneubaus Wohnsiedlung Werdwies veranschaulicht.

## Materialbewirtschaftungskonzept

Im Materialbewirtschaftungskonzept werden die ökologischen, ökonomischen und logistischen Rahmenbedingungen abgeklärt. Für die bestehende Wohnsiedlung, welche dem Ersatzneubau weichen musste, wurde das Rückbaukonzept vor der Submission festgelegt. Bei grösseren Projekten ist die Zwischenlagerung und Aufbereitung vor Ort der externen Aufbereitung gegenüberzustellen, wobei Kosten, Etappierung, logistischer Aufwand und Transportdistanzen einzubeziehen sind. Beim Projekt Werdwies führte die Beurteilung der Kosten und Transporte zum Entscheid für eine externe Aufbereitung.

## Ökologische Vorgaben

Die Vorgaben werden in den Zuschlagskriterien für die Submission der Rückbau- und Aushubarbeiten berücksichtigt. Bei der Vergabe wurden die ökologischen Kriterien gleich stark gewichtet wie die Qualität und der Preis. Das Angebot, welches den Zuschlag erhielt, schnitt bei den ökologischen Kriterien am besten ab und war zugleich auch am preisgünstigsten. Dank der kurzen Distanz zum Aufbereitungsplatz konnte der Unternehmer die Transportkosten und die Emissionen tief halten. Die Annahme, dass ökologisch vorteilhafte Lösungen teurer sind, trifft somit beim Beispiel Werdwies und auch für weitere Projekte nicht zu.

## Controlling der Bauabfallentsorgung

Das Controlling ermöglicht eine detaillierte Auswertung der Materialflüsse und der Emissionen durch die Transporte. Die systematische Erfassung der von der Baustelle der Wohnsiedlung Werdwies abtransportierten Materialmengen ergab einen totalen Materialfluss von 82'000 Tonnen. Das Aushubmaterial beanspruchte mit 51'100 Tonnen (62 %) den grössten Anteil. Von den 31'100 Tonnen Bauabfall sind 11'600 Tonnen Betonabbruch und 14'500 Tonnen Mischabbruch. Über 90 % der Bauabfälle und 50 % des Aushubmaterials konnten verwertet werden.

Kriterien	Bemerkungen
Transparenz des Entsorgungskonzepts	Sind die angegebenen Entsorgungs- und Verwertungswege nachvollziehbar? Muldenkonzept auf der Baustelle?
Qualität des Entsorgungskonzepts	Wie hoch sind die Verwertungsanteile pro Fraktion? Wie werden die Materialien verwertet? Was sind die Anwendungen der RC-Produkte?
Transportdistanzen	Distanzen zu den Verwertungs- und Entsorgungsplätzen? Evtl. Potenzial von Rückfahren?
Fahrzeuge	Welche Fahrzeuge werden eingesetzt? Kapazitäten? Welche EURO-Norm haben die Fahrzeuge? Verwendung von schwefelarmen Dieseltreibstoffen oder Biodiesel? Partikelfilter vorhanden oder nicht?
Umwelt- und Qualitätsmanagement	Zertifizierung (ISO 9001 und 14001) Mitgliedschaft in Verbänden (FSKB, ARV usw.)
Controlling	Ist der Unternehmer gewillt, mit dem externen Beauftragten zusammenzuarbeiten, die Daten korrekt zu erheben und in Excel-Tabellen einzutragen?

## Ökologische Vorgaben

Diese sind eine Voraussetzung für eine hohe ökologische Leistung: Zuschlagskriterien für die Rückbau- und Aushubarbeiten beim Ersatzneubau Wohnsiedlung Werdwies (Submission BKP 112, 201).



Auch Rückbauarbeiten können mit einer gewissen Ästhetik verbunden sein. Rückbau während der Sanierung des Schulhauses Milchbuck.



Projekt	Massnahmen	Entsorgte Materialmenge t	Verwertungsquote %	Fahrten Anzahl	Durchschnittliche Transportdistanzen km/Fahrt	Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen g/t	Spezifischer Endenergieverbrauch MJ/t
Rückbau Wohnsiedlung Werdwies	Ökologische Kriterien Bewirtschaftungskonzept Controlling	31'000	91	2'190	13	1'194	16
Rückbau Wohnsiedlung Brunnenhof	Controlling	7'800	87	440	21	1'410	20
Rückbau Schulhaus Falletschen	Ökologische Kriterien Controlling	8'300	93	470	23	1'566	21
Rückbau Stadion Letzigrund	Ökologische Kriterien Bewirtschaftungskonzept Controlling	46'200	99	2'854	8.4	649	9
Instandsetzung Verwaltungszentrum Werd	Controlling	3'670	61	656	21	4'632	63
Instandsetzung Schulhaus Milchbuck	Controlling	2'800	75	267	43	5'020	68
Instandsetzung Spital Triemli, Behandlungsstrakt	Controlling	2'912	24	286	41	4'808	65
Instandsetzung Amtshaus Parkring	Ökologische Kriterien Controlling	1'072	88	80	30	2'799	38

#### Wirkung von Umweltmassnahmen

Die Gegenüberstellung von Massnahmen und umweltrelevanten Parametern von verschiedenen Instandsetzungs- und Rückbauprojekten zeigt, dass mit der Kombination von Bewirtschaftungskonzept, ökologischen Vorgaben und Controlling bessere Resultate erzielt werden als mit einem ausschliesslichen Controlling der Bauabfallentsorgung.

# Rückbau konkret: Best Practice für Bauabfallentsorgung

Dank der umfangreichen Datenbasis von Sanierungs- und Rückbauprojekten, bei denen das Amt für Hochbauten ein Controlling der Bauabfallentsorgung durchführen liess, können die umweltrelevanten Parameter miteinander verglichen werden. Damit lässt sich überprüfen, ob die eingeleiteten Massnahmen Wirkung zeigen und in welchen Bereichen allenfalls Optimierungspotenzial besteht. Die Datenerfassung bei solchen Projekten bietet weitere Vorteile: So kann ein Benchmark für künftige Projekte entwickelt werden. Gleichzeitig ist eine Qualitätssicherung der Bauabfälle möglich. Denn nur qualitativ hochstehende Rückbaustoffe sind im Markt für Gesteinskörnungen konkurrenzfähig.

## Materialflüsse und Transporte

Vor allem bei Sanierungen gilt es, die Materialflüsse und Transporte besser zu lenken. Bei den Rückbauprojekten können heute über 90 Massenprozent verwertet werden. Im Gegensatz dazu variieren die Verwertungsquoten bei den Sanierungsprojekten mit Werten zwischen 24 % und 88 % sehr stark. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei Sanierungen der Rohbau bestehen bleibt, was zu einem höheren Anteil an nicht verwertbaren Materialien (Kunststoffe, Verbundstoffe, Kork, Bodenbeläge usw.) führt.

Bei Sanierungen ist der Transportaufwand für die Bauabfälle um Faktoren grösser als bei Rückbauprojekten. Die bei Sanierungen tätigen Rückbauunternehmen verfügen oft über keine eigenen Aufbereitungsanlagen und entsorgen häufiger in weit entfernten Deponien.

## Ökologische Submissionskriterien

Die Beachtung von ökologischen Kriterien in der Submission führt zu besseren Umwelleistungen. Werden ökologische Vergabekriterien bei der Submission von Sanierungen, Rückbau- und auch Aushubarbeiten verwendet, steigen die Verwertungsquoten und die Umweltbelastungen sinken. So konnte bei der Sanierung des Amtshauses Parkring aufgrund der «ökologischen Kriterien» die Verwertungsquote auf gegen 90 % erhöht und der spezifische Energieverbrauch für die Transporte von durchschnittlich 65 auf 38 Megajoule pro Tonne Rückbaumaterial reduziert werden.

## Bewirtschaftungskonzept

Die frühzeitige Erarbeitung eines Materialbewirtschaftungskonzepts führt zu erheblichen ökologischen und ökonomischen Vorteilen. Diese Massnahme wurde bei den Rückbauprojekten Wohnsiedlung Werdwies und Stadion Letzigrund umgesetzt. Auch hier zeigen sich die Auswirkungen beim Projektvergleich: Die durchschnittliche Fahrdistanz beim Projekt Werdwies konnte um 30 % auf 13 km und beim Stadion Letzigrund um über 60 % auf 8.4 km reduziert werden. Beim Stadion Letzigrund beinhaltete das Materialbewirtschaftungskonzept auch die Entsorgung von ca. 350'000 m<sup>3</sup> Aushubmaterial. Das komplexe, aber gut funktionierende Konzept führte zu Kosteneinsparungen im siebenstelligen Bereich.

Umweltparameter	Art des Bauvorhabens	Benchmark
Verwertungsquote	bei Rückbauten bei Sanierungen	> 90 % > 75 %
Durchschnittliche Transportdistanzen (Einweg)	Rückbauten und Sanierungen	< 20 km
Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Tonne Bauabfall	Rückbauten Sanierungen	< 1'500 g/t < 3'000 g/t
Spezifischer Endenergieverbrauch pro Tonne Bauabfall	Rückbauten Sanierungen	< 20 MJ/t < 40 MJ/t

## Benchmark

Die Anzahl der untersuchten Projekte erlaubt es, Benchmarks für verschiedene Umweltparameter festzulegen, die als Zielgrössen für Sanierungs- und Rückbauprojekte dienen.



Die aus dem Rückbau wie hier im Stadion Letzigrund entstehenden Betongranulate sind hochwertige Baustoffe, die in Neubauten wie dem Schulhaus Im Birch wieder eingesetzt werden.

	<b>Rückbau / Aushub</b>	<b>Recyclingbeton</b>
<b>Vorstudie und Projektierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachspezialisten aus dem Stoffflussbereich mit Ausarbeitung Materialbewirtschaftungskonzept respektive ökologische Begleitung der Rückbau- und Aushubarbeiten beauftragen.</li> <li>Materialbewirtschaftungskonzept erstellen (ökologische, ökonomische und logistische Rahmenbedingungen für Rückbau- und Aushubarbeiten, z.B. Materialaufbereitung auf Baustelle).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mit Planungsteam frühzeitig vereinbaren, dass für alle geeigneten Anwendungen generell RC-Beton eingesetzt werden soll.</li> <li>Ausserhalb Stadt Zürich: Verfügbarkeit von RC-Beton innerhalb vernünftiger Distanz (Minergie-Eco: 25 km) abklären.</li> </ul>
<b>Ausschreibung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Für Rückbau- und Aushubarbeiten ökologische Vorgaben definieren und in Zuschlagskriterien berücksichtigen.</li> <li>Textblöcke für Ausschreibung erstellen.</li> <li>Offerten der Rückbauunternehmen prüfen und evtl. an Offertgesprächen teilnehmen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Für geeignete Anwendungen RC-Beton nach Eigenschaften als Hauptposition ausschreiben und bestellen. Entsprechende Primärbetone zum Preisvergleich in PER-Positionen stellen.</li> <li>In Offerten prüfen, ob durch Wahl von Recyclingbeton ein Umweltvorteil ohne Mehrkosten oder sogar auch Kostenvorteil erzielt werden kann.</li> </ul>
<b>Realisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verantwortliche Personen bezüglich Ablauf der Entsorgung, Organisation der Datenerfassung und Kompetenzen des Fachspezialisten informieren.</li> <li>Bauleitung bezüglich der Entsorgung der Materialien beraten.</li> <li>Detaillierte Materialflussdaten und Transportemissionen erfassen und auswerten.</li> <li>Besuche des Fachspezialisten vor Ort auf Baustelle und beim Unternehmen durchführen.</li> <li>Daten auswerten und Bericht verfassen.</li> <li>Feedback und Schlussbesprechung mit allen Beteiligten durchführen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Überprüfen, ob die deklarierten RC-Anteile im gelieferten RC-Beton auch tatsächlich eingehalten werden.</li> </ul>

### Umsetzung im Projektablauf von Hochbauvorhaben

Im Hochbau besteht für die Stadt Zürich der grösste Hebel für die Umsetzung der Ressourcenstrategie bei den stadteigenen Bauprojekten. Hier werden die wichtigsten Schritte in den einzelnen Phasen des Projektablaufs dargestellt. Nur durch systematisches Projektmanagement lassen sich die ökologischen und ökonomischen Potenziale bei Rückbauten und Aushubarbeiten realisieren.

# Ressourcenstrategie für mineralische Baustoffe

Aufgrund der hier vorgestellten Arbeiten wurden die Eckpunkte einer nachhaltigen Ressourcenstrategie für mineralische Baustoffe für die Stadt Zürich festgelegt. Die übergeordneten Leitsätze sowie die Zielsetzungen und Massnahmen betreffen die stadteigenen Hochbau- und Tiefbauprojekte, welche die grösste direkte Wirkung zeigen. Zu den indirekten Wirkungen gehört das Engagement der Stadt Zürich bei Studien und Pilotprojekten, bei der Ausarbeitung von Normen und Standards sowie der Aus- und Weiterbildung. Nur durch Kooperation mit externen Partnern kann das Thema schweizweit weitergebracht werden.

Zielsetzung	Massnahmen Stadt Zürich	Massnahmen weiterer Akteure
<b>Vorgaben Stadt Zürich</b> Die Stadt Zürich macht Vorgaben für optimiertes Ressourcenmanagement von mineralischen Baustoffen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masterplan Umwelt</li> <li>• Vorgaben 7 Meilenschritte betreffend Gebäudelabel Minergie-(P-)Eco</li> <li>• Im Genehmigungsverfahren (z.B. Umweltverträglichkeitsprüfung) einfließen lassen.</li> </ul>	
<b>Städtische Bauvorhaben</b> In den städtischen Bauprojekten werden Massnahmen für eine optimierte Ressourcenbewirtschaftung umgesetzt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochbau: Optimierung Rückbau/ Aushub sowie Einsatz von RC-Beton gemäss Tabelle Seite 20.</li> <li>• Tiefbau: Einsatz eines maximalen Anteils an RC-Materialien gemäss Stand der Technik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktive Nachfrage durch die Stadt Zürich als grosser Bauherr fördert Verbreitung von RC-Produkten.</li> </ul>
<b>Studien und Pilotprojekte</b> Durch angewandte Forschung sowie Pilotprojekte wird die Innovation gefördert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitwirkung an Studien und Forschungsprojekten.</li> <li>• Durchführung von Pilotprojekten im Hochbau (z.B. Schulhaus Im Birch, Wohnsiedlung Werdwies, Stadion Letzigrund) und im Tiefbau (z.B. Heissmischfundationsschicht).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchführung diverser Forschungsprojekte zu Eigenschaften von RC-Beton aus Betonbruch und Mischabbruchgranulat durch Empa.</li> </ul>
<b>Normen und Standards</b> Einheitliche Normen, Empfehlungen und Standards sind Voraussetzung für eine hohe Qualität und den verstärkten Einsatz von RC-Produkten.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitwirkung in Fachorganisationen wie eco-bau, KBOB und Normenkommissionen SIA, VSS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normen für RC-Gesteinskörnung für Anwendungen im Hoch- und Tiefbau (z.B. SN EN 206-1 usw.).</li> <li>• KBOB/eco-bau/IPB-Empfehlung 2007/2 «Beton aus recycelter Gesteinskörnung».</li> <li>• SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton» 2009</li> <li>• Vorgaben betreffend RC-Betonanteilen als Kriterien für Minergie-(P-)Eco.</li> </ul>
<b>Aus- und Weiterbildung</b> Die Hemmschwelle beim Einsatz von RC-Baustoffen muss durch gezielte Information der Akteure heruntergesetzt werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorträge und Mitwirkung an Veranstaltungen, Ausbildungsgängen, Weiterbildungskursen usw.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurse für Bauherren, Architekten und Ingenieure (Minergie, TFB, SANU usw.).</li> <li>• Das erarbeitete Know-how soll deshalb in die Ausbildungsgänge der Bauingenieure und Architekten transferiert werden.</li> </ul>
<b>Kooperation stadintern und extern</b> Das Know-how wird schweizweit in einem Netzwerk aus Bauherren, Behörden, Planern, Unternehmern, Normenschaaffenden, Forschern usw. ausgetauscht.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stadintern: Vermehrte Zusammenarbeit und Koordination von AHB/TAZ zur Förderung des Einsatzes von RC-Gesteinskörnung.</li> <li>• Stadtextern: Veranstaltungen auf eigene Initiative (2005 und 2007 an ETH).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrungsaustausch mit grossen Bauherrschaften im Hoch-/Tiefbau.</li> <li>• Mitarbeit in Fachorganisationen wie eco-bau, KBOB usw.</li> <li>• Mitwirkung bei Plattformen wie «Kies für Generationen» (AWEL, Kt. Zürich)</li> </ul>

## Leitsätze und Oberziele für Ressourcenstrategie der Stadt Zürich

- Die mineralischen Rückbaumaterialflüsse nehmen durch die verstärkte Sanierungs- und Ersatzneubautätigkeit bis 2050 stark zu. Dies erfordert einen starken Ausbau der Kapazitäten im Baustoffrecycling.
- Der Anteil von Recyclingbaustoffen muss wesentlich erhöht werden. Der Einsatz in gebundener Form hat Priorität gegenüber dem Einbau in loser Form.
- Es sind vermehrt Recyclingbaustoffe in allen Anwendungen einzusetzen.
- Deshalb ist die Qualität der Recyclingprodukte weiter zu verbessern.

# Ausblick

**Mit der vorliegenden Ressourcenstrategie will die Stadt Zürich auch in Zukunft eine proaktive Rolle beim Ressourcenmanagement der mineralischen Baustoffe wahrnehmen, die Umsetzung in der Breite vorantreiben und anhand von gezielten Projekten Handlungsoptionen aufzeigen. Im Gebäudepark wirkt das Amt für Hochbauten mit der konsequenten Förderung des Ressourcenmanagements bei den stadteigenen Bauten vor allem als Vorbild für weitere öffentliche und private Bauherrschaften. Bei den Infrastrukturanlagen ist der Hebel des Tiefbauamtes bereits bei den eigenen Bauten sehr gross. Zudem soll das nachhaltige Baustoffmanagement weiterhin durch flankierende Massnahmen gefördert werden.**

## Ressourcenstrategie

Dank der im Rahmen des Legislatur-schwerpunktes durchgeführten Untersuchungen sind die Daten zum Materiallager und den Flüssen der mineralischen Baustoffe im «Bauwerk Stadt Zürich» nun bekannt. Zudem konnte eine Vorstellung gewonnen werden über dessen mögliche zukünftige Entwicklung und den Einfluss der energetischen Erneuerung des Gebäudeparks. So lässt sich die Zielvorstellung einer 2000-Watt-Gesellschaft nur durch eine Kombination von stark erhöhten Sanierungs- und Rückbauraten erreichen. Die dadurch stark zunehmenden Rückbaustoffflüsse müssen sinnvoll bewirtschaftet werden.

Diese Ergebnisse erlaubten die Grundzüge einer umfassenden Ressourcenstrategie für mineralische Baustoffe zu entwickeln und Massnahmen zu deren Umsetzung festzulegen. Diese Erkenntnisse werden auch in den Masterplan Umwelt der Stadt Zürich einfließen. Die Wirksamkeit der eingeleiteten Massnahmen soll periodisch überprüft werden. Die Entwicklung der Ressourcenstrategie ist aber nicht abgeschlossen, vielmehr handelt es sich um einen Prozess.

## Anwendung in der Breite

Der Anteil an Recyclingbaustoffen am gesamten Input an mineralischen Baustoffen ins Bauwerk Stadt Zürich beträgt heute erst 20 %. Im Hinblick auf die voraussichtlich steigenden Rückbaustoffflüsse müssen die Kapazitäten der Aufbereitungsanlagen stark erhöht und die Produkte abgesetzt werden. Genau hier kann die Stadt Zürich einen wesentlichen Beitrag leisten, indem sie als grosser Bauherr aktiv Recyclingprodukte nachfragt und damit als Vorbild für andere Bauherren dient.

Um dies zu erreichen, muss dafür gesorgt werden, dass die Rückbaumaterialien eine einwandfreie Qualität aufweisen. Gewährleistet wird dies durch eine rigorose Überprüfung der Rückbau- und Aufbereitungsprozesse. Ökologische Vorgaben in den Submissionen und ein Controlling bei Rückbau- und Aushubvorhaben sind eine Voraussetzung dazu.

## Flankierende Massnahmen

In Zukunft wird es darum gehen, das aufgebaute Know-how weiter auszubauen und breiter zu streuen. Die Erkenntnisse sollen in die Ausbildung von Architekten und Bauingenieuren fliessen, so dass der Einsatz von Recyclingbaustoffen zur Normalität wird. Wir fragen uns heute beispielsweise auch nicht mehr, ob eine Glas- oder PET-Flasche Recyclingmaterial enthält. Eine weitere Möglichkeit zur Förderung der Recyclingbaustoffe und deren Qualität ist die Entwicklung eines Labels für Kies- und Betonwerke. Zur Erlangung dieses Zertifikats müssten die Werke unter anderem nachweisen, dass sie die Kriterien von Minergie-(P-)Eco bezüglich Recyclingbeton über das ganze Jahr einhalten. Das Amt für Hochbauten engagiert sich bei der Entwicklung eines solchen Labels als Ergänzung zu den bisherigen Vorgaben des Gebäudelabels Minergie-(P-)Eco. Die Arbeiten und die erwähnten Massnahmen zeigen, wie umfangreich eine Ressourcenstrategie für mineralische Baustoffe sein kann. Verschiedene stadtinterne und externe Akteure sind in einem schweizweiten Netzwerk involviert und müssen auf sinnvolle Weise koordiniert werden.

# Weiterführende Informationen

Dokumentationen und Grundlagenberichte, welche im Rahmen des Legislatorschwerpunktes zum Thema «Ressourcen» erarbeitet wurden, sind verfügbar unter:

[www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen) > [2000-Watt-Gesellschaft](#) > [Ressourcen](#)

- «Baustoffmanagement, Entwicklung eines Ressourcenmodells für mineralische Baustoffe für die Stadt Zürich», Umwelt Perspektiven, Dezember 2007
- «Dynamische Modellierung, Grundlagen zur Entwicklung einer Ressourcenstrategie für mineralische Baustoffe», Umwelt Perspektiven, April 2009
- Potenziale von mineralischen Sekundärressourcen, Zusammenfassung Workshop 25. September 2007

Vorgaben für Recyclingbeton bei städtischen Bauten und Bauvorhaben mit städtischen Unterstützungsleistungen sind verfügbar unter:

[www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen](http://www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen) > [Vorgaben](#)

- Nachhaltiges Bauen: Bedingungen für Werkleistungen (Hochbau)

Weitere wichtige Grundlagen zum Thema «Ressourcen» sind verfügbar unter:

- KBOB/eco-bau/IPB-Empfehlung 2007/2, «Beton aus recycelter Gesteinskörnung»  
[www.kbob.ch](http://www.kbob.ch) > [Publikationen](#) > [Empfehlungen Nachhaltiges Bauen](#)
- SIA-Merkblatt 2030 «Recyclingbeton», erscheint 2010  
[www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- Projekt «Kies für Generationen», AWEL Kanton Zürich  
[www.kiesfuergenerationen.ch](http://www.kiesfuergenerationen.ch)
- Gebäudelabel Minergie-(P-)Eco  
[www.minergie.ch](http://www.minergie.ch) > [Standards & Technik](#) > [Minergie-ECO / Minergie-/P-Eco](#)  
[www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch)
- VSS-Normen  
[www.vss.ch](http://www.vss.ch)
- Leitfaden Kaltmischfundationsschicht, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Oktober 2008  
[www.ag.ch/umwelt](http://www.ag.ch/umwelt) > [Fragen zum Umweltschutz](#)

