

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 136 (2010)
Heft: 24: Recycling-Beton

Artikel: Baustoffmanagement optimieren
Autor: Rubli, Stefan / Gugerli, Heinrich / Wagner, Rolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-109621>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 20.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BAUSTOFFMANAGEMENT OPTIMIEREN

Mithilfe eines Ressourcenmodells wurden die in Gebäuden und Infrastruktur der Stadt Zürich eingebauten Mengen an Baumaterial sowie die Materialflüsse abgeschätzt. In einem zweiten Schritt wurde ermittelt, mit welcher Strategie – verstärkte Sanierungs- oder Ersatzneubaunaten – sich das «Bauwerk Stadt Zürich» zukünftig am effizientesten im Hinblick auf Material- und Energieverbrauch gestalten lässt.

Das Amt für Hochbauten und das Tiefbauamt der Stadt Zürich streben im Rahmen des Legislatorschwerpunktes «Nachhaltige Stadt Zürich – auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft» eine ressourceneffiziente Bewirtschaftung der mineralischen Baustoffflüsse und -lager an. Dabei wird auch der beabsichtigte energetische Umbau des Gebäudeparks in Richtung 2000-Watt-Gesellschaft berücksichtigt. Das entwickelte Ressourcenmodell zeigt, wie sich die Situation für das «Bauwerk Stadt Zürich» heute darstellt und wie die Entwicklung bis 2050 aussehen könnte.^{1,2,3}

PROBLEM AUSHUBENTSORGUNG

Wenn anstelle des Abbaus von Primärkies mehr Rückbaustoffe eingesetzt werden, steht entsprechend weniger Auffüllvolumen für unverschmutztes Aushubmaterial zur Verfügung. In einer Untersuchung wurde daher die künftige Entwicklung der Kies-, Rückbau- und Aushubmaterialflüsse für den gesamten Kanton Zürich abgeschätzt.⁴ Das methodische Vorgehen war identisch mit dem im nebenstehenden Artikel geschilderten Modellaufbau.

Die Resultate zeigen die Wechselwirkungen der verschiedenen Materialflüsse. Insgesamt werden im Kanton Zürich jährlich 3 Mio. m³ Kies abgebaut und 2.7 Mio. m³ Aushubmaterial in den Kiesgruben abgelagert. Das im Kanton Zürich verwertete Rückbaumaterial im Umfang von jährlich 0.8 Mio. m³ substituiert das gleiche Volumen an Kies. Dieses Volumen steht somit nicht zur Auffüllung der Kiesgruben mit unverschmutztem Aushubmaterial zur Verfügung. Als Folge davon müssen 1.1 Mio. m³ Aushub in Nachbarkantone exportiert werden. Simulationen haben gezeigt, dass sich diese Situation künftig verschärfen wird, weil mit steigenden Rückbaumaterialflüssen und somit abnehmendem Kiesabbau zu rechnen ist. Zudem nehmen die Aushubmaterialflüsse aufgrund immer tieferer Baugruben zu.

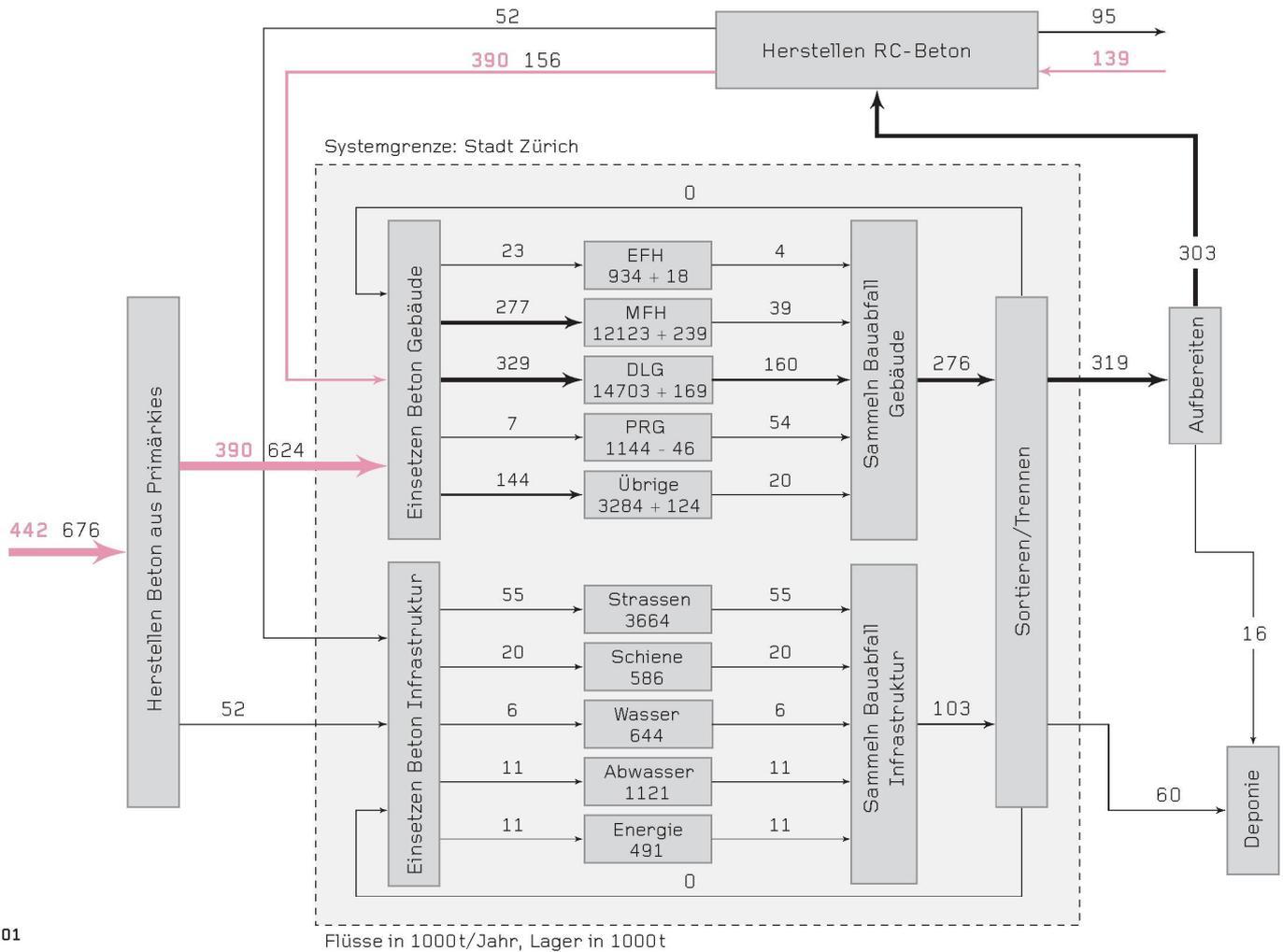
Für eine Entschärfung dieser Situation relativ schnell realisierbar wäre eine Erhöhung der Auffüllquoten in bereits bestehenden Kiesgruben. Mittelfristig ist die Möglichkeit von Geländeveränderungen in Betracht zu ziehen, um unverschmutzten Aushub kontrolliert abzulagern. Die Rahmenbedingungen dazu sind noch zu definieren. Grundsätzlich handelt es sich beim Thema Aushubentsorgung um ein kantonsübergreifendes, langfristiges Problem. Für nachhaltige Lösungen ist deshalb eine engere Zusammenarbeit mit den Nachbarkantonen anzustreben.

ERFASSUNG DES IST-ZUSTANDES

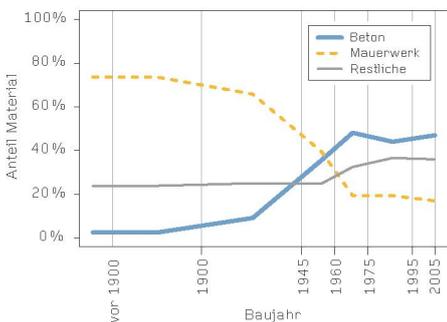
Zur Erfassung des Ausgangszustandes wurden zunächst der bestehende Gebäudepark und die bestehende Infrastruktur analysiert: Zu jedem der 55000 Gebäude in der Stadt Zürich wurde ein Datensatz mit Angaben zu Gebäudevolumen, Gebäudegeometrie und Bauteildaten angelegt, unterteilt nach Nutzungs- und Altersklassen. Daraus konnten die in den Gebäuden gebundenen Materialmengen berechnet werden. Ein wichtiger Parameter ist dabei die Materialisierung der Gebäude in Abhängigkeit vom Gebäudealter, die eine Abnahme des Mauerwerkanteils zugunsten von Beton zeigt (Abb. 2). Entsprechend wird sich auch die Zusammensetzung des Rückbaumaterials hin zu einem höheren Anteil an Betonabbruch und einem abnehmenden Anteil an Mischabbruch verändern. Die Materialflüsse wurden für das Modell über die Neubau-, Ersatzneubau- und Sanierungsraten ermittelt. Für die Infrastrukturanlagen standen bereits detaillierte Angaben zu den Strassen- und Leitungslängen, zu den entsprechenden Querschnitten sowie zu den Sanierungs- und Erneuerungs-raten zur Verfügung.

Die Untersuchung umfasst die mineralischen Baustoffe Beton, Mauerwerk, Kies/Sand, Belag und Restfraktion (Gips, Keramik, Glas). In Abb. 1 sind die Materiallager und -flüsse der Gesteinskörnungen im Beton dargestellt: Der Input in den Gebäudepark ist mit 780000t pro Jahr deutlich höher als im Tiefbau (104000t/a). Aus dem Gebäudepark fliessen jährlich 276000t Rückbaustoffe. Das Lager im Gebäudepark wächst somit jährlich um rund 500000t. In der Infrastruktur wird hingegen von einem Fließgleichgewicht ausgegangen. Insgesamt fallen rund 380000t Rückbaumaterial an, wovon 300000t wieder als Recyclinggesteinskörnung eingesetzt werden. Allerdings fliessen aufgrund fehlender Einsatzmöglichkeiten nur zwei Drittel davon wieder in die Stadt Zürich zurück. Der Rest muss ausserhalb der Stadt verwertet werden.

Mithilfe des Ressourcenmodells lässt sich einfach ermitteln, wo und wie das System ressourceneffizienter gestaltet werden kann. Würde der Anteil des Recyclingbetons am Betoninput in die Gebäude von derzeit 20 auf 50% erhöht, liessen sich die heute «exportierten» 95000t Betongranulate in der Stadt Zürich verwerten (Abb. 1). Es müssten gar 140000t Recyclingbaustoffe von ausserhalb importiert werden bzw. Mischabbruch als



01



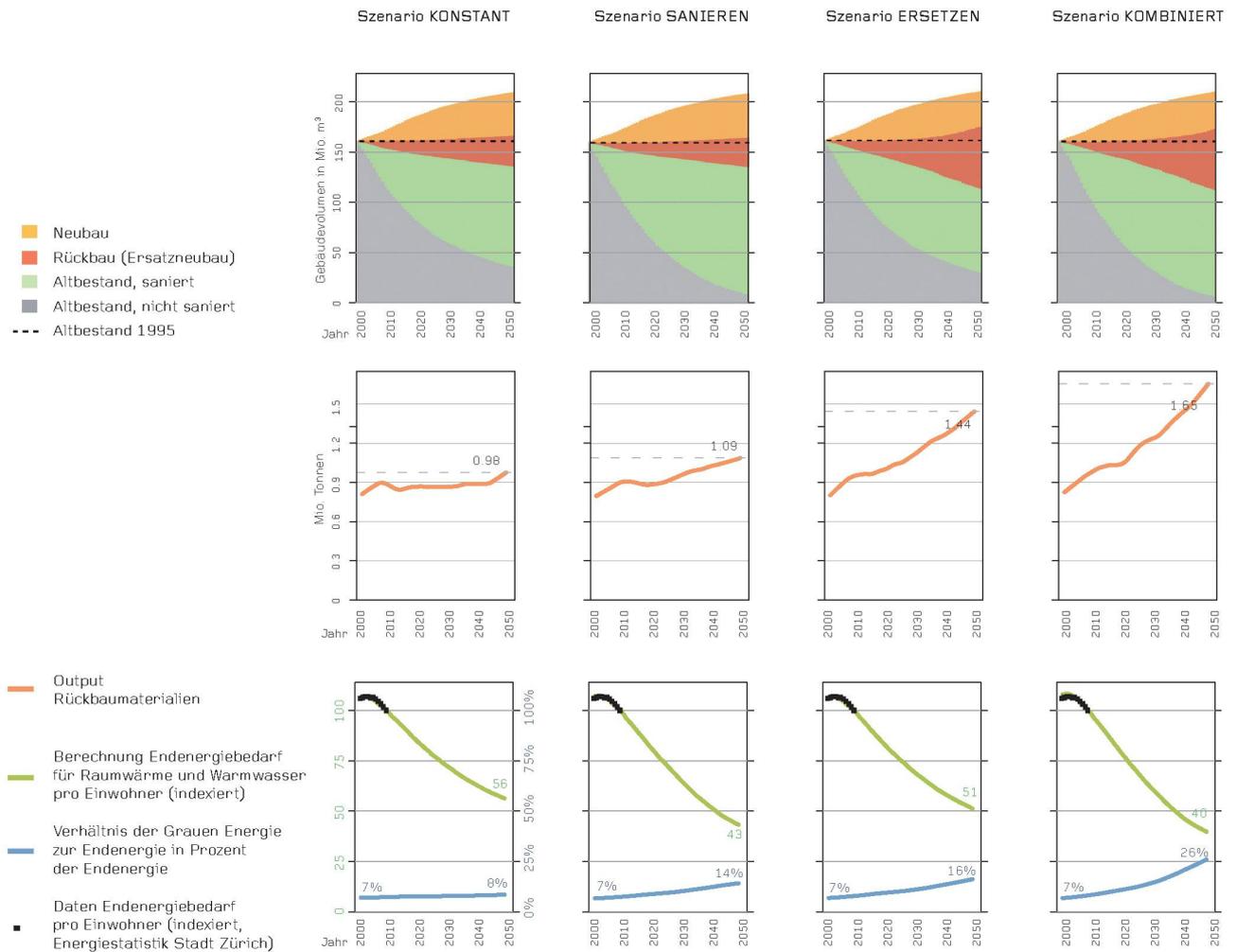
02

01 Materialflüsse der Gesteinskörnungen im Beton im Jahr 2005 (schwarz) und unter der Annahme, dass 50% des Betons für Gebäude Recyclingbeton wäre (rot). (DLG = Dienstleistungsgebäude, PRG = Produktionsgebäude)
 02 Materialisierung der Mehrfamilienhäuser in Abhängigkeit vom Baujahr (Grafiken: Autoren)

weiterer Recyclingbaustoff eingesetzt werden. Der Bedarf an natürlicher Gesteinskörnung könnte somit um jährlich 234 000t bzw. um rund 35% reduziert werden. Um das zu erreichen, sind beispielsweise Fördermassnahmen zum vermehrten Einsatz von Recyclinggesteinskörnung in Konstruktionsbeton sinnvoll.

LANGZEITBETRACHTUNG DURCH SIMULATIONEN

Nach der Erfassung des Ist-Zustandes wurde in einem zweiten Schritt ein dynamisches Modell aufgebaut, mit dessen Hilfe sich die Entwicklung bis 2050 abschätzen lässt. Neben den mineralischen Baustoffflüssen wurde in diesem Modell auch die zeitliche Entwicklung der Endenergie (Heizen und Warmwasser) sowie der grauen Energie simuliert (Abb. 3). Dies ermöglicht eine umfassende Beurteilung des Ressourcenbedarfs für den Bau und den Betrieb des Gebäudeparks in der Stadt Zürich. Grundsätzlich kann der Umbau in einen energieeffizienten Gebäudepark über die Sanierung, den Ersatzneubau oder über die Kombination dieser Szenarien realisiert werden. Ein Ersatzneubau lässt aus energetischer Sicht effizientere Lösungen zu, ist allerdings deutlich ressourcenintensiver als eine Sanierung. Auch die Umbaugeschwindigkeit ist von Bedeutung. Das dynamische Modell sollte zeigen, ob sich die energetischen Ziele der Stadt Zürich über den Weg von Sanierung oder Ersatzneubau im betrachteten Zeitraum von 40 Jahren überhaupt erreichen lassen und welche Materialflüsse damit verbunden sind.



03

03 Zeitliche Entwicklung der Gebäudevolumen, der anfallenden Mengen an Rückbaumaterialien und des Bedarfs an Endenergie und grauer Energie für die verschiedenen Umbauszenarien. Die graue Energie bezieht sich auf die Inputflüsse in den Gebäudepark für die Sanierung und den Neubau für das betrachtete Jahr.

Die Endenergie umfasst die vom gesamten Gebäudepark im betreffenden Jahr verbrauchte Endenergie (Grafik: Autoren)

04 Ein gelungenes Beispiel für den Einsatz von Recyclingbeton (vgl. Kasten S. 18): Bei der Berufsschule Chartem in Lausanne wurden sämtliche Betonteile in RC-Beton ausgeführt (mit 70 % RC-Granulaten).

Architektur: cBmM SA architectes – Bridel, Marinov, Truchard, Lausanne;
 Tragwerk: Concept Bois Technologie (CBT), St-Sulpice;
 Betonlieferant: Gravière de la Claire-aux-Moines SA, Savigny
 Baujahr: 2010 (Foto: Ariel Huber)

AUSWIRKUNG VERSCHIEDENER ERNEUERUNGSSTRATEGIEN

Kern des dynamischen Modells ist die Beschreibung der Veränderung des Gebäudebestandes von 1995 bis 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, die durch Neubauten oder Ersatzneubauten gedeckt werden muss. Der Gebäudebestand wächst in der Stadt Zürich bis 2050 in allen Szenarien um rund 40 Mio. m³ auf über 200 Mio. m³.

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Erneuerungsstrategien abzubilden, wurden vier Szenarien untersucht. Im Referenzszenario «konstant» werden die Sanierungs- und Rückbauraten über den betrachteten Zeitraum konstant auf dem Ausgangswert (Durchschnitt 2000–2005) belassen. Beim Szenario «sanieren» werden die Sanierungsraten jeweils bis ins Jahr 2050 um die Faktoren 1.5 (Nichtwohnen) bzw. 3 (Wohnen) linear erhöht und für das Szenario «ersetzen» die Rückbauraten, die um etwa eine Grössenordnung tiefer liegen als die Sanierungsraten, um den Faktor 3 (Nichtwohnen) bzw. 4 (Wohnen) linear entwickelt. Im Szenario «kombiniert» steigen sowohl die Sanierungs- als auch die Rückbauraten um die jeweiligen Faktoren. Um die Entwicklung des Energiebedarfs des Gebäudeparks berechnen zu können, wurden ausserdem Annahmen für die Entwicklung des nach einem baulichen Eingriff erreichten Energiestandards getroffen: Die Anteile von Minergie- und Minergie-P-Gebäuden nehmen mit jedem Jahr zu.

Die Resultate der verschiedenen Szenarien zeigen, dass beim Szenario «ersetzen» die Materialintensität deutlich höher ist als beim Szenario «konstant» (Abb. 3). Während der Rückbaumaterialfluss im Szenario «konstant» beinahe unverändert bleibt, steigt dieser beim



04

Anmerkungen

1 Gugerli, H., Rubli, St.: Ressourcenstrategie Bauwerk Stadt Zürich, Materialflüsse und Energiebedarf bis 2050. Amt für Hochbauten und Tiefbauamt der Stadt Zürich, Zürich, Oktober 2009.

2 Schneider, M., Rubli, St.: Baustoffmanagement: Entwicklung eines Ressourcenmodells für mineralische Baustoffe für die Stadt Zürich. Umwelt Perspektiven, Illnau, Dezember 2007.

3 Schneider, M., Rubli, St.: Ressourcenmodell der mineralischen Baustoffe auf der Ebene Stadt Zürich: Dynamische Modellierung 1995–2050. Amt für Hochbauten und Tiefbauamt der Stadt Zürich, 2009.

4 Schneider M., Rubli St.: Rohstoff- und Aushubflüsse im Kanton Zürich – Ein dynamisches Modell der Materialflüsse für die Jahre 1995–2025. Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich, AWEL, Zürich, 2009.

Weitere Informationen zum Thema Ressourcen sind verfügbar unter www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen > 2000-Watt-Gesellschaft > Ressourcen

Szenario «sanieren» bis 2050 von 0.8 auf 1.1 Mio. Tonnen an. Massiver sind die Auswirkungen bei den Szenarien «ersetzen» und «kombiniert»: Hier ist mit einer annähernden Verdoppelung der Rückbauflüsse auf 1.4 bzw. 1.6 Mio. Tonnen pro Jahr zu rechnen.

Ein materialintensiver Umbau des Gebäudeparks lässt sich somit nur rechtfertigen, wenn dies gleichzeitig zu einer deutlichen Reduktion des Energiebedarfs führt. Dies ist auch tatsächlich der Fall: Im Szenario «kombiniert» kann beispielsweise der Endenergiebedarf pro Person für Raumwärme und Warmwasser auf 40 % des heutigen Bedarfs reduziert werden. Allerdings führt die zusätzliche Reduktion der Endenergie bei den Szenarien «ersetzen» und «kombiniert» zu einer deutlichen Zunahme der grauen Energie. In dieser Hinsicht schneidet das Szenario «sanieren» besser ab.

Die Resultate aus den Modellierungen zeigen, dass wir im Bereich des Baustoffmanagements vor grossen Herausforderungen stehen. Es müssen nicht nur Recyclingkapazitäten und Absatzmöglichkeiten für die ansteigenden Rückbaumaterialflüsse ausgebaut werden, sondern auch neue Lösungen für die Aushubentsorgung gefunden werden (s. Kasten S. 20). Auf diese Entwicklungen müssen wir frühzeitig reagieren und Strategien zu deren Bewirtschaftung entwickeln.

Stefan Rubli, Dr. sc. techn., dipl. Umweltnaturwissenschaftler ETH, Energie- und Ressourcen-Management GmbH, Schlieren, rubli@energie-ressourcen.ch

Heinrich Gugerli, Dr. Ing., dipl. Ing. ETH/SIA, Leiter Fachstelle Nachhaltiges Bauen, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, heinrich.gugerli@hbd.stzh.ch

Rolf Wagner, Ressourcenwirtschaftler NDS, Amt für Abfall, Energie, Wasser und Luft (AWEL) des Kantons Zürich, Zürich, rolf.wagner@bd.zh.ch