

Progress in the recycling of masonry rubble (Part 1)

Fortschritte beim Recycling von Mauerwerkbruch (Teil 1)

Present practice in the recycling of masonry rubble cannot claim to be contributing to resource efficiency. Building on a 2003 review article on the recycling of masonry rubble [5], this contribution reports on new findings and current developments of relevance. The characteristics of "masonry rubble" as a material flow category are described, and current research findings and extant technologies explained.

Das Recycling von Mauerwerkbruch, so wie es heute betrieben wird, kann den Anspruch, zur Ressourceneffizienz beizutragen, nicht erfüllen. Aufbauend auf dem 2003 erschienenen Übersichtsartikel zum Recycling von Mauerwerkbruch [5], wird über neue Erkenntnisse und aktuelle Entwicklungen berichtet. Angaben zu den Merkmalen des Stoffstroms „Mauerwerkbruch“ werden gemacht sowie aktuelle Forschungsergebnisse und technische Lösungen dargestellt.

1 Introduction

Resource efficiency with regard to abiotic, non-energy raw materials is an expressly central component of ProgRes - the German Resource Efficiency Programme [1], as adopted by the German Federal Cabinet in March 2012. With regard to construction materials and waste, instruments are needed for generating more acceptance for recycled construction material. The objective is to secure for the long term the country's already high recycling rate. Diverse political instruments are geared to achieving that goal:

- › The amended 2012 version of the Closed Substance Cycle/Waste Management Act [2], by means of which the EU Waste Framework Directive was incorporated into German law – the stated goal being to progress from waste management to a closed-cycle strategy. Waste avoidance and recycling are supposed to gradually supplant waste management. By the year 2020 at the latest, at least 70 mass % of all non-hazardous construction and demolition waste materials are to be recycled
- › The Construction Products Regulation [3], which has been in force since 1 July 2013, promotes the sustainable use of natural resources, preferably in the form of non-polluting and secondary raw materials that impart sustainability and recyclability both to the structure itself and to its constitutional materials and elements following its demolition
- › A "rating system" for sustainable construction, as published by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development [4], focuses primarily on the construction of new office and administration buildings: Within the scope of technical quality, it promotes evaluation of such structures' cleanliness, maintainability, deconstructability, recyclability and sound insulation

2 Material flows and mass balances

Masonry is a composite construction component composed of pattern-bonded walling elements such as bricks/blocks, sandy limestone, cellular concrete, (lightweight) concrete, natural stone, masonry mortar, rendering, etc. When a building is deconstructed or demolished, all this material becomes masonry

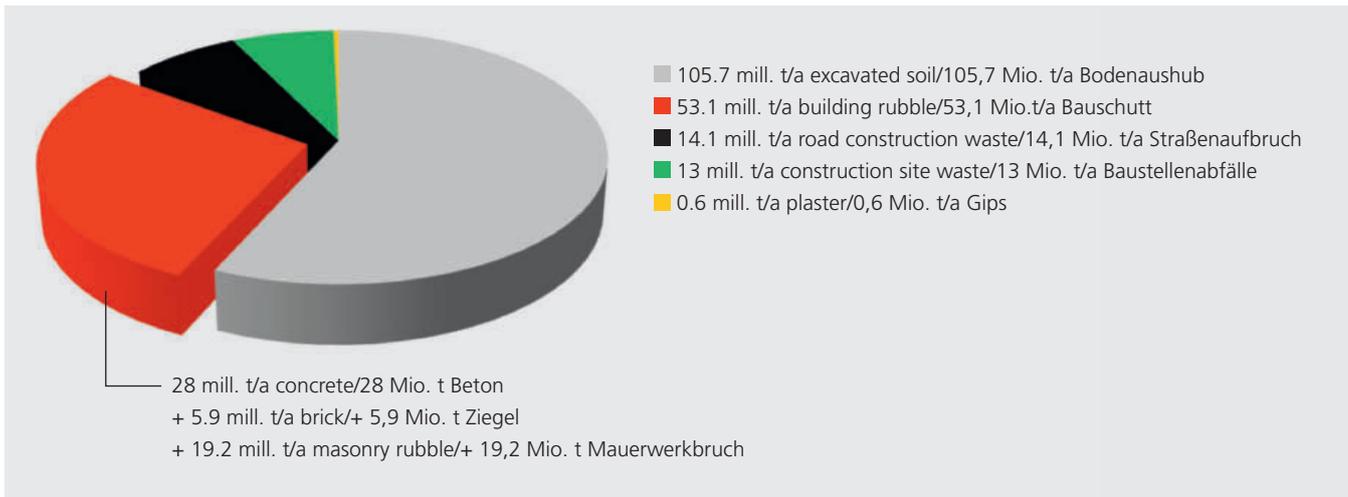
1 Einleitung

Ressourceneffizienz auf dem Sektor der abiotischen, nichtenergetischen Rohstoffe steht ausdrücklich im Mittelpunkt des vom Bundeskabinett im März 2012 beschlossenen Ressourceneffizienzprogramms ProgRes [1]. In Bezug auf Baurohstoffe und -abfälle sollen Instrumente zur Erhöhung der Akzeptanz von Recyclingbaustoffen entwickelt werden. Ziel ist es, das bereits erreichte hohe Verwertungsniveau langfristig zu sichern. Verschiedene politische Instrumente sollen helfen, dieses Ziel zu erreichen:

- › das Kreislaufwirtschaftsgesetz in der Neufassung von 2012 [2], durch die die EU-Abfallrahmenrichtlinie in deutsches Recht umgesetzt wird: Der Übergang von der Abfallwirtschaft zur Kreislaufwirtschaft wird als Zielstellung formuliert. Die Abfallvermeidung und das Recycling sollen deutlicher als bisher an die Stelle der Abfallbeseitigung treten. Spätestens ab dem Jahr 2020 sollen mindestens 70 Masse-% der nicht gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle recycelt werden
- › die Bauproduktenverordnung [3], die seit 01.07.2013 in Kraft ist: Die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen wird gefordert. Das soll durch die Verwendung von umweltfreundlichen Rohstoffen und Sekundärbaustoffen, die Dauerhaftigkeit und die Recyclingfähigkeit des Bauwerks, seiner Baustoffe bzw. Bauelemente nach dem Abbruch erreicht werden
- › das „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [4], das sich vorrangig auf den Neubau von Büro- und Verwaltungsbauten bezieht: Im Rahmen der technischen Qualität wird die Bewertung der Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der Konstruktion, der Rückbaubarkeit und Recyclingfreundlichkeit sowie des Schallschutzes gefordert

2 Stoffströme und Massenbilanzen

Mauerwerk ist ein Verbundbaustoff aus im Verband angeordneten Wandbausteinen wie Ziegel, Kalksandstein, Porenbeton, (Leicht-) Beton, Naturstein, Mauermörtel, Putz etc. Beim Rückbau oder Abbruch von Gebäuden wird daraus Mauerwerkbruch, der einer Verwertung zugeführt werden muss. In den



»1 Year-2010 incidence of construction waste acc. to [6] and breakdown of building rubble based on [7]

»1 Im Jahr 2010 anfallende Bauabfälle nach [6] und Aufteilung von Bauschutt in Anlehnung an [7]

rubble that requires some form of value recovery, i.e. recycling. Statistics appearing since 1996 in periodical monitoring reports published by the non-metallic minerals and recycling industry [6], make no explicit mention of masonry rubble. Instead, masonry rubble is treated as a constituent part of building rubble per se. Data published by the German Federal Statistical Office can be used to separate the constituents [7]. The results show that, on average, the building rubble being put through conditioning plants is made up of 53% concrete, 16% brick and 31% mixed materials that can be categorized as masonry rubble. On that basis, the incident quantities of concrete, masonry and brick rubble, as stated in »1 for the year 2010, for example, can be roughly calculated. A related material category covers the kiln wasters from brick production, which account to roughly 1 mill. t/a [8].

A comparison of the cumulative quantities of building rubble with the overall raw materials consumption rate of the non-metallic minerals industry, which, according to a recent raw materials study, comes to 608 mill. t/a [9], shows that, in terms of quantity, recycling appears to be relatively easy to achieve. The quoted value recovery rate of 96% as the sum of recycling and other forms of reutilization confirms this assumption. If, however, the aim is to achieve genuinely self-contained life cycles in the sense that the material is returned to the original products, then the raw materials and produced quantities of wall-building materials have to be compared with the incident quantities of masonry rubble. With regard to bricks, for example, 2010 statistics show 12.1 mill. t of clay consumed [9] and 10.5 mill. t of bricks and roof tiles produced [10], while kiln wasters and brick rubble added up to 6.9 mill. t. Obviously then, apart from the kiln wasters, only a certain proportion of pure brick rubble can be re-used as raw material for brick production. Due to the larger quantities involved and to fluctuations in composition, the incident masonry rubble has even less chance of finding inclusion in closed cycles. Additional paths of recycling need to be developed.

As viewed from the practical side of recycling, the above differentiation of input flows is confirmed. Masonry rubble and concrete rubble are dealt with – and processed – separately. As the case may be, further differentiation is made according to lump size and contaminant contents. Pure brick rubble is only accepted and processed by recycling facilities that use such material in vegetation-engineering applications.

Statistiken der Steine-Erden- und der Recycling-Industrie, die in den seit 1996 regelmäßig veröffentlichten Monitoringberichten zusammengefasst sind [6], ist Mauerwerkbruch nicht explizit ausgewiesen. Vielmehr ist er eine Teilmenge der dort angegebenen Menge an Bauschutt. Für die Aufteilung können Angaben des Statistischen Bundesamtes verwendet werden [7]. Daraus lässt sich abschätzen, dass der in Aufbereitungsanlagen verarbeitete Bauschutt durchschnittlich aus 53% Beton, 16% Ziegel und 31% Gemischen, die als Mauerwerkbruch einzustufen sind, besteht. Auf dieser Basis können die anfallenden Mengen an Beton-, Mauerwerk- und Ziegelbruch, wie in »1 für 2010 angegeben, überschlägig berechnet werden. Als weiterer Stoffstrom kommt der bei der Ziegelherstellung anfallende Brennbruch hinzu, der sich auf etwa 1 Mio. t/a beläuft [8].

Bei einer Gegenüberstellung der anfallenden Bauschutt mengen mit dem Gesamtrohstoffverbrauch der Steine-Erden-Industrie, der laut einer aktuellen Rohstoffstudie 608 Mio. t/a beträgt [9], scheint die Verwertung unter dem Gesichtspunkt der Mengen vergleichsweise einfach möglich zu sein. Die ausgewiesenen Verwertungsquoten von 96% als Summe von Recycling und sonstiger Verwertung bestätigen diese Aussage. Sollen aber tatsächlich geschlossene Kreisläufe im Sinne der Rückführung in die ursprünglichen Produkte realisiert werden, müssen die Rohstoffe bzw. die produzierten Mengen an Wandbaustoffen mit den anfallenden Mengen an Mauerwerkbruch verglichen werden. Im Falle des Ziegels standen sich 2010 ein Verbrauch an Ton von 12,1 Mio. t [9] bzw. eine produzierte Menge an Ziegeln und Dachziegeln von 10,5 Mio. t [10] einerseits und eine Menge an Brennbruch und Ziegelbruch von 6,9 Mio. t andererseits gegenüber. Daraus folgt, dass zusätzlich zum Brennbruch höchstens ein Teil des sortenreinen Ziegelbruchs als Rohstoff in die Ziegelproduktion zurückfließen kann. Der entstehende Mauerwerkbruch hat aufgrund der größeren Menge und der variierenden Zusammensetzung noch weniger Chancen in geschlossenen Kreisläufen verwertet zu werden. Zusätzliche Pfade für die Kreislauf-führung müssen erschlossen werden.

Eine auf die Recyclingpraxis heruntergebrochene Betrachtungsweise bestätigt die oben vorgenommene Differenzierung der Inputströme. Mauerwerkbruch wird getrennt vom Betonbruch angenommen und aufbereitet. Ggf. wird eine weitere Differenzierung nach Stückgrößen und Störstoffgehalten vorgenommen. Reiner Ziegelbruch wird nur von solchen Recyclinganlagen



»2 Pure brick rubble
»2 Sortenreiner Ziegelbruch



»3 Masonry rubble
»3 Mauerwerkbruch

PhotoFoto: Müller

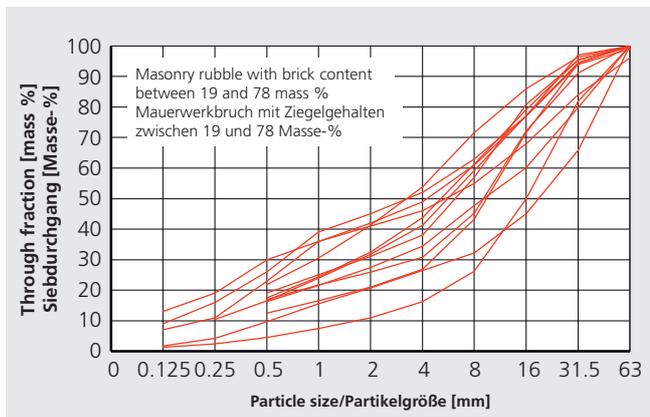
Masonry rubble is processed by means of crushing and sizing. The quality of the processed material can be improved by such additional steps as manual sorting before the material is loaded into the crusher and/or by air classification after crushing. The individual components of masonry rubble offer little resistance to the forces encountered in a crusher. Consequently, crushing produces substantial quantities of sand < 4 mm. As demonstrated by the screen sizing characteristics shown in »4 for masonry rubble processed at recycling facilities, the sand fraction can amount to as much 50%.

The material composition of fractions > 4 mm is determined by sorting analysis via visual examination. The results reflect the

getrennt angenommen und aufbereitet, die vegetationstechnische Anwendungen mit sortenreinem Ziegelmaterial bedienen.

Die Aufbereitung von Mauerwerkbruch erfolgt durch Brechen und Klassieren. Eine Handsortierung vor der Materialaufgabe in den Brecher und/oder eine Windsichtung nach der Zerkleinerung können als zusätzliche Aufbereitungsschritte die Qualität des Materials verbessern. Die Bestandteile von Mauerwerkbruch setzen den Beanspruchungen in Brechern vergleichsweise wenig Widerstand entgegen. Die Folge ist das Entstehen von erheblichen Mengen an Sand < 4 mm. Aus den in »4 dargestellten Sieblinien von in Recyclinganlagen aufbereitetem Mauerwerkbruch folgt, dass der Sandanteil bis zu 50 % betragen kann.

Die Materialzusammensetzung wird an Fraktionen > 4 mm durch Sortieranalysen nach Augenschein bestimmt. Sie spiegelt die Vielfalt der in Gebäuden verwendeten Baustoffarten wider. Aus Prüfprotokollen von zu Füllgut verarbeiteten Mauerwerkbruch sowie aus eigenen Messungen ergibt sich ein durchschnittlicher Ziegelgehalt zwischen 40 und 50 %. Beton, Mörtel und Gesteinskörnungen stellen weitere Hauptbestandteile dar. Die Summe dieser beiden Materialgruppen liegt mit nur sehr wenigen Ausnahmen über 90 Masse-%. Wie »5 zeigt, unterliegt der Ziegelgehalt beträchtlichen Schwankungen, sowohl bei der Betrachtung über einen längeren Zeitraum als auch bei der Gegenüberstellung verschiedener Standorte.

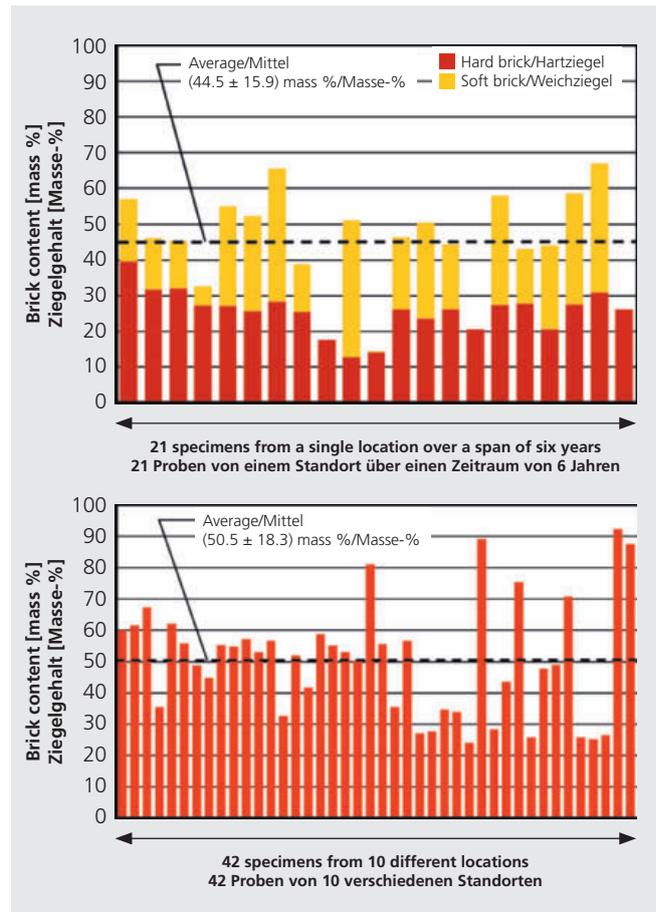


»4 Particle-size distributions of recycled masonry rubble
»4 Partikelgrößenverteilungen von in Recyclinganlagen aufbereitetem Mauerwerkbruch

Eine Zusammenfassung der Aussagen zu den Stoffströmen unter Einbeziehung der Ergebnisse der Sieb- und Sortieranalysen für Mauerwerkbruch zeigt »6. Unter der Voraussetzung, dass die Körnungen > 4 mm des Mauerwerkbruchs durch eine



Photo/Foto: Müller



- »5 Brick contents of masonry rubble
- »5 Ziegelgehalte von Mauerwerkbruch

diversity of construction materials that go into buildings. Test records of masonry rubble used as filling material, in addition to own measurements, show that the average brick content ranges between 40% and 50%. Concrete, mortar and mineral aggregate also count among the main constituents. With but few exceptions, those two material categories together account for more than 90% of the mass. As shown in »5, the brick content varies substantially, both with respect to long-term observation and in comparisons between different source locations.

»6 summarizes the observations concerning flows of material, including the results of screening and sorting analysis for masonry rubble. On condition that the > 4 mm fraction of the masonry rubble is separated into pure brick aggregate on the one hand and sundry-component aggregate on the other, the following four material fractions can be obtained from construction waste consisting of brick rubble and masonry rubble:

- › pure brick sand < 4 mm, obtained by crushing brick rubble
- › pure brick grit > 4 mm, obtained by crushing brick rubble and sorting masonry rubble
- › masonry sand < 4 mm
- › brick-depleted masonry grit > 4 mm obtained by sorting "reject" (waste) material

If the masonry rubble remains unsorted, the pure brick-rubble fractions will stand in contrast to the masonry-rubble fraction obtained from the various walling materials.

The respective quantities and proportions yield a material-flow balance like that shown in »6. Even if the producers' stew-

Sortierung in reine Ziegelkörnungen einerseits und Körnungen aus anderen Bestandteilen andererseits getrennt werden, lassen sich aus den Bauabfällen Ziegelbruch und Mauerwerkbruch folgende vier Materialfraktionen gewinnen:

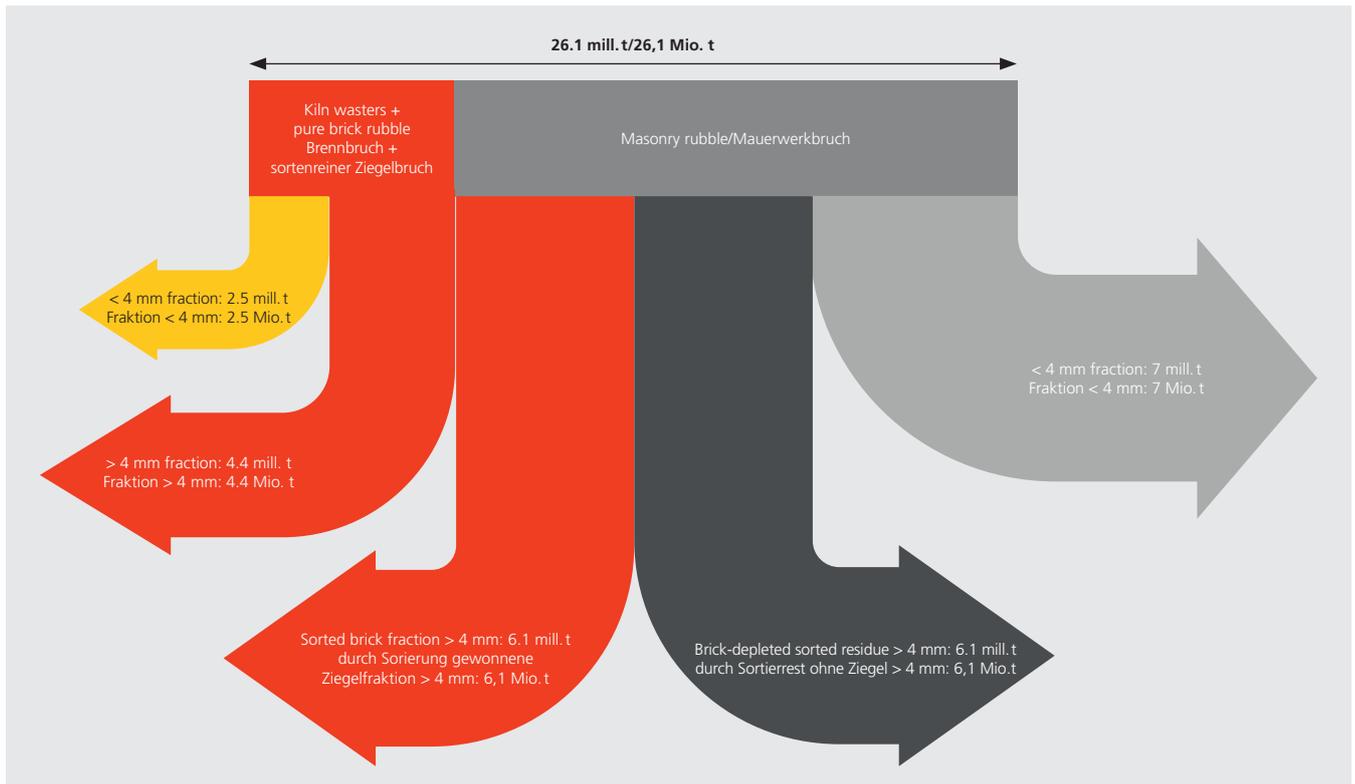
- › sortenreiner Ziegelsand < 4 mm, hervorgegangen aus dem Zerkleinerungsvorgang des Ziegelbruchs
- › sortenreiner Ziegelsplitt > 4 mm, hervorgegangen zum einen aus der Zerkleinerung des Ziegelbruchs und zum anderen aus der Sortierung des Mauerwerkbruchs
- › Mauerwerksand < 4 mm
- › ziegelabgereicherter Mauerwerksplitt > 4 mm als „Reject“ (Abfall) der Sortierung

Wird auf eine Sortierung des Mauerwerkbruchs verzichtet, stehen sich die sortenreinen Fraktionen des Ziegelbruchs und die aus unterschiedlichen Wandbaustoffen bestehenden Fraktionen des Mauerwerkbruchs gegenüber.

Anhand der Mengen und der Anteile lässt sich die in »6 dargestellte Bilanz ermitteln. Selbst wenn nur für die sortenreinen Ziegelqualitäten Produktverantwortung von den Herstellern übernommen werden muss, ergibt sich eine Menge von 13 Mio. t.

3 Verwertungswege nach dem Stand der Technik

Gegenüber der 2003 vorgenommenen Zusammenstellung [5] zur Verwertung von Mauerwerkbruch bzw. seiner Bestandteile haben sich keine gravierenden Veränderungen ergeben. Eine Ausnahme bildet die beabsichtigte Neufestlegung der umwelttechnischen Anforderungen. Die Eluatwerte für Salze, bestimm-



»6 Material-flow analysis of masonry rubble, differentiated according to particle size and material composition
 »6 Stoffstrombilanz von Mauerwerkbruch, differenziert nach Partikelgröße und Materialzusammensetzung

ardship commitment is restricted to the pure brick category, the quantity involved reaches 13 mill. t.

3 State-of-the-art utilization methods

The 2003 survey [5] on the re-utilization of masonry rubble in whole or part remains essentially unchanged to date, the only real exception being the planned redefinition of the environmental requirements. The leachate levels for salts, certain heavy metals and organic constituents are still under discussion.

Pure brick sand and grit can be used for sports grounds and tennis courts or vegetation-engineering applications. Such applications are based on the characteristic properties of heavy clay products – e.g., colour, porosity and neutral chemical behaviour. The constructional and vegetational requirements are formulated in the respective regulations. The interim limitations deriving from environmental requirements have since been put aside [8].

Masonry rubble in the form of mixed walling material can be used for backfilling excavation pits and trenches or for erecting dam structures, mainly to make use of its bulk volume, which must remain essentially unaltered in the course of use. No settling or other processes that could result in volume change may take place. Consequently, the material must not contain any substantial volume of plant residue, wood, metal, glass, plastic or lumps of cohesive material. In addition, the leachable content is also subject to restriction, particularly if the embedded material will be exposed to precipitation.

In gravel base courses and subbases – the foremost area of application for recycled material derived from concrete rubble – the material composition must satisfy certain criteria. Detailed laboratory investigations have shown that the quality of recycled construction material is significantly more dependent on its mortar and rendering content than on the grade of firing of

te Schwermetalle und organische Bestandteile sind noch in der Diskussion.

Sortenreine Ziegelsande und -splitte können im Sport- und Tennisplatzbau oder in vegetationstechnischen Anwendungen verwertet werden. Diese Anwendungen bauen auf den charakteristischen Merkmalen von Ziegeln wie Farbe, Porosität und neutrales chemisches Verhalten auf. Die bau- und vegetationsstechnischen Anforderungen sind in den entsprechenden Vorschriften formuliert. Die sich zwischenzeitlich aus umwelttechnischen Anforderungen abzeichnenden Einschränkungen sind aus dem Weg geräumt [8].

Mauerwerkbruch als Gemisch verschiedener Wandbaustoffe eignet sich für Verfüllungen von Baugruben und Abgrabungen oder zur Errichtung von Dammbauwerken. Hier wird vor allem sein Schüttvolumen genutzt. Dieses Volumen darf sich im Laufe der Nutzung möglichst wenig verändern. Setzungen oder andere Vorgänge, die mit Volumenveränderungen verbunden sind, dürfen nicht auftreten. Die Anteile an Nebenbestandteilen wie Pflanzenresten, Holz, Metall, Glas, Kunststoff oder Klumpen von bindigem Material müssen niedrig sein. Weitere Anforderungen bestehen an die Gehalte eluierbarer Bestandteile, insbesondere wenn das eingebaute Material für Niederschläge frei zugänglich ist.

In Schottertragschichten und Frostschutzschichten – dem wichtigsten Einsatzgebiet für Recycling-Baustoffe aus Betonbruch – muss die Materialzusammensetzung bestimmten Anforderungen genügen. Ausführliche Laboruntersuchungen ergaben, dass die Qualität eines Recycling-Baustoffes deutlicher durch den Anteil an Mörtel und Putz beeinflusst wird als durch den Brenngrad der darin enthaltenen Ziegel [11]. Als Konsequenz wurde in der Neufassung der Technischen Lieferbedingungen von 2004 [12] die Differenzierung in dicht und weich gebrannte Ziegel aufgehoben und eine einheitliche Grenze für den Gehalt an Klinker, Ziegel, Steinzeug von 30 Masse-%

the bricks it contains [11]. Consequently, the amended version of the 2004 Technical Terms of Supply [12] no longer differentiates between hard-fired and soft-fired bricks, instead defining a uniform limit of 30 mass % for clinker, brick and stoneware. A test section erected in 2006 for shaking down recycled building materials containing stepped contents of brick up to 40% in the subbase was studied in terms of bearing capacity, grain refinement, moisture content and resultant heaving [13, 14]. While both bearing capacity and grain refinement were non-critical, the moisture content of the subbase was found to increase along with the brick content, if an adequate supply of water was provided. This led to heaving. It is therefore recommended, that the bottom part of the subbase be made of natural mineral aggregate in order to prevent saturation of the overlying recycled material aggregate.

The preparation of concrete using pure recycled brick and/or mixtures of concrete and brick has been the subject of multiple scientific investigations [15, 16, 17]. For the sake simplicity, the findings lead to the conclusion, that both the material composition of the recycle, in the form of coarse mineral aggregate for concrete production, and its apparent density have a bearing on the properties of the resultant concrete. Logically, then, current standard specifications on the use of recycle for concrete production [18, 19] define limit values for both factors. The substance group "masonry bricks and roof tiles of fireclay, sandy limestone, and non-floating aerated concrete" is allowed to account for up to 30 mass %, if the added amount of coarse, recycled mineral aggregate remains below 35 volume %. In terms of apparent particle density, the recycled mineral aggregate is required to weigh $\geq 2000 \text{ kg/m}^3$, with a tolerance of $\pm 150 \text{ kg/m}^3$. As long as these limits are adhered to, and as long as the fine-grain mineral aggregate consists of natural sand, the brick content has little impact on the achievable strength.

At German building sites, crushed brick is not yet being used for mixing concrete. In one pilot project, however, it was shown that, with appropriate material-flow management in combination with suitable demolition and preparation techniques, nearly pure brick recycle can be obtained under field conditions. Compositions up to strength class C30/37 have been developed for producing ready-mix concrete [20]. Recycles with brick content are in widespread use in Switzerland, where interior walls and other structural elements - even an entire building - have been built of brick-based recycles [21]. In the subject building, wet mechanical cleaning (paddle-mill-type revolving scrubber) and classification of recycle stemming directly from a demolished building was shown to be expedient. The process removes problematic contaminants from the fines fraction, hence reducing the quality fluctuation range. For concrete preparation, 75% of the mineral aggregate was replaced with recycles. The workability of the resultant concrete was adjusted with the aid of fluxing agents. Based on the gauged compressive strength values, that concrete can be assigned to strength class C30/37.

The same experience was made in the production of MAbA Ziegelit wallboard, as introduced in the 2003 review article, namely that the quality of brick grit obtained from process demolition waste can be degraded by such contaminants as bitumen, concrete and mortar residues. No supplementary stages of preparation were added to improve the quality. Instead, only pre-processed demolition waste is now being used in the production of roof tiles and masonry bricks [22].

festgelegt. Eine im Jahr 2006 errichtete Erprobungsstrecke, die Recycling-Baustoffe mit abgestuften Ziegelgehalten bis 40 % in der Schottertragschicht und in der Frostschuttschicht enthielt, wurde hinsichtlich der Tragfähigkeit, der Kornverfeinerung, des Feuchtigkeitsgehaltes und daraus resultierender Hebungen untersucht [13,14]. Während die Tragfähigkeit und die Kornverfeinerung unkritisch waren, erhöhte sich der Feuchtigkeitsgehalt der Frostschuttschicht mit Zunahme des Ziegelanteils, wenn ein entsprechendes Wasserangebot vorhanden war. Daraus resultierten Hebungen. Es wird vorgeschlagen, den unteren Teil der Frostschuttschicht aus natürlichen Gesteinskörnungen herzustellen, um so die Durchfeuchtung der darüber eingebrachten rezyklierten Gesteinskörnungen zu verhindern.

Die Betonherstellung aus sortenreinen Ziegelrezyklaten bzw. aus Beton-Ziegel-Gemischen war mehrfach Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen [15, 16, 17]. Vereinfachend kann daraus abgeleitet werden, dass sowohl die Materialzusammensetzung des Rezyklats, das als grobe Gesteinskörnung für die Betonherstellung eingesetzt wird, als auch dessen Rohdichte Einfluss auf die Eigenschaften der daraus hergestellten Betone nehmen. Folgerichtig werden in den aktuellen Vorschriften zur Betonherstellung aus Rezyklaten [18,19] für beide Einflussgrößen Grenzwerte festgelegt. Die Stoffgruppe „Mauer- und Dachziegel aus gebranntem Ton, Kalksandsteine, nicht schwimmender Gasbeton“ darf bis zu einem Anteil von 30 Masse-% enthalten sein, wenn die Zugabemenge der groben, rezyklierten Gesteinskörnung unter 35 Volumen-% bleibt. Für die Kornroh-dichte der rezyklierten Gesteinskörnung gilt die Anforderung $\geq 2000 \text{ kg/m}^3$ bei einer Schwankungsbreite von $\pm 150 \text{ kg/m}^3$. Wenn diese Grenzen eingehalten werden und die feinen Gesteinskörnungen aus natürlichem Sand bestehen, ist der Einfluss des Ziegelgehaltes auf die erreichten Festigkeiten gering.

In der Baupraxis in Deutschland wird die Verwertung von Ziegelkörnungen für die Betonherstellung bisher nicht genutzt. In einem Pilotprojekt wurde gezeigt, dass bei entsprechendem Stoffstrommanagement und geeigneten Abbruch- und Aufbereitungstechniken nahezu sortenreine Ziegelrezyklate unter Praxisbedingungen herstellbar sind. Rezepturen bis zur Festigkeitsklasse C30/37 für die Transportbetonherstellung wurden entwickelt [20]. Breitere Anwendung finden ziegelhaltige Rezyklate in der Schweiz, wo Innenwände und andere Bauteile, aber auch ein komplettes Gebäude aus ziegelhaltigen Rezyklaten errichtet wurde [21]. Im Falle des Gebäudes zeigte sich, dass eine nassmechanische Reinigung und Klassierung der direkt aus dem Rückbau stammenden Rezyklate mittels Schwertwäsche empfehlenswert ist. Dadurch werden problematische Fremdstoffe im Feinanteil ausgeschleust und eine Verringerung der Qualitätsschwankungen der Rezyklate erreicht. Bei der Betonherstellung wurden 75 % der Gesteinskörnungen durch Rezyklate ersetzt. Die Verarbeitbarkeit der Betone wurde mithilfe von Fließmitteln eingestellt. Anhand der gemessenen Druckfestigkeiten kann der Beton in die Festigkeitsklasse C30/37 eingeordnet werden.

Bei der Produktion von MAbA Ziegelit Wandbauplatten, die bereits im Übersichtsartikel von 2003 vorgestellt wurden, wurde ebenfalls die Erfahrung gemacht, dass bei Ziegelsplitt aus aufbereitetem Abbruchmaterial Qualitätsmängel durch Verunreinigungen wie Bitumen, Beton- oder Mörtelreste auftreten. Von zusätzlichen Aufbereitungsschritten zur Qualitätsverbesserung wurde abgesehen. Vielmehr findet inzwischen nur noch aufbereitetes Bruchmaterial aus der Herstellung von Dach- und Mauerziegeln Anwendung [22].

Literatur/Literatur

- [1] Die Bundesregierung: Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgResS). Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Beschluss des Bundeskabinetts vom 29.02.2012
- [2] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG), Ausfertigungsdatum: 24.02.2012
- [3] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 vom 09.03.2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG
- [4] Bekanntmachung über die Nutzung und die Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen vom 15. April. Amtlicher Teil · Bundesanzeiger. 7. Mai 2010 Nummer 70 – Seite 1642
- [5] Müller, A.: Recycling von Mauerwerkbruch - Stand und neue Verwertungswege. Zi Ziegelindustrie International Teil 1, 56 (2003) 6, S. 17–25, Teil 2, 56 (2003) 7, S. 42–46
- [6] Mineralische Bauabfälle. Monitoring 2010. Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V., Berlin 2013
- [7] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1, Umwelt Abfallentsorgung 2010. Erschienen 2012
- [8] Rosen, D.: Recycling und Verwertung von keramischen Reststoffen. 52. Würzburger Ziegel-Lehrgang. Würzburg 2013
- [9] Bundesverband Baustoffe Steine + Erden e.V.: Gutachten über den künftigen Bedarf an mineralischen Rohstoffen unter Berücksichtigung des Einsatzes von Recycling-Baustoffen. Frankfurt am Main 2013
- [10] Deutsche Rohstoffagentur DERA: Deutschland Rohstoffsituation 2010. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover, Dezember 2011
- [11] Kollar, J.: Ziegelreiche Recycling-Baustoffe doch verwertbar? Straße + Autobahn. 2004, H. 9, S. 506-512
- [12] TL Gestein-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007, FGSV Nr. 613, FGSV Verlag GmbH, Köln, 2007
- [13] Jansen, D.: Einsatz von RC-Baustoffen im Straßenbau - Auswertung Erprobungsstrecke mit Tragschichten ohne Bindemittel aus ziegelreichen RC-Baustoffen. BGRB-Kongress, Königswinter/Bonn 2012
- [14] Plehm, T.: Bewehrung von ziegelreichen RB-Baustoffen in der Praxis – Ergebnisse der Versuchsstrecke Seelow. Vortrag zur FGSV-Gesteinstagung (FGSV M 12), Köln 2012
- [15] Müller, C.: Beton als kreislaufgerechter Baustoff. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 513, 2001
- [16] Angulo, S. C.: Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influencia de suas características no comportamento de concretos. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005
- [17] Hoffmann, C. et.al.: Recycled concrete and mixed rubble as aggregates: Influence of variations in composition on the concrete properties and their use as structural material. Construction and Building Materials 35 (2012) pp. 701–709
- [18] DIN-Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 12620: Gesteinskörnungen für Beton, Deutsche Fassung EN 12620:2002+A1 2008. Beuth Verlag: Berlin 2008
- [19] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Richtlinie: Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620, Ausgabe 2010-9
- [20] Schließen von Stoffkreisläufen. Informationsbroschüre für die Herstellung von Transportbeton unter Verwendung von Gesteinskörnungen nach Typ 2. Herausgeber: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart 2013
- [21] Recyclingbeton aus Mischabbruchgranulat. Das „Richi-Haus“ in Weiningen (ZH). Richi AG und Sika Schweiz AG
- [22] Scharnhorst, A.: ZiegelsplittBetonWände. IBOmagazin 1/07, S. 1-3