

Nassaufbereitung von Betonbrechsand mit dem Ziel der vollständigen Verwertung

Einleitung

Thema dieses Vortrages ist eine Forschungsarbeit im Rahmen des EU-LIFE-Projektes „Recdemo“. Im Rahmen dieses Projektes sollen die Möglichkeiten zur vollständigen Verwertung der Betonbrechsandfraktion aus dem Bauschuttrecycling durch eine Nassaufbereitung zu einer für die Betonherstellung geeigneten Gesteinskörnung und der Verwertung aller bei der Aufbereitung anfallenden Reststoffe aufgezeigt werden. Das Projekt wird im Rahmen des LIFE-Programms der Europäischen Union gemeinsam mit drei Partnern aus der Industrie durchgeführt.

Bisher wird Betonbrechsand überwiegend auf einem niedrigen Level, z.B. als Verfüllmaterial, recycelt oder auch deponiert. An der Verbesserung dieser Situation wird in verschiedenen Forschungsvorhaben gearbeitet [1, 2]. Ziel unseres Projektes ist die vollständige Wiedereinbringung von unkontaminiertem Betonbrechsand in den Stoffkreislauf auf einem höherwertigen Recyclingniveau. Als Aufbereitungsverfahren wird eine Nassaufbereitung mittels Setzmaschinenteknik eingesetzt. Mit diesem Aufbereitungsverfahren wird das Material in die Fraktionen Schwergut, Leichtgut und Feinstgut getrennt.

Das Schwergut mit höherer, möglichst natursteinnaher Dichte, wird mit dem Ziel einer besseren Eignung für den späteren Einsatz als Gesteinskörnung separiert. Die bei der Aufbereitung anfallenden Reststoffe Leichtgut und Feinstgut (< 100 µm) enthalten üblicherweise größere Anteile an Kalk und organischem Material. Diese Stoffe sind bei der Betonherstellung nicht erwünscht, könnten jedoch für die Bodenverbesserung genutzt werden. Daher wird für Leicht- und Feinstfraktion als neue Verwertungsstufe die Zugabe bei der Kompostierung untersucht.

Voraussetzung hierfür waren zunächst die Gewinnung eines nachweislich un- bzw. nur gering belasteten Betonbrechsandes und der Bau eines geeigneten Setzmaschinenprototyps. Die Materialeigenschaften von Ausgangsmaterial und nass aufbereiteten Fraktionen werden im Labor getestet. In einem weiteren Arbeitspaket werden die Möglichkeiten zur Wiederverwertung der bei der Aufbereitung anfallenden Reststoffe, Leichtgut und Feinstgut bei der Kompostierung in Freilandversuchen untersucht.

Situation – Rahmenbedingungen

Obwohl sich die Bauwirtschaft in Deutschland im mittlerweile 9. Jahr des Auftrags- und Umsatzrückganges befindet, ist das Thema Recycling von Baurestmassen nach wie vor aktuell.

Dies beruht zum einen darauf, dass Bauabfälle noch immer die größte Abfallfraktion in Deutschland (außer Bergbaurestmassen) darstellen, andererseits ist die Umsetzung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes in der Baubranche noch nicht vollständig verwirklicht. Die grundsätzliche Bedeutung des Baustoffrecyclings spiegelt sich beispielsweise auch in der zum 01.01.2003 erlassenen Gewerbeabfallverordnung wieder, nach der für sämtliche Bau- und Abbruchabfälle, soweit sie keine gefährlichen Stoffe enthalten, die Pflicht zur Verwertung gesetzlich vorgeschrieben ist [3].

Laut „Monitoring-Bericht Bauabfälle 2001“ des Kreislaufwirtschaftsträgers Bau (KWTB) [4] wurden bereits 1998 ca. 70 % des Bauschutts wiederverwertet. Die Verwertung erfolgte jedoch in der Regel als Downcycling, wie z.B. beim Einsatz als Verfüllmaterial. Besonders deutlich wird dies am Beispiel des Betonrecycling: ein echtes Recycling von gebrochenem Beton als Gesteinskörnung für die Betonproduktion findet kaum statt, weniger als 3 % des Bauschutts werden in der Betonherstellung recycelt [5].

Dennoch ist gerade die Wiederverwertung von Betonbruchmassen zukünftig von steigender Bedeutung. Wenn man den Anstieg der Betonproduktion seit Mitte des letzten Jahrhunderts betrachtet, kann man den durchschnittlichen Betonverbrauch mit mehr als 120 Mio. t/a abschätzen. Bei einer durchschnittlichen Gebäudelebensdauer von 30-100 Jahren, bei Nichtwohngebäuden sogar nur 40-50 Jahren, ist mit einem verstärkten Anfall von Betonabbruchmassen in den kommenden Jahren zu rechnen [6].

Gleichzeitig hat es in den vergangenen Jahren in Mitteleuropa einen deutlichen Anstieg an Flächen- und Landschaftsverbrauch gegeben, der allein in Deutschland derzeit ca. 130 ha pro Tag beträgt [7]. Daher wird der Verbrauch von Deponieraum sowie die Nutzung natürlicher Vorkommen für die Gewinnung von Gesteinskörnungen für die Betonherstellung zunehmend kritischer betrachtet werden. Erklärtes Ziel des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung ist die Reduzierung des täglichen Flächenverbrauchs bis 2015 auf 20 ha pro Tag.

Vor dem Hintergrund dieser Problematiken wird das Recycling von Betonabbruch trotz der gegenwärtigen konjunkturellen Schwierigkeiten der Baubranche ein aktuelles Thema bleiben. Besondere Bedeutung kommt aufgrund des hohen Anfallvolumens von bis zu 50 % des Abbruchmaterials [8] der Wiederverwendung von Betonbrechsand zu.

Bisher hat der Wiedereinsatz von Betonbrechsand als Gesteinskörnung für Beton, also gemäß seiner ursprünglichen Verwendung, nur eine geringe Bedeutung. Hier sind auch von rechtlicher Seite [9] enge Grenzen gesetzt. Ursache hierfür sind die im Vergleich zu größeren Körnungen ungünstigeren Eigenschaften von Brechsand wie z.B. erhöhte Wasseraufnahme, ggf. höhere Schadstoffbelastungen, erhöhter Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen u.a.

Forschungsprojekte wurden bisher hauptsächlich mit trocken aufbereiteten Brechsanden [10, 11] durchgeführt. Nassverfahren zur Aufbereitung von Bauschutt, z.B. mit der Setzmaschinenteknik, wurden seltener und überwiegend an größeren Körnungen untersucht, z.B. im Rahmen des bundesweiten Forschungsvorhabens „Baustoffkreislauf im Massivbau“ (BiM), [12]. Der Einsatz der Setzmaschinenteknik bei der Bauschutttaufbereitung hat sich jedoch bereits großtechnisch, z.B. in Österreich [13, 14], bewährt.

Vorsortierung und trockene Vorbehandlung von Betonbrechsand

Im ersten Arbeitspaket unseres Projektes wurde die Gewinnung von unbelastetem Betonbrechsand demonstriert. Das Material stammt aus dem selektiven Abbruch eines Heizkraftwerkes in Dresden. Möglicherweise kontaminierte Bereiche sowie Gebäudeteile, die nicht aus Beton bestanden, wurden vor dem Abbruch erfasst und getrennt rückgebaut.

Der auf der Baustelle vorzerkleinerte Beton wurde auf der Baustelle separat gelagert und abtransportiert. In der Bauschutttaufbereitungsanlage erfolgten begleitend zur Wägung eine optische Eingangskontrolle sowie die Entnahme einer Mischprobe pro 100 t Bauschutt in Anlehnung an die LAGA-Vorgehensweise.

Die Mischproben wurden in Schnelltests auf die für Bauschutt oftmals kritischen Parameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Chloridgehalt, Sulfatgehalt und PAK untersucht. Parallel wurde das Material in einem akkreditierten Labor einer Vollanalyse nach LAGA unterzogen. Die Ergebnisse der Schnellverfahren im Vergleich zu den Normverfahren ergaben in jedem Einzelresultat die gleiche Einstufung der LAGA-Klassifizierung der Proben.

Die Erarbeitung eines Qualitätssicherungskonzeptes für Baubetriebe mittels standardisierter Vorgehensweise und analytischen Schnelltests hat sich als erfolgreich erwiesen und führte zu einer Sicherstellung der Qualität des Materials der Klasse Z 1.2 nach LAGA [15].

Im Rahmen der trockenen Aufbereitung des Betonbruchs wurde die Vorabsiebung 0/5 mm abgetrennt. Die Anteile > 45 mm wurden einem Prallbrecher zur Nachzerkleinerung zugeführt. Die Fraktion 5/45 mm der Vorabsiebung wurde aufgrund der stofflichen Herkunft Beton und der vorhergehenden selektiven Auslese beim Rückbau dem Hauptmaterialfluss nach dem Brecher wieder zugeführt. Die Klassierung des so aufbereiteten Materialstromes erfolgte in die angestrebten Nennkornklassen.

Verfahrenskonzept der Nassaufbereitung

Die Behandlung des Betonbrechsandes erfolgt in der Versuchsanlage zur Nassaufbereitung der BAM. Die Anlage arbeitet in diesen Versuchsreihen mit einem Durchsatz zwischen 600 und 650 kg Trockensubstanz pro Stunde. Eine vereinfachte Darstellung der einzelnen Prozessschritte Aufschluss, Klassierung und Sortierung ist in Abbildung 2 dargestellt.

Das Grundprinzip der Versuchsaufbaus basiert auf den unterschiedlichen Materialeigenschaften der beiden Hauptkomponenten des Altbetons, Zementmatrix und Gesteinskörnung. Im ersten Verfahrensschritt, dem Aufschluss des Materials in einem Eirich-Intensivmischer, wird mechanischer Energieeintrag genutzt, um einen Abrieb anhaftender Zementmatrix vom Natursteinkorn zu bewirken. Dieser Schritt erfolgt unter Zugabe von Wasser.

In der anschließenden Klassierung wird die Fraktion < 100 µm, die Feinstfraktion, in einem Hydrozyklon vom Hauptstrom des Materials separiert. Hierdurch werden vorher bereits vorhandene abschlämbare Bestandteile sowie abgeriebene Zementmatrix abgetrennt.

Im nächsten Verfahrensschritt erfolgt eine Dichtentrennung des Materialhauptstromes 0,1 – 4 mm, mittels Setzmaschinenteknik. Hierzu wurde eine für dieses Vorhaben konstruierte Setzmaschine in die Bodenwaschanlage der BAM integriert, die für die Bauschutttaufbereitung umgebaut wurde.

Das Material wird auf einen Setzgutträger im Setzfass aufgegeben. Durch die Öffnungen des Setzgutträgers erfolgt ein pulsierender Aufstrom des Fluids (Wasser) unter-

stützt von pulsierender Druckluft. Die Reibungskräfte zwischen den einzelnen Körnern werden aufgehoben, ein Setzbett entsteht. Durch den Impuls werden die einzelnen Körner in Schwebelage gebracht und sinken analog zum Hub mit dem Nachlassen des Impulses nach unten, hierbei bewegen sich Körner mit höherer Dichte entsprechend der Schwerkraft schneller nach unten. Beim Anstieg des Hubes steigen Körner mit geringerer Dichte entsprechend leichter nach oben.

Das Korngemisch bewegt sich so pulsierend auf dem Setzgutträger durch das Setzfass und erfährt hierbei eine Materialschichtung nach der Dichte. Da das Schwimm-/Sinkverhalten der Körner nicht nur von der Dichte, sondern auch von anderen Faktoren wie z.B. Größe, Kornform und Rauigkeit bestimmt wird, ergeben sich auch Klassiereffekte. In Abhängigkeit von Material und Anlageneinstellungen können diese auch die Sortierung überlagern. Am Anlagenausgang werden die so gewonnenen Fraktionen Leicht- und Schwergut an Ober- und Unterlauf getrennt erfasst.

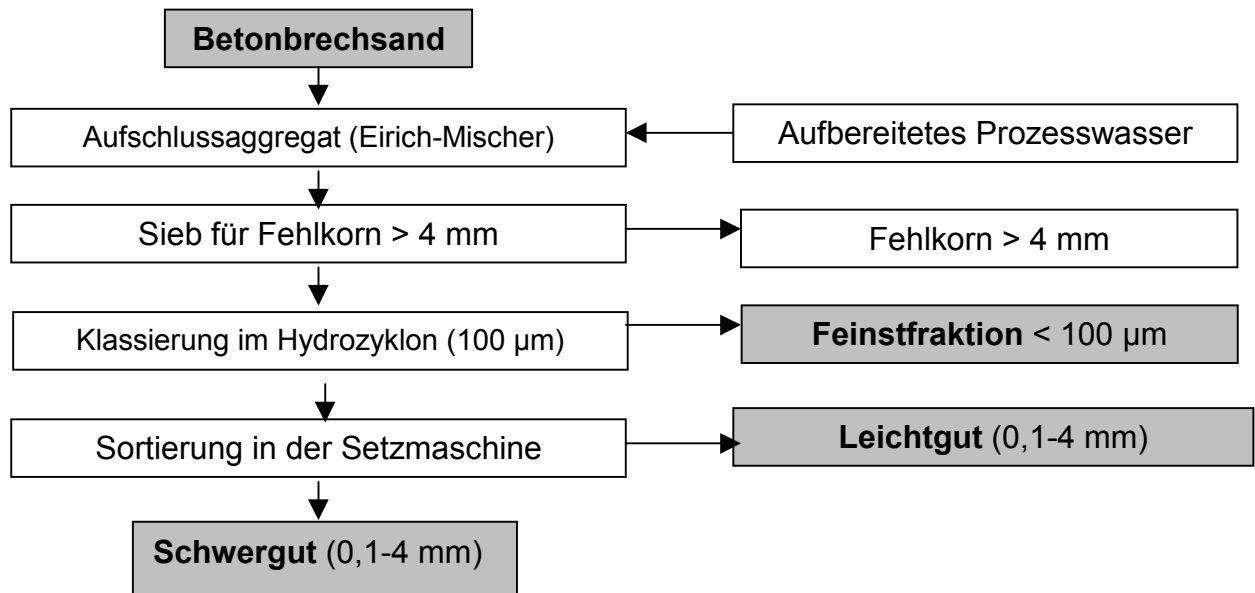


Abb. 2: Verfahrensfließbild Nassaufbereitung von Betonbrechsand

Es werden unterschiedliche Einstellungen sowohl beim Aufschlussaggregat als auch bei der Setzmaschinenteknik getestet und optimiert. Die bei der Aufbereitung gewonnenen Materialströme Schwergut, Leichtgut und Feinstgut werden separat aufgefangen, entwässert und durchlaufen die entsprechenden Begleituntersuchungen in Hinblick auf ihre Wiederverwertung.

Begleituntersuchungen

Es werden von jeder Versuchsfahrt Massenbilanzen durch Wägung von Ausgangsmaterial und den gewonnenen Einzelfractionen erstellt. Dies ist besonders wichtig in Hinblick auf spätere Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Die Untersuchungen der Materialeigenschaften wurden an den gewonnenen Fraktionen und am jeweiligen Ausgangsmaterial parallel durchgeführt, um für jede Charge eine Ausgangsbezugsgröße zu haben.

Um Klassierungseffekte zu erfassen, wurden für alle Fraktionen außer der Feinstfraktion ($< 100 \mu\text{m}$) Siebanalysen durchgeführt. Weiterhin wurde die Körnungsziffer bestimmt. Im Rahmen der Siebklassierung wurde auch der Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen festgestellt.

Zur Bestimmung des Gehaltes an natürlicher Gesteinskörnung in den einzelnen Brechsandfraktionen wird der säurelösliche Anteil des Materials ermittelt. Der im Material enthaltene Zementstein wird mit einem standardisierten Salzsäureaufschlussverfahren bei einer Temperatur von 98°C aufgelöst und in nachfolgenden Arbeitsschritten abgetrennt. Der Rückstand ist ein Maß für den Natursteingehalt.

Für die Baustoffprüfungen wurde zunächst eine standardisierte Vorgehensweise für die Herstellung der Probekörper erarbeitet. Alle Ergebnisse werden an Probekörpern ermittelt, die nach gleicher Rezeptur aus getrocknetem Probematerial hergestellt wurden. Aufgrund des Größtkorns von 4 mm wurden zunächst nur Mörtelkörper getestet, spätere Untersuchungen an Betonkörpern folgen.

Für die Herstellung der Mörtelkörper (Prismen: $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ / Würfel $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$) wird zunächst die 10-min-Wasseraufnahme ermittelt und bei der Wasserzugabe entsprechend berücksichtigt. Am Frischmörtel werden als Kennwerte für die Verarbeitbarkeit das Ausbreitmaß und der Luftgehalt sowie außerdem die Frischmörtelrohichte bestimmt.

An den Mörtelprüfkörpern werden Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit und dynamischer Elastizitätsmodul sowie die Rohdichte über den Verlauf von 28 Tagen ermittelt.

Weiterhin werden an Ausgangsmaterial, Schwergut und Leichtgut mikroskopische Untersuchungen vorgenommen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen werden im Nachfolgenden grafisch am Beispiel der Versuchsfahrt BS 17 dargestellt. Eine Zusammenfassung der Durchschnittswerte der bisher vorliegenden Einzelergebnisse findet sich in Tabelle 1.

Die Nassaufbereitung des Brechsandes mit dem beschriebenen Verfahren hat die Kornzusammensetzung des Materials verändert. Die Sieblinien von Ausgangsmaterial, Schwergut, Leichtgut und Feinstfraktion sind in der nachfolgenden Grafik (Abb.3) dargestellt.

Die Ergebnisse der Siebanalysen zeigen, wie erwartet, eine deutliche Reduzierung der abschlämmbaren Bestandteile in Schwerfraktion und Leichtfraktion.

Bei der Auswertung der Siebkurven wird deutlich, dass in der Setzmaschine erwartungsgemäß auch Klassierungseffekte auftreten. Im Schwergut reichern sich im Vergleich zum Leichtgut erkennbar mehr Körner größeren Durchmessers an.

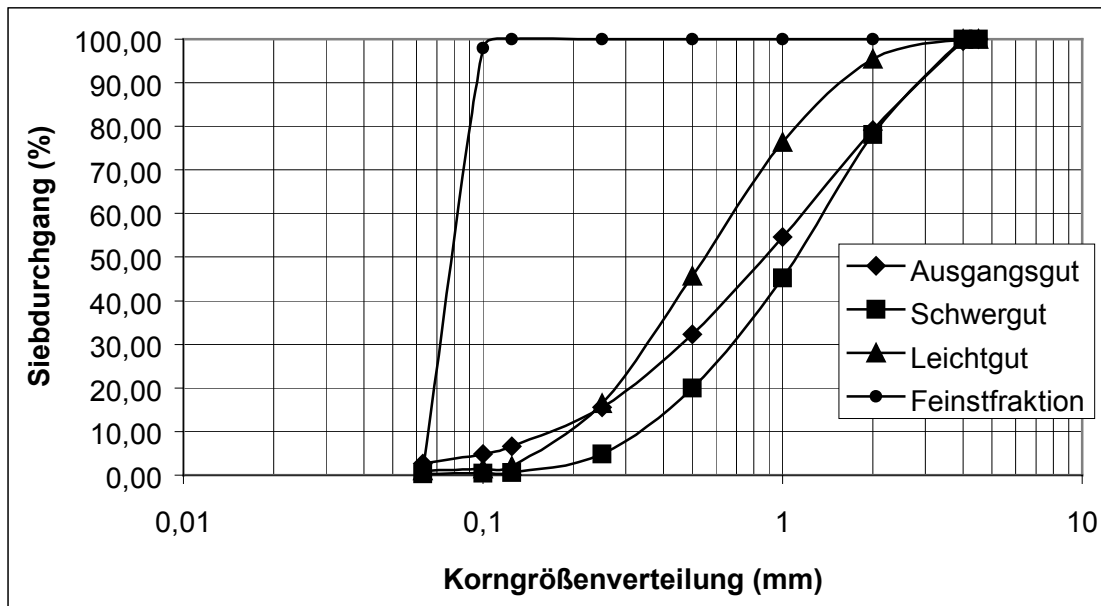


Abb. 3: Zusammenstellung der Siebkurven von Ausgangsgut und aufbereiteten Fraktionen, Versuchsfahrt BS 17

Über die Massenbilanzierung wurde die Korngrößenzusammensetzung der Masse des gesamten entstandenen Austragsmaterials berechnet und mit der Korngrößenverteilung des jeweiligen Ausgangsgutes verglichen. Hierbei wird deutlich, dass durch die mechanische Beanspruchung des Brechsandes in der Aufbereitungsanlage eine Erhöhung der Feinkornanteile bewirkt wurde. In der nachfolgenden Grafik ist die berechnete Korngrößenverteilung des Austrages der Versuchsfahrt BS 17 im Vergleich zum Ausgangsmaterial dargestellt. Der Anteil < 0,1 mm besteht zu 96 % aus der abgetrennten Feinstfraktion.

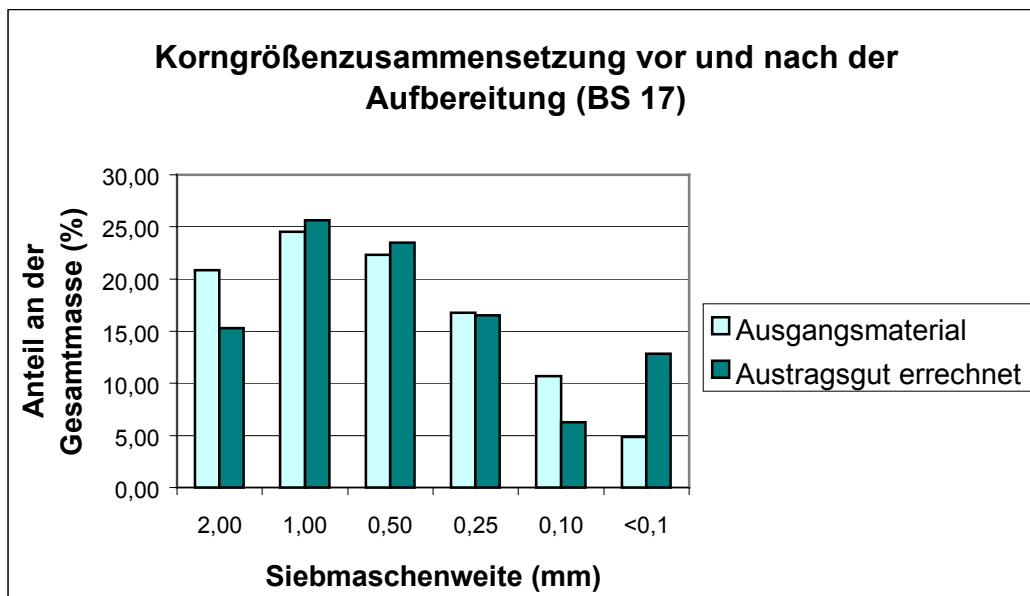


Abb. 4: Versuchsfahrt BS 17: Korngrößenverteilung des Ausgangsmaterials im Vergleich zur Korngrößenverteilung des Gesamtaustragsgutes,

anteilmäßig errechnet über die Massenbilanz aus der Korngrößenzusammensetzung der Einzelfraktionen.

Die Veränderungen des Gehaltes an säureunlöslichen Rückständen in den Austragsfraktionen im Vergleich zum Aufgabegut sind in den Abbildungen 5 und 6 anhand des Beispiels Versuchsfahrt BS 17 im Vergleich zu den Mittelwerten sämtlicher ausgewerteter Versuchsfahrten dargestellt.

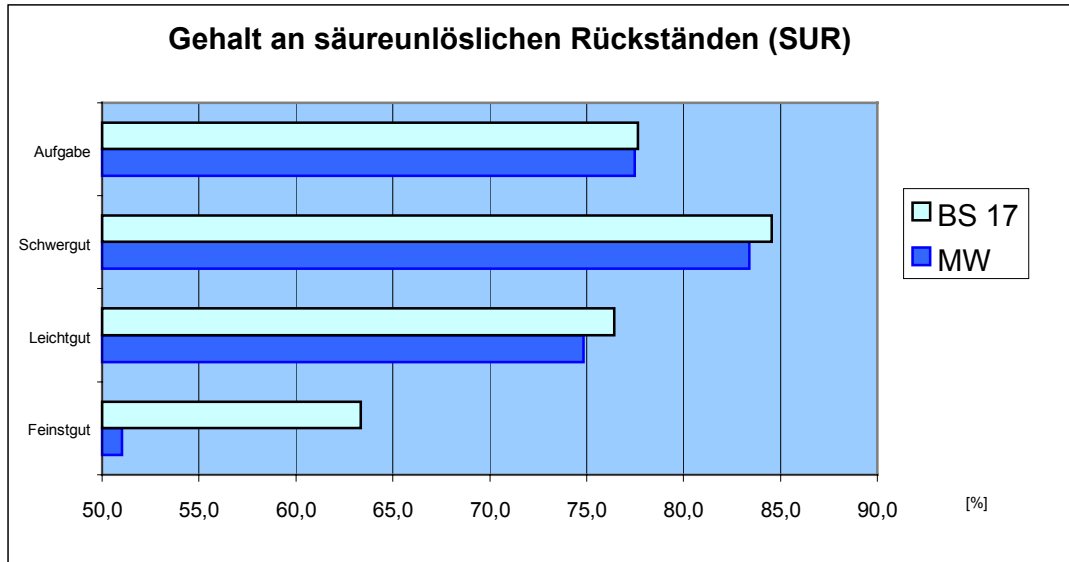


Abb. 5: Gehalt an säureunlöslichen Bestandteilen in Aufgabegut und Austragsfraktionen in Masseprozent, Versuchsfahrt BS 17 und Mittelwert aller Fahrten (MW)

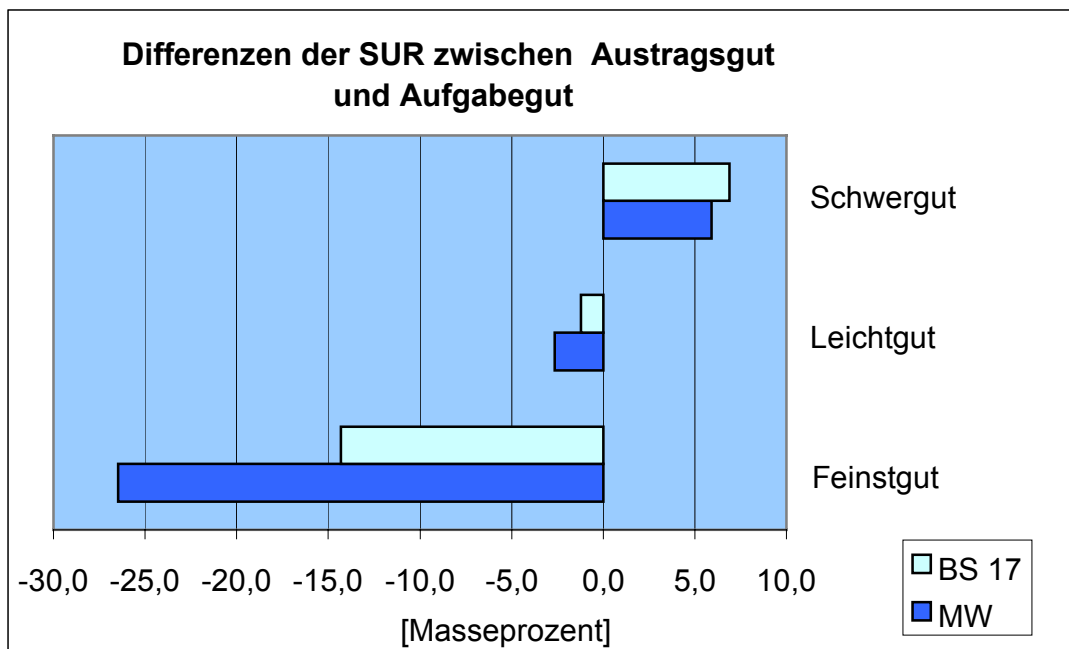


Abb. 6: An- bzw. Abreicherungen des Natursteinanteils in den aufbereiteten Fraktionen in Bezug auf das Ausgangsgut, Versuchsfahrt BS 17 und Mittelwert aller Fahrten (MW)

Der Gehalt an säureunlöslichen Rückständen - und damit der Gehalt an Natursteinmaterial - hat in der aufbereiteten Schwerfraktion im Vergleich zu den Gehalten des Ausgangsmaterials erkennbar zugenommen. Entsprechend ist beim Leichtgut und vor allem in der Feinstfraktion eine Abreicherung des Natursteinmaterials zu verzeichnen. Dies ist

mit dem gewünschten Abrieb der Zementmatrix vom Natursteinmaterial während der Aufbereitung zu erklären.

Die Korrelation zwischen der Veränderung des Natursteingehaltes in den einzelnen Fraktionen und unterschiedlichen Einstellungen im Aufschlussaggregat ist nicht signifikant, so dass hier auf eine Darstellung der Unterschiede verzichtet wird. Es ist zu vermuten, dass ein Teilabrieb der Zementmatrix auch beim Durchgang durch andere Anlagenkomponenten (z.B. Zwischenpumpen) erfolgt.

In der nachfolgenden Tabelle 1 ist eine Übersicht der zusammengefassten Ergebnisse unserer Einzeluntersuchungen dargestellt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Laboruntersuchungen

		Ausgangsmaterial	Schwer-gut	Leicht-gut	Feinst-fraktion
Anteile < 100 µm ¹	(%)	5,30	0,34	2,23	100,00
Säureunlösliche Bestandteile ²	(%)	77,49	83,83	73,84	58,22
Wasseraufnahme ³	(%)	9,92	7,00	11,87	n.b.
Rohdichte ⁴	g/cm ³	1,88	1,98	1,78	n.b.
Konsistenz ⁵	cm	51,40	50,40	42,00	n.b.
Druckfestigkeit ⁶	N/mm ²	17,08	18,48	15,70	n.b.
Biegezugfestigkeit ⁶	N/mm ²	3,33	3,69	3,14	n.b.
Dynamischer E-Modul ⁶	N/mm ²	12.300	15.000	9.200	n.b.

¹ Prozent Trockensubstanz

² Prozent Trockensubstanz

³ Prozent nach 10 Minuten

⁴ (10 x 10 x 10) cm³ Mörtelwürfel nach 28 Tagen

⁵ Ausbreitmaß nach DIN 1048 -10 Minuten

⁶ (4 x 4 x 16) cm³ Mörtelprismen nach 28 Tagen

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen zeigen, dass eine Verlagerung der Materialeigenschaften der aufbereiteten Fraktionen im Vergleich zum Ausgangsgut stattgefunden hat. Die Anreicherung der säureunlöslichen Bestandteile, die Reduzierung der Wasseraufnahme und die Erhöhung der Rohdichte belegen, dass sich die Materialeigenschaften des Schwergutes – wie gewünscht – in Richtung Natursteinmaterial verlagert haben.

Das Schwergut hat somit eine Verbesserung der Eignung für den Einsatz als Gesteinskörnung in der Betonherstellung erfahren. Dies wird auch durch die getesteten Prüfkörpereigenschaften bestätigt. In Abhängigkeit von den Anlageneinstellungen wurde eine durchschnittliche Verbesserung der Baustoffeigenschaften des Schwergutes zwischen

8 % und 25 % erreicht. Die Werte von Leicht- und Feinstfraktion haben sich im Vergleich zum Ausgangsmaterial in der Regel verschlechtert (siehe Tabelle 1).

Eine Sortierung des Betonbrechsandes durch das angewandte Nassaufbereitungsverfahren in Bezug auf die Eignung als Gesteinskörnung hat also stattgefunden. Der zeitliche Verlauf der Messungen von Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit und Dynamischer E-Modul an den Prüfkörpern aus Material der Versuchsfahrt BS 17 ist in den folgenden Grafiken Abbildung 7 – 9 im Vergleich zu Natursand dargestellt.

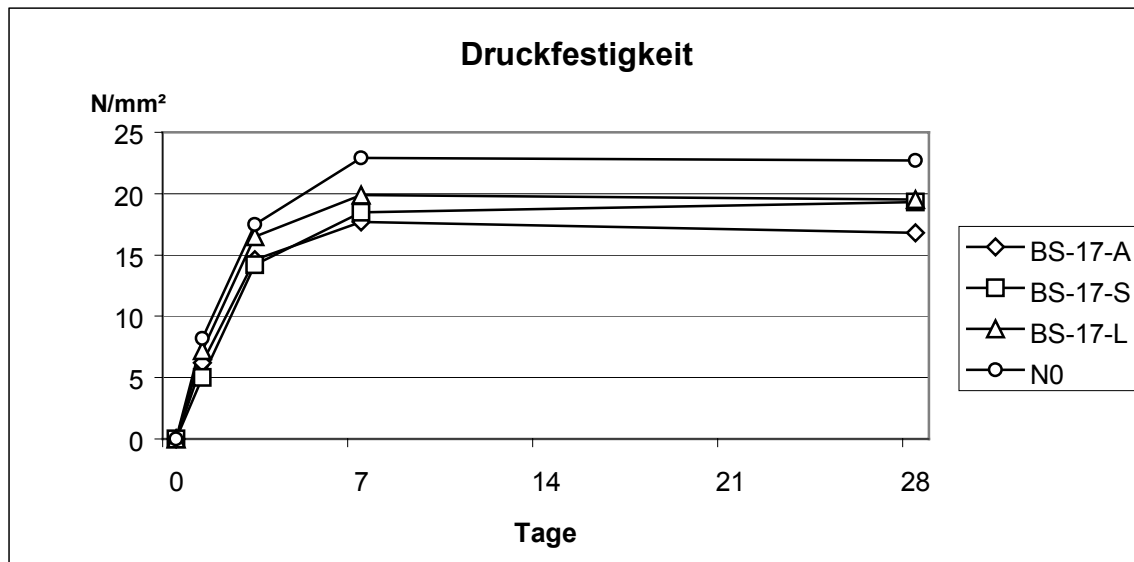


Abb. 7: Druckfestigkeit von Ausgangsmaterial A, Schwergut S, Leichtgut L im Vergleich mit Natursand NO, Versuchsfahrt BS 17

Obwohl die Werte der Druckfestigkeit von Mörtelproben aus Schwergut und Leichtgut der Versuchsfahrt BS 17 nahezu gleich sind, ist an der unterschiedlichen Steigung der Messkurven (Abbildung 7) zu erkennen, dass die Festigkeitswerte der Mörtelprüfkörper aus Schwergut die Werte der Prüfkörper aus Leichtgut längerfristig übersteigen werden. Der Durchschnitt der Druckfestigkeitswerte der Schwergutproben lag um 8 % über dem Durchschnittswert der Ausgangsmaterialprüfkörper und 18 % über dem der Leichtgutprüfkörper (siehe Tabelle 1). In Einzelmessungen wurde eine Erhöhung der Druckfestigkeit der Schwergutprüfkörper gegenüber dem jeweiligen Ausgangsmaterial um bis zu 27 % festgestellt.

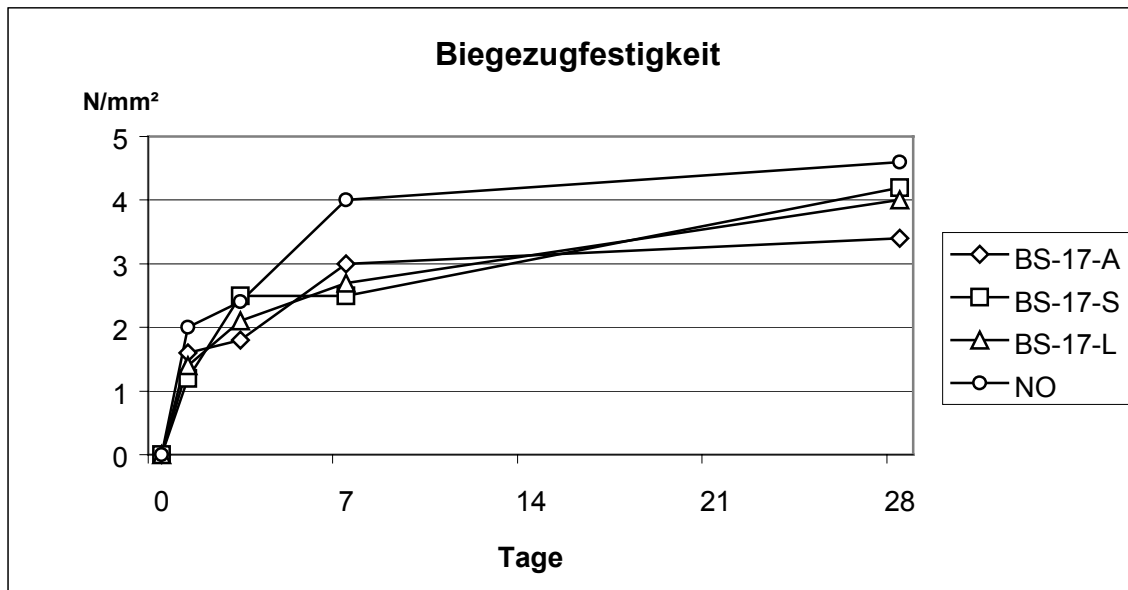


Abb. 8: Biegezugfestigkeit von Ausgangsmaterial A, Schwergut S, Leichtgut L im Vergleich mit Natursand NO, Versuchsfahrt BS 17

Die durchschnittliche Erhöhung der Biegezugfestigkeit der Schwergutkörper im Vergleich zum Ausgangsmaterial beträgt 11 %. In einzelnen Messfahrten wurde eine Erhöhung der Biegezugfestigkeit um bis zu 58 % gemessen.

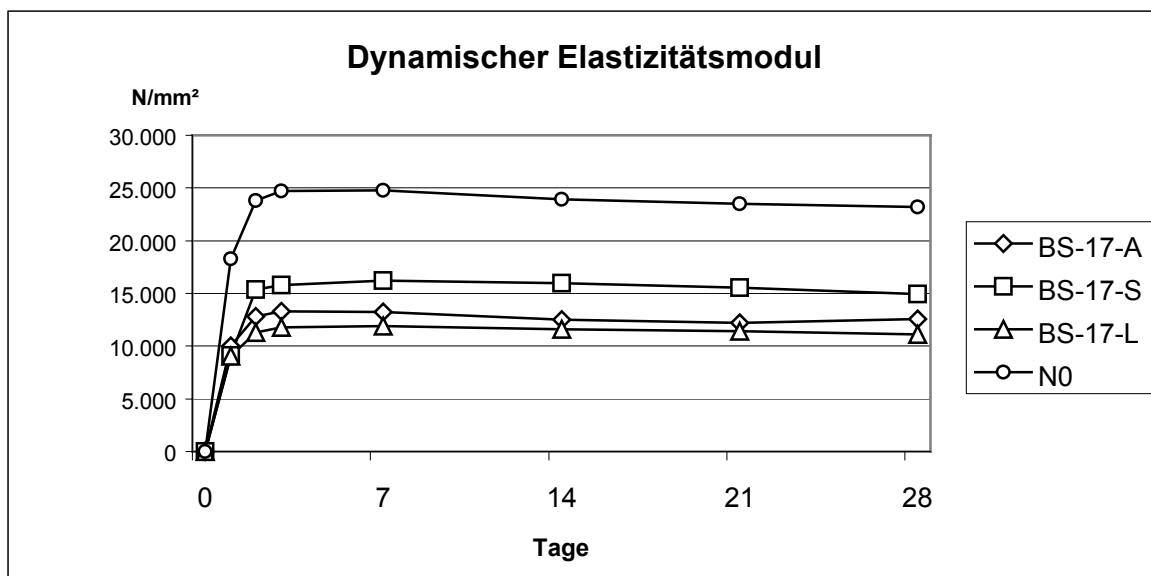


Abb. 9: Dynamischer E-Modul von Ausgangsmaterial A, Schwergut S, Leichtgut L im Vergleich mit Natursand NO, Versuchsfahrt BS 17

Die durchschnittliche Erhöhung des dynamischen E-Moduls der Schwergutkörper im Vergleich zum Ausgangsmaterial beträgt 22 %. In einzelnen Messfahrten wurde eine Erhöhung des dynamischen E-Moduls der Probekörper aus Schwergut um bis zu 43 % festgestellt.

Signifikante Korrelationen zwischen unterschiedlichen Einstellungen der Setzmaschine und den Ergebnissen sind derzeit noch nicht erkennbar.

Weiterhin muss festgestellt werden, dass obwohl sich die Ergebnisse der Baustoffprüfungen des Schwergutes im Verhältnis zum Ausgangsmaterial verbessert haben, die gemessenen Werte deutlich unter denen des parallel geprüften Natursandes liegen. Die Ergebnisse der Baustoffprüfungen aus Vorversuchen mit Betonbrechsand anderer Herkunft sind sowohl für das aufbereitete Material als auch für das Ausgangsmaterial höher als die in diesem Projekt festgestellten Werte [16].

Eine mögliche Erklärung hierfür ergibt sich aus unseren mikroskopischen Begleituntersuchungen. Hierbei wurde festgestellt, dass die Einzelkörner oftmals eine plattige Kornform aufweisen und teilweise deutliche Schädigungen zeigen. Auffällig ist weiterhin, dass die mineralogische Zusammensetzung einen deutlichen Anteil an Feldspat aufweist. Obwohl Feldspat eine ähnliche Härte wie Quarz hat, ist dieses Mineral wesentlich leichter spaltbar. Möglicherweise führt dieser Anteil des Brechsandes zu einer geringeren Ausbildung der Festigkeit der hergestellten Mörtelprobekörper. Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften von Beton und der als Gesteinskörnung eingesetzten Gesteinsart wurden auch bereits in anderen Untersuchungen festgestellt [17].

In den nachfolgenden Fotografien in Abbildung 10 und 11 sind Ansichten aus Leichtfraktion und Schwerfraktion dargestellt. Die Bilder wurden mittels Polarisationsmikroskopie von Dünnschliffen, ca. 20 µm, hergestellt. Abbildung 10 zeigt ein deutlich angebrochenes Feldspatkorn. In Abbildung 11 wird deutlich, dass sich der Brechsand, hier die aufbereitete Schwerfraktion, aus unterschiedlichen Mineralien zusammensetzt.

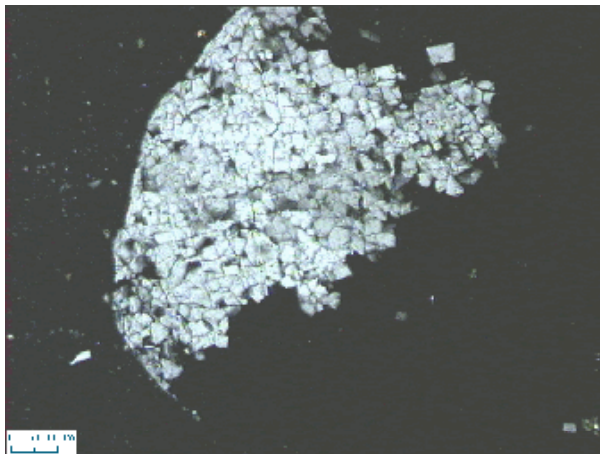


Abb. 10: Ansicht eines angebrochenen Partikels in der Leichtfraktion

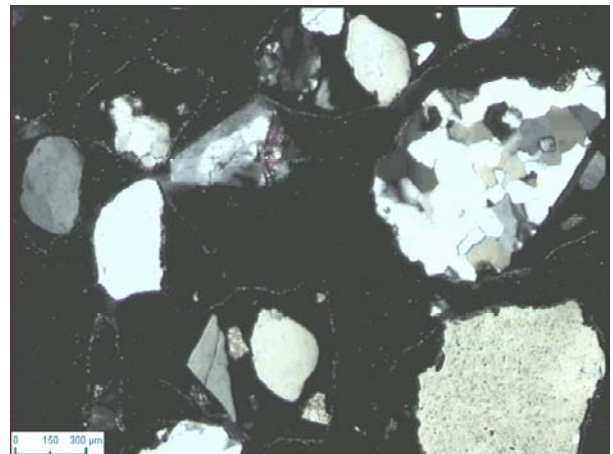


Abb 11: Ansicht von Partikeln unterschiedlicher Mineralzusammensetzung in der Schwerfraktion

Ausblick

In den nachfolgenden Versuchsreihen werden weitere Einstellungsvariationen an der Aufbereitungsanlage getestet. Dabei wird an der Optimierung der Setzmaschineneinstellungen und des Aufschlussaggregates gearbeitet. Zur Überprüfung der Anwendbarkeit des Verfahrens ist geplant, die Nassaufbereitung auch mit Betonbrechsanden anderer Herkunft durchzuführen.

Die Baustoffprüfungen werden in Ergänzung zu den Tests an Mörtelprüfkörpern auf die Untersuchung von mit Brechsand hergestellten Betonen erweitert. Weiterhin wird auch der Frage nach dem Einfluss der mineralogischen Zusammensetzung der Gesteinskörnung nachgegangen.

Mit den bei der Nassaufbereitung anfallenden Reststoffen Leichtgut und Feinstfraktion werden Freilandversuche zur Kompostierung durchgeführt.

Anhand der Versuchsergebnisse und der Stoffstromerfassung wird das Verfahren zur Nassaufbereitung von Betonbrechsanden ökonomisch und ökologisch bewertet.

Zusammenfassung

Das vorgestellte EU-LIFE-Projekt „Recdemo“ hat zum Ziel, die Möglichkeiten einer vollständigen Verwertung von Betonbrechsand durch eine Nassaufbereitung aufzuzeigen.

Als erster Schritt wurde die Gewinnung eines unbelasteten Betonbrechsandes durch selektiven Abbruch und umfangreiche Qualitätssicherung mittels analytischer Schnelltests und verschiedener Kontrollstufen im Rahmen der trockenen Aufbereitung sichergestellt.

Die Nassaufbereitung erfolgt über Aufschluss, Klassierung und Sortierung mit der Setzmaschinenteknik mit dem Ziel, das so gewonnene Schwergut als Gesteinskörnung bei der Betonherstellung einzusetzen.

Die dafür bisher durchgeführten Laboruntersuchungen zeigten, dass sich die Eigenschaften des Schwergutes im Vergleich zum trocken aufbereiteten Ausgangsmaterial in Bezug auf abschlämmbare Bestandteile, Natursteinanteil (gemessen als säureunlöslicher Rückstand), Rohdichte und Wasseraufnahme in Richtung Naturstein verbessert haben. Entsprechend haben sich auch die Prüfergebnisse von Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit und dynamischer E-Modul der aus Schwergut hergestellten Mörtelprobekörpern verbessert.

In weiteren Untersuchungsreihen werden die Materialeigenschaften bei der Betonherstellung geprüft. Es sind Versuche mit Betonbrechsand anderer Herkunft geplant. Hierbei wird auch der Frage des Einflusses der mineralogischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials nachgegangen.

Die Eignung der bei der Aufbereitung anfallenden Reststoffe Leichtgut und Feinstfraktion als Einsatzstoff in der Kompostierung wird untersucht.

Weitere Informationen unter: <http://www.recdemo.bam.de>

Danksagung

Das Projekt „Recdemo“ wird von der Europäischen Union im Rahmen des Programms „LIFE-Environment“ gefördert (Demonstration project LIFE00 ENV/D/000319). Die Baustoffprüfungen werden von Herrn Dipl.-Ing. Mellmann und Herrn Meinhold, beide BAM VII.1, durchgeführt.

Literatur

- [1] Möbius, A. und Müller, A., Verwertungsmöglichkeiten für die Sandfraktion von Recyclingbetonen. Baustoff Recycling + Deponietechnik (BR), 38-40 (2000)
- [2] Schnell, A. und Müller, A., Verwertungsmöglichkeiten für die Sandfraktion von Recyclingbaustoffen aus Beton, Recycling 2001, Weimar, Bauhaus-Universität Weimar (2001)
- [3] n.n., Keine Besserung in Sicht. Baustoff Recycling + Deponietechnik (BR) 18(12), 20-22 (2002)
- [4] KWTB, Monitoring-Bericht Bauabfälle (1998). Arge Kreislaufwirtschaftsträger Bau, Berlin, Düsseldorf, Duisburg (2001)
- [5] Siebel, E. und Müller, C., Aus Beton wird neuer Beton. Baustoff Recycling + Deponietechnik (BR) 18(07/08), 23-34 (2002)
- [6] Görg, H., Bauen für den Umweltschutz: Es gibt viel zu tun - nur wissen wir nicht wann! Teil 2. Altlasten Spektrum (3), 152-153 (2001)
- [7] Dosch, F., Flächenverbrauch in Deutschland und Mitteleuropa. Terratech (6), 19-23 (2001)
- [8] Behler, K., Betonbrechsande in sandreichen Betonen. Baustoff Recycling + Deponietechnik (BR) 18(6), 25 - 28 (2002)
- [9] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, DAfStb-Richtlinie "Beton mit rezykliertem Zuschlag" Teil 1 und Teil 2, Bonn (1998)
- [10] Sandmann, F., Sandreiche Betone mit Betonbrechsand, Bauingenieurwesen, Hochschule Bremen, Diplomarbeit (1998)
- [11] Behler, K. und Meyer, A., Untersuchungen zum Einsatz von Betonbrechsanden in sandreichen Betonen. Materialprüfungsanstalt Bremen, AiF-Forschungsbericht Nr. 12349, Bremen (2002)
- [12] Mesters, K. und Kurkowski, H., Density separation of recycling building materials by means of jig technology. Aufbereitungs-Technik 38(10) (1997)
- [13] Jungmann, A., Bauschutttaufbereitung mit alljig-Setzmaschinen in Europa und USA. Aufbereitungs-Technik (10) (1997)
- [14] Saxer, A., Lukas, W. und Deisl, M., Herstellung von Betonen mit Zuschlägen aus der Wiederverwertung von anorganischen Baureststoffen, 7. Weimarer Fachtagung über Abfall- und Sekundärrohstoffwirtschaft, Weimar, Bauhaus-Universität Weimar (1999)
- [15] Kurkowski, H., Nyatanyi, I. und Penzel, U., Eingangskontrolle und Trockenaufbereitung von rezyklierten Betonsand und -splitten, Bericht zum EU-LIFE Vorhaben "Recdemo" (2002)

- [16] Jansky, H.-J. und Mellmann, G., Ansätze für eine bessere Verwertung feiner Bauschuttfraktionen. Baustoff Recycling + Deponietechnik (BR) 17(4), 19-23 (2001)
- [17] Penttala, V. und Komonen, J., Effects of aggregates and microfillers on the flexural properties of concrete. Magazine of Concrete Research 49(179), 81-97 (1997)